

Un dispositif didactique utilisant une approche conceptuelle en écologie, l'apprentissage par résolution de problèmes et le débat socio-cognitif à l'université

Christian REYNAUD, Daniel FAVRE

Laboratoire de Modélisation de la Relation Pédagogique (Équipe ERES)
Université Montpellier II
C.P. 089, Place Eugène Bataillon
34095 Montpellier cedex 5, France.

Résumé

Le concept d'écosystèmes paraliques, développé par des chercheurs en écologie, permet d'appréhender d'une manière innovante le fonctionnement de divers milieux littoraux pour proposer des solutions à des problèmes concrets tels que la recherche de sites d'implantation de fermes d'élevage de poissons, la reconstitution de paléo-environnements ou encore la recherche de sites de forages pétrolifères. En collaboration avec ces chercheurs, nous avons élaboré un mode de présentation organisant les caractéristiques formelles de ce concept et faisant référence aux problèmes qu'il permet de résoudre. Le dispositif didactique qui est proposé introduit successivement cette approche originale du concept, la résolution de situations-problèmes et un débat entre les participants.

Mots clés : *concept, écosystème paralique, attributs, débat socio-cognitif.*

Abstract

The paralic ecosystems concept, developed by researchers in ecology, provides an innovative way to understand the functioning of various littoral habitats in order to propose solutions to practical problems such as the research of setting up sites for fish farms, the reconstitution of paleo-environments or the research of drilling oil sites. In collaboration with those researchers, we have developed a way to present this concept that organizes its formal characteristics and makes reference to problems it is able to solve. This teaching experience introduces successively our approach of the concept, the resolution of «problems-situations» and a debate between participants.

Key words : concept, paralic ecosystem, attribute, socio-cognitive debate.

Resumen

El concepto de ecosistemas paralicos, desarrollado por investigadores en ecología, permite aprehender de una manera innovadora el funcionamiento de diversos medios litorales para proponer soluciones a problemas concretos tales como la investigación de sitios de implantación de granjas de criaderos de pescados, la reconstitución de paleo-ambientes, o aún más la investigación de sitios de perforamiento petrolíferos. En colaboración con esos investigadores, se ha elaborado un modo de presentación organizando las características formales de ese concepto y haciéndose referencia a los problemas que el permite de resolver. El dispositivo didáctico que es propuesto introduce sucesivamente este método original del concepto, la resolución de situaciones-problemas y un debate entre los participantes.

Palabras claves : concepto, ecosistema paralico, atributos, debate socio-cognitivo.

1. INTRODUCTION

Le dispositif didactique exposé dans cet article constitue une mise en acte de propositions issues de travaux antérieurs concernant la formalisation et la communication d'un concept d'écologie marine (Reynaud et al., 1993, 1995, 1996a, 1996b). Avant de décrire ce dispositif, il paraît utile de rappeler brièvement le contexte théorique au sein duquel a été élaboré le concept dont nous voulons étudier l'appropriation par des étudiants.

L'écologie scientifique semble s'être progressivement dissociée de l'étude naturaliste, fondée sur l'observation des êtres vivants, en développant une écologie appliquée dans laquelle se confrontent la demande sociale, des situations d'expertise, et les problématiques théoriques (Deléage, 1991 ; Drouin, 1991). De cette confrontation peuvent naître des concepts

écologiques qui vont nourrir la recherche fondamentale, comme en témoigne l'œuvre de Möbius basée sur une analyse économique de l'exploitation des huîtres et qui va consacrer le concept de «biocénose» (*ibidem*).

De manière semblable, depuis le début des années 1980, Guelorget et Perthuisot (1983, 1992) ont introduit le «domaine paralique» en géologie et en écologie des milieux littoraux pour proposer une trame conceptuelle permettant d'unifier la compréhension du fonctionnement de cet espace. La possibilité de participer à la stabilisation sociale de recherches innovantes constituant une opportunité remarquable pour une étude didactique, nous l'avons saisie en collaborant avec les chercheurs concernés afin de formaliser un modèle didactique susceptible de **faciliter la communication et l'appropriation** de ce champ scientifique.

Dans les publications spécialisées, le qualificatif «paralique» se retrouvant associé aux termes de «milieux», «écosystèmes», «domaine», «environnements», et «bassins», nous avons considéré que ce qualificatif était le terme susceptible de véhiculer l'information relative aux travaux concernés. Nous reprendrons donc ces vocables dans ce texte en essayant de réserver l'expression **écosystème paralique** pour désigner la structure conceptuelle que nous avons formalisée dans le cadre de notre contribution à des colloques d'écologie des milieux littoraux (Reynaud et al., 1995, 1996a, 1996b).

Dans cette optique, une définition du concept a en effet été élaborée à partir des **attributs du concept**. Selon B.M. Barth, les attributs essentiels (par opposition aux attributs non essentiels qui peuvent caractériser un exemple particulier mais qui ne sont pas représentatifs de tous les exemples du concept) sont les qualités qui permettent de distinguer une catégorie d'objets, d'énoncer leurs caractéristiques communes afin de spécifier un concept (Barth, 1987, 1993). Appliqués au domaine paralique, six attributs permettent de différencier les écosystèmes appartenant à ce domaine des autres types de milieux (Reynaud et al., 1995). La présentation de ces attributs fait fonction de modèle original pouvant faciliter la communication, son efficacité a donc été testée dans le cadre didactique *sensu stricto*.

Dans ce cadre, l'objectif de communication est explicitement l'acquisition d'un savoir par les apprenants. Mais, si «*savoir*», *c'est d'abord être capable d'utiliser ce qu'on a appris, de le mobiliser pour résoudre un problème ou clarifier une situation*» (Giordan & De Vecchi, 1987, p. 5), l'enseignement ne devrait pas seulement transmettre un savoir en soi, il devrait aussi trouver un moyen de le présenter comme un système producteur de sens, efficace dans l'expérience de tout un chacun. Comme Brousseau l'a en effet montré pour l'apprentissage des mathématiques, nous pensons que c'est à travers des situations et des problèmes à résoudre qu'un concept acquiert du sens pour un individu (Brousseau, 1986). L'apprentissage par résolution de

problèmes (Problem Based Learning) semble alors donner des résultats probants pour répondre à ce projet de formation (Pochet, 1995).

Ces réflexions nous ont amenés à utiliser des rapports d'expertise afin d'en tirer des questions pour lesquelles le concept d'écosystèmes paraliques pourrait être un outil permettant d'exercer un rôle d'expert dans des situations concrètes. Ces **situations-problèmes** constituent, avec le modèle formalisé à partir des attributs du concept, les supports exploités dans notre proposition. L'exploitation de ces outils est associée à la mise en place d'une phase de **débat socio-cognitif** pour compléter le dispositif tel qu'il est présenté ici.

Après avoir résumé la problématique ayant guidé la conception du dispositif didactique, cet article expose les différentes étapes qui le constituent. L'accent sera mis d'une part sur le rôle joué par les situations-problèmes, qui permettront aussi d'évaluer l'appropriation du concept par des étudiants de licence de l'Université de Montpellier, et d'autre part sur les conditions d'existence d'un véritable débat entre étudiants qui vise à favoriser les déstabilisations cognitives et les transferts nécessaires à l'apprentissage.

2. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Permettre aux étudiants d'élaborer des modèles s'appuyant sur leurs conceptions initiales mais intégrant des connaissances nouvelles constitue un des objectifs principaux d'un enseignement scientifique basé sur les apports de la recherche en didactique (Astolfi & Develay, 1989 ; De Vecchi & Giordan, 1989 ; Johsua & Dupin, 1993). Le but de cet article est de proposer un dispositif didactique en rupture avec la pratique d'enseignement traditionnelle.

L'hypothèse fondamentale de cette approche s'appuie sur la nécessité de varier les modes d'activité des étudiants dans des séquences intégrées à un dispositif didactique. Cette nécessité semble se manifester à partir des critiques émises contre des modèles d'enseignement «constructivistes» trop exclusifs (Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Johsua & Dupin, 1993). Ainsi le thème des conceptions dont disposent les apprenants au sujet des concepts scientifiques a conduit à des propositions didactiques qui se sont trop souvent limitées à leur «émergence» et leur «prise en compte» (Rumelhard, 1986 ; Giordan & De Vecchi, 1987 ; Clément, 1991). De même, la notion d'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938) conduit généralement à l'élaboration de stratégies cherchant à faire «franchir» ces conceptions inadéquates. La notion d'objectif-obstacle, proposée par Martinand (1986), pose ainsi les «obstacles franchissables» comme objectifs essentiels d'un enseignement scientifique. Ce point de vue amène donc à favoriser des

situations didactiques ayant pour projet une transformation, une reconstruction des systèmes explicatifs utilisés par les apprenants.

Or, l'apprentissage ne se limite pas à une modification des conceptions, il suppose aussi des moments de progression par application à de nouvelles situations des concepts non directement remis en cause. Douady (1986) a particulièrement bien développé cette idée à travers la notion de «*dialectique outil-objet*». Un concept devrait ainsi être abordé alternativement comme un outil permettant de répondre à une certaine classe de problèmes, et aussi comme un objet pouvant être étudié pour lui-même. Néanmoins, cette étape de stabilisation des connaissances apprises ne devrait pas être trop contraignante afin de ne pas se constituer en obstacle lorsque éventuellement le concept acquis ne se révélera plus adéquat pour une nouvelle situation.

Par conséquent, nous avons tenté de proposer un dispositif articulant dans une même séance quelques principes issus des recherches en didactique. La logique de cette approche n'est pas directement centrée sur un obstacle à dépasser mais plutôt sur un objectif conceptuel. La suite des activités proposées nous semble toutefois mettre en œuvre des conditions favorisant la transformation des conceptions des étudiants dont l'analyse fera l'objet d'un autre article (Reynaud & Favre, à paraître).

3. DESCRIPTION DU DISPOSITIF DIDACTIQUE

Ce dispositif s'inscrit dans des séances expérimentales d'environ trois heures de travaux dirigés d'écologie, s'adressant à des étudiants de biologie niveau bac+3. L'enseignant introduit l'originalité de cette approche en précisant qu'elle est centrée sur un concept récent d'écologie marine. Il signale aussi que les applications portent sur des situations-problèmes issues d'études d'expertise sur ces milieux et pour lesquelles il est nécessaire de mobiliser et de maîtriser le concept.

Le concept, objet d'appropriation de cette séance, est abordé à partir de la diversité des écosystèmes littoraux tels qu'ils sont généralement décrits en écologie et en géologie (Reynaud et al., 1993). Selon les champs disciplinaires, trois types d'écosystèmes peuvent en effet être distingués :

- des zones de mélange des eaux marines avec les eaux d'origine continentale : les eaux saumâtres,
- des interfaces soumises alternativement à l'émersion puis à l'immersion par des eaux marines : les surfaces de balancement des marées, souvent appelées «estrans»,
- et des espaces rattachés au domaine continental mais pouvant être alimentés par la mer : les milieux évaporitiques (Guelorget & Perthuisot, 1983 ; Perthuisot & Guelorget, 1992).

Peu comparables à partir des connaissances antérieures, ces milieux vont être regroupés à travers un concept nouveau, qui s'avère ainsi créateur d'unité et de régularités. En effet, le concept d'écosystèmes paraliques rassemble ces différentes classes en leur donnant une structure et une organisation homogènes dont l'exemple type est la lagune (Reynaud et al., 1996a).

3.1. Une situation-problème pour faire émerger les conceptions

Avant d'aller plus loin avec les étudiants, une situation-problème devrait permettre à chacun, en dix minutes, de faire individuellement le point de ses connaissances sur ces milieux à partir d'un problème concret.

La première situation proposée est celle de la lagune de Guemsah (voir document 1 en annexe). Un document rappelant la question posée à l'expert, l'énoncé de quelques données rapidement accessibles sur le terrain, et comportant un fond de carte, est accompagné d'un agrandissement de la carte sur une seconde feuille permettant de formuler une réponse. Ce premier exercice a aussi l'avantage d'encourager la mobilisation de conceptions préalables (Giordan & De Vecchi, 1987). Chacun a ainsi la possibilité d'estimer l'efficacité de ses systèmes explicatifs en matière de résolution de problème.

L'exposé qui suit cette première étape consiste à présenter, en une vingtaine de minutes, des exemples choisis pour leur représentativité des milieux pris en considération. Malgré la forme magistrale d'une telle présentation, l'enseignant peut laisser la place à des phases d'interactivité pendant l'exposé.

3.2. Contenu du premier exposé : sept exemples, un contre-exemple

Après avoir rappelé que les espaces entre mer et continent ont longtemps été considérés comme des lieux de transition présentant un mélange des caractères des deux domaines, l'exemple de la lagune (*stricto sensu*) est représenté par le complexe palavasien (Guelorget & Perthuisot, 1983, figure 26)¹. Une définition synthétique de la lagune est citée à cette occasion (Reynaud et al., 1993). Dans ces étangs, des mesures de biomasse et de production des populations benthiques et phytoplanctoniques permettent

1 Ce document est présenté sur transparent pendant la séance. De même que tous ceux qui ont déjà été publiés, il n'est pas reproduit ici mais la référence permet de le retrouver.

de mettre en évidence une variation continue de ces paramètres en fonction de l'éloignement de la communication avec la mer. Le long de cet axe se superposent les principales communautés identifiées dans le milieu (Guelorget & Michel, 1979 ; Guelorget & Perthuisot, 1983). Pour décrire cette organisation, l'écosystème peut être subdivisé en six zones pouvant être distinguées à partir des êtres vivants qui les caractérisent (Guelorget & Perthuisot, 1992, figure 9B)¹.

Une zonation biologique similaire a été identifiée dans d'autres lagunes du pourtour méditerranéen (Guelorget & Perthuisot, 1983, 1992). La présence de certaines espèces dans les étangs palavasiens, présentant des salinités inférieures à celles de la mer, comme dans des lagunes sursalées, permet d'identifier des communautés pouvant servir à caractériser ces différentes zones indépendamment du gradient de salinité (*ibidem*). Si cette distribution n'est pas en relation directe avec la salinité, il semble par contre possible de la corrélérer avec l'intensité de l'influence de la mer, gradient désigné par le terme de «confinement» (*ibidem*). La répartition de ces associations spécifiques dans une lagune schématique peut être représentée sur une figure faisant apparaître la zonation avec deux pôles extrêmes selon le signe du gradient de salinité du milieu par rapport à la mer (Guelorget & Perthuisot, 1992, figure 9A, distribuée aux participants)¹. Sur cette base, la zone 1 est considérée comme la continuation du domaine marin ; c'est à la limite de cette zone que l'on passe au domaine paralique (Guelorget & Perthuisot, 1983, 1992). La zone 2 se caractérise par la disparition des espèces strictement marines (souvent sténohalines : qui ne supportent pas les variations de salinité, par opposition aux euryhalines). L'oursin *Paracentrotus lividus* est une espèce caractéristique des zones 2 (*ibidem*). La disparition des échinodermes permet de caractériser le passage dans la zone 3, et la palourde, *Ruditapes decussatus* en est caractéristique. Un annélide polychète, *Glycera convoluta*, moins connu mais assez répandu, l'est également. C'est aussi dans cette zone que l'on rencontre les densités d'huîtres plates, *Ostrea edulis*, les plus importantes (*ibidem*). La zone 4 correspond à la présence d'espèces strictement paraliques, par exemple pour la faune la coque *Cerastoderma glaucum*, et pour la flore *Ruppia spiralis* (*ibidem*). La zone 5 s'identifie à l'apparition de nombreux détritivores tel *Sphaeroma hookeri* (crustacé isopode ressemblant au cloporte) et de gastéropodes brouteurs tels *Hydrobia acuta* (*ibidem*). Deux autres zones sont distinguées, mais désignées comme zone 6 car elles correspondent au passage à une véritable zone de transition soit vers l'évaporitique soit vers le dulçaquicole, mais dans les deux cas leurs substrats sont colonisés par des tapis cyanobactériens (*ibidem*).

Le même type de profil peut être obtenu à partir de l'étude de formation de type «bahira», dépressions d'origine continentale envahies par la mer lors de la transgression holocène (Perthuisot & Guelorget, 1992). C'est le

cas de l'étang de Thau dans notre région, ou du lac Melah en Algérie. Ces formations se distinguent des lagunes (*sensu stricto*) essentiellement par leurs profondeurs supérieures (Perthuisot & Guelorget, 1992, figure 4B)¹.

La répartition par zones biologiques est cependant une représentation statique qui pourrait masquer la dynamique de ces milieux. L'organisation des milieux paraliques semble en effet pouvoir être corrélée au fonctionnement hydrologique de ces milieux (Perthuisot & Guelorget, 1992 ; Guelorget & Perthuisot, 1983). L'étude de la circulation des eaux dans le lac Melah permet ainsi de mettre en corrélation le fonctionnement hydrologique et la répartition des êtres vivants dans ce milieu, mais fait aussi apparaître une zone particulière où les eaux ayant séjourné dans le bassin forment un «ombilic» qui abrite de nombreux détritivores (Perthuisot & Guelorget, 1992, figure 9)¹.

Lorsque la communication avec la mer est beaucoup plus large, comme dans le cas des estuaires, il existe généralement un «bouchon vaseux» mobile en fonction de la marée et du débit du fleuve, mais il ne semble pas possible d'identifier un seuil stable limitant le fond du bassin (Perthuisot & Guelorget, 1992). Ainsi, la bathymétrie ne permet pas de distinguer les limites du Limski Kanal du côté de la mer (*ibidem*, figure 1)¹. La possibilité de reconnaître une zonation biologique devient beaucoup plus évidente (et plus connue) sur les zones de balancement des marées (zones d'estrans), pour lesquelles la variation continue de l'influence de la mer, le confinement ne s'expriment plus seulement selon un axe horizontal. Cette possibilité s'applique aussi aux types intermédiaires. L'organisation d'El Kantara est par exemple typique d'une formation «bahira-estran» (*ibidem*, figure 6)¹.

L'application du schéma de l'organisation biologique des écosystèmes paraliques à différentes échelles permet d'exprimer les variations dans la composition des peuplements en termes de confinement et de rattacher ainsi de grands bassins au domaine paralique.

La mer Caspienne est un bassin complètement fermé, séparé de la mer mais présentant des teneurs en sels qui témoignent de l'existence d'une communication dans le passé (Guelorget & Perthuisot, 1983, figure 44)¹. Les données biologiques, et notamment la présence d'espèces typiques du domaine paralique, permettent de retrouver l'organisation caractéristique de ces milieux (*ibidem*, figure 47)¹. L'absence des zones I et II s'explique par l'ancienneté de la séparation avec la mer, mais ne permet pas de considérer ce milieu comme un écosystème paralique *sensu stricto*. L'exemple reste cependant intéressant car il représente de manière caricaturale l'évolution de ces milieux dont la dynamique à long terme conduit vers la continentalisation.

La mer Baltique peut, par contre, être considérée comme un véritable milieu paraliq. Elle présente une modalité particulière d'expression du confinement lorsque certaines zones profondes sont relativement isolées des mouvements d'eau de surface : il est alors possible de parler d'un confinement bathymétrique (*ibidem*, figure 65)¹.

Dans ces zones extrêmes en termes de confinement les sédiments sont, encore une fois, caractérisés par une grande richesse en matière organique. Si la matière organique semble être une composante importante des sédiments dans les milieux paraliqs, d'où peut-elle provenir ?

L'activité biologique, très importante dans les écosystèmes paraliqs, pourrait en être la source principale puisque les milieux paraliqs peuvent être caractérisés par une production biologique bien supérieure à celle des autres écosystèmes de la biosphère (*ibidem*, figure 34)¹.

Cette productivité considérable semble même pouvoir être corrélée aux ressources démersales (de la pêche en mer) : le niveau de capture de poissons et crustacés dans les zones littorales de la Méditerranée peut être mis en relation avec la proximité des milieux paraliqs (*ibidem*, figure 36)¹. Ainsi les zones côtières les plus riches bordent les côtes abritant des milieux paraliqs importants et productifs. En revanche, les régions caractérisées par une faible productivité des pêches se distinguent aussi par l'absence de lagune côtière (Amanieu & Lasserre, 1981).

Cette richesse biologique des régions abritant des milieux paraliqs semble pouvoir expliquer l'intérêt que leur ont porté les populations humaines au cours de l'histoire et leur mise en exploitation depuis très longtemps. Aujourd'hui, la compréhension de leur mode de fonctionnement permet d'envisager la gestion de leur productivité. Ainsi une application concrète concerne le développement de l'aquaculture dans les milieux paraliqs : les différentes possibilités d'exploitation du milieu peuvent être aménagées en fonction des contraintes particulières de chacune (Dutrieux & Guelorget, 1988, figure 6)¹.

3.3. Recherche par les étudiants : les points communs des milieux présentés

À la suite de cet exposé, les participants disposent de cinq à dix minutes de réflexion pour rechercher, chacun pour soi, les points communs, les caractéristiques communes à tous les milieux présentés. Le produit de ces réflexions est ensuite proposé à l'ensemble du groupe tandis que l'animateur note toutes les propositions sur un tableau en veillant toutefois à faire expliciter certaines suggestions lorsqu'il juge qu'elles pourraient être

reformulées sous forme de plusieurs alternatives. «Bassin relativement isolé du domaine marin» peut être explicité et devenir par exemple «zone bien délimitée» et «milieu en relation avec le domaine marin». Il semble cependant préférable que toutes les propositions des participants soient prises en compte, même si celles-ci s'avèrent redondantes. Les occurrences faisant l'objet d'une discussion peuvent toutefois être distinguées (en les soulignant par exemple).

Bien que ce travail soit proposé à la fin de l'exposé, alors que Barth (1987, 1993) préconise une démarche simultanée, cet exercice reste relativement proche de la méthode proposée par cet auteur pour distinguer les attributs essentiels d'un concept.

Lorsque les participants ont énoncé toutes les caractéristiques qu'ils ont pu discerner, l'animateur présente les différents types d'attributs qui peuvent être distingués en rappelant la distinction entre «essentiels» et «non essentiels».

3.4. Deuxième exposé : les attributs du concept d'écosystèmes paraliques

À ce stade, un deuxième exposé d'une vingtaine de minutes est proposé afin de commenter les attributs du concept qui ont été pris en compte pour en donner une formalisation sous forme d'un schéma (qui est distribué)².

3.4.1. Premier attribut essentiel : milieu aquatique éventuellement temporaire

«Milieu aquatique» recouvre aussi les milieux pouvant être asséchés temporairement, mais retrouvant les caractéristiques de l'écosystème paralique lors de la remise en eaux.

Ainsi, on intègre dans ce concept des sebkhas côtières (cuvettes évaporitiques), les zones intertidales ou estrans, les marais salants (aménagements humains) et des marais temporaires littoraux.

3.4.2. Deuxième attribut essentiel : en communication plus ou moins large et/ou périodique avec la mer

La seule communication essentielle se fait dans le sens d'un apport d'éléments d'origine marine : les milieux évaporitiques, par exemple, n'ont généralement pas d'évacuation vers la mer.

² Pour retrouver ce schéma et les références aux travaux d'écologie qui ont servi de base à cette formalisation, voir Reynaud et al., 1995.

La communication avec la mer peut être très large, comme dans le cas des estuaires et des deltas, ou plus restreinte, par un canal à travers une barrière sédimentaire (grau des étangs du Languedoc-Roussillon).

3.4.3. Troisième attribut essentiel : réceptacle physiquement contrôlé

Les milieux paraliques ont la capacité d'accumuler et de conserver (totalement ou en partie) les matériaux sédimentaires (d'origine minérale et/ou organique) ; ce sont des réceptacles toujours bien délimités par des barrières physiques (au sens large : géologique, physico-chimique, biologique).

Cela implique que l'on peut toujours tracer les limites d'un domaine paralique. La qualité des matériaux sédimentaires dépend toutefois de l'importance relative de l'influence de la mer et du continent ainsi que de l'activité du milieu lui-même (produisant des carbonates et la matière organique).

3.4.4. Quatrième attribut essentiel : écosystème à forte production biologique

Une grande productivité des premiers niveaux trophiques (production bactérienne et primaire) est la base d'une forte production biologique. Comparativement, la production bactérienne peut être estimée entre 1 et 10^4 mg.m⁻³.j⁻¹ de carbone dans les milieux lagunaires, la production algale peut varier d'environ 50 à 5000 mg.m⁻³.j⁻¹ de carbone. La prolifération rapide des autotrophes (algues et cyanobactéries) et des décomposeurs (bactéries) en réponse aux variations de milieu (eutrophisation par exemple) témoigne ainsi d'une capacité de production très importante. Cependant, les milieux paraliques se caractérisent plutôt par une faible richesse spécifique compensée par une densité élevée des individus.

3.4.5. Cinquième attribut essentiel : milieu structuré et organisé sur le modèle du confinement

La distribution des espèces dans le milieu paralique s'organise schématiquement selon la distance à la mer. Cette organisation est une expression du confinement, rendant compte de l'intensité de l'influence marine. Il est possible d'estimer une valeur globale du confinement pour un bassin paralique par le temps nécessaire au renouvellement complet des eaux paraliques. Mais, pour estimer sa valeur en un point donné du bassin, on peut utiliser une échelle qualitative se référant à la distribution des espèces de la macrofaune benthique dans le milieu. La zonation biologique

des espèces benthiques (macrofaune) permet ainsi de définir six degrés (ou zones) de confinement en ce qui concerne la portion du domaine paraliqque proche de la mer, mais elle ne rend pas compte des gradients de salinité.

3.4.6. Sixième attribut essentiel : écosystème en dynamique continue

Cette organisation de l'écosystème dépend d'une dynamique, d'abord structurelle et contrôlée essentiellement par l'hydrodynamique : les courants existants dans les bassins paraliqques influencent la répartition des divers organismes peuplant ces milieux. Ces courants pouvant être régis par divers facteurs (tels la forme du bassin, le sens et l'intensité de la communication avec la mer, le vent dominant, les différences de densité de la masse d'eau...) ; ils sont souvent très variables et les divers gradients existant dans le milieu subissent les conséquences de cette variabilité. Toutefois, l'activité des autotrophes et des décomposeurs permet d'assurer l'équilibre écologique du milieu. En effet, on considère généralement que les crises dystrophiques (malaïques), touchant les zones les plus confinées et entraînant une minéralisation massive de la matière organique excédentaire, rétablissent rapidement les conditions d'équilibre. Ce type de régulation engendre cependant une dynamique évolutive à long terme : étant des lieux de sédimentation rapide et importante, les écosystèmes paraliqques sont appelés à évoluer, souvent dans le sens d'un comblement.

Il importe de souligner que ces six attributs doivent être reliés par la conjonction "et" pour rappeler qu'ils sont tous nécessaires et que l'ensemble suffit à la définition du concept. Si, pour un milieu donné il manque un attribut, l'écosystème ne pourra pas être qualifié de paraliqque (selon cette définition).

3.5. Résolution collective du problème de Guemsah

En reprenant le problème proposé en début de séance (document 1), l'animateur montre comment la formalisation des attributs permet d'avancer une réponse. Ainsi, la lagune de Guemsah est un milieu aquatique (attribut n°1), bassin bien délimité (attribut n°3). L'organisation des espèces (attribut n°5) visible sur les côtés de la passe permet de penser qu'une entrée d'eaux marines (attribut n°2) se fait par un côté de la passe (celui où l'on trouve les espèces d'origine marine), l'autre côté permettant l'évacuation des eaux ayant séjourné dans la lagune. Le sens de circulation des courants étant ainsi inféré (attribut n°6), l'eau nécessaire à la station d'aquaculture peut être prélevée à l'entrée des courants où elle ne sera pas chargée de la matière organique produite dans le milieu (attribut n°4).

3.6. «Débat socio-cognitif» autour de la situation-problème de l'étang du Prévost

Partant des suggestions de Doise et Mugny (1981), les phases de débat sont mises en place afin de développer une communication au sein du groupe («*interaction sociale*») favorable à l'élaboration de nouvelles connaissances («*restructuration cognitive*»); ce que ces auteurs nomment «*le conflit socio-cognitif*». Pour introduire la démarche qui est utilisée, l'animateur aborde rapidement des exemples historiques de notions scientifiques ayant fait l'objet de longues controverses (le système héliocentrique de Copernic, la circulation sanguine de Harvey), en liant l'ampleur de la durée du débat à la difficulté que les chercheurs peuvent avoir à communiquer leurs points de vue respectifs et à s'enrichir de celui des autres. Il propose alors aux participants d'expérimenter, sur la base d'un problème qui leur est proposé, un «**débat**» avec trois règles pour catalyser l'évolution des représentations (Favre & Favre, 1996). Pour cela il demande que chacun tente, tout d'abord, de se forger une opinion personnelle sur la réponse à donner à ce problème. Pour satisfaire aux propositions de Doise et Mugny (1981), les participants doivent exprimer des opinions divergentes. Nous avons donc pris soin de choisir un problème qui admette un nombre de solutions limité et pour lequel nous avons testé au préalable les potentialités à induire des avis variés. Les participants sont donc invités à réfléchir sur la situation-problème de Palavas (document 2, en annexe). Un premier sondage (dont les résultats sont collectés sur un tableau) permet après cela de se rendre compte de la diversité des avis en présence.

L'animateur invite ensuite l'assistance à considérer que «chacun a de bonnes raisons de penser ce qu'il pense» – «bonnes» signifiant «intrasubjectivement valables» (postulat de cohérence constituant la première règle) –, et que ses arguments méritent d'être exposés à l'assistance (deuxième règle). Mais, pour être sûr que les arguments invoqués pour défendre une opinion sont bien compris par les «opposants», une personne ayant un avis différent est incitée à reformuler le développement de la thèse adverse (troisième règle). La qualité de la reformulation est soumise à l'appréciation de l'énonciateur qui peut éventuellement préciser les points n'ayant pas été repris ou choisir d'accorder *quibus*. Cette exigence de reformulation a pour objectif de signifier à l'«opposant» que ces arguments ont bien été entendus et assimilés, mais elle a aussi pour effet de permettre à chaque parti de s'appropriier les arguments adverses. La première position exposée est celle rassemblant le moins d'adeptes. Ceci se justifie par le fait que si les partisans de la solution la plus plébiscitée s'expriment les premiers, ils ont toutes les chances de rallier rapidement leurs opposants au nom d'un certain conformisme. Les minorités sont d'ailleurs encouragées

par des commentaires tels que : *«N'oubliez pas que Galilée était seul en son temps pour affirmer que la terre tourne autour du soleil !»*

Lorsque toutes les solutions ont été justifiées par leurs défenseurs et qu'aucun participant ne souhaite compléter l'une des argumentations, il est possible de refaire le point sur les positions respectives des participants car certains d'entre eux ont pu modifier leur opinion. Une position intermédiaire (appelée «floue») peut même être proposée à ceux qui n'arrivent plus à choisir une solution qui leur donne satisfaction. Quand il existe des individus ayant modifié leur opinion de départ, il est alors intéressant de leur demander d'explicitier les «bonnes» raisons de leur changement de position en insistant notamment pour qu'ils recherchent l'argument décisif dans cette rectification. Ceci permet en effet de susciter une réflexion sur le poids accordé à un argument particulier. À ce stade toutes les objections peuvent être avancées pour enrichir la discussion. L'animateur du débat peut cependant demander la reformulation d'un raisonnement par une tierce personne s'il la juge nécessaire pour sortir d'une impasse qui résulterait d'une «incommunication».

Le débat se termine lorsque les controverses ne sont plus alimentées par des discussions critiques ; en théorie, cette situation se présente à l'instant où une des réponses proposées au problème est devenue évidente pour tout le monde. L'expérience montre qu'il faut prévoir plus d'une heure pour atteindre ce stade.

3.7. Des situations-problèmes pour faire le point : Karavasta et Monastir

L'objectif du dispositif étant l'acquisition de capacités à résoudre le type de question posée à des experts des milieux paraliques, les connaissances mobilisées au cours de la séance doivent pouvoir être maîtrisées dans des contextes différents de ceux déjà abordés. Pour terminer la séquence, deux autres situations-problèmes sont donc proposées aux participants afin qu'ils puissent mettre à l'épreuve les capacités qu'ils ont pu acquérir grâce au dispositif mis en œuvre.

La situation-problème de Karavasta (document 3) peut sembler assez simple puisqu'il s'agit d'une lagune typique. Il faut pourtant remarquer le bassin en formation à l'avant de la lagune actuelle.

La situation-problème de Monastir (document 4) semble moins évidente à appréhender car, pour comprendre son intérêt, il faut faire l'hypothèse de l'existence d'un haut fond qui limite la baie au large et dont l'île de Dzira est la partie terminale émergente, fermant ainsi un bassin de type paralique.

4. CONCLUSION

Lors de travaux précédents, nous avons proposé une approche et une formalisation originale du concept d'écosystèmes paraliques en collaboration avec les chercheurs l'ayant développé dans le champ de l'écologie marine (Reynaud et al., 1995, 1996b). L'objectif de cette approche étant d'améliorer la communication du concept, nous avons voulu tester l'efficacité de notre "modèle" dans le cadre didactique en construisant un dispositif susceptible de répondre à cette attente.

Une évaluation de ce dispositif a été conduite auprès de cinq échantillons d'étudiants de l'Université Montpellier II, chaque séance nous ayant permis de perfectionner le dispositif jusqu'à la forme finale qui vient d'être présentée. Dans un article complémentaire à celui-ci, nous avons mesuré le nombre de «réponses attendues» aux situations-problèmes en fonction d'une part de la progression de l'étudiant à l'intérieur du dispositif didactique, et d'autre part des perfectionnements que nous avons apportés (Reynaud & Favre, à paraître).

Si les résultats de cette évaluation montrent que notre approche a contribué avantageusement à l'acquisition de ce concept d'écologie, ne pourrait-elle pas être utilisée pour d'autres concepts de biologie ou pour des concepts d'autres disciplines ?

L'écologie semble donner dans cet exemple un cas particulier de liaison directe entre les connaissances issues de la recherche et la résolution de problèmes pratiques. L'émergence d'un concept répond alors à l'identification d'une classe de problèmes particuliers. Lorsqu'il s'agit d'enseigner, l'existence de cette liaison permet de légitimer une pédagogie s'appuyant sur la résolution de problèmes pratiques. Une telle pédagogie fondée sur «l'apprentissage par résolution de problèmes» (Problem Based Learning) a ainsi trouvé un espace d'application privilégié dans l'enseignement de la pratique clinique en médecine (Pochet, 1995).

Installé au cœur de notre dispositif, l'apprentissage par résolution de problèmes proposé aux participants exploite donc des outils théoriques, mais il s'applique à des situations réelles. Ce dispositif a pour objectif de donner aux apprenants la capacité à mobiliser des concepts scientifiques pour résoudre des problèmes d'aménagement des milieux littoraux. Une telle approche place, selon nous, les apprenants en situation de construction de concepts par une activité de transformation réelle de leurs conceptions s'exprimant à travers le développement d'une capacité à résoudre de nouveaux problèmes.

Cette démarche pourrait-elle être élargie à l'enseignement de la biologie ? L'objectif de cet enseignement deviendrait alors le développement de capacités d'expert du type : reconnaître et comprendre le fonctionnement d'un système biologique.

Les enseignements de biologie traditionnels présentent un savoir permettant de développer ce type de capacités de traitement de l'information, mais en laissant souvent le développement de cette capacité à la charge des étudiants. À ce sujet, Darley (1994) signale que sur 64 protocoles de travaux pratiques de biologie, seulement deux proposent une problématique aux étudiants de DEUG. En négligeant de donner l'occasion aux étudiants de travailler sur des situations-problèmes diversifiées et de mettre leur compréhension à l'épreuve du débat avec des pairs, ainsi qu'en favorisant les activités de mémorisation par des évaluations se limitant à la capacité de restitution des savoirs, les enseignements traditionnels de biologie pourraient échouer dans leur intention de transmettre des concepts en ne préparant pas suffisamment les étudiants à mobiliser les informations qu'ils ont "appries".

En favorisant, par contre, l'intervention de tous les participants, en autorisant l'erreur et l'innovation lors de périodes de déstabilisation cognitive (identifiée par la position «floue» dans le débat socio-cognitif), notre approche devrait permettre d'acquérir des compétences sociales indispensables à un fonctionnement autonome des citoyens face au développement scientifique et technique de notre société. Être autonome face à ce développement exige en effet de pouvoir faire évoluer ses conceptions et donc de pouvoir supporter leur déstabilisation sans trop de malaise. L'habitude qui serait prise en étant acteur à l'intérieur de véritables débats socio-cognitifs aurait pour effet de préparer à rencontrer avec intérêt ces moments de déstabilisation plutôt que de les redouter ou même de les éviter.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & DEVELAY M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris, PUF.
- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n° 16, pp. 103-141.
- AMANIEU M. & LASSERE G. (1981). Niveaux de production des lagunes littorales méditerranéennes et contribution des lagunes à l'enrichissement des pêches démersales. *Études et Revues CGPM*, n° 58, pp. 81-94.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- BARTH B.M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris, Retz.
- BARTH B.M. (1993). *Le savoir en construction*. Paris, Retz.
- BROUSSEAU G. (1986). Quelques concepts fondamentaux en didactique des mathématiques. *E.P.S. Contenus et didactique*, pp. 269-277.

- CLÉMENT P. (1991). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, n° 13, pp. 133-156.
- DARLEY B. (1994). *L'enseignement de la démarche scientifique dans les travaux pratiques de biologie à l'université*. Thèse, Université Joseph Fourier-Grenoble 1.
- DELÉAGE J.-P. (1991). *Histoire de l'écologie*. Paris, La Découverte.
- DE VECCHI G. & GIORDAN A. (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Nice, Z'éditions.
- DOISE W. & MUGNY G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris, InterEditions.
- DOUADY R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 7, n° 2, pp. 5-31.
- DROUIN J.-M. (1991). *L'écologie et son histoire*. Paris, Flammarion (réédition 1993).
- DUTRIEUX E. & GUELORGET O. (1988). Ecological planning : A possible method for the choice of aquacultural sites. *Ocean & Shoreline Management*, n° 11, pp. 427-447.
- GIORDAN A. & DE VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Paris, Delachaux et Niestlé.
- GUELORGET O. & MICHEL P. (1979). Les peuplements benthiques d'un étang littoral languedocien - l'étang du Prévost (Hérault). *Téthys*, vol. 9, n° 1, pp. 49-77.
- GUELORGET O. & PERTHUISOT J.-P. (1983). *Le domaine paralique - Expressions géologique, biologiques et économiques du confinement*. Paris, Presse École Normale Supérieure (16).
- GUELORGET O. & PERTHUISOT J.-P. (1992). Parallic ecosystems - Biological organization and functioning. *Vie Milieu*, vol. 42, n° 2, pp. 215-251.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.
- MARTINAND J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne, Peter Lang.
- PERTHUISOT J.-P., & GUELORGET O. (1982). Le domaine paralique : dynamique biologique et sédimentaire. In *XXI^e Congrès International de Sédimentologie de Hamilton* (Abstracts), p. 26.
- PERTHUISOT J.-P. & GUELORGET O. (1992). Morphologie, organisation hydrologique, hydrochimie et sédimentologie des bassins paraliques. *Vie Milieu*, vol. 42, n° 2, pp. 93-109.
- POCHET B. (1995). Le «Problem-Based Learning», une révolution ou un progrès attendu ? *Revue Française de Pédagogie*, n° 111, pp. 95-107.
- REYNAUD C., GUELORGET O., RIEUCAU J. & FAVRE D. (1993). Approche didactique des représentations du concept de Lagune. In *Actes du colloque «Okeanos 93 : Le système littoral méditerranéen, connaissance, gestion, protection»*. Montpellier, pp. 214-216.
- REYNAUD C., GUELORGET O. & FAVRE D. (1995). Didactic approach of the parallic ecosystem concept. In *Actes du colloque «Baltic sea and Mediterranean sea – A comparative ecological approach of coastal environments and parallic ecosystems»*. Montpellier, pp. 14-26.
- REYNAUD C., GUELORGET O. & FAVRE D. (1996a). Contribution didactique à la modélisation du concept de milieu paralique et application à l'étude des conceptions des élus locaux. *Journal de Recherche Océanographique*, vol. 20, n° 1-2, pp. 65-74.
- REYNAUD C., GUELORGET O. & FAVRE D. (1996b). A model for scientific communication of the parallic ecosystem concept – A pretext for discussing development of scientific knowledge in the research field. In A. Giordan & Y. Girault (Éds), *The new learning models – Their consequences for the teaching of biology, health and environment*. Nice, Z'editions, pp. 155-166.

REYNAUD C. & FAVRE D. (à paraître). Évaluation d'un dispositif didactique innovant pour l'enseignement d'un concept d'écologie marine à l'université.

RUMELHARD G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne, Peter Lang.

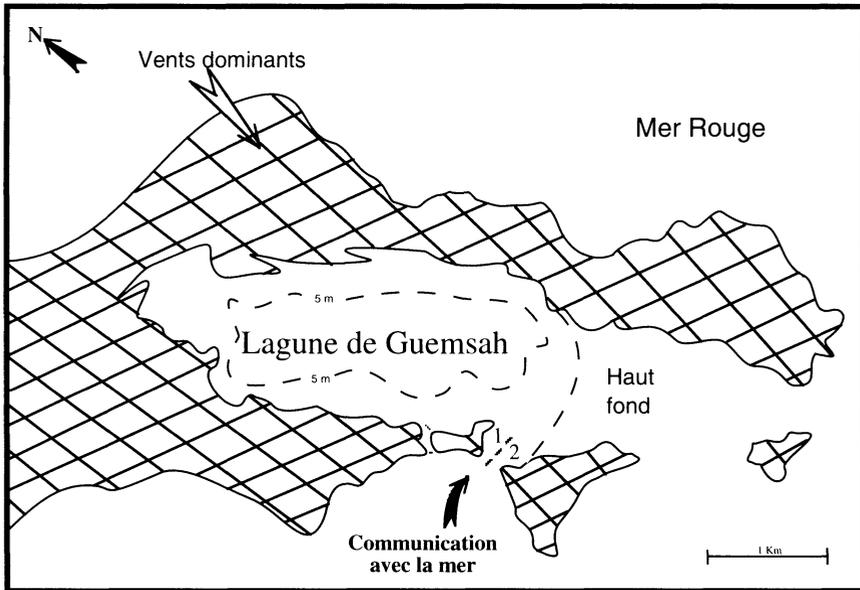
ANNEXE : Documents

Document 1

Question posée à l'expert : Où prélever, dans la lagune de Guemsah, l'eau la mieux adaptée à l'alimentation d'une station d'aquaculture intensive de poissons (recherche de l'eau la moins chargée possible en matière organique) ?

Données de départ

- Localisation de la lagune de Guemsah : Mer Rouge, Égypte, latitude 27°5 N.
- La disponibilité des autres moyens nécessaires à l'installation de la station ne pose pas de problème.
- Présence d'un haut fond limitant la lagune au Sud.
- La lagune est en communication avec la mer par une passe principale située au sud/sud-ouest (voir carte).
- Organisation biologique qualitative visible dans la passe :
 - d'un côté (indiqué sur la carte : 1) : nombreuses espèces marines (oursins, astérides...),
 - de l'autre côté (indiqué sur la carte : 2) : tapis cyanobactérien, peu d'espèces.
- Direction des vents dominants connue (N-NE).



Exercice

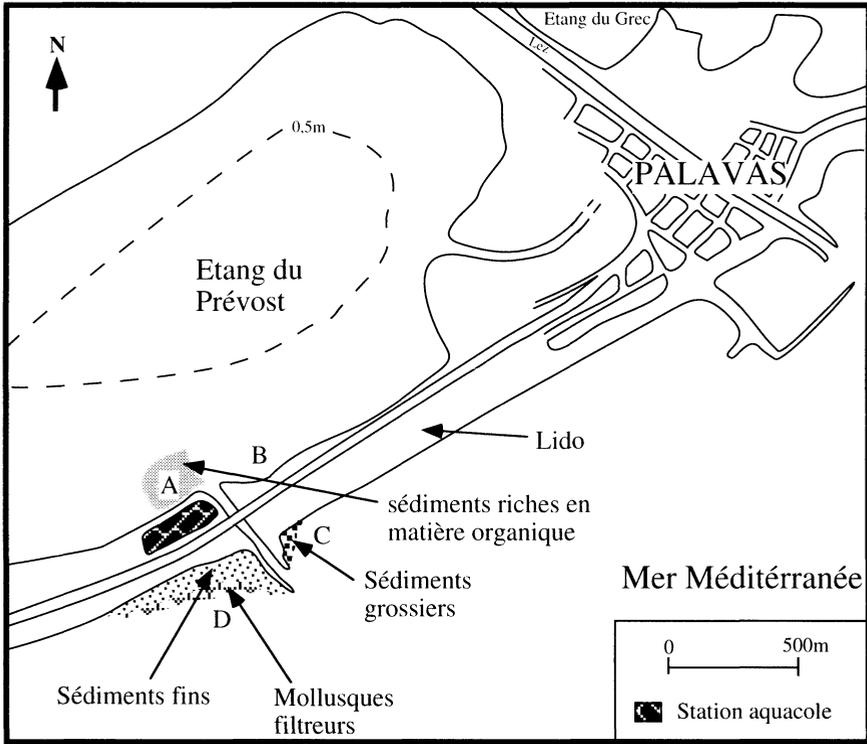
- Indiquer par une surface hachurée en rouge sur la carte, la zone dans laquelle vous proposeriez d'installer la prise d'eau dans la lagune.
- Justifiez votre réponse en trois phrases maximum (au dos du document).

Document 2

Question posée à l'expert : Où prélever l'eau la mieux adaptée à l'alimentation d'une station d'aquaculture intensive de poissons (Loups et Dorades) installée sur un lido ?

Données de départ

- Situation géographique : Méditerranée, France, latitude : 43° 7 N.
- Description du site : près de la ville de Palavas, sur le lido séparant l'étang du Prévost de la mer, a été installée une station d'aquaculture intensive expérimentale.
- L'eau prélevée devra alimenter des bassins de taille réduite dans lesquels la forte densité de poissons implique une consommation d'oxygène importante et engendre une production importante de déchets organiques.
- Observation : la zone de l'étang en face de la station (A) présente des dépôts riches en matière organique. À l'opposé par rapport au grau (B), les substrats durs sont colonisés par des huîtres sauvages. À l'Est de la jetée (C), on trouve des sédiments grossiers et il est possible de recueillir des nombreuses espèces marines. De l'autre côté de la jetée (D), des dépôts sableux abritent des espèces détritivores ; une zone où se rencontrent des mollusques filtreurs est aussi nettement observable (voir carte).

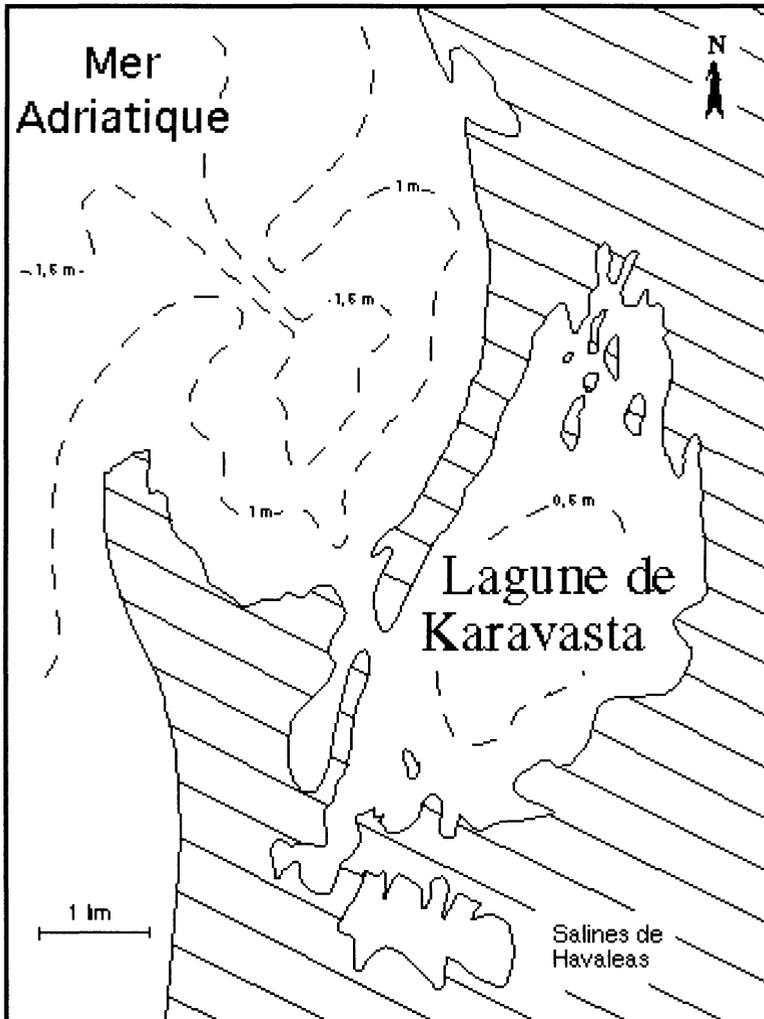


Document 3

Question posée à l'expert : Où pourrait-on installer des tables d'élevage conchylicoles (huîtres) dans la région de Karavasta pour obtenir une production optimale ?

Données de départ

- Situation géographique : Mer Adriatique, Albanie, 41° N.
- Observation :
 - dans l'enceinte de la lagune on peut pêcher, en grande quantité, des mulets et athérines, espèces qui affectionnent les zones riches en micro-organismes détritiques,
 - on ne récolte des oursins qu'à quelques kilomètres au large de la lagune actuelle.
- Les coquillages que l'on souhaite exploiter :
 - à l'état sauvage, s'installent en eaux peu agitées, mais bien oxygénées,
 - sont des animaux filtreurs (ils se nourrissent de matière organique en suspension).



Exercice (sur la carte jointe)

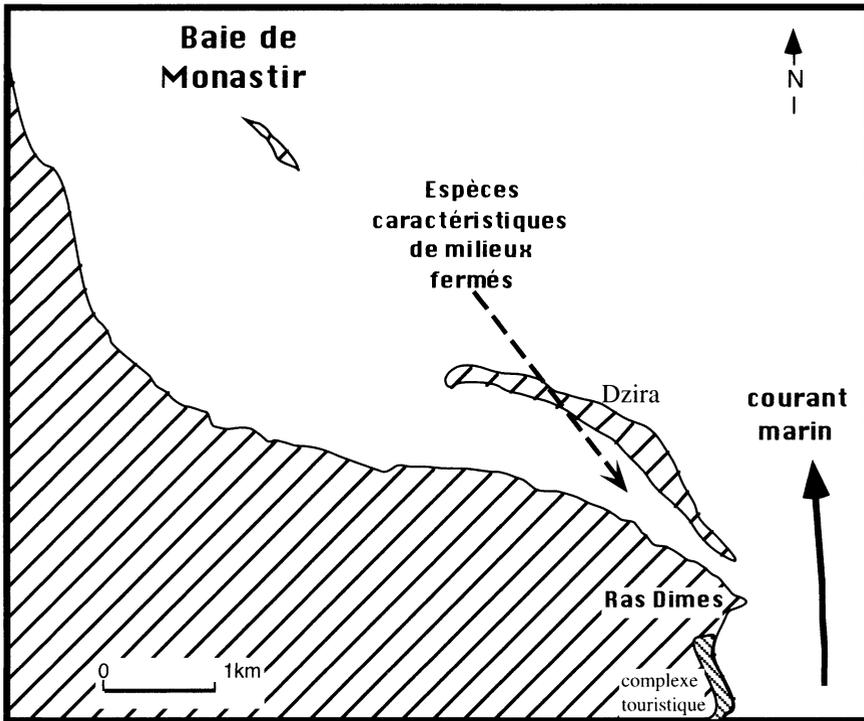
- Indiquer par une zone hachurée en rouge sur la carte l'emplacement où vous proposeriez d'installer les tables d'élevage (surface d'environ 1 km²).
- Justifiez votre réponse en trois phrases maximum (au dos de la carte).

Document 4

Question posée à l'expert : Où peut-on installer une ferme d'élevage intensif de poisson sur la côte de la baie de Monastir, près de Ras Dimes, en fonction de l'environnement littoral ?

Données de départ

- Situation géographique : Méditerranée, Tunisie, latitude : 35° 7 N.
- Description du site : une baie terminée au Sud par un cap en face duquel se trouve une île ; un courant marin de direction Sud-Nord parallèle à la côte.
- Observation : entre l'île et le cap on trouve des espèces typiques de milieux fermés et de nombreux indicateurs d'engraissement organique (suspensivores, détritivores). En allant vers l'intérieur de la baie on rencontre des espèces typiquement marines.
- L'île de Dzira doit rester un site protégé pour l'accueil des peuplements d'oiseaux.
- La ferme devra disposer d'une prise d'eau de qualité marine (ou comparable) et pouvoir rejeter ses effluents dans un milieu capable d'absorber l'excédent de matière organique produit.



Exercice (sur la carte jointe)

- Indiquer par une flèche rouge sur la carte l'emplacement où vous proposeriez d'installer la ferme.
- Justifiez votre réponse en trois phrases maximum (au dos de la carte).