

TD n°1 de DCRE

I. Rappels sur les écosystèmes aquatiques :

Un écosystème aquatique est un ensemble d'organismes interdépendants qui dépendent également de leur milieu aquatique pour les éléments nutritifs qui s'y trouvent (p. ex., l'azote et le phosphore) et l'abri qu'il leur procure. Les étangs, les lacs et les cours d'eau constituent des exemples familiers d'écosystèmes aquatiques; toutefois, ceux-ci englobent également des zones, telles que des plaines d'inondation et des terres humides, qu'elles soient inondées toute l'année ou seulement pendant certaines périodes. Des écosystèmes apparemment hostiles peuvent entretenir la vie.

Même une goutte d'eau constitue un écosystème aquatique, puisqu'elle contient des organismes vivants ou peut en assurer la survie. En fait, les écologistes étudient souvent, en laboratoire, des gouttes d'eau prélevées dans des lacs et des cours d'eau afin de comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes.

I.1. Les grands types d'écosystèmes aquatiques :

Il existe une grande diversité d'écosystèmes aquatiques marins et continentaux.

Chacun est structuré selon un ensemble de paramètres physiques, chimiques et biologiques spécifiques. Les réseaux d'échanges d'énergies et de matières permettent le maintien et le développement de la vie des milieux aquatiques dont il convient de surveiller l'état sanitaire.

a. Les systèmes aquatiques continentaux superficiels

Ils sont répartis en deux domaines : le domaine lotique et le domaine lentique (ou limnique).

- **Les écosystèmes du domaine lotiques :** qui sont caractérisés par un écoulement apparent de l'eau, la plupart du temps permanent. Ils correspondent aux ruisselets, ruisseaux, torrents, rivières et fleuves qui sont des masses d'eau douce qui s'écoulent en permanence ou de façon saisonnière dans un chenal naturel et se jettent dans une autre masse d'eau comme un lac ou la mer. Les cours d'eau contiennent généralement plus d'oxygène que les lacs ou les étangs et tendent à abriter des organismes adaptés à l'eau vive.

Certains cours d'eau se jettent dans les **océans**, les grandes étendues d'eau salée qui recouvrent 70 % de la superficie du globe. Les zones soumises à l'action des marées où l'eau salée se mêle à l'eau douce s'appellent les **estuaires**. Ces écosystèmes productifs renferment des regroupements uniques d'organismes dont les étoiles et les anémones de mer.

En fonction de la topographie traversée ou façonnée par les écoulements, les paramètres abiotiques structurant pour les communautés animales et végétales sont la vitesse du courant déterminant un équilibre entre érosion et sédimentation, le niveau d'oxygénation des eaux, l'apport d'énergie solaire et sa pénétration dans la colonne d'eau, la quantité de matière organique ou minérale en suspension.

L'action de ces paramètres détermine tout au long de l'axe amont-aval un gradient d'habitats diversifiés au sein du continuum lotique. En fonction des gradients des conditions abiotiques du système amont-aval et des transferts longitudinaux permanents de matière, les communautés animales et végétales se répartissent le long de cet axe.

On peut distinguer principalement au sein d'un même système lotique, trois zones écologiques : le crénon ou zone des sources, le rhithron ou cours supérieur de rivière, au plus proche des sources, et le potamon qui regroupe cours moyen et cours inférieur, partie des cours d'eau en basse altitude.

- **Les écosystèmes du domaine lentique (ou limnique)** présentent des eaux stagnantes piégées dans des dépressions du sol.

Les lacs : sont des nappes d'eau libres généralement permanentes et par conséquent régulièrement renouvelées, alimentés par les cours d'eau, les sources ou les précipitations locales. Leur profondeur va de quelques mètres à plus de 1500 m. Plus ou moins étendus ou profonds, leur origine est diverse (lacs de fossé d'effondrement, lacs volcaniques, lacs d'origine glaciaire, lacs fluviaux).

Les lacs peuvent être classés d'après diverses caractéristiques, dont leur formation et leur condition chimique ou biologique. Une de ces classifications identifie deux types de lacs : **oligotrophe** et **eutrophe**.

- Les lacs oligotrophes sont caractérisés par une assez faible productivité et sont surtout peuplés de poissons de fond d'eau froide comme le touladi, communément appelée truite grise.

- Les lacs eutrophes, quant à eux, sont moins profonds et plus productifs que les précédents, et sont surtout peuplés de poissons d'eau chaude comme le crapet de roche.

Dans les lacs, la stagnation de l'eau et une profondeur supérieure à celle des écosystèmes lotiques permettent une organisation verticale. La surface peut recevoir et accumuler une grande quantité d'énergie solaire, conduisant à des gradients verticaux de lumière et de température décroissants avec la profondeur.

Dans les lacs, une zone euphotique dans la partie supérieure où l'importance des apports solaires permet la croissance du phytoplancton et de végétaux benthiques (forte production primaire) est séparée d'une zone aphotique qui en est privée.

On distingue de haut en bas : une couche de surface ou épilimnion où la température est élevée et homogène, une couche de décroissance rapide de la température ou thermocline, une couche profonde ou hypolimnion où la température est basse et homogène (~ 4°C). Cette stratification thermique de la colonne d'eau peut être permanente (thermocline permanente des lacs des régions tropicales sans influence saisonnière) ou saisonnière.

Les mares sont des nappes d'eau superficielles souvent temporaires, d'étendue, de surface et de profondeur réduites.

Les étangs sont des étendues d'eau calme qui sont plus petites et situées dans des perturbations naturelles telles que des cuvettes formées de pierre à chaux ou résultant de la construction de barrages . Présents en permanence ou pendant certaines saisons.

b. Les écosystèmes aquatiques marins

Ils présentent une très grande diversité. Comme les lacs, l'exposition de la surface au rayonnement solaire conduit à une zonation verticale de la masse d'eau. On y distingue, jusqu'à 200 mètres (eau claire), une zone photique (ou système phytal) dans laquelle la photosynthèse est possible, et une zone aphotique (ou aphytal). De même, on observe une stratification thermique de la colonne d'eau séparant successivement zone superficielle, zone thermocline et zone profonde. On peut également séparer le domaine marin horizontalement, en fonction de l'éloignement à la côte, de la profondeur de la colonne d'eau et des relations d'échanges possibles entre le fond et les eaux de surface, en deux provinces :

- les provinces néritiques sont les zones marines partant de la côte et s'étalant généralement sur l'ensemble du plateau continental. D'une profondeur maximale d'environ 200 m, ces provinces présentent des biocénoses riches et diversifiées et sont le lieu d'une intense production biologique reposant sur une forte production primaire (phytoplancton ; végétaux benthiques : thallophytes et phanérogames marines). L'enrichissement des eaux côtières en matière organique et minérale d'origine terrestre et provenant des hydrosystèmes lotiques représente l'élément moteur de cette forte production. La faible profondeur des provinces néritiques permet des échanges permanents entre les organismes benthiques et ceux du domaine pélagique jusqu'en surface.

- les provinces océaniques s'ouvrent au bord du plateau continental pour occuper l'ensemble des masses d'eau marines. La profondeur de la colonne d'eau s'étend de 200 m (bord du talus continental) à plus de 11000 m (fosse océanique) pour une profondeur moyenne mondiale d'environ 4000 m. Les biocénoses benthiques et pélagiques sont généralement moins diversifiées et la production biologique repose principalement sur la production primaire du phytoplancton. En haute mer, des carences en éléments minéraux (azote, phosphore, fer...) limitent la production biologique et les centres océaniques sont considérés comme des « déserts » au vu de la faible biomasse animale et végétale observée. Contrairement aux provinces néritiques, peu d'échanges réciproques existent entre le domaine pélagique et le domaine benthique, ce dernier, dépourvu de capacité de production primaire (sauf les systèmes chimio-autotrophes des systèmes hydrothermaux profonds) reçoit des apports alimentaires par sédimentation des organismes ou de la matière organique en suspension.

Le transfert possible de matière du bas vers le haut repose essentiellement sur la mobilité verticale d'organismes pélagiques capables de migrations parfois de grande amplitude ou à l'occasion d'événements hydrologiques tels que des zones de remontées d'eaux froides vers la surface (upwelling).

c. Les écosystèmes de transition : les écotones

Les écotones sont les zones de transition entre des écosystèmes fortement identifiés par la stabilité et l'homogénéité de leurs facteurs abiotiques dominants. Ces écotones s'établissent notamment entre les milieux terrestres et les milieux aquatiques, mais également entre différents systèmes aquatiques. Ils sont caractérisés par des gradients spatiaux et/ou une hétérogénéité temporelle de leurs paramètres abiotiques principaux.

Dans ces zones de transition se développent une très forte biodiversité, celle-ci reflétant d'une part la fraction commune des espèces des écosystèmes séparés capables de supporter ces gradients, d'autre part d'espèces typiquement inféodées (ou endémiques) de ces écotones.

- Les « zones humides » correspondent à une diversité d'écosystèmes répondant à cette description : ce sont les terrains riverains des systèmes lotiques ou lentiques inondés ou gorgés d'eau douce, saumâtre ou salée, de façon temporaire ou permanente et dont la végétation est à dominante hygrophile. Dans les régions tempérées, les rythmes saisonniers influent sur les réserves en eau contenues dans ces hydrosystèmes, les zones humides pouvant être plus ou moins asséchées.

Sous ce terme sont regroupés les berges des rivières, rives des lacs et leur ceinture de végétation, les forêts riveraines (ripisylve), les marais, les plaines alluviales et les prairies humides, les bras morts, les tourbières... Leur rôle est essentiel. Elles permettent la régulation des écoulements du milieu terrestre vers les milieux aquatiques et en assurent la filtration, l'épuration biologique ; elles jouent le rôle de zone tampon limitant les effets des crues ; gorgées d'eau, elles participent au maintien du niveau des réserves d'eau souterraines (nappes phréatiques). Enfin, elles sont des réservoirs de biodiversité sur lesquels viennent se nourrir, se réfugier et se reproduire de nombreuses espèces d'oiseaux, d'amphibiens et de poissons.

- Les zones médiolittorales représentent la frontière étroite entre le milieu continental terrestre et le domaine marin, zone soumise à l'alternance des marées.

Parfois incluses dans les « zones humides », elles en diffèrent principalement par la rythmicité quotidienne des périodes d'immersion et d'exondation. Présence et absence d'eau impriment aux organismes de ces écosystèmes de fortes contraintes physiologiques et par conséquent sélectionnent des espèces animales et végétales montrant de fortes capacités d'acclimatation.

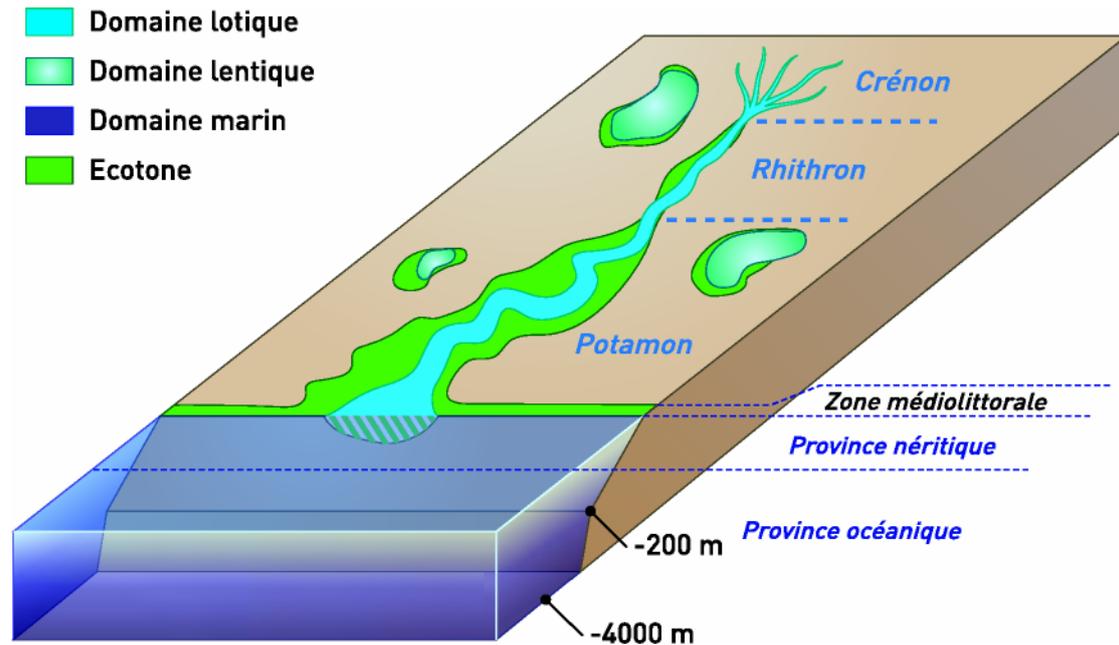


Figure1 : Ecosystèmes aquatiques : les grands domaines

I.2. Structure et fonctionnement :

I.2.1. Fonctionnement des écosystèmes terrestres, océaniques et lacustres :

Ces écosystèmes sont caractérisés par un gradient vertical du cycle biosynthèse-biodégradation. Dans une forêt, les feuilles reçoivent la lumière solaire et effectuent leur propre synthèse à partir d'éléments minéraux.

Les végétaux sont utilisés directement ou de seconde main par les animaux, consommateurs primaires ou secondaires. Tout ce qui meurt tombe sur le sol, où la matière organique, la nécromasse, est lentement dégradé, oxydée, et retourne à l'état minéral. Le système racinaire des végétaux récupère dans les sols les sels minéraux sous forme soluble.

Les écosystèmes océaniques et lacustres présentent le même gradient vertical biosynthèse-biodégradation. La biosynthèse se déroule dans les couches supérieures de l'eau, en fonction de la profondeur de pénétration de la lumière ; la nécromasse s'accumule sur le fond. La différence entre ces écosystèmes et les écosystèmes terrestres réside dans le recyclage des sels minéraux.

En dehors de la ceinture végétale littorale, prolongement de la végétation terrestre et qui possède comme elle un système racinaire, ce sont les algues en suspension, le phytoplancton, qui assurent la transformation de l'énergie solaire en énergie chimique ; elles sont consommées par le zooplancton. la nécromasse tombe sur le fond, est consommée en partie par un zoobenthos détritivore (analogue à la faune du sol), et minéralisée. Mais le phytoplancton n'a aucun moyen propre pour assurer le recyclage des sels minéraux, qui s'accumulent sur le fond. Ce recyclage n'est possible que par des mouvements verticaux de l'eau, qui ramènent les sels minéraux vers la surface. Un tel mode de recyclage n'a pas l'efficacité du système racinaire, et la productivité des eaux océaniques et lacustres est très inférieure à celle des écosystèmes terrestres.

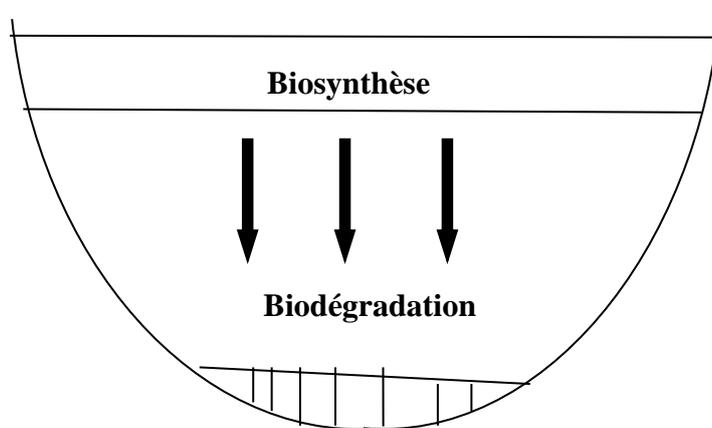


Figure 2 : Fonctionnement des écosystèmes lacustres et océaniques. Le cycle biosynthèse-biodégradation suit un gradient vertical.

I.2.2. Fonctionnement des écosystèmes d'eaux courantes :

Un cours d'eau draine un bassin-versant et tend à rejoindre le point le plus bas. La puissance de l'eau en mouvement érode à la fois les matériaux du bassin- versant, les ressources nécessaires au fonctionnement de l'écosystème (sels minéraux et nécromasse) et entraîne même des organismes vivants (dérive).

Les eaux courantes constituent un système de transport amont-aval, et le fonctionnement de leurs écosystèmes se déroule suivant un gradient horizontal et non plus vertical. C'est cette particularité qui fait toute l'originalité des écosystèmes d'eaux courantes, des écosystèmes lotiques. Elle explique leur tendance vers l'hétérotrophie. La photosynthèse ne joue un rôle important que sur les pentes faibles, en plaine (potamal).

Le fonctionnement horizontal des écosystèmes lotiques est d'abord fondé sur l'utilisation des matériaux organiques transportés par les organismes détritivores qui s'en nourrissent, les Champignons et les Bactéries qui dégradent et les oxydent. Secondairement, les matériaux oxydés permettront la photosynthèse des algues fixées (phytobenthos) et en suspension (phytoplancton). Les réseaux alimentaires animaux, sur un cours d'eau supérieur, sont assimilables à ceux des sols, basés sur la nécromasse. Ce n'est que lorsque le courant diminue, que le phytobenthos se développe, que des réseaux alimentaires fondés sur des herbivores apparaissent.

Dans les écosystèmes océaniques et lacustres, les échanges d'oxygène et anhydride carbonique à l'interface eau-atmosphère sont sous le contrôle dominant de la photosynthèse et de la respiration des organismes. Ce mode de contrôle est secondaire dans les eaux courantes, où les phénomènes de turbulence sont dominants et équilibrent plus facilement les échanges gazeux eau-atmosphère. L'apparition d'un gradient vertical biosynthèse-biodégradation est un phénomène exceptionnel et temporaire, en été, au niveau de potamal, surtout lorsque des chaussées rehaussent le niveau plan d'eau pour permettre la navigation.

Le mode de fonctionnement écosystèmes lotiques et donc très différent de celui des écosystèmes océaniques et lacustres, par suite du gradient horizontal du flux d'énergie et de matériaux. Les organismes benthiques n'utilisent ce flux que de façon partielle, à son passage.

Les organismes planctoniques dérivent avec lui, mais ne peuvent l'utiliser de façon optimale que dans la mesure où le temps qui leur est imparti pour leur développement- le temps de transit de l'eau- est suffisamment long.

Contrairement à ce qu'on observe dans les autres écosystèmes, le flux d'énergie et de matériaux dans les eaux courantes apparaît plus comme une toile de fond des écosystèmes que comme un régulateur des communautés.

Dans la hiérarchie des facteurs écologiques, le courant- l'hydraulique- figure en tête, suivi par la température. La régulation des communautés est dominée par les facteurs physiques, et, à ce titre, les écosystèmes des eaux courantes font figure d'éternels écosystèmes pionniers.

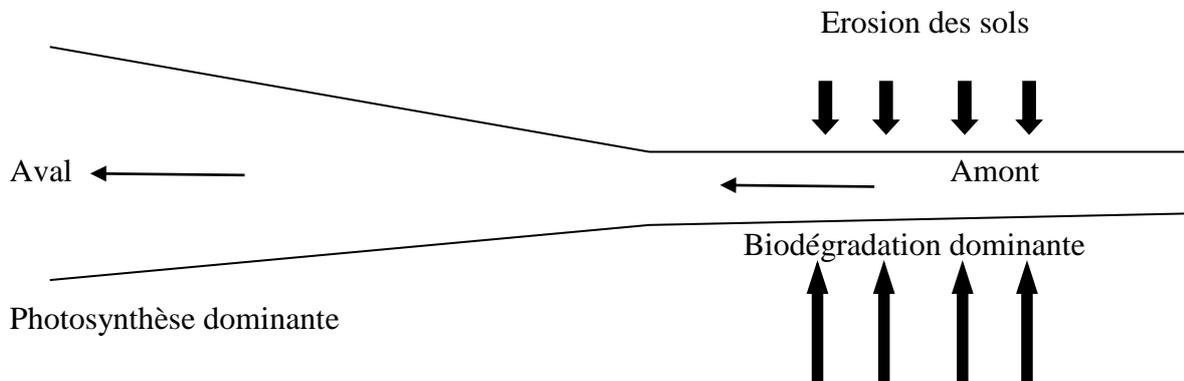


Figure 3: Fonctionnement des écosystèmes d'eaux courantes. Le cycle biodégradation-biosynthèse suit un gradient longitudinal, amont-aval

II. La conservation des écosystèmes aquatiques

Conservation : ensemble des mesures requises pour maintenir ou rétablir les habitats naturels et les populations d'espèces de faune et de flore sauvages dans un état de conservation favorable.

État de conservation d'un habitat naturel : effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les "espèces typiques" qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses "espèces typiques".

Définition de l'état de conservation favorable

A l'échelle biogéographique, l'état de conservation d'un habitat naturel sera considéré comme "favorable" lorsque :

- son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension,

- la structure et le fonctionnement spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible,
- l'état de conservation des espèces qui lui sont "typiques" est favorable.

L'état de conservation résulte de la comparaison entre l'état observé et un état favorable théorique (état souhaité). De plus les milieux alluviaux présentent des caractéristiques particulières qui en font des milieux extrêmement dynamiques où le choix d'un système de référence est particulièrement difficile.

L'état de référence

Réaliser une évaluation suppose la comparaison entre une entité observée et une entité de référence, en l'occurrence, entre un habitat qui fait l'objet de l'évaluation et un habitat de "référence" souhaité. La difficulté pour définir l'état de référence mène bien souvent à se fonder sur le concept de "naturalité" et à rechercher les modèles de référence vierges de toute action anthropique. La notion d'état de référence perd tout son sens ici et peut-être remplacé par l'état "désiré" ou "souhaité".

Aux difficultés liées à toute évaluation d'écosystème s'ajoute dans le cas des habitats humides et aquatiques leur caractère dynamique et de changement rapide, sur le plan hydro morphologique et écologique, c'est-à-dire une dynamique spatio-temporelle importante. L'état "naturel" est dynamique et se traduit par une "succession végétale dynamique" qu'il faut évaluer dans sa globalité spatiale et temporelle. Pour ces écosystèmes rivulaires, l'état "naturel" correspond à la succession d'habitats et de faciès de végétation potentielle de chaque zone la plus complète possible, c'est-à-dire au tronçon le plus diversifié.

Cette méthode consiste à évaluer l'état de conservation d'un habitat naturel en comparant l'entité observée (le type d'habitat à évaluer) à une (ou des) entité(s) de référence pour ce type d'habitat.

Cette comparaison se fait par l'étude de diverses caractéristiques de l'habitat (critères) à l'aide d'indicateurs (variables qualitatives ou quantitatives à mesurer) pertinents, simples et pragmatiques, et ceci au niveau de l'habitat générique. L'état de conservation est obtenu en comparant les valeurs des indicateurs obtenues à des valeurs seuils. Selon les écarts avec ces valeurs seuils, une note est attribuée à chaque indicateur.

En retirant de la note de 100 chacune de ces valeurs, nous obtiendrons une note finale, et l'état de conservation est obtenu en reportant cette note sur un axe de correspondance. La différenciation entre les valeurs de référence et l'état "idéal" permet aussi la mise en place d'indicateurs dont la note associée peut être positive. Cette méthode doit s'appuyer sur des indicateurs qualitatifs et quantitatifs (lorsque c'est possible), simples et en nombre restreint.

Les méthodes d'inventaire et de suivi permettant la récolte des données doivent être aisées, demander peu de compétences et être peu coûteuses en temps. Ceci est primordial si l'on veut que cette méthode soit appliquée sur le terrain et fasse l'objet de suivi. L'utilisation d'une méthode commune permet d'homogénéiser les approches d'un site à l'autre et d'un type d'habitat à l'autre, ce qui facilite les comparaisons et l'agrégation des données en vue d'une utilisation nationale.

Indicateurs	Valeurs-seuils	Note
A	$0 < A < 3$	0
	$3 < A < 6$	-5
	$6 < A < 9$	-10
B	$100\% < B < 80\%$	0
	$80\% < B < 20\%$	-10
	$20\% < B < 0\%$	-20
C	$C > 10$	0
	$C < 10$	-15
Note finale		$100-0-20-15 = 65$

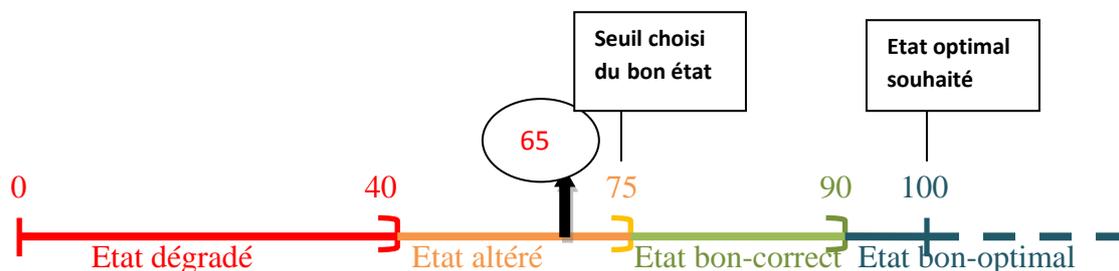


Figure 4: Axe de correspondance note/état de conservation pour les habitats