

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) :

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 nourrissent à partir d'un seul hôte (animal ou végétal), dont la probabilité de survie

Relations alimentaires...

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 transfèrent 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.

- 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**.

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 techniques expérimentales

et autres types de relations

des concepts, des images, des problèmes

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.

- 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.

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

un point de vue
globalisant et simpli-
ficateur ...

ou au contraire, focali-
sation sur la variété
et la complexité

ambiguïté des mots et
des images

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 :

- "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").

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

* 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).

ou ruptures

des conditions de
possibilité

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.

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

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

I. 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).

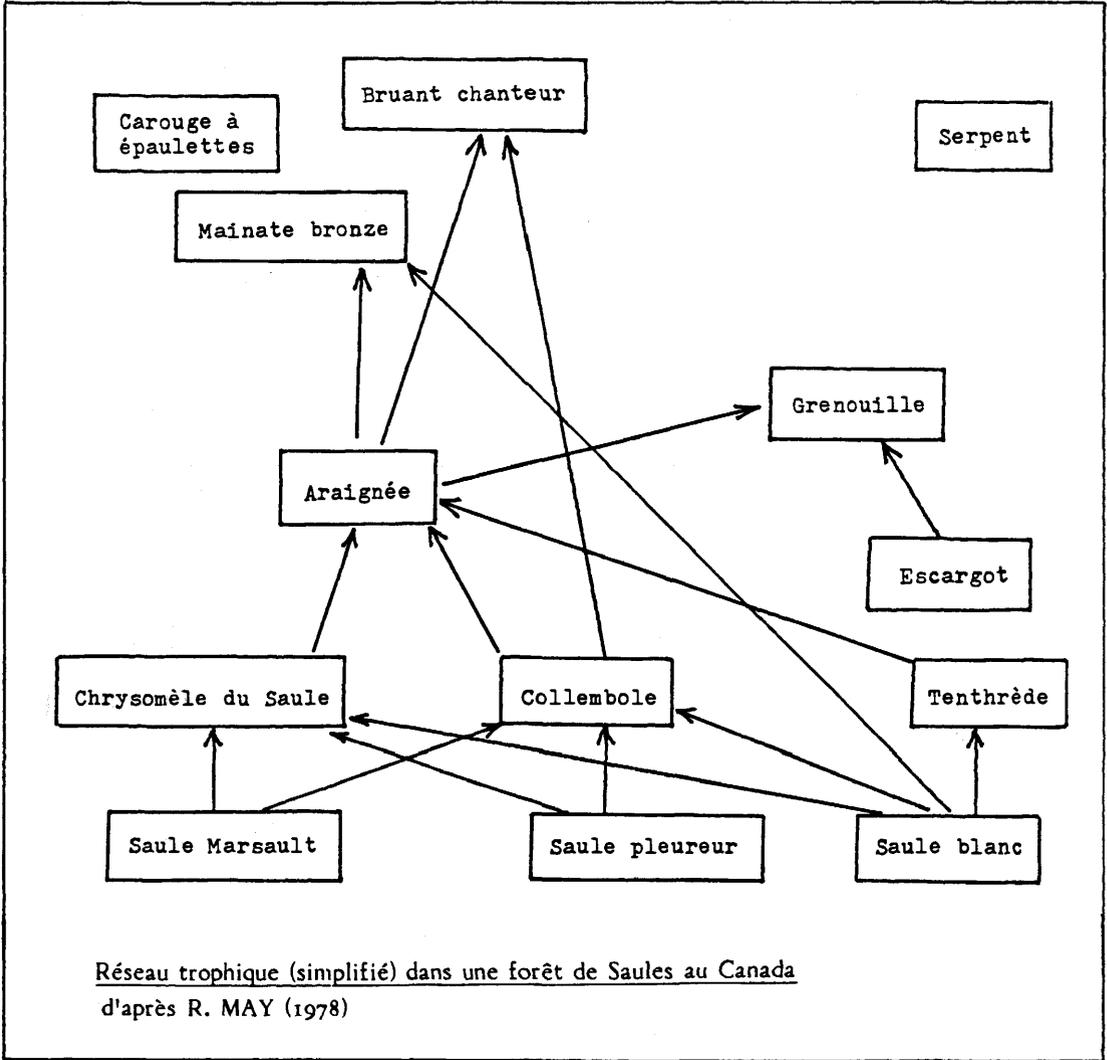
en un réseau complexe de relations alimentaires

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 assez 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



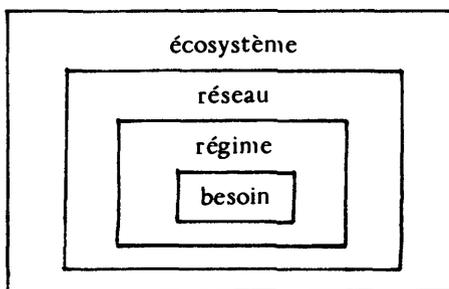
en relation par un réseau alimentaire risque de renforcer l'image d'une relation entre individus."

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.

I.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**.

régime réel et régime
potentiel

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.

vicariance

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.

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.

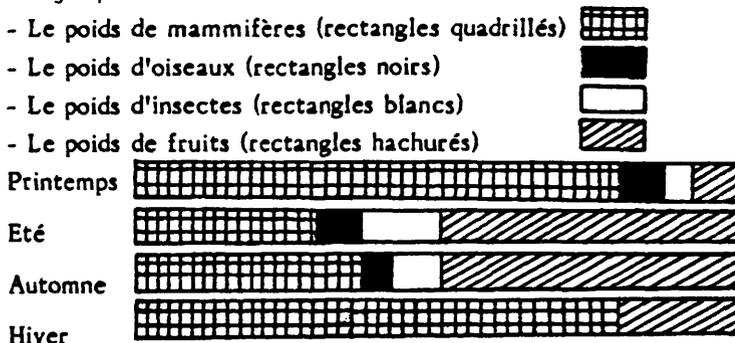
A côté de ces techniques directement liées à un point de vue écologique, un procédé, plus orienté vers l'analyse des besoins et donc plus proche d'une perspective physiologique prenant l'organisme comme unité d'étude, consiste précisément à tenter la réalisation d'un élevage en laboratoire, dans l'intention 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

- des formulations différentes à partir des mêmes concepts
- problèmes.
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.
- valeur énergétique des aliments ...
- 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.
- Plus loin dans le texte, il est question de protéines animales ou végétales, mais pas d'espèces ingérées.
- régime des proies ...
- 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.
- espèces broutées, espèces à planter ...
- 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 (dicotylédones ou monocotylédones), 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 ?
- carnivore ?
- 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").

Les quatre 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 :



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 protéides ; 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.

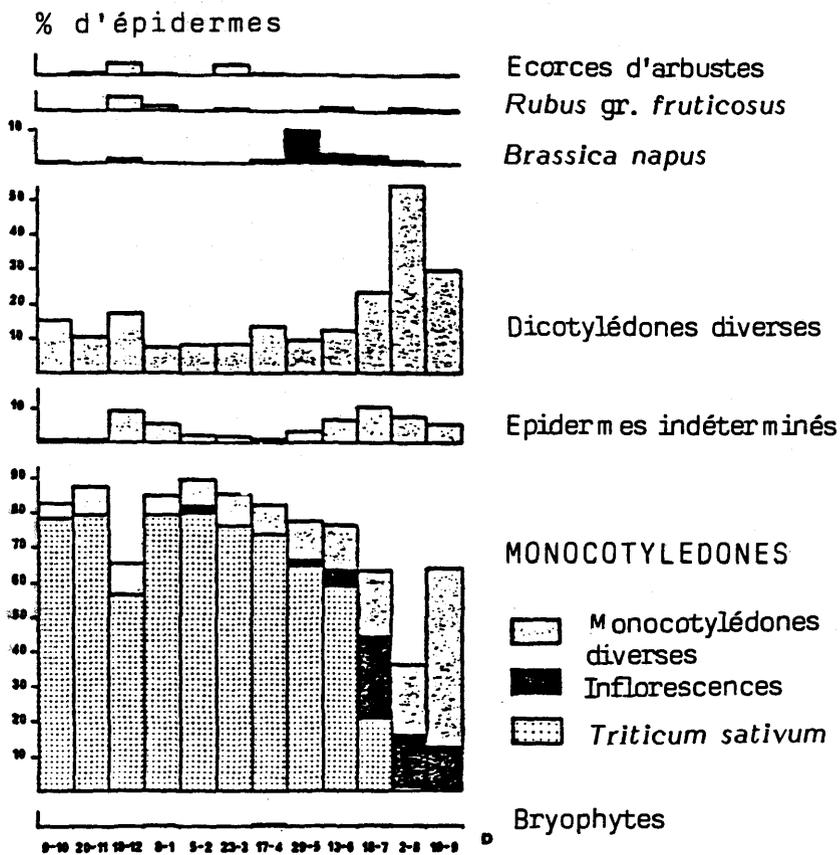
DOCUMENT 3

	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

REGIME ALIMENTAIRE DU LAPIN DE GARENNE



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.

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 ?

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.

convergence dans le réseau

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 solidarissant 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 parlons de régime, nous nous trouvons 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. CHAÎNE 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

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

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.

3.1. La chaîne trophique du point de vue énergétique

une approche quanti-
tative

"Si la première approche date des premières études biocénologiques, 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.

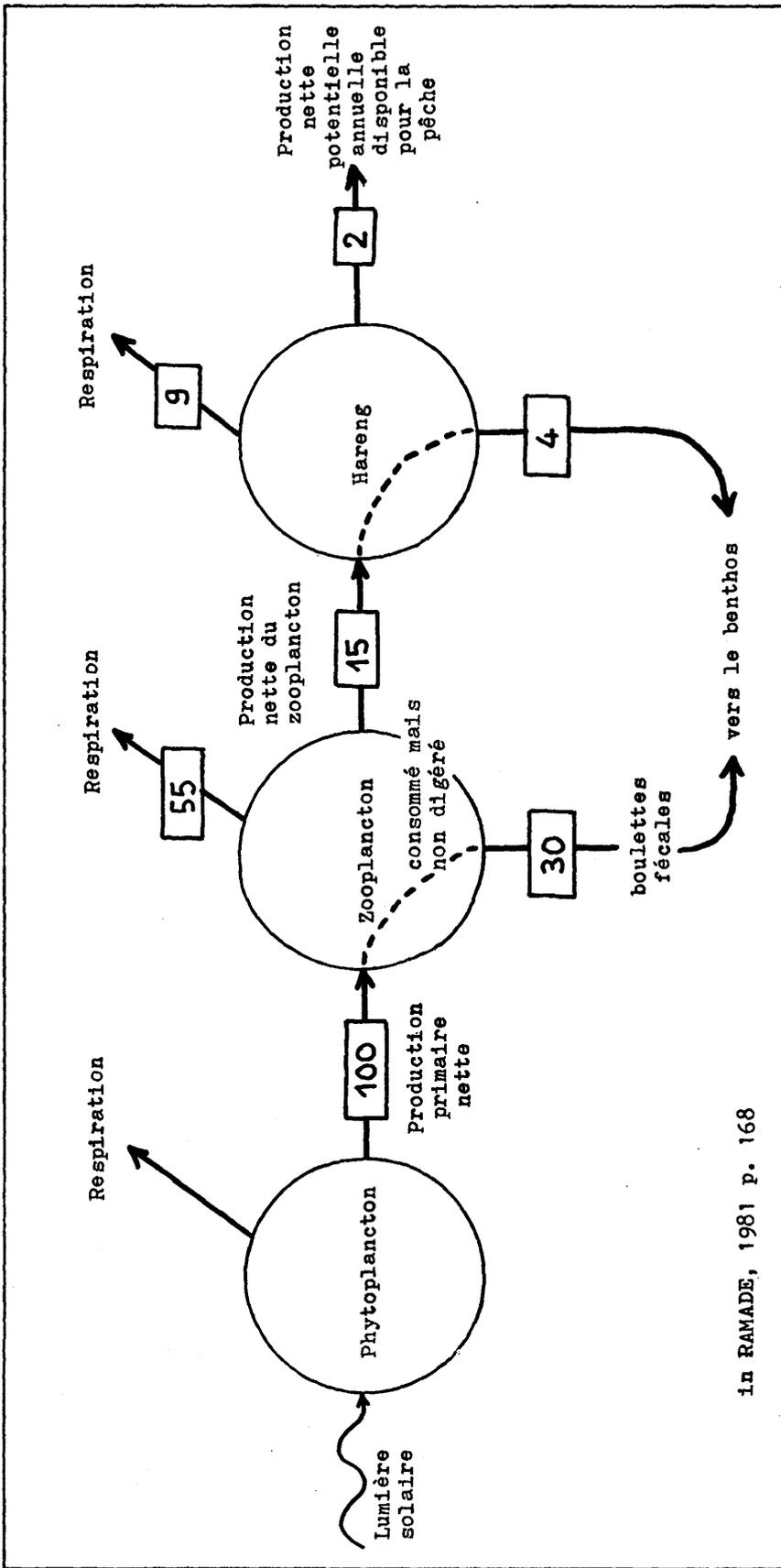
Le flux d'énergie et le rendement des différents niveaux peuvent être visualisés sur un schéma du type de celui de la figure reproduite ci-dessous." (document 6)

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

Le mot de flux dérive de fluxus (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

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.

équivalence des masses et de l'énergie

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.

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.

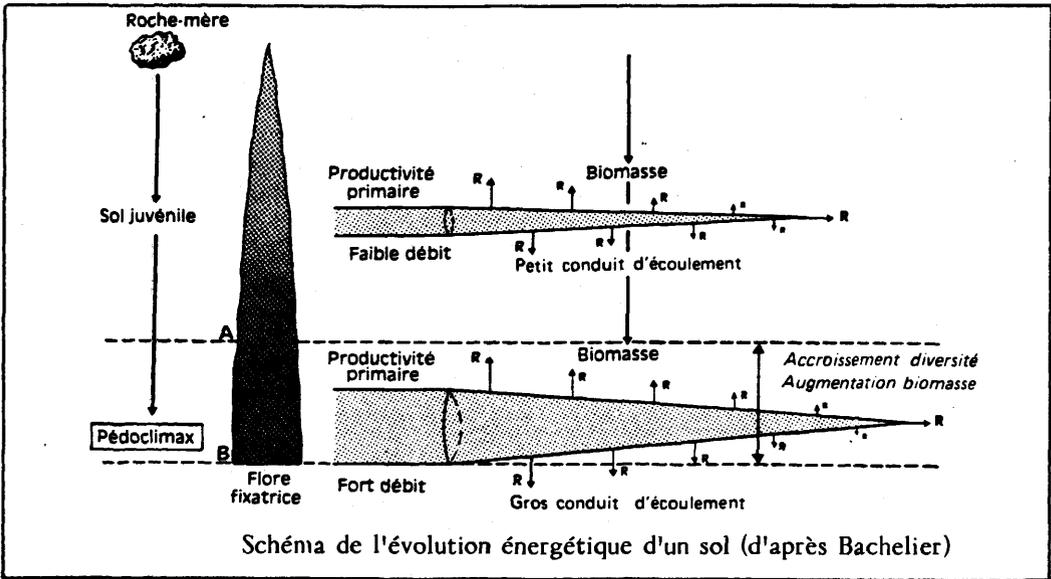
Le sol peut servir d'illustration.

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.

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.

débit d'énergie



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 succession 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 pas de l'évolution temporelle du rapport des masses

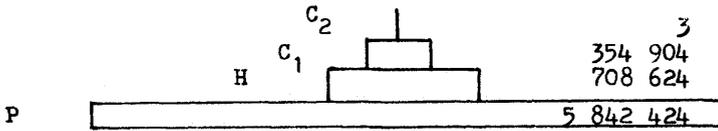
Mais on peut également relire ce réseau non plus en se centrant sur le rendement instantané, mais en considérant des populations d'individus au cours du temps. Il faut alors prendre en compte la durée de vie de chaque individu, le taux de renouvellement de la population, en un mot le turn over de cette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

4. CYCLE

4.1. Transformation de la matière

circulation d'éléments chimiques

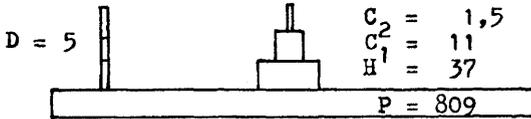
Ce concept s'inscrit dans l'optique où l'on considère l'ensemble biocénose + biotope sous l'angle de la transformation, circulation, accumulation, réutilisation de la matière. Il apparaît dans les textes scientifiques comme "cycle bio-géo-chimique", c'est-à-dire comme modélisation de la circulation d'éléments 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.



Pyramide des nombres dans une prairie aux Etats-Unis

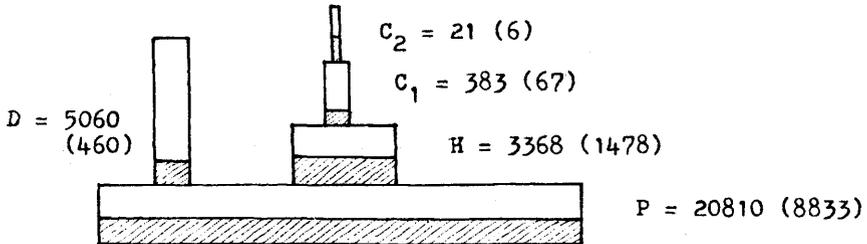
P = producteurs ; H = herbivores (y compris Invertébrés)

C_1 = prédateurs ; C_2 = superprédateurs ; D = décomposeurs



Pyramide des biomasses dans les Silver Springs

(sources chaudes en Floride)

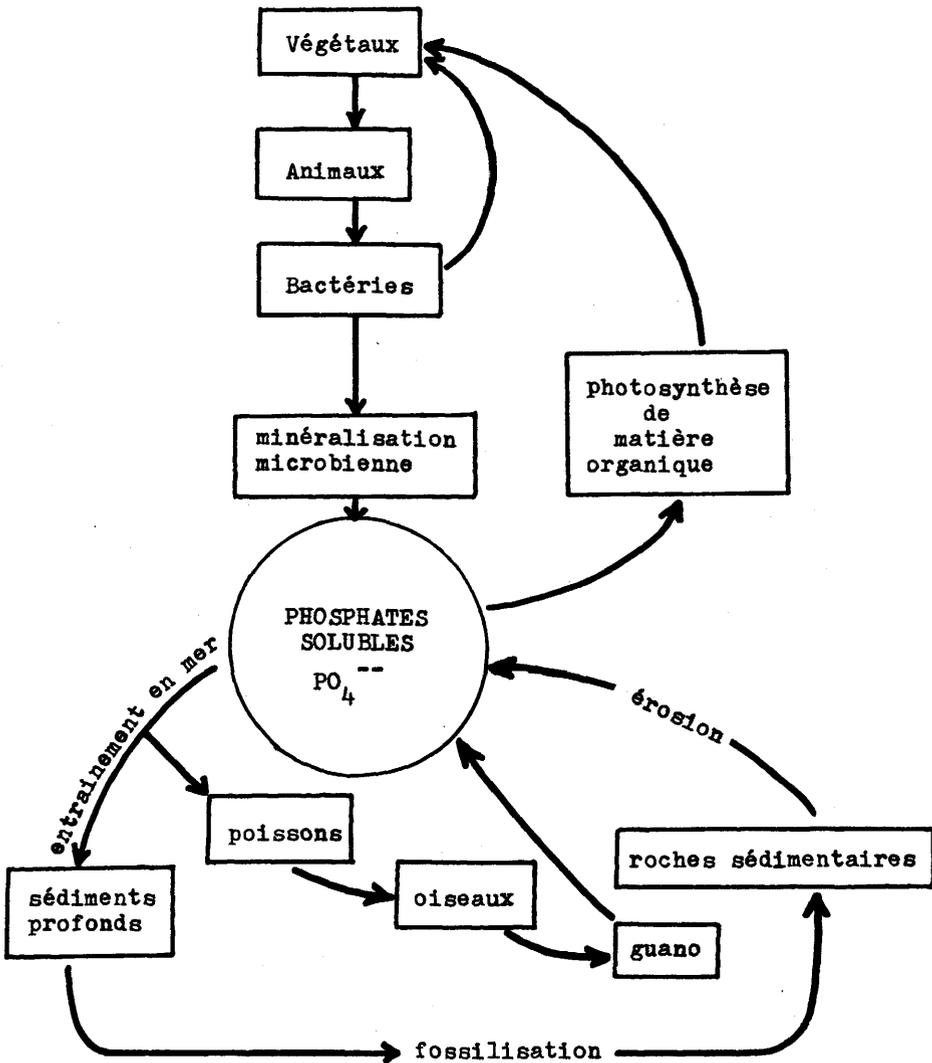


Pyramide des énergies dans les Silver Springs

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.



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

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. (...) Pour admettre le principe même de tels cycles, il faut en effet à la fois :

les cycles : des chaînes fermées ?

*- 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.

remontée en surface

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 :

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.

"anti-cyclage"

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.

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.

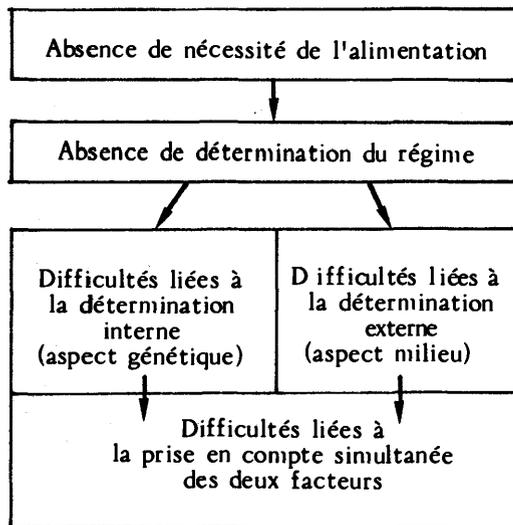
Dans le cas d'un lac possédant un thermocline, on ne distinguera qu'un seul écosystème si l'on s'en tient à la nécessité du niveau trophique des autotrophes. Si l'on ajoute la nécessité d'un recyclage des minéraux ou du moins de certains, on distinguera un premier écosystème au-dessus du thermocline, 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^e et de 5^e; 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

"- 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

"préférences" ?

- 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 stack-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..."

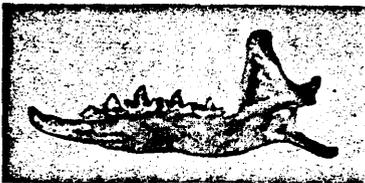
- Si l'alimentation d'un animal dépend de l'habitude, et peut être éventuellement changée, pour peu qu'on l'habitue, nous n'avons pas non plus de nécessité intrinsèque. La nécessité provient alors uniquement de l'extérieur, d'un conditionnement. C'est devenu "mécanique" par habitude.

- 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.

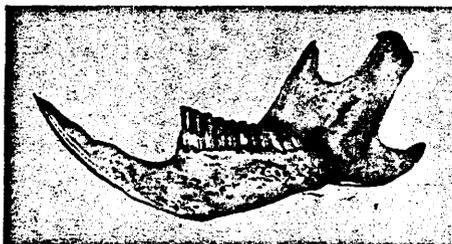
des crocs ou des dents plates ?

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



50.

(x 4)



51.

(x 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 ?

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

milieu subi...

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 dernière 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 agi

"- 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."

Un élève de 5^e

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 .

des concurrents

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.

. 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

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 !

une entrée possible

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 repérer, 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".

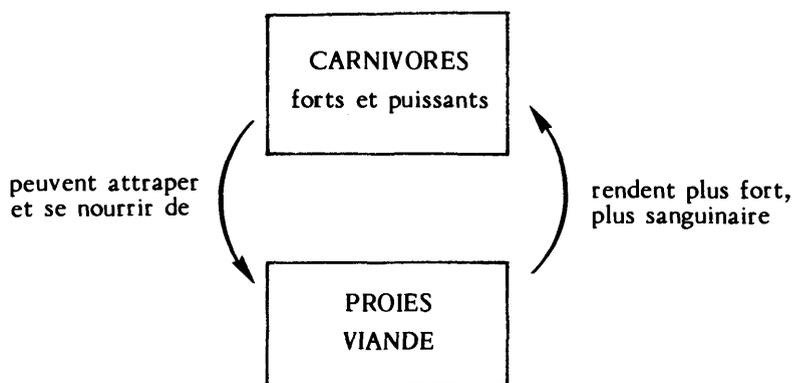
mangeurs de viande rouge

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 :

"-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 ?"

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

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 absout 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 lactiques 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*

un aliment de fête

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."

. L'absence de connaissances sur la chimie de la digestion ne peut que renforcer et mettre au premier plan les explications "triturationnistes" (pour employer le mot caractérisant au début du XVIII^e siècle les savants opposés aux explications "fermentationnistes"). 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 journalièrement, 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 CHAÎNE ET SES DIFFICULTES

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

"- 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

poupées russes

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.

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

déstabilisation
et
reconstruction

des maillons imbriqués

d'asservissement en cybernétique.

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.

insécables et indentiques

- 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).

- 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 dévotions 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

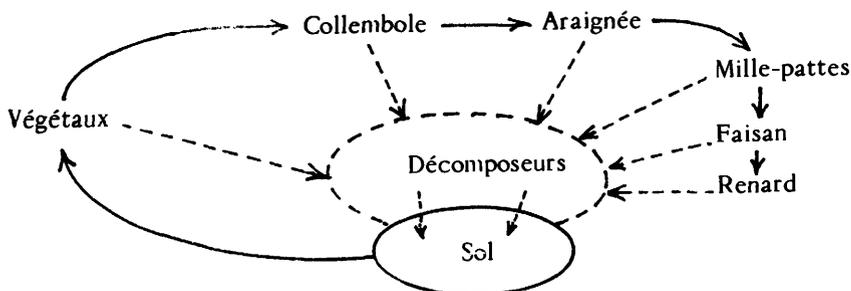
3.1. Problèmes rencontrés à l'école élémentaire et au collège

. 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..."

... 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

matière minérale,
organique, petites bêtes

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 CO₂ 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

conservation et quantité

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.

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 possibilité 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 possibilité 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 présentations 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 dénégalion de la valorisation affective.		négalion 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.	en termes d'individus	fragmentation et reconstruction de la matière par les êtres vivants : notions physiologiques et biochimiques.
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.		
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.		
FLUX			équivalence 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 fautive : 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.				

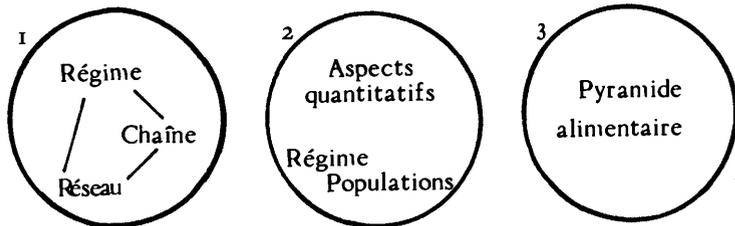
TROISIEME PARTIE : DIFFERENTS CONTENUS DES NOTIONS DE REGIME, CHAÎNE, RESEAU, SELON L'ORDRE DANS LEQUEL ON LES ABORDE

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

1.1. 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).

Donc, une formulation possible de régime alimentaire à ce niveau pourrait être la suivante :

- 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.

Fi

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.)

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-

une première formulation
du régime

spécificité pour l'espèce

et variabilité

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 structuré 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.

une formulation de la chaîne

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).

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.

une construction abstraite

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.

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 succession 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

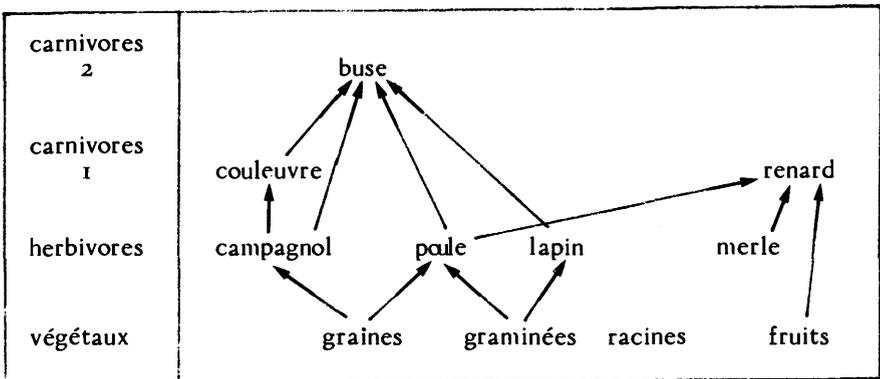
e. Toute espèce animale a un régime alimentaire qui lui est particulier. Ce régime peut être herbivore, carnivore, omnivore (il prélève dans plusieurs niveaux trophiques).

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).



des étages dans
le réseau

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 ambiguë dans cette 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.

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 avons 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.

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.

une vision rapide
des relations
indirectes

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

Nous voulons ici proposer quelques pistes de réflexion par rapport aux situations didactiques. Comment les analyses précédentes peuvent-elles être utiles :

comment aborder
les relations
alimentaires
en classe

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.

I. 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.

I.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**.

relativiser
la notion
d'utile / nuisible

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**.

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.

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 cela 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.

variabilité
plus ou moins grande
des régimes

mise en relation
du régime de
quelques animaux
du même milieu

1.3. Une chaîne ou un réseau dans un milieu défini

actions sur
l'écosystème ...

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".

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 :

qui posent des
questions scientifiques
à condition de
ne pas se limiter
au problème
utilitaire

* 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.

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?"

Énoncé possible : "les animaux se nourrissent pour grandir et pour vivre ; donc tous les animaux ont besoin de se nourrir".

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)

Énoncé 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 nourrissant que d'un type particulier d'aliment.

Énoncé possible : "la manière dont sont faits les animaux ne leur permet pas de manger n'importe quoi (carnivores, herbivores...)".

construction
 progressive du
 concept de régime
 à l'école élémentaire

<p>Formulation 1. "Le régime alimentaire d'un animal, c'est ce qu'il mange".</p>
--

Situation 4

Objectif-obstacle : ne pas tenir compte des déterminants du comportement d'attrance pour une certaine nourriture. Cet obstacle est difficile à franchir car il n'est pas question d'aborder l'aspect génétique à proprement parler 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 préférences : 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 observations.

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**".

Situation 8

Objectif-obstacle : absence de prise en compte 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)...

Énoncé 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 diverses 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

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

deux animaux
utiles ou nuisibles ?

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 en 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.

la chouette mange
surtout des animaux
nuisibles pour
l'homme

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.

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."

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?" :

la représentation
en chaînes alimen-
taires simples
aide à penser les
relations
indirectes

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,

il faut connaître les caractéristiques qualitatives et quantitatives du régime

. 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.

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.

les variations saisonnières

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.

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	<ul style="list-style-type: none"> - En automne, parce qu'ils mangent beaucoup de céréales, et dévastent les cultures - Au printemps, pour les empêcher de se reproduire 	
Chouette		<ul style="list-style-type: none"> - 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.

. ière 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 :

- . milieu
- . décomposeurs
- . producteurs
- . biotope
- . régime alimentaire.

comment
s'organisent les
relations alimentaires
dans un milieu

Pour chaque problème, on peut noter une formulation qui soit lui répond, soit renvoie à un autre problème scientifique.

Exemple 1

Concept :	}	Problème : Que mange le ver de terre ?
décomposeur		Énoncé : "des végétaux qui sont dans la terre, qui commencent à pourrir, des végétaux en décomposition."

Exemple 2

Concept :	}	Problème : Que mangent les végétaux ?
Producteur		Énoncé : "pourquoi les végétaux mangent de l'eau, de la lumière, de la chaleur, et ne mangent pas des animaux ?"

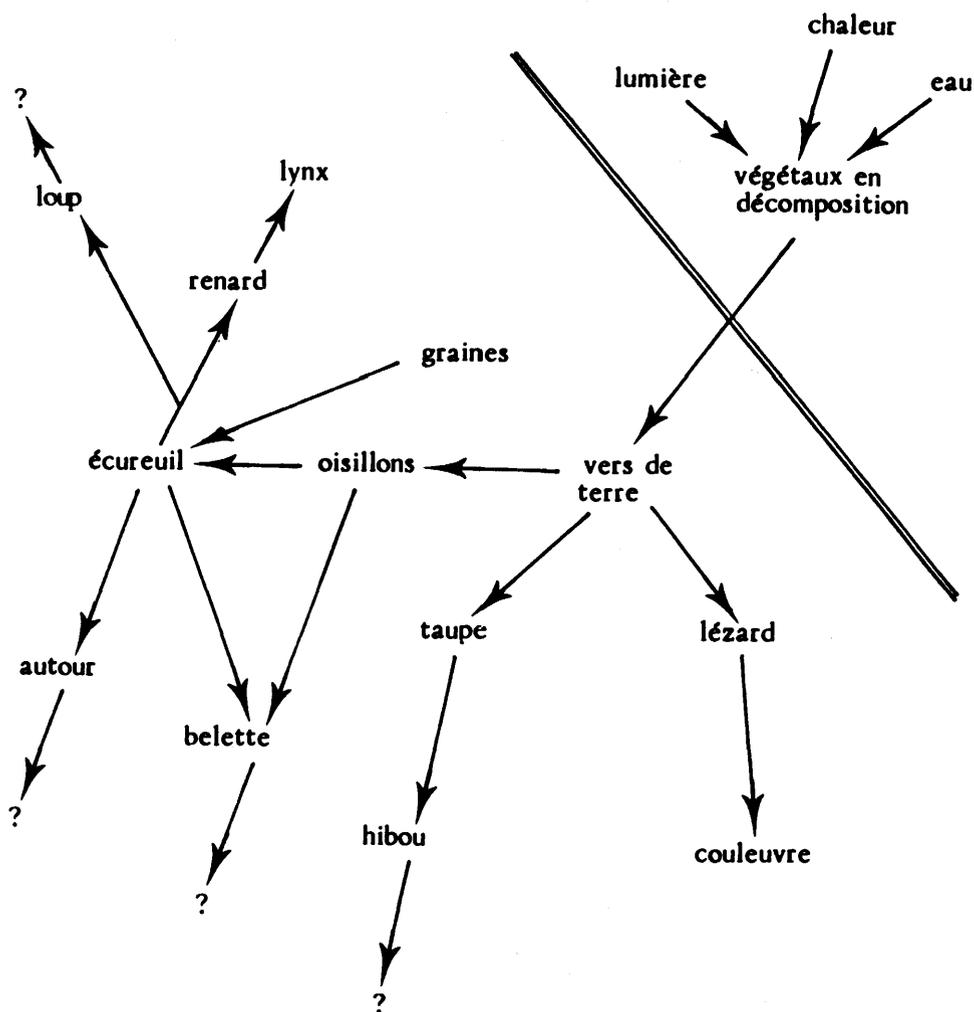
Les différentes formulations auxquelles les élèves aboutissent pourront leur permettre de réinvestir ces concepts pour comprendre et analyser comment fonctionnent d'autres milieux que le milieu forestier. Cela ne veut pas dire qu'ils auront déjà les réponses, mais qu'ils au-

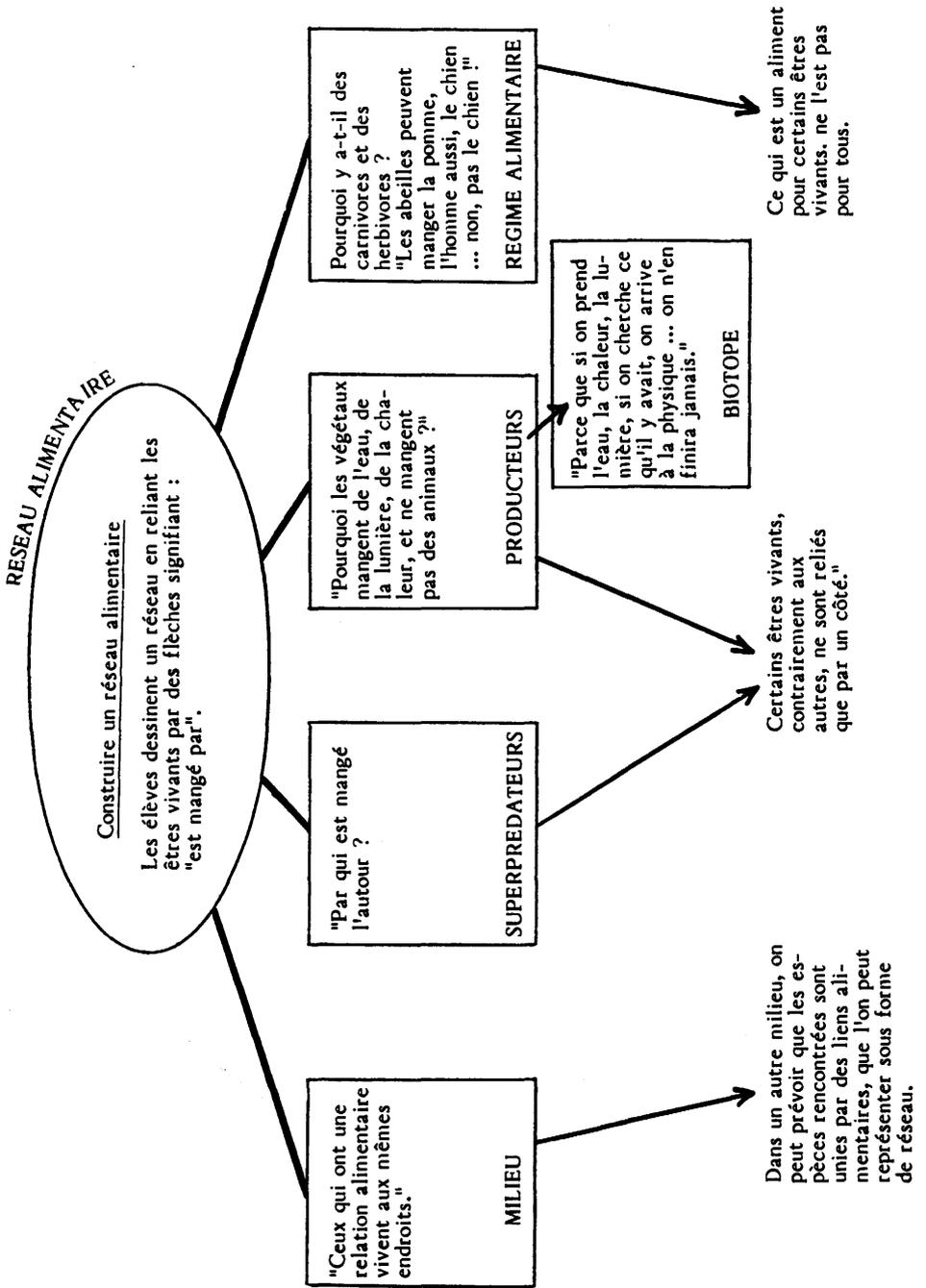
ront des questions à poser.

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.





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."

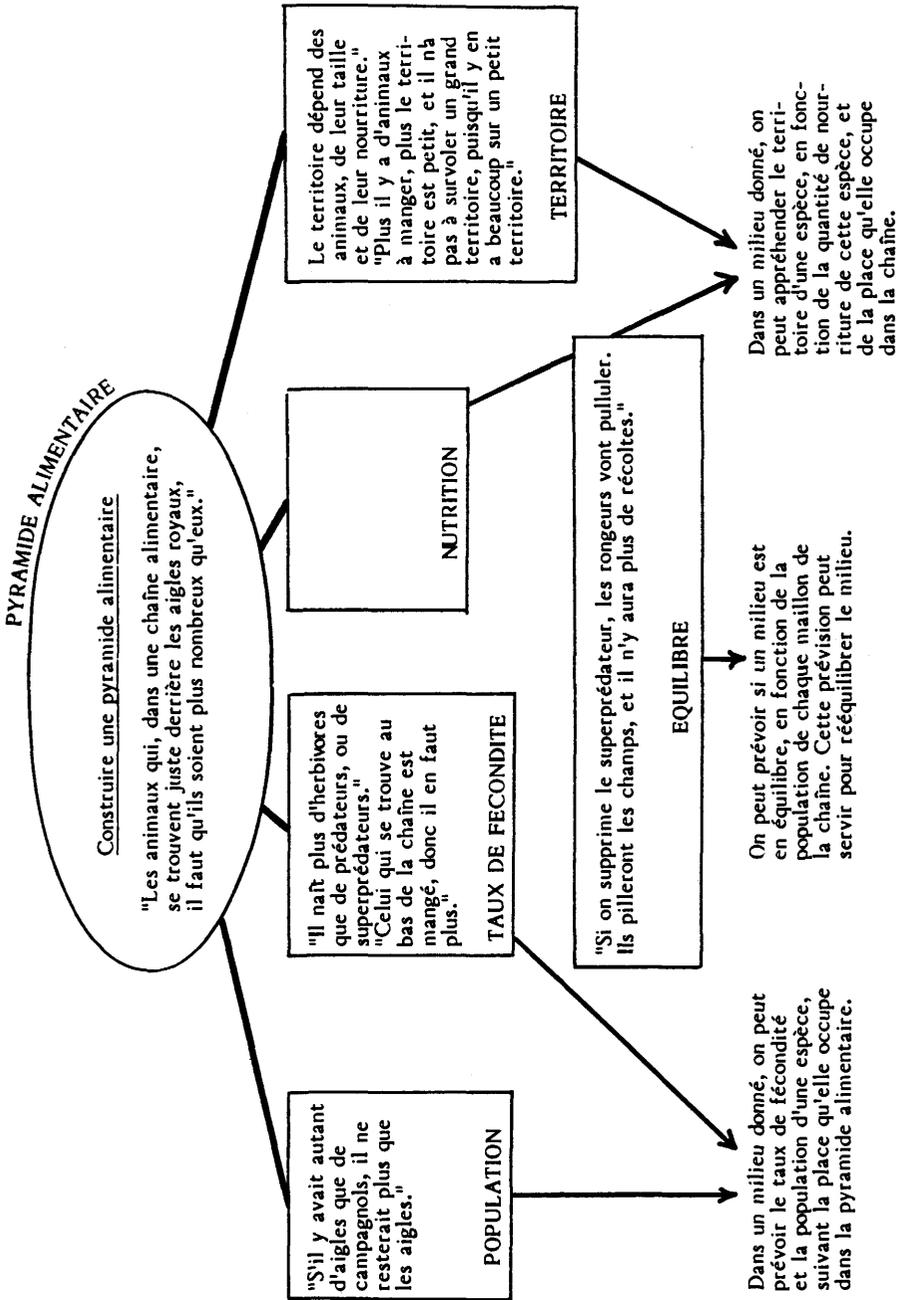
CONSOMMATEURS

"...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.



· 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