LA NAISSANCE DU CONCEPT D'ECOSYSTEME

Jean-Marc Drouin

Introduit en 1935 par Tansley, le concept d'écosystème ne résulte pas simplement de l'application à l'écologie d'une "théorie générale des systèmes" mais s'inscrit dans l'histoire propre de l'écologie et de la biogéographie. Les débats théoriques auxquels il donne lieu mettent en jeu, dès l'origine, une série de rapports entre l'homme et la nature, entre le vivant et le non vivant, entre l'unité et la multiplicité. Trois textes ont joué un rôle important dans la constitution de ce concept : un texte "pionnier" de S.A. Forbes (1887), le texte fondateur du concept (Tansley, 1935), et une première approche quantitative des relations énergétiques dans l'écosystème (Lindeman, 1942). On trouvera une traduction commentée de ces trois textes dans la thèse de troisième cycle qui est résumée ci-dessous (1).

Ecosystème : introduction d'un mot et construction d'un concept ...

Introduit en 1935, le terme écosystème est aujourd'hui employé dans tous les travaux de biogéographie et d'écologie, au point d'être présent depuis la fin des années 1960 et le début des années 1970 dans les dictionnaires de langue et les encyclopédies.
L'introduction de ce terme n'est pas le fruit du hasard ni son succès l'effet d'une mode ; ce qui se joue en fait autour de ce mot, c'est la construction d'un concept.
Cette thèse se propose d'une part de retracer les étapes de cette construction, en repérant les problèmes qui s'y rattachent, d'autre part d'offrir une traduction commentée de trois articles qui ont chacun joué un rôle important dans cette histoire.

autour de trois textes

un concept fédérateur

Intégrant à la fois un milieu physique, un peuplement végétal et un peuplement animal, le tout en interdépendance constante, l'écosystème constitue un niveau d'intégration qui se situe de manière originale par rapport aux différentes disciplines et qui pose des problèmes épistémologiques très particuliers.
Vis-à-vis des différentes sciences qui occupent aujourd'hui la place de l'ancienne "histoire naturelle", le concept d'écosystème constitue un des concepts unificateurs. Tout comme l'étude du code génétique permet de concevoir l'unité fondamentale du monde vivant

---

(1) Jean-Marc DROUIN. **La naissance du concept d'écosystème**. Thèse de doctorat de troisième cycle de Philosophie. Université de Paris I (Panthéon-Sorbonne). 1984. Jury : P. ACOT, B. BENSAUDE, P. BLANDIN, F. BOURLIERE, M. SERRES.

un point de convergence des sciences de la nature ...

à travers l'unité de ses éléments constituants, la considération d'unités écologiques telles que les écosystèmes permet de coordonner l'étude de la végétation, celle des populations animales et celle des micro-organismes, en montrant l'interdépendance entre ces différentes formes de vie.

et un point de rencontre avec d'autres champs scientifiques

Mais le concept d'écosystème est aussi situé à un point de rencontre entre les disciplines biologiques et d'autres champs scientifiques comme ceux de la physique ou de la géographie. Importé de la thermodynamique, il se prête à une interprétation cybernétique des processus évolutifs qui affectent les milieux naturels. Applicable à des échelles très différentes, il peut trouver place dans une approche géographique des paysages et des phénomènes de distribution et de répartition spatiale des organismes. Toutefois, son extension à des systèmes gérés par l'homme (agrosystèmes...), si elle s'avère utile à certains égards, ne va pas sans poser de graves problèmes théoriques, en particuliers à propos de la notion climax.

le climax : équilibre introuvable ? ou fiction théorique nécessaire ?

A première vue, le climax peut apparaître comme un état mythique, un équilibre introuvable dont la conception relèverait de la nostalgie d'une nature inviolée. En fait, on peut sans doute le considérer un peu comme la mécanique classique considère le mouvement d'inertie : c'est-à-dire comme une fiction théorique autour de laquelle on peut construire un modèle intelligible de la réalité de sorte qu'il suffit d'ajouter ensuite "les perturbations", dont on a fait initialement abstraction pour retrouver les phénomènes observables...

le concept d'écosystème est antérieur à la théorie générale des systèmes

Antérieur à la création du terme "écosystème", le mot "climax" déjà présent chez Clements en 1916 à propos de la communauté végétale, invite à un regard rétrospectif. Cette démarche permet de constater que le concept d'écosystème ne résulte pas simplement de l'application à l'écologie d'une "théorie générale des systèmes", et qu'il s'inscrit dans l'histoire propre de l'écologie et de la biogéographie. Le mot lui-même d'ailleurs, combinaison de système et d'écologie, apparaît dès 1935 dans un article du botaniste anglais A.G. Tansley avant même que la théorie des systèmes telle qu'on la trouve chez Bertalanffy ait un véritable retentissement. Quant à la genèse du concept, elle procède de la rencontre de plusieurs courants apparemment éloignés :

la genèse du concept procède de plusieurs courants

- l'approche géobotanique, attachée à la classification et à la description des groupements végétaux, qu'on peut faire remonter jusqu'à Humboldt (1805)

- l'étude de la dynamique des communautés végétales ou/et animales (le terme "biocénose" est créé en 1877 par le zoologiste allemand Karl Möbius) qui passe en particulier par leur mathématisation telle qu'elle est

proposée par exemple par Volterra et d'Ancona en 1935.

- la quantification des échanges et des transformations de la matière vivante, que s'efforcent de réaliser par des voies différentes, les chimistes, les physiologistes, les agronomes, les forestiers et les pédologues.

des modèles : chaînes, cycles, réseaux ...

Cependant la constitution du concept d'écosystème ne se réduit pas à la rencontre de ces approches différentes, elle implique la résolution d'une série de problèmes concernant en particulier la modélisation des relations entre les différents composants. Chaînes, pyramides, cycles et réseaux, dont les représentations ont été largement diffusées par l'enseignement et la vulgarisation, ont chacun leur histoire et correspondent à des problématiques différentes.

des exemples, des images, des métaphores

Par ailleurs, l'idée-même d'une unité écologique prise comme un tout et pourtant constituée d'éléments multiples et divers renvoie à une série d'exemples et d'images, que l'on peut schématiquement regrouper ainsi :
-d'une part des exemples privilégiés (les étages de végétations, les lacs et les îles) qui servent constamment de référence, d'archétype, aux auteurs d'une époque, ou d'une école, pour illustrer leurs théories,
-d'autre part des objets ou des entités analogues invoqués comme métaphores : c'est ainsi que l'image d'une collectivité humaine, celle d'un organisme individuel, ou encore celle d'une machine (mécanique, thermique ou cybernétique), ont été utilisées selon les époques et les auteurs pour parler des unités écologiques.

Trois textes, trois auteurs, trois styles

Pour compléter et appuyer ces notations sur la naissance du concept d'écosystème, j'ai choisi de traduire et de présenter trois articles de langue anglaise, non publiés encore en France à ma connaissance, et qui sont souvent cités dans les aperçus historiques des manuels d'écologie.

Forbes : une approche écosystémique avant la lettre

Le premier, qui date de 1887, **The lake as a microcosm**, du zoologiste américain S.A. FORBES (sans lien de parenté avec E. Forbes) représente l'exemple même d'une approche écologique, bien que le mot ne soit pas employé ; la description géographique et l'inventaire des espèces sont mis au service d'une étude des interrelations entre les habitants du lac, de sorte que le microcosme constitué par celui-ci apparaît inévitablement aux yeux d'un lecteur contemporain comme une "première version" de l'écosystème.

Le deuxième, **The use and abuse of vegetational terms and concepts**, écrit par le botaniste anglais A.G. TANSLEY en 1935, est bien propre à nuancer cette

Tansley : l'invention d'un vocable

impression, en détaillant avec une érudition et une minutie servie par une certaine causticité, les multiples difficultés théoriques auxquelles se heurte l'idée même d'une unité écologique incluant les plantes et les animaux et le milieu physique, dès lors que l'on cherche à tenir compte de son évolution dans le temps. L'introduction du vocable écosystème n'est qu'une des propositions faites par l'auteur pour clarifier la terminologie et le réseau de concepts de la théorie écologique.

Lindeman : la construction d'un modèle quantifié

Le troisième enfin, **The trophic-dynamic aspect of ecology**, écrit en 1942 par un jeune biologiste américain, R.L. LINDEMAN, et qui marque traditionnellement l'acte de naissance d'une théorie quantitative des écosystèmes, se trouve en quelque sorte à la charnière de deux grandes périodes de l'histoire de l'écologie : par ses nombreuses références et son effort de synthèse il recueille la plus grande part des acquis des années 1930 en même temps qu'il met en place un cadre théorique dans lequel s'inscriront nombre de travaux dans les décennies suivantes.

A côté de leur intérêt théorique propre, ces trois textes illustrent aussi les trois styles d'exposé scientifique et, à travers eux, trois conceptions du travail du chercheur. Le texte de Forbes ne comporte qu'une seule référence, laquelle renvoie d'ailleurs à un autre article de Forbes lui-même, la bibliographie de Tansley comprend neuf auteurs et 15 livres ou articles, tandis que celle de Lindeman ne comporte pas moins de 52 auteurs et un total de 66 titres.

Des lacs et des concepts

des textes qui se répondent

L'article de Tansley, riche en références philosophiques (Lucrèce, Hume, Whitehead...) , se situant exclusivement sur le plan méthodologique et s'appuyant surtout sur l'écologie végétale, peut difficilement être comparé aux deux autres. Il est intéressant, toutefois, de voir comment Lindeman utilise le texte de Tansley, en reproduit tout un paragraphe et tisse en quelque sorte son modèle dans le cadre très vaste offert par la notion d'écosystème. Cela étant, la confrontation la plus intéressante est sans conteste celle de Forbes et de Lindeman.

Tous deux développent une approche théorique en partant de l'analyse de quelques situations locales. En l'occurence les exemples choisis sont assez proches puisqu'il s'agit dans les deux cas de lacs intérieurs du Middle West. Or là où Forbes commence par un véritable inventaire faunistique -il ne cite pas moins de trente-huit espèces et une vingtaine de genres d'animaux ainsi que huit genres

Forbes et Lindeman : des discours différents sur un même terrain

du règne végétal - Lindeman se contente de quelques allusions à la composition floristique et faunistique ; une vingtaine de genres ou d'espèces seulement sont nommément désignés dans son article et toujours à titre d'exemples ou d'indicateurs de tel ou tel processus.
En fait on a l'impression que les deux auteurs s'attachent, pourrait-on dire, à l'étude de la même réalité empirique (à savoir les lacs de région tempérée), qu'ils la conçoivent l'un et l'autre comme un ensemble organisé, structuré, d'éléments en interdépendance, mais ne s'attachent pas aux même composants.

de l'interdépendance des espèces au cycle trophique

variations sur les métaphores ...

et sur le temps

du lac à la forêt

et de la forêt au climax

Pour Forbes, le "microcosme" du lac est avant tout un assemblage d'espèces en interdépendance. Pour Lindeman, l'écosystème lacustre est essentiellement un cycle trophique traversé par des flux de matière et d'énergie. Ceci apparaît même dans le choix des métaphores. Le lac de Forbes est une image de la société, où l'ordre naît du désordre, l'harmonie globale du conflit des intérêts particuliers. Le lac de Lindeman est un organisme qui croît, qui atteint sa maturité, qui vieillit... Enfin le lac de Forbes attire le naturaliste parce qu'en lui, à travers les fluctuations périodiques, la vie manifeste sa pérennité, il est, nous dit la première phrase de l'article, "une page détachée de l'histoire des premiers âges". Au contraire, ce qui semble le plus fasciner Lindeman dans Cedar Bog Lake et les autres lacs, c'est leur précarité relative. L'équilibre dynamique parfait du lac qui impliquerait un "recyclage" sur place et complet de la matière organique, n'est jamais vraiment atteint, de sorte que, selon la formule d'Hutchinson citée par Lindeman : "le lac à travers l'activité de sa biocénose ne cesse de se rapprocher de l'état où il cesse d'être un lac". La mort du lac (son comblement progressif par les sédiments, sa lente transformation en marécage...) prépare la naissance de la forêt. La théorie du climax trouve ici son expression la plus rigoureuse et la plus paradoxale.

Deux étapes ou deux courants ?

Forbes et Lindeman : écologie des populations, et écologie des écosystèmes

En définitive moins que deux étapes, les textes de Forbes et de Lindeman illustrent peut-être deux grands courant de l'écologie. L'un plus proche de la botanique et de la zoologie, qui se situe à une interface de la biogéographie et de la biologie des populations, où l'écosystème ne représente qu'un référent, un cadre dans lequel sont situées les interrelations entre espèces qui sont, elles, au centre de l'analyse. L'autre plus intégrateur dont le concept central est alors celui d'écosystème - ou du moins des composants trophiques de l'écosystème - qui tend à la limite à traiter chaque compartiment de l'écosystème comme "une boîte noire". (Sur l'analyse de ces deux courants, cf. Hutchinson, 1964 ; Mc Intosch,

1980 ; David, 1981 etc...). En fait, comme l'ont montré Lewins et Lewontin (1980) cette dichotomie entre deux courants est un peu artificielle et les intermédiaires, les chevauchements, les échanges et les complémentarités abondent heureusement chez beaucoup d'auteurs et dans nombre de travaux.

des divergences à nuancer

Ceci apparaît nettement dans le cas de Forbes et de Lindeman, si on se reporte aux deux articles que Lindeman a publié en 1941, dans la revue The American Midland Naturalist (n°25, pp.101-112 et n°26, pp.636-673). Ces articles restituent à l'exposé de 1942 tout le poids des études de terrain qui l'ont précédé et rendu possible. Le travail de Lindeman s'inscrit en effet dans le cadre d'un ensemble de travaux inspirés par W.S. Cooper et menés dans la région du Centre-Est du Minnesota (p.101). Le premier article commence par une mise en place du décor géographique et de l'histoire géologique du lac ; le second contient un inventaire des espèces végétales et animales ainsi qu'une analyse qualitative des relations trophiques qui les relient. Le tout ressemble à maints égards à l'analyse de Forbes - compte tenu de la différence de situation entre les lacs étudiés par ce dernier dans l'Illinois d'une part, et le lac "sénescent", réduit en fait à un étang, auquel s'attache Lindeman d'autre part.

La référence à Forbes est d'ailleurs explicite et Lindeman ouvre son second article (p.636) par un rappel historique sur la limnologie, dans lequel figurent les noms de Forel et de Thienemann, et où il écrit : "Une chaîne alimentaire, analogue à celle résumée ci-dessous, concernant les poissons, a été décrite en détail par Forbes dans son essai classique "Le Lac comme Microcosme".

Forbes et Lindeman : approche qualitative contre approche quantitative ? ...

Il reste cependant que chez Lindeman cette étude qualitative débouche sur une étude quantitative, inspirée en particulier des travaux de Juday sur le "budget énergétique" des lacs. A première vue on serait alors tenté de dire que l'analyse telle que Forbes la pratique constitue la première étape de l'analyse telle que Lindeman la conçoit. Le second reprendrait ainsi la théorie écologique au point où le premier l'aurait laissée et la mènerait plus loin. Pourtant cette idée ne résiste pas à un examen plus attentif.

L'apport de Forbes à l'écologie des eaux douces ne se limite pas à l'article de 1887. Un autre texte important est celui qu'il écrit en 1907 "sur la distribution de certains Poissons de l'Illinois", dans lequel il utilise un "coefficient d'association" qui lui permet de comparer la co-occurence effective de deux espèces avec leur probabilité théorique de co-occurence...Or la démarche de Forbes retrouve à la lumière des débats sur la compétition et l'exclusion, une actualité singulière.
Si on admet cependant, comme simplification utile à

certains égards, cette distinction des deux courants, il semble logique d'inscrire Forbes dans le premier - celui d'une écologie des populations - et Lindeman dans le second - celui d'une écologie des écosystèmes. Ce qui revient seulement à dire que Forbes n'est pas dépassé par Lindeman, fondamentalement, mais qu'ils s'inscrivent tous les deux dans des problématiques différentes. Peut-on pour autant déceler derrière ces deux problématiques l'opposition de deux attitudes philosophiques : réductionnisme contre holisme ?

ou deux philosophies différentes ?

Holisme et réductionnisme

Par rapport à la richesse conceptuelle de ces trois textes et de leurs multiples rapports, l'affrontement holisme contre réductionnisme, auquel on est quelquefois tenté de ramener les débats philosophiques autour de l'écologie, paraît un peu étroit (2).

holiste ou réductionniste, est-ce bien là la question ?

Holiste, Forbes l'est sans doute à sa façon puisqu'il insiste sur l'unité formée par l'ensemble des formes de vie du lac mais aussi réductionniste, si on voit comment tout se ramène chez lui à des interrelations entre les espèces composantes. Holiste, Lindeman peut le sembler au premier chef lorsqu'il traite mathématiquement la croissance du lac pris donc comme une unité vivante, mais aussi bien réductionniste dans la mesure où l'ensemble des processus vivants se ramène pour lui à des rapports thermodynamiques et à des processus chimiques. Critiquant méthodiquement la doctrine holiste de Clements et de ses émules, Tansley refuse de considérer la biocénose comme un "super organisme" et propose la notion de système écologique. Ce faisant, il ne définit pas seulement une unité écologique plus large, il invite surtout à considérer l'organisation des unités écologiques sur un mode plus mécaniste qu'organiciste. Mais le concept d'écosystème, une fois adopté, se prête à des interprétations que l'on qualifie souvent d'holistes.

---

(2) L'approche holistique d'un système organisé tend à le traiter comme une unité globale avec ses caractéristiques propres non déductibles de celles de ses éléments. L'approche réductionniste, à l'inverse , entend expliquer le comportement d'un système en partant des propriétés de ses éléments. Cette opposition se retrouve à propos des êtres vivants et de leurs constituants biochimiques, à propos des sociétés d'insectes et des individus qu'elles réunissent comme à propos des unités écologiques et des espèces qui les composent.

des textes
de référence

En fait, ces trois textes ne se présentent pas comme des témoins de trois âges de l'écologie, pas plus que comme les champions d'un éternel débat, ils sont là simplement comme textes de référence, traduisant chacun des méthodes, des champs d'études et des sensibilités qui ont marqué l'histoire de l'écologie.

Jean-Marc DROUIN
Chargé d'études
Cité des Sciences et de l'Industrie

Textes cités

BERTALANFFY L. **Les problèmes de la vie**. Paris. Gallimard. 1961. (éd. or. en allemand : 1949).

COOPER W.S. "Fundamentals of vegetational change". **Ecology**. 7. 1926. P.391-413.

CLEMENTS F.E. **Plant succession**. Washington. Publ. Carnegie Institute. 1916
DAVID J.R. "Ecologie et systématique : le point de vue d'un généticien". **Bulletin d'écologie**. Vol.12 n°4. 1981. P;408-412.

FORBES S.A. "The lake as a microcosm". 1887. Réed in **Ecological investigations of Stephen Alfred Forbes**. New-York. Arno Press. 1977.

FORBES S.A. "On the local distribution of certain Illinois fishes : an essay in statistical ecology". 1907. Réed. in **Ecological investigations**. 1977.

HUMBOLT A. de. **Essai sur la géographie des plantes**. Paris. Levrault. 1805

HUTCHINSON G.E. "The lacustrine microcosm reconsidered". **American Scient.** 52. 1964. P.331-341.

JUDAY C. "The annual energy budget of an inland lake". **Ecology**. 21. 1940. P.438-450.

LEVINS R. et LEWONTIN R. "Dialectics and reductionism in ecology". **Synthese**. 43. 1980. P.47-78.

LINDEMAN R.L. "The developmental history of Cedar Creek Bog, Minnesota". **American Midland Naturalist**. 25. 1941. P.101-112.

LINDEMAN R.L. "Seasonal food-cycle dynamic in a senescent lake". **American Midland Naturalist**. 26. 1941. P.636-673.

LINDEMAN R.L. "The trophic-dynamic aspect of ecology". **Ecology**. 23. 1942. P.399-418.

MACINTOSH R. "The background and some current problems of theoritical ecology". **Synthese**. 43. 1980. P.195-255.

MOEBIUS K. **Die Auster und die Austernwirschaft**. Berlin. 1877. Traduction anglaise in **Report of the U.S. Commission of Fishes and Fisheries**. Washington. 1883. P.683-751.

TANSLEY A.G. "The use and abuse of vegetational concepts and terms". **Ecology**. 16. 1935. P.284-307.

VOLTERRA V. et D'ANCONNA V. **Les associations biologiques au point de vue mathématique**. Paris. Hermann. 1935.

Il faut ajouter à ces références les articles de Pascal ACOT, en particulier celui sur "Darwin et l'écologie" (**Revue d'histoire des sciences**, vol.36, n°1, p.33-48) ainsi que le choix de textes publié par lui en 1977, aux PUF, sous le titre **L'écologie**. Sa thèse d'Etat sur l'histoire de l'écologie (Lyon III, 1985) est en cours de publication.

Enfin sous le titre "The history of ecology : achievements and opportunities", on trouvera une excellente bibliographie commentée due à Frank N. EGERTON dans le **Journal of History of Biology** (vol.16, 1985, p.103-105).

inrp

Deux ouvrages présentent la recherche sur l'enseignement de l'énergie, conduite pendant quatre ans à l'Institut National de Recherche Pédagogique à la demande de huit entreprises ou organismes oeuvrant dans le domaine énergétique. Cette recherche s'est traduite dans les collèges et lycées concernés, par une expérimentation privilégiant la dimension pluridisciplinaire.

Enseignement de l'énergie

Publication dans la Collection "Rapports de Recherches". Paris. INRP. 1985, n° 7. 256 pages. 70F.

Ce rapport évoque l'ensemble des points abordés au cours de la recherche. Il met l'accent sur l'intérêt de la pluridisciplinarité pour un enseignement de l'énergie, ses difficultés et les précautions nécessaires pour en faire un moyen véritable de formation.

Energie, un enseignement pluridisciplinaire

Publication dans la Collection "Rencontres pédagogiques". Paris. INRP. 1985, n° 4. 127 pages. 55 F.

Cet ouvrage, qui insiste aussi sur les principales réflexions relatives à la pluridisciplinarité, a surtout pour objectif de présenter des outils pédagogiques utilisables par des enseignants qui souhaiteraient se lancer dans un travail pluridisciplinaire sur l'énergie.

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

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.

POPULATION

Michel Develay
Yvette Ginsburger-Vogel

Les populations naturelles qui constituent la structure élémentaire étudiée par les chercheurs en écologie sont rarement prises en compte dans notre enseignement. En effet, dans les situations didactiques, parler de population c'est généralement indiquer l'idée d'un groupe d'individus de même espèce sans que toutes les implications fonctionnelles du concept apparaissent.
L'analyse de la matière montre toute la richesse de ce concept qui s'inscrit dans une perspective évolutionniste, même lorsqu'on ne s'attarde pas à sa dimension génétique. On s'aperçoit par ailleurs que la maîtrise des notions constitutives de ce concept permet de lire de manière plus opératoire les situations de classe dans lesquelles il est implicitement abordé ; en particulier tous les problèmes d'interactions ou d'équilibre s'éclairent et se structurent lorsqu'ils sont pensés en termes de dynamique des populations.
Riche, complexe, le concept de population constitue un niveau d'intégration majeur de la biologie évolutive d'aujourd'hui.

1. DU COTE DU SAVOIR : LE CHAMP CONCEPTUEL DE POPULATION

"Population" s'éclaire par les concepts qui lui sont associés...

Individu, espèce, peuplement, population : quatre concepts fréquemment confondus. Ainsi lorsqu'en classe le mot souris est prononcé, de quoi parle-t-on ? D'individus précis d'un élevage dont les enfants ont la responsabilité, de la population de souris du laboratoire, de l'espèce souris en général...?

Soyons précis et regardons d'abord dans la littérature écologique les définitions proposées pour le concept de population. Remontons ensuite aux sources de l'histoire pour comprendre comment progressivement le concept a évolué. Nous serons alors à même de préciser le champ conceptuel du concept de population, c'est-à-dire l'ensemble des notions qui par leurs interactions donnent sens à ce concept.

1.1. Du côté des définitions de Population

... par l'examen des textes des écologistes actuels

Nous discuterons quatre définitions empruntées à divers ouvrages d'écologie.

. *A "Ensemble des individus appartenant à la même espèce vivant généralement dans des conditions de milieu*

homogène, donc dans une communauté biologique à un moment donné".
Jean Touffet. Dictionnaire essentiel d'écologie. Rennes. Ouest France. 1982. Page 72.

le concept de population est d'abord lié à "espèce" et à "milieu"

Dans ce cas, la maîtrise des notions d'espèce, de milieu, de communauté, le tout dans une perspective temporelle, sont nécessaires pour comprendre le concept de Population.

population s'inscrit toujours dans une perspective dynamique

. **B** *"La population est un système biologique formé d'un groupe collectif d'individus de la même espèce, occupant un territoire déterminé à un moment donné. La population possède à son niveau certains attributs biologiques de l'individu ; elle a une histoire : par le jeu constant de l'addition et de la soustraction d'individus, elle naît, grandit, se maintient, décroît, meurt ; parfois elle se différencie, elle a une organisation définie et des structures qui peuvent être décrites ; elle est irritable."*
Jean Duvigneaud. La synthèse écologique. Paris. Doin. 1984. page 10.

dynamique dans le temps ...

Cette seconde définition reprend les notions précédentes d'espèce, de milieu (apparaissant ici par le concept de "territoire" mettant davantage l'accent sur la composante spatiale mais aussi fonctionnelle du milieu) et elle fait référence au moment de l'observation. L'auteur introduit une vision dynamique de ce concept de population en parlant de l'histoire d'une population. Il insiste aussi sur son organisation et d'une certaine manière sous-tend une approche démographique de la population.

dynamique dans l'espace ...

. **C** *"Une population est formée par l'ensemble des individus de la même espèce qui occupent un espace déterminé à un moment donné. En raison de la grande variabilité des conditions de milieu les divers endroits favorables à l'installation d'une espèce sont le plus souvent séparés entre eux par des discontinuités plus ou moins importantes. Chaque lieu favorable est occupé par une population : les hêtres d'une hêtraie, les merles d'un parc en milieu urbain, les carpes d'un étang, les escargots d'une haie constituent des exemples de populations (...). Une population, le plus souvent, n'est pas complètement isolée des populations voisines. Les grains de pollen des plantes peuvent être emportés par le vent ; chez les animaux des individus peuvent migrer. Il se produit un certain écoulement de gènes d'une population à l'autre..."*
Roger Dajoz. Dynamique des populations. Paris. Masson. 1974. page 1.

Cette troisième définition, à son tour, montre que la compréhension du concept de population impose pour être maîtrisée de connaître la signification des notions

d'espèce, d'espace, de milieu à un moment donné. La précédente définition mettait l'accent sur le dynamisme dans le temps d'une population. Celle-ci évoque le dynamisme dans l'espace d'une population. Elle évoque aussi la notion de peuplement et introduit la dimension génétique sur laquelle nous reviendrons.

population a aussi une dimension sociale

. D *"Une population doit être considérée comme un (ou plusieurs) ensemble(s) d'individus de la même espèce pouvant vivre en commun à un moment donné de leur cycle de développement et interagir alors sur les mécanismes de leur reproduction.*
La définition d'une population n'est fondamentalement ni spatiale ni temporelle. Mais cela n'empêche pas que les premières caractéristiques descriptives d'une population sont spatiales et temporelles. Pour nous la définition d'une population est essentiellement sociale, au sens large du terme, même si l'ensemble des interactions individuelles qui tissent le réseau d'une population sont largement influencées par les facteurs du milieu et ceux-ci peuvent être accidentellement décisifs. Il y a population quand il y a structure sociale."
J.M. Legay. D. Debouzie. Introduction à une biologie des populations. Paris. Masson. 1985. page 10.

Ces auteurs mettent l'accent sur ce qu'ils considèrent comme déterminant dans le fonctionnement du groupe : la nature des liens qui unissent les individus sur le terrain. Autrement dit, la structure éthologique d'une population.

pour les chercheurs la population est l'observable

Si ces définitions font apparaître toute la complexité de l'étude biologique d'une population, il est clair que celle-ci est observée en tant que structure élémentaire des écosystèmes.

Avant de poursuivre l'analyse de ce concept, il est nécessaire d'établir une distinction avec le concept de PEUPLEMENT.
Robert Barbault (1) définit le peuplement comme "structure intermédiaire entre la population et l'écosystème" tout en en soulignant le flou :

"L'entité peuplement est certes loin d'avoir un statut précis comme celle de population ou, en théorie au moins, celle de biocoenose ou d'écosystème. Il n'en est pas moins vrai que certains ensembles plurispécifiques -

---

(1) Robert BARBAULT. **Ecologie des populations et des peuplements.** Paris. Masson. 1981. p.5 et 6.

entre la structure élémentaire et le tout, un intermédiaire : le peuplement

peuplement de fourmis granivores, peuplement de vertébrés...- constituent de véritables communautés fonctionnelles..."

François Ramade (2) désignant également le peuplement comme "échelon intermédiaire" précise par des exemples :

"Ce terme peut s'entendre à des acceptations fort diverses. On peut l'utiliser pour désigner des sous-ensembles ayant une signification fonctionnelle (au plan écologique) : peuplement des micro-organismes fixateurs d'azote d'une forêt tempérée, des animaux zooplanctonophages de l'océan glacial antarctique, des vertébrés myrmécophages d'une forêt pluvieuse tropicale, etc...

les concepts d'écologie se caractérisent par leur dimension fonctionnelle

Le terme de peuplement désigne souvent des unités systématiques : on parlera du peuplement des diptérocarpacées des forêts ombrophiles de Bornéo...
Les groupements d'espèces voisines appartenant à un même groupe systématique, qui exploitent à l'intérieur d'un écosystème - selon des modalités parfois très subtiles - une même catégorie de ressources, constituent des peuplements "élémentaires" nommés guildes."

Ainsi un peuplement est toujours plurispécifique (si bien qu'un des premiers paramètres de son étude consiste à décrire sa richesse spécifique ; ce critère nous paraît suffisant pour distinguer ce concept de celui de population.

1.2. Du côté du développement historique du concept de Population

Au plan scientifique, nous venons de montrer que plusieurs définitions peuvent être admises pour un concept. Nous devons en choisir une seule au plan pédagogique qui soit opératoire à ce niveau et qui soit acceptable au plan scientifique. Pour ce faire, nous nous proposons de remonter le temps à la rencontre des idées passées à propos du concept de population.

l'émergence du concept : de Malthus à Darwin

. En 1798 Malthus écrit "An essay of the principle of population". Il expose quelques directions d'étude de la population humaine.

. Darwin s'inspire des idées sociologiques de Malthus qu'il transfère au monde animal et végétal. Il expose des mé-

---

(2) François RAMADE. **Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale.** Paris. Mc Graw Hill. 1984. p. 184.

canismes qui règleraient l'abondance des populations naturelles en 1859 dans son ouvrage "The origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life".

la pensée populationnelle au coeur de la théorie de l'évolution

François Jacob dans "La logique du vivant" (3) écrit à ce propos :

"Ce qui chez Darwin transforme radicalement l'attitude devant le monde vivant, c'est la manière de considérer, non plus les individus, mais de larges populations...Toute la théorie de l'évolution repose sur les lois des grands nombres. Non que Darwin ait recours à des traitements mathématiques complexes pour analyser la variation des populations ; il se contente de l'intuition et du bon sens. Pour envisager les transformations, il considère seulement les fluctuations qui surviennent toujours dans les grandes populations, ce qu'on appelle en mathématiques les queues de distribution".

les écologistes fondent des théories

. Mais ce qui, depuis environ 1930, fait l'objet des débats entre écologistes, ce sont les mécanismes de régulation des populations. Nous indiquerons les principales tendances des différentes théories à partir des textes de Roger Dajoz (4) et Robert Barbault (5).

... à partir de modèles mathématiques,

- Les premières théories développent l'idée que la régulation des populations naturelles est dûe à des facteurs biologiques dont l'action dépend de la **densité**.
Se rattache à cette théorie le modèle mathématique de Volterra-Lotka (6) décrivant les interactions proie/prédateur ou hôte/parasite.
La théorie de Nicholson (7) élargit la précédente en

---

(3) François JACOB. **La logique du vivant**. Paris. Gallimard. 1968. p. 183.

(4) Roger DAJOZ. **Dynamique des populations**. Paris. Masson. 1974. Chapitre 7 : "Les mécanismes de la régulation des populations. Les théories." p. 173 à 208.

(5) Robert BARBAULT. Ibid note (1). Chapitre VI : "Stabilisation et régulation des populations". p. 86 à 93.

(6) A. T. LOTKA. **Théorie analytique des associations biologiques**. Paris. Hermann. 1934. V. VOLTERRA, U. D'ANCONNA. **Les associations biologiques au point de vue mathématique**. Paris. Hermann. 1935.

(7) A.J. NICHOLSON. "The balance of animal populations." **Journal of animal ecology**. 2. 1933.
A. J. NICHOLSON. "Dynamics of insect populations." **Annual Review of Entomology**. 3. 1958.

s'appuyant sur l'étude d'insectes entomophages. La compétition intraspécifique règlerait la densité de la population tandis que la nourriture disponible serait un facteur limitant.
Wynne-Edwards (8), à partir de travaux sur les vertébrés ayant un comportement social et territorial (oiseaux, mammifères), admet l'existence d'une certaine homéostasie chez les populations.

... à partir de la prise en compte du rôle du milieu

- D'autres théories font dépendre la régulation des populations des **facteurs physiques du milieu.** Elles sont surtout dues à des entomologistes tels Uvarov (1931), Bodenheimer (1938) qui mettent l'accent sur l'importance des facteurs climatiques. Andrewartha et Birch (9) ont repris ce point de vue qui a le mérite d'exiger des observations sur le terrain car les expériences de laboratoire ne permettent pas une reconstitution du milieu dans toute sa complexité.

.... à partir de la prise en compte du rôle de la compétition,

- La théorie de Milne (10) intègre les deux précédentes prenant en compte les facteurs indépendants de la densité (climat), les facteurs imparfaitement dépendants de la densité (compétition intraspécifique, action des prédateurs, parasites) et les facteurs parfaitement dépendants de la densité (compétition intraspécifique) comme facteurs de régulation.

... dans une perspective évolutionniste et génétique

- Ensuite, divers auteurs mettent l'accent sur le rôle régulateur des **changements qualitatifs à l'intérieur des populations.**
Chitty (11), par des travaux sur les rongeurs, montre l'importance des changements dans la structure génétique lors des variations de densité. Pimentel (12) insiste lui aussi sur les mécanismes génétiques dans une perspective

---

(8) V. C. WYNNE-EDWARDS. "Regulation in animal societies and populations" in KALMUS (Ed). **Regulation and control in living systems.** Wiley and Sons. 1966.

(9) H. G. ANDREWARTHA, L.C. BIRCH. **The distribution and abundance of animals.** Chicago Univ. Press. 1954.

(10) A. MILNE. "The natural control of insects populations." **Canadian Entomology.** N°89. 1957.

(11) D. CHITTY. "Population processes in the vole and their relevance to general theory." **Can. J. Zool.** N°38. 1960.

(12) D. PIMENTEL. "Population regulation and genetic feedback." **Science.** 159. 1968.

évolutionniste comme l'indique ce qu'en cite Barbault : *"les actions et réactions des populations interagissantes dans la chaîne trophique, rythmées par des rétroactions génétiques, déterminent l'évolution et la régulation des populations animales".*

En fait, toutes ces théories ne s'opposent pas mais se complètent, elles tentent d'intégrer tous les éléments qui se conjuguent d'une manière extrêmement complexe dans le fonctionnement des populations naturelles.

. Les dernières théories brièvement indiquées ci-dessus développent l'idée que la nature génétique des individus qui composent une population est susceptible d'en expliquer les variations d'abondance.

un détour montre que population est aussi un concept fondamental en génétique

Parallèlement à l'écologie, la génétique a montré l'explosion que l'on connaît et en particulier la génétique des populations a forgé ses concepts. Nous n'évoquerons que brièvement la dimension génétique du concept de population car la structure génétique des êtres vivants n'est, pour le moment, abordée qu'à la fin du second cycle de l'enseignement secondaire.
Citons par exemple la définition de population proposée par Ernst Mayr (13):
"chaque individu d'une espèce à reproduction sexuée est unique et différent de tous les autres. Les groupes de tels individus uniques et différents sont désignés du nom de population".
En tant que généticien, J.R. David (14) écrit :
"comment peut-on espérer réellement comprendre ce qu'est une population si l'on n'est pas éduqué en génétique des populations, si l'on n'a pas assimilé les concepts de base de cette discipline comme la fréquence d'un allèle, la loi de Hardy-Weinberg, la dérive, la consanguinité, les divers types de sélection, l'effet reproducteur d'une génération..."
Peut-être est-il utile effectivement d'énoncer ici, à titre d'exemple, la loi de Hardy-Weinberg (1908) pour indiquer quel est l'objet de la génétique des populations (15) :

---

(13) Ernst MAYR. **Biologie de l'évolution.** Paris. Hermann. 1976.

(14) J. R. DAVID. "Ecologie et systématique : le point de vue d'un généticien." **Bulletin d'Ecologie.** Tome 12. 1981. N°4. p.408-412.

(15) voir par ex. Albert JACQUARD. **Génétique des populations humaines.** Paris. PUF. Coll. Le Biologiste. 1974.

"Dans une population qui satisfait aux conditions suivantes :
1°. les deux membres d'un couple procréateur appartiennent à la même génération,
2°. la population considérée ne reçoit pas d'immigrants,
3°. le locus étudié n'est soumis à aucune mutation dans la population considérée,
4°. le caractère correspondant au locus étudié n'entraîne aucun effet sélectif,
5°. il n'y a pas de choix de conjoint pour le caractère correspondant au locus étudié,
6°. l'effectif étudié est assez grand pour que 1/N puisse être considéré comme nul,
les fréquences des génotypes sont constantes et fonction uniquement des fréquences des gènes dans la population initiale".

On voit donc ici que les termes clés sont génération, gène, génotype, phénotype... C'est un tout autre domaine que celui qui nous préoccupe ici.

aujourd'hui une nouvelle perspective évolutionniste avec la théorie des stratégies démographiques

Ainsi l'idée de Population naturelle (animale ou végétale) qui puise ses origines dans les réflexions démographiques de Malthus prend toute sa signification avec la théorie de l'évolution chez Darwin, et par bonds successifs enracine ses principes explicatifs actuels dans la génétique et les mathématiques. Exemple démonstratif du caractère toujours renouvelé du sens des concepts scientifiques. Précisément, c'est dans une nouvelle perspective évolutionniste que la **théorie des stratégies démographiques** amène un nouvel éclairage sur le mode de fonctionnement des populations et oriente de nombreuses recherches depuis une vingtaine d'années. Les stratégies de croissance des populations sont considérées comme des réponses adaptatives à un même problème : utiliser au mieux l'énergie nutritive présente dans le milieu. Elles présentent deux grands types :

- la stratégie r caractérisée par un taux de reproduction élevé, une forte mortalité juvénile, une faible longévité, de larges oscillations d'effectifs. Elle concerne la plupart des hétérothermes et caractérise un environnement instable (fortes variations):
"les poïkilothermes pratiquent une stratégie de l'immédiat" (16).

- la stratégie k caractérisée par une fécondité réduite,

---

(16) J.M. LEGAY, D. DEBOUZIE. **Introduction à une biologie des populations humaines.** Paris. Masson. 1985. p.143-144.

importance de la fécondité d'une espèce par rapport au milieu

un temps de développement long, une évolution lente des effectifs, une espérance de vie élevée. Elle est rencontrée dans un environnement stable chez des espèces évoluées, de grande taille:
" les homéothermes pratiquent une stratégie du futur" (17).

Bien entendu, les faits ne sont pas aussi nettement tranchés et tous les cas intermédiaires existent entre r et k. Mac Arthur et Wilson (18) travaillant sur les processus de colonisation des milieux insulaires ont introduit le concept de sélection dépendante de la densité : la sélection naturelle favorise selon les conditions ou bien la stratégie r ou bien la stratégie k. C'est ainsi que F. Ramade (19) écrit :

retour au concept de sélection naturelle

"les espèces douées d'un fort potentiel biotique et d'une croissance rapide possèdent le maximum de chances de survie dans les stades pionniers non surpeuplés de la colonisation insulaire. A l'opposé, les stades avancés de la colonisation, caractérisés par l'intensité de la compétition inter et intraspécifique, donc par une forte pression de sélection, favorisent les espèces à faible potentiel biotique, à croissance lente, adaptées à une compétition sévère."
Toutes ces notions brièvement abordées constituent l'écologie évolutive d'aujourd'hui et montrent l'étendue du champ de la biologie des populations.

Mais parmi ces différentes approches du concept de population il nous faut en retenir une, opératoire au plan pédagogique et au caractère scientifique légitimé.

1.3. Du côté pédagogique, comment penser la Population ?

Nous retiendrons une définition simple, inspirée principalement de Dajoz :

Une population est formée par l'ensemble des individus de la même espèce qui occupent un espace déterminé à un moment donné. Chaque individu peut être considéré comme un échantillon représentatif de tous les individus de la population mais il est en même temps unique en

---

(17) ibid.

(18) R. H. MAC ARTHUR, E. O. WILSON. **The theory of island biogeography.** Princeton University Press. 1967.

(19) op. cit. (note 2) p. 184.

définir une population c'est d'abord proposer un outil fonctionnel aux enseignants

tant que résultat d'une reproduction sexuée.

Entendons-nous bien sur cette définition que nous aurons maintenant constamment présente à l'esprit pour désigner une population : il s'agit d'un outil permettant à un enseignant de savoir poser les problèmes scientifiques au niveau population, d'en percevoir les implications, d'y référer les formulations des élèves. Avec cette définition, les notions constitutives du concept de population apparaissent clairement. Il s'agit :

Population : des dimensions démographiques ...

A. De **notions démographiques** susceptibles d'aider à préciser quels individus sont concernés. Ce qui conduira :
- à décrire les particularités des populations observées sur le terrain : notamment leurs caractéristiques quantitatives (natalité, mortalité, durée de vie, densité...)
- à décrire et mesurer les variations d'une population dans le temps (variations saisonnières, pullulations, invasions brusques ou cycliques, conditions de croissance...)
- à décrire les mécanismes de régulation en prenant en compte les facteurs biotiques et les facteurs abiotiques.
Facteurs biotiques : les interactions entre individus de la même espèce (comportements intraspécifiques comme le comportement territorial), les compétitions interspécifiques (entre espèces ayant la même niche écologique), les interactions prédateurs-proies (les parasites n'étant qu'un cas particulier de prédateurs).
Facteurs abiotiques : climatiques et édaphiques.

l'incontournable concept d'espèce demeure difficile à cerner

B. De la **notion d'espèce** qui, pour être comprise, nécessite que l'on maîtrise la notion d'interfécondité (donc de fertilité et de stérilité) et les critères d'identification morphologiques de l'espèce considérée.

C. De la **notion d'espace**, terme vague qui peut être entendu de plusieurs manières; on peut parler :
- d'aire de répartition géographique. Il s'agit de toutes les localités où l'espèce est connue. Cette aire de répartition peut être discontinue ou disjointe. La délimitation de ces aires spécifiques constitue l'aspect chorologique de la biogéographie. On dit que les limites de l'aire sont imposées par les facteurs du milieu.

les multiples facettes de l'espace

- de biotope. C'est-à-dire de l'ensemble des facteurs abiotiques et biotiques qui caractérisent le milieu où vit une biocénose déterminée. En écologie végétale ceci recouvre le terme de station. Dans biotope sont prises en compte les caractéristiques physiques et biologiques d'un espace de vie.
- d'habitat. Il s'agit de l'ensemble des facteurs écologiques qui caractérisent le lieu où se développe une espèce, ou ses populations, ou une communauté. Pour certains animaux l'habitat est constitué de plusieurs biotopes.
- de milieu de vie défini comme l'ensemble des facteurs

physiques et biologiques interdépendants qui régissent la répartition et la croissance des organismes dans un espace donné.
- on parle de territoire lorsque pour des espèces animales il s'agit d'un espace défendu contre les intrus de même espèce et généralement de même sexe.

Pour l'écologiste, se préoccuper de l'espace c'est tenter de comprendre la signification des structures spatiales d'une population (interactions individu/individu et individu/milieu) en tenant compte aussi de ses capacités de dispersion.

D. De la **notion de temps** sous-tendue par l'idée de moment donné (de l'observation). Ce qui est en cause ici c'est le caractère dynamique, évolutif d'une population qui tient en partie des caractères démographiques (durée de vie, générations...) mais aussi des stratégies démographiques et de la sélection naturelle.

le temps multiforme

Pour J.M. Legay et D. Debouzie (20) les paramètres des structures temporelles d'une population sont variés (cycles de développement, phénomènes de migrations, rythmes biologiques) et d'une approche difficile car très intriqués aux autres structures :
"les caractéristiques du cycle de vie constituent le cadre en dehors duquel aucune analyse n'est possible. La diapause et ses conséquences sont inséparables des déplacements, des éventuels changements d'hôte et de milieu ; les migrations sont à l'évidence à l'intersection des structures temporelles et spatiales. Les structures d'âge et de générations ont des implications génétiques : le chevauchement des générations entraîne un écart important à l'hypothèse des populations mendéliennes. Mais, ce qui est plus rarement souligné, elles sont en rapport avec les structures de socialité..."

l'individu : étymologiquement indivisible, est-il définissable ? ...

Remarque : nous avons utilisé dans la définition le terme approximatif "d'échantillon représentatif" inspiré des méthodes d'échantillonnage pratiquées sur le terrain pour l'étude des populations. J.M. Legay et D. Debouzie (21) emploient le terme "d'individus équivalents" ("un individu qui peut être remplacé par un quelconque congénère sans qu'il s'ensuive aucun trouble") uniquement pour les populations où la socialité est faible. Quand il y a famille, harem..., les liens dans le groupe modifient les statuts des individus.

---

(20) op. cit. (note 17) p.73.

(21) ibid. p.13.

Nous venons de tenter de pointer les notions que nous avons qualifiées de constitutives du concept de population. Nous voulons dire par là que pour comprendre le concept de population comme l'un des niveaux d'intégration de l'analyse du vivant, il est nécessaire de dominer ces notions.

au niveau des méthodes et des techniques la complexité encore

Soyons attentifs aussi au fait qu'**un concept scientifique se précise par l'ensemble des méthodes et des techniques qui permettent** de donner sens aux notions en jeu pour sa compréhension.
Ainsi la méthodologie de caractérisation d'une population naturelle n'est pas la méthodologie de caractérisation de la population humaine.
L'observation directe, cas par cas, de la totalité des individus d'une population ou d'un peuplement est souvent difficile et les cas où des dénombrements directs et exhaustifs sont réalisables ne sont pas très nombreux (quelques mammifères, oiseaux, généralement des espèces faisant l'objet d'une gestion cynégétique ou alors des milieux limités : mares, îles, arbres).
Il faut alors faire appel à des techniques indirectes de capture, de piégeage, de pêche...Ces techniques impliquent l'utilisation de méthodes statistiques, et du concept d'échantillon. Ces techniques impliquent également la "réalité" du concept de population comme groupe délimité, clos, tout autant qu'elles le mettent en évidence. Ainsi la technique de capture, marquage, lâcher, recapture, pour estimer la population totale à partir de la fraction marquée parmi ceux recapturés.

qui dit population dit : méthodes statistiques ...

Les méthodes graphiques (cartographies, histogrammes), les outils statistiques sont importants dans l'étude des populations.
La difficulté majeure réside dans le fait qu'il s'agit d'analyser **sur le terrain** des populations naturelles.
J.M. Legay et D. Debouzie développent des observations intéressantes sur ces obstacles méthodologiques.
- par rapport à l'étude des structures spatiales :

recherche d'outils mathématiques, ...

"d'une manière générale, l'extraordinaire diversité des situations naturelles et des protocoles expérimentaux conçus pour les étudier contraste avec la relative pauvreté des outils mathématiques disponibles ou utiles aux biologistes. Il en est ainsi des techniques d'échantillonnage ; la place importante qu'a occupé et qu'occupe encore dans certains domaines l'échantillonnage au hasard s'explique surtout par l'absence jusqu'aux dernières années d'outils statistiques aptes à traiter des données recueillies par d'autres techniques d'échantillonnage." (22)

---

(22) ibid; p.43

risque de glissements anthropomorphiques, ...

- par rapport à l'étude des structures de socialité : *"c'est peut-être à propos des structures de socialité que s'expriment le mieux les difficultés - permanentes en biologie des populations - de notre anthropomorphisme fréquent et involontaire. Il est extrêmement délicat d'organiser des observations ou des expériences sans faire référence à ce qu'on sait - ou ce qu'on croit savoir - chez l'homme...C'est ce manque de réserve qui a conduit aux déviations regrettables de certains sociobiologistes". (23)*
- enfin par rapport aux organismes étudiés :
la diversité des situations, des espèces, des populations rend difficile la proposition de modèles généraux. On a pu noter à propos des théories sur les mécanismes de régulation qu'elles ont été établies à partir de travaux sur des espèces différentes. Il est évident qu'étudier les structures spatiales des animaux n'a pas la même signification qu'étudier les structures spatiales des végétaux ; dans un cas on se préoccupe de mobilité, de territoire, dans l'autre d'associations végétales et de facteurs du milieu.

... et recherche de modèles qu'on voudrait universels

Au niveau des méthodes et des structures, la biologie des populations témoigne du caractère pluridisciplinaire des données qu'elle exige.

1.4. Graphismes pour illustrer la position nodale du concept de Population

Nous avons montré que tout concept trouve sa signification par comparaison avec d'autres concepts.

des outils graphiques : figures pour penser le concept

Il devient alors possible de parler de champ conceptuel pour évoquer un ensemble de concepts qui, par les liens qu'ils tissent entre eux, créent une unité de sens qui les intègre.

Nous avons senti la nécessité de matérialiser ces liens conceptuels par des logigrammes. Nous en proposons plusieurs ci-après.

. **Le logigramme A** matérialise la position du concept de population à la croisée de quatre chemins, de quatre logiques :
- première logique : les liens entre le concept de population et le concept de milieu. Une population habite un milieu qui possède des caractéristiques physiques et biologiques.
- deuxième logique : les liens entre le concept de population et le concept d'espèce. Une population est consti-

---

(23) ibid. p.27.

Population vue au carrefour de plusieurs logiques

tuée par une collection d'individus appartenant à la même espèce.
- troisième logique : les liens entre le concept de population et le concept d'espèce considéré dans sa dimension génétique. Une espèce est constituée d'individus interféconds qui échangent des gènes.
- quatrième logique : les liens entre le concept de population et la dimension évolutive. L'évolution qui suppose la prise en compte du temps se manifeste d'une part par les fluctuations de la population naturelle dont résulte un équilibre dynamique, d'autre part dans la variabilité génétique liée à la valeur sélective des génotypes de chaque population.

. **Le logigramme B** reprend l'ensemble des notions évoquées dans le paragraphe précédent et il les organise autour des concepts de MILIEU et d'ESPECE.

Les logigrammes suivants visent à rendre compte des mécanismes en cause dans la dynamique d'une population :

- **Logigramme C** : évolution d'une population.
Une population P_1 d'une espèce A est observée au temps T dans l'espace qu'elle occupe, le lieu L. Cette population entretient des relations intraspécifiques avec les populations voisines de la même espèce (P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, ...) et éventuellement des relations interspécifiques avec des espèces différentes occupant le même lieu (B,C,...).

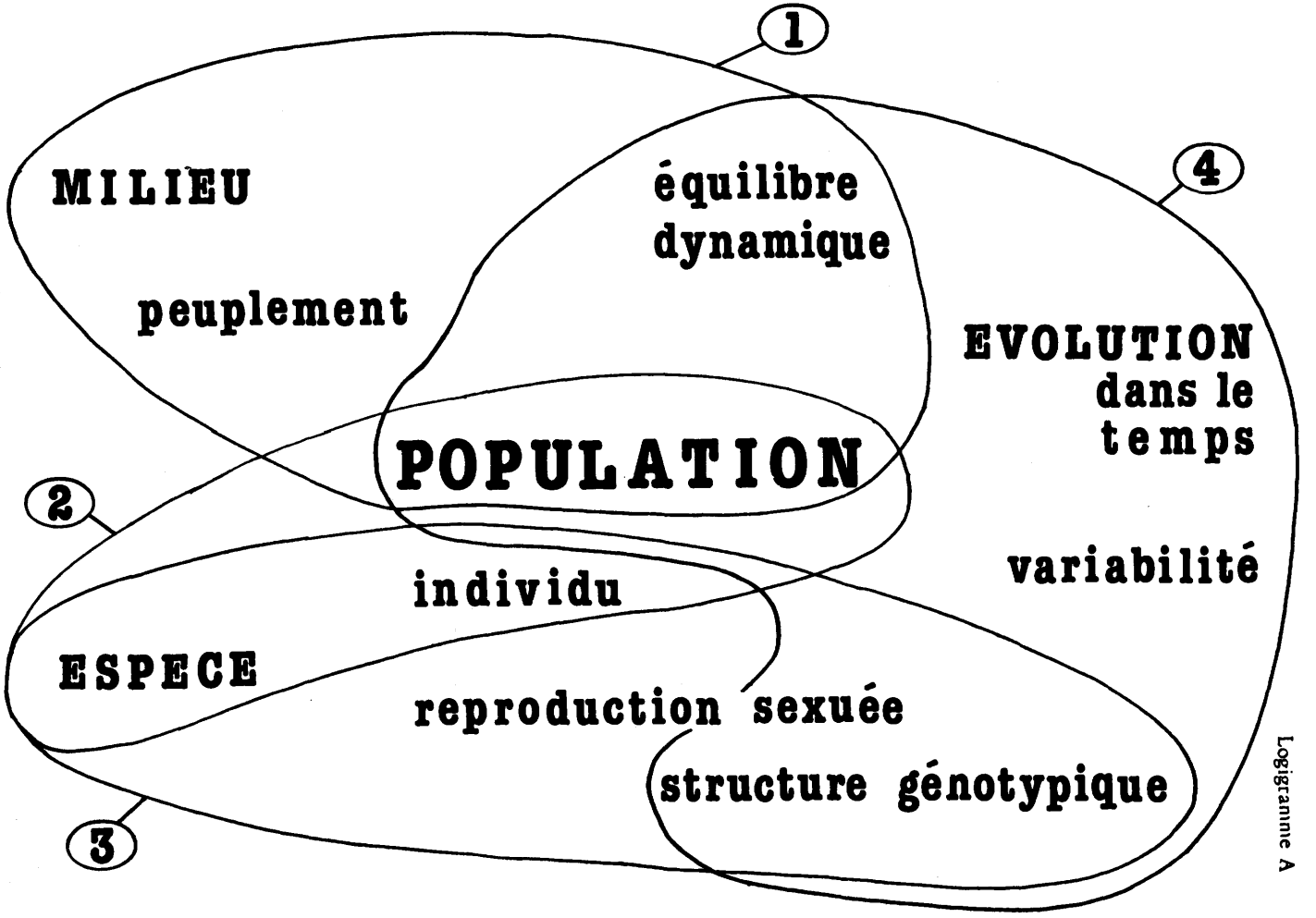
l'évolution en action au niveau des populations naturelles

Cette population est caractérisée sur le plan démographique par sa densité, sur le plan génétique par une structure et des échanges entre individus dont résulte la variabilité de cette population.

Observée au temps T', cette population P_1 peut :
. être restée identique en densité et structure au même lieu L.
. être restée identique en densité et structure génétique mais en ayant migré en un lieu L'.
. avoir subi des modifications de densité (croissance P_{1c}, diminution P_{1d}) sans modification génétique, avec ou sans modification de l'espace occupé.
. avoir subi des modifications de structure génétique conduisant à une séparation en deux populations distinctes P'_1 et P''_2 avec parallèlement une évolution spatiale (L et L') et démographique.

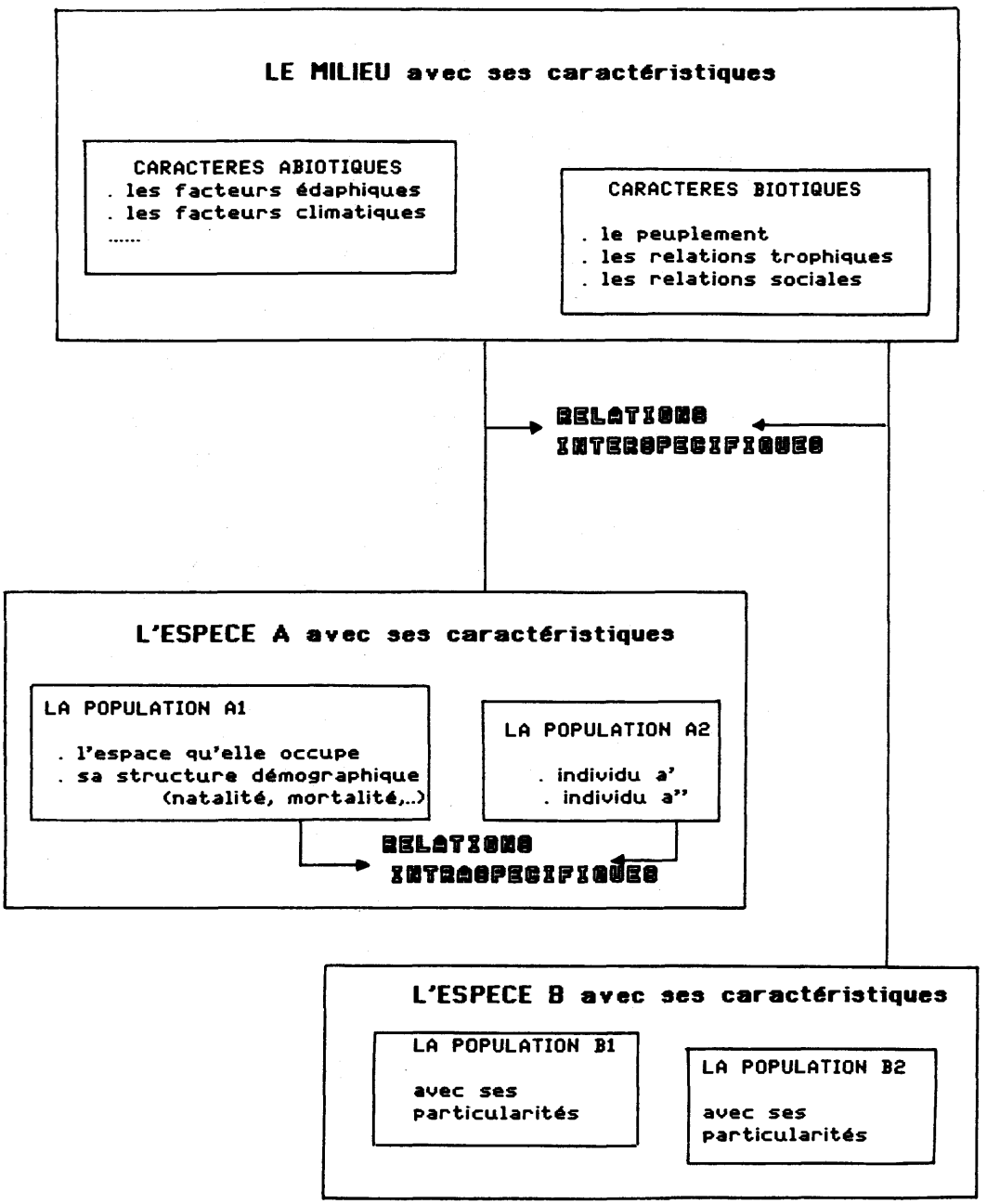
l'équilibre, résultante d'interactions

- **Logigramme D** : cette dernière représentation graphique matérialise les facteurs de régulation qui agissent sur les caractéristiques démographiques d'une population.
Les caractéristiques démographiques d'une population exprimées par sa densité (nombre d'individus par unité de surface) dépendent du taux de natalité et du taux de mortalité sur lesquels agissent des facteurs de régulation.

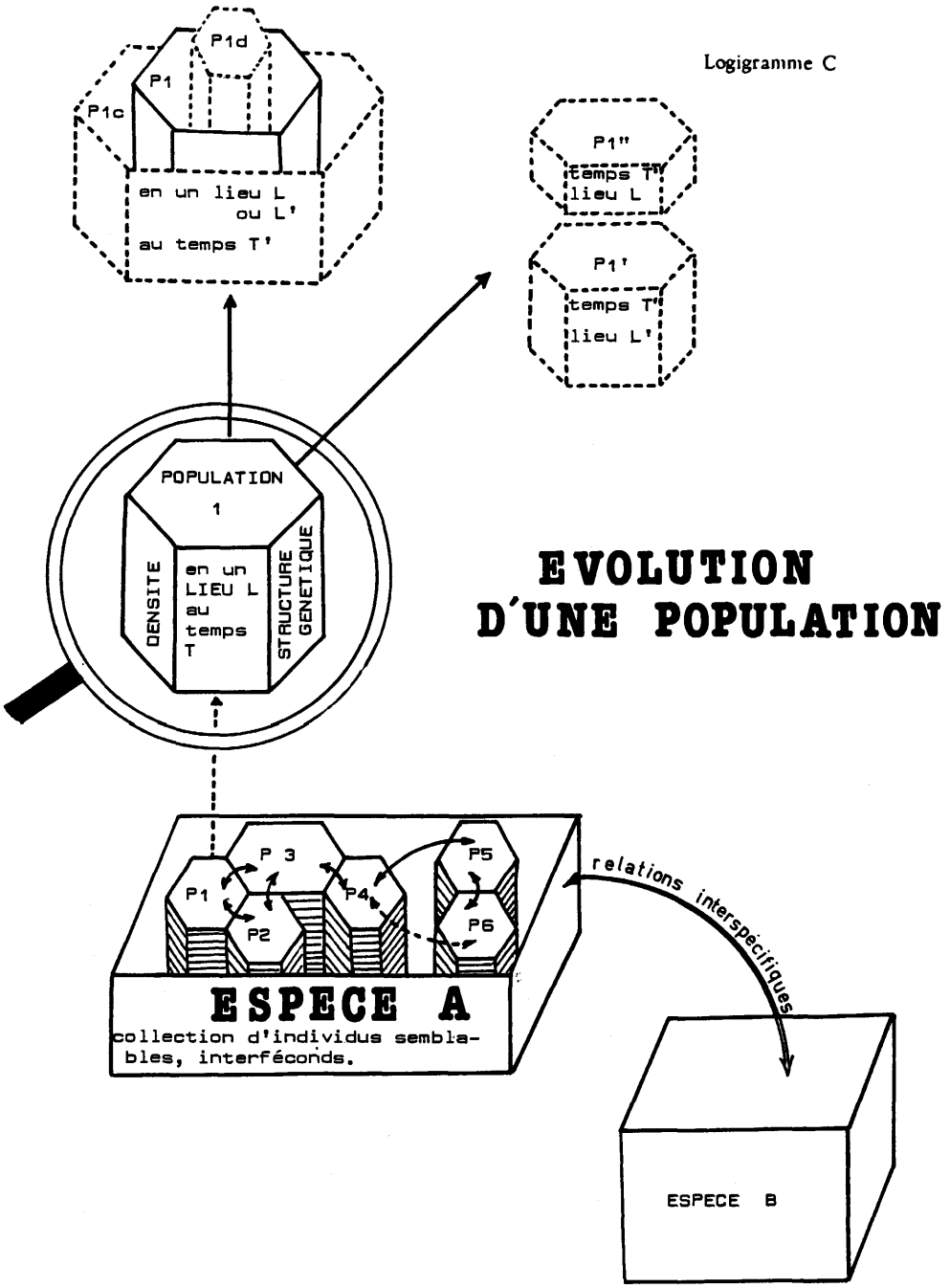


Logigramme A

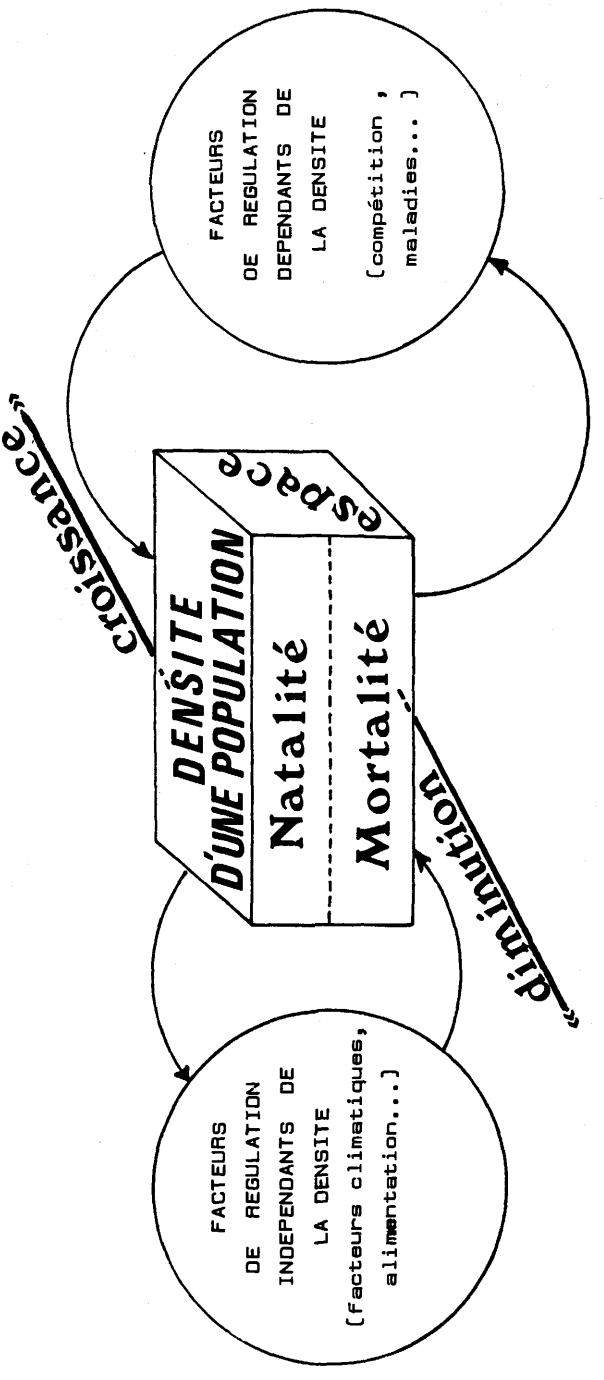
Logigramme B



Logigramme C



Logigramme D



Ces représentations graphiques ont pour fonction essentielle de permettre une visualisation des liens entre concepts. Liens qui traduisent une certaine logique de la matière enseignée.

de la science à l'apprenant, nécessité d'articuler plusieurs logiques

Mais il ne faudrait pas perdre de vue qu'il existe trois logiques qu'il convient d'articuler, aucune n'ayant une antécédence de priorité par rapport aux autres :

- la logique de la matière enseignée que nous avons détaillée dans ce chapitre.

- la logique de l'apprentissage qui relève du modèle pédagogique de l'enseignant et qui intègre des activités fonctionnelles, des activités de résolution de problème et des activités de synthèse. Nous avons décrit cette typologie notamment dans le numéro 117 de Recherches Pédagogiques : "Eveil scientifique et modes de communication". Paris. INRP. 1983.

- la logique de chaque apprenant que nous examinerons dans le prochain chapitre.

2. DU COTE DE L'ELEVE : ANALYSE DES REPRESENTATIONS DANS LE CHAMP CONCEPTUEL DE POPULATION

Le chapitre précédent nous a renseigné sur le champ conceptuel que recouvrait le concept de population. Nous allons maintenant écouter les élèves, analyser leurs représentations par rapport à certaines notions précédemment identifiées, en nous appuyant sur différents compte-rendus de classe.

2.1. Une classe de C.M.1 élève des Escargots

face à un élevage

L'élevage est installé à la rentrée des vacances de Toussaint avec dix escargots rapportés par la maîtresse d'un laboratoire de la faculté de sciences. Les conditions de l'élevage d'origine sont respectées.
A côté de l'élevage un panneau permet aux enfants de noter librement leurs observations et leurs questions. Une fiche du classeur de biologie remplit la même fonction.
Les aspects de la biologie de l'escargot font l'objet des premiers travaux. En avril la maîtresse organise une séance collective en s'appuyant sur les observations des élèves lors des mois écoulés. Deux points nouveaux, importants pour l'enseignante sont abordés.

des représentations relatives à la notion de densité de population

. Les différents critères constitutifs de la notion de densité de population :

- les enfants comptent les oeufs, le nombre de pontes et leur fréquence. C'est une approche de la notion de taux de fécondité :
"pourquoi les escargots pondent-ils tant"
en même temps que d'autres éléments concernant la reproduction.

- les élèves distinguent les générations :
"il y a les adultes et les petits, ça se reproduit comme nous : il y a un monsieur et une dame qui meurent et leurs enfants redonnent des enfants".

- les enfants recherchent les facteurs de mortalité :
. durée de vie :
"ils sont morts parce qu'ils étaient vieux."
. concurrence intraspécifique :
"si les gros montent sur les petits, ils risquent d'être écrasés".
. maladie :
"les gros étaient malades, ils ont donné la maladie aux petits."
. facteurs abiotiques :
"peut-être que les petits ont manqué d'humidité" ; "peut-être trop de jour, peut-être que dans la nature ils se cachent."
. rôle de l'homme :
"la maîtresse les a peut-être mangés !"

- les élèves proposent des méthodes d'observation :
"les marquer sur le dos avec des feutres". "faudrait les photographier et après les compter" (pour ne pas les abîmer).

aux représentations relatives à la notion de concurrence

. Une première approche de la notion de concurrence (une manière d'aborder les relations intraspécifiques) :

- A la première constatation que dans une population les individus grands ou gros ont des avantages qui peuvent être préjudiciables à la survie des jeunes ou des petits s'oppose une autre idée qui correspondrait à une première approche de la notion de stratégie démographique (même si c'est l'anthropomorphisme qui y conduit) qui se résume par
"les jeunes ont besoin de la protection des grands".

- Mais une idée générale est ici présente que l'on retrouve sous diverse formes : la nature offre aux êtres vivants ce dont ils ont besoin (la nature bonne et généreuse !).

2.2. Une classe de 6ème s'intéresse au territoire des oiseaux

sur le terrain :

Les élèves effectuent un travail sur le terrain : écouter et regarder, quadriller l'espace de forêt où ils se déplacent, enregistrer des chants.
Ce travail sur le terrain favorise une bonne approche des problèmes d'occupation de l'espace et permet d'aborder la notion de territoire pour une population d'oiseaux donnée.

de l'idée de territoire comme espace de communication ...

. Observons quelques représentations initiales des élèves.
Après une première sortie, à la question du professeur "quand et pourquoi les oiseaux chantent-ils", voici quelques réponses d'élèves :
"pour attendrir les femelles"
"quand ils sont gais pour montrer leur joie"
"pour avertir leurs camarades du temps, du printemps"
"s'ils sont contents"
"pour le plaisir"
"pour montrer la surface de leur territoire parce qu'ils ne veulent pas que leurs semblables pénètrent chez eux, parce que dans leur territoire ils veulent garder leur nourriture".

Sur des bases anthropomorphiques les élèves interprètent le chant comme un langage, un mode de communication. Certains font le lien entre ce langage et la défense d'un territoire :
"ils chantent pour montrer la surface de leur territoire parce qu'ils ne veulent pas que leurs semblables pénètrent chez eux, parce que dans leur territoire ils veulent garder leur nourriture".

au territoire, espace de survie et de reproduction

Ainsi en première approche, le territoire est un constat éthologique et à ce titre l'entrée antropomorphique n'est pas un obstacle.

. La notion de territoire semble acquise quand l'idée d'espace défendu est comprise et mise en relation avec les besoins alimentaires et la reproduction. Ce qui pourrait conduire à une formulation du type :
un territoire est un espace défendu par une population animale. De cette défense dépend sa survie car elle se nourrit et, ou se reproduit dans cet espace.

2.3. Une classe de 6ème confrontée à un texte sur des Caribous, des Loups et des Lichens

. Compte-rendu de l'enseignant

Au cours d'un thème sur l'alimentation des animaux, j'ai donné à trois élèves un texte relatant un problème écologique.
Les trois élèves intéressés ont voulu qu'on en discute en classe entière. J'ai lu à ce moment-là le texte à toute la classe, puis j'ai demandé à chaque élève de noter toutes les explications qu'ils pouvaient donner au phénomène relaté. Il s'agissait là de s'entraîner à émettre des hypothèses, puis après discussion de comprendre les effets de l'intervention de l'homme dans la nature.

de l'analyse d'un texte ...

Le texte lu par l'enseignant :
Dans le nord du Canada vivent des caribous.Ce sont des sortes de rennes. Ces animaux se nourrissent presque uniquement pendant l'hiver des lichens qui poussent sur les arbres. Les loups qui vivent dans les mêmes régions se nourrissent en mangeant des caribous.
Les personnes responsables de ces animaux ont un jour trouvé que les caribous n'étaient plus assez nombreux.
Les personnes responsables ont pensé qu'il fallait tuer une partie des loups.
les personnes responsables ont pensé que si on tuait une partie des loups, les loups qui resteraient mangeraient moins de caribous et qu'ainsi au bout d'un moment, il y aurait plus de caribous.
Ils l'ont fait : ils ont tué une partie des loups.
Un peu plus tard, sais-tu ce qu'ils ont constaté ? Le nombre de caribous a diminué : juste le contraire de ce qu'ils avaient espéré !
Essaie de trouver une explication à cela.

. Les réponses des enfants

Delphine :
- "parce qu'ils n'avaient plus de lichens et d'autres animaux se nourrissaient aussi des lichens."
- "parce que les loups ont mis des produits sur les lichens".
- "les caribous se battent entre eux et ils diminuent."

Heidi :
- "je pense qu'en tuant les loups, pendant un certain temps qu'il n'y avait pas beaucoup de loups, les caribous ont mangé le lichen et quand les loups se sont reproduits, ils les ont mangés, quand ils étaient plus et comme il ne restait plus de lichen, il y a eu encore moins de caribous."

Bilel :
- "les caribous ont changé de territoire parce qu'il y avait moins de lichen et parce que les hommes coupaient les arbres là où il y avait du lichen pour se réchauffer."

Myriam :
- "les loups se sont reproduit (fait des louveteaux) et comme ils étaient beaucoup, ils ont mangé les caribous".

Catherine :
- "je crois que le lichen était gardé par les loups. Comme les loups sont morts, les lapins, les petits animaux sont venus manger le lichen."

Malika :
- "parce qu'ils meurent de faim ou autrement les chasseurs les ont tués."

Hélène :
- "parce que peut-être ils se sont reproduits et il y avait pas assez de lichen".
- "parce que peut-être les loups en ont vite tué pour leur réserve".

Chloé :
- "il y avait peut-être une maladie".
- "il n'y avait plus de lichen".

à un recueil des représentations ...

N'Dimby :
- "il y avait trop de caribous. Les caribous mangeaient trop de lichen. Après le lichen était rare et les caribous mouraient de faim".

Jérôme :
- "je pense qu'il y a d'autres animaux et eux aussi il faut qu'ils se nourrissent et peut-être que les chasseurs ont profité de l'élimination des loups et sont allés chasser tranquilles".

Dalila :
- "le lichen est une plante qui pousse très doucement, comme il y avait beaucoup de caribous, le lichen n'était n'était pas suffisant, alors ils sont morts de faim".

Sébastien :
- "parce que le lichen pousse très lentement, alors les caribous sont morts de faim".

Joan :
- "peut-être qu'il y avait moins de lichen et que les caribous en avaient mangé en grande quantité".
- "peut-être que les caribous étaient en voie de disparition".

- *"peut-être que moins d'arbres sont morts, donc il y avait moins de lichen et que les caribous ne pouvaient pas manger beaucoup de lichen".*
- *"peut-être qu'il faut laisser la chaîne alimentaire telle quelle".*

. Critères retenus pour analyser les réponses des élèves

Nous retenons trois types de réponses :

... et à leur analyse

1. les réponses dans lesquelles il n'y a pas d'idées de relation, du type de celles utilisées quand on décrit un écosystème.
Nous avons retenu ici les énoncés qui semblent se rapporter à des représentations "primitives" qu'il est nécessaire de "dépasser" pour comprendre quelque chose à ce qui se passe entre les êtres vivants.

1.1. réponses marquées par un anthropomorphisme caractérisé ou au moins évoqué (les loups gardent..., les loups mettent des produits...).
Nous avons rattaché à celà une réponse correspondant à une vision mythique du loup ("les chasseurs ont profité de l'élimination des loups et sont allés chasser tranquilles", ce qui signifierait : là où il y a des loups les chasseurs ne sont pas tranquilles).
1.2. réponses où la cause semble être en soi, comme une sorte de fatalité : on meurt de faim (sans considérer une diminution de nourriture), ou de maladie, ou on est tué.
1.3. réponses marquées par une influence de l'homme, mais d'un point de vue anthropocentrique ou encore d'un point de vue écologiste simpliste. Les notions de système, d'équilibre n'apparaissent pas.
Ici les énoncés étant très laconiques, il y a une part d'interprétation assez forte.
1.4. réponses du type "ils sont partis ailleurs", c'est un simple déplacement, pas une diminution de population ...sans voir qu'ailleurs il y a sans doute déjà quelqu'un.

2. réponses dans lesquelles apparaissent au moins des éléments des relations habituellement prises en compte quand on décrit un système.

2.1. relation alimentaire simple.
2.2. idée de concurrence interspécifique exprimée dans cette relation alimentaire.
2.3. idée d'équilibre à propos d'une relation alimentaire. Bien que le mot équilibre ne soit pas prononcé l'idée semble nettement sous-jacente dans l'énoncé.
2.4. la reproduction est citée comme pouvant avoir une influence sur l'équilibre des populations (sans que le mot d'équilibre soit prononcé).
2.5. le rôle de la vitesse de développement du lichen est

cité.

3. Nous avons compté le nombre de propositions faites par chaque élève. Quatre des réponses ne comportant qu'une seule hypothèse correspondent à la "bonne réponse".

. Synthèse des réponses des élèves

Le tableau ci-après rend compte des réponses de la classe et de l'analyse que nous en proposons, en fonction de la grille d'analyse qui suit.
Trois élèves avaient eu l'occasion de lire un texte qui décrivait le problème y compris la réponse au problème (Jérôme, Dalila et Sébastien).
Dans les réponses des enfants cohabitent parfois des réponses de type 1 et 2.
Les élèves font beaucoup plus référence à la relation Loups/Caribous qu'à la relation Caribous/Lichens. A cause de toute la mythologie que véhiculent les loups ? Parce que c'est sur les loups que l'on agit en les supprimant ? A cause de la méconnaissance des lichens ?
Les élèves s'écartent volontiers des données. Au lieu de se centrer sur le texte, ils imaginent des solutions possibles (les maladies, le rôle des chasseurs, ("ils sont partis ailleurs"...). D'ailleurs certaines réponses semblent inspirées d'émissions télévisées. On est dans un moment divergent par émission d'hypothèses variées ; les élèves ne voient pas la relation causale dans les chaînes alimentaires.

des relations alimentaires aux fluctuations de populations

On voit dans l'analyse de ces situations de classe que les relations alimentaires constituent une bonne approche des problèmes de fluctuation de populations car les élèves formulent plus ou moins habilement tous les critères qui interviennent : la quantité de nourriture disponible, la concurrence interspécifique, le taux de fécondité.
Il semble que l'on pourrait parvenir à des énoncés tels que :

. plus il y a de proies disponibles, plus il y a de prédateurs
. si le nombre de proies diminue, le nombre de prédateurs diminue
. plus une population a un régime alimentaire varié, plus elle a des chances de se maintenir
. les variations du nombre d'individus d'une population dépendent à la fois de leur capacité à se reproduire et de leur capacité à se procurer la nourriture dont ils ont besoins.

En conclusion, à travers les exemples décrits précédemment, différentes propositions d'accès au champ

SYNTHESE DES REPONSES DES ELEVES		DELPHINE	HEIDI	BILEL	MYRIAM	CATHERINE	MALIKA	HELENE	CHLOE	N'DIMBI	JEROME	DALILA	SEBASTIEN	JOHAN	NORA
Document complet lu par											X	X	X		
REPONSES DE TYPE 1	1 - 1. Anthropomorphisme	X				X		X			X				X
	1 - 2. "Fatalité"						X		X					X	
	1 - 3. Anthropocentrisme			X	X		X								
	1 - 4. Ils sont partis ailleurs			X	X										
REPONSES DE TYPE 2	2 - 1. Relation alimentaire exprimée	X	X	X	X	X		X	X(?)	X	X	X	X	X	X
	2 - 2. Concurrence	X				X					X				
	2 - 3. Equilibre		X					X		X		X	X	X	
	2 - 4. Reproduction					X		X							
	2 - 5. Vitesse de croissance														
3	Nombre d'hypothèses	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	4	5

conceptuel de population ont été proposées :

- premier exemple :
. l'abord de la notion de densité démographique renvoie à **données démographiques.**
. les discussions à propos de la concurrence suggèrent les **relations intraspécifiques.**

- deuxième exemple :
le questionnement et l'activité à propos du territoire des oiseaux met en lumière l'accès à l'idée **d'espace occupé.**

- troisième exemple :
l'exercice à propos des caribous des loups et des lichens permet d'aborder la notion de **relations interspécifiques** et de prendre en compte la dimension temporelle.

Mais à aucun moment dans les exemples de classe décryptés nous ne sommes tombés d'emblée sur la notion de **Population.**

3. DU COTE DE LA DIDACTIQUE : NIVEAUX DE FORMULATION, OBJECTIFS-OBSTACLES, ACTIVITES DE STRUCTURATION, AIDES DOCUMENTAIRES

Dans le but de proposer un réseau articulé des diverses notions constitutives du concept de population nous avons d'abord puisé aux sources de l'histoire des sciences et de l'épistémologie.
Nous avons ensuite analysé quelques situations de classe pour nous intéresser aux représentations des élèves par rapport à des éléments de ce réseau de notions.
Nous souhaitons maintenant faire des propositions pour aider un enseignant dans sa pratique de classe.

un concept peut être hiérarchisé en différents niveaux de formulation

Nous nous centrerons successivement sur l'idée de niveau de formulation, sur celle d'objectif-obstacle et nous proposerons quelques aides documentaires pouvant servir de points de départ de situations de classe ou d'exercices d'évaluation.

3.1. Si nous raisonnions en termes de niveaux de formulation ?

Un concept peut être désigné de diverses manières. Ces définitions peuvent être hiérarchisées entre elles. L'extension du domaine de validité du concept s'accompagne alors d'une diminution du nombre de critères qui permettent de le définir.

Nous appellerons niveau de formulation, ou registre de

formulation d'un concept, un énoncé qui vise à matérialiser une étape dans le processus de la connaissance de ce concept. Nous avons écrit par ailleurs qu'une pédagogie centrée sur la construction active du savoir ne peut esquiver le problème des niveaux de formulation ; le savoir ne résulte pas d'une addition mais d'une réorganisation. Les connaissances n'étant alors opérationnelles que si l'on sait maîtriser le niveau de formulation qui répond au problème posé et si l'on sait changer de niveau de formulation pour pouvoir dialoguer avec une personne ayant une formation différente.

réorganisation du savoir

. L'exemple de la notion de natalité

Nous avons identifié ci-dessous six énoncés prélevés dans des classes de niveau différent. Nous ferons quelques remarques à propos de chacun d'eux.

"Grisou et Grisette, les souris de notre élevage ont eu six petits".
Cette formulation est chargée d'affectivité et n'a aucune intention de généralisation. Il n'est fait état que d'une situation particulière.

exemple de niveaux de formulation à propos de la Natalité

"Un couple de souris peut avoir quatre portées par an".
On n'évoque plus un cas particulier comme précédemment. On généralise à l'espèce Souris et l'on apporte des informations temporelles.

"Le nombre de naissances varie selon les espèces".
La généralisation s'accentue. On ne parle plus de ce qui se passe dans une espèce donnée. On étend le nombre de naissances à l'ensemble des espèces.
L'énoncé correspond par sa généralisation à une loi valable pour tout le monde animal.

"Lorsque dans un élevage de souris on ne sépare pas les jeunes des parents, le nombre de naissances diminue".
Un facteur est évoqué qui explique les variations du nombre de naissances. Il s'agit du facteur milieu. On obtiendrait une formulation de même forme si l'on parlait d'un autre facteur, le facteur alimentation par exemple, comme dans la formulation :
"lorsque la nourriture diminue, généralement le nombre de naissances diminue".

"Le nombre de naissances chez la souris varie avec différents facteurs (espace disponible, densité de population, qualité de la nourriture...). Parmi ces facteurs un seul peut être déterminant à un moment donné".
Le niveau de généralisation augmente : on évoque plusieurs facteurs susceptibles de limiter la natalité. Le niveau d'abstraction s'accroît aussi puisqu'on évoque que parmi plusieurs facteurs limitatifs un seul puisse agir à

un moment donné.

"Le taux de natalité d'une population varie avec les facteurs biotiques (alimentation, densité de population...) et abiotiques (conditions de température, d'humidité, ensoleillement...) du milieu dans lesquel elle vit".
On passe du nombre de naissances qui est cardinal à un taux qui représente un rapport : c'est le nombre d'individus naissant dans la population pendant une unité de temps. De surcroît on a différencié les facteurs influençant le taux de natalité.

. Que représentent ces diverses formulations ?

Elles attestent d'une hiérarchie selon deux axes :
- celui des **opérations logiques en cause**
Nous sommes toujours restés, au plan de la causalité, à une causalité simple entre le nombre de naissances et les facteurs du milieu.
Nous avons, avec l'avant-dernier énoncé, abordé une pensée de type probabiliste (il est possible que parmi différentes causes une seule soit déterminante).
- celui des **notions en cause**

l'analyse de ces niveaux de formulation

Ainsi sommes-nous passés d'un état de fait : les naissances varient selon les espèces, à une explication de cette variation par différents facteurs qui ont été progressivement différenciés en facteurs biotiques et abiotiques.

. Généralisation de cette réflexion

- Si l'on considérait chacune des notions constitutives du réseau conceptuel de Population on pourrait ainsi parvenir à divers niveaux de formulation qui prendraient en compte trois données :
. **le niveau des opérations logiques**
. **le niveau épistémologique**, concernant la nature des connaissances en jeu.
. **les pratiques sociales** à l'origine de la construction du concept. Selon que l'on construira la notion de taux de natalité à partir d'un élevage en classe ou de la visite d'un élevage bovin domestique intensif ou d'une étude documentaire sur un élevage dans le Sahel, les formulations linguistiques varieront.

- Les six énoncés précédents pourraient à notre sens être différenciés en trois niveaux de formulation :
premier niveau
"Dans une espèce donnée le nombre de naissances est bien supérieur au nombre de jeunes".
deuxième niveau
"Dans une espèce donnée le nombre de naissances varie en fonction de divers facteurs biotiques et abiotiques".

troisième niveau
"Le taux de natalité d'une espèce donnée, s'il dépend de nombreux facteurs, peut parfois s'expliquer par l'importance d'un seul d'entre eux".

3.2. Si nous raisonnions en terme d'objectifs- obstacles ?

. Toute réflexion didactique considère deux domaines de réflexions dont l'articulation demeure problématique pour Jean-Louis Martinand(24)

D'un côté une réflexion à propos des **objectifs.**
Il s'agit de traduire en termes de comportements des savoirs, des savoirs-faire et des attitudes.

d'un côté des objectifs ...

Les taxonomies conduisent alors à une constellation d'objectifs. Cet éclatement n'aide pas à différencier des objectifs charnières (ceux qui organisent une activité, qui constituent des piliers pour la structuration) et des objectifs d'accompagnement. Ces derniers aussi nécessaires que les précédents dans la logique de l'activité ne constituent pas cependant les points indispensables pour la maîtrise d'un domaine donné.

de l'autre des obstacles

De l'autre côté une réflexion à propos des **obstacles** à la compréhension chez les élèves. Ces obstacles déduits de l'analyse de leurs représentations peuvent être de natures diverses. Certains faciles à dépasser, d'autres nécessitant un saut intellectuel qui peut apparaître hors de portée des élèves à un moment donné.

L'idée d'objectif-obstacle vise à lier ces deux aspects : elle fournit des critères pour sélectionner des objectifs d'apprentissage intéressants dans la mesure où ils correspondent à un obstacle franchissable par les élèves d'un niveau donné.
Soyons cependant réalistes. Il y aurait une illusion à croire que certains obstacles bien identifiés pourraient - moyennant une pratique de classe appropriée- être levés rapidement dans tous les cas. Ce serait méconnaître la prégnance de certaines représentations.

. Un exemple d'objectif-obstacle : la notion d'espèce

L'analyse des représentations d'élèves par rapport à la notion d'espèce laisse apparaître des idées telles que :
"c'est des animaux pareils",
"c'est des animaux qui se ressemblent",

---

(24) Jean-Louis MARTINAND. **Connaître et transformer la matière.** Berne. Peter Lang. 1986. p.112

"c'est des animaux qui s'aiment bien".
L'anthropomorphisme sous-jacent ne considère que les ressemblances morphologiques.

la notion d'espèce abordée en termes d'objectifs-obstacles

Scientifiquement, la notion d'espèce peut s'appréhender à trois niveaux de formulation :
. les individus qui se ressemblent sont de la même espèce.
. les individus qui se ressemblent ou non mais qui donnent naissance à des individus féconds entre eux appartiennent à la même espèce.
. des populations d'individus de même espèce séparées géographiquement peuvent évoluer en de nouvelles espèces.

Le premier niveau de formulation révèle un obstacle : les critères d'identification.
Le second niveau de formulation révèle deux obstacles : l'idée d'interfécondité et l'idée de génération.
Le troisième niveau révèle deux obstacles : envisager la possibilité de spéciation et la dimension temporelle.
Arrêtons-nous sur ces divers obstacles pour les préciser.

L'obstacle identification :
Il y a une variété de critères d'identification d'une espèce.
Pour ce qui est des critères morphologiques, deux remarques :
. les personnes qui vivent près de la nature, de par leurs expériences, utilisent des critères morphologiques de différenciation particulièrement pertinents. C'est le cas des chasseurs, des pêcheurs, des horticulteurs, des cultivateurs.
"J.M. Diamond en 1965 a constaté que les indigènes Fore en Nouvelle Guinée possèdent dans leur langage cent dix noms pour les cent vingt espèces locales d'oiseaux reconnues par les plus grands ornithologues mondiaux, et dans quatre vingt treize cas la correspondance est absolue entre leur nomenclature et celle des publications les plus sérieuses."(25)
Il semble aussi que de jeunes enfants reconnaissent aisément la variété phénotypique d'espèces comme le Chien.
. en ce qui concerne les critères physiologiques de détermination ils reposent généralement sur des types d'investigation particuliers (à l'exemple des bactéries).
En tout état de cause, plus l'organisme est petit, plus la discrimination est difficile.

---

(25) Charles BOCQUET. "Espèce biologique". **Encyclopaedia universalis**. Vol.6. Paris. 1968. p.545.

L'obstacle interfécondité :
Il faut comprendre que dans une espèce existent des mâles et des femelles et cependant admettre que la différence n'est pas toujours perceptible. Il est vraisemblable que prendre le Rat pour le mâle de la Souris est rendu possible entre autre parce qu'on ne voit pas la différence entre la Souris mâle et la Souris femelle. Même remarque pour Crapaud et Grenouille. Dans les deux cas, la langue renforce la confusion en utilisant le genre masculin pour une espèce et le genre féminin pour l'autre.
Le critère d'interfécondité s'esquisse avec le comportement reproducteur, se précise avec l'observation de l'accouplement et s'impose avec la naissance des jeunes, à la condition que ces jeunes soient capables à leur tour de se reproduire.

L'obstacle génération :
Il ne semble pas présenter de difficultés majeures dès lors que la notion de temps est maîtrisée.

L'obstacle spéciation :
Il est difficile à penser car il impose de dépasser le fixisme pour admettre la possibilité de l'évolution. Il nécessite de reconnaître les possibilités d'interaction entre les particularités qu'une espèce manifeste (à partir de quel niveau pourra-t-on parler de génome ou pour le moins faire référence à une mémoire de l'espèce transmise de génération en génération) et les singularités d'un milieu capable de se transformer.
De surcroît, ces interactions sont à envisager entre populations appartenant à la même espèce.

Parce qu'elle prend en considération les obstacles que les élèves doivent surmonter dans un champ conceptuel donné, la notion d'objectif-obstacle mériterait d'être ajustée à l'ensemble des notions constitutives du concept de population.

3.3. A propos des activités de structuration

L'activité scientifique fait alterner des moments de recherche foisonnants au cours desquels l'autonomie des élèves est la plus large possible et des activités de structuration qui visent en s'appuyant sur ce foisonnement à créer une structure explicative.
Ces temps de structuration permettent entre autres de créer ou de réutiliser des modes de symbolisation et de communication les plus pertinents par rapport à la situation.

Dans une classe de CM2, les élèves ont travaillé sur les fluctuations d'une population de Campagnols au cours de

de l'investigation
...

trois années à partir de l'analyse de documents. Dans le but de leur faire réinvestir cet acquis, la maîtresse leur propose de résoudre la question suivante :
"dans un jardin, un jardinier s'aperçoit que le nombre d'escargots a peu varié d'une année sur l'autre. Cela le surprend et il cherche à comprendre. Peux-tu l'aider ?

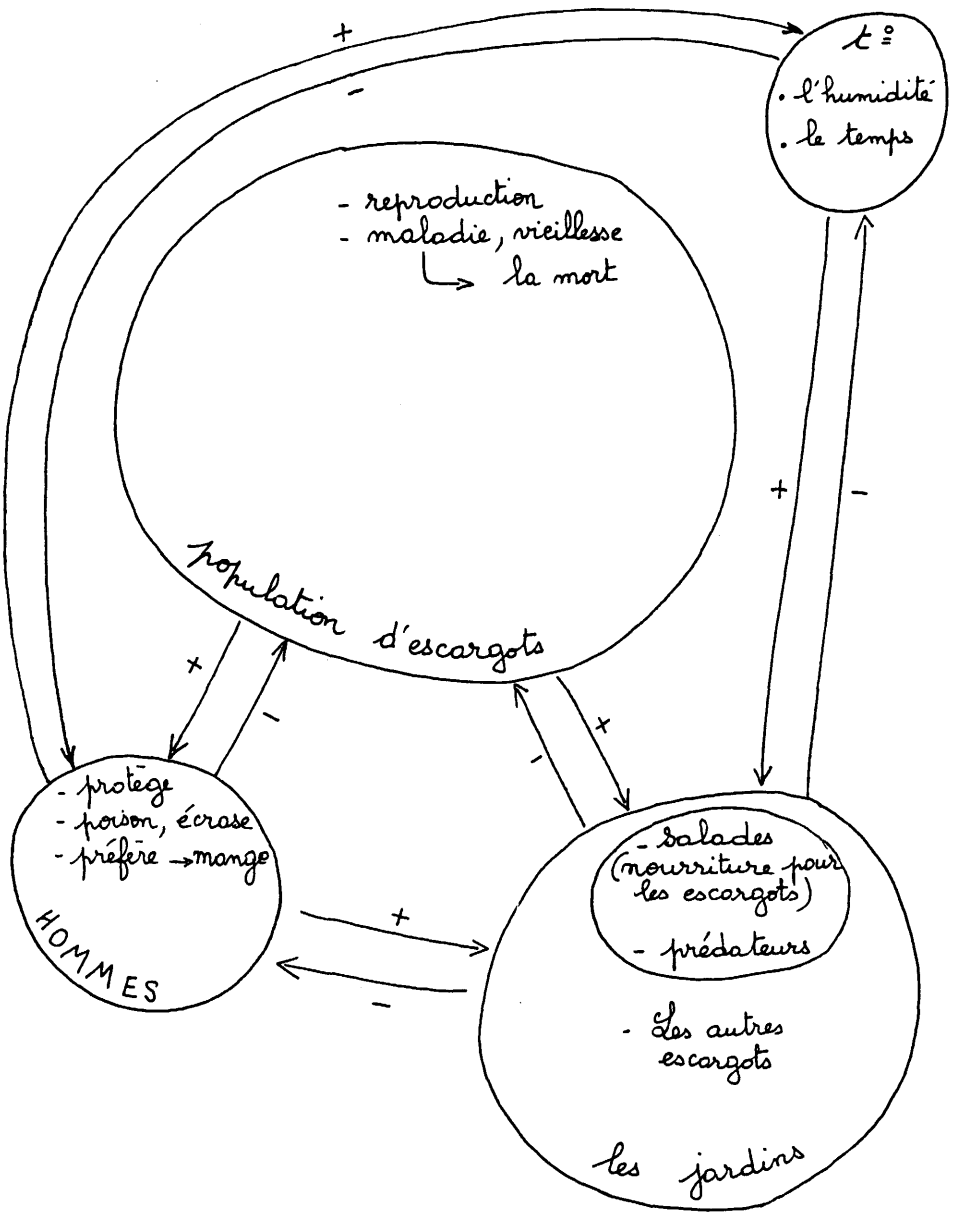
à la structuration

Les élèves ont quelques difficultés à comprendre la question et il est nécessaire de leur dire que le jardinier n'aime pas les escargots.
Reformulation de la question :
"la population d'escargots a peu changé. Qu'est-ce qui aurait pu faire changer cette population ?".

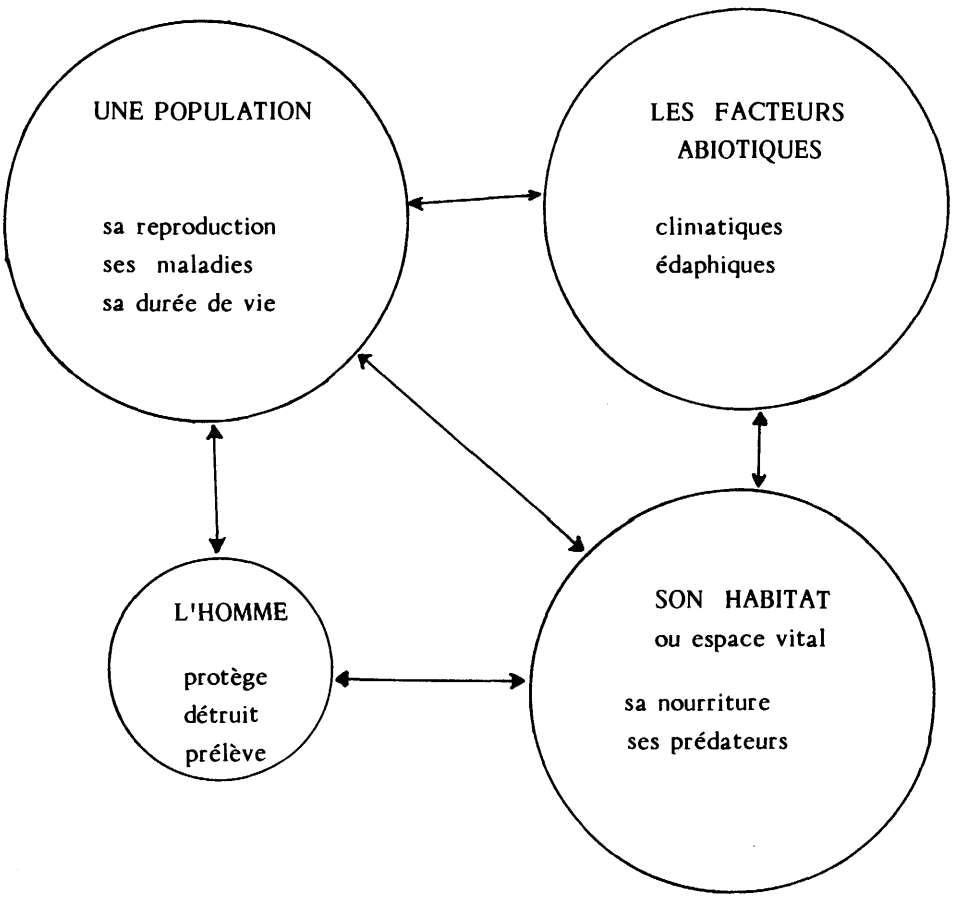
Proposition des enfants :
"On va chercher ce qui peut faire augmenter la population des escargots et ce qui a pu la diminuer".
Après un temps de recherche individuelle, une mise en commun des idées conduit progressivement à la construction du tableau suivant centré sur la population et rassemblant divers mécanismes de régulation déterminants pour les élèves.

Ce qui fait augmenter le nombre d'escargots	Ce qui fait diminuer le nombre d'escargots
naissance des petits	manque de nourriture
nourriture abondante	l'hiver
	l'homme les mange
bonnes conditions de vie (humidité, pas de poison)	l'homme les écrase
pas beaucoup de prédateurs	sécheresse, inondations poules, hérissons oiseaux prédateurs maladie, vieillesse mort naturelle froid intense

En complément au tableau, les élèves sont invités à imaginer une autre façon de présenter les faits. Cette fois, ce sont les facteurs de fluctuation qui sont mis en relief. Voici une production d'élève (voir aussi page 105 de l'article Milieu).



Nous proposons une schématisation que l'on aurait pu établir à partir des productions d'élèves :



Ce qu'il est intéressant de constater, c'est le parallélisme entre ces productions des élèves et les trames conceptuelles telles que nous avons pu en produire précédemment.

3.4. Quelques aides documentaires à propos du concept de Population

Nous proposons quelques documents centrés sur des notions constitutives du concept de population :
. structure démographique et densité de population
. fécondité des espèces, notion de génération
. relations intraspécifiques dans des populations (notion de territoire, compétition pour l'espace)
. relations interspécifiques entre populations (notions de concurrence et de partage).

des repères concrets, des outils pour les activités de classe

Il ne s'agit pas d'un inventaire exhaustif mais de quelques exemples permettant d'abord de concrétiser les propos qui précèdent et de proposer aux enseignants quelques pistes pour introduire en classe des éléments du concept de population.
Ces exemples, et d'autres du même type, peuvent être utilisés comme supports de discussions interactives, comme points d'appui pour faire évoluer les représentations des élèves, pour lever quelques objectifs-obstacles ou pour consolider les apprentissages.
Enfin, ils constituent des instruments utilisables pour la mise au point d'exercices individuels en vue d'évaluer ce que l'élève a acquis ou comme aide à l'appropriation des notions proposées.

Aucun questionnement n'est proposé ici, l'élaboration des questions étant dépendante de la situation de classe dans laquelle les documents sont intégrés, des objectifs poursuivis (guidage, évaluation...) et du niveau des formulations construites en classe.

. Structure démographique d'une population

- à propos des méthodes d'échantillonnage

Il est possible de faire travailler les élèves à la réalisation d'un inventaire des êtres vivants d'un sol forestier en pratiquant le quadrillage du terrain. On peut aussi aborder :
. les **méthodes de recensement** pratiquées en forêt par les gardes-chasse pour le gibier, en mer pour le poisson...
. les méthodes de **capture et recapture** : elles permettent d'évaluer la population totale par la formule suivante :

$$\frac{N}{M} = \frac{n}{m}$$

N = nombre total d'individus constituant la population
M = nombre d'individus marqués ou bagués et relâchés
n = nombre d'individus capturés après le marquage d'un certain nombre d'individus de la population
m = nombre d'individus marqués et recapturés

On en déduit $N = \frac{M\,n}{m}$

-à propos de la densité de la population : quelques exemples (26)

. Dans une forêt de chênes et de charmes de Pologne, la population de Rongeurs (donc de différentes espèces : Mulots, Campagnols, Souris...) est de
105 individus/hectare en été
95 individus/hectare en hiver

. En Amérique du Nord, la densité de la population de Lynx est de 1 individu/100 km2.

. En Afrique, dans la savane du Congo, la densité de quelques grands herbivores est la suivante au km2 :

Eléphant	2,4	Cob des roseaux	0,1
Buffle	20,4	Antilope harnachée	0,1
Waterbuck (antilope)	3,1	Phacochère	1,3
Cob de Buffon (antilope)	2,1		

. En France, dans les Alpes et plus précisément dans le Briançonnais, on a compté le nombre des Rongeurs par hectare :

Dans une forêt de mélèzes :

Campagnol roux : moins de 10
Mulot : moins de 10
Lérot : 8
Loir : 1 à 5

Hors de la forêt :

Campagnol des champs
et Campagnol souterrain : 100

On peut aussi dénombrer les Invertébrés, par exemple, selon la nature des sols, on peut trouver :
des vers de terre : 1 000 à 300 000 individus/m2
des mille-pattes : 10 à 20 000 individus /m2

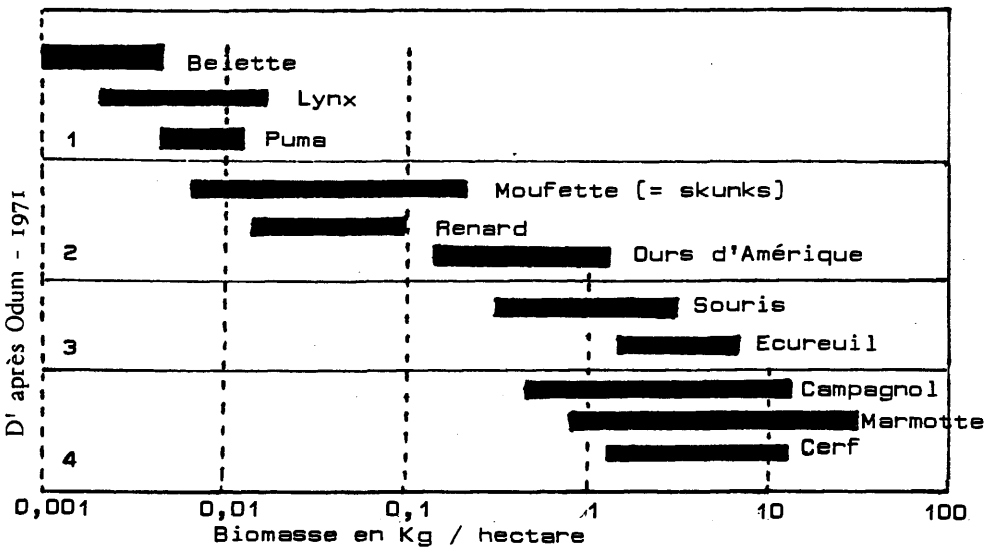
La **densité** est soit le nombre d'animaux d'une même espèce occupant une surface donnée (exprimée selon les cas en m2 ou en hectares), soit la quantité de matière vivante que représentent ces individus (on additionne

---

(26) Roger DAJOZ. **Dynamique des populations.** Paris. Masson. p.42.

leurs masses), cette quantité est alors appelée **biomasse.**
A propos de la biomasse, on peut calculer la biomasse des élèves de la classe ou utiliser les données d'un recensement par tranche d'âge : pour chaque tranche il est possible de calculer une masse moyenne et ainsi de trouver la biomasse humaine d'une ville, d'un département...

. Un dernier exemple permettant diverses analyses, d'abord méthodologique du fait du mode de présentation des données :



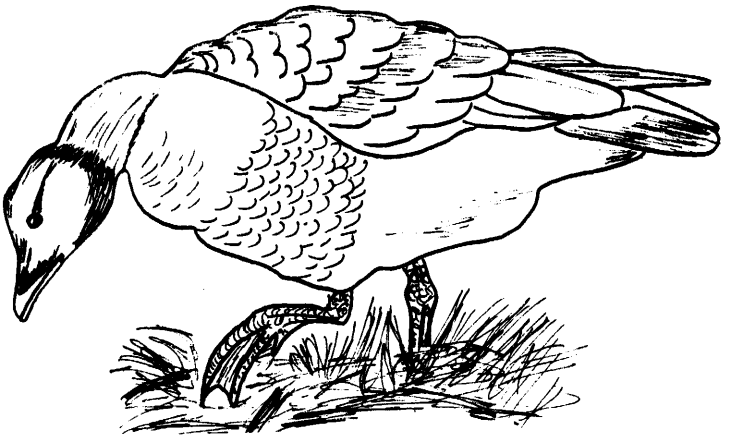
Chaque rectangle noir représente la biomasse possible d'une population, de la densité la plus faible à la densité la plus forte.

Lecture du document : il y a entre 2 et 8 kg d'Ecureuil à l'hectare ...
De plus : possibilité de faire une corrélation entre biomasse et régime alimentaire ; les animaux de ce diagramme peuvent être classés en quatre catégories.
Il est également possible de compléter les informations de ce diagramme par une recherche sur l'aire de distribution et sur l'habitat de ces espèces animales.
Enfin, des données sur la masse moyenne des animaux de chaque espèce permettent d'exprimer la densité en nombre moyen d'individus :
masse moyenne de quelques uns de ces animaux :

Lynx	: 12 à 20 kg	Marmotte	: 4 à 7 kg
Puma	: au maximum 120 kg	Cerf	: 100 à 250 kg
Renard	: au plus 15 kg	Ecureuil	: 230 à 480 kg
Ours	: 300 à 600 kg		

- à propos de l'évolution d'une population

Les données démographiques ne permettent pas seulement un inventaire à un moment donné, elles offrent la possibilité de suivre le devenir d'une population.



Les **oiseaux**, surtout lorsqu'ils sont de grande taille comme les **oies**, sont des animaux dont on peut assez facilement connaître les effectifs dans une région précise.
On a pu ainsi, plusieurs années consécutives, dénombrer les individus d'une population (27) :

ANNEE 1953	
Population au printemps	800
Couples formés	200
Couples ayant fait un nid	200
Oeufs pondus	1225
Oeufs éclos	796
Jeunes survivants	634
Population d'automne	800 + 634 = 1434
Survivants l'année suivante	1075
ANNEE 1954	
Population au printemps	1075
Couples formés	432
Couples ayant fait un nid	216
Oeufs pondus	1276
Oeufs éclos	594
Jeunes survivants	496
Population d'automne	1075 + 496 = 1571
Survivants l'année suivante	1137

(27) d'après MOSBY (1963) cité par Roger DAJOZ, op.cit.

. Espèce et fécondité. Données sur la fécondité

La fécondité est la capacité de reproduction pour laquelle il faut connaître :
1. Le nombre d'oeufs par pontes ou le nombre de petits par portée
2. Le nombre de pontes ou le nombre de mise-bas par an
3. L'âge à partir duquel les animaux sont capables de se reproduire, c'est-à-dire la maturité sexuelle.

Quelques exemples :

	Nombre d'oeufs ou de petits	Nombre de pontes ou de portées par an	Age de la maturité sexuelle
Esturgeon	1 à 2,5 millions	1	-
Anguille	5 à 20 millions	1	-
Grenouille verte	1 600 à 10 000	1	2 ans
Couleuvre à collier	7 à 9	1	3 ans
Alligator	29 à 88	1	5 à 10 ans
Mouette rieuse	3	1	2 ans
Moineau domestique	5 à 6	-	1 an
Canard colvert	7 à 14	-	1 an
Grand kangourou	1 à 2	1	?
Chauve-souris (vespertilion)	1	1	1 à 2 ans
Chimpanzé	1	-	10 ans
Lapin	1 à 13 ans	plusieurs	6 à 8 mois
Eléphant d'asie	1	1/3 ou 1/2	8 à 16 ans
Baleine	1	1 ou moins	3 ans

On peut également ajouter à ces chiffres la durée de vie de ces animaux qui permettra de savoir pendant combien d'années ils sont capables de se reproduire.
On pourra également s'intéresser aux soins apportés aux jeunes.
Les taux de reproduction se situent par rapport à deux stratégies de croissance entre lesquelles existent tous les cas intermédiaires (voir page 26).

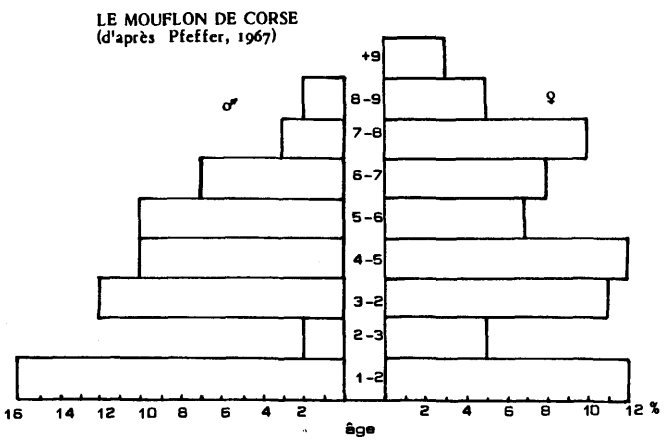
Natalité et mortalité

Exemple : comparaison entre des populations géographiquement disctinctes de la même espèce ou entre deux espèces voisines occupant des habitats distincts (28).

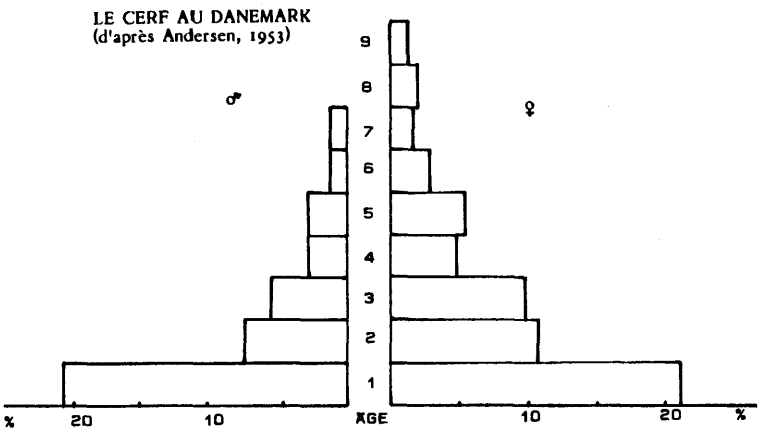
	Taux de reproduction Nb de jeunes/portée	Taux de mortalité des adultes
Etourneau		
Suisse	5,8	63 %
Angleterre	4,7	52 %
Mésange bleue		
Angleterre	11,6	73 %
Espagne, Portugal	6	41 %
Iles canaries	4,3	36 %
Lézard des murailles		
Italie continentale	24	40 %
Iles italiennes	11	20 %
Lézards californiens		
en plaine	8,5	80 % env.
en montagne	3,3	30 % env.

. Population et notion de générations

L'utilisation de **pyramides des âges** est intéressante. On peut recourir à celles qui concernent la population humaine (documents utilisés en géographie).
Voici deux exemples concernant des mammifères herbivores :



(28) d'après LACK (1954) cité par Roger DAJOZ, op.cit. p. 52



Chaque tranche d'âge constitue une génération. Ce type de document donne des informations sur l'évolution d'une population : lorsqu'une population est en accroissement rapide, le rapport jeunes/adultes est élevé.

. Relations intraspécifiques dans une population

Ces relations sont à prendre en compte à la fois comme exemple de "facteurs biotiques" du milieu et comme "facteurs de régulation" d'une population.

Trois types de relations sont en rapport avec la densité :
l'effet de groupe
l'effet de masse
la compétition.

C'est pour ce dernier cas que nous proposerons quelques exemples :
- chez les végétaux :
exemples de compétition pour l'espace avec les conséquences agronomiques : densité des semis (expériences réalisables en classe).
exemples de compétition pour la lumière.
- chez les animaux :
la territorialité est bien connue chez les Oiseaux, Mammifères et Poissons.
C'est une forme de compétition qui induit des comportements liés essentiellement à la reproduction mais aussi à la nutrition.
la compétition pour l'espace s'observe chez les animaux marins fixés (moules, huîtres, balanes...).

- Les oiseaux et leurs territoires

Un territoire est une **aire défendue** par un animal (généralement un mâle) contre ceux de son espèce.

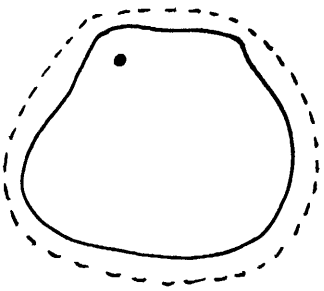
Toutes les espèces n'ont pas le même type de territoire. Voici les deux exemples les plus fréquents :

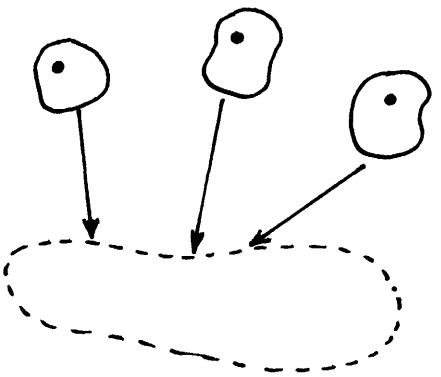
TYPE 1

rencontré chez la plupart des passereaux et chez les Pics

TYPE 2

rencontré par exemple chez les Grèbes, les Cygnes, les Busards, les Hirondelles...





• emplacement du nid
——— limites du territoire de reproduction
-------- limites du territoire de nutrition

. Possibilité de comparer différents types de territoires
. Possibilité de comparer des superficies de territoires d'oiseaux, en m^2

manchot	0,5	aigle royal	93 000 000
mouette rieuse	0,3	merle	1 200
foulque	4 000	rouge-gorge	6 000
buse à queue rousse	1 300 000	mésange à tête noire	53 000

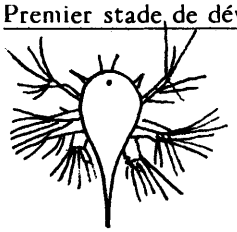
. Possibilité d'examiner des variations de territoire
- selon que l'espèce est d'un tempérament plus ou moins agressif (le Merle a un territoire de 1 200 m2 alors que la Grive draine qui a des besoins identiques à ceux du Merle a un territoire de 150 000 m2).
- selon le moment de l'année par rapport à la reproduction (d'avril à mai le territoire du Faisan est de 5 hectares, en juin il n'est plus que de 2,5 hectares).
- selon l'abondance de la nourriture (les Stercoraires d'Alaska ont un territoire de 6 à 9 hectares lorsque les Lemmings, dont ils se nourrissent, sont abondants et de 45 hectares lorsque les Lemmings deviennent rares).

- Compétition pour l'espace dans une population de Balanes

Les Balanes sont des Crustacés fixés sur les rochers. Leur carapace formée de six plaques mesure environ 15

mm de diamètre.
Ce sont des animaux filtreurs (comme les Moules).
Les oeufs pondus par les adultes donnent des larves vivant dans le plancton marin. Voici l'évolution :

Premier stade de développement



Larve nauplius planctonique
(ici vue de dessus)

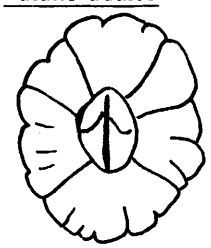
Si on dénombre au départ 13 000 larves nauplius,
au stade suivant après métamorphose :

Deuxième stade de développement

Larve cypris
(ici vue de profil)

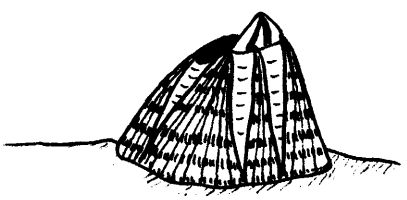
Il n'y a plus que 130 larves jeunes
puis 26 larves âgées
Le taux de survie est donc 26/13 000 = 0,2 %

Balane adulte



(ici vu de dessus)

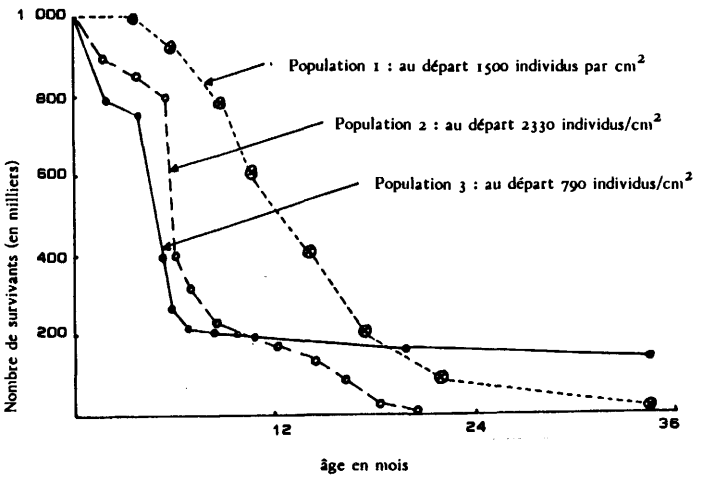
Deux mois plus tard, les jeunes balanes fixées seront au nombre de 15.



(vu de profil)

Chez une espèce de balanes qui a été étudiée par les chercheurs, on estime que la quantité de larves qui se fixent après la vie planctonique est de 600 000 par m^2 de rocher.
Or un adulte a besoin pour vivre de 80 mm^2 ce qui implique une densité maximale de 12 500 individus au m^2...
Seuls atteindront l'état adulte 2 % des jeunes qui se fixent.

Courbe de survie des Balanes



On établi pour une population étudiée à St Malo dont la densité initiale est de 2 200 individus par m² une table de mortalité :

Age en mois	Nombre de survivants	Nombre de décès
0	1 000	90
2	910	100
4	810	50
6	760	60
8	700	80
10	620	160
12	460	80
14	380	100
16	280	50
18	230	40
20	190	100
22	90	60
24	30	20
26	10	8
28	2	2

Les larves se fixent aux rochers pendant une courte période au printemps. Il est donc facile de les compter.

Ceux qui disparaissent sont morts.

Ces chiffres donnent une durée de vie moyenne de 12,1 mois.

. Population et relations interspécifiques

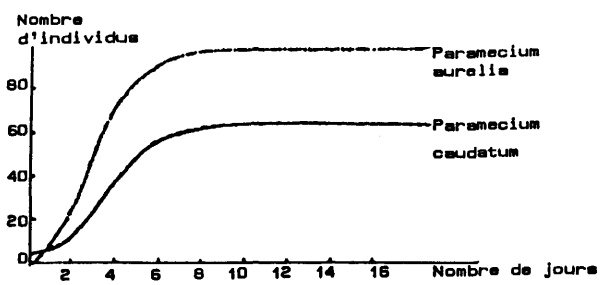
Ces relations comme les précédentes sont des composants des facteurs biotiques du milieu ainsi que des facteurs de régulation.
Elles comprennent évidemment toutes les relations alimentaires (prédation, parasitisme, commensalisme et mutualisme) sur lesquelles nous n'insisterons pas ici.
Nous donnerons des exemples qui permettent d'approcher la notion de "niche écologique" qui situe la fonction d'une population à l'intérieur d'une biocénose.

- Cas de concurrence ou de compétition

Les deux termes sont souvent confondus et il ne nous appartient pas de trancher. Ce qui importe est l'idée que la compétition entre des populations d'espèces différentes est d'autant plus grande que les niches écologiques de celles-ci sont proches.

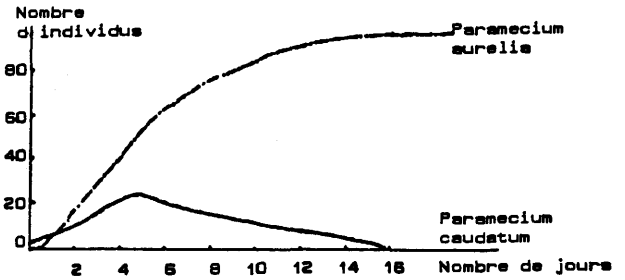
- chez les végétaux : nombreux exemples possibles de compétition pour la lumière (Chêne/Hêtre), pour l'espace... Il existe de nombreux travaux expérimentaux dont on peut noter qu'ils ne travaillent que sur deux espèces pour éviter la complexité d'analyse des problèmes.

- chez les animaux : les cas de compétition pour l'espace des animaux fixés existent aussi au niveau interspécifique (Eponges, Mollusques...).
Au niveau expérimental, citons les travaux de Gause (1934) sur les Paramécies.
Deux espèces de paramécies : Paramecium caudatum et Paramecium aurelia sont cultivées dans différentes conditions :
- séparément avec des apports de nourriture constitués de Bacillus pyocyanus : I
- ensemble en milieu confiné : II
- ensemble en milieu renouvelé : III
Les résultats sont traduits par les courbes de croissance :

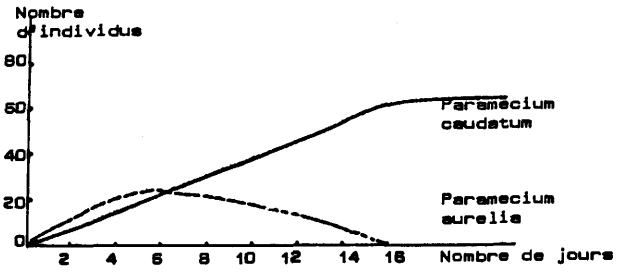


I : cultivées séparément

P. aurelia a le taux de reproduction le plus élevé.



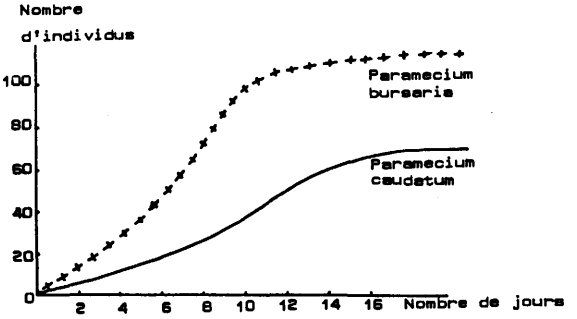
II : cultivées ensemble en milieu confiné



III : cultivées ensemble en milieu renouvelé

L'évolution des effectifs en II et III montre que le renouvellement ou le confinement influent sur le taux de reproduction.

IV. Paramecium caudatum et paramecium bursaria cultivées ensemble dans un milieu confiné



On assite à un résultat différent du précédent (II) car les deux Paramécies n'ont pas la même niche écologique : lorsqu'on effectue des prélèvements dans les tubes de culture, on constate que Paramecium caudatum vit près de la surface, tandis que Paramecium bursaria vit au fond.
Il peut ainsi s'instaurer un équilibre entre les populations des deux espèces.
Ceci nous amène au second type de relation.

- Cas de partage de l'espace

Il s'agit de relations qui peuvent être qualifiées de "neutralisme" : des populations appartenant à des espèces différentes vivent dans le même milieu en occupant des niches écologiques différentes.

Nous en proposons quatre exemples pour lesquels nous précisons les régimes alimentaires :

. Des végétariens à tous les étages !
(Girafe, Did-dik et Generuk)

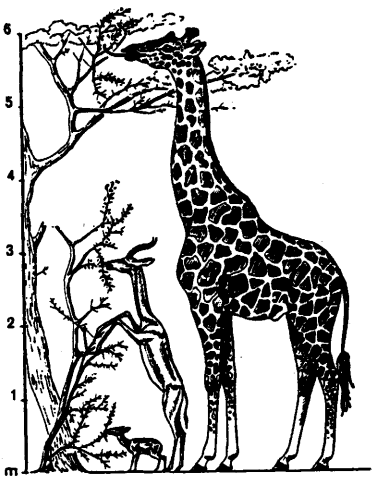
. De l'herbe, de l'herbe, de l'herbe...
(Zèbre, Gnou, Gazelle et Topi)

. Cortège d'oiseaux pour un cadavre
(Pies, Milan, Corbeaux, Vantoux, Gypaète...)

. Un trio de prédateurs ailés dans les bois...
(Autour des palombes, Epervier d'Europe et Buse variable).

DES VEGETARIENS A TOUS LES ETAGES !

OU DES AMATEURS DE PIQUANTS...



LA GIRAFE

LE GENERUK ou
GAZELLE DE WALLER

LE MADOKA ou
DIK-DIK

schéma : LA FAUNE
tome 2 page 129
Ed La Grange Batelière

Dans la STEPPE ARBUSTIVE AFRICAINE, du Mozambique à l'Angola, on trouve une végétation adaptée à la sécheresse :
beaucoup d'arbustes épineux et de grands acacias (20 m)

Les animaux qui peuvent y vivre sont ceux qui peuvent se passer d'eau pendant de longues périodes. C'est le cas des trois Mammifères représentés sur le schéma.

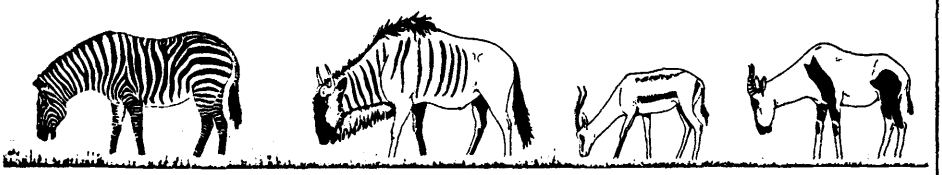
Ils ont tous les trois le même régime alimentaire : ils se nourrissent de feuilles et de bourgeons. Ce sont des VEGETARIENS PHYLLOPHAGES (du grec phullon = feuille et phagein = manger)

- LA GIRAFE a une langue qui peut atteindre 40 cm de longueur !

- LE GENERUK est une Antilope qui présente la particularité de faire preuve d'une grande aptitude à la bipédie en se dressant sur ses pattes postérieures.

- LE MADOKA est une petite Antilope (4,5 kg) qui se cache dans les broussailles le jour et va rechercher sa nourriture la nuit.

DE L'HERBE, DE L'HERBE, DE L'HERBE ....LA SAVANE



ZEBRE GNOU GAZELLE TOPI

[document LA FAUNE - Ed Grange Batelière - Tome 1 page 25]

La savane africaine est une vaste prairie composée surtout de Graminées. Elle s'étend du Sénégal à l'Ethiopie.
Il y a alternance de saisons sèches et de saisons humides. Là où il y a de l'eau, des arbres se développent.

De nombreux troupeaux d'HERBIVORES y sont présents, en beaucoup plus grande densité que partout ailleurs dans le monde (on peut compter jusqu'à 400 grands Ongulés à l'hectare).
Ainsi différentes espèces ayant le même régime alimentaire occupent le même habitat, par exemple :

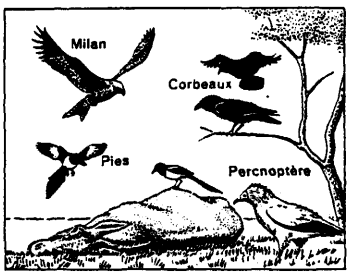
- Les différentes espèces de ZEBRES (six espèces différentes par leurs rayures) qui apprécient les herbes fibreuses et hautes.
  Un Zèbre pèse de 200 à 350 kg.

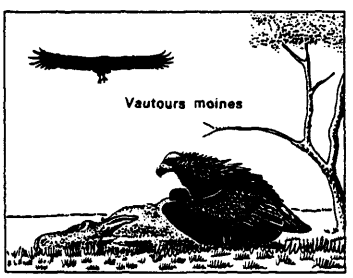
- Les GNOUS, grandes Antilopes qui mangent des herbes courtes.
  Un Gnou pèse 180 à 250 kg.

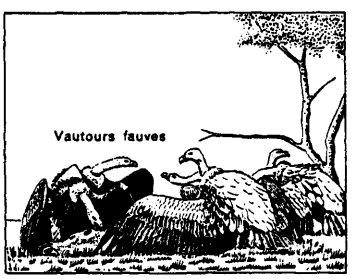
- Les GAZELLES DE GRANT et les GAZELLES DE THOMSON qui mangent de préférence une herbe courte et fraîche.
  Une Gazelle de Grant pèse 65 à 70 kg
  Une Gazelle de Thomson pèse 25 à 30 kg.

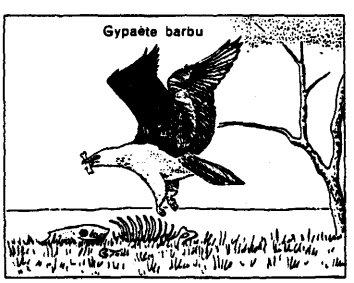
- Les TOPIS sont aussi des Antilopes du groupe des DAMALISQUES.
  Ces animaux mangent des herbes courtes et sèches que les autres herbivores dédaignent.
  Le poids d'un Topi est de 200 à 250 kg.

CORTEGE D'OISEAUX POUR UN CADAVRE....









Schémas : La FAUNE
La Grange Batelière
Tome 4 page 265

Les quatre schémas ci-contre présentent le spectacle auquel il est possible d'assister, par exemple dans les Pyrénées, à condition d'être patient et discret.

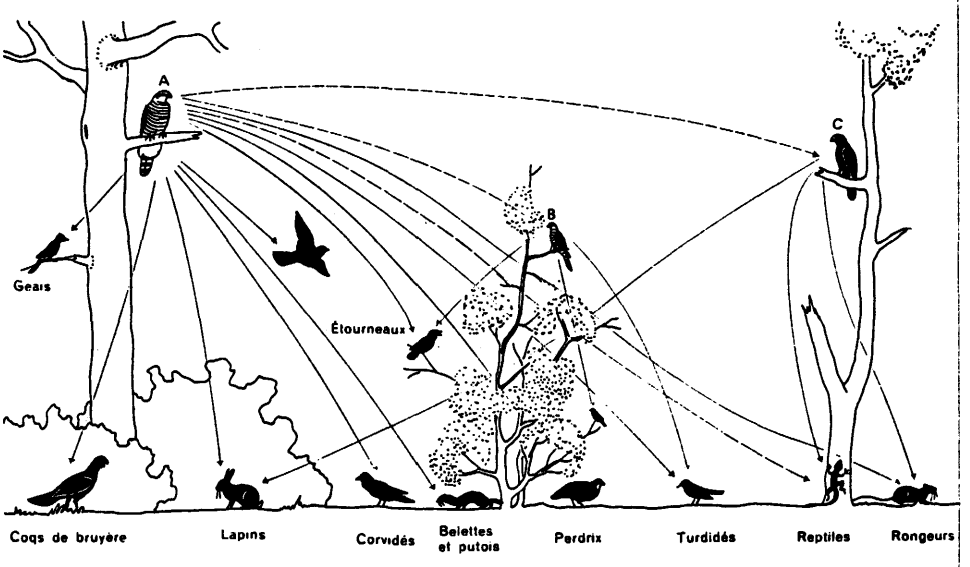
Il n'est pas rare que des animaux tels que des Mammifères Ongulés, périssent en montagne (maladie, chute dans les rochers...)

C'est autour de ce cadavre qu'on verra se succéder les différents mangeurs de cadavres appelés CHARDGNARDS ou plus savamment NECROPHAGES.

On s'est longtemps demandé comment les grands rapaces qui doivent circuler sur un grand territoire peuvent localiser les bêtes mortes.
Ils ont une excellente vue cependant on a remarqué que les premiers oiseaux arrivés sur les lieux sont, avant les grands corbeaux, les Pies bavardes : bruyantes, curieuses, ce sont elles qui attirent les rapaces.

Le Gypaète barbu est le dernier du cortège. Il vit entre 1 200 et 1 800 m d'altitude. Il peut atteindre 2,80 m d'envergure... Il apprécie surtout les os dont il apprécie particulièrement la moelle. Lorsque les os sont trop grands pour être avalés d'un seul coup, le rapace les transporte dans ses griffes sur une hauteur et les laisse tomber sur les rochers pour qu'ils s'y brisent ce qui lui permet ensuite de les manger sans difficulté.

UN TRIO DE PREDATEURS AILES DANS LES BOIS...



A : L'AUTOUR DES PALOMBES (envergure moyenne : 1 m) est un RAPACE qui chasse le plus souvent à l'affût sur une branche haute. Le territoire de chasse d'un couple est de 2 000 à 4 000 hectares selon l'abondance des proies.

L'ornithologue Uttendörfer a analysé dans 245 nids d'autours les restes de 7 333 proies qui comprenaient :

- 647 Mammifères (surtout des Rongeurs)
- 6 686 Oiseaux
  - 1 153 Geais
  - 319 Corneilles
  - 96 Pies
  - 11 Choucas
  - 12 Corbeaux

L'Autour très pourchassé autrefois n'est plus abondant, il est maintenant protégé.

B : L'EPERVIER D'EUROPE (envergure moyenne : 66 cm) est aussi un grand mangeur d'Oiseaux mais, comparé à l'Autour, c'est un nain ! Il ne peut prétendre aux mêmes proies malgré sa vitesse.
Il est également devenu rare en Europe, intoxiqué par les insecticides contenus dans ses proies.

C : LA BUSE VARIABLE (envergure 1,3 m) chasse à l'affût les petits et moyens Mammifères (Campagnols, Souris, Musaraignes, Taupes) et aussi des Insectes (Scarabés, Grillons, Sauterelles...) et des Reptiles (Lézards, Couleuvres) à la belle saison.

En Ukraine (URSS) les paysans placent des perchoirs dans les champs pour les Buses. En Espagne, une loi protège cet oiseau depuis 1902.

CES TROIS RAPACES CARNIVORES OCCUPENT LE MEME HABITAT PENDANT L'EPOQUE DE LA NIDIFICATION DONC PENDANT LA REPRODUCTION (au cours de laquelle ils doivent donc aussi nourrir leurs jeunes).

En conclusion, si l'analyse théorique proposée ici accompagnée des logigrammes illustrant les relations entre les concepts permet aux enseignants de penser des activités de classe à l'éclairage du concept de population, les quelques situations décrites montrent qu'il existe des obstacles à dépasser. La plus grande difficulté réside peut-être dans la distinction espèce/population dans la mesure où le concept d'espèce est trop implicite dans notre enseignement. Les exemples proposés comme supports d'activités de classe illustrent quelques voies possibles pour aider à franchir ces obstacles et favoriser l'appropriation d'une "pensée populationnelle" par les élèves.

Michel DEVELAY
Ecole Normale de Bourg en Bresse
Equipe de didactique des sciences expérimentales, INRP

Yvette GINSBURGER-VOGEL
Collège Mondétour, Orsay
Equipe de didactique des sciences expérimentales, INRP

Ce texte constitue la synthèse de réflexions conduites lors de journées d'étude réunissant des enseignants de biologie engagés dans la recherche en didactique des sciences expérimentales menée à l'INRP :

Marie-Claudine ARNAUD	*Lycée Jacques Brel, Vénissieux*
Nicole BEAUCHAMP	*Collège Louis Lumière, Marly-le-Roi*
Danièle COMBESCOT	*Collège Louise Michel, Clichy-sous-Bois*
Jeanine GUYON	*Lycée Henri Martin, Saint-Quentin*
Victor HOST	*Ancien responsable de l'équipe de didactique des sciences expérimentales de l'INRP*
Danièle REBE	*Collège Georges Brassens, Mions*
Patricia SCHNEEBERGER	*Ecole Normale, Mérignac*
Micheline TEULADE	*Ecole Normale, Antony*

Annales de didactique des Sciences

Rédaction
A. GIORDAN - J.L. MARTINAND
J. MATHIEU - R. VIOVY

Depuis quelques années, le succès des Journées Internationales sur l'Education Scientifique de Chamonix montre qu'il existe un nombe important d'enseignants, de formateurs, de vulgarisateurs, de chercheurs et d'administrateurs de différents pays intéressés par l'innovation et la recherche.

C'est en pensant à cette communauté que nous avons décidé de publier les

ANNALES DE DIDACTIQUE DES SCIENCES

Chaque année, elles présenteront deux articles de synthèse sur des thèmes actuels et fondamentaux, des analyses critiques de parutions récentes, des comptes rendus d'activités, des informations sur l'actualité de la recherche et de l'innovation.

Au sommaire du premier numéro :

J. MATHIEU, M. CAILLOT - Résolution de problème en sciences expérimentales : l'approche cognitive.
V. HOST - Théories de l'apprentissage et didactique des sciences.
J.P. ASTOLFI - Les recherches en didactique des sciences expérimentales à l'Institut National de Recherches Pédagogiques.
C. DE BUEGER - Productions belges en didactique des sciences.

Les commandes peuvent être adressées à :

Publications de l'Université de Rouen
1, rue Thomas-Becket 76130 Mont-Saint-Aignan
Prix du numéro de 166 p. : 65 Frs + port: 13 F

Adresse de la rédaction : LIRESPT - ANNALES DE DIDACTIQUE DES SCIENCES
Université PARIS 7
Tour 23-13 - 5ème étage
75251 - PARIS CEDEX 05
Tél. : 43 36 25 25 Poste 41.24

MILIEU

Anne-Marie Drouin
Jean-Pierre Astolfi

Le concept de Milieu présente la particularité d'être présent de façon implicite dans de nombreux textes scientifiques sans faire l'objet d'une définition précise. Lorsqu'il est employé, on constate une large variabilité de significations, que l'on peut souvent rattacher aux stades successifs de son élaboration historique.
De même, en situation didactique, l'emploi du mot milieu est beaucoup plus fréquent que les séances de classe où sa construction comme concept est travaillée précisément.
On essaiera, après une analyse de contenu de cette notion, de caractériser les obstacles auxquels sa construction se heurte et les étapes possibles de son appropriation. On étudiera en fonction de cette grille de lecture quelques exemples de séances de classe, et l'on proposera de situer les étapes de construction mises en oeuvre.

L'analyse didactique du concept de Milieu fait apparaître des difficultés particulières, les unes d'ordre théorique, d'autres d'ordre pratique.

Milieu : un mot du vocabulaire commun

En effet, la notion et le mot Milieu sont utilisés avec plusieurs sens par les scientifiques eux-mêmes comme nous le montrerons dans ce travail. Cela semble provenir, d'une part, des étapes de la construction historique de ce concept dont il reste des traces dans les formulations actuelles, d'autre part, du fait qu'il s'agit d'un terme du langage commun autant que du vocabulaire spécifique de l'écologie.

diversement employé par les scientifiques, faisant peu l'objet d'un travail scolaire

Par ailleurs (mais les choses sont liées), le concept de Milieu est rarement enseigné en tant que tel à l'école et au collège. Il apparaît pourtant, sans être précisément défini, dans de nombreuses séquences didactiques, et l'on peut reconstituer, grâce à une analyse préalable de la matière, la conception qui est implicitement véhiculée.

Nous nous efforcerons d'abord de démêler les multiples conceptions et significations du concept polymorphe de Milieu en prenant appui sur l'histoire des sciences et l'analyse de manuels universitaires.
Puis nous proposerons une hiérarchisation de ces conceptions suivant plusieurs axes, et nous caractériserons les obstacles qui les séparent, les progrès intellectuels qui correspondent aux passages.
Enfin nous appliquerons les résultats de l'analyse à l'interprétation des formulations recueillies chez les élèves, et à une lecture de quelques séquences de classe.

1. L'ANALYSE DU CONCEPT

une tâche ambigüe mais nécessaire

Le statut de cette première partie comporte quelques ambiguïtés : elle est le détour théorique qui permet d'élaborer des trames conceptuelles relatives à la notion de Milieu, trames éclairées par le savoir universitaire, mais orientées par des impératifs pédagogiques. Il s'agit de mettre en évidence les **enjeux théoriques** d'un concept (sans prétendre en faire le tour ni reproduire in extenso l'ensemble des savoirs qu'il recouvre) tout en gardant à l'esprit le but didactique qui est de mieux définir **les conditions de son appropriation** progressive par les élèves, à différents niveaux d'étude.
Pour éclairer le concept de Milieu, plusieurs sources d'information sont utilisables, que nous allons d'abord analyser.

1.1. les données d'histoire des sciences

Milieu, un mot importé de la mécanique dans la biologie

Pour résumer l'apport de l'histoire des sciences, on retiendra que le **mot** Milieu est une importation de la mécanique dans la biologie dans la seconde moitié du 18e siècle (1) : la notion est présente chez Newton et le mot dans l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert (article Milieu). Il est utilisé par Lamarck au pluriel (les milieux) alors que Geoffroy Saint Hilaire (1831) et Auguste Comte (1838) l'emploient au singulier.
Dans son évolution, l'emploi du mot comporte schématiquement quatre étapes, conduisant à l'élaboration du concept tel qu'il est actuellement défini en biologie. Ces étapes constituent en quelques sorte des strates, qui demeurent partiellement dans la compréhension actuelle du concept (2) :

le Milieu est ...

. Le Milieu comme situation médiane
De la position géométrique (cf. le milieu d'un segment) on passe à l'idée d'une liaison entre deux éléments, et le

---

(1) Une analyse plus détaillée est présentée dans le rapport de la recherche sur les **Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales** (INRP. 1985). Celle-ci reprend les articles de Guy RUMELHARD ("Le concept de milieu") et de Jean-Marc DROUIN ("La naissance du concept d'écosystème") précédemment publiés dans le **Bulletin ASTER** n°20. INRP. 1983.

(2) On se reportera à Georges CANGUILHEM. "Le vivant et son milieu". in **La connaissance de la vie.** Paris. Vrin. 1965.

ce qui relie ...
(Newton)

concept de milieu apparaît à cette étape comme une réponse au problème de l'action à distance (cf. "l'éther" chez Newton), alors que jusque-là, le seul modèle physique de la mécanique était le contact, le choc. Bien qu'à ce niveau le concept ne soit pas encore biologique mais physique, il comporte l'idée de liaison qui demeure sous-jacente à la conception actuelle.

. Le Milieu comme fluide de sustentation

ce qui "soutient" ...
(Lamarck)

D'intermédiaire dans une action à distance (mi-lieu) le milieu s'autonomise, se chosifie ; il devient une réalité en soi. Lamarck par exemple utilise l'expression "circonstances influentes", dans laquelle il inclut les climats, les lieux, les milieux (fluides).

. Le Milieu comme concept d'un rapport

ce qui met en rapport un vivant et des facteurs ...
(A. Comte)

Auguste Comte définit ensuite le terme comme "l'ensemble des circonstances extérieures nécessaires à l'existence de chaque organisme", et y distingue des variables : pesanteur, pressions de l'air et de l'eau, mouvement, chaleur, électricité, espèces chimiques. On est alors dans le domaine du quantifiable.
L'idée de rapports réciproques entre l'organisme et le milieu apparaît mais l'action de l'organisme demeure assez négligeable et l'usage du concept reste assez mécanique.

. Le Milieu incluant les rapports de vivants à d'autres vivants

ce qui met en rapport aussi des vivants entre eux
(Darwin)

de l'objet ou du lieu, aux relations et aux interrelations

Cette "rupture épistémologique" apparaît avec Darwin qui définit ainsi le rapport biologique fondamental. Le concept de Milieu se dégage alors d'une vision en terme d'"objet" existant par lui-même, pour devenir essentiellement un ensemble de relations réciproques.
On quitte le terrain d'un déterminisme mécaniste où le Milieu serait simplement "subi", au profit d'une conception où le vivant garde une autonomie relative, et où doit s'insérer la complexité de rétroactions multiples.

des rectifications successives, des renversements de sens

On peut résumer de la façon suivante cette évolution historique de l'idée de Milieu. Importé de la physique où il fonctionnait comme "médiateur" entre une cause et un effet en l'absence de contact, le concept se rectifie lorsqu'il s'introduit en biologie, pour prendre une signification plus matérielle, plus "**chosifiée**". Il prend ensuite un caractère plus dynamique pour désigner un ensemble de facteurs, de "circonstances" qui influencent les êtres vivants et s'imposent à eux; mais il s'agit là d'une conception dans laquelle le vivant est conçu passivement, **subissant les contraintes** du milieu. Un renversement s'opèrera pour redonner au vivant son rôle positif et moteur, celui d'un centre qui "rayonne" sur son milieu et y **prélève spécifiquement** ce qui correspond à ses **besoins**

propres, à l'image de la Tique, citée par Uexküll, et reprise par Canguilhem (op. cit.) dans les termes suivants :

La Tique se développe aux dépens du sang chaud des mammifères. La femelle adulte, après l'accouplement, monte jusqu'à l'extrémité d'un rameau d'arbre et attend. Elle peut attendre dix-huit ans. A l'Institut de zoologie de Rostock, des tiques sont restées vivantes, enfermées, en état de jeûne, pendant dix-huit ans. Lorsqu'un mammifère passe sous l'arbre, sous le poste de guet et de chasse de la tique, elle se laisse tomber. Ce qui la guide, c'est l'odeur de beurre rance qui émane des glandes cutanées de l'animal. C'est le seul excitant qui puisse déclencher son mouvement de chute. C'est le premier temps. Lorsqu'elle est tombée sur l'animal, elle s'y fixe. Si on a produit artificiellement l'odeur de beurre rance, sur une table, par exemple, la tique n'y reste pas, elle remonte sur son poste d'observation. Ce qui la fixe sur l'animal, c'est la température du sang, uniquement. Elle est fixée sur l'animal par son sens thermique; et guidée par son sens tactile, elle cherche de préférence les endroits de la peau qui sont dépourvus de poils, elle s'y enfonce jusqu'au-dessus de la tête, et suce le sang. C'est seulement au moment où, dans son estomac, pénètre du sang de mammifère, que les oeufs de la tique (encapsulés depuis le moment de l'accouplement, et qui peuvent rester encapsulés pendant dix-huit ans), éclatent, mûrissent et se développent. la tique peut vivre dix-huit ans pour accomplir en quelques heures sa fonction de reproduction. Il est à remarquer que, pendant un temps considérable, l'animal peut rester totalement indifférent, insensible à toutes les excitations qui émanent d'un milieu comme la forêt, et que la seule excitation qui soit capable de déclencher son mouvement, à l'exclusion de toute autre, c'est l'odeur de beurre rance.

les conceptions actuelles du Milieu portent la trace de cette histoire

Pourtant, contrairement à d'autres concepts pour lesquels les renouvellements historiques entraînent le dépassement et la réfutation des conceptions anciennes, on voit subsister encore aujourd'hui plusieurs points de vue qui **coexistent** de façon plus ou moins clarifiée. L'analyse de l'emploi du terme Milieu dans les ouvrages scientifiques actuels va nous permettre de préciser ce point.

1.2. Les ouvrages scientifiques

Remarquons d'abord que le terme "milieu" ne figure pas toujours dans l'index des ouvrages universitaires. On le trouve au pluriel chez Ramade (1981) mais au singulier dans Guinochet (1973) ; Duvigneaud (1980) et Barbault (1983) emploient plutôt pour leur part le mot "environnement".

"Milieu", un mot diversement employé dans les ouvrages scientifiques

Il apparaît que l'emploi de ce terme est fluctuant, limité parfois au seul milieu physique, étendu d'autres fois à l'ensemble des relations au sein d'un écosystème. On peut donner quelques exemples de formulations scientifiques concernant Milieu et Environnement, et constater à quel point, chez les divers auteurs, l'emploi de ces deux mots est interchangeable, et comment ces concepts varient en compréhension comme en extension. Même si, au total, les divers textes concourent à dire la même chose, à savoir qu'il y a des interrelations complexes entre biocénose et biotope, et ce, sans que le mot Milieu apparaisse nécessairement (3).
Les extraits présentés ci-dessous illustrent la diversité des formulations employées.

. Présence du concept de Milieu sans utilisation du mot correspondant

"Toute biocénose est fonction de son biotope et réciproquement le biotope est influencé par la biocénose. Etant donné la variabilité des facteurs climatiques, géologiques et biotiques l'évolution des biocénoses apparaît comme un phénomène obligatoire, plus ou moins rapide suivant les cas.

le concept sans le mot ... (Dajoz)

L'action, la réaction et la coaction.

Ces termes qui ont été créés par Clements peuvent être définis ainsi :

1. ***L'action*** *: l'action est l'influence exercée par le biotope sur la biocénose. Cette influence se manifeste de façons très diverses : action du climat, action des phénomènes géologiques. Les conséquences en sont très va-*

---

(3) Ouvrages consultés :
R. BARBAULT. **Abrégé d'écologie générale**. Masson. Paris. 1983.
J. BLONDEL et P. ISENMANN. **Guide des oiseaux de Camargue**. Delachaux et Niestlé. Paris. 1981.
R. DAJOZ. **Précis d'écologie**. Gauthier Villars. Paris. 1975.
P. DUVIGNEAUD. **La synthèse écologique**. Doin. Paris. 1980.
M. GODRON. **Ecologie de la végétation terrestre**. Masson. Paris. 1984.
M. GUINOCHET. **Phytosociologie**. Masson. Paris. 1973
M. LAMOTTE et F. BOURLIERE. "Problèmes d'écologie". **Ecosystèmes terrestres**. Masson. Paris. 1978.
F. RAMADE. **Ecologie des ressources naturelles**. Masson. Paris. 1981.

riées. Notons en particulier l'apparition d'adaptations morphologiques, physiologiques et écologiques, le maintien ou l'élimination d'espèces (rôle des facteurs limitants) et la régulation de leur abondance. (...)

2. ***La réaction*** *: on désigne sous ce nom l'influence exercée par une biocénose sur son biotope. La réaction peut se manifester par la destruction, l'édification ou la modification (Wautier, 1952). (...)*

3. ***La coaction*** *: l'influence que les organismes exercent les uns sur les autres est appelée la coaction.(...) Si une espèce prend brusquement une importance bien plus grande que celle qu'elle avait auparavant, la modification des coactions peut provoquer une transformation importante de la biocénose."*

(Dajoz, pp. 328-330)

. Emploi du mot Milieu pour signifier le milieu physique ou biotope

ou le mot pour une signification partielle (Godron)

"Si le milieu où a pris naissance la biosphère était absolument homogène, il contiendrait un seul ensemble de molécules organiques qui constituerait un seul être vivant, et l'écologie ne serait rien d'autre que la biologie de cet être unique.
En fait, la surface de notre globe terrestre ne constitue pas un milieu homogène. en conséquence, dès que les premiers organismes ont pu se spécialiser, ils se sont adaptés à chacun des milieux disponibles, et ils se sont diversifiés. En outre, dès l'origine de la vie, les premiers êtres vivants ont transformé le milieu à leur voisinage, et ils en ont accentué l'hétérogénéité.
Ainsi les relations entre la diversité des espèces et l'hétérogénéité des milieux sont réciproques, et elles ne peuvent être clarifiées que par une analyse des processus de la diversification des espèces."

(Godron, pp.60-61)

(Lamotte et Bourlière)

"D'une manière générale un écosystème comporte un ensemble d'éléments vivants, végétaux et animaux, qui constituent une biocénose (appelée aussi communauté biologique) et le milieu physique au sein duquel vivent les êtres vivants, milieu parfois qualifié de biotope, de sorte qu'on peut écrire la relation : écosystème = biocénose + biotope ."

(Lamotte et Bourlière, p.1)

. Emploi indifférencié de "Milieu" et de "Environnement"

"Définir et caractériser l'environnement pertinent pour une espèce ou un ensemble d'espèces étudiées n'est pas

toujours évident : il est nécessaire pour cela, de bien connaître la biologie de l'organisme en cause, ses capacités sensorielles, ses exigences écophysiologiques, son comportement. L'écologiste doit donc approfondir simultanément sa connaissance de la population et celle de son environnement, et non considérer celui-ci comme connu a priori ou comme défini une fois pour toutes.

Milieu et/ou environnement ? (Barbault)

L'environnement comprend, d'une manière très générale, le cadre climatique et physico-chimique où évolue la population, des sources de nourriture (espèces-proies, éléments minéraux ou matière organique morte selon les cas), des ennemis (prédateurs ou parasites, herbivores dans le cas des plantes) et de nombreuses autres populations qui peuvent interagir avec l'espèce étudiée soit négativement (compétiteurs qui entrent en concurrence avec elle pour l'exploitation de la nourriture ou l'utilisation de l'espace) soit positivement (mutualistes ou symbiontes qui coopèrent avec elle pour assurer ou améliorer telle ou telle fonction). Il faut ajouter à cela toutes les espèces dont l'action sur le milieu modifie celui-ci dans un sens favorable ou défavorable à la population analysée. Enfin, pour chaque individu de celle-ci, ses congénères constituent aussi une composante de l'environnement dont les effets doivent être pris en compte. Naturellement, en pratique, il suffit de ne retenir dans chaque cas que les facteurs ou espèces qui ont une action sensible sur la population étudiée et interviennent effectivement dans sa dynamique."

(Barbault, pp. 48-50)

(Ramade)

" L'écologie dont l'objet tient en l'étude des relations des êtres vivants entre eux et avec leur milieu environnant constitue donc, avant toute autre chose, la base indispensable à toute approche rationnelle de l'étude de la biosphère. Comme la totalité des ressources naturelles proviennent de l'écosphère - à l'exception de l'énergie solaire - on concevra facilement l'importance de la science écologique pour la compréhension des problèmes inhérents à l'usage des ressources naturelles fait de nos jours par la civilisation technologique.

L'approche écologique de l'étude du monde vivant peut se placer à divers niveaux d'organisation de plus en plus complexes.
On peut envisager les effets des principaux facteurs qui caractérisent un environnement donné sur l'individu pris isolément (écophysiologie ou écologie factorielle), sur une population d'une espèce donnée (écologie des populations ou démo-écologie) enfin, on peut analyser l'effet de ces facteurs sur la communauté toute entière d'êtres vivants qui peuplent un milieu déterminé (écologie de l'écosystème ou synécologie)."

(Ramade, pp. 5-6)

(Duvigneaud)

"Individus, populations et biocénoses sont sous la dépendance des facteurs de leur environnement, dont les principaux sont : lumière, température, eau, air, sol, (facteurs physiques et chimiques), vent, feu. Ces facteurs fixent l'extension des populations (facteurs limitants) et aussi leur degré de vitalité (facteurs de production). Ils peuvent avoir une action métamorphosante. Par leur action d'agrégation et d'isolement, il favorisent l'organisation structurée des populations et des biocénoses et ont une action dynamique dans les phénomènes d'évolution : synévolution et coévolution (...).

Le milieu exerce sur les organismes des actions diverses ; mais à leur tour, les organismes peuvent agir sur leur milieu et le transformer : l'évolution des sols sous l'action des organismes qu'ils abritent en est un bon exemple, le phénomène a été appelé réaction par Clements.

Enfin dans un milieu déterminé, les organismes réagissent les uns sur les autres de manières très diverses, et ce phénomène de coaction au sens de Clements, mène généralement à une compétition, qui aboutit à l'exclusion de certains organismes et à la cohabitation de certains autres.

Cette lutte pour l'existence dépend des facteurs abiotiques de l'environnement, de sorte que tout est étroitement lié : action, réaction et coaction."

(Duvigneaud, pp.3-10)

. Milieu comme concept plus large que celui d'"espace écologique"

(Blondel et Isenmann)

" Nous entrerons alors de plain-pied dans ce qui fait l'attrait et l'intérêt des sciences naturelles d'aujourd'hui : situer l'animal dans son "espace écologique" et rechercher le comment et le pourquoi des liens qu'il tisse avec les autres composantes du milieu."

(Blondel et Isenmann, p.10)

. Hétérogénéité des distinctions entre milieux

comment délimiter un milieu ?

Un autre problème apparaît lorsqu'il s'agit de délimiter un milieu, de distinguer un milieu d'un autre milieu. Selon quels critères va se faire cette délimitation ? Par **quelle "entrée"** va-t-on catégoriser les milieux ?
Est significative à cet égard la description des milieux camarguais dans le livre de Blondel et Isenmann. Ils distinguent neuf milieux, mais les critères de distinction sont hétérogènes et fondés sur des "entrées" d'ordres différents : critères physiques ou géographiques, formations végétales, milieux artificiels...
On y lit en effet l'énumération suivante :

selon quels critères, quelles "entrées" ?

- *la plage*
- *les dunes*
- *les étangs, les lagunes*
- *les sansouires (formations végétales ligneuses basses dont l'essence dominante est une Salicorne)*
- *marais d'eau douce*
- *pelouses*
- *bourrelets alluviaux*
- *constructions, agglomérations*
- *forêts.*

1.3. La relativité du concept de Milieu dans son emploi mal fixé

Il apparaît derrière ces exemples de formulation que dès que l'on parle de milieu, il est nécessaire de préciser de quoi on parle : de quel milieu s'agit-il ? par rapport à quoi ? à qui ? Le texte suivant, de Guinochet (p.124-125) est éclairant à cet égard :

"Selon l'excellente rédaction de G. Lemée (1967) : " l'ensemble des conditions énergétiques, physiques, chimiques et biologiques qui règnent au voisinage immédiat des organismes constituent son environnement, expression francisée d'un terme en usage chez les écologistes anglo-saxons". Ainsi entendu, le mot environnement est synonyme de l'acception biologique du terme français milieu auquel il tend à se substituer, ce dernier étant, comme le remarque G. Lemée (ibid.) désormais réservé plus spécialement à la désignation de la nature de la matière dominante de l'environnement : milieu aquatique, marin, souterrain, aérien.

une notion relative dans son emploi variable

*1° **La relativité de la notion d'environnement.** De la définition qui précède il résulte à l'évidence que le concept d'environnement ne peut être que relatif : s'il n'y avait pas d'environnés il n'y aurait pas d'environnement. On ne peut donc concevoir un environnement que par rapport à un objet déterminé qu'il s'agisse d'un gène, d'un organite cellulaire, d'une cellule, d'un tissu, d'un organe, d'un organisme, d'une population ou d'un clone, d'un individu d'association, d'une phytocénose, d'une zoocénose, d'une biocénose.*
Il est donc nécessaire de commencer par expliciter l'objet dont on veut déterminer l'environnement et étudier les relations qu'il entretient avec lui : c'est à partir de cet objet qu'est, ensuite, caractérisé son environnement.
Ainsi, pour un individu d'association d'une association végétale, son environnement c'est le sol, l'atmosphère, les individus d'association des autres associations végétales et des associations animales de la biocénose dont il fait partie, ainsi que les biocénoses voisines qui pourront agir sur le microclimat - par exemple, l'ombre portée

par une biocénose forestière sur une biocénose prairiale - , d'où peuvent être disséminées des diaspores, etc.
Tandis que pour une population d'une espèce de cet individu d'association, son environnement c'est tout ce qui vient d'être énuméré plus les populations de toutes les autre espèces présentes dans celui-là.
Enfin, pour un individu, son environnement c'est tout ce qui constitue l'environnement de la population de l'espèce à laquelle il appartient plus les autres individus de cette population.
Ces discriminations, surtout la dernière par rapport à la précédente, peuvent paraître d'une subtilité exagérée et toute théorique. Elles sont, cependant, utiles pour bien souligner la relativité du concept d'environnement.
Une conséquence de la relativité du concept d'environnement est qu'en toute rigueur il ne peut être question d'environnements préexistants, mais seulement de conditions préexistantes ."

niche écologique, habitat station biotope climat etc.

Ainsi on peut distinguer **plusieurs niveaux de compréhension du concept** qui, selon les cas, pourraient lui donner un sens proche de niche écologique, d'habitat, de station, de biotope ...
Par ailleurs si l'on garde à l'esprit que, pour un individu, le milieu est constitué aussi des autres individus et que, pour une population, il est constitué aussi des autres populations, on peut avancer qu'en toute rigueur deux individus ne peuvent avoir le même milieu et deux populations non plus.

une notion qui n'existe pas "en soi" mais toujours relativement à un vivant

Enfin si l'on se souvient que le milieu n'est pas un "objet" ni un espace mais bien un ensemble de relations, on tiendra compte du fait que le **milieu n'existe pas "en soi" mais par rapport à des vivants** dont les capacités sensorielles, les besoins, concourent à le définir dans une configuration particulière. Par exemple, pour une Grenouille, qui ne perçoit que les objets en mouvement, un objet immobile ne fait pas partie de son milieu visuel ; il n'en fait partie que si elle le "rencontre" comme obstacle ou comme support pour se reposer... On peut évoquer à nouveau ici le cas de la Tique analysé par J. von Uexküll :
"la richesse du monde qui entoure la Tique disparaît et se réduit à une forme pauvre qui consiste pour l'essentiel en trois caractères perceptifs et trois caractères actifs - son milieu. Mais la pauvreté du milieu conditionne la sûreté de l'action et la sûreté est plus importante que la richesse" (4).

---

(4) J. von UEXKULL. **Mondes animaux et monde humain.** 1956. Trad. Médiations. Gonthier. Paris. 1965. P.24.

La relativité du concept de Milieu, soulignée et éclairée par le texte de Guinochet, montre à quel point, pour les scientifiques eux-mêmes, le maniement de ce concept est délicat dans la mesure où à chaque instant, il demanderait une précision. La labilité du vocabulaire augmente sans doute les difficultés bien que, dans chaque cas, **le contexte permette de situer le concept** dans sa compréhension et son extension. Mais on peut à bon droit se demander si derrière le mot Milieu ne se cachent pas plusieurs concepts, et si inversement le concept de Milieu peut être légitimement désigné par plusieurs mots...On peut noter que Canguilhem, dans La connaissance de la vie (p.144-145) rappelle la distinction de Uexküll entre **Umwelt** (milieu de comportement propre à tel organisme), **Umgebung** (environnement géographique) et **Welt** (Univers de la science). L'Umwelt est un prélèvement électif dans l'Umgebung. Cette distinction, permise par les termes allemands, évite peut-être les ambiguïtés du français.

un entrelac d'ambiguïtés qui nécessite un appel au contexte

Au total, ce qui peut, derrière un tel entrelac d'ambiguïtés, rester clair dans l'esprit des scientifiques, sera sans doute plus difficile à démêler pour des enfants.

2. L'IDEE DE MILIEU ET SES REPRESENTATIONS

2.1. Emplois possibles ou sens divers du concept (ou du mot) MILIEU

L'analyse a priori des composantes conceptuelles de l'idée de Milieu, telle que nous venons de l'évoquer à partir de l'analyse des ouvrages scientifiques et des données d'histoire des sciences, doit maintenant être croisée avec différentes significations et représentations possibles en situation didactique.
Nous avons précédemment identifié trois aspects de l'emploi actuel du concept, que l'on peut caractériser de la façon suivante :

milieu-chose
milieu-contrainte
milieu-offre

- un Milieu-chose ou "fluide de sustentation" (cf. les eaux douces, l'étage montagnard), ce qui renvoie à l'idée d'habitat

- un Milieu contrainte ou "ensemble des circonstances extérieures nécessaires à l'existence de chaque organisme" dont parle A. Comte (cf. Environnement + les autres organismes)

- un Milieu-offre, projection du vivant sur "ce qui entoure le vivant". C'est la projection externe des besoins d'un organisme dont il a été question à propos de la

Tique.

des conceptions de la pensée commune :

harmonie

anthropomorphisme

Si l'on envisage maintenant les différentes conceptions du Milieu que l'on peut rencontrer chez les élèves (mais aussi dans les représentations sociales et la pensée commune) on découvre des aspects complémentaires, que l'histoire des sciences ne nous avait pas permis de pointer. Par exemple, l'idée d'une **harmonie universelle**, bien présente dans certains groupes écologistes, et qui vient interférer avec les catégories précédentes. Ou encore l'idée **anthropomorphique** d'un choix de son milieu par l'animal, à la manière dont nous décidons de notre logement et de ce que nous achetons pour manger dans un supermarché.
C'est pourquoi nous proposons maintenant de distinguer six conceptions possibles du Milieu, que l'on voudra bien considérer comme des dimensions d'analyse plutôt que comme des catégories exclusives dans la mesure où certaines formulations (d'élèves, de manuels, de scientifiques...) peuvent référer conjointement à plusieurs d'entre elles :

six conceptions possibles

obtenues en croisant l'approche historique et l'approche psychogénétique

1 : MILIEU-CHOSE ou MILIEU-LIEU
Le milieu est un lieu dans lequel se meuvent et vivent les êtres vivants. A ce niveau, le milieu apparaît comme un tout, non sécable en éléments distincts.

2 : MILIEU-HARMONIE
Le milieu apparaît comme un système harmonieux dans lequel chaque chose est à sa place. Deux idées peuvent être sous-jacentes à cette conception : celle d'un "enracinement" (c'est l'idée aristotélicienne d'un "lieu propre" à chaque individu ou espèce) et celle d'un "équilibre" (lié à la bonne répartition spatiale).

3 : MILIEU-RESSOURCES
Le milieu constitue un ensemble d'offres entre lesquelles les êtres vivants peuvent choisir, sans idée de contraintes internes de leur part. Ce choix dépendrait à la fois des "préférences" de chaque vivant et d'un minimum d'efforts à fournir.

4 : MILIEU-COMPOSANTS
Le milieu peut se décrire comme un ensemble de "composants" qui en constituent les "parties". Cette analyse qui évoque des analogies avec la composition de l'air, du sang ou du sol, n'implique pas l'idée que le milieu exerce une action sur les êtres vivants.

5 : MILIEU-FACTEURS
Le milieu se définit par un certain nombre de facteurs (les "facteurs du milieu"), en relation les uns avec les autres. L 'action de ces facteurs explique la présen-

ce/absence des divers êtres vivants et leur répartition.
On peut parler d'une conception MILIEU-FACTEURS INTERDEPENDANTS dès lors que les facteurs ne sont plus considérés comme agissant de façon isolée mais que leur action est conçue en interaction les uns avec les autres : comme une résultante plutôt que comme une addition.

6 : MILIEU BIORELATIF et BIOCENTRE
Le milieu n'est plus ici considéré isolément des êtres vivants, ni comme un espace, ni comme des ressources, ni comme un ensemble de "circonstances influentes". Il est "biorelatif", c'est-à-dire que chaque être vivant y prélève de façon spécifique et incomparable ce qui co r-respond à ses besoins propres.

des catégories hétérogènes mais une grille utile

Ces catégories sont certes un peu hétérogènes, puisque certaines sont plutôt à rapporter à des représentations d'élèves (ou d'adultes), et que d'autres sont davantage reliées à certaines étapes historiques de la constitution du concept. Mais cela nous paraît acceptable dans la mesure où il s'agit moins de catégoriser que d'établir une grille d'analyse de textes et formulations.

On peut par exemple reprendre ces six dimensions pour analyser un texte sur la Camargue paru dans Courrier de la nature (5), et plus précisément pour traduire en fonction de cette grille ce qui est dit des Flamants roses.

"Je voudrais terminer ce chapitre camarguais sur une note écologique. La Camargue est un milieu passionnant qui réserve toujours des surprises à ceux qui la visitent même s'ils croient bien la connaître. L'année 1982 a été marquée par la persistance de la période de sécheresse qui a débuté en 1980. En conséquence, la ressalure des étangs s'est poursuivie. On a assisté partout à une remontée de la salinité qui atteint maintenant des valeurs connues uniquement dans la période antérieure au développement de la riziculture : le Vaccarès qui ne titrait plus que 4 g de sel par litre est remonté à 24 g. Une telle modification a évidemment des conséquences très nettes sur l'ensemble de la flore et de la faune. Je ne vous les énumèrerai pas ici, ce pourrait être le sujet d'une journée de conférence, mais je vous signalerai quelques exemples : les roselières qui s'étaient développées en bordure du Vaccarès à la faveur de la dessalure

---

(5) Texte de Ch. JOUANIN, Président de la Société Nationale de la Protection de la Nature, in ***Courrier de la nature.*** *N°86. Juil-août 1983. P.32.*

exemple de la camargue :

ont périclité ; les roseaux n'ont pas fleuri, et la héronnière de hérons pourprés a déserté l'endroit. Par contre, les foulques et les flamants ont recolonisé le Vaccarès après plus de 20 ans d'absence. En ce printemps 83, le nombre des flamants nicheurs en Camargue atteint un niveau record avec 24 000 couples. Je vous rappelle que ce nombre est sujet à de grandes fluctuations suivant les années et, par exemple, que les flamants ne nichèrent pas en Camargue de 1961 à 1968. La modification des conditions du milieu touche bien entendu tous les groupes à commencer bien sûr par les plantes aquatiques. Parmi les phanérogames aquatiques, les potamots ont été presque partout remplacés par des Ruppia. La faune des étangs est maintenant marine. Parmi les invertébrés, les coques, les mollusques du genre Cardium, ont envahi tous les fonds sableux et reconstituent une masse de coquilles susceptibles de consolider les rivages : au bord des étangs, on retrouve la microfalaise à Cardium si caractéristique. Chez les poissons, les daurades, les loups, les anthérines et les plies ont remplacé les carpes, les sandres, les perches et les brèmes."

Les différentes formulations de ce texte peuvent être lues de la façon suivante :

le lieu des flamants roses ...

1. Milieu-lieu
La Camargue est un des milieux dans lequel il est possible d'observer des flamants roses.
On trouve des flamants roses en Camargue.
En France, la Camargue est le seul milieu où vivent les flamants.

où ils vivent "bien" ...

2. Milieu-harmonie
Les flamants vivent bien en Camargue, le milieu leur convient.
Les flamants sont revenus dans le Vaccarès tel qu'il est depuis 1980; ils sont bien adaptés à ce milieu.

en exploitant les espèces nouvelles ...

3. Milieu-ressources
Depuis 1980, suite à une augmentation de salinité en Camargue, les flamants recolonisent le milieu et trouvent de nouvelles espèces apparues pour se nourrir.
la ressalure du Vaccarès a entraîné le retour des flamants roses ; ce changement du milieu a par contre provoqué le départ des hérons cendrés.

le sel, la boue, les crevettes

4. Milieu-composants
L'eau, le sel, la boue, les crevettes, les flamants roses constituent le Vaccarès, un des milieux camarguais.

la ressalure depuis la sécheresse

5. Milieu-facteurs
Pendant 20 ans l'eau était peu salée dans le Vaccarès ; les flamants n'y nichaient plus ; depuis 1980, à cause de la sécheresse prolongée, l'eau s'est peu à peu ressalée :

depuis, les flamants recommencent à nicher dans ce milieu.

6. Milieu biorelatif
Les flamants ne nichent dans le Vaccarès que lorsque la salinité de l'eau est importante : la salinité de l'eau fait partie du milieu des flamants.

On voit sur cet exemple que les six conceptions proposées, loin de s'exclure, peuvent être simultanément présentes et fonctionner dans un même texte. C'est pourquoi nous les concevons moins comme une catégorisation disjonctive que comme une grille de lecture des textes et énoncés.

2.2. Dans les formulations d'élèves

Ces six sens de milieu ont été testés sur des formulations d'élèves d'une classe de cinquième, à qui était proposée une **liste de mots à définir** (dont le mot Milieu), après un travail sur les écosystèmes échelonné sur deux ans, en classe et sur le terrain.

les conceptions des élèves :

Les résultats font apparaître que c'est le **milieu-lieu** qui apparaît le plus souvent (5 sur 24), puis le **milieu-composant** (4 sur 24), milieu-harmonie et milieu biocentré apparaissant chacun une fois. Voici quelques formulations d'élèves que nous avons pu relever, suivies de remarques et commentaires.

Milieu-lieu
. *C'est un mot qu'on dit quand on veut décrire un endroit comme il est.*
. *C'est l'endroit où les êtres vivants habitent : le milieu de la limnée c'est l'étang.*
. *Pour un poisson son milieu est l'eau (étang, rivière, mer), pour un lapin son milieu est son terrier, l'herbe. Chacun a son milieu.*
. *C'est par exemple les loups, les ours, ils ont des milieux à eux.*
. *C'est un endroit qui appartient à des animaux.*

entre lieu et harmonie

Les quatres dernières définitions auraient pu aussi bien être classées comme exprimant le Milieu-harmonie dans la mesure où la notion de territoire, de "lieu bien à soi", est également présente. Ces définitions sont en fait un compromis entre lieu et harmonie.

Milieu composants
. *C'est un milieu composé d'animaux, d'eau et de végétaux.*
. *Pour un lapin son milieu est son terrier, l'herbe.*
. *Le milieu de la forêt c'est la forêt, les arbres, les animaux, tout ce qui vit dans la forêt.*
. *C'est tout ce qu'il y a dedans ce milieu, ex. le milieu*

urbain.

des composants juxtaposés

Les composants sont présentés comme étant simplement juxtaposés, sauf peut-être dans la deuxième définition, où l'idée que le lapin a besoin d'herbe semble sous-jacente.

Milieu-harmonie

. *Lieu où vivent des animaux et où le climat et la végétation leur conviennent.*

l'idée de "convenance"

Cette définition est aussi un compromis entre lieu et harmonie, mais c'est l'idée de "convenance" qui est ici dominante.

Milieu biocentré

. *Les êtres vivants d'un territoire et les relations entre eux. Exemple : le milieu marin : les plantes, les animaux, leurs relations ; qui mange qui, qui a besoin de qui, exploitation, entretien.*

Cette réponse est la plus complète puisqu'elle insiste sur le lieu (territoire), les composants et leurs relations, avec une ouverture sur les effets de l'action humaine.

une prééminence de l'idée de lieu et de composants

La prédominance des définitions en termes de lieu ou de composants (ce qui évoque quelque chose de statique et sans relations) est induite semble-t-il par la présence des autres mots à définir (6) et pour lesquels les connaissances sur les relations alimentaires ont été utilisées et se sont révélées comprises dans l'ensemble. Ainsi, étant donnée la situation, ce qui était compris d'un écosystème n'a pas été réinvesti dans le mot milieu, dont le sens s'est alors appauvri au profit des autres termes.
On peut se demander si l'obstacle est purement circonstanciel (lié à cette forme de travail et à la présence d'autres mots), ou si le milieu statique (lieu ou composants) n'est pas celui qui domine malgré tout, comme si le mot induisait ce sens, alors même que d'autres connaissances plus riches seraient acquises.

la nature des réponses semble liée à la nature des questions qui les induisent

Les réponses des élèves ne sont d'ailleurs pas indépendantes de la nature des questions posées, comme le montre le décryptage d'un dialogue, en classe de sixième, autour de la notion de milieu.
On note que le professeur, au cours d'un échange assez libre, reformule différemment ses questions à plusieurs reprises, et que les élèves ajustent leurs réponses en conséquence.

---

(6) producteur, consommateur, herbivore, prédateur, équilibre, décomposeur, besoin

QUESTIONS DU PROFESSEUR	REPONSES DONNEES PAR LES ELEVES AU COURS DU DIALOGUE	CONCEPTION DOMINANTE DU MILIEU
Qu'est-ce qu'un milieu en biologie ?	C'est la particularité du territoire : l'eau c'est le milieu d'un poisson	LIEU
Qu'est-ce que cela comporte un milieu ?	la nourriture ; les choses nécessaires à la vie ; le climat ; l'habitat.	COMPOSANTS
Pouvez-vous citer quelques milieux ?	la forêt ; une ville ; le milieu marin.	LIEU
Comment définiriez-vous un milieu ?	lieu où un animal ne peut que vivre, auquel il est "adapté" ; où il trouve toutes les choses qui lui sont nécessaires ; ailleurs il meurt.	HARMONIE RESSOURCES
De quoi un milieu est-il fait ?	de plusieurs espèces ; des éléments : l'air, la terre, l'eau, la base (=substratum)	COMPOSANTS
Quels sont les rapports entre l'être vivant et son milieu ?	le milieu apporte à l'animal ce dont il a besoin : la nourriture, la fraîcheur, la chaleur ... ; l'animal rejette des éléments utilisés par d'autres (déchets qui servent de nourriture), modifie le milieu (les vers aèrent la terre).	INTER-DEPENDANCE

le sens du mot Milieu est souvent donné par le contexte

On le voit, le terme de Milieu a un sens assez fluctuant, qui est souvent donné par le **contexte.** Il fonctionne rarement comme un concept explicite, et c'est pourquoi il est plus souvent utilisé que défini. Pourtant son emploi n'est pas neutre, il véhicule toujours une théorie exprimée des relations du vivant avec ce qui l'entoure.

Quelques remarques complémentaires peuvent être faites au sujet de certains énoncés :

- des formulations relevant du Milieu-harmonie font apparaître un raisonnement tautologique, induit par une conception finaliste :
les carnivores sont les carnivores, c'est comme ça.
Les noisettes c'est fait pour être mangé.
C'est la nature qui fait ça...
Ce serait donc une vue simpliste du régime alimentaire et des relations alimentaires qui "alimenterait" les formulations en termes d'harmonie...

- des formulations en terme de Milieu-ressources ou

"offre" sont liées à une vision anthropomorphique où l'on "choisit" comme au supermarché :
le renard mange ce que la nature lui offre.

- la vision anthropomorphique de la mare crée un obstacle pour la comprendre comme un milieu, et l'idée de "pollution" est ici ambiguë. Certains enfants perçoivent la mare comme quelque chose de sale ("elle sent mauvais") ou encombrée d'herbes gênantes (les animaux "se sont peut-être fait coincer").
Ces formulations seraient à creuser pour formuler l'obstacle anthropomorphique ou anthropocentrique de façon plus précise.

3. CARACTERISATION DES OBSTACLES

Les différentes conceptions du Milieu qui viennent d'être analysées ne peuvent être hiérarchisées de façon simple, car leur comparaison joue sur plusieurs dimensions simultanées. Nous allons maintenant tenter de dégager plusieurs critères qui permettent de "positionner" les unes par rapport aux autres ces conceptions. Cela nous fournira des indicateurs utiles pour caractériser, en situation didactique, les évolutions intellectuelles qui correspondent au passage d'une conception à une autre.

3.1. Essai de hiérarchisation des conceptions du Milieu

. Abstraction et décentration croissantes

Une première approche consiste à mettre en évidence deux axes, entre lesquels se distribuent les conceptions du Milieu.

une abstraction croissante :

de l'objet au facteur

de la relation simple aux inter relations multiples

Le premier axe est celui de l'abstraction croissante représenté verticalement sur le schéma ci-après.
Lorsque l'on passe, le long de cet axe, du Milieu-chose au Milieu-facteurs, puis au Milieu-interdépendant et au Milieu bio-relatif, on note une disparition progressive du concret. Le Milieu qui, au départ, était conçu comme une chose ou un lieu (avec les aspects matériels liés à cette conception), devient un ensemble de facteurs (ce que l'on peut moins bien se figurer de manière simple). Et l'abstraction devient maximale lorsqu'il faut se représenter l'existence simultanée de plusieurs Milieux-biorelatifs (un pour chaque espèce, voire pour chaque population) au sein d'un même Milieu-lieu.
Le passage à l'abstrait paraît lié aux aspects suivants :
- passage de la globalité à l'analyse d'éléments de plus en plus fins

- passage de la chose à la relation entre des éléments, entre des grandeurs
- complexification de ces relations (passage d'une causalité simple à des interactions et des rétro-actions nombreuses).

Le deuxième axe est celui de la décentration croissante, représenté horizontalement sur le schéma.
Ici, ce qui caractérise l'évolution c'est plutôt :

une décentration croissante

- le dégagement de l'anthropomorphisme, que l'on tend à projeter sur le vivant
- la construction d'une objectivité plus grande (par ex : remplacement de la subjectivité intentionnelle prêtée à l'animal à une analyse plus "décentrée" en termes de facteurs agissants).

Il est intéressant de noter que si l'évolution sur l'axe 2 tend à diminuer la centration sur le vivant, celle de l'axe 1 aboutit au contraire à une recentration sur lui (Milieu-biocentré et biorelatif). Mais on voit qu'il ne s'agit pas de la même centration : la première relève d'une incapacité à distinguer le vivant et son milieu (Piaget parlerait ici d'adualisme), alors que la seconde relève d'une construction intellectuelle élaborée, qui réintègre le vivant au coeur du processus après l'avoir écarté comme par méthode.

une modification de sens de la centration sur le vivant

C'est, en quelque sorte, **un double renversement** et le point d'arrivée ne ressemble qu'en apparence au point de départ.

. Complexité croissante des relations

Une autre approche plus particulière, repose sur la complexité croissante des relations et interrelations perçues comme constitutives d'un Milieu.

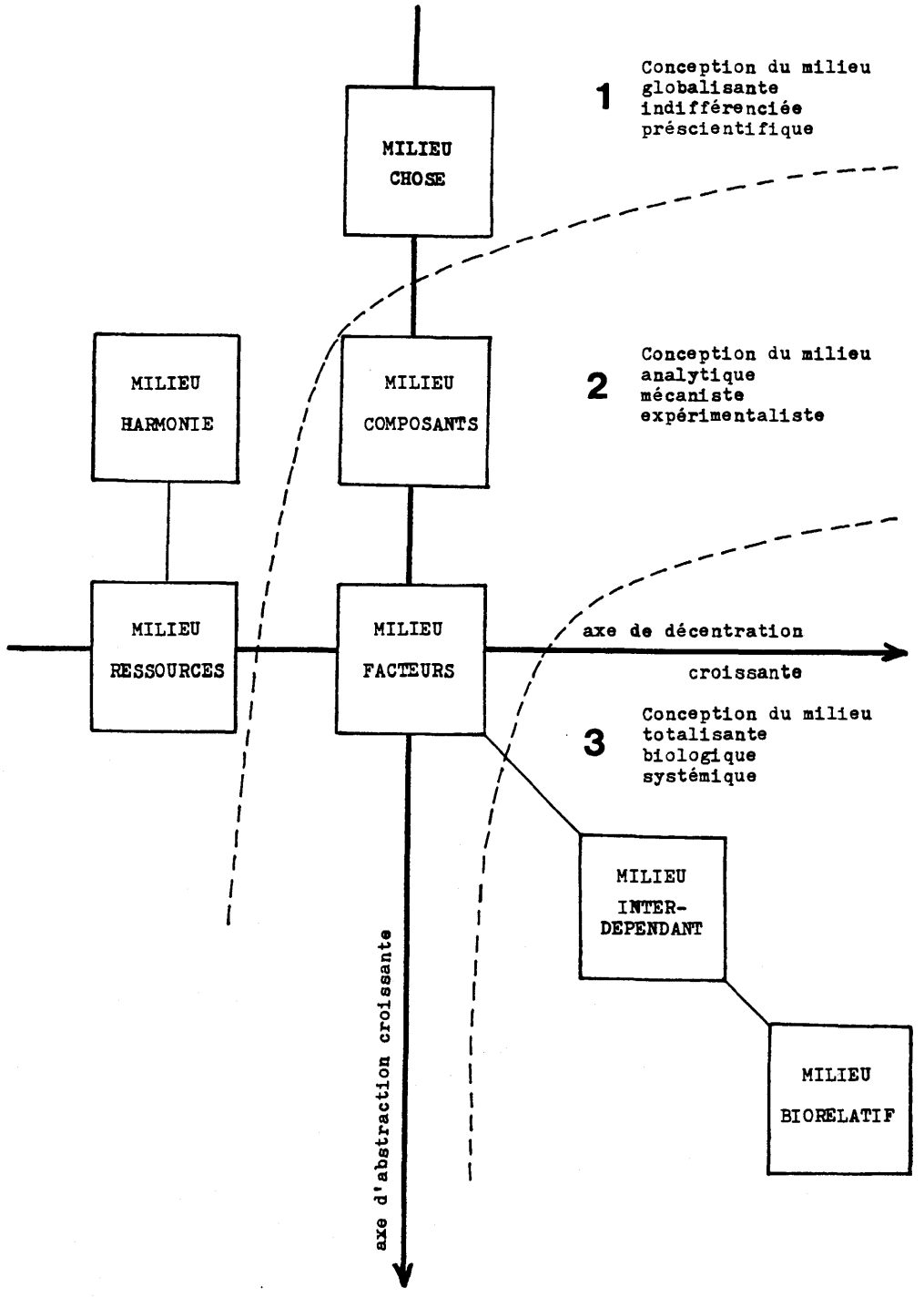
une complexité croissante

a) Le Milieu-composants est dans cette perspective au bas de la hiérarchie (au même titre que le Milieu-lieu) : il ne fait pas intervenir de relations entre les éléments, perçus comme juxtaposés. Mais on peut se donner pour objectif à partir de cette étape de passer à une quantification des composants et une évaluation des variations, qui feraient prendre conscience des interrelations.

b) Le Milieu-ressources met en rapport le vivant avec les ressources dont il dispose. C'est une relation simple, qui va du vivant aux ressources qu'il s'incorpore.

c) Le Milieu-facteurs établit une relation simple dans le sens inverse de la précédente, et gagne en "objectivité": le vivant ne "choisit" plus son milieu mais est "conditionné par" lui.
Les facteurs peuvent à une autre étape être conçus comme en interrelation entre eux, et avec le vivant.

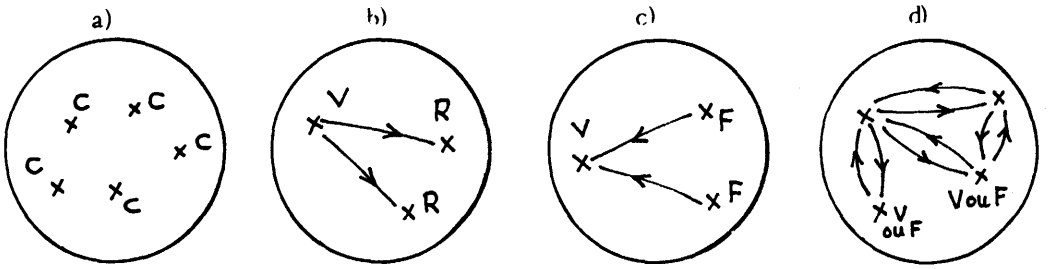
MILIEU-CHOSE	Le milieu est un lieu dans lequel se meuvent et vivent les êtres vivants. A ce niveau, le milieu apparaît comme un tout, non secable en éléments distincts.
MILIEU-HARMONIE	Le milieu apparaît comme un système harmonieux dans lequel chaque chose est à sa place. Deux idées sont sous-jacentes à cette conception : celle d'un enracinement (c'est l'idée aristotélicienne d'un "lieu propre" à chaque individu ou espèce) et celle d'un équilibre (lié à une bonne répartition spatiale).
MILIEU-RESSOURCES	Le milieu constitue un ensemble d'offres entre lesquelles les êtres vivants peuvent choisir, sans idée de contraintes internes de leur part. Ce choix dépendrait à la fois des "préférences" de chaque vivant et d'un minimum d'efforts à fournir.
MILIEU-COMPOSANTS	Le milieu peut se décrire comme un ensemble de "composants" qui en constituent les "parties". Cette conception, qui évoque des analogies avec la composition de l'air, du sang ou du sol, n'implique pas l'idée que le milieu exerce une action sur les êtres vivants.
MILIEU-FACTEURS	Le milieu se définit par un certain nombre de facteurs (on parle des facteurs du milieu) en relation les uns avec les autres. L'action de ces facteurs expliquerait la présence ou l'absence des divers vivants ainsi que leur répartition.
MILIEU-FACTEURS INTERDEPENDANTS	Les divers facteurs du milieu ne sont plus considérés comme agissant de façon séparée, chacun "pour son propre compte". Une interaction est envisagée qui peut modifier l'action de l'un des facteurs en fonction de celle des autres.
MILIEU BIORELATIF ET BIOCENTRE	Le milieu n'est plus considéré ici isolément des êtres vivants, ni comme un espace, ni comme des ressources, ni comme un ensemble d'influences agissantes. Il est biocentré (c'est-à-dire que le milieu est considéré comme la projection externe des besoins de l'organisme, lequel "rayonne comme un centre" dans son environnement), et il est biorelatif (chaque espèce prélevant de manière spécifique et incomparable ce qui correspond à ses besoins propres).


MILIEU CHOSE
1
Conception du milieu
globalisante
indifférenciée
préscientifique
MILIEU HARMONIE
MILIEU COMPOSANTS
2
Conception du milieu
analytique
mécaniste
expérimentaliste
MILIEU RESSOURCES
MILIEU FACTEURS
axe de décentration
croissante
3
Conception du milieu
totalisante
biologique
systémique
MILIEU INTER-DEPENDANT
MILIEU BIORELATIF
axe d'abstraction croissante

une vision systémique

d) Enfin une vision systémique prend en compte à la fois les interrelations entre facteurs, entre vivants, entre facteurs et vivants - la distinction facteurs/vivants perdant alors sa pertinence car les vivants sont perçus aussi comme des facteurs les uns pour les autres.

On peut grossièrement schématiser ces diverses approches de la façon suivante :



c = composant ; v = vivant ; R = ressource ; F = facteur.

. Mode globalisant, mode analytique, mode totalisant

Si l'on combine les éléments que l'on vient de décrire, on peut, semble-t-il, regrouper les conceptions du Milieu selon un nombre de modalités plus restreint. Au-delà de la diversité de détail de ces conceptions, nous proposons de reconnaître trois modes principaux d'organisation de la pensée, pour le concept de Milieu :

mode globalisant, préscientifique

1. un **mode globalisant**, indifférencié, largement préscientifique, dans lequel ce qui prédomine est :
- la difficulté à établir des distinctions au plan logique (tout est mêlé, et l'analyse se révèle impossible)
- la difficulté à établir une différenciation au plan anthropomorphique.

mode analytique, expérimentaliste

2. un **mode analytique**, mécaniste, expérimentaliste, qui s'y substitue lorsque :
- d'une part les conceptions anthropomorphiques régressent
- et d'autre part l'objectivation des différentes caractéristiques du Milieu progresse.

Ce second mode constitue certes un progrès mais, comme le dit Canguilhem, c'est ici une conception plus physique que biologique. C'est le Milieu qui a le rôle actif et qui impose ses lois au vivant (ici prennent place par exemple toutes les études de preferendums).

3. un **mode totalisant**, plus proprement biologique, à caractère systémique apparaît lorsque le vivant cesse d'ê-

mode totalisant, véritablement biologique

tre pensé distinctement de son environnement, sans pourtant s'y confondre.
Ce second passage nécessite une rupture difficile; il s'observe assez rarement en "milieu" scolaire.

Cette modélisation des conceptions du Milieu appelle les remarques suivantes :
- le mode 2 constitue un progrès de la pensée au plan logique, mais ne fait pas véritablement fonctionner des concepts biologiques (ceux de totalité ou de régulation par exemple). Il importe plutôt, comme nous l'avons déjà dit, des concepts physiques dans le champ de la biologie, d'où son caractère trop mécaniste.
- les modes 1 et 3 présentent une ressemblance de surface, résultant de la confusion possible entre "globalisant" et "totalisant", le second conservant en mémoire les catégories analytiques qui ont été dépassées alors que le second ne les a pas encore construites. Ce rapprochement peut expliquer comment des positions "écologistes" centrées sur le caractère global d'une nature à préserver, positions vers lesquelles va assez spontanément la sympathie de nombreux élèves, empruntent au mode 3 les "arguments" d'ordre scientifique qui leur confèrent la légitimité qu'elles recherchent.

peut-on construire une vision systémique, sans faire un préalable du point de vue analytique ?

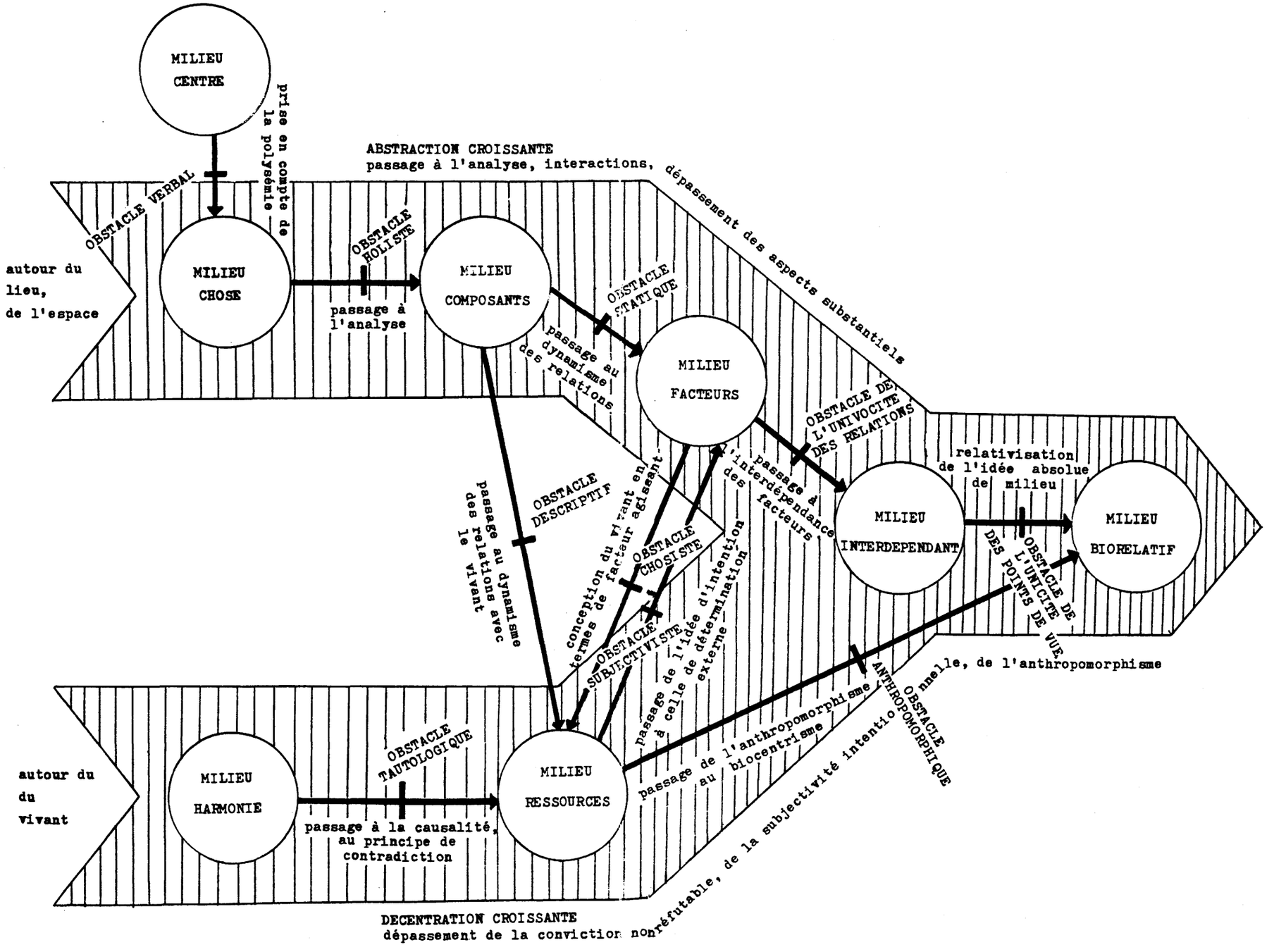
- ceci conduit à s'interroger sur la possibilité d'une exploitation pédagogique de la liaison 1-3 qui ne ferait pas du mode 2 un préalable à la vision systémique mais tenterait de construire simultanément les aspects analytiques et synthétiques.

3.2. Obstacles et passages

Après avoir caractérisé les différentes conceptions possibles du Milieu, et les trois modes de pensée auxquels on peut les relier, nous nous proposons maintenant d'effectuer une démarche plus dynamique. Nous allons tenter de décrire les différentes **liaisons** entre ces conceptions d'un double point de vue :
- du point de vue des obstacles qui peuvent empêcher le passage d'une conception à une autre plus élaborée
- du point de vue du progrès intellectuel qui correspond à chaque passage, lorsqu'il peut s'effectuer.

une schématisation synoptique des obstacles et des progrès intellectuels

Le schéma suivant reprend, sous une forme différente, le système d'axes développé précédemment (axe de l'abstraction croissante, axe de la décentration croissante). Il tente de **visualiser** de façon synoptique les cheminements possibles d'une conception à l'autre et de caractériser pour chaque cheminement :
- de façon négative, l'obstacle à franchir
- de façon positive, le progrès intellectuel qui correspond à l'obstacle franchi.


MILIEU CENTRE
prise en compte de la polysémie
ABSTRACTION CROISSANTE
passage à l'analyse, interactions,
dépassement des aspects substantiels
OBSTACLE VERBAL
autour du lieu, de l'espace
MILIEU CHOSE
OBSTACLE HOLISTE
passage à l'analyse
MILIEU COMPOSANTS
OBSTACLE STATIQUE
passage au dynamisme des relations
MILIEU FACTEURS
OBSTACLE DE L'UNIVOCITE DES RELATIONS
passage à l'interdépendance des facteurs
MILIEU INTERDEPENDANT
relativisation de l'idée absolue de milieu
OBSTACLE DE L'UNICITE DES POINTS DE VUE
MILIEU BIORELATIF
OBSTACLE DESCRIPTIF
passage au dynamisme des relations avec le vivant
conception du vivant en termes de facteur agissant
OBSTACLE CHOSISTE
OBSTACLE SUBJECTIVISTE
passage de l'idée d'intention à celle de détermination externe
passage de l'anthropomorphisme au biocentrisme
OBSTACLE ANTHROPOMORPHIQUE
autour du du vivant
MILIEU HARMONIE
OBSTACLE TAUTOLOGIQUE
passage à la causalité, au principe de contradiction
MILIEU RESSOURCES
DECENTRATION CROISSANTE
dépassement de la conviction non réfutable, de la subjectivité intentionnelle, de l'anthropomorphisme

Obstacle verbal : Le dépasser, c'est admettre le polysémie du mot milieu, et distinguer le sens géométrique (milieu d'un segment) du sens écologique.

Obstacle holiste : Le dépasser, c'est ne plus considérer le milieu comme un "objet", comme un tout (holos, en grec) insécable, et prendre conscience de la nécessité d'une analyse en éléments : nécessité de l'inventaire, repérage d'éléments hétérogènes dans une apparence homogène.

Obstacle statique et descriptif : Le dépasser, c'est ne plus se contenter d'un point de vue classificatoire statique pour, au contraire, rechercher des relations entre les éléments. C'est aussi ne plus se contenter d'un point de vue purement descriptif où aucun problème ne se pose pour, au contraire, rechercher des explications ou des causes.

Obstacle de l'univocité des relations : Le dépasser, c'est être capable de percevoir la complexité des relations. C'est passer d'une causalité linéaire simple à des rétro-actions, à des interactions, ce qui suppose que l'on substitue aux raisonnements sur les individus, des raisonnements sur les populations. L'idée d'une addition de relations est remplacée par celle d'un système.

Obstacle tautologique : Le dépasser, c'est renoncer à penser que les choses sont ainsi parce qu'elles sont ainsi. C'est abandonner l'idée qu'un animal possède un lieu propre, un lieu naturel (au sens où Aristote emploie ce mot pour désigner le bas comme lieu naturel des corps pesants), ou qu'un animal "se trouve bien" grâce à un équilibre de la nature qui le comble, car cela revient en fait à évacuer tout problème scientifique.

Obstacle subjectiviste : Le dépasser, c'est ne plus concevoir une causalité intentionnelle et subjective (vue comme un choix de l'être vivant, comme une volonté) et rechercher au contraire des causes plus objectives, des déterminations externes liées aux facteurs de l'environnement.

Obstacle chosiste : Le dépasser, c'est comprendre que ce qui agit sur un vivant, ce ne sont pas seulement des "choses" (les conditions abiotiques du milieu) et que les autres êtres vivants peuvent également être conçus en termes de facteurs.

Obstacle de l'unicité des points de vue : Le dépasser, c'est comprendre que le milieu est relatif à chacun des vivants et perd ainsi son caractère matériel, substantiel. C'est comprendre que chaque espèce d'un lieu donné possède son milieu particulier, défini par l'ensemble des relations biotiques et abiotiques qu'il établit avec ce qui l'entoure. Si bien qu'en un même lieu, il peut y avoir plusieurs milieux.

Obstacle anthropomorphique : Le dépasser, ce n'est pas renoncer à centrer l'analyse sur l'animal, mais renoncer à le considérer comme doué d'une volonté, d'une liberté, d'un choix, voire d'un caprice ... et ceci au profit d'une forme de centration liée à l'analyse de ses besoins spécifiques et de son action sur ce qui l'entoure.

On voit sur ce schéma que les six sens du mot Milieu, définis antérieurement, ont été répartis sur deux lignes parallèles et orientées, qui tendent à se rejoindre vers l'idée de milieu biorelatif.

deux entrées possibles pour un concept :

La ligne du haut a pour point de départ le milieu en tant que lieu et celle du bas, le milieu centré sur le vivant. Ces deux lignes font apparaître les deux entrées possibles au concept de milieu, et les deux "familles" d'obstacles qui sont liées à ces entrées.

levée des obstacles de type logique

La ligne du haut figure la progression vers l'abstraction et la levée d'obstacles de type "logique" : du tout on passe aux éléments, des éléments statiques aux éléments dynamiques (facteurs), et d'un dynamisme univoque à une interdépendance. Cette progression s'accompagne d'une conception de plus en plus abstraite où la notion de lieu substantiel finit par disparaître au profit d'un ensemble de relations.

levée des obstacles liés à la causalité

la ligne du bas figure la progression vers l'objectivation et la levée d'obstacles concernant la maîtrise de la notion de causalité : de la tautologie sans problème, on passe à la subjectivité intentionnelle et de celle-ci à un centrage sur le vivant débarrassé de l'anthropomorphisme. Il faut remarquer que le cheminement n'exclut pas le passage d'une ligne à l'autre et qu'il arrive que pour passer d'une conception du Milieu à une autre, "un détour" par l'autre entrée du concept soit bénéfique. Par exemple, pour passer du Milieu-composants au Milieu-facteurs on peut faire le détour par le Milieu-ressources, qui, tout en créant un obstacle subjectiviste, permettra de lever l'obstacle descriptif et statique et d'avoir une vision plus dynamique des relations.

Un tableau mettra mieux en évidence les aspects facilitants et les obstacles liés à chaque type de formulation du milieu (voir double page ci-après).
Ce tableau comporte 6 colonnes :
1) identification des problèmes sous-jacents derrière chaque formulation : il s'agit d'identifier à quel problème les formulations diverses tentent de répondre
2) opérations intellectuelles mises en oeuvre dans ces formulations
3) obstacles liés à ces formulations
4) aspect explicatif qui peut néanmoins apparaître et être pris en compte
5) objectifs-obstacles : pour chaque formulation, quels obstacles peut-on se donner pour tâche de lever ?
6) Exemples de moyens pour lever les obstacles.

En faisant apparaître, à côté des obstacles discernés, certains aspects explicatifs des diverses formulations, ce tableau permet de nuancer les hiérarchies qui apparais-

nuancer les hiérarchies entre formulations

sent d'une formulation à l'autre. Il faut en effet garder présent à l'esprit que l'emploi, non seulement du mot, mais du concept de Milieu est souvent pris en plusieurs sens par les scientifiques eux-mêmes, selon le point de vue auquel ils se placent en fonction d'un problème donné.

le milieu comme lieu peut aussi être une élaboration éloignée de l'intuition

Par exemple, la conception du Milieu comme "lieu", qui pourrait sembler être en bas de la hiérarchie des diverses conceptions, peut en fait être très élaborée si l'on considère que discerner un Milieu comme lieu c'est être capable d'en établir les limites : le Milieu comme lieu n'est pas forcément uniquement la notion intuitive de paysage associé à un lieu géographique, mais peut aboutir à la construction de concepts tels que celui d'aire minima qui n'a plus rien d'intuitif. Cela peut être aussi prendre en compte sa fonction, comme dans les concepts de territoire ou d'habitat, qui sont bien des "lieux", mais envisagés de façon dynamique.

Par ailleurs, penser le Milieu en terme d'harmonie peut être considéré comme une intuition première que des relations existent et qu'il y a une "boucle à fermer", bien que ce point de vue ne soit pas satisfaisant en lui-même et nécessite, pour être pertinent, le détour de l'analyse, la prise en compte des contradictions, un usage objectif de la notion de cause...

l'analyse des obstacles précise les objectifs sans astreindre à une progression-type

Ce tableau fait apparaître comment chaque formulation peut donner l'occasion de pointer des obstacles comme objectifs à dépasser, sans pour autant se soumettre à une progression linéaire unique pour passer d'une formulation à une autre. Enfin les éclairages réciproques qu'entretiennent entre elles diverses formulations peuvent apparaître de façon plus visible.

4. ANALYSE DE SITUATIONS DIDACTIQUES

4.1. Evolution dans la représentation du milieu Mare (CM1)

La situation pédagogique correspond à une promenade en forêt préparée par deux entretiens sur la mare. Après récolte d'animaux dans l'eau, un aquarium est mis en place dans la classe.

. Premier temps : les entretiens préliminaires

Ils font apparaître une représentation assez pauvre où la mare est vue comme un objet défini simplement comme de l'eau sale où éventuellement les animaux peuvent se cacher au moment d'un danger :

"C'est un trou où on a mis de l'eau" (ici la mare n'est

	1) IDENTIFICATION DES PROBLEMES	2) OPERATIONS INTELLECTUELLES	3) OBSTACLES
MILIEU LIEU (OBJET)	Caractériser un lieu géographique sous forme . d'inventaire . de délimitation . de mise en correspondance d'un individu, ou d'une population, ou d'une biocénose, avec un type de lieu	. Discerner . Localiser . Orienter (au sens géographique) . Limiter	. Milieu conçu comme insécable . Accent mis sur ce qui est immédiatement visible
MILIEU HARMONIE	Justifier la présence d'un vivant d'un vivant dans un lieu (idée d'utilité ou ou d'hostilité)	. Tantologie . Relation mal déterminée . Intuition . Dogmatisme	. Non respect du principe de contradiction . Conviction tenant lieu de raisonnement . Métaphysique de l'équilibre
MILIEU RESSOURCES	Expliquer pourquoi on trouve toujours le même animal ou la même plante dans le même type d'endroit inventorier autour d'un vivant, ce qui attire sa présence. Idée de préférence	. Lien causal univoque du vivant vers le milieu	. L'arbitraire d'un *"choix"* du vivant tient lieu de *"cause"* . Difficulté de faire apparaître l'idée de loi
MILIEU COMPOSANTS	Décrire, énumérer les éléments d'un milieu. Constater une juxtaposition	. Enumérer . Décomposer en . Distinguer . Juxtaposer	. Absence de question . Absence de lien entre les composants . Conception additive
MILIEU FACTEURS	Rechercher les conditions de la présence ou de l'absence d'un vivant dans un lieu. Idée de facteur limitant Idée de déterminations extérieures	. Lien causal univoque du milieu vers le vivant . Séparation des facteurs comme variables	. Déterminisme naïf . Difficulté de voir l'action du vivant . Difficulté de considérer le vivant comme un facteur
MILIEU BIORELATIF	Etablir une différence dans l'exploitation des ressources par des êtres vivants différents se cotoyant dans un milieu : commeent l'un exploite ce que l'autre rejette ou transforme. Comprendre les modifications d'un milieu.	. Lien causal réciproques causalité complexe . Réseaux . Analyse + synthèse . Idée de système . Points de vue multiples . Relativisation . Décentrement	. Difficulté dépenser de façon systémique

4) ASPECT EXPLICATIF	5) OBJECTIFS-OBSTACLES	6) MOYENS POUR DEPASSER LES OBSTACLES
. Permet de discerner un milieu d'un autre	. Passer de l'insécabilité à l'analyse. . Comparer . Inventorier pour mieux définir les limites	Relevés Quadrats
. Intuition qu'il y aura une boucle à fermer . Intuition, mal définie, de relations entre le vivant et le milieu. . Vague idée d'adaptation	. Cerner les contradictions . Montrer les insuffisances de la taupologie. . Introduire la notion de cause	. Mettre en regard des arguments contradictoires
. Distinction de 2 pôles. vivant et milieu . Constitution d'éléments distincts . Lien entre ces éléments (intentionnel, arbitraire) . Approche intuitive d'habitat et de territoire	. Désubjectiviser la cause pour aboutir à l'idée de loi.	. Partir de la description d'un lieu pour imaginer quel vivant on pourrait y trouver. . Etude de cartes pour faire apparaître des facteurs . Introduire la notion de régime alimentaire
. Analyse d'éléments . Constatation d'une coprésence. . Approche partielle de biotope	. Comprendre les raisons d'une justaposition en dépassant le simple constat . Etablir des liens . Comparer des milieux différents	. Comparer des milieux différents . S'interroger sur les compatibilités
. Idée d'une action du milieu sur le vivant . Idée de relations entre les facteurs	. Faire apparaître l'idée d'actions réciproques pour faire apparaitre que - le vivant modifie le milieu . Les facteurs sont interdépendants	. S'interroger sur l'évolution d'un milieu pour faire apparaitre les actions du vivant sur ce milieu . S'interroger sur l'apparition ou la disparition, d'une espèce dans un milieu
. Concept d'écosystème . Notion d'équilibre dynamique		. Passer de l'individu à la population . Etudier plusieurs populations d'un même milieu. . Voir le milieu d'un point de vue dynamique (dimension temporelle).

la mare : un objet sale et repoussant

même pas un "objet" naturel).
"C'est pas de l'eau donc puisque c'est de l'eau sale".
"C'est de l'eau pourrie".
"Des fois il y a des grenouilles autour, elles restent pas trop longtemps dans l'eau parce qu'elle est sale. Elles y vont seulement pour se cacher".

La mare n'est aucunement conçue ici comme un milieu de vie. C'est un objet sur lequel aucune question ne se pose, un objet statique, insécable, sans intérêt et même assez repoussant.

. Deuxième temps : la mise en place de l'aquarium après la "récolte" dans la mare

la mare : un lieu de vie

Les enfants, devant reconstituer artificiellement un milieu naturel, sont amenés à se poser des questions qui vont faire évoluer leur représentation de la mare, et à la considérer comme un milieu de vie pour des animaux et des plantes.

a) D'abord sous la forme d'une conception du Milieu comme Milieu-harmonie ou lieu-propre.

A l'occasion d'une comparaison entre l'aquarium et la mare, où la mare n'a pas forcément le privilège de l'harmonie, l'aquarium pourrait être considéré comme convenant mieux aux animaux :
"L'eau de la mare est mauvaise pour les animaux parce-qu'elle sent mauvais".
Mais inversement :
"Les animaux vivaient mieux dans la mare parce-qu'ils avaient plus de bon air".

le "lieu propre" des animaux (harmonie)

La mare apparaît aussi comme le "lieu propre" (sans jeu de mots...) des animaux, c'est-à-dire leur lieu de vie à eux.
"Les bestioles peuvent pas vivre dans une autre mare que la leur : c'est pas chez eux".
Ici la mare est considérée non pas comme la représentante d'un milieu de vie général (où plusieurs mares pourraient avoir des points communs) mais comme cette mare-ci, unique en son genre, propriété des animaux qui y vivent.

Cette représentation, encore insuffisante, fait apparaître la nécessité d'établir et de cerner les relations qu'entretiennent un vivant et un milieu (obstacle tautologique)(7),

---

(7) la dénomination proposée pour les obstacles renvoit au schéma synoptique de la troisième partie

et montre que ces relations peuvent être expliquées par la nature du milieu : ce dont il est composé (obstacle holiste).

b) Réflexion sur les composantsdu milieu : que faut-il faire dans l'aquarium pour reconstituer le milieu naturel ?

conception positive de la saleté de la mare

- *"Si on met pas d'eau sale dans l'aquarium ça fait changer le climat. Parce que l'eau là-bas elle était noire, alors ils y voyaient pas, ils vivaient dans l'obscurité. Et puis ici, tout le monde les regardera et ça changera le climat pour eux."*
Il faut bien entendu comprendre ici climat comme "climat psychologique" ce qui fait donc encore référence au Milieu-harmonie. Mais l'idée émerge que la saleté de l'eau est peut-être positive, comme une des composantes du milieu des animaux.

apparition de l'idée de facteur ?

- La décomposition du milieu en éléments analysables peut aller plus loin quand les enfants (de façon certes un peu fantaisiste) se demandent si certains composants ne peuvent pas être remplacés par d'autres. Ici d'ailleurs, peut-on considérer que l'idée de facteur est en train d'apparaître ? Ainsi :
"On n'a qu'à mettre de l'eau claire dans l'aquarium et le peindre en sombre ; ça fera pareil, ils se verront moins et ils seront au propre".

- Enfin, l'idée d'analyse systématique des composants de l'eau est proposée pour répondre à la question : peut-on mettre de l'eau du robinet dans l'aquarium ?
"ça suffirait d'observer au microscope l'eau de la mare et puis l'eau du robinet ; et si c'est à peu près pareil on pourrait..."

franchissement d'obstacles grâce à un problème pratique

En résumé on peut dire que grâce à un problème pratique (la mise en place de l'aquarium) les enfants ont pu passer d'une conception statique de la mare comme simple objet à une vision plus dynamique où la mare est un milieu de vie pour des vivants (franchissement de l'obstacle tautologique) et à une réflexion mettant en avant la nécessité de l'analyse des composants du milieu (franchissement de l'obstacle holiste) dont certaines caractéristiques aux effets non négligeables sur les vivants sont un moyen d'approcher quelque peu l'idée de facteurs (franchissement de l'obstacle statique et descriptif).

4.2. Interrelations entre une population et son milieu (CM2)

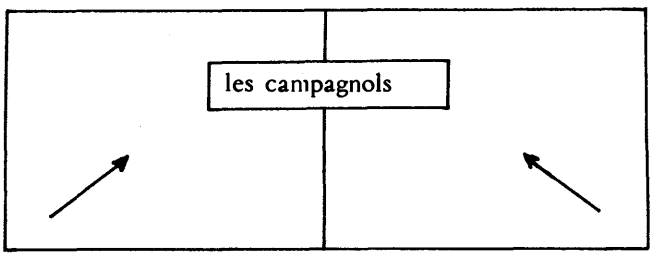
Dans ce travail,l'idée de Milieu n'est vue qu'indirectement, sans faire l'objet d'un apprentissage systématique. Pourtant, elle est impliquée par l'étude des facteurs susceptibles de faire varier l'effectif d'une

population.
L'évolution des conceptions s'effectue en deux temps, en s'appuyant d'une part sur un changement d'exemple, d'autre part sur le mode de schématisation employé.

. Des Campagnols aux Escargots

Sur l'exemple des Campagnols, la classe établit un tableau en deux colonnes, résumant ce qui fait augmenter leur population et ce qui la fait diminuer.

un tableau en deux colonnes :



Puis un autre tableau sur le même principe permet de synthétiser ce qui a été trouvé pour les populations d'Escargots (8).

ce qui fait augmenter et diminuer une population

ce qui fait augmenter le nombre d'escargots	ce qui fait diminuer le nombre d'escargots

C'est essentiellement une conception "Milieu-facteurs"qui est sous-jacente à cette phase du travail, les campagnols et les Escargots étant vus comme subissant de façon assez passive, les contraintes qui s'imposent à eux (nourriture abondante ou non, température, poison...).

dominance du milieu-facteurs

Pourtant des caractéristiques internes à l'espèce sont également envisagées pour expliquer des variations de population (taux de natalité, maladie, vieillesse, mort naturelle).

d'une conception duale de la "lutte" entre deux types de facteurs ...

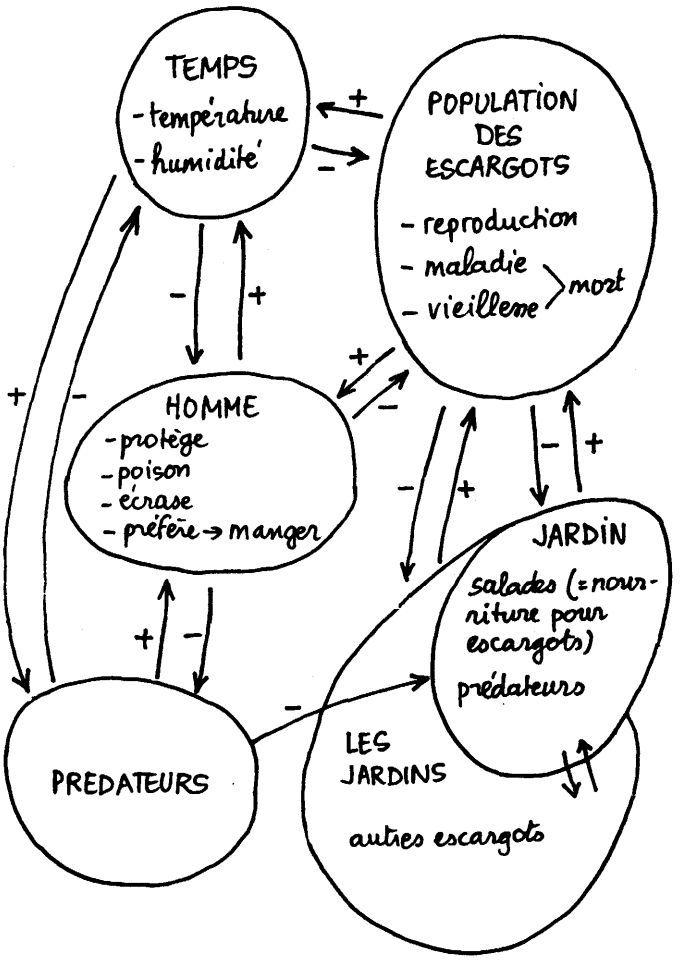
Au total, c'est une conception duale qui s'impose. Une sorte de "balance" s'établit entre ce qui fait augmenter et ce qui fait diminer l'effectif de la population, et du rapport de forces entre ces deux types de facteur, il résulte un certain équilibre.

---

(8) voir également l'article "Population"

Malgré les limites évidentes, ceci constitue un progrès par rapport à la conception globale d'un milieu indifférencié. Un Milieu-chose se transforme, de manière plus analytique, en un ensemble de facteurs jouant dans des sens variables, dont la perception globale n'est alors qu'une résultante (franchissement de l'obstacle statique)(9). Mais simultanément à ce progrès, on importe l'idée d'un milieu subi par le vivant, qui lui impose ses contraintes, le façonne, et cette idée pourra ultérieurement faire obstacle (obstacle de l'univocité des points de vue) (9).

. Du tableau +/- au schéma systémique



En conservant le même exemple des Escargots, on invite ensuite les élèves à modifier le type de schématisation. Ils essaient, avec des tâtonnements et des imperfections, de distinguer des familles de facteurs qui :
- d'une part agissent en double sens sur les populations d'Escargots
- d'autre part interagissent entre eux (les facteurs climatiques interfèrent avec l'abondance des prédateurs, l'action de l'homme peut limiter les effets de la sécheresse grâce à l'arrosage, etc...).

à une tentative de conception plus systémique ...

Il en résulte une conception plus complexe, plus systémique des choses dans la mesure où un même facteur peut dans une certaine mesure jouer positivement, et par une autre voie agir négativement (dépassement de l'obstacle de l'univocité des relations) (9).
Le travail sur les modes de schématisation contribue ici, mais ce n'est qu'une étape, à faire passer d'une conception du "Milieu-facteurs" à une conception "Milieu-interdépendant".

malgré ses inperfections évidentes !

Les imperfections de cette schématisation sont évidentes (on voit que les prédateurs sont considérés à la fois comme un ensemble disjoint et comme un élément du jardin, que la signification des flèches et des signes +/- est très ambiguë, que certaines relations indiquées sont manifestement fausses...) et un travail important serait nécessaire pour la rendre univoque.
Toutefois ce **processus** de schématisation traduit bien une tentative partielle pour accéder à l'idée d'interaction entre facteurs.

4-3. Notion d'interaction entre l'arbre et le milieu physique dans lequel il vit (CE2)

une série de séquences étalée sur plusieurs mois

Il s'agissait ici de conduire des observations permettant de mettre en évidence l'interaction entre les arbres et leurs milieux.
La démarche des diverses séquences de classe (s'étalant sur plusieurs mois, avec des reprises) peut être schématisée ainsi en fonction des entrées différentes :

---

(9) la dénomination proposée pour les obstacles renvoie au schéma synoptique de la troisième partie

1 - Observations et relevés dans un milieu proche.
(sous un arbre - sur la pelouse voisine).

↓

Objectif : faire apparaître que l'arbre modifie son milieu physique.

2 - Travail sur documents
a) comparaison, de cartes simplifiées de répartition de végétaux, et de cartes indiquant quelques aspects du climat.
b) recherches d'indications sur les préférences des arbres dans des livres.

↓

Objectif : faire apparaître que que les facteurs physiques jouent un rôle dans la répartition des espèces.

3 - Séance de structuration en classe où est faite une tentative de synthèse des divers résultats obtenus

Objectif : faire apparaître qu'il y a interaction entre l'arbre et son milieu physique.

Au total, 7 élèves sur 20 seront capables d'aller jusqu'au bout de l'analyse pour en faire une approche synthétique où la notion d'interaction est comprise.

. Exemples de formulations d'élèves aux diverses étapes de ces séquences

l'action des vivants considérée au même titre que l'action des facteurs abiotiques

1. "Nous avons vu qu'il fait plus froid sous les arbres";
"Nous avons vu qu'il y a de la mousse sous les arbres parce-qu'il fait plus froid".
" Lorsqu'on est sous un arbre, la température baisse et lorsqu'on est au soleil la température monte ".

Ici le vivant n'est plus considéré comme "à côté" des facteurs abiotiques mais intégrés à eux et agissant au même titre qu'eux.

2. "Il y a des dunes alors il n'y a pas beaucoup d'eau, les pins n'en ont pas besoin alors ils arrêtent le sable quand le vent souffle".
"Les hêtres ont besoin de beaucoup d'eau. C'est pour cela qu'on les trouve en montagne".
"Comme le pin, le chêne peut vivre dans des climats

plus secs. Les hêtres ont peut-être besoin d'un sol plus riche, les chênes se contentent d'un sol plus pauvre".
"Les chênes verts ont besoin de chaleur, les hêtres ont plutôt besoin de froid, enfin, ils résistent au froid. S'il y a du chaud, ça ne les gêne pas".

de la description à la recherche de relations causales

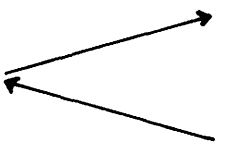
Ici a été franchi le passage de la description à la recherche de relations causales (franchissement de l'obstacle descriptif).

et à l'idée d'actions réciproques

3. " L'arbre modifie la lumière. La lumière fait changer les arbres de place".
"L'arbre commande la lumière, la lumière commande l'arbre".

La synthèse des résultats des moments 1 et 2 construit l'idée d'actions réciproques entre le vivant et le milieu qui empruntent des mécanismes différents et se situent à des niveaux différents.
Les limites de ces résultats tiennent aussi au fait qu'ils sont, pour la 3ème phase, fortement induits par le maître qui introduit, dans l'entretien collectif, le mot de "liaison" et propose aux enfants une schématisation fléchée entre l'arbre et la température qui visualise ces liaisons.

Maître : "Je mets "arbre" et "température". Est-ce que ici et là, ça veut dire la même chose ? Est-ce que je dis la même chose quand je dis : l'arbre modifie la température et l'arbre a des préférences pour telle ou telle température ? Est-ce que la ***liaison*** *est la même ?"*



M : "Que signifie la flèche dans ce sens ?" (sens 1)
Elève : "Que l'arbre modifie la température ".
M : "Et dans le deuxième cas ? Quand on dit qu'on ne trouve pas les arbres dans la même région ?

selon le sens de la relation, celle-ci ne se situe pas au même niveau (individu ou espèce)

C'est l'idée d'une relation possible dans les deux sens qui est évoquée et, par ailleurs, la formulation ne peut être d'une précision pleinement satisfaisante dans la mesure où le terme "arbre" n'a pas la même signification dans les deux cas : dans le premier il s'agit de l'individu, dans le second il s'agit de l'espèce.

on peut structurer l'acquisition d'une notion même quand celle-ci n'est pas abordée "de front"

Ces quelques exemples permettent de penser qu'il n'est pas impossible d'amener les élèves à structurer progressivement une notion même si celle-ci n'est pas abordée de front, et n'apparaît pas de façon explicite comme notion à traiter dans le cursus scolaire, tout en étant continuellement présente. "Milieu" est un exemple de ces concepts implicites, sous-jacents aux diverses approches du concept d'écosystème, supposés connus parfois, alors qu'ils gagneraient à être explicités, à la fois pour eux-mêmes et pour la clarification des concepts associés. Les éléments des séquences de classes ici présentés semblent montrer que cela est possible, malgré la complexité de la notion, y compris à l'école élémentaire.

Jean-Pierre ASTOLFI
Equipe de didactique des sciences expérimentales, INRP.

Anne-Marie DROUIN
Lycée de Corbeil
Equipe de didactique des sciences expérimentales, INRP.

Ce texte constitue la synthèse de réflexions conduites lors de journées d'étude réunissant des enseignants de biologie engagés dans la recherche en didactique des sciences expérimentales menée à l'INRP :

Groupe de Réflexion :

Claude BONNET	Ecole Normale - Cergy-Pontoise
Renée le BROZEC	Ecole Normale - Quimper
François CHESNAIS	Ecole des Buttes - Grenoble
François CLAVEL	Collège Villeneuve - Grenoble
Suzanne DALOUBEIX	Ecole Normale - Guéret
Jeannine JOSSEME	Ecole Normale - Agen
Raymonde OBERT	Ecole Normale - Besançon
Maitena RONCIN	Lycée "François Villon" - Paris
Christine RUSCIOLELLI	Ecole du Lac - Grenoble
Françoise VERDETTI	Collège Villeneuve - Grenoble
Jean VESLIN	Collège Villeneuve - Grenoble

ROMERO

RELATIONS ALIMENTAIRES

Brigitte Peterfalvi
Guy Rumelhard
Anne Vérin

"Relations alimentaires" est une notion nodale pour de multiples concepts. A son niveau de formulation le plus simple, il s'agit d'une relation constatée ou affirmée entre deux individus vivants. A des niveaux de formulation plus élevés, on a des concepts qui cherchent à modéliser, à représenter des ensembles de relations d'un point de vue à chaque fois différent. Les mots eux-mêmes, "chaîne", "réseau", "flux", "cycle", renvoient à une figuration, une image, qu'il importe de dépasser en définissant le contenu conceptuel précis auquel ils se réfèrent.
La difficulté ici est double :
**Le mot lui-même "relation alimentaire" est vide. C'est un objet d'étude, et ce qu'on étudie, ce sont soit les facteurs qui jouent sur ces relations, soit les façons dont ces relations s'organisent et évoluent.*
**Rien de plus fréquent qu'une étude sur les relations alimentaires à l'école primaire ou au collège, lorsqu'on veut aborder l'écosystème. Les situations de classe portant sur cet ensemble de concepts sont nombreuses mais conduisent souvent à des acquis ponctuels et très divers, difficiles à structurer. Comment préciser les les organisations conceptuelles qu'il est possible de construire ?*

PREMIERE PARTIE : ANALYSE DE LA MATIERE

Régime alimentaire, réseaux, chaînes, flux, cycles, stocks de matière et d'énergie

Dans l'ensemble des relations entre les espèces vivantes on peut distinguer :

- un premier type de relation correspondant à celles qui assurent l'écoulement, la circulation et le stockage de la matière et de l'énergie au sein des écosystèmes. Ce sont (selon les termes de R. Barbault. **Abrégé d'écologie générale**. Paris. Masson. 1983) :

Relations alimentaires...

La prédation, qui implique la mort de chaque individu (animal) sur lequel le prédateur prélève sa nourriture,
le broutage, qui est le fait d'animaux se nourrissant aux dépens de plusieurs hôtes (végétaux) au cours de leur vie, mais qui ne prélèvent à chaque fois qu'une partie, de sorte que cela n'entraîne pas de mortalité immédiate des individus utilisés,
le parasitisme qui caractérise des organismes qui, au long de leur existence, se nourrisent à partir d'un seul hôte (animal ou végétal), dont la probabilité de survie

est, de ce fait, amoindrie.
Ces trois modalités très différentes de relations trophiques ont également une action sur la dynamique de la population, ainsi que sur la génétique de cette population.
Une quatrième modalité, d'un ordre légèrement différent car elle affecte la dynamique des populations de façon plus indirecte, est celle des "décomposeurs" qui transforment la matière organique morte en substances inorganiques. Le prélèvement de substances sur les individus morts d'une population n'a pas de répercussion directe sur celle-ci, mais les décomposeurs agissent en maintenant ou en modifiant certains aspects du milieu.

et autres types de relations

- un second type de relation correspond à des situations qui n'entraînent pas nécessairement de transport de matière ou d'énergie, mais qui affectent principalement la dynamique des populations. Ce sont :
la compétition qui concerne des espèces en concurrence pour l'exploitation d'une même ressource (habitat, nourriture...). Il y a deux cas : ou bien les compétiteurs agissent directement les uns sur les autres, par exemple en émettant des substances toxiques, ou à travers des comportements d'agression ; ou bien une espèce exploite plus efficacement une ressource, et réduit ainsi les disponibilités laissées à une autre, de manière indirecte (il peut s'agir alors d'une relation alimentaire indirecte).
les interactions mutualistes qui accroissent la probabilité de survie des partenaires et favorisent ainsi le maintien des populations auxquels ils appartiennent. Bien que très connues, l'importance de ces interactions a été longtemps sous-estimée.

Nous nous limiterons dans cet article au premier type de relations qui sont toutes des **relations alimentaires**, au type donc de **régime alimentaire** des espèces concernées, à l'organisation en **réseaux** ou en **chaînes** de ces relations à leur action sur la circulation (**flux, cycles**) ou l'accumulation (**stock**) de **matière** et d'**énergie**.

des concepts, des images, des problèmes

Cette étude portera d'abord sur la définition possible de chacun de ces mots, et sur les interrelations avec les autres concepts de Biologie ou de Physique. En effet, aucune définition ne peut se concevoir isolément. Elle est immédiatement prise dans un réseau de définitions.
Ces mots désignent souvent eux-mêmes des figures (cercle) ou des images(écoulement) . Il importe donc de préciser dans quelles mesure ces images peuvent être une aide, éventuellement temporaire, qu'il faudra ensuite dépasser, pour comprendre le concept, ou bien dans quelle mesure elles se révèlent source de difficulté.
Chaque concept, enfin, renvoie à un problème qu'il faut préciser, et à un ensemble de techiques expérimentales

qui sont mises en oeuvre pour répondre au problème.

Dans un second chapitre nous reviendrons de manière plus approfondie sur les représentations liées à cet ensemble conceptuel, pour examiner leur fonction d'aide ou d'obstacle, dans la dynamique de l'apprentissage.

Cet ensemble formant un réseau, plusieurs "entrées", c'est-à-dire plusieurs "ordres" d'acquisition sont possibles. Ce que nous examinerons dans un troisième chapitre.

Il restera alors à relier ces analyses aux situations didactiques concrètes possibles dans un quatrième chapitre.

Toutefois, avant d'entrer dans le détail de l'analyse, il faut noter trois difficultés :

* Dans ce domaine d'étude comme dans toute la Biologie, il existe deux directions d'analyse fort différentes qui sont souvent mal distinguées l'une de l'autre, ce qui est une première source de difficultés :
- d'une part on peut envisager l'ensemble biocénose + biotope sous l'angle des transformations, de la circulation de l'accumulation de matière et d'énergie. Ce point de vue correspond à la définition de l'Ecosystème au sens strict. Il conduit à simplifier, à réduire l'analyse, à globaliser l'étude, à oublier la diversité, la variété des situations, des cas particuliers, des modalités de relations alimentaires pour ne faire apparaître que les transformations, les cycles, les flux, les stocks.

un point de vue globalisant et simplificateur ...

- d'autre part, on peut au contraire privilégier les variations, les modifications dans l'espace et dans le temps, la complexité, la spécificité de chaque relation alimentaire.

ou au contraire, focalisation sur la variété et la complexité

A la limite, ces deux types d'analyses s'opposent tant par l'attitude qui les guide que par les techniques expérimentales employées et donc par ce que l'on privilégie ou que l'on oublie dans les observations. La difficulté réside en ceci : une étude réelle faite très en détails devrait conduire à décrire des réseaux alimentaires diversifiés, complexes et changeants. En fait, finalisés implicitement par l'établissement d'un flux, on négligera sans le dire des éléments de l'observation "pour simplifier".

* La deuxième source de difficulté que l'on peut aisément constater en analysant les divers textes des manuels scolaires ou universitaires, et peut-être plus particulièrement les schémas et les figurations, c'est la grande confusion qui règne dans l'emploi des mots : chaîne, réseau, flux, cycle, pyramide, circulation. Cette confusion est accentuée par l'absence de précision sur la nature du flux ou du cycle : s'agit-il de matière organique

complexe, de matière organique simple, d'éléments chimiques, d'énergie, d'information ? Il n'est pas rare de trouver explicitement ou implicitement les expressions fausses suivantes :

ambiguïté des mots et des images

- "on peut boucler le réseau trophique"
- "on peut dessiner le cycle de l'énergie"
- "il y a un flux de matière organique" sans préciser de quel type de matière organique il s'agit (l'affirmation étant fausse si l'on entend "matière organique complexe").

* Troisième difficulté : les trois concepts de réseau alimentaire, de flux et de cycle semblent dériver l'un de l'autre comme par emboîtement, et dans cette perspective il suffirait d'ajouter le "maillon" des décomposeurs pour former un cycle. Cette conception par emboîtement trouve un point d'appui pédagogique car elle semble définir un ordre de passage progressif et continu d'une notion à l'autre. Chaque notion constituerait alors ce que l'on peut nommer une première approche de la suivante. Mais, épistémologiquement, la recherche d'une filiation ou d'une continuité conduit souvent à des erreurs ou des impasses. Il est souvent bien plus profitable de rechercher en quoi ils sont différents, c'est-à-dire correspondent à des problèmes différents. On peut se référer à ce sujet aux pages 26 à 36 de la thèse de Jean-Marc Drouin (**La naissance du concept d'écosystème.** Paris. 1984) dans lesquelles il souligne la discontinuité des perspectives quand on passe de descriptions de la biocénose en termes de réseaux (Pierce 1912, Marchal, Elton 1927) à un point de vue énergétique sur les chaînes trophiques (Lindeman 1942, Odum 1953) introduisant une vision plus physicienne, puis à l'étude des cycles biogéochimiques (Dajoz 1980).

passage continu d'un concept à l'autre ...

ou ruptures

Par ailleurs, chacun de ces concepts nécessite, pour être établi plusieurs conditions de possibilité. Ainsi, pour "interpréter" la dépendance trophique du type prédateur/proie en termes d'écoulement de "matière chimique", de nombreux concepts de l'analyse chimique sont indispensables. Pédagogiquement il faudra se demander quelle analyse est possible en l'absence de ces concepts, ou plus exactement quelle formulation nécessairement globale (on parlera par exemple d'écoulement de "matière" sans en préciser la composition chimique). De même pour l'aspect énergétique. Les réponses apportées à ces questions permettront de savoir, à un niveau d'enseignement donné, dans quels termes les concepts de flux et/ou de cycle sont à portée des élèves. Si l'on pense pouvoir faire l'économie des concepts de la thermodynamique et de la chimie, il faudra en préciser les conditions.

des conditions de possibilité

Si l'enseignant n'est pas attentif à ces difficultés

théoriques, il risque de mal analyser les difficultés des élèves.

1. RESEAU ALIMENTAIRE

Le mot désigne des lignes entrecroisées ou entrelacées. C'est l'image des liens de dépendance entre divers animaux et végétaux.
Le problème : le lien de nature alimentaire solidarise en un ensemble plus vaste un groupe d'animaux et de végétaux.

solidarisation d'un ensemble d'animaux et de végétaux ...

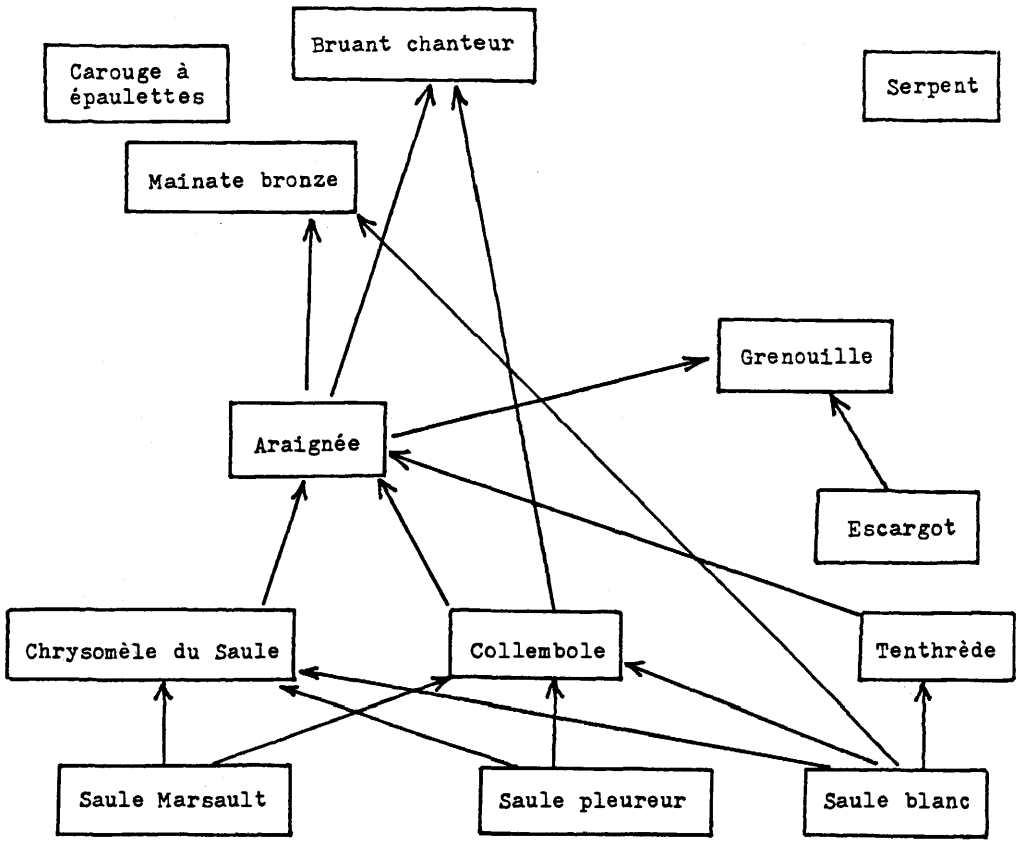
Ce concept donne un premier contenu possible au concept d'écosystème, ou plutôt de biocénose. L'intérêt de ce type de figuration est de faire apparaître l'ensemble des liens directs et indirects entre populations et de permettre ainsi des prévisions concernant leurs dynamiques dans les cas où une modification intervient sur l'une d'entre elles (implantation ou élimination d'espèces, lutte biologique...).

"Posant la question "qui mange quoi ?", ou "qui est mangé par qui?", on cherche à établir par l'observation directe des comportements, par des élevages, par diverses méthodes comme l'investigation des contenus stomacaux, des excréments, des pelotes de réjection, etc... le régime alimentaire de chaque espèce, ses préférences, ses "ennemis" (phytophages, prédateurs, parasites).

en un réseau complexe de relations alimentaires

L'enchevêtrement de ces relations aboutit rapidement à dépasser l'image linéaire d'une chaîne au profit de celle, plus complexe, d'un réseau ("food-web" en anglais) tel que celui de la figure ci-dessous (document 1). Cette représentation symbolique, pratiquement très utile et asez ancienne puisqu'on la trouve déjà chez Elton (1927) ou Shelford (1931), appelle plusieurs remarques.
Tout d'abord, tout en constituant en quelque sorte une modélisation de la biocénose, elle ne peut prétendre contenir toutes les formes vivantes présentes dans un biotope donné, y compris les formes bactériennes par exemple.
Ensuite, elle met en relation non des individus mais des populations, ce qu'on risque parfois d'oublier. De ce point de vue, les formules du type "qui est mangé par qui ?" - outre leur charge fantasmatique - ont l'inconvénient de faire penser à une relation de dévoration inter-individuelle, donc à un processus de destruction d'un élément par un autre, alors qu'il s'agit d'une relation statistiquement observable entre deux ensembles. De ce point de vue, également, l'usage, fréquent dans les schémas des manuels, de dessins réalistes pour figurer les termes mis

mais leur figuration n'est pas sans risque



Réseau trophique (simplifié) dans une forêt de Saules au Canada
d'après R. MAY (1978)

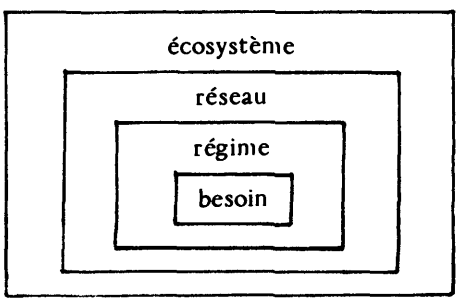
DOCUMENT 1

en relation par un réseau alimentaire risque de renforcer l'image d'une relation entre individus."

Jean-Marc Drouin (1984, op. cit., p.27)

Mais, pour avoir un sens précis, ce concept de réseau doit être en relation avec d'autres :
- il faut connaître "ce que les êtres vivants mangent", c'est-à-dire, pour les animaux, leur régime alimentaire
- ce régime dépendant du besoin alimentaire
- et nécessitant, pour être étudié, des techniques expérimentales
- mais il faut également connaître "par qui les êtres vivants sont mangés", ce qui n'est pas la même question.

Examinons donc ces questions interdépendantes : si, dans la logique de notre exposition, certains des concepts concernés apparaissent de façon emboîtée à la manière de ce schéma .



Il ne faut pas perdre de vue que, par ailleurs, ces notions sont loin de ne présenter que ces relations d'inclusion : les notions de régime et de besoin alimentaire échappent en grande partie à la sphère définie par les problèmes de réseaux et d'écosystèmes et renvoient à des concepts d'ordre différent, physiologiques et biochimiques.

1.1. Régime alimentaire.

"régime", c'est-à-dire ?

Le mot régime (latin : regimen = direction) a le sens d'une règle observée dans l'alimentation, mais aussi, plus largement, dans toute la vie. Il prend actuellement, en France, la connotation de rationnement, de restriction, mais ce n'est pas obligatoire. D'autres expressions, éventuellement connues des élèves, diversifient ce sens : régime politique, régime des prisons, régime du moteur, régime turbulent d'un écoulement, régime de banane = mode d'assemblage en grappes etc...

Mais, à moins de ne conserver qu'un sens purement

pragmatique, ce concept de régime alimentaire, pour acquérir un sens biologique doit être composé avec ceux :
- de **milieu**
- de constitution **génétique**
- et de leurs **relations fonctionnelles.**

Le vocabulaire de la génétique n'est pas ici indispensable. Très survalorisé, il peut même faire obstacle. L'essentiel est de concevoir une nécessité intrinsèque, interne à l'animal, existant par construction (mais pouvant varier selon l'époque de la vie de l'animal, sa croissance, les périodes de reproduction, les conditions climatiques), et que l'on peut nommer instinct, ou **besoin** ; cette nécessité interne est à mettre en relation avec les possibilités offertes dans la "nature", à l'extérieur de l'animal, de manière variable dans l'espace et le temps. Ces deux concepts permettent donc de distinguer un régime alimentaire réellement observé à un moment donné dans certaines conditions, et un régime alimentaire potentiel, non réalisé pour des raisons climatiques, géographiques ou de compétition, mais permettant des possibilités d'adaptation à d'autres milieux.

régime réel et régime potentiel

La notion de relation fonctionnelle contient ici essentiellement l'idée de vicariance, c'est-à-dire que des proies différentes peuvent jouer le même rôle alimentaire. Ceci peut être constaté, mais nécessite pour être expliqué en termes biochimiques, des connaissances sur ce plan. Sinon on ne peut que poser la question : qu'y-a-t-il de commun derrière cette variété d'aliments pour produire le même effet ? Par ailleurs, cette idée de vicariance doit elle-même être relativisée : pour une alimentation en laboratoire, la nourriture donnée aux animaux peut être préparée à partir d'espèces que dans des conditions naturelles ils ne pourraient se procurer (pour des raisons non seulement de présence ou d'absence de ces proies dans leur milieu, mais aussi d'inaptitude à les capturer ou à les ingérer). Il peut alors y avoir, **sur le plan biochimique,** une vicariance entre certaines espèces ingérées, sans que **sur le plan écologique** la même vicariance puisse être constatée.

vicariance

1.2. Besoins alimentaires

La physiologie utilise volontiers le mot de besoin (besoins nutritifs des plantes, besoins en eau, etc...) et pourtant il s'agit d'une notion subjective difficile à définir. Elle contient l'idée d'un choix de valeur entre des éléments que l'on préfère et d'autres que l'on exclut. Mais surtout, ce fait du besoin traduit l'existence d'un dispositif interne de régulation. Pour que le besoin se manifeste sous forme d'une mise en mouvement de l'organisme, par exemple d'une mise en quête de nourri-

besoin : maintien d'un état optimum

ture, il est nécessaire que l'organisme fasse référence à un état optimum de fonctionnement, c'est-à-dire à une constante qu'il faut maintenir. Sous cet angle, on peut préférer ce mot de besoin à celui d'instinct qui insiste seulement sur l'aspect automatique de la réaction.

Les mots "préférence", ou "subjectif" risquent de faire penser à des réactions individuelles, variables selon des choix internes non prévisibles, selon le sens commun du mot "subjectif" (alors que selon le sens défini plus haut, on peut observer des "préférences" de l'ensemble d'une population, située dans le temps).

1.3. Les techniques d'étude des régimes alimentaires

Dans la mesure où l'observation directe permanente d'un animal est presque toujours impossible (animaux nocturnes, ou de petite taille, ou vivant dans un terrier, ou dans l'eau, etc...), répondre à la question du régime alimentaire implique la mise en oeuvre d'artifices techniques qui ne donneront nécessairement que des résultats indirects :
- analyse de contenus stomacaux
- analyse de pelotes de réjection
- piégeages divers...

l'observation directe n'est pas possible

Ces techniques impliquent également la mise en oeuvre de méthodes statistiques pour devenir quantitatives, tout en respectant la diversité du (des) régimes.

A côté de ces techniques directement liées à un point de vue écologique, un procédé, plus orienté vers l'analyse des besoins et donc plus proche d'une perspective physiologique prenant l'organisme comme unité d'étude, consiste précisément à tenter la réalisation d'un élevage en laboratoire, dans l'intention expérimentale de faire varier les conditions d'alimentation. La suppression des contraintes du milieu peut permettre d'analyser le régime alimentaire potentiel. Dans cette optique, cette notion de régime potentiel permet de concevoir d'autres régimes dans d'autres conditions de milieu.

1.4. Variations de la signification de ces concepts en fonction des problèmes envisagés.

Ces considérations sur les techniques nous amènent à remarquer que, contrairement au concept de réseau, qui relève avant tout d'une optique écologique, les concepts de régime et de besoin alimentaire renvoient à des préoccupations plus diversifiées, au confluent de la physiologie et de l'écologie ; les termes dans lesquels le régime est exprimé témoignent de cette diversité de

problèmes.

des formulations différentes à partir des mêmes concepts

Dans les quatre documents que nous reproduisons, les catégories auxquelles renvoie la notion de régime alimentaire sont différentes, et en relation avec le problème considéré dans chaque cas.

Dans le document 2, extrait d'un texte portant sur les besoins alimentaires de l'homme et la faim dans le monde, il est question de "ration" alimentaire, notion quantitative en relation directe avec le problème de l'insuffisance globale de nourriture pour l'humanité. Elle est définie par la valeur énergétique des aliments, exprimée en kilocalories. L'aspect qualitatif de l'alimentation apparaît en termes biochimiques.

valeur énergétique des aliments ...

Plus loin dans le texte, il est question de protéines animales ou végétales, mais pas d'espèces ingérées.

Le document 3 donne des indications comparatives sur le régime alimentaire de la Chouette Effraie dans différentes régions, à partir de l'analyse des pelotes de réjection ; le régime y est exprimé dans des termes qui, bien que correspondant à des catégories de la classification des animaux, renvoient à l'alimentation des proies. Car, d'une part, les proies sont dans ce cas identifiées grâce aux éléments restés reconnaissables dans les pelotes, à savoir, en premier lieu, les mâchoires ; mais aussi, d'autre part, on voit se profiler dans ces études l'idée de chaîne alimentaire (l'alimentation d'un animal étant mise en relation avec celle de ses proies) qui permet, par l'examen des répercussions indirectes de l'alimentation des chouettes par rapport à l'homme de les classer comme utiles ou nuisibles.

régime des proies ...

Le document 4 propose une représentation graphique de l'évolution temporelle des proportions de différents végétaux pour une population bien spécifiée de lapins. Le régime y est exprimé en catégories générales de végétaux (dicotylédonnes ou monocotylédonnes), avec mention de certaines espèces et de parties de végétaux (écorce, inflorescences) en référence à un problème pratique : quels végétaux planter dans les zones habitées par les lapins de garenne pour limiter les dégâts causés par ces derniers dans les cultures ?

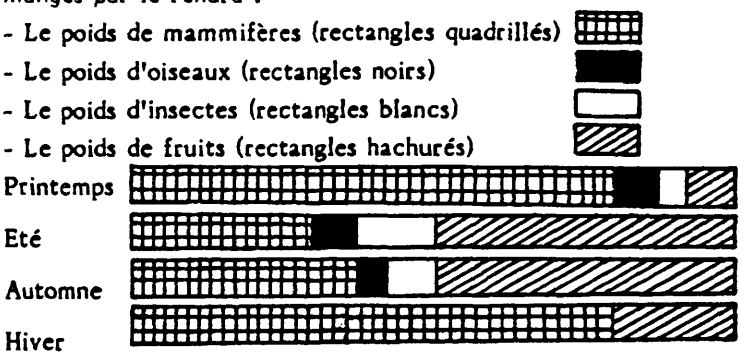
espèces broutées, espèces à planter ...

Le document 5 ne se situe pas par rapport à un problème pratique, contrairement au précédent : il s'agit de montrer qu'un animal classé comme carnivore dans l'imagerie populaire a en fait une alimentation plus diversifiée et variable. Les catégories choisies pour exprimer le régime sont celles qui permettent de mettre cette idée en défaut ("mammifères", "oiseaux", par opposition à "insectes" - qui ne sont pas considérés comme proies de "carnivores" dans la représentation à combattre - et surtout à"fruits".

carnivore ?

Les quatres diagrammes ci-dessous vous montrent l'alimentation d'un renard à chaque saison. Ils vous indiquent *pour 100 grammes d'aliments mangés par le renard :*

- Le poids de mammifères (rectangles quadrillés)
- Le poids d'oiseaux (rectangles noirs)
- Le poids d'insectes (rectangles blancs)
- Le poids de fruits (rectangles hachurés)



DOCUMENT 2

Les femmes qui allaitent ont besoin d'un supplément de 1 000 kilocalories par jour.

Les hommes qui habitent les régions chaudes ont des besoins en calories plus faibles que ceux qui habitent les régions tempérées ou froides.

En faisant la moyenne de toutes ces situations alimentaires différentes, on obtient *la ration quotidienne de l'homme moyen*, qui doit se situer entre 2 200 et 2 600 kilocalories, pour être suffisante sans être extraordinairement bonne. On peut l'estimer à 2 400 kilocalories par jour, ce qui est probablement fort modéré et un minimum pour un rendement physique, intellectuel et moral efficace.

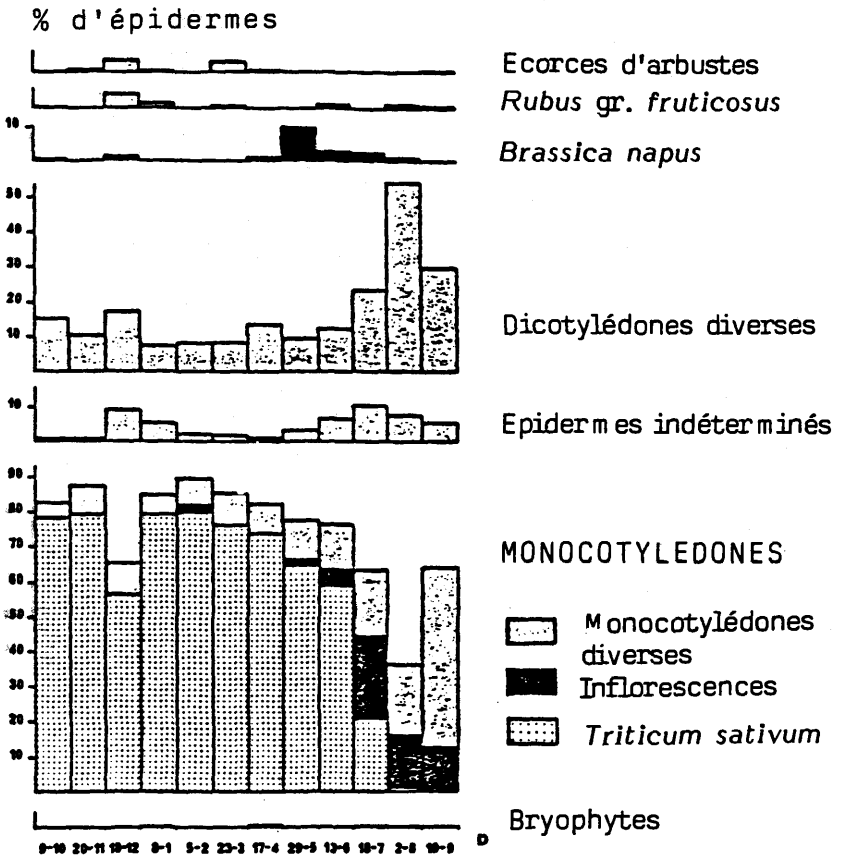
Il n'y a pas seulement un problème de quantité des aliments, mais un problème de qualité. Il faut particulièrement qu'il y ait, dans la ration des hommes, assez d'azote fourni sous forme de protides ; il existe en effet un certain nombre de molécules que l'organisme humain est incapable de fabriquer, et qu'il doit pouvoir trouver toutes faites ; c'est le cas de 10 acides aminés, appelés pour cela « indispensables », qui doivent être présents dans les aliments ; ce sont : thréonine, valine, leucine, isoleucine, méthionine, lysine, arginine, phénylalanine, histidine, tryptophane.

DOCUMENT 3

	PICARDIE (St Girons en partie inédit)	FRANCE (Madon)	EUROPE (Madon)	EUROPE Centrale (Uttendorfer)
Rongeurs (Muridés)	77,4 %	58,1 %	65,9 %	68,8 %
Insectivores (Soricidés)	19,4 %	38,2 %	30,5 %	26,4 %
Oiseaux	3 %	0,7 %	1,7 %	3,1 %
Total des vertébrés	5 498	33 978	103 569	77 602

Comparaison du régime de la Chouette effraie en Picardie avec les régimes trouvés en France et en Europe. (C.Martin 1972)

DOCUMENT 4



Evolution temporelle du contenu en épidermes des fécès de lapins de garenne. Crottes récoltées en bordure d'un taillis et d'un champ de colza d'hiver. De l'autre côté du taillis, présence d'une culture de blé d'hiver.

DOCUMENT 5

Selon le problème visé, le régime est exprimé d'une façon générale pour l'espèce (document 2), ou pour une population donnée dans des conditions bien précisées (document 4), ou pour une espèce, mais de façon différenciée selon les saisons (document 5) ; il est exprimé quantitativement ou qualitativement, en termes biochimiques ou en catégories de proies.

Si on abandonne un instant l'optique "réductionniste", finalisée par les flux et les cycles, les concepts de régime et de besoin alimentaire peuvent également s'analyser :
- d'une part, dans une optique physiologique :
métabolisme, organes digestifs, pièces masticatrices, modifications saisonnières, mais également nécessité d'un mécanisme de régulation et donc de stimulations externes
- d'autre part, dans une optique éthologique :
modalité de recherche de la nourriture, modalités de chasse individuelle ou en groupe, types d'organes des sens et de stimulus...

Ce rapide tour d'horizon permet de rappeler que tout objet biologique peut être questionné à partir de tous les autres champs disciplinaires de la Biologie.

1.5. Par qui est-il mangé ?

convergence dans le réseau

Construire un réseau alimentaire suppose de répondre également à cette question différente de la précédente, et qui ne pose pas de problème théorique. Il est par contre difficile d'y répondre pour des raisons techniques. La recherche n'est plus cette fois divergente à partir d'un être vivant donné, mais au contraire convergente sur un être vivant.

1.6. Répercussions sur la dynamique et la répartition des populations

L'ensemble des facteurs qui influent sur les régimes alimentaires des populations produit finalement des effets :

- sur l'effectif de la population de proies, et, en retour, sur les prédateurs

- sur la répartition des prédateurs et des proies, jouant ainsi éventuellement un rôle dans la régulation des effectifs de la population, ses migrations, sa dispersion géographique, et sa structure génétique.

1.7. Première définition de l'écosystème à partir de cet ensemble de concepts

Cet ensemble de concepts donne une première réponse à un problème marqué par le mot **écosystème**, c'est-à-dire la recherche d'une unité fonctionnelle solidarisant des groupes d'êtres vivants entre eux, et avec certains paramètres du milieu physico-chimique. Le réseau des êtres vivants qui sont interdépendants à cause de leur régime et de leurs besoins alimentaires constitue une unité.
L'inconvénient de cette définition réside dans le fait que cette unité fonctionnelle ne dessine pas une unité spatiale aisément repérable. De plus, les contours en sont flous, et surtout, les dimensions très variables. Dans cette optique, que le vocabulaire n'a pas toujours abandonné, on nommera aussi bien "écosystème" : un arbre mort, un banc d'huîtres, la poussière de maison, un étang, un lac, une forêt.

unité fonctionnelle aux contours flous

Nous nous trouvons ici sur la facette "biocénose" de la pyramide de référence évoquée dans l'introduction générale. Quand nous parlions de régime, nous nous trouvions sur la facette "population", du moins dans les cas où le régime n'était conçu ni d'un point de vue physiologique, ni d'un point de vue général pour l'espèce. Nous verrons plus loin que la définition qu'on peut donner de l'écosystème est différente si les concepts de flux et de cycle sont intégrés.

2. CHAINE ALIMENTAIRE

Le statut théorique du concept de chaîne alimentaire est ambigu. La pratique courante des manuels universitaires consiste à présenter les notions concernant les transferts de matière dans les écosystèmes dans l'ordre suivant :
- chaîne alimentaire
- niveau trophique
- régime alimentaire
- pyramides écologiques des nombres, des biomasses, puis des énergies
- puis les réseaux alimentaires complexes
- les cycles biogéochimiques.

Ce mode de présentation, commençant par ce qui paraît au premier abord le plus simple, c'est-à-dire les chaînes alimentaires, semble obéir à une logique didactique plutôt qu'à une cohérence conceptuelle : en effet, dans le cas des chaînes alimentaires qui commencent par des végétaux vivants, les végétaux chlorophylliens sont immédiatement nommés "producteurs". Le mot producteur

signifie que ces "organismes sont capables de fabriquer et d'accumuler de l'énergie potentielle sous la forme d'énergie chimique présente dans les matières organiques " (Dajoz).

un renversement de perspective

Il ne s'agit donc pas d'un simple vocabulaire surajouté, mais d'un changement conceptuel consistant à relire les relations alimentaires entre êtres vivants comme une circulation d'énergie par l'intermédiaire de la matière.
Dans cette optique, le concept de chaîne alimentaire ne serait pas premier, mais consisterait à réduire la complexité des régimes alimentaires plus ou moins spécifiques, variés et changeants et des réseaux qui les solidarisent, en une suite linéaire qui s'appuie sur le concept de niveau trophique équivalent dans la perspective d'une analyse plus aisée des circulations de matière et d'énergie. Dans cette logique théorique, le point de départ serait l'analyse des régimes alimentaires réels, leur organisation en un réseau. L'analyse de la nutrition animale et surtout des végétaux verts, les concepts d'auto et d'hétérotrophie et de niveau trophique permettant alors d'organiser ce réseau et d'introduire l'idée de chaîne. Un deuxième type de chaîne alimentaire pouvant s'organiser à partir de la matière organique morte en s'appuyant sur le concept de décomposition et de minéralisation.

et sa logique théorique

Mais la logique conceptuelle n'est pas nécessairement la logique didactique. La diffusion très large de la notion de chaîne alimentaire, le fait que le mot soit souvent déjà connu des élèves, peut également conduire à adopter une autre articulation, profitant de son utilisation en classe, au cours d'un dialogue entre élèves. Il faut noter également que les manuels scolaires gardent la même "logique d'exposition" des notions et commencent par la chaîne alimentaire, oubliant qu'un manuel universitaire s'adresse à des étudiants qui manient déjà tous les concepts contenus dans la définition : autotrophie, hétérotrophie, énergie, principe d'équivalence, etc...
Aux niveaux élémentaires, on remplace les différents niveaux trophiques par des noms d'espèces qui les représentent implicitement. La chaîne apparaît alors comme une construction très simple, comme un donné dont l'appréhension est immédiate, puisqu'on a fait disparaître la complexité de la logique conceptuelle qui la fonde.

différente de la logique didactique

Les images liées à la chaîne seront étudiées plus loin, avec les représentations des relations alimentaires.

3. FLUX, ECOULEMENT

Ce concept s'inscrit dans le deuxième mouvement décrit précédemment : l'ensemble biocénose + biotope est envisagé sous l'angle de la transformation, circulation, accumulation d'énergie et de matière, considérés dans leurs aspects quantitatifs, et non plus de la variété des relations entre populations. Ce point de vue sous-tend déjà la logique de construction des chaînes alimentaires, sans pour autant apparaître nécessairement de façon explicite. A l'idée de chaîne, qui introduisait essentiellement celle d'un ordre dans les relations alimentaires et d'un rang des différentes espèces par rapport à ces relations, l'idée de flux ajoute un point de vue "économique" explicitement centré sur la matière et l'énergie.

point de vue globalisant centré sur la matière et l'énergie

3.1. La chaîne trophique du point de vue énergétique

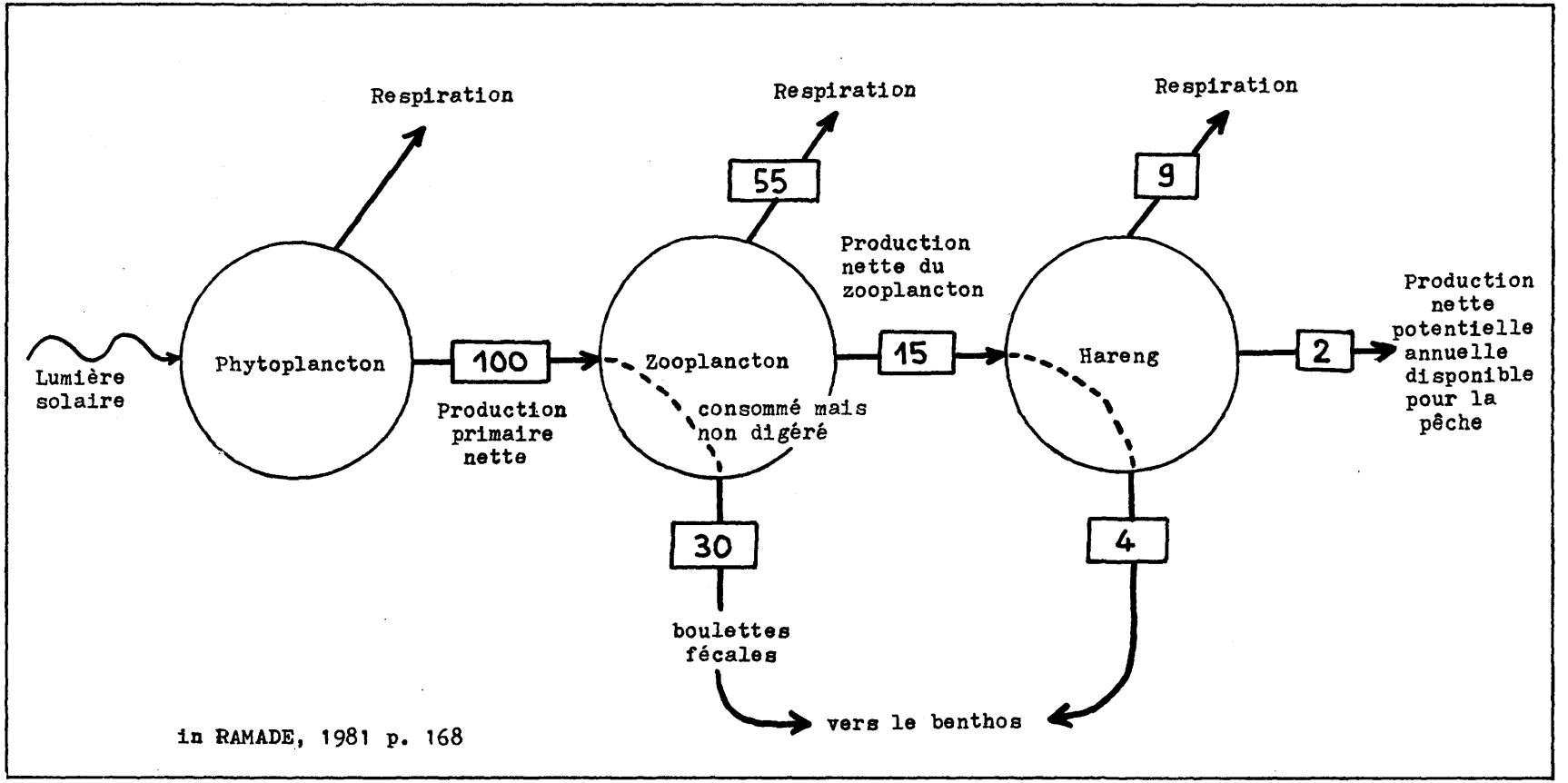
"Si la première approche date des premières études biocénotiques, la seconde ne se dégage que plus récemment, tout au moins dans le cadre théorique de l'écologie. En effet, si on peut en un sens la rattacher à la pensée des agronomes et des forestiers, elle n'a trouvé sa formulation systématique que depuis les années 1940, avec en particulier l'article de Lindeman en 1942.
C'est une approche essentiellement quantitative ; elle suppose au minimum l'utilisation d'une évaluation des biomasses pour chaque niveau trophique (producteurs, consommateurs de premier ordre, de deuxième ordre...) ; elle tend vers une appréciation en termes d'énergie, ce qui suppose le contrôle de nombreux paramètres et la détermination de la valeur énergétique des constituants de la biomasse.
Le flux d'énergie et le rendement des différents niveaux peuvent être visualisés sur un schéma du type de celui de la figure reproduite ci-dessous." (document 6)

une approche quantitative

Jean-Marc Drouin (1984, op. cit.)

Le mot de flux dérive de fluxux (fluere) qui signifie écoulement, coulée (cf. le flux et le reflux de la mer, le flux des masses d'air).

L'image de l'écoulement souligne positivement l'existence :
- d'une source, c'est-à-dire l'idée d'un renouvellement permanent,
- d'un sens unique, irréversible d'écoulement, marqué par l'image de la pente (en thermodynamique, pour désigner le sens "spontané" d'une réaction chimique, on parle de réaction descendante, par opposition aux réactions mon-



in RAMADE, 1981 p. 168

DOCUMENT 6

tantes qui nécessitent, pour se réaliser, un apport d'énergie).
- d'une arrivée liée à l'idée de réservoir de vidange, c'est-à-dire sans retour à la source.

L'image précise ces deux derniers points, mais quand on utilise l'analogie, on les oublie parfois, ce qui conduit à parler de façon erronée de "cycle de l'énergie". Une habitude (regrettable) conduit à utiliser le mot de circulation en équivalence de flux, mais étymologiquement il contient l'idée de cercle. Le premier sens recouvre-t-il totalement le second ? Aucune ambivalence n'est-elle possible ? On peut y être attentif comme source de difficulté. La circulation automobile ne désigne-t-elle qu'un trajet d'un point à un autre, et ne contient-elle pas également l'idée de va-et-vient ?

une vision physicienne

Le problème d'un écoulement se pose essentiellement à propos de l'énergie et ce, à partir des principes de la thermodynamique, et en considérant les êtres vivants non plus individuellement dans leur variété et leur spécificité, mais globalement. Mais on le pose aussi en termes de matière dans une perspective de commodité technique (pour pouvoir peser) et aussi pour se le représenter plus facilement. On s'intéresse essentiellement aux problèmes de productivité et de rendement.

On perçoit immédiatement que cet axe de travail implique de nombreux concepts de physique : distinction entre diverses formes d'énergie, et principe d'équivalence entre elles, principe de dégradation c'est-à-dire que toute transformation d'une forme d'énergie en une autre s'accompagne d'une partie d'énergie transformée en énergie calorifique.

Il faut noter également des difficultés liées au vocabulaire "économique" importé en Biologie :
- on risque de parler de "producteurs" d'énergie, alors que pour le physicien il n'existe que des transformations. La quantité totale est constante. Dans un système donné, on peut seulement définir des entrées et des sorties. Le terme est néanmoins correct si on parle de "production" de matière organique à partir de constituants inorganiques. Le mot "auto-trophe" risque de redoubler cette difficulté, dans la mesure où le vivant n'est autonome ni sur le plan énergétique ni sur le plan de la matière.
- les mots de "rendement", de "perte" désignent le fait que la part d'énergie calorifique qui se forme lors des transformations n'est plus directement utilisable pour une transformation chimique (mais il n'y a de "perte" d'énergie que par rapport à son utilisation par le vivant).

3.2. Les techniques d'étude des flux.

des bilans globaux

Elles utilisent le principe dit de la boîte noire, c'est-à-dire que l'on estime suffisant de faire un bilan des entrées et des sorties sans considérer le détail de ce qui se passe à l'intérieur du système ainsi délimité. Ce n'est pas tant parce qu'il est très difficile de connaître l'intérieur, mais parce que c'est inutile pour le problème considéré. Cette méthodologie implique une conversion de pensée importante, puisqu'il faut se désintéresser des êtres vivants dans leurs particularités, et avec la charge affective correspondante, pour les considérer globalement, d'un point de vue quantitatif.

Le procédé d'analyse principal devient la balance pour mesurer la **masse** de matière organique. Cette masse peut être convertie immédiatement en énergie. L'écologiste se centrera souvent, dans la mesure où c'est techniquement plus accessible, sur le "flux en un point" entre deux niveaux trophiques : le débit.

équivalence des masses et de l'énergie

Mais finalement, cette étude globale, en boîte noire, qui réduit l'écosystème à un système physique risque de faire oublier que le problème, pour un être vivant donné, n'est pas tant que l'énergie s'écoule et se disperse en chaleur, mais bien plutôt :
- qu'elle se conserve, s'accumule, se transforme en une forme utilisable chimiquement pour les synthèses organiques, c'est-à-dire pour les réactions "montantes", les molécules organiques ainsi formées étant suffisamment stables pour permettre l'entretien de la vie,
- que cette énergie soit canalisée et régulée vers les diverses formes d'utilisation,
- que cette énergie soit détectée dans le milieu extérieur par l'être vivant qui en a besoin.

le problème pour les êtres vivants

Pédagogiquement, les concepts de réseau alimentaire et de niveau trophique constituent une condition à la compréhension non pas du principe thermodynamique de l'écoulement qui relève exclusivement des connaissances en sciences physiques, mais de ses modalités précises dans les êtres vivants. L'approche thermodynamique directe n'est que peu réalisable tant qu'il n'y a pas une maîtrise suffisante des concepts physiques. L'analyse à partir des réseaux alimentaires permet d'établir l'idée d'ordre de succession, ainsi que celle de transfert de matière, mais cette approche ne permet pas directement de poser le problème de la source d'énergie, ni celui de la dégradation totale en chaleur à l'arrivée.

Un exemple de modalité de l'écoulement sera celui de l'augmentation du débit d'énergie au cours du temps au fur et à mesure de la complexification de la biocénose.

Le sol peut servir d'illustration.

Avec l'approfondissement progressif du sol, se développe une flore qui peut fixer davantage d'énergie ; la productivité primaire est alors plus importante, la biomasse croît et la vie se diversifie. La respiration du sol est plus forte.

Une comparaison, un peu naïve, mais qui nous aide à mieux comprendre, peut être faite entre la productivité primaire et un débit liquide. Pour l'écoulement d'un débit liquide faible, il suffira d'un conduit de faible section, alors que pour l'écoulement d'un débit liquide plus important, il faudra, à pression égale, un conduit de section proportionnellement plus grande. Ce conduit de section proportionnelle au débit liquide représente l'ensemble des chaînes alimentaires et de réduction au travers desquelles s'écoule le flux énergétique issu de la productivité primaire, c'est-à-dire au fond, la biomasse totale du sol.

débit d'énergie

Quant aux respirations des divers êtres vivants qui constituent ces chaînes de dégradation, elles représentent toujours un certain pourcentage des assimilations, aussi peut-on dans notre schéma les imaginer comme des fuites proportionnelles à l'importance des conduits.

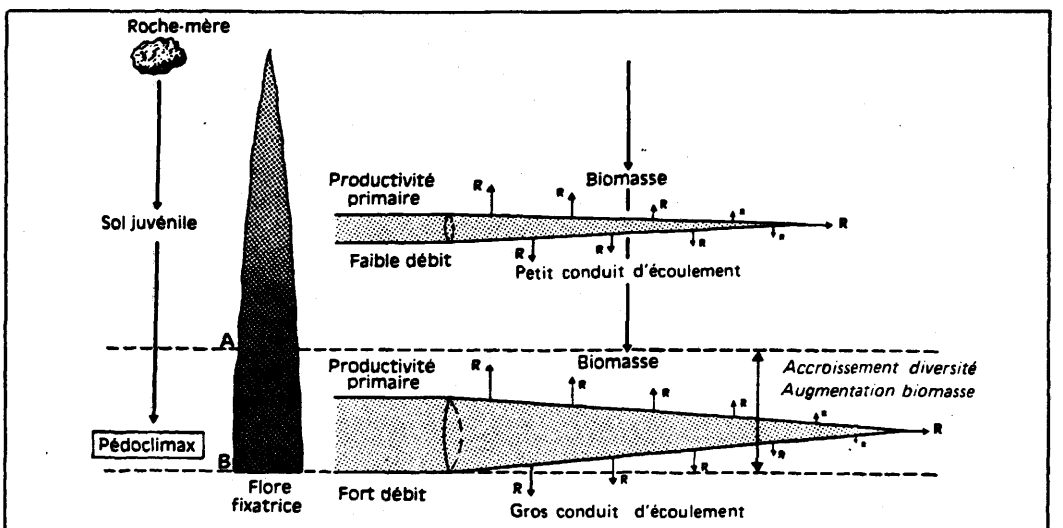


Schéma de l'évolution énergétique d'un sol (d'après Bachelier)

DOCUMENT 7

3.3. Remarques sur les pyramides alimentaires

la pyramide, image des flux

Le réseau alimentaire obtenu en croisant les résultats divergents à partir d'un être vivant donné et les résultats convergents sur le même animal, et ceci pour chaque animal, ne conduit pas "spontanément" à la notion de pyramide droite ou renversée (cf. document 8).

Pour "aboutir" à l'image de la pyramide, il faut d'abord le concept de niveau trophique équivalent c'est-à-dire un autre aspect du concept de vicariance fonctionnelle. L'ordre de sucession des niveaux est immédiatement donné par l'orientation nécessaire des relations alimentaires : de prédateur à proie, de parasite à hôte. Mais la pyramide implique également les concepts de flux de matière et surtout d'énergie. On ne considère alors que les masses de matière et leur équivalent énergétique. Puis le rendement de la transformation d'un niveau trophique à l'autre.

Mais on peut également relire ce réseau non plus en se centrant sur le rendement instantané, mais en considérant des populations d'individus au cours du temps. Il faut alors prendre en compte la durée de vie de chaque individu, le taux de renouvellement de la population, en un mot le turn over de cette masse de matière. Ce point de vue est fort différent du précédent et n'aboutit pas nécessairement à l'image de la pyramide.

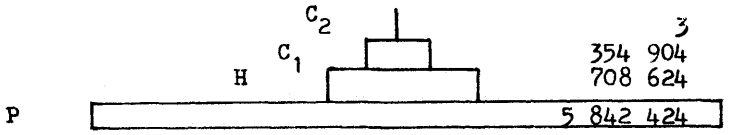
mais pas de l'évolution temporelle du rapport des masses

4. CYCLE

4.1. Transformation de la matière

Ce concept s'inscrit dans l'optique où l'on considère l'ensemble biocénose + biotope sous l'angle de la transformation, circulation, accumulation, réutilisation de la matière. Il apparaît dans les textes scientifiques comme "cycle bio-géo-chimique", c'est-à-dire comme modélisation de la circulation d'éléments chimiques spécifiés entre le vivant et le monde inerte. Dans sa transposition didactique, il apparaît parfois comme une succession d'événements d'ordre alimentaire (autrement-dit une chaîne alimentaire) qui se ferme sur elle-même grâce à l'action des décomposeurs. On règle ainsi le problème de l'origine et de la fin de cette succession, d'une façon qui certes n'est pas sans parenté avec l'idée de cycle bio-géo-chimique, mais par rapport à laquelle il convient de rester vigilant : elle risque en effet de satisfaire par sa trop grande simplicité et d'occulter ainsi une partie importante des problèmes qu'il a fallu résoudre auparavant.

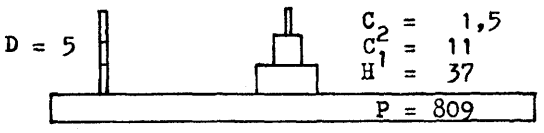
circulation d'éléments chimiques



Pyramide des nombres dans une prairie aux Etats-Unis

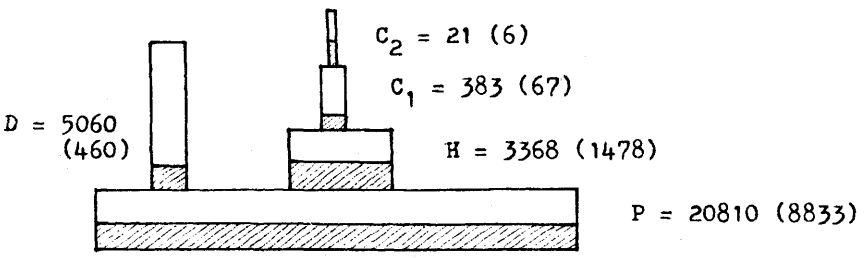
P = producteurs ; H = herbivores (y compris Invertébrés)

C_1 = prédateurs ; C_2 = superprédateurs ; D = décomposeurs



Pyramide des biomasses dans les Silver Springs

(sources chaudes en Floride)



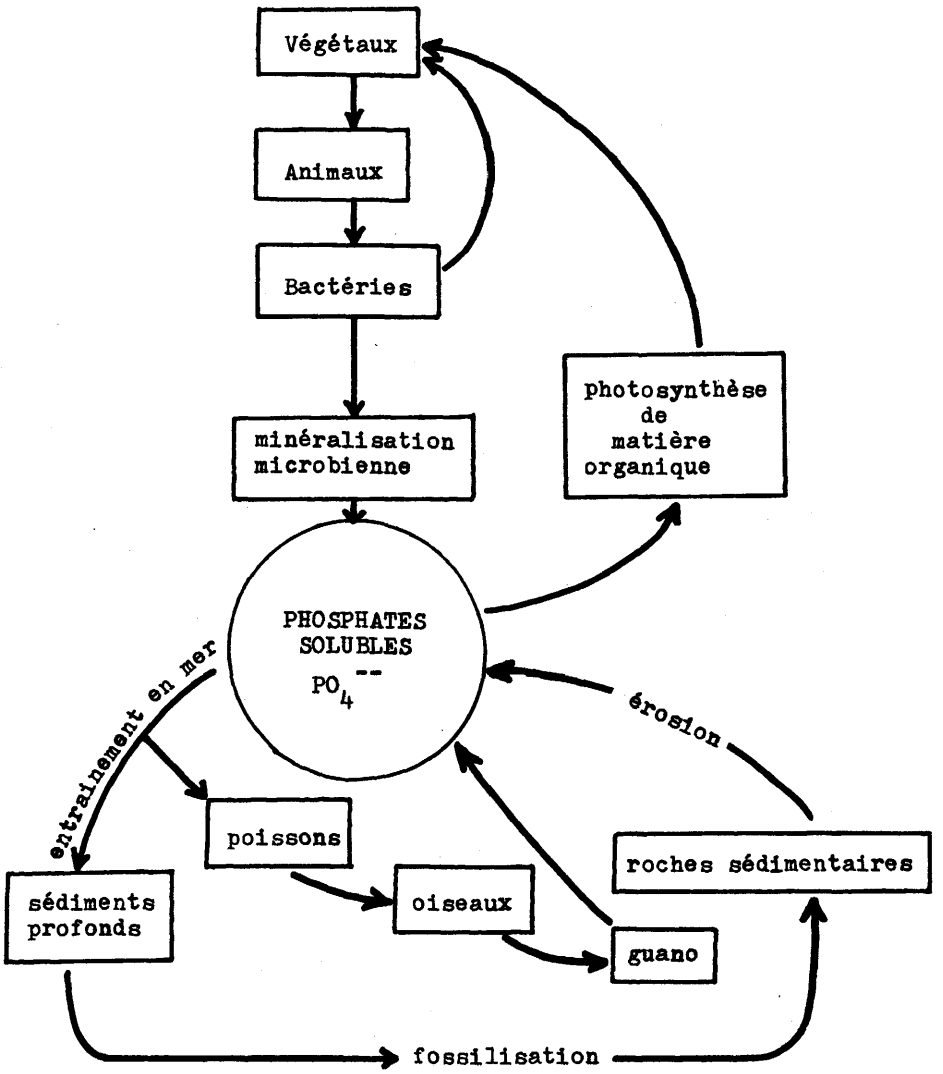
Pyramide des énergies dans les Silver Springs

Les chiffres entre parenthèses et la surface hachurée correspondent à l'énergie assimilable par le niveau suivant.

PYRAMIDES ECOLOGIQUES

d'après ODUM 1953, 1959, pp. 62-65.

DOCUMENT 8



Principales étapes du cycle du phosphore
in DAJOZ, 1980 p.366

DOCUMENT 9

Dans cet extrait de sa thèse, Jean-Marc Drouin situe ce concept par rapport à ceux de réseau et de flux :

"D'une certaine façon, alors que le premier schéma pouvait se situer seulement dans une étude de la biocénose comme ensemble organisé d'êtres vivants, le deuxième schéma nous introduit à une vision plus "physicienne", pouvant s'inscrire dans un cadre théorique comme celui de la thermodynamique... Mais, ce que ni le premier ni le second ne font apparaître, et qui est pourtant essentiel pour le géographe, le géologue, le gestionnaire, etc., c'est le "bouclage" des circuits, le recyclage de la matière. Or, la notion de cycle des éléments est aussi importante que celle de flux d'énergie ou que celle de réseau alimentaire pour étudier un écosystème. (...)

les cycles : des chaînes fermées ?

Pour admettre le principe même de tels cycles, il faut en effet à la fois :
- distinguer matière organique et matière minérale
- concevoir le passage de l'une à l'autre comme une série de transformations et lier ces transformations à des échanges d'énergie.
Par ailleurs, ces cycles, comme celui du phosphore schématisé par la figure reproduite ci-dessous (document 9), associent des phénomènes souvent éloignés les uns des autres dans le temps et dans l'espace, dont certains sont des phénomènes biochimiques, comme les synthèses végétales, tandis que d'autres sont liés à l'érosion ou à la sédimentation...
Penser la chaîne trophique comme une boucle ne revient pas seulement à ajouter un maillon pour les "décomposeurs" ; la difficulté n'est pas seulement d'établir un tableau complet des relations trophiques, mais aussi d'intégrer l'apport d'énergie et le "recyclage des éléments.

4.2. Le mot et l'image

Le mot dérive de cyclus, ou de kuklos qui signifient l'un et l'autre cercle.
L'image est donc celle d'une forme, mais également d'un mouvement. Elle souligne :
- une succession d'événements
- qui dépendent les uns des autres
- s'enchaînent dans un ordre déterminé,
- pour revenir soit à l'état initial, soit dans un état considéré comme équivalent.

Le mot circulation, construit étymologiquement sur la même image du cercle, accepte un emploi courant qui correspond plus au sens d'écoulement, et fait oublier l'idée de cercle (ou d'hélice) qui implique le retour à l'état initial ou équivalent.

4.3. Problèmes

Il y a en fait ici, plusieurs problèmes :
- celui du retour à l'état initial exactement identique, ou simplement équivalent, autrement dit de la conservation de quelque chose, à travers divers changements où l'état initial n'est plus repérable.
- cette idée peut sous-entendre une conception du temps que l'on pourrait dire réversible dans la mesure où l'on retourne effectivement à l'état initial, ce qui d'une certaine façon correspond à une absence d'écoulement du temps, une absence d'histoire au sens de succession d'événements contingents, non prévisibles a priori, même s'ils sont explicables a posteriori.
- celui de la dépendance nécessaire des diverses étapes qui s'enchaînent.

"l'éternel retour" ?

Les définitions vont varier considérablement en extension selon les trois termes suivants :
- celui de l'échelle géographique que l'on considère : une forêt, la totalité d'un bassin fluvial, une région plus large encore, etc...
- celui de l'échelle de temps que l'on prend en compte : cycle annuel, cycle saisonnier, cycle à l'échelle de cent ans, cycle à l'échelle géologique.
- et enfin la nature de l'élément dont on prétend suivre l'évolution cyclique.

Les techniques à utiliser seront donc extrêmement différentes selon les échelles de temps et d'espace. Il est difficile de leur trouver des points communs.
De même, le mot de cycle confère peut être une fausse unité à des questions fort différentes sinon très éloignées.

une grande variété de problèmes

4.4. Sur le plan écologique, quel est l'intérêt de ce concept?

L'analyse non seulement qualitative, mais surtout quantitative conduit à deux notions :
- l'existence de certains produits en quantité limitée qui conduit à la nécessité d'une remise en circulation, d'un recyclage
- l'existence de produits qui précisément ne sont pas renouvelables car non recyclés, ce qui peut définir la nécessité d'une intervention humaine (engrais par exemple).

des éléments en quantité limitée

Mais, du point de vue des êtres vivants, et de manière analogue au concept de flux, le problème n'est pas tant que "ça tourne", c'est-à-dire que les matières chimiques s'écoulent à travers l'écosystème, mais bien plutôt que ces matières soient conservées dans le sol par exemple, et ne soient pas immédiatement lessivées. Le point de

vue strictement physico-chimique est réducteur. Il masque la question centrale pour l'être vivant, ou la biocénose qui est de résister à cet écoulement qui pour lui est une fuite, une perte.
Sous cet angle, le concept de sol correspond à l'ensemble des mécanismes qui s'opposent à l'écoulement, et dont l'importance réelle est souvent méconnue.
L'exemple des vers de terre montre cette importance, et est, de plus, historiquement le plus ancien puisque c'est Darwin qui a attiré l'attention sur ce mécanisme de remontée.

Les rejets des vers de terre.

les rejets de surface nommés "turricules" que font certains vers de terre à certaines époques de l'année constituent un phénomène important qui va à l'encontre du cycle des éléments. Quelques chiffres illustreront l'importance de cette remontée en surface :

remontée en surface

Darwin (1881) l'estimait à 2 ou 4 kg au m2 pour une vieille prairie anglaise soit 5 mm par an.
Des valeurs de 6 à 8 kg au m2 ont pu être mesurées pour des sols en climat tempéré.
Voilà un processus biologique fondamental, qui enrichit les sols et assure leur entretien, qui risque d'être sous-estimé si l'on est fixé sur l'idée de cycle.

4.5. Stock

Le concept de stock, ou plus exactement de stockage, d'accumulation, de rétention est a priori banal et purement pragmatique. Si l'on pense aux réserves biogéochimiques de charbon ou de pétrole, cette idée relève du constat dès que l'on admet la photosynthèse.

L'analyse précédente des concepts de cycle et de flux lui donne une importance primordiale si l'on entend sous ce terme l'ensemble des mécanismes qui s'opposent au lessivage des éléments minéraux, qui permettent à l'encontre des mécanismes physiques de circulation, leur remontée dans les sols par exemple, ou leur maintien sous forme complexée. Non pas tant leur recyclage donc que leur "anti-cyclage". De même pour l'énergie, à l'encontre des principes généraux de la thermodynamique qui permettent de penser immédiatement un écoulement, ce concept, si l'on accepte de lui donner un sens fort, met l'accent sur les réactions chimiques "montantes", sur les synthèses organiques, l'accumulation et le transport de l'énergie sous forme utilisable par les réactions de synthèse.

"anti-cyclage"

5. REDEFINIR LE CONCEPT D'ECOSYSTEME

Le contenu du concept d'écosystème, c'est-à-dire ce qui permet de définir l'unité fonctionnelle qui solidarise un ensemble d'êtres vivants à un moment donné, dans un lieu donné, peut avoir une compréhension différente si, à la place du concept de réseau trophique, on utilise le concept de flux, puis celui de cycle.

1. Envisagé globalement, le concept de flux solidarise nécessairement dans un lien de dépendance deux catégories d'êtres vivants : les autotrophes (c'est-à-dire ceux qui sont en prise directe sur les "sources" physiques ou chimiques d'énergie), et les hétérotrophes (qui transforment l'énergie contenue dans la matière organique). En fonction de cela on posera comme nécessaire, dans tout ensemble d'êtres vivants, la présence d'autotrophes pour assurer une unité fonctionnelle. Pour préciser cette idée, disons que l'on ne nommera pas écosystème un tronc d'arbre mort, ou la poussière de maison, même si ces ensembles correspondent à un groupe d'êtres vivants bien défini. L'extension du concept est ainsi différente, et mieux définie.

une définition plus précise et plus abstraite

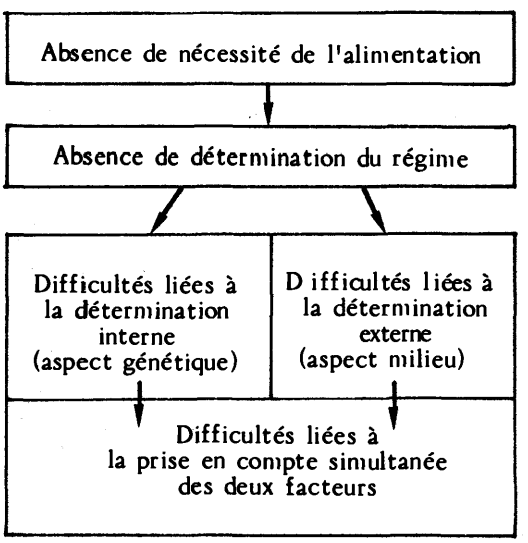
2. Si on souhaite utiliser le concept de cycle pour solidariser un ensemble fonctionnel d'êtres vivants, on aboutit à des unités qui peuvent être différentes du cas précédent. En plus des autotrophes et des hétérotrophes, il faut associer les divers décomposeurs et les minéralisateurs qui refournissent aux autotrophes les éléments minéraux indispensables, sur place. Cette définition donne une délimitation souvent plus abstraite à l'écosystème, c'est-à-dire moins immédiatement visible sur le terrain.
Dans le cas d'un lac possédant un thermocline, on ne distinguera qu'un seul écosystème si l'on s'en tient à la nécessité du niveau trophique des autotrophes. Si l'on ajoute la nécessité d'un recyclage des minéraux ou du moins de certains, on distinguera un premier écosystème au-dessus du thermocline, et un cycle ouvert en dessous.

DEUXIEME PARTIE : REPRESENTATIONS LIEES AUX RELATIONS ALIMENTAIRES

Les représentations concernant les relations alimentaires ont été étudiées principalement à partir de séquences de classes de CM, de 6° et de 5°; quelques élargissements ont été néanmoins opérés à partir d'autres sources. Nous donnerons des indications sur leur fonction d'aide ou d'obstacle à l'acquisition des concepts dans les cas où notre analyse le permet.

I - REPRESENTATIONS CONCERNANT LE REGIME ALIMENTAIRE

1. Difficultés liées à l'idée de détermination du régime alimentaire.



manger n'importe quoi ?

A l'idée assez rapidement acquise (par anthropomorphisme) qu'il y a nécessité pour les êtres vivants de s'alimenter, se trouve souvent associée une image du régime alimentaire dépourvue de l'idée de facteurs de détermination. Soit "un animal est carnivore parce qu'il est carnivore", "parce qu'il a été fait comme ça", idée tautologique où la dénomination tient lieu d'explication,

soit on admet l'idée qu'il peut se nourrir de n'importe quoi, éliminant toute référence à une détermination interne liée à l'espèce.
Mais, pour construire la notion de régime, il est nécessaire d'intégrer les idées de nécessité interne (liée à la constitution génétique) et de nécessité externe (liée au milieu) dans la détermination de l'alimentation.
Nous évoquerons deux groupes de difficultés en relation avec l'aspect génétique d'une part, et avec le concept de milieu d'autre part, mais nous nous intéresserons aussi aux problèmes de prise en compte simultanée de ces deux facteurs.

. Obstacles à l'idée de nécessité intrinsèque à l'espèce

"préférences" ?

"- Toutes les notonectes n'ont pas le même caractère, s'il y en a un qui veut aller manger ça, l'autre il est pas obligé de faire pareil
- oui, c'est comme si nous on nous privait d'un beefsteack...mais les têtards pour la notonecte, c'est peut-être plus bon que les plantes, c'est peut-être pour ça qu'elle préfère se nourrir de têtards...
- comme nous, notre préférence de manger c'est... On préfère pas tous, mais y en a qui préfèrent le steack-frites, alors la notonecte préfère peut-être mieux les têtards que les plantes..."

des élèves de CM

- Si l'alimentation d'un animal dépend de ses préférences, de ses goûts, un risque est d'être renvoyé à une notion subjective, sans nécessité intrinsèque, présentant une variabilité individuelle, éventuellement changeante au cours de la vie d'un même animal. Elle n'est donc pas, alors, caractéristique d'un groupe, ou d'une "espèce". Le modèle humain est ici prégnant, mettant au premier plan le choix individuel. Dans la séquence rapportée ici, le terme de "besoin" se présente plus tard comme idée alternative à celle de préférence :
"...Parce que son corps il a besoin de viande, et ben c'est comme eux, ils ont besoin de viande comme nous."

habitudes ?

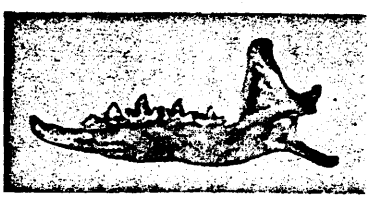
" - Là, je trouve que vous l'avez habituée, que vous êtes en train de l'obliger à manger (des plantes) parce que j'ai lu un livre qui dit qu'elles mangent des petites larves, des têtards... alors je crois plutôt qu'elle est obligée de manger, là..."
- Si l'alimentation d'un animal dépend de l'habitude, et peut être éventuellement changée, pour peu qu'on l'habitue, nous n'avons pas non plus de nécessité intrinsèque. La nécessité provient alors uniquement de l'extérieur, d'un conditonnement. C'est devenu "mécanique" par habitude.

- L'alimentation humaine est, quant à elle, indissociablement physiologique et culturelle. Elle obéit à des normes et remplit des fonctions sociales. Etablir ce qui est physiologiquement nécessaire implique donc d'autres concepts.

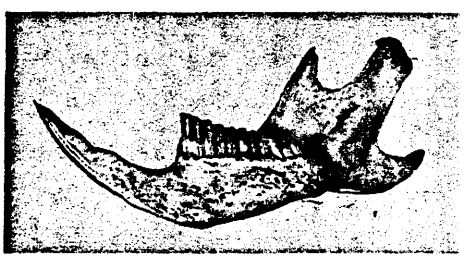
On retrouve souvent dans les propos des élèves l'idée que le besoin est déterminé par ce que permettent des organes périphériques ayant un rôle mécanique (trompe des notonectes, dents plates des herbivores, crocs des carnivores). Ont-ils une idée de potentialité plus large à un niveau plus interne et qui serait limité par la morphologie ? (Si les carnivores avaient des dents qui permettent de mastiquer l'herbe, ils pourraient se nourrir d'herbe... et en auraient besoin ?) On peut se demander si cette difficulté n'est pas renforcée par l'insistance scolaire sur cette question : si on apprend aux élèves qu'on distingue les carnivores des herbivores grâce à leur dentition (ce qui est un signe), le glissement est aisé vers l'idée que c'est parce qu 'ils ont des dents d'un certain type qu'ils sont herbivores ou carnivores ; l'explication de la spécificité du régime d'une espèce, qui devrait se situer par rapport à l'ensemble du plan d'organisation (y compris la présence d'enzymes permettant la digestion de telle ou telle substance) est ramenée à un aspect qui n'est dans certains cas pas déterminant ; ce qui était un signe est interprété comme une cause.

des cros ou des dents plates ?

Les photographies 50 et 51 montrent deux demi-mâchoires inférieures de petits Mammifères, trouvées dans une pelote de réjection de la Chouette-Effraie.



50. (× 4)



51. (× 4)

Question

1. *Laquelle de ces deux mâchoires est celle d'un zoophage (regardez la forme des dents) ?*

2. *Quel doit être le régime alimentaire de l'animal à qui appartient l'autre demi-mâchoire ?*

DOCUMENT 10

Mais quelle explication du régime est-elle possible avant une maîtrise suffisante des processus digestifs, sur le plan enzymatique et biochimique ? Certains enseignants jugent plus sage de s'en tenir à ce stade à une description du régime, plutôt qu'à une explication.

. Obstacles liés à l'aspect milieu

On peut se reporter à ce sujet à l'analyse des représentations du milieu dans l'article précédent. On peut rappeler ici rapidement le renversement de point de vue qui consiste à passer d'une idée de milieu imposant ses conditions au vivant, où la nécessité extrinsèque est omnipotente (milieu "subi"), à une conception où le milieu est pensé à partir de l'animal comme son environnement, où les possibilités ne sont offertes que si l'animal peut les utiliser (milieu "agi") ; cette denière conception du milieu intègre l'idée de nécessité interne, spécifique à un animal, à l'idée de nécessité externe, qui est seule prise en compte dans la première.

milieu subi...

"- Il va manger tout ce qui est adapté à son régime qu'il pourra trouver au pied de sa porte, et il va pas courir les sentiers pour trouver sa nourriture... s'il n'y a rien, il ne va pas manger de l'herbe ou des racines parce que c'est au pied de sa porte...C'est faux parce qu'il pourra trouver quelque chose, ne serait-ce qu'un oiseau mort. Il ne va pas chercher à manger des racines...il trouvera bien, même s'il faut qu'il mange des carcasses d'animaux, il trouvera bien quelque chose en grattant le sol, en trouvant des insectes."

milieu agi

Un élève de 5°

Cette conception du "milieu "agi" peut-elle s'articuler avec un point de vue qui n'est pas centré sur les individus, mais sur les populations ? Pour passer d'un point de vue fonctionnel, centré sur les organismes à un point de vue écosystémique, des décentrations sont nécessaires .

On peut rappeler également une autre rupture : à l'idée de milieu conçu d'abord comme milieu physique englobant l'être vivant, on intègre les autres êtres vivants : non seulement comme "nourriture", mais également comme "concurrents", ce qui influe aussi sur le régime, quoique moins directement.

des concurrents

. Difficulté de la mise en relation fonctionnelle des deux facteurs

La prise en compte simultanée des deux facteurs (nécessité intrinsèque, génétique et nécessité externe, milieu) influant sur le régime alimentaire est loin d'être évidente pour des élèves de la tranche d'âge étudiée.

deux facteurs à la fois

Leurs représentations du régime alimentaire oscillent entre une conception où seul le "besoin" et les "outils" dont disposent les animaux (griffes, crocs, dents longues, ruse) sont déterminants et une conception où, au contraire, seules les contraintes du milieu interviennent ("s'il n'y a que ça, il sera bien obligé d'en manger", ou bien "le régime, c'est ce qu'il y a"). Cette difficulté, qui consiste à ne prendre en compte qu'un facteur à la fois, est à rattacher à l'aspect logique du développement psycho-cognitif : on est dans un schéma de causalité univoque, sans possibilité de combinaison de dimensions différentes.

Cette logique conduit parfois à des idées surprenantes :
"- Le lion est carnivore...
- en Afrique, il n'y a pas tellement d'herbe, donc ils ne peuvent pas tellement manger d'herbe....
- ben, en Afrique...Presque tous les animaux sont carnivores, en France, ils sont déjà pas carnivores, parce qu'on trouve pas de léopards, ni de lions.
- alors, ils sont comment, en France ?
- herbivores, insectivores...ils sont moins carnivores que d'autres animaux d'Afrique."

Des élèves de 6°

des pays de carnivores ?

Dans cet extrait de séquence de classe, l'idée que le lion est carnivore est liée à la prise en compte isolée du facteur "milieu" (qui offre des animaux, mais pas d'herbe, l'herbe étant assimilée aux graminées vertes et "grasses" des prairies normandes et non pas à de la paille jaune et sèche). Ce facteur est tellement déterminant que "presque tous les animaux" ont le même régime. Selon les régions, les animaux seraient globalement plus herbivores ou plus carnivores. Mais cette "erreur de logique" est ici sans doute aussi au service d'une idée "surdéterminée", à savoir que l'Afrique est une région "sauvage" avec des animaux féroces et sanguinaires.

1.2. Obstacles épistémologiques

. Obstacle de l'empirisme

Si l'on pense que la notion de régime alimentaire dérive du simple constat de ce que les animaux mangent, c'est une notion de peu d'intérêt. Ce constat nécessite des procédés techniques d'observation, et c'est déjà une complication.

. Obstacle de l'intérêt pratique et économique

Se préoccuper de l'alimentation d'un animal domestique, ou d'un animal élevé dans un but agricole, ou capturé et élevé au laboratoire conduit à une définition du régime

alimentaire toute pragmatique si l'on n'a pas de préoccupation théorique. Il suffit de procéder par "essais" et éventuellement "échecs", cette notion d'échec étant elle-même à préciser (simple refus, mauvaise santé, amaigrissement...). La réussite peut se suffire à elle-même. Cette situation peut être l'occasion de poser un problème scientifique, elle n'y conduit pas nécessairement.

problème pratique, problème théorique

L'intérêt économique conduisant à rechercher l'accroissement de poids le plus important possible et/ou le plus rapide possible, ou la multiplication la plus grande possible supporte les mêmes remarques que précédemment. Encore une fois, il ne s'agit pas de considérer cette approche au niveau pédagogique comme inutile ou dangereuse, mais simplement de souligner l'obstacle éventuel : le but pratique étant atteint, il n'y a pas de nécessité à se poser d'autres questions. Cela conduit à un arrêt de pensée.

. Obstacle de l'utile et du nuisible

une entrée possible

Le caractère "utile" ou "nuisible" par rapport à l'homme de telle ou telle espèce animale est une manière pratique d'aborder la question de l'alimentation, reliée à un intérêt immédiat qui peut soutenir l'intérêt pédagogique. Cultivant des huîtres en parcs, ou des truites en rivière ou un champ de blé, on cherche quels êtres vivants sont susceptibles de concurrencer l'homme, et de diminuer la production. D'où les qualificatifs de "nuisibles" appliqués aux petits rongeurs, aux étourneaux, aux étoiles de mer etc, et d'"utile" appliqué aux hérissons, rapaces nocturnes, etc... Qualificatif éventuellement variable selon le type d'activité humaine considéré !

Cette valorisation/dévalorisation conduit en général à définir des procédés de lutte directe ou indirecte. Lutte par des pièges, lutte chimique, mais aussi lutte dite "biologique", c'est-à-dire utilisation d'un prédateur, ou parasite pour tenter de limiter la menace que constituent certains ravageurs. Cette pratique est historiquement très ancienne.

En fait, loin de supposer les concepts de biocénose et d'écosystème, ces pratiques ont joué un rôle décisif dans leur élaboration, en particulier par l'analyse des échecs. L'existence d'échec dans l'acclimatation d'espèces nouvelles, pullulations, destructions inattendues... conduisent à supposer l'existence de règles présidant à des interrelations complexes entre le monde animal et le monde végétal, ainsi qu'à l'intérieur du monde animal. Ces essais laissent pressentir le caractère fondamental de la structuration trophique, de sa résistance aux variations naturelles ou artificielles. Ils amènent rétroactivement une remise en cause des notions d'utile-

à relativiser

nuisible, en situant les populations animales non plus dans leurs relations exclusives à l'homme, mais dans un ensemble plus complexe de relations.

Cette situation est donc pédagogiquement exploitable comme occasion de poser un problème théorique, à condition toutefois de dépasser l'obstacle de l'utile/nuisible qui est centré sur l'homme, pour se décentrer et considérer sans valorisation les relations entre êtres vivants.

. Techniques et méthodologies expérimentales

Toute détermination réelle d'un régime alimentaire dans la nature implique des procédés d'observation, ou la mise en oeuvre d'artifices techniques tels le piégeage, la capture, l'observation de contenus stomachaux, de fécès, de pelotes de réjection, etc...

artéfacts

Première difficulté : on ne peut atteindre la réalité du régime effectif de l'animal qu'à travers ces techniques qui sont toutes entâchées d'artéfacts. On risque toujours de confondre le régime "observé" avec le régime réel. Comparer le résultat obtenu à partir de techniques différentes sur le même animal permet de marquer cette difficulté.

Deuxième difficulté : tous les procédés techniques qualifiés d'artifices, peuvent être considérés comme artificiels, c'est-à-dire fournissant un résultat faux.
Cette difficulté est encore renforcée si l'on décrit, ou met en oeuvre une expérimentation consistant en un élevage par exemple. La survalorisation du naturel peut conduire à refuser tout montage expérimental.

Troisième difficulté : l'on ne décrit aucun procédé technique et l'on utilise uniquement des résultats proposés sous forme de données écrites ou graphiques pour décrire la composition de l'alimentation d'un animal donné, on peut laisser supposer que déterminer le régime alimentaire d'un Renard ou d'un Mulot est aussi aisé que pour un animal domestique et relève de la simple observation.

des données construites

Les modalités d'observation que l'on met en oeuvre sur le terrain impliquent une certaine idée de la variabilité du régime alimentaire tout autant qu'elles les mettent en évidence :
- variabilité saisonnière, variabilité entre jeune et adulte, géographique, selon les individus, les populations, etc...
On retrouve ici les difficultés liées au concept de facteurs de variation et à la séparation des variables.
Tout concept, même d'apparence aussi empirique que celui de régime alimentaire est indissolublement lié à d'au-

tres concepts théoriques et techniques, et donc aux conditions théoriques et techniques d'observation et d'expérimentation.

1.3. Quelques notions surdéterminées : prédateur, brouteur, parasite, saprophage...

. La fonction de digestion n'est pas une fonction conçue comme fortement hiérarchisée et centralisée à l'intérieur de l'organisme, comme le sont le système nerveux (cerveau/moelle, système central, système périphérique), et la circulation sanguine.
Mais le mode d'incorporation de la nourriture est cependant mêlé de valorisations. Il est banal de constater que, en ce qui concerne l'alimentation, le "pôle oral" vise à désigner non seulement un lieu d'entrée, mais également un sens. Attraction et répulsion se superposent aux deux orifices naturels du tube digestif, et aux fonctions d'ingestion et d'excrétion.

deux orifices

Cette valorisation peut donc éventuellement, dans certains cas, faire obstacle :
- à admettre que le produit d'une régurgitation, d'une excrétion, ou d'une défécation puisse constituer un aliment pour d'autres animaux,
- à admettre la possibilité d'une assimilation rectale (cas des pucerons, des fourmis, des médicaments chez l'homme...).

. Dans la description des relations alimentaires, la relation de prédation est survalorisée par rapport aux modalités de broutage (animaux herbivores). les relations parasitaires, du fait même du mot "parasite", sont dévalorisées, de même que le fait de manger de la matière organique morte. La prédation met au premier plan :
- bec, ongles, griffes, dents, crocs,
- la recherche de proies vivantes,
- la chasse et particulièrement le combat individuel, puisqu'il faut rep érer, capturer, tuer, dévorer.

d'abord la prédation

Les relations sont donc d'abord des relations duelles.

Cette valorisation de la prédation met au contraire dans l'ombre:
- la chasse en groupe
- la défense collective
- la consommation de matière organique morte
- et plus subtilement, l'influence de la proie sur le prédateur, influence qui ne peut se comprendre que si l'on prend en compte la population des prédateurs et la population des proies, ainsi que la plus ou moins grande spécificité de leurs relations.

Il est aisé de repérer les effets de cette valorisation en analysant l'importance donnée aux caractères précédents. Il est plus délicat d'en préciser l'origine. On peut évoquer le danger ancestral que ces animaux ont représentés pour l'homme. La littérature et le cinéma entretiennent cette image. On peut ajouter une raison technique dans le cas du cinéma : il est plus facile de filmer un combat singulier qu'un affût ou une chasse en groupe.

. En revenant plus spécialement sur les carnivores (terme utilisé en équivalence de carnassier dans le langage courant), on peut noter dans les phrases d'élèves l'équivalence, ou la correspondance suivante :
carnivore = chair = viande = rouge = sang = force = féroce.
Implicitement au moins, le constat de la prédation se transforme en l'affirmation : "un carnivore ne mange que de la viande rouge".

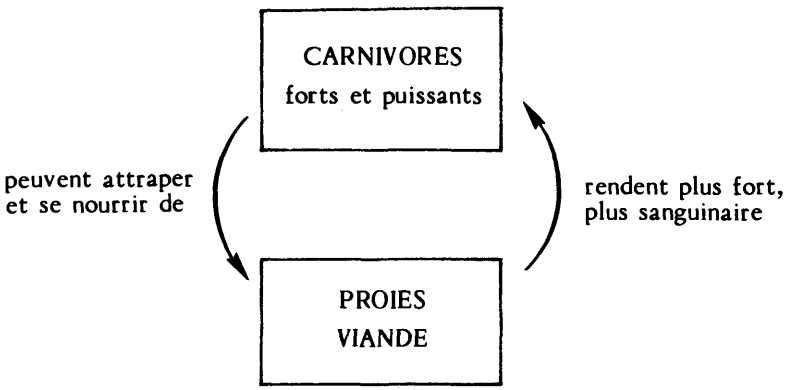
mangeurs de viande rouge

Ceci se manifeste en particulier par la réaction de certains élèves dans une séquence de classe dialoguée, où le professeur avait commencé par montrer un tableau donnant les variations dans la composition de l'alimentation du Renard en fonction des saisons (présenté dans la première partie de ce texte) : certains enfants présentent une sorte de cécité par rapport aux éléments susceptibles de modifier la représentation selon laquelle le Renard, "voleur de poulailler", est carnivore ; certes, certains d'entre eux remarquent au début de la discussion que le Renard mange aussi des fruits, surtout en été, et ils en cherchent des explications ; mais, peu à peu, le problème est écarté, oublié, et globalement, on reste sur l'idée que le Renard est carnivore et ne mange que de la viande : "il est carnivore parce que la nature l'a fait comme ça".

des images pour s'opposer aux images

Pour aller à l'encontre d'une représentation aussi ancrée et aussi chargée affectivement, un diagramme aussi sec, aussi dépourvu d'éléments évocateurs ne pouvait pas faire le poids pour beaucoup d'enfants ; peut-être une stratégie plus efficace aurait-elle consisté à opposer à cette image d'autres images aussi frappantes : celle d'un renard en train de dévorer goulûment...une pomme ?

Dans de nombreuses formulations d'élèves, on trouve l'idée que s'il faut être fort pour être prédateur, pour se procurer de la viande, symétriquement, la viande est une nourriture particulièrement substantielle, qui rend fort et sanguinaire. Ainsi, la relation causale "il attrape des proies parce qu'il est fort" se transforme en relation finalisée "il attrape des proies parce qu'il en a besoin pour être fort" dans un schéma de causalité du type de celui qui est présenté page suivante.



une nourriture qui rend fort

"- Il (le lion) est assez fort, alors il lui faut de la substance qui lui tienne au ventre...
- il mange plus de viande l'hiver pour pouvoir tenir pendant la saison... pour pas mourir de froid...
- le renard mange beaucoup de viande en hiver, c'est pour se donner des calories, des forces, pour pouvoir attraper ses proies parce que s'il ne mangeait pas assez il deviendrait faible et ce serait beaucoup plus dur d'attraper le lapin, sa proie, en hiver qu'en été."

Des élèves de 5°

Notons que si dans certains cas l'idée que l'animal se nourrit de viande est associée à celle de méchanceté ou de férocité de l'animal (avec sous-jacente l'idée d'un certain libre arbitre dans les choix alimentaires - voir I.I.), cette idée est combattue par celle d'une détermination interne absolue, sous-entendant que si l'animal mange de la viande, ce n'est pas de sa faute :

elle est obligée, ce n'est pas de sa faute !

"-Ah, oui... c'est vrai que c'est méchant la notonecte, elle mange des têtards mais... et c'est mieux d'avoir une plante exprès pour la notonecte
- aussi la notonecte, elle est obligée de se nourrir de têtards parce que sinon comment elle va se nourrir ?"

Ou bien, niant cette détermination interne, est avancée l'idée que cette férocité peut être infléchie par une action de l'homme, créant une obligation externe aussi déterminante :

"- peut-être, en ne lui donnant que des plantes, elle les mangerait
- mais parce qu'on la forcera à les manger, si elle aurait rien d'autre, elle serait obligée de les manger !"

Des élèves de CM

Dans les premiers énoncés, la détermination interne absoud la méchanceté de la notonecte ; dans les suivants,

on espère pouvoir l'infléchir. Mais dans les deux cas, on oppose à une absence de nécessité colorée affectivement une causalité mécaniste liée à une détermination interne ou externe.

. Notons encore une confusion (et donc un risque de difficulté) entre les termes servant aux catégories de la classification et ceux décrivant le régime alimentaire à partir d'un aspect dominant :

régime ...

- carnassier/carnivore
- les rongeurs
- les insectivores, etc...

ou catégories de la classification ?

Ce dernier terme par exemple permet d'opposer les carnassiers et les insectivores, induisant éventuellement en retour que les insectes ne sont pas des animaux.
Du moins sous le terme d'animaux risquent d'être privilégiés les vertébrés, ou peut-être plus précisément, ceux qui sont suffisamment proches de nous pour qu'on puisse s'y identifier, et donc ne pas rester indifférent au fait qu'ils soient mangés. Dans cette optique on peut mettre en évidence une décroissance progressive vers le statut de plante, en passant par des animaux-plantes au statut d'existence relativement passif propres à subir sans réactions les dures conditions du milieu c'est-à-dire d'être mangé.

. La représentation sociale de la viande

- Nous nous limiterons à citer le texte de E. Aziza-Shuster (extrait de **Le médecin de soi-même**. Paris. Vrin. 1972).

aspect sociologique

"A plus forte raison doit-on remarquer que l'alimentation humaine est une sorte de consommation et que toute consommation obéit à des exigences disciplinées par la vie sociale. Le physiologiste doit tenir compte, même de son propre point de vue, de cet aspect sociologique de l'expérience alimentaire. C'est ainsi que J. Trémolières et Claudian, dans un article ("La consommation de la viande du point de vue de la nutrition humaine") ont montré qu'il n'y a aucune raison d'ordre scientifique de préférer la viande plutôt que les produits laitiers. La viande reste, cependant, la base de notre alimentation aux dépens des protéines laitières et végétales. C'est que "la viande évoque le "gras", "l'onctueux", "l'humide". Elle s'oppose au goût "sec", "maigre" des féculents et des végétaux en général. On aime la viande parce qu'elle est "savoureuse". Mais, plus encore qu'une motivation de ***Goût***, *c'est une motivation* ***Santé-force*** *qui s'impose lorsqu'il s'agit d'exprimer "l'intérêt de consommer de la viande", dans les populations d'agriculteurs. Par ailleurs, la viande est l'expression de la fête :* ***Pas de réjouissance sans viande*** *est un proverbe malgache qui résume*

bien la signification alimentaire de la "fête", telle qu'elle est conçue et vécue dans toutes les sociétés archaïques du monde. mais inversement, ***Pas de viande sans fête,*** *et* ***Pas de viande sans abattage rituel, sans sacrifice.*** *On doit conclure, nous semble-t-il, que "dans l'éthologie et la pensée des hommes des sociétés traditionnelles, le "phénomène total" qu'est la "fête" - phénomène qui a une signification psychologique et sociale, magique et religieuse à la fois - et dont la "fonction" est de rompre la monotonie du temps profane, est inconcevable sans alimentation carnée". Nous trouvons là des raisons profondes véhiculées par l'inconscient ancestral de l'homme moderne - raisons psychosensorielles, symboliques et sociales - qui lui font préférer, aujourd'hui encore, la viande à tout autre aliment. Il nous faut ajouter pour compléter cette analyse que le médecin, lorsqu'il prescrit des remèdes, doit également tenir compte de ces composantes sociales. Toutes les préoccupations de croissances optimales s'atténuent devant l'urgence de la mode. Afin d'être acceptable, la diète doit naturellement obéir aux besoins du corps, mais plus impérativement encore, elle doit être compatible avec les habitudes du groupe social aussi bien qu'avec le respect des tabous. Il y a une fonction sociale de la nourriture et de la manière dont nous la consommons qui n'a rien à voir avec l'Instinct."*

un aliment de fête

. L'absence de connaissances sur la chimie de la digestion ne peut que renforcer et mettre au premier plan les explications "triturationistes" (pour employer le mot caractérisant au début du XVIII° siècle les savants opposés aux explications "fermentationistes"). La digestion conçue comme un phénomène entièrement mécanique centre le regard sur les outils permettant de couper, déchirer, broyer.

1.4. Le modèle humain sert de référence

Le modèle humain et celui des animaux domestiques sert aisément de référence pour penser l'alimentation des autres animaux et des végétaux, en particulier pour en penser
- la nécessité
- les modalités.

comme l'homme

Ainsi le constat de la nécessité de s'alimenter, et même dans le cas de l'homme, de le faire journellement, conduit à l'affirmation a priori : les végétaux doivent se nourrir, même si aucune observation immédiate ne permet de le dire, et parallèlement, tous les animaux doivent se nourrir régulièrement, le seul contre-exemple connu étant celui des mammifères qui hibernent. La situation des Batraciens et des Poissons en hiver n'est que

peu connue.

Ainsi le constat que les animaux domestiques, et l'homme (!) ne mangent pas de bois, conduit à penser que le bois ne peut être un aliment. De même pour la paille.

la bouche des plantes

Ainsi l'existence d'une bouche comme lieu d'incorporation des aliments conduit à chercher l'existence d'une bouche chez les plantes...et parfois à la trouver !

On peut cependant retenir ici, à titre didactique, la possibilité de s'appuyer, dans une première étape, sur ces généralisations abusives qui utilisent l'analogie animale pour poser certaines questions. Après tout, la nécessité de se nourrir pour tout être vivant n'est pas une évidence a priori, et la question pourrait ne pas se poser spontanément. L'anthropomorphisme y conduit, utilisons-le. Le travail didactique consistera ensuite à rectifier cette fausse évidence. la nécessité théorique de la nutrition est à relier à la croissance des êtres vivants, caractéristique fondamentale qui les différencie des minéraux et des roches. Mais cette condition théorique de possibilité n'implique pas, sur le plan didactique qu'elle abordée avant. Reste à définir quel contenu précis et quelle extension donner au concept de nutrition végétale.

2. L'IMAGE DE LA CHAINE ET SES DIFFICULTES

2.1. Le modèle de l'emboîtement (ou image en poupées gigogne)

poupées russes

"- L'oiseau mange les vers et le chat mange l'oiseau. Donc, l'oiseau a mangé déjà les vers. Donc le chat avale les vers en mangeant l'oiseau.
- C'est la chaîne alimentaire.
Prof. - Pourquoi ce nom ?
- Parce que si le chat mange la souris et que la souris a mangé du blé, donc le chat sera obligé de manger du blé.
- Il mange la souris et les aliments qui sont restés dans la souris, il les mange en même temps."

Séquence de classe de 6°

Nous avons rencontré cette idée dans la quasi totalité des séquences de classe de CM, 6° et 5° examinées sur ce sujet.
En l'absence de l'idée d'assimilation, les rapports alimentaires sont conçus comme inclusion globale d'un être dans sa totalité par un autre, allant du plus petit au plus grand ou au plus fort. Ces rapports étant par ailleurs conçus comme une succession dans une chaîne, les

inclusions successives s'organisent en des emboîtements successifs, comme des poupées russes.
En quoi cette idée constitue-t-elle une aide ou un obstacle ? Est-elle un "passage obligé" vers l'idée de circulation de matière ? Constitue-t-elle une idée préalable nécessaire pour concevoir que dans une chaîne A.B.C.D. où B se nourrit de A, C de B, D de C, quelque chose qui était en A passe en D, quelque chose qui au départ n'est pas identifié comme une substance qui se conserve, comme un corps chimique qui se déplace d'un être vivant à un autre, mais comme un être vivant plus ou moins fragmenté ?
Cette idée d'emboîtement induit logiquement (mais faussement) que les carnivores mangent plus que les autres êtres vivants ; elle utilise une hiérarchisation polymorphe, du plus petit au plus gros, du plus faible au plus fort, et même parfois du plus rudimentaire au plus évolué ; elle est liée à la focalisation sur la prédation d'animaux vivants et sur l'idée de chaîne en termes d'individus.

déstabilisation et reconstruction

Pour déstabiliser cette représentation, plusieurs données sont nécessaires :
- le fait que les Lions par exemple, chassent en groupe, et mangent en groupe,
- le fait que les parasites, qui, comme les carnivores sont situés à des niveaux trophiques élevés, sont beaucoup plus petits que leur proie,
- l'existence des décomposeurs, dont le rôle est de fragmenter les êtres vivants morts.

Pour reconstruire un autre modèle, il est nécessaire :
- d'intégrer l'idée de décomposition-recomposition de la matière par les êtres vivants,
- et sur le plan biochimique, l'existence d'une perte de matière (par la respiration et l'excrétion), d'un faible rendement lorsqu'on franchit un niveau trophique.

2.2. Significations induites par l'image de la chaîne

Nous examinerons ici comment certains sens du mot induisent involontairement des idées inadéquates par rapport à ce dont elles sont censées rendre compte. Les mots et expressions utilisant le terme de chaîne ne contiennent pas toutes les mêmes composantes, et sont parfois contradictoires. Citons les principales expressions, même si toutes ne sont pas connues et utilisées par les élèves, particulièrement dans le premier cycle :
chaîne d'hôtels, chaîne d'émetteurs radio, chaîne "hi-fi", chaîne de vélo, chaîne-collier, chaîne de maçonnerie, chaîne (opposé à trame en tissage), travail à la chaîne, chaîne comme figure de danse, enchaînement de mouvements en gymnastique, chaîne d'action ou

d'asservissement en cybernétique.

des maillons imbriqués

L'image la plus fréquemment évoquée et même parfois dessinée de façon concrète (avec des anneaux en guise de maillons) dans les manuels scolaires est celle du type "chaîne de vélo" ou "chaîne-collier", ouverte ou fermée où une série d'éléments identiques et insécables, en nombre variable, sont placés en succession et sont ainsi rendus solidaires.

Par rapport à l'idée de "chaîne alimentaire", comment ces éléments interfèrent-ils ?

- L'image de maillons insécables renforce l'idée de "chaînes" d'individus aux dépens de celles de populations et les idées catastrophistes concernant l'atteinte d'un maillon : si un maillon (insécable), conçu comme un individu est détruit, l'ensemble de la chaîne est détruite. Ceci est lié à la fragilité de chaque maillon dans lequel il n'est pas possible de prélever partiellement, comme il n'est pas possible (du moins dans la représentation la plus fréquente des relations alimentaires comme incorporation globale) de prélever partiellement dans un individu.

- Les maillons étant considérés comme identiques (à l'exception de ceux qui se trouvent aux deux extrémités d'une chaîne ouverte), on les considère comme fonctionnellement équivalents ; et on a pu ainsi se poser des questions comme "de quoi la terre se nourrit-elle ?", lorsqu'il était question d'une chaîne bouclée en cycle, puisqu'on s'était posé la même question à propos des autres maillons (cette conception est ici renforcée par la symétrie du cercle).

insécables et indentiques

- Les maillons étant identiques et renvoyant par ailleurs à des images d'individus, on a du mal à concevoir des chaînes intégrant des espèces dont les tailles sont très différentes. En particulier, on a tendance à ne pas prendre en compte les espèces de petite taille dans des chaînes comprenant aussi des espèces de taille beaucoup plus grande : en effet, dans cette représentation, à un individu correspond un seul individu dans les maillons voisins et ceux qui sont beaucoup plus petits en taille ne sauraient suffire comme aliments s'ils sont considérés individuellement ; on est donc amené à les ignorer.

- Le nombre de maillons n'ayant pas d'importance primordiale, on s'imagine qu'on peut toujours en ajouter un, ce qui s'oppose à la constitution de classes d'équivalence fonctionnelle entre mêmes rangs dans des chaînes différentes.

- Le sens symbolique de "chaîne" en tant que "chaîne de solidarité" renforce d'autres obstacles liés au caractère non orienté des chaînes du type "chaîne de vélo" :

solidarité, réciprocité

s'il est vrai que les êtres vivants sont "solidaires" (ou interdépendants) dans le sens où les actions des uns retentissent sur les autres, il ne faut pas oublier que ces actions ne sont pas réciproques mais à sens unique, même si l'on intègre l'action en retour (de nature différente) de la proie (au sens de population) sur le prédateur (pris aussi en tant que population).

- L'aspect linéaire des chaînes, par opposition aux réseaux, amène à concevoir les relations alimentaires comme suite de monorégimes stricts et renforce l'idée de fragilité de la chaîne induite par ailleurs par la vision en termes d'individus. Les régimes alimentaires apparaissent alors très rigides et dépourvus de possibilités de variations.

2.3. Difficultés liées aux aspects graphiques

Ces questions ont été étudiées en détail par Yvette Ginsburger-Vogel et ont donné lieu à un article ("A propos de la schématisation des relations alimentaires en chaînes et en réseaux".Biologie Géologie. Bulletin pédagogique trimestriel de l'A.P.B.G.. Paris. n°1. 1986).
Nous en reprendrons ici quelques aspects.

éléments réalistes

- Les manuels scolaires et les ouvrages de vulgarisation utilisent souvent des représentations réalistes des espèces mises en relation dans les chaînes ou les réseaux. Si l'image en est rendue plus frappante et plus attractive, elle renforce par cet aspect certaines des difficultés vues plus haut : la population (ou l'espèce) est représentée par un seul individu, et qui plus est, par un individu auquel on est d'autant plus tenté de s'identifier qu'il ressemble à un animal réel.

- La matérialisation des maillons en tant qu'anneaux imbriqués les uns dans les autres deux à deux renforce également le privilège de l'individu (insécable) aux dépens de la population.

sens des flèches

- Il arrive souvent qu'on commence par proposer aux élèves de figurer des chaînes ou des réseaux avec des flèches désignant la relation "mange" qui semble la plus accessible au départ ; puis qu'on leur fasse remplacer ces flèches par des flèches d'orientation inverse : elles signifient alors "est mangé par". Pour les élèves, il s'agit d'une simple inversion, d'un changement de code arbitraire et anodin, dans lequel ils peuvent bien se tromper. Il en va tout autrement pour les enseignants qui introduisent intentionnellement ce "grand retournement" : il s'agit implicitement de s'engager dans la logique des transferts de matière, ce que les élèves sont la plupart du temps loin de soupçonner !

- L'organisation générale de l'espace, reprenant souvent la disposition de gauche à droite de l'écriture, suggère une organisation temporelle des processus représentés qui évoque plus une suite d'actions individuelles de dévorations qu'un ensemble de rapports entre populations, qui se présente à la fois de façon plus simultanée et étalée dans le temps ; cette disposition spatiale est néanmoins cohérente avec l'idée de transfert de matière dans la chaîne.

l'image et le réel

- Un aspect d'un ordre différent, parce que ne relevant plus des figurations dans les manuels ou dans les ouvrages proposés aux élèves, mais du développement psychogénétique est la confusion que beaucoup d'entre eux opèrent entre la chose elle-même et sa représentation graphique. Ainsi certains ont-ils pu prononcer des phrases comme "ils se mangent en colonnes" ou bien "la pyramide sera détruite".

- Notons une dernière difficulté : c'est celle qui consiste à croire qu'une fois la chaîne figurée on a tout compris, et à se livrer alors à un jeu logique à vide, évacuant tout problème biologique, comme par exemple l'intervention des taux de reproduction.

2.4. Difficultés liées au développement logique

Certains enfants ne sont capables de penser les relations dans les chaînes qu'en diades. On peut se reporter pour le voir à la séquence de classe sur les variations de populations analysée dans l'article "Population". On retrouve ici ce que Wallon a appelé "la fuite des idées" : si une première relation entre deux éléments a été repérée, elle est oubliée aussitôt qu'on en opère une deuxième ; les idées s'enchaînent en s'évanouissant au fur et à mesure. Pour le problème présent, les relations alimentaires ne sont vues qu'entre deux êtres.

relations perçues

D'autres enfants des mêmes niveaux de classe arrivent à penser des relations en chaînes linéaires : la représentation graphique contribue à empêcher l'oubli des premières relations établies et à constituer des relations indirectes, en proposant une vision simultanée d'éléments éloignés. Dans cette mesure, la figuration des chaînes est une aide.

D'autres élèves, d'un niveau de développement cognitif plus élevé perçoivent des rétroactions et des relations latérales, faisant intervenir les populations.

3. REPRESENTATIONS CONCERNANT LES CYCLES

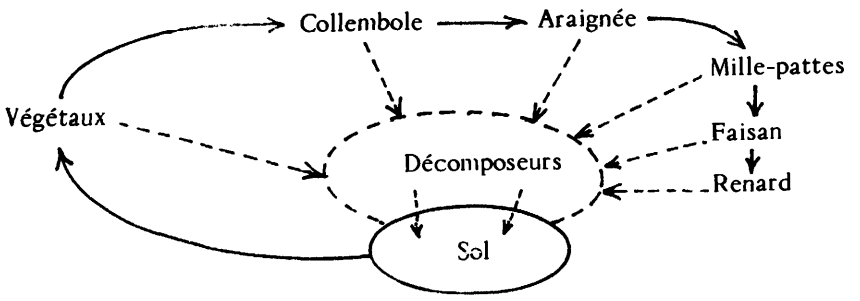
3.1. Problèmes rencontrés à l'école élémentaire et au collège

. Cycle d'individus qui s'incorporent, cycle de fonctions, cycle de matière, cycles d'éléments chimiques

hétérogénéité des conceptions

Les cycles d'éléments chimiques ne sont pas apparus aux niveaux où nous avons travaillé. Par contre, l'idée de cycle de la matière (en général) ou de circulation de la matière apparaît dès le cours moyen mais présente de nombreuses difficultés. On passe de l'idée de chaîne alimentaire à celle de cycle alimentaire en bouclant la chaîne, la terre et les végétaux jouant un rôle particulier (sont-ils vivants ? se nourrissent-ils comme les autres éléments ?) ; puis à l'idée de cycle de fonctions (producteurs, consommateurs, décomposeurs) et parfois à celle de cycle de matière.

Les schémas de cycles qui sont construits ne sont la plupart du temps pas homogènes. Par exemple :



hiérarchie des vivants

Les végétaux sont désignés globalement sans différenciation. Cela peut être lié à l'idée qu'ils occupent tous une même fonction par rapport au cycle ou bien à l'idée que les végétaux ne se mangent pas entre eux, donc il n'y a pas lieu de les différencier dans un système d'incorporations successives linéaires ; ou bien encore à leur place dans la hiérarchie des vivants : plus les êtres vivants sont situés à un niveau élevé dans la hiérarchie, plus ils sont spécifiés. Pour le Renard et pour le Faisan, on trouve le nom de l'espèce, alors que pour les animaux situés plus bas dans la hiérarchie, on trouve le nom de catégories plus vastes.
Les décomposeurs figurent explicitement en tant que fonction ; on ne s'intéresse pas aux espèces microscopiques et inférieures en tant que telles (et encore moins aux individus). On ne retient ici que la fonction par rap-

port au cycle.
On passe parfois d'un cycle de ce type à un cycle de circulation de matière : mais l'idée de conservation d'une substance au cours de toutes ces transformations est loin d'être évidente.

. Matière organique, matière minérale

"- Pour les vers, y a marqué qu'ils mangent les substances organiques de la vase ; moi, ça me fait penser à substances minérales, comme pour les plantes, ça doit être des petites bêtes qui sautent au dessus de la mare..."

matière minérale, organique, petites bêtes

... Après recherche de documents :
- *"C'est la décomposition, c'est un déchet*
- *C'est la décomposition dans la vase*
- *C'est les déchets des autres bêtes*
- *Quand c'est qu'une feuille tombe dans l'eau,par exemple, elle va se casser, quoi, c'est peut-être ça...*
- *Comme l'homme quand c'est qu'il meurt"*

Des élèves de CM

Ces termes sont employés mais en l'absence de connaissances physico-chimiques, une distinction claire n'est pas possible, et l'idée qu'un même élément chimique puisse selon le moment dans son cycle se trouver sous forme minérale ou sous forme d'un composé organique n'est pas accessible. La "matière minérale" apparaît comme nourriture des végétaux au même titre que les "vitamines" ; ou bien les "substances minérales" (ou "organiques" suivant le cas !) sont assimilées à des "petites bêtes, des têtards, des limnées, des larves, des vers", en tous cas à des choses petites qui peuvent être absorbées par les végétaux.

. Conservation de la matière : solide, liquide, gaz

L'idée de transformation possible d'une même substance de l'un de ces états à l'autre semble présenter une difficulté importante. Le passage de l'état solide à l'état liquide semble être le plus facile à concevoir : les animaux mangés - solides - peuvent se fragmenter de plus en plus et passer à l'état liquide dans l'estomac ; l'état liquide étant conçu comme un état limite de fragmentation maximale de l'état solide. Le passage d'un état gazeux à un état liquide ou solide semble particulièrement difficile à concevoir, ceci peut-être en relation avec le caractère plus difficilement perceptible des gaz. Ainsi, quand il est question de fermeture des cycles de matière ou de nutrition des végétaux, ceci est pensé sans intervention de matière à l'état gazeux : les végétaux se nourrissent d'eau et de terre ou de déchets solides contenus dans la terre provenant d'animaux qui se sont décomposés, ou de "sels minéraux" contenus dans la

difficile intégration des gaz

terre.

. Les "décomposeurs", êtres providentiels

Ils apparaissent comme des êtres providentiels à plusieurs titres :
- Bien que ce soient souvent des microorganismes invisibles, ils permettent la fermeture du cycle, ils permettent que tout recommence :
"si les décomposeurs n'existaient pas, le sol n'aurait pas de sels minéraux, et les cadavres envahiraient la terre".

rôle des décomposeurs

- Les décomposeurs interviennent pour rétablir une justice dans la nature :
"même s'il y a un prédateur, il va toujours être mangé par les décomposeurs" "même les super-prédateurs sont décomposés" ou bien "les décomposeurs sont importants, l'araignée aussi, ils sont tous importants".

. La nutrition des végétaux

Le problème de la nutrition des végétaux semble constituer un point particulièrement sensible : il concentre tout un ensemble de difficultés que nous ne développerons pas ici.
Interrogations sur le caractère vivant des végétaux (se nourrissent-ils ?) assimilation du mode de nutrition animal, idée que les végétaux se nourrissent de la terre ; qu'ils "boivent" et ne "mangent" pas. Le rôle du CO_2 de l'air est en général absent.

3.2. Problèmes rencontrés au niveau du second cycle

. Le cycle de l'eau

Il serait l'archétype du cycle. L'existence de l'eau sous ses deux formes de liquide (fleuves, rivières, lacs, mers) et de vapeur (ou du moins de fines gouttelettes dans les nuages) étant admise, il devient possible de relier l'écoulement de l'eau dans les fleuves, vers la mer, et les précipitations atmosphériques grâce à l'évaporation puis à la condensation sous forme de nuages. En fait, cette idée semble s'admettre trop facilement. Le cycle de l'eau est déjà "décrit" dans les textes bibliques. S'agit-il d'une notion commune dérivée d'observations empiriques ?

cycle de l'eau

Cela supposerait que l'évaporation, le passage de l'eau de l'état liquide à l'état de vapeur soit "observable", et que la permanence des molécules d'eau le soit également.

La nécessité d'un recyclage de l'eau, et donc d'un retour, d'une circulation peut se poser à partir d'un calcul de quantité analogue à celui qui a permis de postuler (et non d'observer initialement) la circulation du sang dans

l'organisme. D'où peut provenir l'énorme quantité d'eau circulant dans les rivières pendant un temps donné ? L'idée de cycle fournit alors une réponse sous forme non pas d'une "production" permanente, mais d'un recyclage, d'une réutilisation de la même eau. Voici donc une première difficulté : le concept de cycle est-il une notion empirique, ou la réponse à un problème ? L'obstacle serait donc d'admettre trop facilement que "ça tourne", mais finalement sans nécessité particulière.

conservation et quantité

Cette idée de quantité limitée s'oppose par ailleurs à l'idée de nature-providence, proposant des réserves illimitées. Mais dans le cas de l'eau, l'une des sources principales étant la pluie, on peut penser que la constatation de sa limitation est ancienne. La notion de cycle, ou "d'éternel retour" serait alors la réponse plus ou moins mythique à l'attente angoissée du retour de la pluie, seule source de vie végétale et donc animale.

. les autres matières minérales

D'autres difficultés se présentent. Si les hétérotrophes dépendent nécessairement des autotrophes, par l'intermédiaire des modalités de broutage et de parasitisme, ces derniers ne dépendent pas, a priori, nécessairement du travail de transformation des minéralisateurs. La matière minérale pourrait être conçue comme étant présente en quantité indéfiniment renouvelable dans le sol.

Tout cycle d'un minéral implique la solubilité suffisante de celui-ci pour être entraîné par la circulation de l'eau, ainsi qu'une phase gazeuse permettant la fermeture du cycle par l'intermédiaire de l'atmosphère. Les éléments dont le retour par l'atmosphère est absent ou insuffisant expliquent deux notions importantes :
- d'une part la possiblité d'une accumulation de l'élément dans les réservoirs situés en aval (ce que l'on nomme eutrophisation des lacs, de la mer)
- d'autre part, la possiblité de jouer le rôle de facteur limitant pour des éléments dont la solubilité est faible. C'est le cas du phosphore par exemple, et de plus, cet élément n'est recyclé que de manière contingente par les oiseaux qui pêchent (guano), et par les hommes.

facteur limitant

Pour les éléments minéraux, l'idée de nature-providence est certainement plus ancrée, dans la mesure où les pratiques agricoles ne sont pas perçues comme apport d'éléments minéraux.

Finalement, d'un point de vue physico-chimique, la notion de cycle est une notion descriptive indifférente. Par contre elle est fortement valorisée ou dévalorisée si l'on adopte le point de vue des êtres vivants, et selon le point du cycle où l'on se place :
- celui qui attend le retour de l'eau (homme, animal ou

végétal) la valorisera
- pour le lac qui s'eutrophise, il s'agit plutôt d'une évolution néfaste
- pour la plante (et l'agriculteur), le lessivage, ou l'insuffisance de l'apport constituent des inconvénients qu'il doit fortement compenser
- en ce qui concerne le phosphore, l'homme doit intervenir activement pour boucler un cycle qui ne se ferme pas seul
- adopter le point de vue du cycle risque de conduire à dévaloriser, au niveau du sol ce qui permet la rétention (complexe argilo-humique), ou la remontée (vers de terre) des éléments minéraux.

Nous proposons en guise de conclusion à cette partie, un tableau récapitulatif qui reprend certains aspects des représentations dont nous venons de parler : en les classant d'une part selon les notions auxquelles elles se rapportent, d'autre part selon une catégorisation en types d'obstacles. Les contenus des différentes cases ne sont pas tout à fait homogènes : parfois nous avons indiqué les obstacles à l'acquisition de la notion considérée et parfois, certains obstacles introduits par la notion elle-même.
Ce tableau est évidemment loin d'être exhaustif, mais il peut permettre une vision synoptique des principales difficultés rencontrées.

	SURDETERMINATIONS (prégnance de l'affectif)	OBSTACLES EPISTEMOLOGIQUES	OBSTACLES DIDACTIQUES	ASPECTS LIES AU DEVELOPPEMENT COGNITIF	ASPECTS LIES AU GRAPHISME ET AUX IMAGES	CONDITIONS DE POSSIBILITE : CONNAISSANCES DANS D'AUTRES DOMAINES
BESOIN	joue comme dénégation de la valorisation affective.		négation de l'idée de variation individuelle, comme anthropomorphique.	Anthropomorphisme ; pensée causale mécaniste ; déterminisme rigide.		notions sur la nutrition, le système enzymatique, la biochimie.
REGIME	carnivores méchants et sanguinaires; viande rend fort, survalorisation de la prédation.	empirisme : le régime comme fait d'observation . confusion entre régime observé et régime réel.	régime expliqué par la dentition ; évacuation du plan d'organisation général.	idée d'incorporation d'animaux entiers, prise en compte isolée de facteurs.		
RESEAU		intérêt pratique et économique ; survalorisation du naturel.	réseau simplifié comme jeu logique vide de tout contenu biologique.	difficulté à se repérer dans un ensemble complexe.		fragmentation et reconstruction de la matière par les êtres vivants : notions physiologiques et biochimiques.
CHAINE	idées catastrophiques sur l'action de l'homme quand il intervient sur une espèce.	anthropocentrisme : le couple utile-nuisible.	chaîne présentée comme fait d'observation immédiate.	image des poupées russes ; pensée en diades ; chaînes linéaires sans rétroactions.	insécabilité et identité des éléments ; réalisme : maillons conçus comme individus.	
FLUX			équivalencence matière - énergie.	difficulté de la décentration des vivants pour adopter un point de vue globalisant.	image de la pyramide comme symbole de l'équilibre et de l'immuabilité.	notions physiques, biochimiques et mathématiques.
CYCLE	idée de nature immuable et bonne ; caractère providentiel des décomposeurs.		idée fausse : cycle d'énergie.	gommage de l'intervention de la matière à l'état gazeux.	symétrie et équivalence des différents points de la figure : induit l'équivalence des fonctions.	connaissances chimiques : matière organique, minérale, états physiques de la matière.
STOCK		réductionnisme physico-chimique.				

en termes d'individus

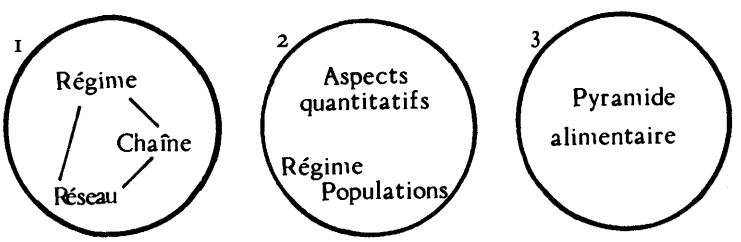
TROISIEME PARTIE : DIFFERENTS CONTENUS DES NOTIONS DE REGIME, CHAINE, RESEAU, SELON L'ORDRE DANS LEQUEL ON LES ABORDE

les trois notions de "chaîne alimentaire", "réseau trophique", "régime alimentaire", entretiennent des relations étroites. Certains ont pu attribuer une valeur privilégiée à un ordre déterminé dans l'abord de ces notions, l'une apparaissant comme un prérequis de l'autre au niveau logique. Or, dans les pratiques de classe rencontrées, ces notions sont souvent vues soit de façon isolée (une seule étant examinée) soit dans des ordres différents. Il nous a semblé qu'a priori aucun ordre n'était à rejeter, mais que selon celui qui était choisi, le sens précis qui pouvait être attribué à une même notion était différent ; ceci malgré des formulations parfois formellement semblables, parce qu'elles intègrent ou non des idées rattachées aux deux autres. Nous nous situons ici dans une perspective non normative et nous tenterons de montrer comment il est possible d'emprunter différents itinéraires de construction des concepts.

plusieurs itinéraires sont possibles

Nous tenterons de dégager les différents contenus des mêmes notions selon des ordres différents d'abord, les formulations auxquelles il est possible d'arriver (nous nous situons aux niveaux 6° et 5° pour cette analyse), comment il est possible de modifier le contenu d'une notion vue antérieurement après en avoir vu une autre, les avantages et les inconvénients d'un abord plutôt que d'un autre.

L'ensemble de ces trois notions se combine en outre de différentes façons avec l'introduction d'aspects quantitatifs : pour les régimes par exemple et avec le passage d'un point de vue centré sur l'individu ou sur l'individu représentant une espèce à un point de vue centré sur les populations. Nous nous situons ici, dans un premier temps, dans une perspective où les aspects quantitatifs ne seraient pris en considération qu'après un abord de l'ensemble régime-réseau-chaîne :



I - PREMIER ORDRE DE SUCCESSION :

① REGIME ② RESEAU ③ CHAINE

I.1. Régime alimentaire

Il est possible de travailler à partir d'observations sur ce que mange un animal d'élevage, de documents donnant des diagrammes représentant les proportions de différents aliments ingérés par un même animal à des saisons différentes, de dissections et de comparaisons de pelotes de réjection de rapaces provenant de lieux ou de saisons différentes...
Ces travaux peuvent donner lieu à des constructions conceptuelles diverses selon la façon dont on les assemble et selon les questions que l'on retient parmi celles dont elles sont l'occasion. Nous ne retenons ici que l'une d'entre elles (nous laissons de côté pour le moment celles qui intégreraient des aspects quantitatifs de façon constitutive).

une première formulation du régime

Donc, une formulation possible de régime alimentaire à ce niveau pourrait être la suivante :

F1

> a. Il y a une constance dans ce que mangent tous les individus d'une même espèce.
> b. Toutes les espèces animales ne prélèvent pas les mêmes choses dans milieu.
> c. Les animaux d'une même espèce, dans une même situation se nourrissent de la même façon, mais qui peut être variable selon :
> . les saisons
> . les lieux
> . les périodes de la vie (âge, période de reproduction...).
> d. Le degré de variation possible dépend des espèces : certaines ne présentent aucune variation, d'autres en présentent d'importantes.

spécificité pour l'espèce

Les deux premiers énoncés visent à cerner l'idée que le régime alimentaire est spécifique de l'espèce et dépend de l'animal de façon intrinsèque, de la constitution particulière à l'espèce. (Au niveau du premier cycle de l'enseignement secondaire, la plupart des élèves raisonnent en termes d'espèces plutôt qu'en termes d'individus bien que ce concept ne soit que partiellement construit et qu'il soit souvent vu comme une collection d'individus identiques représentés par l'un des leurs.)

et variabilité

Les deux derniers énoncés mettent l'accent sur la variabilité du régime pour une même espèce, en particulier (mais pas exclusivement) en fonction des variations du milieu. Ils contribuent à déplacer l'idée de régime alimentaire d'une espèce vers celle du régime d'une popula-

tion donnée.

Cette entrée dans le système des trois notions considérées par le régime en premier lieu présente
des avantages :
- ceci permet, quand on abordera le problème des réseaux, de les situer dans une saison et dans un lieu plutôt que de les concevoir d'une façon abstraite et globale.
- cette voie d'accès ouvre sur la notion de réseau plutôt que sur celle de chaîne alimentaire en tant que vision linéaire mécaniste, ne prenant en compte qu'une relation en amont et une relation en aval pour chaque espèce; elle évite la vision selon laquelle si une proie (en tant qu'espèce) disparaît du milieu, tout disparaît puisqu'elle prépare à l'idée de vicariance, de variation possible du régime,
mais aussi des inconvénients :
principalement celui d'arriver à un ensemble extrêmement complexe (dès qu'on commence à constituer des réseaux), non struturé ni ordonné, qui par voie de conséquence ne permet ni de prévoir, ni d'avoir une vue d'ensemble.

1.2. Réseau trophique

un ensemble complexe

Dans cette progression, le réseau est constitué par la figuration du nombre maximum de relations alimentaires entre les espèces d'un même milieu, dans un même temps (une même saison), après qu'on ait considéré le régime de chacune d'entre-elles.
Toutes les espèces ont un statut équivalent, aucun ordre n'apparaît entre-elles. Néanmoins aucune flèche figurant la relation "mangé par" n'aboutit aux végétaux et certains animaux ne sont le point de départ d'aucune flèche (ne sont mangés par aucun autre) : une singularité est introduite pour certaines espèces.
Le réseau figure l'interdépendance des êtres vivants d'un même milieu ; il constitue une unité entre eux et donne une première image de la biocénose.

Les avantages de cette progression sont donc ici la complexité (mais c'est aussi un inconvénient si elle est trop poussée), la précision et la contextualisation du réseau dans un lieu et un temps. L'inconvénient, c'est l'absence d'ordre qui empêche d'avoir une vue d'ensemble.

1.3. Chaîne alimentaire

Les activités des élèves peuvent consister ensuite à démêler dans le réseau complexe constitué précédemment,

des niveaux trophiques

les différentes successions de flèches figurant la relation "est mangé par" puis à comparer les différentes chaînes ainsi extraites.
Cette activité amène à introduire un ordre dans l'ensemble complexe constitué précédemment qui n'apparaissait jusque là qu'au niveau des extrémités de suites de flèches.

Des parallèles peuvent être faits entre les différentes chaînes repérées et conduire à dégager un ordre identique entre végétaux, herbivores, animaux se nourrissant d'herbivores (carnivores). Ceci amène à dégager des rangs dans cet ordre et introduit l'idée de niveaux trophiques équivalents (exprimés ici par des termes tels que "herbivores", "carnivores mangeurs d'herbivores", "carnivores mangeurs de carnivores" insérés dans une chaîne théorique générale).

une formulation de la chaîne

La formulation à laquelle il est possible d'aboutir dans cette logique pourrait être la suivante :

F2

> a. Une chaîne alimentaire est une suite d'êtres vivants reliés par la relation "est mangé par". Toutes les chaînes ont pour point commun de commencer par les végétaux, de continuer par des herbivores (mangeurs de végétaux), puis par les carnivores mangeurs d'herbivores, puis par des carnivores mangeurs de carnivores.
> b. Dans une chaîne, un animal n'est placé qu'en fonction d'une seule de ses relations alimentaires en aval et une seule en amont.
> c. Certains animaux, ayant un régime alimentaire varié, peuvent occuper des places différentes dans différentes chaînes extraites d'un même réseau.

L'avantage d'une telle conception de la "chaîne alimentaire", introduite après la constitution de "réseaux alimentaires", c'est qu'elle apparaît d'emblée comme une construction abstraite ayant pour fonction d'opérer un découpage dans une réalité beaucoup plus complexe qu'on a appréhendée en partie auparavant et avec laquelle on ne peut donc la confondre. Elle apparaît comme un instrument conceptuel permettant d'ordonner, de définir des rangs; elle n'exclut ni l'idée de vicariance, ni l'idée qu'un même animal puisse appartenir à des rangs différents : l'animal n'est pas confondu avec le rang dans lequel on l'a placé en fonction de l'une de ses relations alimentaires ; le rang n'apparaît pas comme une catégorie absolue, mais comme relative à une relation.

une construction abstraite

Si la nécessité d'introduire cette idée de chaîne était principalement ici celle d'établir un ordre dans une construction trop complexe, on voit se profiler aussi l'idée de circulation de matière qui est sans aucun doute sous-jacente à la recherche de cet ordre, même si elle n'apparaît pas explicitement (c'est bien cette idée qui donne

un sens à la recherche de la sucession des flèches "est mangé par").

1.4. Feed-back sur la notion de régime alimentaire

Aux formulations précédentes de la notion de "régime alimentaire", l'idée de niveau trophique permet de donner des précisions quant à la catégorisation des aliments ingérés par une espèce animale.

On peut ajouter :

F1

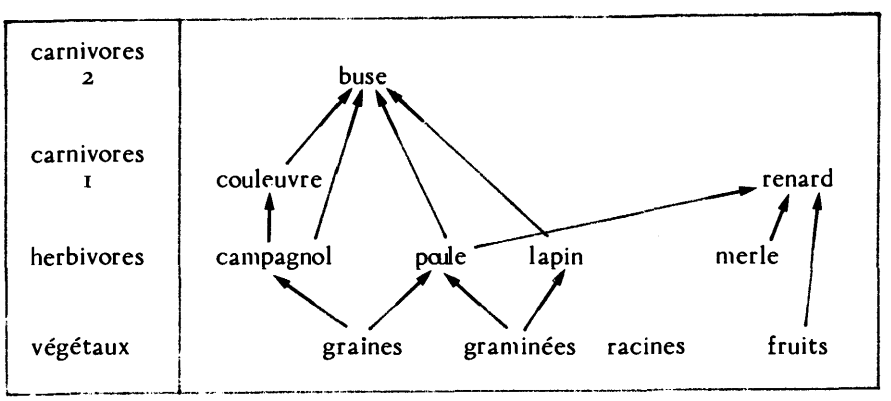
> e. Toute espèce animale a un régime alimentaire qui lui est particulier. Ce régime peut être herbivore, carnivore, omnivore (il prélève dans plusieurs niveaux trophiques).

préciser, relativiser les acquis antérieurs

Les idées de variations possibles en fonction des saisons, des lieux, des périodes de la vie - dans certaines limites - précédemment introduites modulent le côté rigide qui pourrait être attribué à ces catégories nouvelles. Notons que ces catégories sont souvent introduites dès le premier abord de la notion de régime alimentaire ; elles sont très largement utilisées par tous les ouvrages sur les animaux, les films documentaires, etc... Mais, sans les précautions prises pour expliciter ce que peut être un régime alimentaire, elles peuvent facilement se constituer en obstacle : il est impossible que le Renard mange des fruits, puisqu'il est carnivore !

1.5. Feed-back sur la notion de réseau

Un réseau, précédemment figuré en désordre, peut être ordonné à la manière de celui-ci (que nous avons rencontré dans un manuel scolaire).



Dans cette nouvelle représentation du réseau, les différentes espèces n'ont plus un statut équivalent : un ordre apparaît. Certains animaux (ici le Renard) ont une place ambigüe dans cete représentation, et peuvent figurer à des étages différents puisque l'ensemble des relations alimentaires d'une même espèce est prise en compte dans le réseau, ce qui peut représenter une difficulté.

des étages dans le réseau

Le Renard a été placé ici arbitrairement parmi les carnivores 1 (mangeurs d'herbivores). Si l'étude des régimes alimentaires et des chaînes alimentaires a précédé, le caractère arbitraire de cette position a des chances d'être perçu, alors qu'elle serait prise d'une façon plus absolue (conforme à la seule réalité) si ces études n'avaient pas précédé.

Cette représentation rend apparentes les relations de concurrence qui jusque là pouvaient rester inaperçues. Ce qui peut être formulé comme suit :

F1

> f. Certains animaux d'une même communauté c'est-à-dire qui appartiennent à un même milieu dans un même temps, se nourrissent des mêmes êtres vivants : ils sont en concurrence ou en compétition.

2. DEUXIEME ORDRE DE SUCCESSION

① CHAINE ② REGIME ③ RESEAU

2.1. Chaîne alimentaire

Le point de départ est dans cette progression nécessairement plus abstrait, plus détaché d'observations concrètes : on peut partir de documents donnant des informations sur les relations alimentaires entre deux espèces, donner un code pour figurer une chaîne (flèche "est mangé par") et demander aux élèves :

1° De l'utiliser pour chaque relation entre deux espèces

2° De relier les paires ainsi constituées

3° De comparer les différentes chaînes établies dans la classe.

La formulation à laquelle on peut aboutir à partir d'une telle activité est plus restreinte que celle que nous avions donnée dans le premier ordre de succession des notions.

une autre idée de la chaîne

Il est possible de conserver intégralement le "F2a". Mais le "F2b" n'est pas explicitable pour les élèves : chaque

espèce animale est perçue comme proie d'un seul prédateur et comme prédateur d'un seul type de proie. Il n'est pas possible d'expliquer d'emblée le caractère restrictif de ce qui apparaît dans une chaîne alimentaire. Pour la même raison, le "F2c" ne peut être introduit ici (places différentes d'une même espèce selon les chaînes en raison de la variété du régime). Le modèle auquel on aboutit est nécessairement rigide, parce que l'idée de variation possible dans le régime n'a pas été vue, comme dans la succession précédente. L'idée de vicariance étant absente, toute suppression d'un maillon de cette chaîne entraîne la disparition des autres maillons.

Les relations alimentaires représentées par la chaîne ne sont situées ni dans un milieu, ni dans une saison : si les documents proposés aux élèves ne sont pas suffisamment homogènes, ou si l'on n'attire pas particulièrement l'attention sur la nécessité que les animaux puissent se rencontrer, ils risquent de construire des chaînes abstraites, sans unité de lieu ni de temps.

une vision rapide des relations indirectes

Néanmoins, cette présentation d'emblée de la chaîne alimentaire présente un avantage important par rapport à l'ordre de succession précédent : elle donne rapidement une idée simple de la mise en relation des êtres vivants. Elle permet de dépasser facilement la vision des relations deux à deux et d'accéder à une idée de relations indirectes entre espèces et de configuration globale des relations entre espèces d'un même milieu. Cette vision d'ensemble est évidemment beaucoup plus facile d'accès dans ce cadre que dans le cas où l'on considère des relations multiples. La règle dégagée pourra permettre par la suite de trouver un ordre dans des sources d'information plus complexes.

2.2. Régime alimentaire

L'étude des régimes alimentaires est rendue nécessaire pour moduler la rigidité du modèle mis en place.
Mais ici, après l'étude des chaînes alimentaires, on peut intégrer les éléments vus en "F1e" dans la rubrique "feed-back sur la notion de régime alimentaire". Mais étant donné les obstacles qui ont pu surgir de la première appréhension de l'idée de chaîne, il est important ici de travailler de façon plus insistante sur l'idée de variation dans le régime alimentaire, de complexité possible du régime pour chaque espèce animale, de particularité du régime pour un lieu et une époque.

une rigidité à moduler

Cette étude mène à relativiser ce qui a été vu précédemment pour les chaînes alimentaires et permet d'aborder l'idée de réseau.

2.3. Réseau alimentaire

un modèle à complexifier

L'idée de réseau n'introduit plus comme dans la première progression celle d'interactions multiples entre espèces et celle de solidarisation de l'ensemble des espèces d'un même milieu à travers leurs relations alimentaires. Cette idée a déjà été introduite à propos des chaînes alimentaires. L'idée de réseau apparaît ici essentiellement comme complexification de l'idée de chaîne et elle est ordonnée dès le départ, puisque la notion de niveau trophique a pu être introduite plus tôt, par la comparaison de chaînes.

Nous avons présenté deux itinéraires différents pour aborder les mêmes notions : nous les avons rencontrés tous deux dans des classes différentes. Le premier paraît peut-être plus logique et rigoureux, le deuxième plus aisé pour des élèves jeunes. En réalité, pour les élèves, les choses sont plus compliquées : ces notions sont reprises dans les niveaux de classes successifs par lesquels ils passent et ceci en général sans plan cohérent de progression. Ils n'abordent pas ces notions sans en avoir déjà une représentation et cette représentation est aussi variable que l'itinéraire individuel de chacun.

Ce que nous avons appelé ici "formulation" est de l'ordre de la définition des notions considérées. Dans les pratiques de classe habituelles, il arrive fréquemment que de telles définitions ne soient pas exprimées en tant que telles. On préfère souvent faire fonctionner ces notions, dire quel est le régime de tel animal et, pour construire un réseau, figurer une chaîne et prévoir l'effet d'une intervention humaine sur l'un de ses maillons, l'aspect formel d'une définition étant peut être jugé peu utile ; mais on risque ainsi des malentendus liés à un implicite trop important. Les "formulations" proposées correspondent à des définitions explicites auxquelles il est possible d'aboutir, dans un itinéraire donné.

IV. ANALYSE DE SITUATIONS DIDACTIQUES

comment aborder les relations alimentaires en classe

Nous voulons ici proposer quelques pistes de réflexion par rapport aux situations didactiques. Comment les analyses précédentes peuvent-elles être utiles :
1) pour prévoir ce que l'on pourra favoriser comme structuration conceptuelle à partir de quelques situations que l'on prend fréquemment comme point de départ dans un travail sur la notion d'écosystème ; à quelles conditions (en s'appuyant sur quelles représentations, quelles questions d'élèves, en choisissant quel objectif-obstacle, en posant quel problème)
2) pour se donner une trame de construction progressive des concepts qui nous intéressent ici de réseau, régime, besoin alimentaire, flux, cycle, stock. L'exemple que nous proposons est centré sur la structuration de la notion de régime alimentaire
3) pour comprendre dans le déroulement d'activités en classe quels sont les concepts en jeu, qu'est-ce qui fait problème pour les élèves, qu'est-ce qu'on peut décrire comme progrès. Nous analyserons deux activités différentes par les problèmes abordés.

1. QUELQUES SITUATIONS FREQUEMMENT CHOISIES COMME ENTREES DANS LE CHAMP CONCEPTUEL

des entrées possibles dans le champ conceptuel

Les trois entrées que nous avons utilisées le plus souvent en classe sont l'étude du régime alimentaire d'un seul animal, l'étude du régime alimentaire de plusieurs animaux d'un même milieu d'emblée, et enfin l'étude d'une chaîne ou d'un réseau dans un milieu défini. Il nous a paru intéressant de répertorier pour certaines d'entre elles les possibilités qu'elles ouvrent et éventuellement celles qu'elles ferment, d'essayer de dire comment on peut tirer partie de ces situations, sans prétendre être exhaustif - il s'agit plutôt de donner quelques indications que chacun pourra compléter selon son expérience.

1.1. Le régime alimentaire d'un animal

. Le repas du rapace

L'une des difficultés pour l'abord des relations alimentaires tient à la rareté des observations et expérimentations possibles au niveau des élèves. De ce point de vue, l'étude du régime alimentaire du rapace présente un premier avantage : il existe de très bons films pouvant

des observations

se substituer à l'observation directe et montrant le comportement de prédation et la régurgitation de pelotes, la dissection des pelotes et les résultats obtenus. Il est facile par ailleurs de se procurer des pelotes de réjection et de les faire disséquer par les élèves eux-mêmes.

nuisible / utile

L'autre avantage est de poser un problème qui concerne l'homme car la question du caractère nuisible ou utile des rapaces est toujours au moins à l'arrière-plan de cette étude. Ainsi:
- les élèves se trouvent concernés en tant qu'êtres humains, et de plus on peut espérer créer un conflit cognitif avec les idées reçues sur les rapaces et les amener ainsi à poser des problèmes en prise avec leurs représentations.
- le régime alimentaire est étudié dans une perspective **d'interdépendance des êtres vivants** : on n'étudie pas le régime alimentaire en soi mais par ce qu'il suppose comme relations avec des proies qui elles-mêmes sont en relation de concurrence alimentaire avec l'homme. Les notions de **réseau** et de **concurrence** sont impliquées.

identification des proies

Lorsque les élèves dissèquent des pelotes de réjection, leur première tâche est d'identifier les éléments qu'ils y trouvent et de **reconstituer le régime alimentaire** du rapace : identification des proies, les différents types de proies.
Notons-là des difficultés qui peuvent passer inaperçues. Rien ne prouve aux élèves, sinon la parole du maître, que les pelotes contiennent tous les restes des proies et permettent de déduire l'intégralité du régime. Mais surtout, le passage de l'identification des "proies" aux "types de proies" est un saut important : il suppose acquis la notion de **lien entre l'équipement génétique (ici la dentition) de l'animal et son régime** ; ou il peut être l'occasion de construire cette notion. Bien entendu, le mot "génétique" employé dans ce contexte ne signifie pas que pour les élèves des concepts de génétique soient en jeu, mais simplement que les contraintes intrinsèques viennent de l'animal.

la dominante du régime

L'activité suivante est souvent une quantification de la proportion relative des différents types de proies. Les élèves établissent des statistiques à partir du nombre total de pelotes disséquées dans la classe, qui peuvent être comparées aux chiffres donnés par les documents. Il s'agit alors de la direction d'analyse qui privilégie la recherche de constantes en oubliant la diversité. On cherche à établir la **relative stabilité du régime** et à caractériser sa dominante (pour la Chouette effraie, environ trois fois plus de rongeurs que d'insectivores) ; l'activité est orientée par le projet explicite ou non d'établir un bilan des effets indirects du régime du rapace pour l'homme.

D'autres activités sont possibles : les élèves peuvent quantifier le nombre total de proies et poser des questions relatives au **territoire de chasse** du rapace. Ceci peut conduire à aborder la notion de **pyramide alimentaire.**

les variations

On peut fournir aux élèves des pelotes provenant de lieux différents ou recueillies à des saisons différentes, ou encore leur faire comparer les nombres qu'ils obtiennent avec les nombres obtenus dans des conditions différentes. La direction d'analyse privilégie alors la recherche et l'interprétation des variations. Cette activité conduit à poser la question des **déterminants du régime : constitution génétique, milieu** et leurs **relations fonctionnelles.**

Ces activités peuvent conduire à des questions sur les effets pour les hommes de la diminution de la population de chouettes effraie ,par exemple. Une difficulté que l'on peut rencontrer ici, c'est la tendance à passer de l'individu (conclusions à partir de l'étude d'une pelote de réjection) à l'espèce (comparaison de résultats obtenus sur un nombre important de pelotes pour établir un régime moyen caractéristique de l'espèce), sans référence au milieu. Or il faut bien s'assurer que l'on raisonne en termes de populations si l'on veut raisonner sur les effets des **variations d'effectifs de populations.**

relativiser
la notion
d'utile / nuisible

Une comparaison avec le régime d'un autre animal qui a lui aussi des incidences pour l'homme peut conduire à dégager les facteurs pertinents pour **relativiser la notion d'utile/nuisible** : étourneaux (nous verrons plus loin un exemple, où le travail a d'ailleurs commencé par les étourneaux qui sont directement en relation de concurrence alimentaire avec l'homme), escargots (sont-ils utiles ou nuisibles pour le jardinier). Ou encore sur une comparaison avec un autre réseau pour structurer les **niveaux trophiques, les effets des proies sur les prédateurs...**

. L'alimentation du renard

le renard mange
des fruits

Le diagramme de l'alimentation du renard (reproduit dans la première partie de l'article), parmi d'autres possibles, est souvent utilisé car il va à l'encontre des idées reçues et étonne les élèves : le régime est plus varié que ce que l'on pensait. Il pose la question des limites génétiques qui définissent une gamme de possibles. Le régime réellement observé dépend de ces **limites génétiques** et des possibilités offertes par le **milieu** selon les saisons.
L'obstacle dans le cas du renard peut venir de ce qu'il est tellement fortement l'archétype du carnivore que les élèves ne s'étonnent pas, n'acceptent pas de se poser le

problème des déterminants du régime.
Une autre difficulté déjà signalée à propos des représentations, c'est la difficulté à prendre en compte à la fois possibilités génétiques et milieu ; si l'on accepte finalement l'influence du milieu, on risque de la tenir pour seule déterminante, alors que ce qu'il est intéressant de construire, c'est les relations **fonctionnelles** entre les deux.

. Observations au cours d'un élevage

La conduite de tout élevage oblige à résoudre pratiquement la question de l'alimentation de l'animal et peut amener à se poser des questions sur les limites génétiques des possibilités d'alimentation qui sont les siennes.
Le choix d'animaux comme le chat, le chien, le lapin conduira à mettre l'accent sur la variabilité. Il peut permettre d'aborder la notion de **vicariance** : un aliment peut se substituer à un autre et lui être fonctionnellement équivalent. Cette notion pourra être reprise dans l'étude de réseaux pour relativiser les interprétations trop textuelles où, quand une population de proies diminue, la population de prédateurs n'a plus rien à manger.
A l'autre extrême, le choix de chenilles, pucerons, coccinelles permettra de bien faire comprendre la **détermination intrinsèque.** Il permettra également de construire facilement des **chaînes alimentaires** simples.
La limite de la situation dans le premier cas est que la grande variabilité occulte la notion de nécessité intrinsèque, et dans le deuxième cas, que le régime strict occulte la notion de relation fonctionnelle entre milieu et constitution génétique d'une part et la complexité des réseaux alimentaires d'autre part.

variabilité
plus ou moins grande
des régimes

1.2. Le régime alimentaire de plusieurs animaux d'un même milieu

Pour un milieu où l'on a pu faire des récoltes ou que l'on peut reconstituer en classe : mer et aquarium marin, mare, litière, toute la classe peut étudier d'emblée la question du réseau alimentaire de ce milieu à partir d'une question comme : comment maintenir l'équilibre dans une mare que l'on crée ? Ou bien des petits groupes d'élèves peuvent étudier parallèlement des animaux différents ; leurs résultats seront ensuite confrontés pour construire les interrelations alimentaires et comprendre comment elles s'organisent dans ce milieu (on pourra aboutir à une question comme celle-ci : s'ils se mangent tous entre eux, comment celà se fait-il qu'il en reste?).
Le même travail peut être conduit à partir d'une étude documentaire. Nous en verrons un exemple plus loin.

mise en relation
du régime de
quelques animaux
du même milieu

1.3. Une chaîne ou un réseau dans un milieu défini

On peut commencer un travail sur les relations alimentaires en donnant un texte ou en exposant une situation qui décrit une chaîne alimentaire ou un réseau dans un milieu défini, et en posant une question du type :
que se passe-t-il si on élimine telle espèce ? Comment pourrait-on faire pour diminuer, maintenir ou augmenter l'effectif de telle population ? On trouvera des exemples de situations de ce type dans l'article "Population".

actions sur l'écosystème ...

L'intérêt de ce point de départ est de poser d'emblée un problème lié à une **action de l'homme sur le milieu** ou encore aux **effets d'une transformation** de l'écosystème qui ne sont pas nécessairement voulus mais qui concernent l'homme directement ou indirectement. Le problème peut être présenté comme un problème théorique ou bien inscrit explicitement dans des pratiques sociales de référence. Dans les deux cas, il est important qu'il nécessite un détour théorique pour être résolu.

Il faut être attentif à plusieurs risques inhérents à ce genre de situations :
* une telle situation est nécessairement schématique, simplificatrice - elle ne retient qu'une partie des relations alimentaires par exemple. Si un certain nombre de concepts biologiques (comme par exemple niveaux trophiques, vicariance fonctionnelle, ou poser la question "par qui il est mangé" et pas seulement "que mange-t-il") n'ont pas été construits au préalable, comme c'est le cas si l'on débute par là, il faut veiller à les construire à cette occasion ou ultérieurement. Sinon on développera un raisonnement purement logique.
* un travail scientifique conduit à se décentrer, à envisager le réseau de relations complexes dans lequel est pris l'animal. Le problème utilitaire, si on s'y limitait, conduirait à écarter tout ce qui ne concerne pas directement l'homme.

qui posent des questions scientifiques à condition de ne pas se limiter au problème utilitaire

2. VERS LA NOTION DE REGIME ALIMENTAIRE. UNE TRAME PREVISIONNELLE

La proposition suivante a été élaborée à partir de travaux réalisés à plusieurs niveaux de classe à l'école primaire . C'est une tentative d'utilisation des analyses des chapitres précédents pour prévoir les représentations qu'on a des chances de rencontrer, définir les obstacles qu'on peut se fixer comme objectif de dépasser, proposer des activités et les énoncés qui pourront être construits. Elle se veut un outil de référence pour établir un projet à long terme, qui sera à réajuster dans chaque cas

particulier.
Une succession de situations est définie, où chaque situation est caractérisée par un obstacle à dépasser, une représentation correspondant à cet obstacle, une ou des activités proposées et un énoncé qu'il paraît possible de construire dans cette situation.

Situation 1
Objectif-obstacle : se nourrir est une évidence...mais n'est pas toujours compris comme une obligation absolue.
Représentation : "il y a des animaux qui ne mangent rien" (il en est de même pour les plantes que nous proposons de ne pas aborder pour l'instant).
Activités : rechercher dans la documentation si l'on trouve des animaux dont on dit qu'ils ne mangent pas ; recherches et discussion générale pour répondre à la question : "pourquoi se nourrit-on?"
Enoncé possible : "les animaux se nourissent pour grandir et pour vivre ; donc tous les animaux ont besoin de se nourrir".

construction progressive du concept de régime à l'école élémentaire

Situation 2
Objectif-obstacle : vision anthropomorphique de l'aliment
Représentation : par exemple "un morceau de bois, ça ne peut pas se manger"
Activité : approche de l'alimentation de quelques animaux (insectes par exemple)
Enoncé possible : "tous les animaux ne mangent pas comme nous ; ils peuvent manger des choses très différentes".

Situation 3
Objectif-obstacle : pas de liaison entre structure et fonction ; pas d'idée d'adaptation.
Remarque : on se heurte à la vision finaliste ("c'est fait pour"), obstacle qu'on arrive difficilement à dépasser. Il semble peu réaliste d'aborder la nutrition sur le plan enzymatique, en tout cas à l'école primaire. Il faudra y revenir plusieurs fois par d'autres biais.
Représentation : "un animal se nourrit des aliments qu'il aime, qu'il a envie de manger... mais on pourrait le forcer à manger autre chose".
Activité : Etude de quelques animaux morphologiquement adaptés et ne se nourissant que d'un type particulier d'aliment.
Enoncé possible : "la manière dont sont faits les animaux ne leur permet pas de manger n'importe quoi (carnivores, herbivores...)".

Formulation 1. "Le **régime alimentaire** d'**un** animal, c'est **ce qu'il mange**".

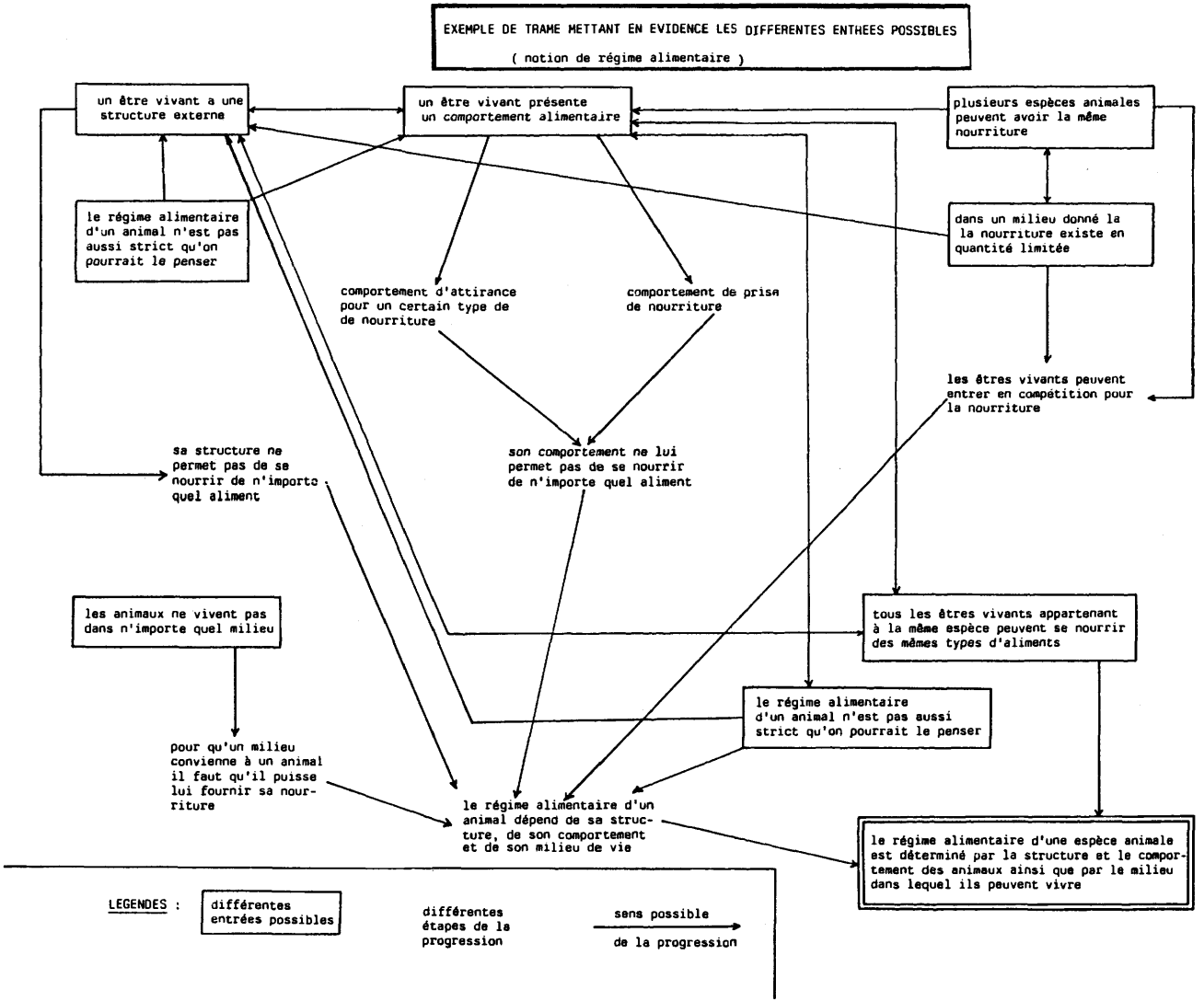
Situation 4
Objectif-obstacle : ne pas tenir compte des déterminants du comportement d'attirance pour une certaine nourriture
Cet obstacle est difficile à franchir car il n'est pas question d'aborder l'aspect génétique à proprement marler du problème à l'école primaire.
Représentations : les animaux ne vont vers les aliments qu'ils connaissent. Les préférences individuelles sont liées à des goûts subjectifs.
Activité : élevages dans lesquels on prive les animaux de leur nourriture habituelle et/ou on leur propose d'autres aliments
Enoncés possibles" : "les animaux sont seulement attirés par les aliments qu'ils peuvent manger" ; "on ne peut les forcer" ; "ils ont besoin d'une certaine nourriture".

Situation 5
Objectif-obstacle : les représentations sociales que l'on donne des animaux
Représentations : les fauves ne mangent que de la viande (renards y compris) ; les souris mangent du fromage...
Activité : étude de préférendums : on constate que les souris préfèrent la viande, les biscuits salés bien avant le fromage.
Enoncé possible : ce qui constitue un aliment possible pour un animal donné peut être différent et plus varié que ce que l'on a l'habitude de dire : il faut vérifier expérimentalement ou par des observation.

Situation 6
Objectif-obstacle : l'absence de prise en compte dans l'étude du régime alimentaire du comportement de prise de nourriture
Activité : étude du comportement de certains prédateurs (ex : le guépard)
Enoncé possible : pour qu'un prédateur se nourisse de proies, il faut qu'il puisse les attraper.

Situation 7
Objectif-obstacle : absence de différenciation entre un individu et l'espèce
Représentation : le lapin de l'élevage est pris comme synonyme de l'espèce Lapin ; tous les animaux de l'espèce Lapin mangent comme le lapin de l'élevage
L'obstacle est difficile à lever. Il faut reprendre la construction de la notion d'espèce à l'occasion de toutes les situations où cela est possible.

Formulation 2. "Le régime alimentaire d'une **espèce** animale, c'est ce que les animaux de cette espèce **peuvent** manger par rapport à ce que sont leur **structure** et leur **comportement**".


EXEMPLE DE TRAME METTANT EN EVIDENCE LES DIFFERENTES ENTREES POSSIBLES
(notion de régime alimentaire)
un être vivant a une structure externe
un être vivant présente un comportement alimentaire
plusieurs espèces animales peuvent avoir la même nourriture
le régime alimentaire d'un animal n'est pas aussi strict qu'on pourrait le penser
dans un milieu donné la la nourriture existe en quantité limitée
comportement d'attirance pour un certain type de de nourriture
comportement de prise de nourriture
les êtres vivants peuvent entrer en compétition pour la nourriture
sa structure ne permet pas de se nourrir de n'importe quel aliment
son comportement ne lui permet pas de se nourrir de n'importe quel aliment
les animaux ne vivent pas dans n'importe quel milieu
tous les êtres vivants appartenant à la même espèce peuvent se nourrir des mêmes types d'aliments
le régime alimentaire d'un animal n'est pas aussi strict qu'on pourrait le penser
pour qu'un milieu convienne à un animal il faut qu'il puisse lui fournir sa nourriture
le régime alimentaire d'un animal dépend de sa structure, de son comportement et de son milieu de vie
le régime alimentaire d'une espèce animale est déterminé par la structure et le comportement des animaux ainsi que par le milieu dans lequel ils peuvent vivre
LEGENDES :
différentes entrées possibles
différentes étapes de la progression
sens possible de la progression

Situation 8
Objectif-obstacle : absence de prise en compt du milieu
Représentation : tous les lapins mangent des carottes
Activités : discussion sur la possibilité de ne manger que des carottes pour un lapin ; étude d'un texte sur l'alimentation du lapin de garenne ; étude de la variation du régime alimentaire du renard, de l'étourneau, suivant les saisons (d'après un texte ou un diagramme)...
Enoncé possible : par rapport à ce qu'il peut manger, un animal ne se nourrit que de ce qu'il trouve dans son milieu.

Situation 9
Objectif-obstacle : considérer soit les contraintes intrinsèques à l'animal, soit les contraintes du milieu, mais pas les interactions fonctionnelles entre les deux
Activité : rédiger collectivement un court texte reprenant tous les énoncés construits dans diversqes situations, pour définir ce qu'est le régime alimentaire.

> Formulation 3. "Le régime alimentaire d'une espèce animale, c'est ce que les animaux de l'espèce peuvent manger et qui leur permet de grandir et de vivre. Il dépend de leur structure, de leur comportement et de ce qu'ils trouvent dans leur milieu de vie et qui peut constituer un aliment pour eux".

3. DEUX ACTIVITES DE CLASSE

Voici maintenant des exemples de tentatives de structuration de concepts relatifs aux relations alimentaires à partir de points de départ différents. Il s'agit de séquences de travail assez longues avec une même classe, où plusieurs situations ont été étudiées successivement.

3.1. Etourneaux et chouettes - CE2

deux animaux utiles ou nuisibles ?

A partir de l'étude de deux espèces ayant un statut différent par rapport à l'homme, le problème que la maîtresse veut poser dans cette classe est le suivant : quels éléments prendre en compte pour décider si un animal est utile ou nuisible, et par rapport à qui?

. 1ère activité

Les élèves utilisent un article de journal qui leur est distribué pour répondre aux questions : l'étourneau est-il

nuisible ou utile ? Comment est-il nuisible ?

Les énoncés suivants sont construits collectivement :
"Tout seul, l'étourneau ne provoque pas de dégâts.
Parce qu'il est en bandes il provoque des dégâts importants :
- par la quantité importante de nourriture mangée
- par le poids et les fientes de toute la bande ".

l'étourneau est en relation de concurrence alimentaire avec l'homme

Ici le régime de l'étourneau est donné comme quelque chose que l'on connaît et qui est fixé sans qu'on se pose de questions.
Dans l'article, il était question de variations saisonnières, mais la question conduit à ne retenir pour l'instant que ce qui gêne l'homme : le régime de l'étourneau en automne.

"Les étourneaux sont nuisibles en bandes car ils mangent les récoltes."

Ce qui est abordé, c'est la relation de concurrence avec l'homme. L'aspect quantitatif du régime permet d'évaluer l'importance des effets pour lui : ration alimentaire quotidienne d'un individu x nombre d'étourneaux dans une bande = quantité de récoltes détruites. Les élèves ont repris des calculs présents dans l'article pour aboutir à un ordre de grandeur des effets - nuisibles pour l'homme - des étourneaux sur les récoltes et définissent les deux éléments qui entrent eu jeu :

l'ordre de grandeur de ses effets est important

"Ce qui compte pour dire que l'étourneau est nuisible, c'est la quantité de grains qu'il mange par jour et le nombre d'étourneaux dans la bande."

. 2ème activité

Les élèves identifient ce que mange la Chouette-effraie, d'après la dissection de pelotes de réjection qui leur sont données.
La maîtresse privilégie le classement selon les formes de mâchoires des proies identifiées dans les pelotes et leur demande de compter le nombre de proies de chaque type.
Les élèves construisent un tableau et concluent :
"La chouette-effraie mange trois fois plus de rongeurs que d'insectivores."

Ici le régime de la chouette est déduit de la composition des pelotes de réjection. On ne se pose pas la question de la variation éventuelle de régime, mais on cherche à mettre en évidence la proportion relative des différents types d'animaux constituant la ration alimentaire de la chouette-effraie.

L'étude du régime alimentaire de la chouette est orientée par le projet d'établir une chaîne alimentaire. C'est pour cela qu'on différencie les proies des chouettes selon leur régime.

la chouette mange surtout des animaux nuisibles pour l'homme

Sinon, du point de vue de la survie de la chouette, on aurait pu étudier la quantité de nourriture qui lui est nécessaire dans la perspective d'établir une pyramide alimentaire, et étudier le nombre de chouettes qui peuvent survivre sur un territoire donné par exemple.
Ou encore, dans la perspective d'aboutir à une définition de régime en termes de nutriments, étudier de façon comparative le régime de chouettes vivant dans des milieux différents et réfléchir aux possibilités de vicariance.

. La maîtresse apprend aux élèves que la première forme de denture identifiée correspond à un régime granivore et la deuxième à un régime insectivore.
Ici le régime est lié à un élément de l'équipement génétique. Telles caractéristiques de la denture sont connues pour être liées à tel régime : à partir de sa denture, on peut identifier un animal comme ayant tel régime.

Notons le danger de glissement pour les élèves entre :
"la denture est un signe permettant d'identifier le régime" et "la denture détermine un seul type d'alimentation possible" (ce qui est faux, car la denture n'est qu'un des éléments déterminants).

. Les élèves écrivent ce qu'ils pensent de la nourriture de la chouette et une discussion est instaurée par la maîtresse à partir de leurs réponses. Elle leur demande de transformer en schéma l'une des réponses écrites "elle mange des rongeurs et des insectivores, du maïs, du blé, des insectes."

la représentation en chaînes alimentaires simples aide à penser les relations indirectes

Deux chaînes alimentaires simples sont construites :

chouette → rongeurs → blé, maïs
chouette → insectivores → insecte

Que construisent ici les élèves ? Que les effets de la chouette qui peuvent intéresser l'homme ne sont pas seulement directs (les animaux qu'elle mange), mais aussi indirects (elle détruit des animaux qui mangent les récoltes).
Ils organisent les relations alimentaires observées. le schéma les aide à penser les relations indirectes en proposant une vision simultanée mais où des niveaux sont définis d'éléments éloignés.
La maîtresse veut également qu'ils mettent en relation le travail sur les étourneaux avec celui-ci. Voici l'énoncé formulé en réponse à la question "que faut-il savoir pour pouvoir dire si la chouette est nuisible ou non?" :

1° La quantité de nourriture mangée par un rongeur par jour.
2° le nombre de rongeurs.

Le nombre de rongeurs considéré ici n'est pas comme avec l'étourneau, la bande, la population du champ ou du territoire de chasse de la chouette et encore moins le nombre de rongeurs mangés par les chouettes, mais le nombre de campagnols produit par un couple (40 petits qui se reproduisent à leur tour au bout d'un mois).
"Si on laissait les rongeurs se multiplier, au bout de quelque temps on n'aurait plus de champs".

pour décider si un animal est utile ou nuisible,

. la chouette mange aussi des insectivores qui sont utiles à l'homme, donc sous cet angle elle est nuisible, mais :
elle mange trois fois plus de rongeurs que d'insectivores. Le bilan est positif pour l'homme.

il faut connaître les caractéristiques qualitatives et quantitatives du régime

Cet aspect quantitatif (il s'agit d'un ordre de grandeur plus que d'une quantification) est introduit, comme le précédent, à cause du problème pratique en jeu. Ce qui intéresse l'homme, c'est l'ampleur des dégâts, c'est le bilan des effets positifs et négatifs, pour classer un animal, soit dans la catégorie utile, soit dans la catégorie nuisible. Il décidera ainsi de le protéger ou de le combattre.

Autrement dit, on évalue l'importance de la nuisance provoquée par une population de rongeurs (dont le nombre est estimé élevé parce que son taux de reproduction est élevé) et on déduit l'importance de l'utilité de la chouette et de son rôle dans la limitation de cette population de rongeurs.

les variations saisonnières

Par exemple, le caractère nuisible dépend des pratiques sociales (citadin, chasseur, cultivateur), des saisons (l'étourneau n'a pas le même régime selon les saisons). Si l'on prend une décision d'agir sur une population, il faut réfléchir à tous les autres éléments qui interviennent.

et les pratiques sociales auxquelles on se réfère

Dans une dernière phase, les élèves reprennent ce qui leur a paru le plus important dans les deux situations et construisent avec la maîtresse " les traces pour le cahier".

	Oui	Non
Etourneau	- En automne, parce qu'ils mangent beaucoup de céréales, et dévastent les cultures - Au printemps, pour les empêcher de se reproduire	
Chouette		- Parce qu'elle mange beaucoup plus de rongeurs (qui dévastent les récoltes) que d'insectivores - Parce qu'elle limite le nombre des rongeurs

Il y a là beaucoup de simplifications. Le niveau de formulation est assez élémentaire, mais n'oublions pas qu'il s'agit d'enfants de 8-9 ans (CE2) qui ne sont pas encore en mesure de raisonner sur des effets à long terme avec des interactions à plusieurs échelons.
Ces formulations seront reprises, complexifiées, remises en cause et reconstruites dans la suite de la scolarité.

3.2. Relations alimentaires dans le milieu forestier. 6°

Les élèves ont réalisés au cours des séances précédentes des fiches sur un animal de la forêt en ayant recours à une documentation. Toutes les fiches comportent des informations sur le régime alimentaire. Le professeur décide de partir de là pour commencer un travail sur les relations alimentaires.

. 1ère activité

Il propose la tâche suivante : établir les relations alimentaires entre les animaux étudiés ; construire un réseau.
Le réseau est élaboré collectivement au tableau. Le problème que discutent les élèves au cours de cette élaboration est : comment s'organisent les relations alimentaires dans la forêt ?
A cette occasion, les élèves font appel à d'autres problèmes nouveaux et ponctuels qui renvoient à d'autres concepts tels que :

comment s'organisent les relations alimentaires dans un milieu

. milieu
. décomposeurs
. producteurs
. biotope
. régime alimentaire.

Pour chaque problème, on peut noter une formulation qui soit lui répond, soit renvoie à un autre problème scientifique.

Exemple 1

Concept : décomposeur	Problème : Que mange le ver de terre ? Enoncé : "des végétaux qui sont dans la terre, qui commencent à pourrir, des végétaux en décomposition."

Exemple 2

Concept : Producteur	Problème : Que mangent les végétaux ? Enoncé : "pourquoi les végétaux mangent de l'eau, de la lumière, de la chaleur, et ne mangent pas des animaux ?"

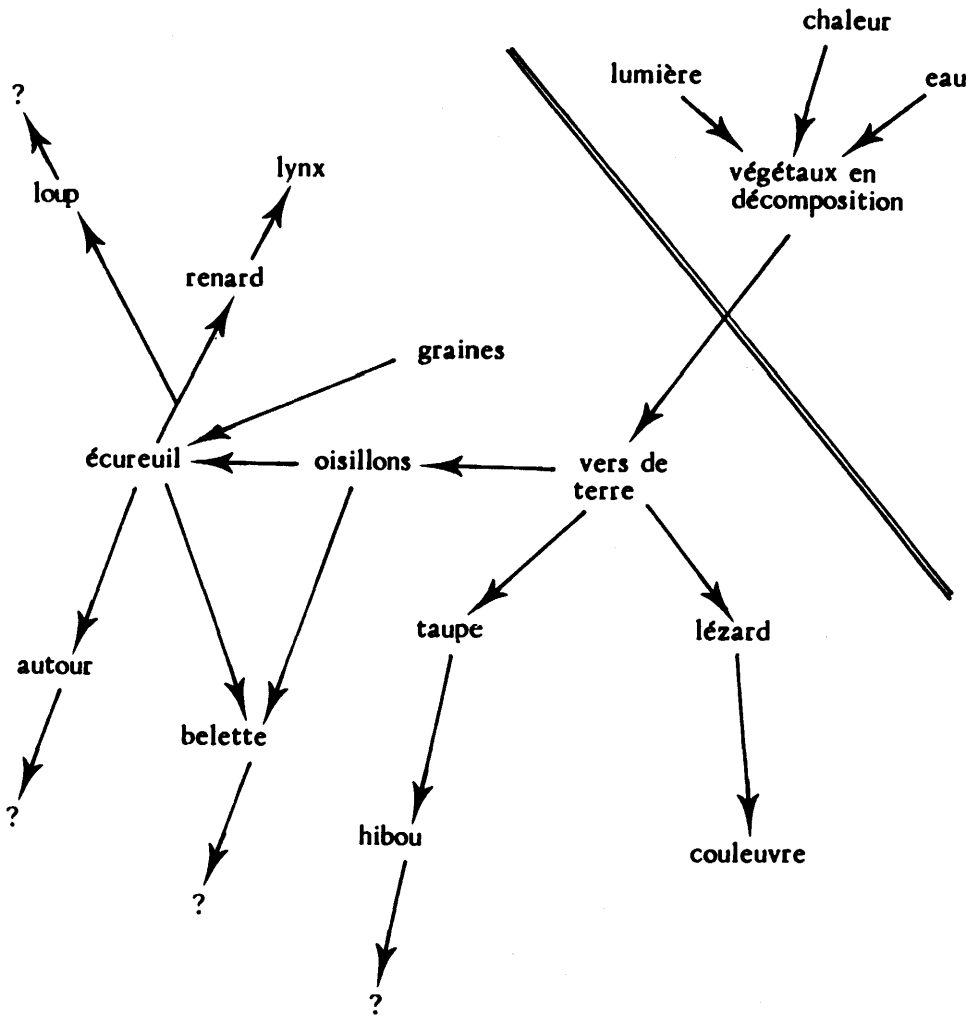
Les différentes formulations auxquelles les élèves aboutissent pourront leur permettre de réinvestir ces concepts pour comprendre et analyser comment fonctionnent d'autres milieux que le milieu forestier. Cela ne veut pas dire qu'ils auront déjà les réponses, mais qu'ils au-

ront des questions à poser.

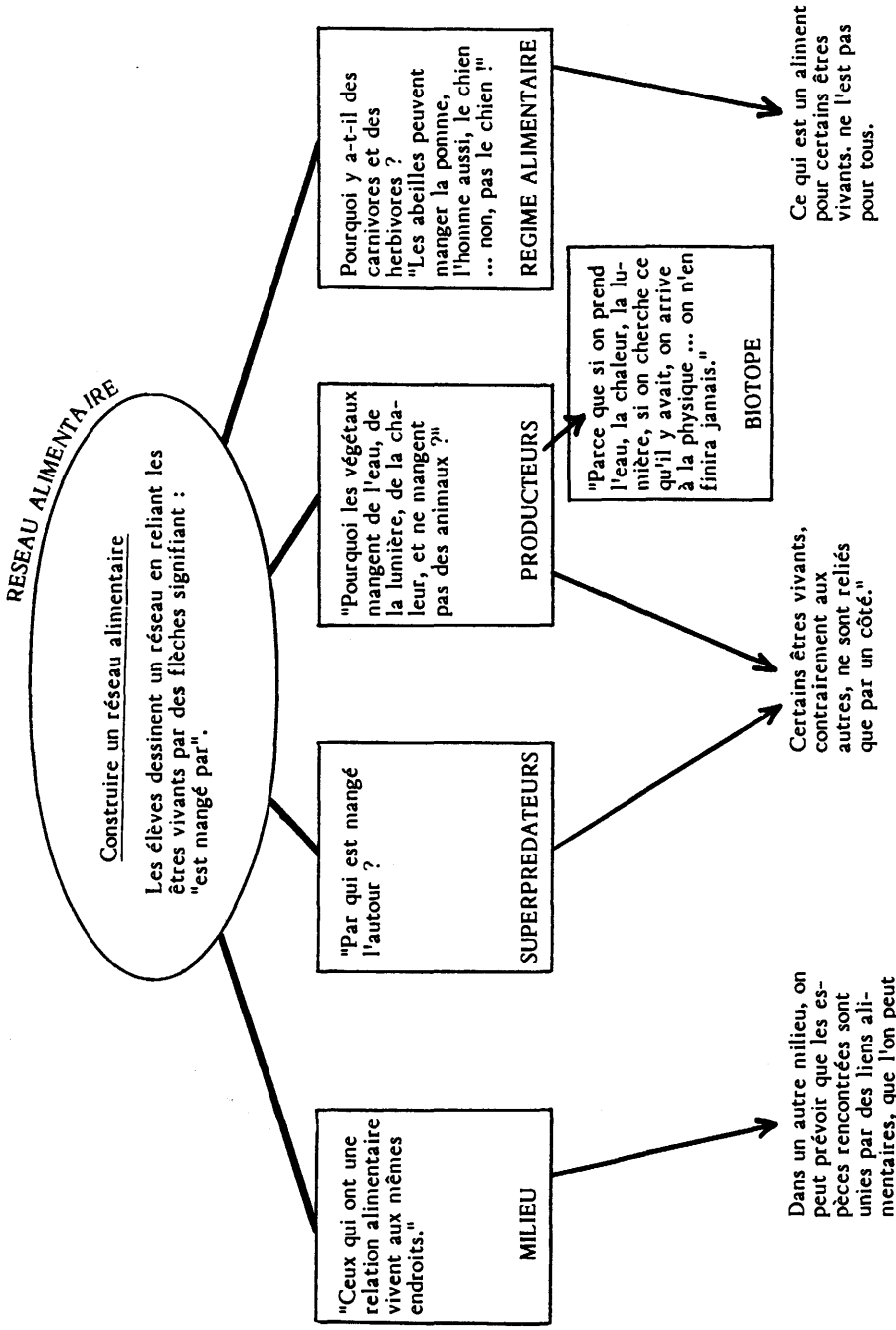
Ils peuvent ainsi, dans un autre milieu donné, prévoir -c'est-à-dire se demander si, vérifier que-, les espèces rencontrées sont liées par des liens alimentaires que l'on peut représenter sous la forme de réseau et que les végétaux et les superprédateurs de ce milieu seront aux extrémités de ce réseau.

On peut ainsi analyser cette séance et la résumer sous forme du document 12.

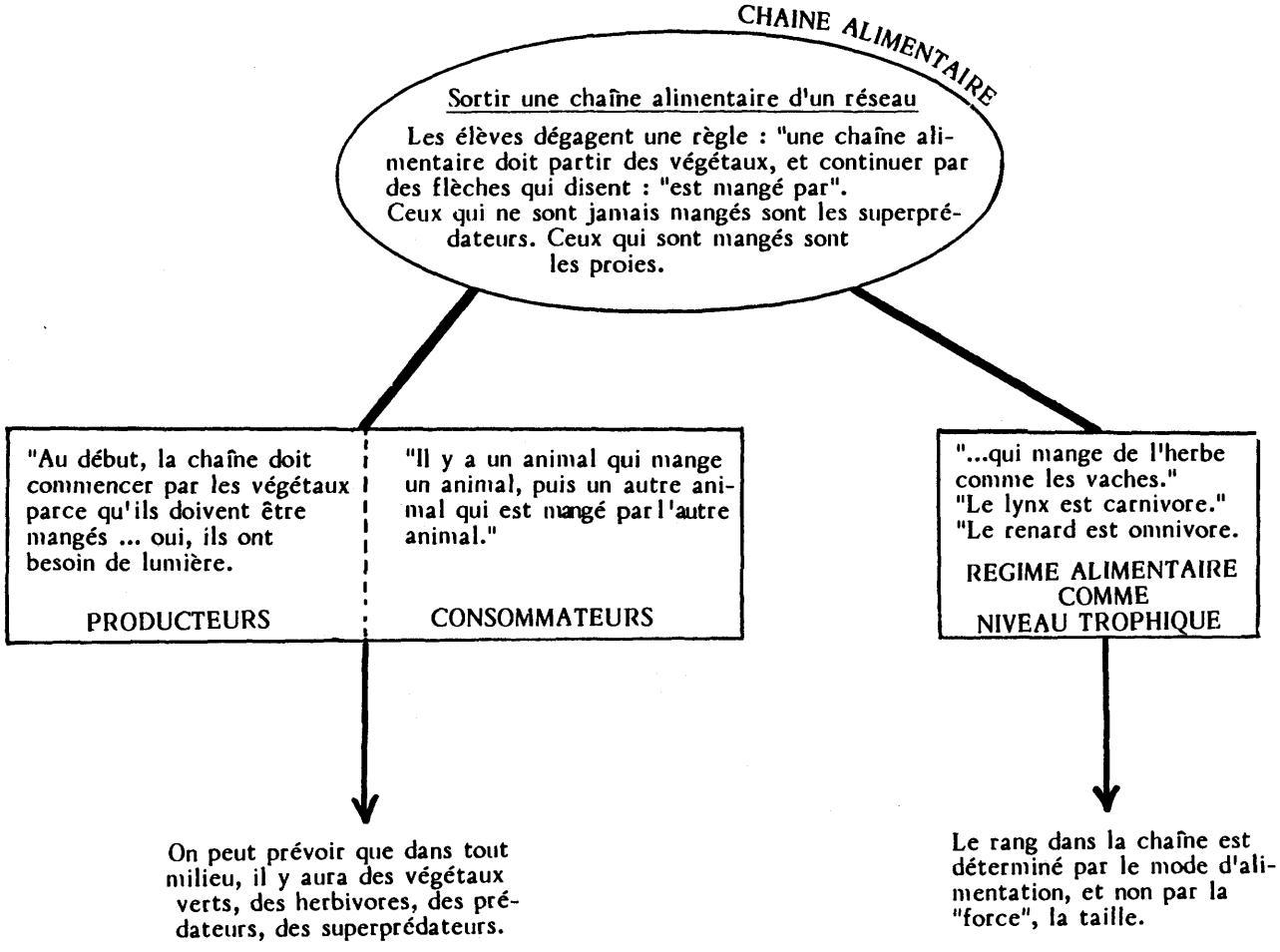
Voici le réseau qui a été construit dans cette séance.



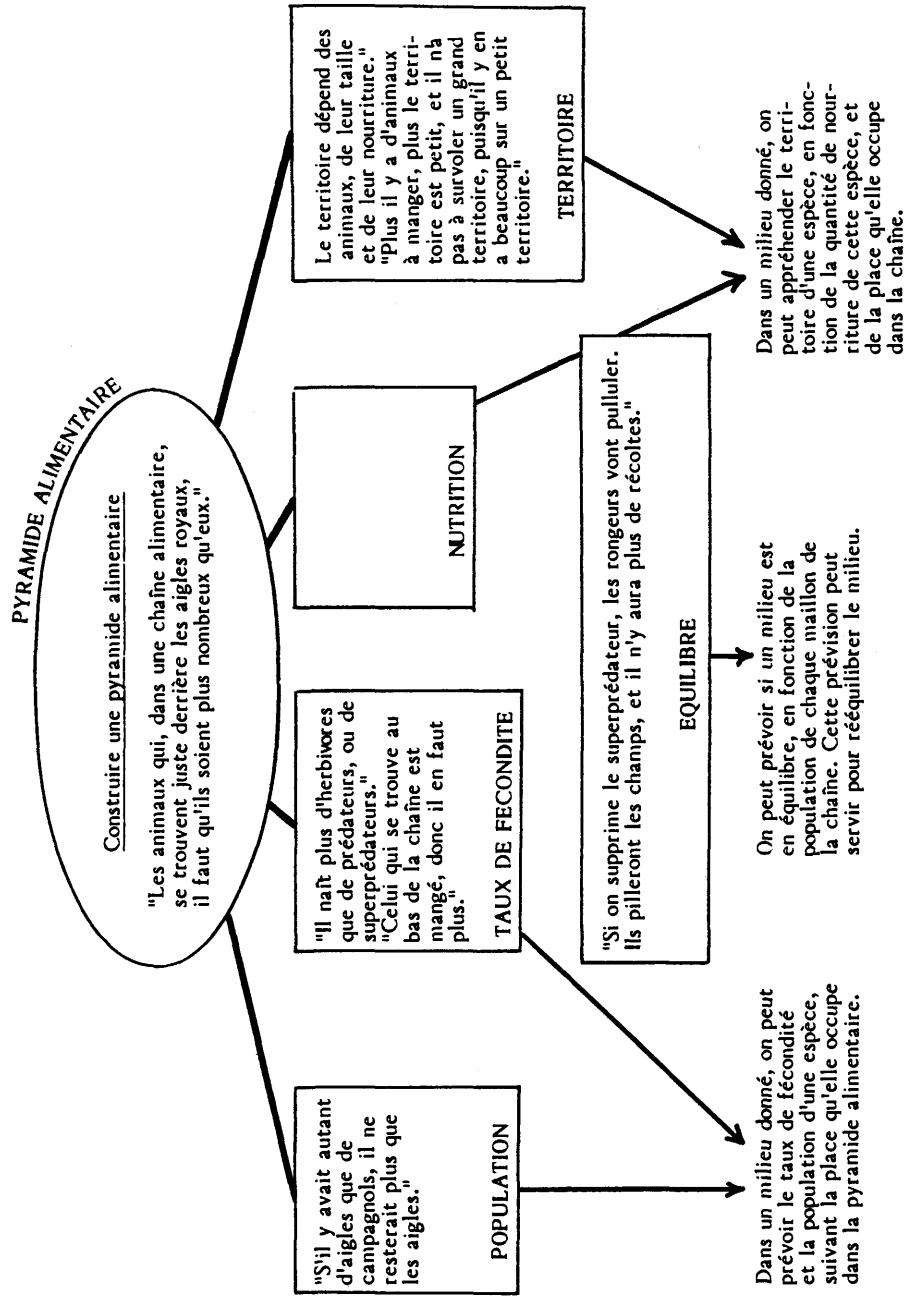
DOCUMENT 12


RESEAU ALIMENTAIRE
Construire un réseau alimentaire
Les élèves dessinent un réseau en reliant les êtres vivants par des flèches signifiant : "est mangé par".
"Ceux qui ont une relation alimentaire vivent aux mêmes endroits."
MILIEU
"Par qui est mangé l'autour ?
SUPERPREDATEURS
"Pourquoi les végétaux mangent de l'eau, de la lumière, de la chaleur, et ne mangent pas des animaux ?"
PRODUCTEURS
Pourquoi y a-t-il des carnivores et des herbivores ? "Les abeilles peuvent manger la pomme, l'homme aussi, le chien ... non, pas le chien !"
REGIME ALIMENTAIRE
"Parce que si on prend l'eau, la chaleur, la lumière, si on cherche ce qu'il y avait, on arrive à la physique ... on n'en finira jamais."
BIOTOPE
Dans un autre milieu, on peut prévoir que les espèces rencontrées sont unies par des liens alimentaires, que l'on peut représenter sous forme de réseau.
Certains êtres vivants, contrairement aux autres, ne sont reliés que par un côté."
Ce qui est un aliment pour certains êtres vivants. ne l'est pas pour tous.

DOCUMENT 13


CHAINE ALIMENTAIRE
Sortir une chaîne alimentaire d'un réseau
Les élèves dégagent une règle : "une chaîne alimentaire doit partir des végétaux, et continuer par des flèches qui disent : "est mangé par".
Ceux qui ne sont jamais mangés sont les superprédateurs. Ceux qui sont mangés sont les proies.
"Au début, la chaîne doit commencer par les végétaux parce qu'ils doivent être mangés ... oui, ils ont besoin de lumière.
PRODUCTEURS
"Il y a un animal qui mange un animal, puis un autre animal qui est mangé par l'autre animal."
CONSOMMATEURS
"...qui mange de l'herbe comme les vaches."
"Le lynx est carnivore."
"Le renard est omnivore.
REGIME ALIMENTAIRE COMME NIVEAU TROPHIQUE
On peut prévoir que dans tout milieu, il y aura des végétaux verts, des herbivores, des prédateurs, des superprédateurs.
Le rang dans la chaîne est déterminé par le mode d'alimentation, et non par la "force", la taille.

DOCUMENT 14


PYRAMIDE ALIMENTAIRE
Construire une pyramide alimentaire
"Les animaux qui, dans une chaîne alimentaire, se trouvent juste derrière les aigles royaux, il faut qu'ils soient plus nombreux qu'eux."
"S'il y avait autant d'aigles que de campagnols, il ne resterait plus que les aigles."
POPULATION
Dans un milieu donné, on peut prévoir le taux de fécondité et la population d'une espèce, suivant la place qu'elle occupe dans la pyramide alimentaire.
"Il naît plus d'herbivores que de prédateurs, ou de superprédateurs."
"Celui qui se trouve au bas de la chaîne est mangé, donc il en faut plus."
TAUX DE FECONDITE
NUTRITION
Le territoire dépend des animaux, de leur taille et de leur nourriture."
"Plus il y a d'animaux à manger, plus le territoire est petit, et il n'a pas à survoler un grand territoire, puisqu'il y en a beaucoup sur un petit territoire."
TERRITOIRE
Dans un milieu donné, on peut appréhender le territoire d'une espèce, en fonction de la quantité de nourriture de cette espèce, et de la place qu'elle occupe dans la chaîne.
"Si on supprime le superprédateur, les rongeurs vont pulluler. Ils pilleront les champs, et il n'y aura plus de récoltes."
EQUILIBRE
On peut prévoir si un milieu est en équilibre, en fonction de la population de chaque maillon de la chaîne. Cette prévision peut servir pour rééquilibrer le milieu.

. 2ème activité

La question posée aux élèves est de trouver les règles qui permettent de construire une chaîne alimentaire à partir d'un réseau : il s'agit d'aller plus loin dans l'organisation des relations alimentaires et en particulier de définir des rangs dans la chaîne, première définition de niveaux trophiques (voir document 12).

des concepts en réponse à des problèmes

. 3ème activité

A partir de données quantitatives fournies par un texte, les élèves sont amenés à se poser des questions autour de la notion de pyramide alimentaire (voir document 13).

Ainsi, dans ces trois séquences, un problème scientifique renvoie à un autre, une formulation qui lui répond renvoie à une autre, le concept qu'elle illustre renvoyant à plusieurs autres. Ce sont différents concepts qui se construisent en même temps de façon complémentaire ou par mise en contradiction.
Les pouvoirs nouveaux que tout le travail des enfants peut entraîner, ne seront vérifiables qu'ultérieurement, par le réinvestissement qu'ils feront de ces concepts en étudiant des milieux différents de celui de la forêt.

Ce tour d'horizon sur la notion de "relation alimentaire" nous a permis d'explorer un certain nombre d'aspects conceptuels, de repérer des difficultés et de décrire quelques itinéraires de classe. Il serait intéressant de poursuivre ce travail en reprenant plus systématiquement les objectifs-obstacles en fonction des niveaux de classe et les moyens de les dépasser.

Brigitte PETERFALVI
Equipe de didactique des
sciences expérimentales , INRP

Guy RUMELHARD
Lycée Condorcet, Paris
Equipe de didactique des
sciences expérimentales, INRP

Anne VERIN
Equipe de didactique des
sciences expérimentales, INRP

Ce texte est issu des travaux conduits par l'ensemble des participants à la recherche "Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales", et plus particulièrement par les personnes dont les noms suivent:

Marie-Andrée BIHOUES	*Collège "Henri Martin" - Saint-Quentin*
Alain BOURGUIGNON	*Collège "Jean Moulin" - Villefranche-sur-Saône*
Bernard CHANEL	*Lycée "Edgar Quinet" - Bourg-en-Bresse*
Nicole CHOMILIER	*Collège "Chantemerle" - Corbeil*
Guy COTTET-EMARD	*Ecole Normale - Vesoul*
Gérard DE VECCHI	*Ecole Normale - Melun*
Jacques DEWAELE	*Lycée "Jean Zay" - Aulnay-sous-Bois*
Pierre DIDKOWSKI	*Lycée "Albert Camus" - Bois-Colombes*
Maryse GUILLE	*Ecole Normale - Cergy-Pontoise*
Gabriel GOHAU	*Lycée "Janson de Sailly" - Paris*
Françoise GUILLOCHIN	*Collège "Jean Lurçat" - Saint-Denis*
André GUY	*Collège "Versailles" - Marseille*
Yvonne GUY	*Collège "Versailles" - Marseille*
Jean-Pierre JACOB	*Collège "A. Tavan" - Montfavet*
Jean-François JEZEQUEL	*Lycée "Champollion" - Grenoble*
Alain KERLAN	*Ecole Normale - Vesoul*
Catherine LAGET	*Collège "Jean Lurçat" - Saint-Denis*
Jacques LALANNE	*Collège "Jean Moulin" - Saint-Paul-les-Dax*
Alain MONCHAMP	*Lycée polyvalent - Plaisir*
Alain PILOT	*Lycée "Gabriel Fauré" - Paris*
Michel RACINE	*Collège "Beauregard" - Annecy*
Daniel RAICHVARG	*Ecole Normale - Livry-Gargan*
Christian ROSSI	*Ecole Normale - Vesoul*
Martine RUMELHARD	*Lycée "Albert Camus" - Bois-Colombes*
Marie SAUVAGEOT	*Collège "Marcel Aymé" - Marsannay-la-Côte*
Martine SZTERENBARG	*Collège "Romain Rolland" - Clichy-sous-Bois*
Claudine TOUDIC	*Collège "Calypso" - Montreuil-Bellay*
Gaston TOURAINE	*Collège - Montmorillon*

... NOUVEAU .....

inrp Centre de Documentation Recherche

PERSPECTIVES DOCUMENTAIRES EN SCIENCES DE L'EDUCATION

Perspectives documentaires en sciences de l'éducation se propose de vous orienter à travers la littérature spécialisée :

- en vous introduisant dans les différents domaines des sciences de l'éducation,
- en vous présentant le contexte du travail scientifique,
- en analysant les conditions de la production, de l'utilisation et de la diffusion des écrits,
- en guidant vos choix dans la recherche documentaire,
- en vous signalant toutes les nouvelles productions.

Perspectives documentaires en sciences de l'éducation se veut à la fois un instrument de documentation et un outil de formation pour tous ceux qui, à des titres divers, sont concernés par la recherche en éducation : chercheurs, formateurs de formateurs, enseignants, cadres du système éducatif, etc.

Perspectives documentaires en sciences de l'éducation est une publication périodique (3 livraisons par an), réalisée par le Centre de Documentation Recherche de l'INRP. La nouvelle formule débute avec la première livraison de l'année 1986, le numéro 8.

Prière de joindre un chèque libellé à l'ordre de M. l'Agent comptable de l'INRP. Une facture ne sera délivrée que sur demande expresse.

Nous vous remercions de bien vouloir envoyer votre Bulletin d'abonnement à INRP - CDR , 29 rue d'Ulm 75230 Paris Cedex 05

TARIFS (au 1er juin 1986) : Abonnement annuel (3 numéros)
France ..... 100 FF ttc
Etranger ..... 112 FF ttc
Vente au numéro ..... 40 FF ttc

L'ECOLOGIE EN LIVRES ET EN IMAGES

Claudine Toudic
Yvette Ginsburger-Vogel

Pour les enseignants et pour les élèves, de l'école élémentaire à la classe de seconde : des livres, des diapositives et des films permettant de se former et de s'informer sur tous les domaines de l'écologie.

Nous proposons les références de documents qui constituent des outils de travail pour les enseignants et leurs élèves en écologie.
En premier lieu, une bibliographie scientifique suivie d'une bibliographie sur la protection de la nature et de l'environnement destinée aux enseignants. Certains ouvrages ont un caractère militant, ils reflètent l'esprit qui a animé les écologistes dans les années soixante-dix. Il est frappant de constater combien cette décennie a été riche en publications marquant l'explosion de l'écologie.
Pour les enseignants de l'école élémentaire comme pour ceux du secondaire, il est important de pouvoir constituer un fonds documentaire à l'usage des élèves. Nous proposons une sélection d'ouvrages accessibles et correctement documentés. Nous n'en avons pas exclu les ouvrages de détermination car l'identification des êtres vivants animaux ou végétaux est indispensable à la pratique de l'écologie. Nous indiquons l'âge conseillé pour les lecteurs.
Enfin, les activités de classe font appel à des moyens audio-visuels, diapositives, films et maintenant vidéocassettes. Nous avons recensé les principaux documents existants qui peuvent être utilisés dans une perspective écologique.

1. BIBLIOGRAPHIE D'OUVRAGES A L'USAGE DES ENSEIGNANTS

1.1. Bibliographie en écologie scientifique

ACOT Pascal. **L'écologie**. Paris. PUF. Coll. Documents sciences humaines. 1977.

ACOT Pascal. "Eléments de réflexion sur l'origine du mot écologie". **Doc. pour l'histoire du vocabulaire scientifique**. n° 3. CNRS.

ACOT Pascal. "L'histoire de la lutte biologique". **Le courrier de la nature.** n° 75-76. 1981.

AGUESSE Pierre. **Clefs pour l'écologie.** Paris. Seghers. 1971. 2e éd. 1975.

ALLEE W.C., EMERSON A.E., PARK O. et SCHMIDT K.P. **Principles of animal ecology.** Philadelphie, Londres. Saunders. 1965 (1ère éd. 1949).

ARDREY Robert. **Le territoire.** Paris. Stock. 1966.

BARBAULT Robert. **Ecologie des populations et des peuplements, des théories aux faits.** Paris. Masson. 1981.

BARBAULT Robert. **Abrégé d'écologie générale.** Paris. Masson. 1983.

BARBIER Michel. **Introduction à l'écologie chimique.** Paris. Masson. 1976.

BARBAULT Robert, BLANDIN P. et MEYER J.A. **Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives.** Paris. Maloine. 1980.

BARNES R.K., MANN K.H. **Fundamentals of aquatic ecosystems.** Oxford, London, Edinburg, Boston, Melbourne. Blackwell Scientific Publications. 1980.

BERTALANFFY Ludwig Von. **Das Biologische weltbild.** Trad. française : **Les problèmes de la vie.** Paris. Gallimard. 1961.

BLONDEL Jacques. "Comment les oiseaux parviennent-ils à coloniser les îles et à y survivre ?" **Le courrier du CNRS** n° 45. 1982.

BLONDEL Jacques. **Biogéographie et écologie.** Paris. Masson. 1979.

BODENHEIMER F.S. **Précis d'écologie animale.** Paris. Payot. 1965.

BODENHEIMER F.S. **Animal Ecology today. Monographiae biologicae.** La Haye. Junk. 1958.

BOUGIS Paul. **Ecologie du plancton marin.** Tome 1 : le phytoplancton. Tome 2 : le zooplancton. Paris. Masson. 1974.

DE BRIOLAN J. **Ecoguide de la France.** Paris. Hachette. 1976.

C.E.R.F.I.D.E. "Tant qu'il y aura des arbres, pratiques et politiques de la nature, 1860-1970". **Recherches** n° 45.

CLARKE G.L. **Elements of ecology.** New York. Wiley. 1967.

CLEMENT-GRANDCOURT Michel. **Un étang ? Pour quoi faire ?.** Amiens. CRDP. 1982.

COLINVAUX Paul A. **Introduction to ecology.** New York. Wiley. 1973.

COLINVAUX P.A. **Les manèges de la vie ; cycles et ruses de la nature.** Paris. Seuil. 1982. Ed. originale : **Why big fierce animals are rare ?** Princeton University Press. 1978.

CONRY Yvette. **L'introduction du Darwinisme en France au XIXe siècle** Paris. Vrin. 1974.

DAGET Jacques. **Les modèles mathématiques en écologie.** Paris. Masson. 1976.

DAGET Philippe et GODRON Michel. **Vocabulaire d'écologie.** Paris. Hachette. 1979.

DAGOGNET François. **Le catalogue de la vie.** Paris. PUF. 1970.

DAGOGNET François. **Des révolutions vertes, histoire et principes de l'agronomie.** Paris. Hermann. 1973.

DAJOZ Roger. **Précis d'écologie.** Paris. Dunod. 1975.

DAJOZ Roger. **Dynamique des populations.** Paris. Masson. 1974.

DAVID J.R. "Ecologie et systématique : le point de vue d'un généticien". **Bulletin d'écologie.** Tome 12. 1981. n° 4 Déc. pp 408-412.

DREUX Philippe. **Précis d'écologie.** Paris. PUF. 1974.

DUVIGNEAUD Paul. **La synthèse écologique.** Paris. Doin. 1974.

EGERTON F.N. "Bibliographical guide to the history of general ecology and population ecology". **History of science** n° 15.

ELTON C. **Animal ecology.** London. Methuen Science Paperback. 1927. Rééd. 1966.

FARB Peter. **L'écologie.** Paris. Time-Life. 1970.

FRONTIER Serge. "Réflexions pour une théorie des écosystèmes". **Bulletin d'écologie.** Tome 84. 1977. pp 445-464.

GAUTHIER J.Y., LEFEUVRE J.C., RICHARD G. et TREHEN P. **Etho-écologie.** Paris. Masson. 1978.

GEORGE Pierre. **Population et peuplement.** Paris. PUF. 1972.

GODRON Michel. **Ecologie de la végétation terrestre.** Paris. Masson. 1984.

GOSZ James R., HOLMES Richard T., LIKENS Gene E., BORMANN F. Herbert., "Le flux d'énergie dans un écosystème forestier". **Pour la science.** n° 7. Paris. Belin. 1978. pp 100-110.

GUINOCHET Marcel. **Phytosociologie.** Paris. Masson. 1973.

KORMONDY E.J. **Concepts of ecology.** Londres. Prentice Hall. 1969.

LACOSTE Alain, SALANON Robert. **Eléments de biogéographie.** Paris. Nathan. 1969.

LAMOTTE Maxime, BOURLIERE François. **Problèmes d'écologie**. Paris. Masson. L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. 1969. L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. 1971. Problèmes de productivité biologique. 1967. La démographie des populations de vertébrés. 1975.

LEBRETON Philippe. **Eco-logique**. Paris. Interéditions. 1978.

LEGAY Jean_Marie et DEBOUZIE D. **Introduction à une biologie des populations**. Paris. Masson. 1985.

LEGENDRE L. et LEGENDRE P. **Ecologie numérique**. Tome 1 Le traitement multiple des données écologiques. 1979. Tome 2 La structure des données écologiques. 1979. Paris. Masson. 2ème éd. augmentée. 1984.

LEMEE Georges. **Précis de biogéographie**. Paris. Masson. 1967.

LEMEE Georges. **Précis d'écologie végétale**. Paris. Masson. 1978.

LIMOGES Camille. "De l'économie de la nature aux écosystèmes". **Spectres**. 1980.

LINDEMAN R. "The trophic-dynamic aspect of ecology". **Ecology**. 23. 1942.

LINNE Carl Von. **L'équilibre de la nature**. (1744-1752). Textes traduits par LIMOGES Camille et JASMIN Bernard. Paris. Vrin. 1972.

MAJOR J. Historical development in VAN DYNE G.M. **The ecosystem concept in natural resource management**. New York. Academic Press. 1969.

MAY Robert. "L'évolution des systèmes écologiques". **Pour la science** n°13. 1978.

MAYR Ernst. **Populations, espèces et évolution**. Paris. Hermann. 1974.

ODUM Eugene P. **Ecologie**. Montréal. Editions H.R.W. 1976.

ODUM Eugene P. **Fundamentals of ecology**. Philadelphia. Londres. Saunders. 1971. 3e éd.

OZENDA Paul. **Les végétaux dans la biosphère**. Paris. Doin. 1982.

PAVILLARD. **Eléments de sociologie végétale**. Paris. Hermann. 1935.

RAMADE François. **Ecologie des ressources naturelles**. Paris. Masson. 1981.

RAMADE François. **Eléments d'écologie appliquée**. Paris. Mc Graw-Hill. 1976.

RAMADE François. **Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale**. Paris. Mc Graw-Hill. 1984.

RAMADE François. **Ecotoxicologie**. Paris. Masson. 1979.

SACCHI Cesare F., TESTARD Paul. **Ecologie animale. Organismes et milieu.** Paris. Doin. 1971.

SAINT-MARC Philippe. **Socialisation de la nature.** Paris. Stock. 1971.

Sélection du Reader's Digest (éd.). Ouvrage coll. **Guide écologique de la France.** Paris. 1977.

SHELFORD V.E. "Some concepts of bioecology". **Ecology.** 12. 1931.

TANSLEY A.G. Notice nécrologique de Frederic Edwards Clements (traduction française). **Journal of ecology.** n° 34. Cambridge University Press. 1947.

TATON René. **Histoire générale des sciences.** Tome III. Paris. PUF. 1961.

TOUFFET Jean. **Dictionnaire essentiel d'écologie.** Rennes. Ouest France. 1981.

VERNADSKY W. **La biosphère.** Paris. Alcan.

VIEIRA DA SILVA Jorge. **Introduction à la théorie écologique.** Paris. Masson. 1979.

WATT K.F. **Principles of environmental sciences.** New York. Mc Graw-Hill. 1973.

WHITTAKER R.H. **Communities and ecosystems.** New York, London. Mac Millan. 1975.

WHITTAKER R. "Classification of plant communities". **Botanic review.** 1962. pp 1-238.

WIENER Norbert. **Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine.** Paris. Hermann. 1948.

1.2. Revues de langue française spécialisées en écologie

ACTA OECOLOGICA (oecologia generalis, applicata et plantarum). Gauthier-Villars.

BULLETIN D'ECOLOGIE : Organe trimestriel de la Société d'Ecologie. Secrétariat général : 4, avenue du Petit-Chateau - 91800 BRUNOY

LA TERRE ET LA VIE : revue trimestrielle d'écologie appliquée publiée par la Société Nationale de Protection de la Nature : 57, rue Cuvier - 75005 PARIS

VIE ET MILIEU - Laboratoire Arago. 66650 BANYULS

ECOLOGIE : publication trimestrielle éditée par A.P.R.E. 12 rue Neuve-du-Pâtis - 45200 MONTARGIS

1.3. Bibliographie sur la protection de la nature et de l'environnement - Ecologie politique

BARDE Jean Philippe, GARNIER C. **L'environnement sans frontières**. Paris. Seghers. 1971.

BELLAN Gérard, PERES Jean-Marie **La pollution des mers**. Paris. PUF. Que sais-je ? n° 1555. 1974.

BOMBARD Alain. **Protégeons la mer**. Paris. Nathan. 1977.

BONNEFOUS Edouard. **L'homme ou la nature ?**. Paris. Hachette. 1970.

BOUGUERRA Mohamed L. "Les pesticides et le tiers monde". **La Recherche** n° 176. Paris. 1986. pp 544-553.

BUQUET Léon. **Démographie**. Paris. Masson. 1974.

CENTRE D'ETUDE DE LA PREVENTION. **Pollution accidentelle des eaux**. Paris.

CHAUVIN Paul, ROUSSEL André. **La pollution atmosphérique**. Paris. PUF. Que sais-je ? n° 1330. 1974.

COLAS R. **La pollution des eaux**. Paris. PUF. Que sais-je ?.

CIESLIK Stanislas "L'ozone stratosphérique". **La Recherche** n° 68. 1976. pp 510-519.

COULMY D., PAGE J.P. **Les ressources de l'océan, mythe ou réalité** ? Paris. Presses de la Cité. 1974.

DOBZHANSKY Théodosius. "L'humanité a-t-elle un avenir ?". **La Recherche** n° 6. 1970. pp 519-526.

DOCUMENTATION FRANCAISE. Collection environnement :
Energie et environnement. 1972.
Pour une politique de lutte contre la pollution des mers (rapport G.I.P.M.). 1973.
La pollution par le mercure et ses dérivés. 1974.
Le livre blanc de l'eau en France.1974.
La pollution de l'air en France en 1973. 1974.

DORST Jean. **Avant que nature meure**. Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1978.

DORST Jean. **La nature dénaturée**. Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1965.

DUBOS René. **Les dieux de l'écologie**. Paris. Arthème Fayard. 1973.

DUMONT René. **L'utopie ou la mort**. Paris. Seuil. 1973.

DUPAS A. "Faut-il interdire la bombe F ?". **La Recherche** n° 61. 1975. pp 970-973.

ECKHOLM Erik P. **La terre sans arbres** Paris. Robert Laffont. 1977.

EHRLICH P. **La bombe P.** Paris. Arthème Fayard. 1972.

EHRLICH P. **Population, ressources et environnement.** Paris. Arthème Fayard. 1972.

FEDERATION FRANCAISE DES SOCIETES DE SCIENCES NATURELLES. **Les parcs nationaux.** Paris. C.R. Colloque Paris, juin 1970.

FRITSCH Pierre, SAINT-BLANQUAT Georges de. "La pollution par les nitrates". **La Recherche** n° 169. 1985.

GARNIER-EXPERT Christian. **L'environnement démystifié.** Paris. Mercure de France. 1973.

HOUEROU Henri-Noël. "La désertification des régions arides". **La Recherche** n° 99. 1979. pp 336-345.

JACQUIOT C. "Un problème d'écologie appliquée : la gestion et la sauvegarde des forêts françaises". **Bulletin de la société française d'écologie.** 1973. pp 203-207.

JOURDHEUIL Pierre. "Insectes contre insectes". **La Recherche.** n° 96. 1979. pp 4-13.

LABEYRIE V. "Modèles écologiques et aménagement de l'espace". **Experiencia.** 1972. pp 616-622.

LABEYRIE J. "Les aérosols". **La Recherche** n° 87. 1978. pp 209-219.

LANDSBERG Helmut. E. "L'influence de l'homme sur l'atmosphère". **La Recherche** n°31. 1973. pp 125-134.

LANIER Louis. "Les maladies de la forêt". **La Recherche** n° 44. 1974. pp 348-355.

LATOUR Chrysotile. "La pollution par l'amiante". **La Recherche** n° 89. 1978. pp 457-473.

LEBRETON Philippe. "Insecticides et oiseaux". **Bulletin mensuel de la Société Linn.** Lyon. n° 8-9. 1970.

LEBRETON Philippe. "La protection de la nature dans les Alpes". **Le courrier de la nature.** n° 32. 1974. pp 161-173.

LIEUTAGHI P. **L'environnement végétal.** Neuchâtel et Paris. Delachaux et Niestlé. 1972.

MARTIN Jean-Marie. "Le milieu estuarien". **La Recherche** n° 78. 1977. pp 425-434.

MEYBECK Michel. "La pollution des lacs". **La Recherche** n° 94. 1978. pp 965-974.

MICHAUD Jean-Luc. **Manifeste pour le littoral.** Paris. Berger-Levrault. 1976.

MOOCRAFT C. **La mer doit-elle mourir ?** Paris. Albin Michel.

MOSTERT N. **Les super tankers, menace sur les océans.** Paris. Robert Laffont. 1975.

MULLER Christian. "L'ozone de l'atmosphère". **La Recherche** n° 130. 1982.

PELLERIN Pierre. **Sauvons la mer.** Paris. Presse de la cité. 1976.

PELT Jean-Marie. **L'homme re-naturé.** Paris. Seuil. 1977.

RAFFIN Jean-Pierre et DROUILLEAU Alain. "Les parcs naturels en France". **La Recherche.** n° 17. pp 931-940.

RAFFIN Jean-Pierre. "Des parcs nationaux pour quoi faire ?" **La Recherche** n° 104. 1979. pp 1032.

RAMADE François. "La pollution de la biosphère par le mercure et ses conséquences". **Science Progrès Découverte.** 1972. pp 39-47.

RAMADE François. "La pollution par les composés organohalogènes" **La Recherche.** n° 69. 1976. pp 628-638.

RAMADE François. "Crise de l'énergie et ressources. Quelque réflexions d'un biologiste". **Bulletin de la société française d'écologie.** n° 5. 1974. pp 185-206.

ROSNAY Joël de. "La pollution par le soufre et ses remèdes". **La Recherche** n° 27. 1972. pp 884-886.

SCHAER J.P., VEYRET P., FAVARGER Cl., ROUGEOT P.C., HAINARD R. et PACCAUD O. **Guide du naturaliste dans les Alpes.** Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1982.

STIEGELE P., KLEE O. **Plus d'eau potable pour demain ?** Paris. Robert Laffont. 1975.

TAYLOR Gordon R. **Le jugement dernier.** Paris. Calmann-Lévy. 1970.

VADROT Claude-Marie. **Mort de la Méditerranée.** Paris. Le Seuil. 1971.

WARD B. et DUBOS R. **Nous n'avons qu'une terre.** Paris. Denoël. 1972.

WOOD John M. "Les métaux toxiques dans l'environnement". **La Recherche** n° 70. 1976. pp 711-719.

1.4. Revues de langue française sur la protection de la nature et la défense de l'environnement.

COMBAT NATURE : trimestriel édité par Edinat. BP 80 - 24003 PERIGUEUX

LE COURRIER DE LA NATURE : bimestriel, édité par la S.N.P.N. et la F.F.S.P.N., Fédération Française ses Sociétés de Protection de la Nature, 57 rue Cuvier, 75005 PARIS.

LE COURRIER DE LA BALEINE : mensuel des Amis de la terre, 14 bis rue de l'Arbalète. 75005 PARIS.

LA GUEULE OUVERTE : hebdomadaire édité par G.O.-C.N.V. - 71800 LA CLAYETTE.

L'IMPATIENT : mensuel, journal de défense et d'information des consommateurs de soins médicaux. B.P. 31. - 75622 PARIS CEDEX 13.

QUE CHOISIR ? : mensuel édité par l'Union Fédérale des Consommateurs, 6 rue du Général Delestraint 75016 PARIS.

LE SAUVAGE : mensuel édité par le Nouvel Observateur, 11 rue d'Aboukir - 75002 PARIS

1.5. Bibliographie sur Ecologie et Pédagogie

DAUBOIS Jeanne. **La nature et nos enfants.** Paris. Casterman. E3. 1973.

DEBESSE-ARVIVET M.L. **L'environnement à l'école : une révolution pédagogique.**

DEJEAN ARRECGROS Josette. **Je fais mon éducation écologique.** Paris. Leson. 1977.

DOCUMENTATION PHOTOGRAPHIQUE. **Notre planète : approche écologique.** n° 6008. Paris. La Documentation française 1973.

MATTHEY W., DELLA-SANTANA E. **Manuel pratique d'écologie.** Paris. Payot. 1984.

PORCHER Louis. **Pédagogie de l'environnement** Paris. Colin. 1975.

TEXTES ET DOCUMENTS POUR LA CLASSE. **L'enfant et l'environnement.** Paris. CNDP. 1974.

ZIMMERLI E. **Sciences et vie dans la nature, ou notre laboratoire en pleine nature.** Zurich. W.W.F.

2. BIBLIOGRAPHIE D'OUVRAGES A L'USAGE DES ELEVES : LIVRES, ALBUMS, GUIDES D'ACTIVITES PERMETTANT DE CONSTITUER UNE BIBLIOTHEQUE DOCUMENTAIRE DE CLASSE OU UN CENTRE DE DOCUMENTATION ET D'INFORMATION EN ECOLOGIE.

2.1. Ouvrages généraux et guides de détermination.

ADAMS R. **La nature aux quatre saisons** Paris. Centurion Jeunesse. 1977. A partir de 9 ans.

ANSCIEAU Gilbert. **Le familier de la nature.** Paris. Presses de l'Ile de France. 1946.

BANG P. **Guide des traces d'animaux.** Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1977.

CHINERY M. **Encyclopédie de la nature en couleurs.** Bias. 1977. A partir de 12 ans.

WALT DISNEY STUDIOS. **Manuel des castors juniors** (spécial nature). Paris. Hachette. 1977. A partir de 8 ans.

FELIX J. **Guide du promeneur dans la nature.** Paris. Hatier. 1977. A partir de 12 ans.

LE GARFF Bernard. **Connaître et reconnaître les traces d'animaux.** Rennes. Ouest-France. 1979. A partir de 10 ans.

JACOBS Una. **l'année du soleil.** Paris. Ecole des loisirs. A partir de 10 ans.

OTTENHEIMER L. **Le livre du printemps. Le livre de l'été. Le livre de l'automne. Le livre de l'hiver.** Paris. Gallimard. Coll. Découverte cadet. 1983.

PACCAUD Olivier. **A la découverte de la nature.** Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1972. A partir de 12 ans.

PELLERIN Pierre. **Le calendrier de la nature mois par mois.** Paris. Nathan. 1981. A partir de 10 ans.

PLANTAIN P.H. **Guide nature jeunesse.** Paris. Hachette. Coll. Guide Explo. Hachette. 1979. A partir de 12 ans.

THOMASSIN. **Multiguide des traces d'animaux.** Paris. Bordas.

TOUFFET Jean. **Dictionnaire essentiel d'écologie.** Rennes. Ouest-France. 1982. A partir de 14 ans.

2.2. Guides d'activités

BORNANCIN Bernadette. **Observons la vie des plantes.** Paris. Nathan. (livrets d'éveil scientifique). 1981. A partir de 10 ans.
Des animaux bien installés. Paris. Nathan (livrets d'éveil scientifique). 1981. A partir de 10 ans.

C.E.M.E.A. **Des moyens d'investigation pour l'étude du milieu.** Paris. 1976.

CHERRIER F. **Guide exploration de la nature.** Paris. Hachette. 1976. A partir de 10 ans.

DEJEAN-ARRECGROS J. **Je fais mon éducation écologique.** Paris. Leson. 1977. Coll. "Agir et connaître".

DURREL Gérald. **Le naturaliste en campagne.** Paris. Bordas. 1983. A partir de 12 ans.

FONDATION NUFFIELD. **Activités scientifiques d'éveil pour les enfants de 5 à 11 ans.** Paris. O.C.D.L. 1972.

GILSING P. **L'imagination au galop.** Paris. Plantin. 1976.

HANN Judith. **L'atelier du jeune scientifique.** Paris. Technique et vulgarisation. 1980. A partir de 12 ans.

LTEE HRW. **Pollution.** Paris. Vuibert. 1973. A partir de 12 ans.

LIMBOS Edouard. **Jeux écologiques.** Paris. Fleurus. 1982.

MITCHELL Alan. **Le jeune naturaliste.** Paris. éd. du Pélican. 1982. A partir de 10 ans.

2.3. Les différents milieux de vie

. Les prés et les champs

BORNANCIN Bernadette, MARCEAU Simone. **Les plantes de la haie.** Paris. Nathan (livrets d'éveil scientifique). 1982. De 8 à 12 ans.

CUISIN Michel. **A la campagne.** Paris. Hachette. Coll. La vie secrète des bêtes. 1982. A partir de 8 ans.

DUFLOS Solange. **Dans le pré.** Paris. Hatier. 1976. De 10 à 14 ans.

HANSEN Eric. **Le champ de blé.** Paris. Epigones. Coll. Ecoramage. 1981. A partir de 8 ans.

HANSEN Eric. **Dans la haie.** Paris. Epigones. Coll. Ecoramage. 1979. A partir de 8 ans.

LUCHT Irmgard. **L'année des prés.** Paris. Ecole des Loisirs. 1983. A partir de 8 ans.

WHITE John T. **Histoire d'une haie.** Paris. Centurion. 1981. A partir de 10 ans.

. Les fôrets et les bois

ANSCIEAU Gilbert. **Le familier de l'arbre.** Paris. Presses de l'Ile de France. 1959. A partir de 12 ans.

BOURNERIAS Marcel. **La forêt vivante.** Paris. Vuibert. Coll. Thèmes Vuibert : Biologie. 1976. A partir de 12 ans.

BRISEBARRE Anne-Marie. **La forêt.** Paris. Berger-Levrault. Coll. Leçons de choses. 1982. A partir de 10 ans.

COLOMBO Federica. **Les animaux de la forêt et des montagnes.** Paris. Hachette. Coll. Les animaux et leur milieu. 1976. A partir de 8 ans.

M. CUISIN. **Dans le bois et les forêts.** Paris. Hachette. Coll. La vie secrète des bêtes. 1979. A partir de 8 ans.

DUFLOS S. **Dans le bois.** Paris. Hatier. Coll. Ce que dit la nature. 1982. A partir de 10 ans.

GLOAGUEN Jean-Claude. **Connaître et reconnaître les arbres et les arbustes des forêts et campagnes.** Rennes. Ouest-France. 1982. A partir de 10 ans.

GRALHON Rose. **La forêt : un patrimoine à sauvegarder.** Paris. éd. de l'Ecole. 1976. A partir de 8 ans.

HUCHON Henri. **Connaissance de la forêt.** Paris. La maison rustique. 1977. A partir de 14 ans.

INGVES Gunilla. **Découvrons la forêt.** Paris. Dupuis. Coll. Voir et savoir. 1981. de 5 à 10 ans.

LUCHT Irmgard. **L'année des arbres.** Paris. Ecole des loisirs. 1978. A partir de 8 ans.

MARI Iela. **L'arbre, le loir et les oiseaux.** Paris. Ecole des loisirs. Coll. Lutin poche. 1979. A partir de 3 ans.

MABEY R. **Histoire d'un chêne.** Paris Albin Michel. 1983. A partir de 9 ans.

MONTAGARD Julie. **Guide de la forêt et de ses à-côtés.** Paris. La Courtille. 1977. A partir de 12 ans.

PORUBA M. **Guide du promeneur en forêt.** Paris. Hatier. 1981. A partir de 12-14 ans.

TAVERNIER Raymond. **Arbre quel est ton nom ?.** Paris. Bordas. Coll. Eveil par les activités scientifiques. 1978. A partir de 7-8 ans.

SOUTTER-PERROT Adrienne. **Le chêne.** Paris. Gallimard. (le premier livre de la nature). 1983. A partir de 4 ans.

SUMAN A. et M. **Animaux de la forêt**. Paris. Nathan (espaces naturels). 1980. A partir de 10 ans.

. **Eaux douces**

CHAUVIN Georges. **La vie dans les ruisseaux**. Rennes. Ouest-France. 1982. A partir de 12 ans.

CUISIN Michel. **Dans les lacs et les rivières**. Paris. Hachette. (la vie secrète des bêtes). 1978. A partir de 8 ans.

DEVELAY Michel. **L'étang, animaux du bord de l'étang**. Paris. Nathan. 1970. A partir de 7 ans.

DEVELAY Michel. **L'étang, guide d'activité**. Paris. Nathan. 1976. A partir de 8 ans.

DUFLOS Solange. **Au fil de l'eau**. Paris. Hatier. Coll. Ce que dit la nature. 1978. A partir de 12 ans.

HANSEN Eric. **Dans l'étang**. Paris. Epigones. Coll. Ecoramage 1982. A partir de 8 ans.

NURIDSANI Claude et PERENNOU Marie. "Tous les secrets d'une mare" **l'Univers d'OKAPI** n° 327. Paris. Bayard Presse. 1985.

PLANTAIN P.H. **Petit guide de l'étang**. Paris. Fleurus. 1975. A partir de 10 ans.

PIPONNIER Marcel. **Le petit peuple des ruisseaux**. Poitiers. CRDP. 1972. A partir de 12 ans.

SIRE Marcel. **L'aquarium, ses enseignements**. Paris. Boubée. 1953. A partir de 12 ans.

TASSIGNY M. **Initiation à l'aquariophilie par la bande dessinée**. Aquarama/Sopic 3 rue Pierre-le-jeune - 67000 STRASBOURG. 1983. A partir de 10 ans.

LE VAGUERESSE J. **La rivière isole**. Nature et Bretagne. 1984. A partir de 12 ans.

WOOLTON A. **Guide des lacs et étangs**. Paris. Hachette. 1981. A partir de 12 ans.

. **Mer et littoral marin**

CHAUMETON Hervé. **Les animaux du littoral**. Paris. Hachette. 1979. Coll. En savoir plus. A partir de 12 ans.

CHAUVIN Georges. **La vie dans les dunes**. Rennes. Ouest-France. 1983. A partir de 12 ans.

CLAUSTRES Georges et LEMOINE Cécile. **Connaître la flore et la végétation des côtes Manche Atlantique.** Rennes. Ouest-France. A partir de 14 ans.

CAMPBELL Andrew C. et NICOLLS James. **Guide de la faune et de la flore littorales des mers d'Europe.** Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1979. A partir de 14 ans.

DEVELAY Michel. **La mer, guide de reconnaissance.** Paris. Nathan. Coll. Rencontre avec... 1977.

DUFLOS S. **Au bord de la mer.** Paris. Hatier. Coll. Aventure de la nature. 1984. A partir de 10 ans.

MAHEO Brigitte et Roger. **Connaître et reconnaître les coquillages.** Rennes. Ouest-France. 1977. A partir de 12 ans.

PERROT J. **La mer pour la vie des hommes.** Paris. Larousse. 1978. A partir de 12 ans.

PIHAN. **Je récolte au bord de la mer.** Paris. Leson. A partir de 10 ans.

PLANTAIN P.H. **Guide explo des bords de mer.** Paris. Hachette. Coll. Guides explo. 1977. A partir de 10 ans.

PRIEUR J. **Connaître et reconnaître les oiseaux de mer.** Rennes. Ouest-France. A partir de 10 ans.

ROUX Charles. **La vie secrète des bêtes dans la mer** Paris. Hachette. 1982. A partir de 8 ans.

TOULMOND Annick. **Sous la mer, flore et faune.** Paris. Hatier. Guide point vert 1982. A partir de 12 ans.

TURQUIER Yves et LOIR Maurice. **Connaître et reconnaître la faune du littoral.** Rennes. Ouest-France. 1981.

. **Montagne**

BILLE René-Pierre. **A la découverte des bêtes de l'Alpe.** Paris. Ecole des loisirs. Coll. Visages de la nature 1968. A partir de 12 ans.

CUISIN Michel. **La vie secrète des bêtes dans la montagne.** Paris. Hachette. 1982.

DEJONGHE Jean-François. **Les oiseaux de montagne.** Maisons-Alfort. Ed. du Point Vétérinaire. 1983. A partir de 12 ans.

LOUX Françoise. **La haute montagne.** Berger-Levrault. 1981. A partir de 8 ans.

PLANTAIN P.H. **Guide explo de la montagne.** Paris. Hachette. Guides explo. 1978. A partir de 10 ans.

. **Milieu urbain (maisons, jardins)**

D'AMI R. **Les animaux de la maison et du jardin.** Paris. Hachette. Coll. La vie privée des animaux. 1968. A partir de 8 ans.

CHAUVIN Georges. **Les animaux des jardins.** Rennes. Ouest-France. 1982. A partir de 12 ans.

DEJONGHE Jean-François. **Les oiseaux des villes et des villages.** Maisons-Alfort. Ed. du Point Vétérinaire. 1983. A partir de 12-14 ans.

DUMAIL François et JAY Michel. **La vie des fourmis.** Paris. Nathan. Coll. Le monde en poche. A partir de 8-10 ans.

JACOBS V. **Le corbeau dans la ville.** Paris. Centurion Jeunesse. 1983. A partir de 8 ans.

LE TOUZEY Y. **Dans la ville.** Paris. Hatier. Coll. Ce que dit la nature. 1980. A partir de 10 ans.

MOURIER H. **Guide des animaux sauvages de nos maisons et jardins.** Neuchâtel, Paris. Delachaux et Niestlé. 1979.

2.4. Rôle de l'homme dans la nature

BORNANCIN Bernadette. **L'homme parmi les vivants.** Paris. Nathan. Coll. Doc. 8-12 ans. 1981. A partir de 10 ans.

BIBLIOTHEQUE DU TRAVAIL (B.T.) **Parcs et réserves naturelles.** Cannes. Publications de l'Ecole Moderne Française. 1976. A partir de 8 ans.

FOREMAN Michael. **Dinosaures et détritus.** Paris. Flammarion. 1972. A partir de 10 ans.

HARRIS A. **L'homme et son environnement.** Paris. Gamma. Bibliothèque visuelle Gamma. 1973. A partir de 12 ans.

MATHIEU L. **Terre, opération survie.** Paris. La Farandole. 1975. A partir de 14 ans.

PRACHE Denis. **Constructions, demain.** Paris. Centurion. 1977. A partir de 12 ans.

ROCHES G. **Parcs naturels et réserves de France.** Paris. Solar. Coll. La vie des bêtes. 1972. A partir de 12 ans.

VICTOR Paul-Emile. **Protégeons l'eau.** Paris. Nathan. 1978. A partir de 12 ans.

WILSON R. **Espèces menacées.** Ed du Fanal. 1980. A partir de 12 ans.

2.5. Revues :

Bibliothèque de travail
Publication de l'Institut coopératif de l'Ecole Moderne, Pédagogie Freinet.
Publications de l'Ecole Moderne Française - B.P. 282-06403 CANNES CEDEX.
Librairie C.E.L. Alpha du Marais 13, rue du Temple 75004 PARIS.

Fiches techniques et pédagogiques
Revue bimestrielle
Espaces et recherche - 12, rue Paul Doumer - 15000 AURILLAC

La hulotte
Société de Protection de la Nature des Ardennes - Boult-aux-Bois - 08240 BUZANCY.

Jeunes années
Jeunes années magazine
Publications trimestrielles de Francs et Franches Camarades.
10-14, rue Tolain - 75020 PARIS.

Okapi
Revue bimestrielle comportant des "dossiers" maintenant édités en livrets dans la collection "Documents Okapi".
Bayard Presse - 3, rue Bayard - 75008 PARIS.

Textes et documents pour la classe
C.N.D.P. - 15, rue du Four - 75270 PARIS CEDEX 06

2.6. Revues proposant des analyses et sélections de livres scientifiques pour les jeunes

Lire pour comprendre
Association pour une meilleure vulgarisation des connaissances pour la jeunesse.
Bibliothèque publique - 6, place de France - 91300 MASSY.

La revue des livres pour enfants
6 numéros par an comprenant un supplément Science/technique/jeunesse publié avec la collaboration de la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette.
La joie par les livres - 8, rue Saint-Bon - 75004 PARIS.

3. DOCUMENTS AUDIO-VISUELS

3.1. Généralités : Ecologie, Ecosystèmes

Diapositives
Notions d'écosystème.
Diapofilm - 18 dia. + notice.

Problèmes de l'environnement. Milieux contraignants et sociétés agressives.
Diapofilm - 18 dia. + notice.

L'homme et la nature : approche écologique
Documentation française - 12 dia. + notice.

Nature et environnement.
Diatrex - 72 dia. + notice.

Grands schémas écologiques.
Nathan - 9 dia.

Que faire sur le terrain : milieu et végétation.
Hatier - 30 dia. + notice.

Exercices d'observation et de réflexion écologiques.
CNDP - 24 dia. + notice.

. Films 8 et 16mm

Ecologie
Hachette - Vidéo-cassette

Donnez-moi la terre dit Collins.
CNDP - 16 mn.

A la croisée des chemins. Ecologie, sensibilisation à la "conscience écologique".
Ministère agriculture.

Le cycle de l'azote.
Ministère agriculture.

3.2. Notions de milieu et de biotope

Diapositives

Les milieux bioclimatiques (climats, végétation, sols et utilisation des sols dans le monde).
Diapofilm - 24 dia.

Milieux de France et d'Europe : Diapofilm.
I - Types de forêts, 12 dia.
II - Landes et rochers - 12 dia.
III - Espaces cultivés - 12 dia.
IV - Milieux aquatiques : rivières, marais, lieux humides - 12 dia.
V - Etage alpin - 18 dia.

Un milieu terrestre : la forêt.
Colin - 12 dia.

Ecologie de la forêt.
Nathan - 16 dia.

La forêt.
O.N.F. - 48 dia.

La forêt.
CNDP - 16 dia. + notice.

La forêt, une société végétale.
Cannes - CEL.
B.T. son + 12 dia. + cassette + revue.

Les arbres de la forêt.
Diapofilm - 12 dia.

Eléments d'écologie forestière : Le chêne et la chênaie.
CRDP Orléans - 12 dia. + notice.

Un milieu vivant : le chêne pédonculé.
Diapofilm - 12 dia.

L'arbre, monde vivant.
CNDP - 12 dia. + 1 disque.

Les arbres de la forêt méditerranéenne.
CNDP Nice - 30 dia. + notice.

La faune de la forêt.
CNDP Evry - 16 dia. + notice + disque.

Métamorphose d'un arbre.
CNDP - 16 dia. + notice + 1 disque.

Une grande forêt domaniale : Fontainebleau.
CNDP - 16 dia. + 2 disques.

La vie dans l'arbre mort.
CNDP

Etude de deux milieux naturels : étang et forêt.
Diapofilm - 12 dia. + notice.

Un milieu d'eau douce : l'étang.
Colin - 12 dia.

L'étang et sa végétation.
Hatier - 20 dia.

Le marais poitevin
CNDP - 16 dia. + notice.

La Brière.
CRDP Nantes - 16 dia. + notice.

Les marais salants de Guérande.
CRDP Nantes - 16 dia. + notice + cassette.

La Camargue.
CNDP - 16 dia. + notice.

En promenade au bord de la mer.
CNDP - 16 dia. + 2 disques.

Ecologie des rivages.
Nathan - 16 dia.

Un milieu marin : une côte exposée aux marées.
Colin - 12 dia.

Le milieu maritime : Le Boulonnais.
CRDP Lille - 36 dia. + notice.

Dans l'herbe d'un pré.
CNDP - 16 dia. + 1 disque.

La haie et l'environnement
Hatier - 20 dia.

Micro flore d'un jardin.
CRDP Toulouse - 20 dia. + notice.

Un jardin méditerranéen.
CRDP Nice - 24 dia. + notice.

Quelques écosystèmes : zones tempérées et tropicales.
Afrique : milieu physique, climat, sol, flore, faune.
Diapofilm - 12 dia. + notice.

Rôle des facteurs climatiques - Diapofilm.
I Lumière, chaleur et froid, 12 dia.
II Humidité, sécheresse, vent et neige, 12 dia.

Rôle des facteurs édaphiques.
Diapofilm - 12 dia.

Constituants et types de sols.
Diapofilm - 12 dia.

Facteurs climatiques et édaphiques.
SEPT/SECAS - 12 dia. + notice.

Sols et végétation - CRDP Poitiers.
- Sol et végétation en forêt de meulière, 12 dia.,
- L'homme et la forêt - 12 dia.

La vie à la conquête du béton.
CNDP - 16 dia. + notice.

La lutte contre les incendies de forêt.
CNDP - dia.

Autour d'un aquarium.
CNDP - 16 dia. + 2 disques.

Aux îles Galapagos.
CNDP - 16 dia. + 2 disques.

Les îles Kerguelen.
CNDP - 16 dia. + notice.

Films

Demain la forêt.
CNDP - 16 mn.

Un monde à vos pieds : sol et vie du sol.
Ministère agriculture.

Vie animale dans le sol.
CNDP

Forêt de Bielovège.
Ministère agriculture.

Quand la terre et les eaux se mêlent.
CNDP - 16 mn.

Un écosystème aquatique : l'étang, aspect méthodologique.
CNDP - 16 mn.

Un écosystème aquatique : l'étang, sa vie.
CNDP - 16 mn.

La vie cachée des étangs.
CNDP - 16 mn.

L'étang : écologie.
Biolab - Super 8 mn.

L'étang.
Ministère agriculture.

La vie cachée des ruisseaux.
CNDP - 16 mn.

Le marais : écologie.
Biolab - Super 8 mn.

Du côté de Noardermeer.
CNDP - 16 mn.

La tourbière à épinettes.
Ministère agriculture.

Le castor.
CNDP - 16 mn.

Aimez-vous la mer ?
Ministère agriculture.

Grève de Roscoff à marée basse.
CNDP - 16 mn.

Le milieu algal.
Biolab - Super 8 mn.

Histoire d'un monde en miniature.
CNDP - 16 mn.

Un monde de Savane.
CNDP - 16 mn.

Un monde boréal.
CNDP - 16 mn.

La montagne vivante (flore et faune).
CNDP - 16 mn.

Bouquetins des Alpes.
CNDP - 16 mn.

Les marmottes.
CNDP - 16 mn.

Terre d'oiseaux.
CNDP - 16 mn.

En attendant le retour du printemps.
CNDP

Ecologie du sol.
Biolab - Super 8 mn.

La vie animale dans le sol.
CNDP - 16 mn.

Ver de terre, aspects écologiques.
CNDP - 16 mn.

La terre et les hommes.
ESSO - 16 mn.

Technique du labour.
ESSO - 16 mn.

Comment la plante se nourrit : photosynthèse, facteurs limitants.
Ministère agriculture.

La sablière du lièvre.
CNDP - 16 mn.

L'écloserie : rôle des facteurs du milieu en aquaculture.
Ministère agriculture.

Les animaux des plages.
Biolab - Super 8 mn.

La vie sous un rocher.
Biolab - Super 8 mn.

3.3. Relations trophiques au niveau des communautés biologiques ou des populations et lutte biologique

Diapositives

Deux chaînes alimentaires : la haie, le champ cultivé.
Nathan - 16 dia.

Chaînes alimentaires et équilibres biologiques.
Diapofilm - 12 dia + notice.

La chouette et les rapaces de nuit.
CNDP - 12 dia + disque.

Pucerons, fourmis et coccinelles.
CNDP - 12 dia. + disque.

Lutte biologique.
Nathan - 16 dia.

Films

La forêt qui change + chaîne alimentaire.
Ministère agriculture.

Un étang : la chaîne alimentaire.
Biolab - Super 8 mn.

Le repas du rapace.
CNDP - 8 mn.

Le comportement prédateur de la vipère Aspic.
CNDP - 16 mn.

Le prédateur de la mouche : Marmaniella vitripennis.
CNDP - 16 mn.

Coccinelles et pucerons.
CNDP - 8 mn.

Petit puceron tout gras.
Ministère agriculture.

Les pucerons des arbres fruitiers - notion de parasitisme.
Ministère agriculture.

Un plus petit que soi (rôle des insectes dans la destruction des chenilles).
CNDP - 16 mn.

Aleurodes, lutte biologique.
CNDP - 8 mn.

Thaumetopoea (lutte contre la chenille processionnaire).
Ministère agriculture.

Les Huns (lutte antiaviaire en Afrique).
Ministère agriculture.

Le Gambusie, démoustication.
CNDP - 8 mn.

Les insectes du potager - insecticides et lutte biologique.
Ministère agriculture.

Condamnés au progrès - lutte contre les nuisibles en agriculture - lutte biologique.
Ministère agriculture.

L'alimentation de l'étoile de mer.
CNDP - 8 mn.

L'alimentation de l'anémone de mer.
CNDP - 8 mn.

L'épeire capture de la proie.
CNDP - 8 mn.

Capture des proies par l'araignée.
Nathan - Super 8 mn.

L'alimentation du crabe.
CNDP - 8 mn.

L'alimentation de l'écrevisse.
CNDP - 8 mn.

La larve d'aeschne, alimentation.
CNDP - 8 mn.

La larve de dytique comportement.
CNDP - 8 mn.

La larve de moustique comportement.
CNDP - 8 mn.

L'alimentation du papillon.
CNDP - 8 mn.

L'alimentation de la sauterelle.
CNDP - 8 mn.

Le bousier, comportement.
CNDP - 8 mn.

La nèpe, comportement.
CNDP - 8 mn.

Le brochet, alimentation.
CNDP 8 mn.

Grenouille, alimentation.
CNDP - 8 mn.

Couleuvre, alimentation.
CNDP - 8 mn.

Lézard, nutrition.
CNDP - 8 mn.

Repas du rapace.
CNDP - 8 mn.

Le chat, alimentation.
CNDP 8 mn.

Comportement alimentaire du lapin.
CNDP - 8 mn.

La taupe, déplacement et nutrition.
CNDP - 8 mn.

Le hanneton, comportement de l'adulte.
CNDP - 8 mn.

Le comportement prédateur de la vipère aspic.
CNDP - 16 mn.

La Daphnie.
CNDP - 16 mn.

La mante religieuse.
CNDP 16 mn.

Vie dans une flaque après la marée.
Biolab - Super 8 mn.

3.4. Variations d'abondance des populations

Diapositives

Formes saisonnières de la végétation (étude dynamique).
Diapofilm - 12 dia.

Les végétataux et les saisons.
Hatier - 24 dia. + notice.

Ce que dit la nature : La plaine au printemps.
Hatier - 20 dia + notice.

Ce que dit la nature : la montagne en hiver.
Hatier - 20 dia + notice.

Ce que dit la nature : la forêt en automne.
Hatier - 20 dia + notice.

Les rythmes saisonniers chez les vertébrés.
CNDP - 12 dia.

Variations saisonnières de la population de la mare.
CNDP - 24 dia.

Films

La montagne vivante (flore et faune).
CNDP - 16 mn.

Les quatre saisons d'un petit écureuil.
CNDP - 16 mn.

3.5. Aire de distribution, territoire et mode de dispersion des populations

Diapositives

Relations intervégétales et groupements végétaux.
Diapofilm - 12 dia.

Facteurs de la répartition : multiplication et dissémination.
Diapofilm - 12 dia.

Films

Défense du territoire chez cichlasoma nigrofasciatum.
CNDP - 8 mn.

La tanière du renard.
CNDP - 16 mn.

Le gobius, présentation.
CNDP - 8 mn.

L'épinoche, reproduction.
CNDP - 8 mn.

Le coucou.
Cinéastes animaliers associés - 16 mn.

3.6. Fécondité et comportement reproducteur

Films

Fucus, rencontre des gamètes.
CNDP - 8 mn.

L'oursin, reproduction.
CNDP - 8 mn.

L'escargot, reproduction.
CNDP - 8 mn.

Limnée, reproduction.
CNDP - 8 mn.

L'accouplement du crabe.
CNDP - 8 mn.

Naissance d'une écrevisse.
CNDP - 8 mn.

La daphnie.
CNDP - 8 mn.

Le grillon, reproduction.
CNDP - 8 mn.

Le hanneton, comportement de l'adulte.
CNDP - 8 mn.

Développement du puceron.
CNDP - 8 mn.

Le combattant.
CNDP - 8 mn.

L'épinoche, reproduction.
CNDP - 8 mn.

Le Gambusie, reproduction.
CNDP - 8 mn.

La reproduction d'un poisson ovipare.
CNDP - 8 mn.

La chatte, mise-bas.
CNDP - 8 mn.

Le sanglier, reproduction.
CNDP - 8 mn.

L'île aux tortues.
CNDP - 16 mn.

Amours et combats.
CNDP - 16 mn.

Aptenodytes forsteri (manchots)
CNDP - 16 mn.

Brame des cerfs.
CNDP - 16 mn.

La daphnie.
CNDP - 16 mn.

Rite nuptial des combattants.
CNDP - 16 mn.

L'instinct maternel chez les oiseaux.
CNDP - 16 mn.

L'instinct maternel chez les poissons.
CNDP - 16 mn.

3.7. Notion d'équilibre

Diapositives

Environnement (l') : la diversité, facteur d'équilibre.
CNDP - 24 dia + livret.

Relations entre les êtres vivants.
Hatier - 30 dia. exercices + 22 exercices.

Les rapports entre les êtres vivants.
Colin - 12 dia.

Chaînes alimentaires et équilibres biologiques.
Diapofilm - 12 dia + notice.

Peut-on freiner l'avance des déserts ?
CNDP - 16 dia + notice + disques.

Films

Donnez-moi la terre dit Collins.
CNDP - 16 mn.

Le dernier refuge.
CNDP - 16 mn.

3.8. Rôle de l'homme

Diapositives

Rôle de l'homme. Diapofilm.
- Dégradation et régression - 12 dia.
- Reforestation et progression - 12 dia.

Intervention de l'homme dans la nature.
Nathan - 16 dia.

La protection de la nature.
Diapofilm - 24 dia + notice.

Place de l'espèce humaine dans la nature. Protection de la nature.
Diapofilm - 18 dia + notice.

L'industrie du bois en France.
Centre technique du bois - Paris - 27 dia + notice.

L'eau.
Ministère environnement - 54 dia + 54 fiches.

L'eau et l'homme.
Nathan - 12 dia.

Le cycle de l'eau, source de vie.
Diapofilm - 15 dia + notice.

Le traitement des eaux usées.
Nathan - 12 dia.

Une station d'épuration des eaux usées.
CRDP Dijon - 12 dia + notice.

L'océan menacé
CNDP - 16 dia + 2 disques.

Est-il trop tard pour sauver les baleines ?
CNDP 12 dia + disque.

Les oiseaux et les marées noires.
CNDP - 12 dia + notice + disque.

Dans une île du Pacifique : l'homme et la nature.
CNDP - 16 dia + notice + 2 disques.

Les pollutions.
Documentation française - 12 dia + notice.

La pollution atmosphérique.
CRAMP - 29 dia + notice.

Le parc National dela Vanoise.
CNDP - 16 dia + notice.

Un paysage à sauver : le bocage.
CNDP - 16 dia + notice.

Un paysage à protéger : la côte d'Azur.
CNDP - 16 dia + 2 disques.

Le renard.
CNDP - 12 dia + disque.

L'âne, un animal qui disparaît.
CNDP - 12 dia + disque.

Films

Donnez-moi la terre dit Collins.
CNDP - 16 mn.

Le dernier refuge.
CNDP - 16 mn.

Pour que le monde ne se défasse.
ESSO - 16 mn.

Paysages de notre vie.
ESSO - 16 mn.

L'exemple frappe plus que la menace, protection de l'environnement.
Ministère agriculture.

La France de demain, protection de l'environnement.
Ministère agriculture.

Demain, la forêt.
CNDP - 16 mn.

Forêt du lendemain.
CNDP - 16 mn.

La forêt et les plaideurs, sylviculture, incendies de forêt.
Ministère agriculture.

Forêt en flamme.
CNDP - 16 mn.

Forêt pluviale.
CNDP - 16 mn.

Chronique du Bercé, sylviculture.
Ministère agriculture.

De la source à la mer : pollution et épuration des eaux.
ESSO - 16 mn.

L'eau rendu à la vie.
ESSO - 16 mn.

Indices biologiques de pollution en eau courante, eau et pollution (pour 2e cycle).
Ministère agriculture.

S.O.S. Galapagos.
CNDP - 16 mn.

Comment s'en débarasser ? (ordures ménagères).
Ministère agriculture.

La forêt et la ville-forêt et environnement - pollution - production d'oxygène.
Ministère agriculture.

Parcs Nationaux.
Ministère agriculture.

Chasser en France.
Ministère agriculture.

Chassez le naturel - les excès de la chasse.
Ministère agriculture.

La fin d'un mythe - rôle de l'homme - disparition des loups.

Un ennemi invisible : le rat.
CNDP - 16 mn.

Un sur dix mille (prolifération des parasites et méthodes de lutte).
Ministère agriculture.

Quelques adresses :

BIOLAB 8, rue Bobillot - 75013 PARIS

CEFILM Cinémathèque des entreprises, prêt gratuit de films et vidéo cassettes - 15 bis, rue Marignan - 75008 PARIS

COOPERATIVE DE L'ENSEIGNEMENT LAIC
B.P. 282 - 06403 CANNES

CNDP 13, rue du four - 75270 PARIS CEDEX 06

CENTRE TECHNIQUE DU BOIS
6, avenue de St Mandé - 75012 PARIS

COLIN 103, bd St Michel - 75240 PARIS CEDEX 05

DIAPOFILM 1, rue Villaret de Joyeuse - 75854 PARIS CEDEX 17

DOCUMENTATION FRANCAISE
31, quai Voltaire - 75340 PARIS CEDEX 07

G.E.P.M.I. Groupement d'Etude pour la Protection des Milieux Naturels et modifiés - 14-16 rue des Cailloux Olympe - 92110 CLICHY

HATIER 8, rue d'Assas - 75278 - PARIS CEDEX 06

SERVICE CINEMATOGRAPHIQUE DU MINISTERE AGRICULTURE
78, rue de Varenne - 75700 PARIS

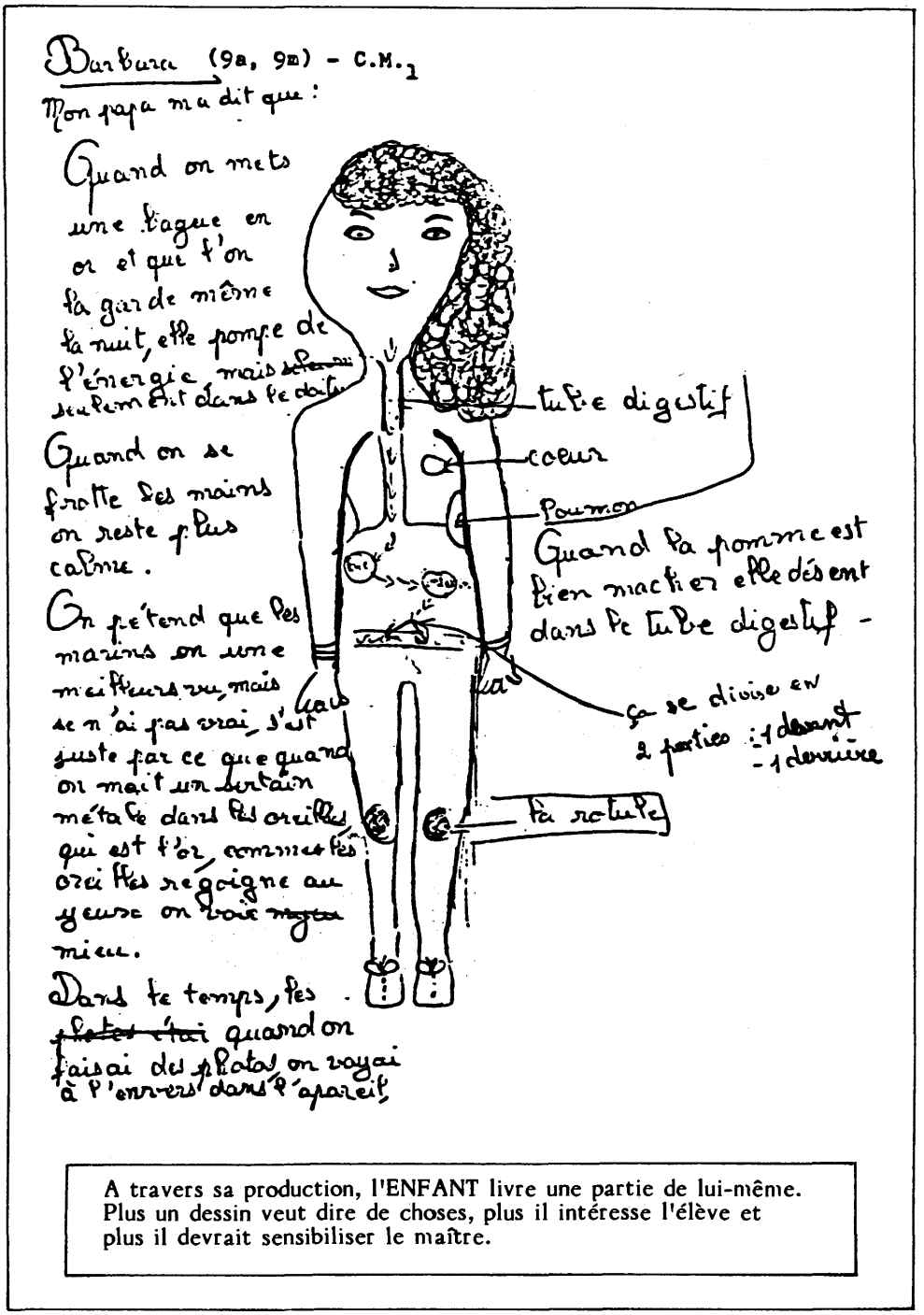
MINISTERE ENVIRONNEMENT - 14 bd du Général Leclerc - 92521 NEUILLY

NATHAN 9, rue Médain - 75676 PARIS CEDEX 14

OFFICE NATIONAL DES FORETS
2 avenue de St Mandé - 75012 PARIS

La collecte de l'essentiel de ces références a été effectuée par
Claudine TOUDIC
professeur de biologie
Collège Jules Renard - LAVAL
aidée par
Yvette GINSBURGER-VOGEL
professeur de biologie
Collège Mondétour - ORSAY

La bibliographie en écologie scientifique a été complétée par Jean-Pierre ASTOLFI, Anne-Marie DROUIN et Guy RUMELHARD.



A travers sa production, l'ENFANT livre une partie de lui-même. Plus un dessin veut dire de choses, plus il intéresse l'élève et plus il devrait sensibiliser le maître.

UTILISATION DES REPRESENTATIONS ENFANTINES EN BIOLOGIE ET FORMATION DES MAITRES

Gérard De Vecchi

Cet article reprend quelques-unes des idées développées dans une thèse traitant de la prise en compte des représentations (1).
En classe, leur utilisation constitue une somme d'outils de prédiction et de prévention, mais aussi d'élaboration et de diagnostic. Dans le cadre de la formation des maîtres, les représentations sont précieuses car elles éclairent sur le "quoi" et le "comment" enseigner. Elles permettent en outre de comprendre comment se construit le savoir scientifique.

S'il y a quelques années les émergences des représentations étaient considérées comme des "perles" alimentant les bêtisiers, aujourd'hui, assez souvent, on les qualifie de "très intéressantes", quelquefois on les répertorie...et on ne va guère plus loin.
Mais **que faire de ces représentations ?**
C'est à ce niveau que se situe notre recherche. Nous avons essayé de fournir quelques éléments de réponse à certaines questions qui alimentent le débat actuel sur ce thème.

1. LES REPRESENTATIONS EN TANT QUE CONCEPT PEDAGOGIQUE

les représentations : non pas des idées simples, mais bien des concepts

Pour nous, une représentation correspond à une structure sous-jacente, à un modèle explicatif organisé, le plus souvent simple et logique, personnel ou d'origine sociale qui est en rapport avec une structure de pensée et un niveau d'évolution. Ce modèle se trouve actualisé par une activité ou une famille de questions et peut évoluer au fur et à mesure que se construisent les concepts.

chacun possède bien des représentations

Les représentations constituent un phénomène général ; elles existent non seulement chez les élèves, mais aussi chez les adultes (donc les enseignants) qui peuvent les transmettre aux enfants quelquefois inconsciemment. On

---

(1) Gérard DE VECCHI. **Modalités de prise en compte des représentations enfantines en biologie à l'école élémentaire et leur intérêt dans la formation des maîtres.** Thèse de troisième cycle. Université de Paris VII. 1984.

DOCUMENT 1

L'HISTOIRE DES SCIENCES NOUS MONTRE L'UNIVERSALITE DES REPRESENTATIONS

A titre d'exemple, analysons quelques écrits de Descartes, dans son traité de la formation du foetus publié en 1664, il dit :

"Le foetus, à cause de la sympathie de mouvement avec sa mère, projette un pénis en quelque sorte du dos de sa mère, c'est-à-dire que la racine en est du côté du dos maternel, et l'extrémité du côté de l'ombilic. Par là il se fait que, si la tête du foetus est du côté de l'ombilic maternel, et ses fesses du côté de l'épine dorsale, il devient mâle et son pénis se projette au-dehors. Si, au contraire, la tête de l'embryon est du côté de l'épine et ses fesses du côté de l'ombilic, il devient femelle : son pénis, en effet, se recourbe du côté de l'ombilic maternel vers les parties intérieures de l'embryon. Il est dès lors permis de conjecturer pourquoi les mâles ont plus d'esprit : c'est qu'effectivement la partie la plus pure de la semence a pu être portée plus haut, et par suite avait plus de force. De même, pourquoi ils sont plus robustes : c'est que l'épine du foetus se nourrit presque aux dépens de l'épine maternelle. De même, pourquoi les femelles ont des parties postérieures plus fortes : c'est que, contre l'abdomen de la mère, qui est plus mou que l'épine, elles peuvent plus aisément s'étendre".

On sent bien dans ce passage, combien une représentation sociale, l'inégalité flagrante des sexes, détermine l'analyse "biologique" (et non le contraire !).

Jean Rostand explique en citant Descartes comment, par exemple, celui-ci fait dériver l'embryon animal du .....

"mélange confus de deux liqueurs. Servant de levain l'une à l'autre, elles se réchauffent en sorte de quelques-unes de leurs particules, acquérant la même agitation qu'a le feu, se dilatent, et pressent les autres et, par ce moyen, les disposent peu à peu en la façon qui est requise pour former les membres".

ou encore

"les gouttes de semences sont d'abord toutes semblables, mais, la chaleur y agissant comme dans les vins nouveaux lorsqu'ils bouillent, elle fait que quelques-unes de ces particules s'assemblent vers quelque endroit de l'espace qui les contient, et que là, se dilatant, elles pressent les autres qui les environnent ce qui commence à former le coeur".

Quant à la représentation mécaniste sous-jacente, elle est utilisée maintes fois par Descartes ainsi pour expliquer les sensations et la mémoire : la glande pinéale est rendue mobile par les *"esprits animaux"* projetés vers elle quand les objets extérieurs *"frappent nos sens"* ; la mémorisation serait due au fait que cette glande pinéale pourrait se mouvoir de la même manière en l'absence de tout objet, cela à cause de *"traces"* que les esprits auraient laissées dans le cerveau.

Pourquoi cette utilisation quasi-exclusive du mouvement pour expliquer le fonctionnement de l'homme ? Descartes, dans son traité de l'homme, publié en même temps que son traité de la formation du foetus, écrit :

"Je désire que vous considériez que ces fonctions suivent toutes naturellement, en cette Machine, de la seule disposition de ses organes, ne plus ne moins que font les mouvements d'une horloge ou autre automate, de celle de ses contrepoids et de ses roues..."

Si on se replace dans le contexte de l'époque, Christian Huygens, physicien, géomètre et astronome hollandais, vient d'appliquer les principes du pendule et du ressort spiral à l'élaboration des montres et des horloges. Georges Canguilhem écrit qu'à cette époque, "la montre à régulateur devient le modèle de l'univers" (1) cela explique tout. Et pourtant, c'est bien Descartes qui dans son discours de la méthode, a précisé que l'homme, qui se distingue de l'animal par le fait qu'il possède le *"bon sens"* et la *"raison"*, peut parvenir à la vérité en suivant quelques préceptes fondamentaux dont le premier est pour lui *"de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie que je ne la connusse évidemment être telle"*

(1) Georges CANGUILHEM. Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie. Paris. Vrin. 1977.

les retrouve de la même manière quand on se penche sur l'histoire des sciences, et les interprétations qu'elles induisent peuvent parfois être assez cocasses (voir document 1).

les arguments avancés pour les négliger ne tiennent pas

Il semble difficile de soutenir aujourd'hui que, dans l'enseignement, la prise en compte des représentations soit néfaste et que celles-ci ne soient pas utilisables. Les arguments les définissant comme trop complexes, trop variées, ou les accusant d'être une source de perte de temps, ne sont pas très réalistes ; il est vrai que, quelquefois, certaines représentations peuvent s'incruster ou même "parasiter" d'autres élèves de la classe si on n'y prête pas garde, mais surtout si on ne conduit pas leur confrontation jusqu'au bout. Par contre, quand on "oublie" d'en tenir compte, on se place à côté de la réalité enfantine et on risque de ne faire "apprendre" aux élèves que des mots vides de sens, ce qui s'avère très peu rentable (voir document 2). On s'aperçoit d'ailleurs que chez les élèves-instituteurs on retrouve souvent les mêmes représentations fausses que chez les enfants n'ayant encore jamais traité le sujet considéré; seul l'"emballage" change, celui-ci étant constitué par une représentation plus complexe, souvent abusive et par l'usage d'un vocabulaire se voulant plus "scientifique", mais qui n'est pas du tout intégré (voir document 3). Il n'y a donc pas toujours de logique adulte venant "naturellement" se substituer aux représentations préalables.

on doit viser leur transformation ...

L'évolution du savoir ne se traduit pas par une "destruction" de ces représentations préalables, comme semble le penser Bachelard, mais plutôt par une transformation ; il s'agira, pour le maître, de faire "avec" et non "contre". Pour cela, une "bonne explication simple, claire et bien structurée, provenant de Celui qui Sait", est rarement efficace même si, comme le préconise Migne, le maître prend soin de faire émerger les représentations fausses, d'apporter la connaissance exacte, de mettre en évidence les erreurs des élèves et d'analyser les raisons pour lesquelles elles ont pu être commises. Seules les confrontations des représentations erronées avec celles d'autres élèves, avec les faits, les documents, les expériences... et surtout la prise en compte de ces représentations comme étant des modèles sous-jacents souvent beaucoup plus vastes que leurs émergences ponctuelles, ont quelques chances d'aboutir. Les représentations sont **à la base** de toute explication, de toute construction de connaissances.

par d'incessantes confrontations

DOCUMENT 2

QUAND ON "OUBLIE" DE TENIR COMPTE DES REPRESENTATIONS

TEXTE RELEVE SUR LE CLASSEUR DES ELEVES

(d'après l'instituteur, ce résumé a été construit avec les enfants.)

Description	Le globule blanc ou leucocyte est une cellule qui possède un noyau entouré de cytoplasme et d'une membrane cytoplasmique
Déplacement	Ce cytoplasme étant très déformable, les globules blancs se déplacent lentement en produisant des prolongements appelés pseudopodes
Rôle	Les leucocytes, attirés par les microbes, ont pour rôle de les détruire ; ils poussent des pseudopodes de manière à les englober puis les digérer ; ce phénomène s'appelle la phagocytose.

COMPARAISON AVEC QUELQUES REMARQUES ENFANTINES

(recueillies après apprentissage de la leçon).

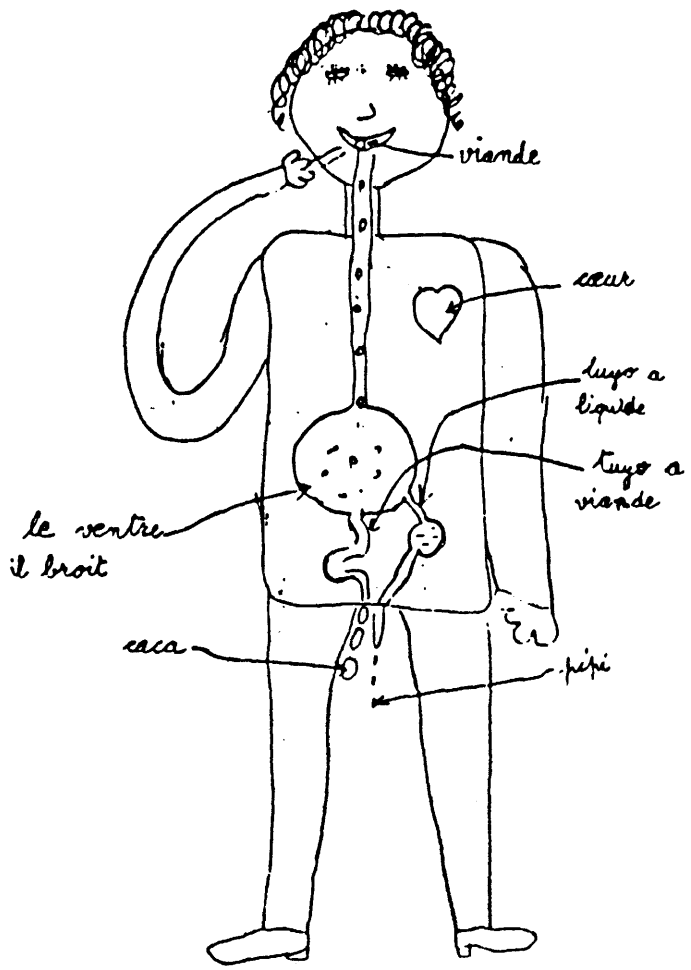
1. *"Il a une ventouse pour s'agripper"* (Anne-Claude, 10 a, 8m)	Ce qu'a "retenu" Anne-Claude de la structure du leucocyte c'est une "ventouse" imaginaire ; celle-ci est indispensable dans sa logique de pensée pour expliquer le déplacement qui n'a pas du tout été compris.
2. *"Ils avalent les microbes avec une bouche qui s'ouvre"* (Sébastien, 10 a, 9m)	Même type d'analyse que précédemment : cet élève ne conçoit pas qu'il puisse y avoir ingestion d'une bactérie sans qu'il existe une bouche.
3. *"Mais j'ai pas bien compris : et quand un microbe est sur son dos ? La bouche elle se déplace ?* (Edith, 10 a, 5m) *"Non Il se tourne"* (Florence, 10 a, 5m)	Deux remarques montrant bien que les élèves n'ont pas saisi à quoi correspondait la structure cellulaire du globule blanc et ce qu'était réellement la phagocytose.
4. *" Ça va dans tous les sens pour chercher les microbes qui sont cachés"* (Eric 10 a, 1m)	Finalisme et anthropomorphisme empêchant une compréhension plus profonde du phénomène (d'ailleurs un passage du résumé, écrit avec l'aide des enfants et probablement conçu par l'instituteur, possède lui aussi une certaine teinte finaliste (les leucocytes... ont pour rôle de...)
5. *"Y a un chef et c'est plusieurs globules qui attaquent"* (Hamed 11 a, 8m)	L'idée de lutte contre les bactéries est interprétée d'une manière très stéréotypée : une "attaque" ne peut être qu'organisée comme l'est une armée ou une bande.
6. *"Le globule blanc c'est comme un aimant ça attire les microbes pour les tuer"* (Christophe 11 a, 4m)	En complément du finalisme (qui, comme nous le constatons, réapparaît plusieurs fois), l'enfant, se servant d'une analogie, utilise l'idée que ce sont les éléments les plus petits qui se déplacent vers le plus gros.
7. *"C'est un antibiotique parce que ça tue les microbes"* (Claude 10 a, 8m)	Analogie simpliste amenant l'assimilation d'un élément vivant à une substance chimique ; utilisation d'un mot qui n'apporte rien de plus à l'idée ; le maître semble accorder beaucoup d'importance à l'acquisition d'un vocabulaire scientifique (leucocyte, cellule, noyau, cytoplasme, pseudopode, phagocytose...), le plus souvent ces termes étant même soulignés dans son résumé ; pourtant ils ne peuvent représenter que des mots vides de sens pour les enfants si leur "appropriation" se fait de cette manière.

DOCUMENT 3

DEUX PRODUCTIONS TRES DIFFERENTES

Celle de Christophe (9a, 7m) élève de CM1.

n'ayant jamais étudié l'appareil digestif

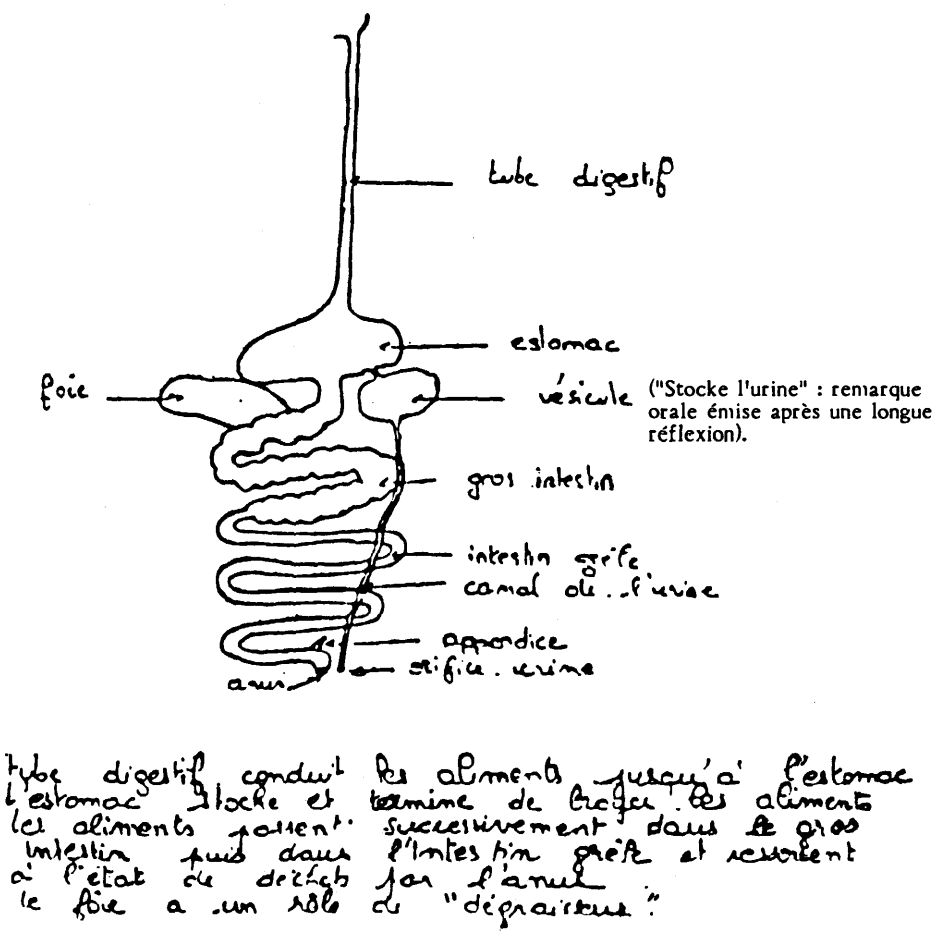


N'y a-t-il pas la même représentation sous-jacente (les aliments ne font que progresser, les substances solides et liquides se séparent et cheminent par deux voies différentes) ?
Chez la Normalienne quelques mots "scientifiques" connus ? Oui mais le plus souvent vides de sens (confusion entre vésicule biliaire et reins, gros intestin et intestin grêle inversés ...

EN APPARENCE ... ET POURTANT ...

Celle d'une normalienne (Bac. B)

ayant étudié au moins deux fois
l'appareil digestif dans sa scolarité



d'où l'absence de rapport avec leur fonction et le manque évident de logique).
Seule a été retenue une image stéréotypée, non fonctionnelle de l'appareil digestif.

2. LES REPRESENTATIONS PERMETTENT DE MIEUX COMPRENDRE COMMENT SE CONSTRUIT LE SAVOIR

L'émergence des représentations permet de prendre conscience qu'une connaissance scientifique, pour s'élaborer, dépend des autres : elle fait partie d'un réseau. D'autre part, elle montre que l'enfant construit son savoir en dépassant des paliers successifs. Nous allons envisager successivement ces deux aspects.

2.1. Chaque concept est inclus dans une aura conceptuelle

L'équipe de didactique des sciences expérimentales de l'INRP a travaillé sur les grands concepts d'Ecosystème et d'Energie. Les chercheurs ont tenté de mettre en évidence différentes relations constituant le réseau de notions biologiques ou physiques qui composent ces deux grands ensembles. Ce travail a permis l'élaboration de **trames conceptuelles**. Mais une connaissance fait partie d'un réseau beaucoup plus vaste encore, intégrant des concepts dépassant largement la discipline considérée. C'est cet ensemble de connaissances que nous avons appelé **"aura conceptuelle"**.

la construction d'une connaissance implique la prise en compte de son aura conceptuelle

Sur le plan pédagogique, on pourrait penser qu'il suffit d'aborder antérieurement l'ensemble des notions appartenant à cette aura pour permettre la compréhension générale du phénomène initialement visé. Mais, quand on essaie de réaliser cela en classe, on s'aperçoit que chaque concept périphérique possède lui aussi sa propre aura conceptuelle (voir document 4). Il semble donc difficile d'isoler un concept ; ceux-ci ne peuvent se construire que **progressivement** et **ensemble** même si certains sont privilégiés à un moment donné. Il nous paraît important d'insister sur ce point, considérant le fait que cette définition interdisciplinaire et multidimensionnelle d'un sujet permet de comprendre, au moins en partie, pourquoi, le plus souvent, la connaissance ne passe pas. L'enseignant navigue dans cette aura conceptuelle qu'il domine relativement bien, sans se demander si les élèves sont capables d'en faire autant et sans prendre conscience que les concepts auxquels il fait référence ne sont pas encore intégrés par les enfants.

La prise en compte des représentations prend un sens tout particulier à ce niveau. Leur émergence, si elle permet de découvrir au moins partiellement le contenu de l'aura conceptuelle, rend aussi visible le niveau de construction des notions et des concepts chez les élèves. C'est ce que nous allons envisager maintenant.

2.2. Niveau de formulation et paliers d'intégration

Le niveau scientifique se construit par des **niveaux de formulation** *successifs ; ceux-ci correspondent à un certain* niveau d'abstraction. Jacques Lalanne (2) a défini, pour chaque grand concept biologique, trois niveaux de formulation correspondant à des enfants de 6 à 14 ans.

Mais ne peut-on pas aller plus loin dans l'analyse de l'évolution de l'appropriation du savoir par les élèves ? Les niveaux de formulation, liés au développement psychogénétique, correspondent en gros aux stades piagétiens. Ce sont souvent des objectifs **à long terme.** Des jalons aussi espacés, puisqu'il faut plusieurs années pour passer de l'un à l'autre, ne nous semblent pas suffisants pour satisfaire les maîtres dans l'évaluation de leur progression.

Les représentations peuvent aider à la mise en évidence d'étapes intermédiaires en permettant de cerner plus finement l'évolution conceptuelle des élèves. De plus, un niveau de formulation est relatif à **un** concept (nous pourrions dire "limité" à un concept) ; il ne prend pas en compte l'évolution parallèle des concepts périphériques formant les trames et les auras conceptuelles. Les représentations permettent d'analyser la progression des enfants à l'intérieur de chaque sujet d'étude (et non en rapport avec un seul concept). En les utilisant, nous avons été amené à définir ce que nous avons appelé des **"paliers d'intégration"**:

> Les élèves passeront d'un palier d'intégration à un autre quand le phénomène étudié amènera une **formulation plus générale** ou quand il y aura **appropriation d'une idée nouvelle** (apport faisant appel à un ou plusieurs concepts de l'aura conceptuelle et non au seul concept "pivot" défini par le sujet).

Le repérage de ces paliers conduit à préciser l'évolution des niveaux de formulation.

A titre d'exemple nous proposons d'analyser différentes remarques recueillies lors d'un travail sur la mare. Nous ne rapportons ici que ce qui a été déduit de l'étude de la Notonecte, insecte aquatique prédateur.

---

(2) Jacques LALANNE. "Le développement de la pensée scientifique chez les enfants de 6 à 14 ans." **ASTER.** N°1. INRP. 1985

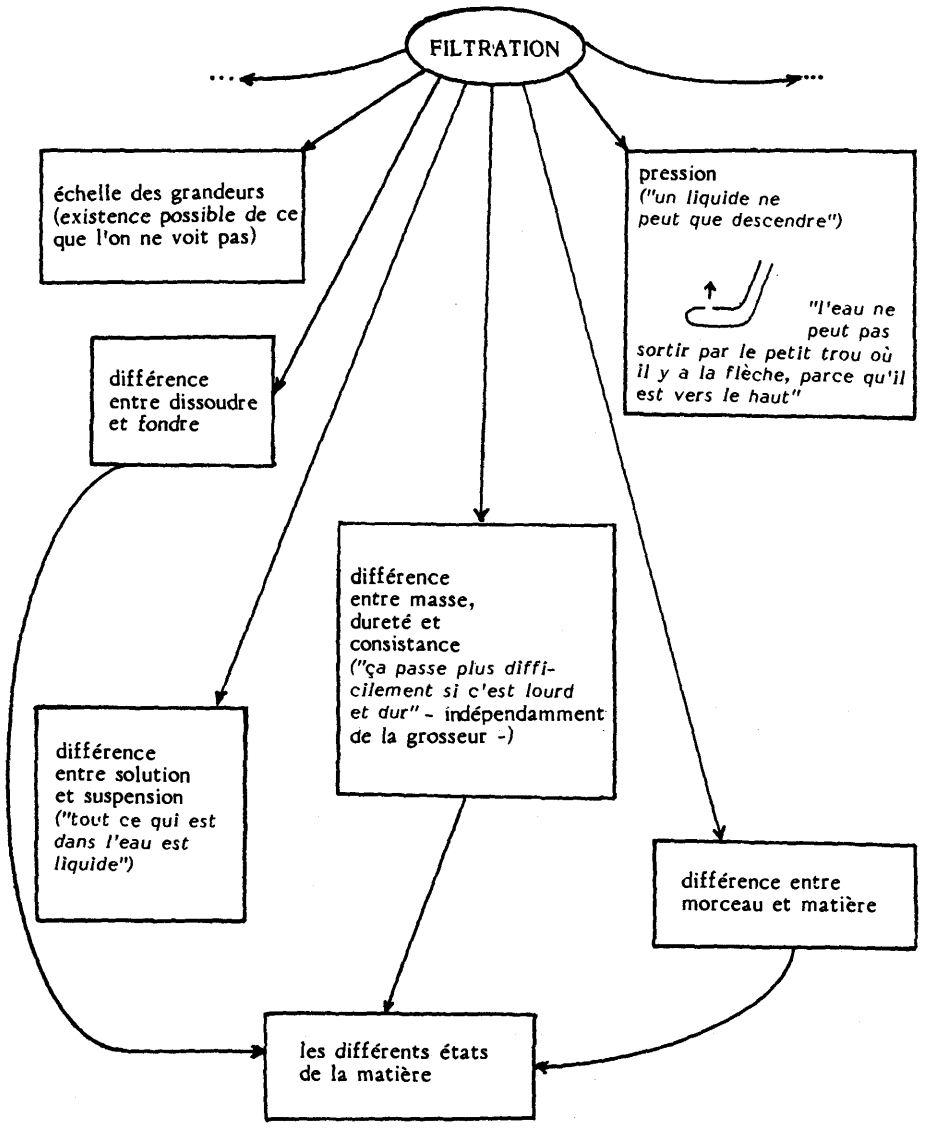
DOCUMENT 4

LES CONCEPTS SONT INCLUS DANS UNE AURA CONCEPTUELLE
QUE L'ON PEUT DIFFICILEMENT CERNER

Un exemple : L'APPAREIL DIGESTIF.

CONCEPTS BIOLOGIQUES	- organe - appareil - fonction (et rapport entre structure et fonction) - milieu intérieur - unité de l'organisme - muscle - excrétion - croissance - embryogénèse - adaptation et évolution
CONCEPTS PHYSIQUES	- états de la matière (solide, liquide) - pression - filtration dissolution, suspension - dynamique des fluides
CONCEPTS CHIMIQUES	- corps chimiques simples et composés - molécule, atome - réaction chimique et transformation de la matière
CONCEPTS DE NATURE PSYCHOGENETIQUE	- temps (durée, succession de phases) - échelle des grandeurs - passage de deux à trois dimensions - conservation de la matière - causalité - non finalisme du biologique - remise en cause de l'anthropomorphisme

ET SI L'ON PREND UN DE CES CONCEPTS PERIPHERIQUES
IL POSSEDE LUI MEME SA PROPRE AURA CONCEPTUELLE



A chaque nouvelle étape, l'émergence des représentations montre que des concepts sont utilisés sans être acquis

on peut définir six paliers d'intégration avant d'atteindre le premier niveau de formulation

Différents paliers d'intégration	Commentaire
0 - *"La Notonecte peut manger n'importe quoi, ce qu'elle a envie". "D'une Notonecte à l'autre, la nourriture peut être différente".*	représentation initiale
1 - *"La Notonecte mange des têtards, on l'a vu, mais on peut l'habituer à manger des plantes"*	intégration d'une nouvelle idée sous forme d'affirmation
2 - *"La Notonecte mange des têtards mais on peut, peut-être, l'habituer à manger des plantes".*	la même idée est relativisée puisqu'il ne s'agit plus que d'une hypothèse
3 - *"Si la Notonecte mange surtout des proies, c'est qu'elle les préfère aux plantes, comme nous on préfère le steak-frites aux légumes ; mais on peut la forcer".*	utilisation du terme général de proie essai d'explication par analogie avec l'homme
4 - *"On peut essayer de donner à manger des plantes à la Notonecte mais il faut aussi lui donner des animaux : elle en a besoin".*	apparition de la notion de besoin
5 - *"La Notonecte est très carnassière, elle se nourrit de différentes sortes de proies mais elle peut, peut-être, manger aussi des plantes par exemple en l'habituant".*	connaissances plus précises (carnassière, différentes sortes de proies) et ébauche de notion de spécialisation... sans pouvoir encore se séparer de l'idée initiale
6 - *"La Notonecte est obligée de se nourrir de proies".*	élimination de l'idée parasite ; notion de spécialisation
7 - *"Un animal ne mange pas n'importe quoi ; il a un régime alimentaire".*	généralisation à l'ensemble des des animaux énoncé correspondant à un niveau de formulation
8 - *"La Notonecte ne peut se nourrir que de proies car c'est son régime alimentaire".*	utilisation d'un niveau de formulation intégré pour expliquer un cas particulier
9 - *"Si la Notonecte ne peut se nourrir que de proies, c'est à cause de la trompe qu'elle a".*	idée d'adaptation : rapport entre structure et fonction
10 - *"Les animaux ont un régime alimentaire qui est en rapport avec leurs besoins et avec la manière dont ils sont faits".*	généralisation de l'idée précédente

3. L'UTILISATION DES REPRESENTATIONS DANS LE CADRE DE LA FORMATION DES MAITRES

Elle semble correspondre à un moteur qui place les enseignants dans une situation d'écoute et de recherche, donc d'évolution, et qui favorise l'autoformation quand ils sont isolés.

3.1. Sensibilisation à l'existence des représentations

Elle peut se faire par des films, des productions enfantines qui seront analysées ensemble en formation. Elles permettront de mettre en évidence certaines conceptions que l'on rencontre classiquement et qui peuvent être à la base d'une analyse didactique de certains concepts.

les représentations existent chez les élèves, chez les maîtres ...

Les enseignants possèdent, eux aussi, des représentations...qu'ils peuvent transmettre. On peut les faire émerger à travers une situation vécue, come on le fait avec les élèves. Remarquons toutefois que, par le niveau des résultats (!), il est souhaitable d'avancer prudemment dans ce type d'approche et qu'il faut dédramatiser et même déculpabiliser en montrant par exemple, que de grands savants possédaient, eux aussi, des représentations erronées qui prêtent aujourd'hui à sourire (utilisation possible à cet effet des citations de Descartes proposées précédemment).

et même dans les ouvrages scolaires

Il semble important aussi de montrer que les ouvrages scolaires que l'on utilise couramment fonctionnent de la même manière et qu'il faut être conscient de leur influence possible. Pour cela, on peut proposer la comparaison des conceptions sous-jacentes des deux ouvrages suivants :

- "Eveil aux activités scientifiques, C.M.". Guille, Teulade, Lacroix, Rongier. Hatier.
- "Porte ouverte sur les Sciences, C.M.". Auteurs non cités. Hachette.

3.2. Comment un maître peut utiliser les représentations en classe ?

. Pour mieux connaître les élèves

connaître les élèves autrement ...

Les représentations permettent de prendre conscience de différents éléments : tout d'abord, du niveau conceptuel réel des enfants (cela semble évident, et pourtant...), mais aussi des blocages et des obstacles qu'ils ont à surmonter (par exemple, l'impossibilité de comprendre qu'un animal peut fabriquer sa chair à partir de l'herbe qu'il mange, le concept de réaction chimique n'étant pas

encore construit).

On peut aussi mieux prendre conscience du décalage existant entre les préoccupations du maître et les motivations des élèves. A ce propos, le document 5 ci-après montre qu'il est possible de concilier ces deux aspects, c'est-à-dire qu'un enseignant peut aborder le contenu qu'il vise à partir du questionnement émanant des élèves.

et prendre conscience des difficultés dans l'appropriation d'un véritable savoir

Les représentations mettent enfin en lumière la lenteur des processus d'apprentissage et la complexité du chemin à parcourir (on peut reprendre l'exemple de l'étude relative à la Notonecte, citée précédemment).

. Pour élaborer sa pédagogie

Les représentations des apprenants peuvent être utilisées à trois niveaux.

- Dans la préparation du sujet d'études

prise en compte des "catalogues" de représentations,

C'est le cas à travers la connaissance préalable des "catalogues" de conceptions enfantines. Plusieurs recherches ont montré qu'il existe certaines constantes sur lesquelles on peut s'appuyer. Cela ne doit pas empêcher l'enseignant de faire émerger les représentations des élèves, au moins pour que ceux-ci en prennent conscience, ce qui crée une dynamique de recherche particulièrement favorable à l'élaboration du savoir.

mise en place de situations déclenchantes et choix plus judicieux du sujet d'étude

On peut mettre en place des situations "déclenchantes", par exemple en lançant une discussion à partir d'une représentation préalable qui semble intéressante, telle la remarque suivante d'un jeune élève : "sous mon pêcher que j'ai dans mon jardin, il y a des noyaux qui tombent. C'est peut-être eux qui germent et qui donnent les mauvaises herbes".
La connaissance des représentations induit un choix plus judicieux des problèmes à aborder ; cela permet de se rendre compte s'il est souhaitable, ou même possible, d'étudier telle notion avec les élèves d'un âge donné, ce qui ne manque pas de remettre en cause certains sujets classiquement traités à l'école élémentaire.

- Dans la conduite de classe

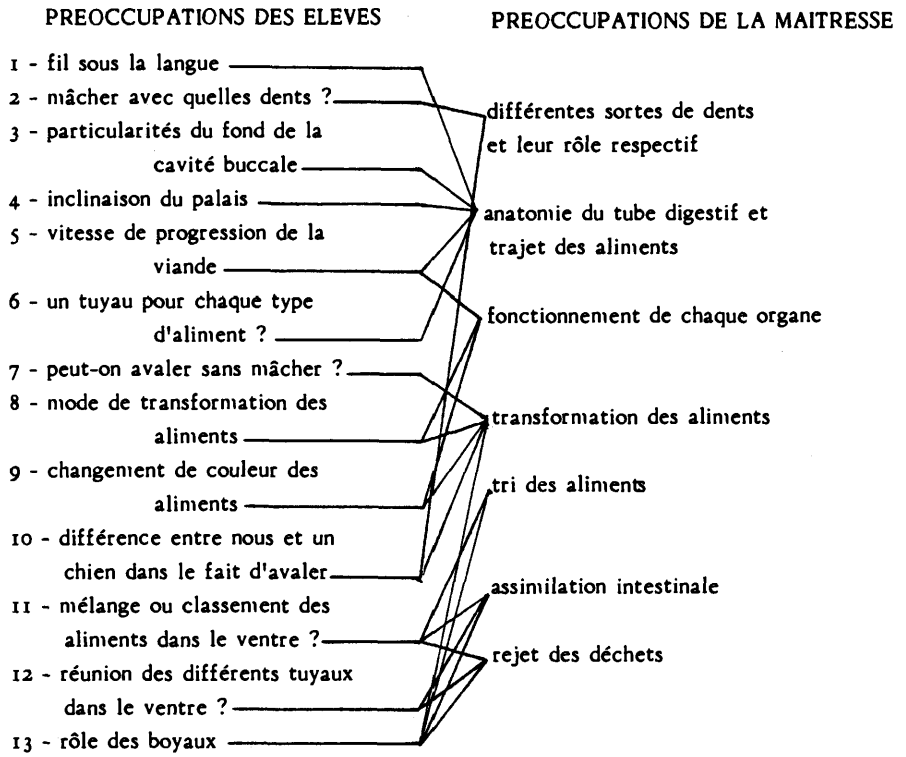
adaptation et suivi de la démarche des élèves

Les représentations éclairent les points sur lesquels il est nécessaire d'insister. Elles amènent à modifier la démarche par la nécessité d'ajuster ou de remettre en cause les prévisions. Elles peuvent même devenir le "pivot" de la progression. Elles font aussi prendre conscience de la grande place qu'il est souhaitable d'accorder à leurs confrontations (entre elles et avec la réalité) et montrent que ce type d'activité ne correspond pas à du "temps perdu".

DOCUMENT 5

MALGRE LES MOTIVATIONS DIVERGENTES ENTRE ENSEIGNANT ET ENSEIGNES, IL EST POSSIBLE DE CONCILIER LEURS PREOCCUPATIONS

Dans l'exemple qui suit, concernant l'appareil digestif et la digestion, nous avons résumé les différentes motivations des enfants d'une classe de Cours Moyen et celles de leur maîtresse, en essayant de montrer quelles peuvent en être les corrélations :



- Dans l'évaluation

représentations "fausses" et limites de validité

Notre étude corrobore l'hypothèse qu'il est possible, voire souhaitable, d'emboîter le pas, au moins provisoirement, aux représentations "fausses". Il semble même logique de ne pas vouloir systématiquement, toutes les remettre en cause, certaines étant bien pratiques pour la compréhension de quelques phénomènes (un navigateur, pour s'orienter, prend-il en compte le fait que la Terre tourne autour du Soleil ou agit-il comme si elle était immobile ?). Cela montre qu'il est important de définir clairement le champ de validité de tout savoir.

quoi et comment évaluer ?

Les représentations apportent en outre des éléments de réponse aux questions :

"Quoi" évaluer ?

On vérifie que c'est la progression de la construction des connaissances, plus que le savoir ponctuel, qui compte.

"Comment" évaluer ?

Il nous est apparu que l'on ne peut pas toujours réellement évaluer le degré de construction d'un concept ni même l'intégration d'un objectif opérationnalisé, cette appropriation n'apparaissant parfois que beaucoup plus tardivement. Par contre, on peut montrer que les représentations correspondent à un outil de choix pour une évaluation formative (que l'on cherche tant, aujourd'hui, à mettre en place), puisqu'elles permettent au maître de suivre pas à pas la progression de la construction du savoir et à l'apprenant d'en prendre lui aussi conscience.

CONCLUSION

C'est donc entre le malaise actuel des enseignants et les recherches en didactique que nous avons voulu jeter un **pont**. Notre souhait a été de proposer une somme d'outils et un certain nombre de réflexions permettant une analyse et alimentant échanges de point de vue et conflits d'idées.

Notre travail ne se propose pas, à lui seul, de cerner et de résoudre l'ensemble des problèmes relatifs aux représentations. Il a pour objectif de contribuer modestement à la construction, peut-être encore lointaine, d'un **modèle didactique plus général** qui, nous semble-t-il, devrait être une des principales préoccupations présentes.

D'ailleurs les représentations ne correspondent qu'à un outil pédagogique parmi d'autres ; mais celui-ci nous paraît mériter un **statut privilégié** puisqu'il incite les maîtres à **être à l'écoute** de leurs élèves qui peuvent donc, en partie du moins, être pris pour ce qu'ils sont

réellement. Les représentations sont aussi à la base de la construction de la connaissance et ouvrent la porte à l'existence d'une palette de possibilités éducatives là où habituellement on n'envisage qu'une seule voie possible. Enfin, l'approche des représentations incite les enseignants à se placer "en douceur" dans une situation de **recherche**, ce qui correspond, aujourd'hui, à une **attitude indispensable**, si l'on veut voir l'école véritablement évoluer et retrouver sa place dans notre société.

Gérard DE VECCHI
Ecole Normale de Melun