

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et
de l'Univers



Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

Polycopié support pédagogique au cours

Matière: Conservation de la biodiversité et développement durable

Licence Ecologie et Environnement

Dr. Satha Yalles Amina

Janvier 2019

Le Programme

Les principales causes d'extinction des espèces	3
Fragmentation des habitats.....	13
Conséquences des invasions des espèces sur la biodiversité	24
- Les invasions biologiques volontaires	18
- Les invasions biologiques involontaires	18
- Processus d'invasion des espèces exotiques	22
Conséquences de la surexploitation des espèces sur la biodiversité	37
- Les pollutions organiques sur les espèces animales et végétales	38
- Les pollutions chimiques	39
- Les espèces menacées par la pollution (exemples).....	39
Développement durable	43
- Notion de développement durable	44
- Conservation de la biodiversité (<i>in situ</i> et <i>ex situ</i>)	50
- Exemples d'aires protégées dans le monde, en méditerranée et en Algérie	62
- Lutte contre l'érosion de la biodiversité et la désertification	76
-Gestion des ressources génétiques des populations sauvages et domestiquées.....	81
- Aspects socio-économiques de la conservation et de la gestion des ressources biologiques	84

Sommaire

Table des matières	
Liste des figures	
Liste des photos	
Introduction à la biodiversité	1
Définitions.....	1
Chapitre I: Les principales causes d'extinction des espèces.....	3
I.1. La notion d'espèce.....	3
I.2. Evolution de la biodiversité au cours du temps.....	3
I.3. Les types de diversité.....	5
1.3.1 Diversité génétique.....	5
1.3.2. Diversité des espèces.....	6
1.3.3. Diversité éco systémiques.....	7
I.4. Les extinctions.....	8
I.4.1. Les principaux épisodes d'extinctions.....	8
I.4.2. Les principales causes des extinctions massives.....	9
I.4.3. Le risque d'extinction.....	12
Chapitre II: Les causes actuelle de l'extinction des espèces.....	13
II . 1 . La fragmentation des habitats.....	13
II . 1 . 1. La déforestation.....	14
II . 1 . 2 . L'assèchement des zones humides	16
II . 1 . 3 . Aménagements modernes: La construction des barrages.....	16
II . 2 . Les invasions biologiques.....	17
II . 2 . 1. Les introductions intentionnelles ou volontaires.....	18
II . 2 . 2. Les introductions involontaires.....	18
II . 2 . 3. Le processus d'invasion des espèces exotiques.....	22

II. 2. 4. Le succès des invasions biologiques et facteurs favorisants.....	24
II.2.4.1. La pression des propagules	24
II.2.4.2. Caractéristiques de l'environnement d'accueil.....	24
II.2.5. Conséquences des invasions des espèces sur la	
biodiversité.....	24
II.2.5.1. les impacts sur la biodiversité	25
II.2.5.2. Les impacts sur le fonctionnement écologique des écosystèmes.....	
aquatiques.....	28
II.2.5.3. Impacts sur la santé humaine.....	31
II.2.5.4. Impacts sur la sécurité humaine.....	31
II.2.5.5. Impacts économiques.....	32
II.3.La surexploitation des espèces.....	34
II.3.1. La chasse	34
II.3.2. La surpêche.....	35
II.3.3. Le commerce.....	36
II.3. 4. Conséquences de la surexploitation des espèces sur la	
biodiversité	37
II.4. La pollution	38
II.4. 1. Les pollutions organiques	38
II. 4. 2. Les pollutions chimiques	39
II.4.3. Les espèces menacées par la pollution (exemples).....	39
Chapitre III: Le développement durable	
Historique : Les principales dates du développement durable.....	43
III. 1 Les principes du développement durable.....	44
III.2. La biologie de la conservation.....	48
III. 2.1.La mise en œuvre de la conservation.....	48
III. 2.1.1. La sauvegarde des espèces menacées.....	48

III. 2.1.2. La conservation des écosystèmes.....	49
III. 2.2. Conservation de la biodiversité (in situ et ex situ).....	50
III. 2.2.1. La conservation in situ	50
III. 2.2.2. La conservation ex situ.....	50
III.3. Les aires protégées.....	51
Définition	51
III.3. 1. Classification des aires protégées.....	51
III.3. 2. Exemples d'aires protégées dans le monde , en Méditerranée, en Algérie.....	62
III.3.3. Convention sur les zones humides d'importance internationale.....	74
III.4. Lutte contre l'érosion de la biodiversité.....	76
III. 4.1. Les indicateurs de l'érosion de la biodiversité	77
III.4.2. La désertification menace la diversité biologique.....	79
III.4.3. Les conséquences de la désertification sur l'environnement..	79
III.4.4. Lutte contre l'érosion de la biodiversité et la désertification.	79
III. 5. Gestion des ressources génétiques des populations sauvages et domestiquées.....	81
III. 6. Aspects socio-économiques de la conservation et de la gestion des ressources biologiques.....	84

Liste des figures

Figure 1: Situation temporelle des cinq extinctions de masse dans les ères géologiques.....	14
Figure 2: a) &b): Situation géographique du plateau du Dekkan en Inde.....	16
Figure 3: Point d'impact du météorite.....	17
Figure 4: Les groupes subissant une extinction de masse lors des ères géologiques.....	17
Figure 5 : Evolution de la surface couverte par des forêts de chênes au Wisconsin entre 1831 et 1950.....	19
Figure 6 : Les pertes de forêts par écozone.....	20
Figure 7 : Les pertes de forêts par domaine climatique	20
Figure 8: Vue transversale d'un navire montrant les réservoirs de ballast et le cycle suivi par l'eau de lest. Adapté du Fonds mondial privé pour l'environnement, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Organisation maritime internationale, Programme mondial de gestion de l'eau de lest (programme GloBallast), 2007.....	25
Figure 9: Principales voies d'introduction d'espèces exotiques en Europe.....	26
Figure 10: Barrières à franchir pour qu'une espèce exotique devienne envahissante.....	28
Figure 11 : Exemple de contamination d'un réseau trophique lacustre, celui du lac Kariba au Zimbabwe, par un insecticide organochloré, le Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et de la bioamplification de ce dernier.....	43
Figure 12 : Carte du monde figurant les principaux centres d'endémisme.....	52

Liste des Photos

Photo1: Les trapps du Dekkan.....	16
Photo 2: Chute de météorite.....	17
Photo 3: a) <i>Campephilus principalis</i> b) <i>Rhynchotos jubatus</i>	21
Photo 4 : Moules zébrées (<i>Dreissena polymorpha</i>) fixées sur des instruments de navigation d'un bateau.....	26
Photo 5 a) et b): Désinfection de bateaux de plaisance pour éviter le transport d'espèces invasives en Irlande.....	26
Photo 6: Poisson chat.....	30
Photo 7 : a) <i>Salmon Solar</i> b) <i>Salmon trutta</i> c) <i>Oxyura jamaicensis</i> d) <i>Oxyura leucocephala</i>	31
Photo 8: a) <i>Neovison vison</i> b) <i>Arvicola terrestris</i>) c) <i>Ondatra zibethicus</i> d) <i>La moule d'eau douce</i>	31
Photo 09: a) <i>La Grenouille taureau E. Mazaubert</i> b) <i>l'Écrevisse de Louisiane N. Poulet</i> , espèces exotiques envahissantes porteuses saines de pathogènes.....	32
Photo 10 : Le <i>Tamias</i> de Sibérie, nouveau réservoir potentiel des bactéries responsables de la maladie de Lyme	35
Photo 11: a) <i>Alopochen aegyptiacus</i> b) <i>Branta canadensis</i>	36
Photo 12 : <i>Mnemiopsis leidyi</i> , cténophore carnivore d'Amérique du Nord introduit en mer Noire et récemment découvert dans l'étang de Thau.....	36
Photo 13: a) <i>Lagarosiphon major</i> b) <i>Egeria densa</i> C) <i>Myriophyllum aquaticum</i>	37
Photo 14: a) Coléoptère b) Vautour nécrophage	44
Photo 15 : La biodiversité du littoral menacée par la pollution a) Goéland, b)L'albatros c) Les sternes, d) Le puffin	45
Photo 16 : a) Devils Tower (Wyoming, Etats -unis) b) Chien de prairie à queue noire <i>Cynomys ludovicianus</i>)....	58
Photo 17: Réserve naturelle de Néouvielle en Pyrénées occidentales.....	59
Photo 18 : a) Parc de Kakadu en Australie b) Peinture pétroglyphe	63
Photo 19 : La télédétection par satellite	80

Conservation de la biodiversité et développement durable

Introduction: Le terme diversité biologique (biological diversity) a été proposé pour la première fois en 1980 par Norse et Mc Manus, puis utilisé par Norse et al en 1986 dans un livre qui contenait déjà les principaux concepts actuels relatifs à la biodiversité.

Sous la forme contractée "biodiversity", cette expression a été utilisée en 1985 par l'américain Rosen dans un congrès dont le compte rendu a été publié en 1988. Ce dernier avec l'impact de la Conférence des Nations unies pour l'environnement qui s'est tenu à Rio de Janeiro en 1992, ont stimulé les recherches et ont rendu célèbre dans les médias le concept de biodiversité. La "Convention sur la diversité biologique" adoptée par 189 pays est entrée en vigueur le 29 décembre 1993. Cette convention insiste sur l'importance de la biodiversité et de sa conservation et sur le fait que les ressources naturelles ne sont pas illimitées. Elle insiste également sur la nécessité d'un développement durable et de sa mise en application. Elle établit des règles pour le partage équitable des ressources issues de la biodiversité en particulier celles destinées à des usages commerciaux (Dajoz, 2006).

Le livre de Rachel Carson, "**Silent Spring**" (1962), fut un best -seller mondial qui attira l'attention sur les ravages causés à l'environnement par les pollutions de toutes sortes et en particulier celles dues aux pesticides, et qui annonçait un monde silencieux où les oiseaux ne chanteraient plus. Le livre "**Avant que Nature meure**" publié en 1965 par Jean Dors, Directeur du Muséum national d'Histoire naturelle, est un remarquable ouvrage qui établissait un constat rigoureux et documenté sur l'état de la planète. Ce livre a été traduit en nombreuses langues et il est encore une référence irremplaçable pour les biologistes (Dajoz, 2006).

Définitions

- La biodiversité est définie comme "La variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres , marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprends la diversité au sein des espèces ainsi que celle des écosystèmes" Article. 2 de la convention sur la diversité biologique, 1992. (Falque et Lamotte , 2014).
- La biodiversité est la diversité biologique qui comprend la variété de l'ensemble des espèces présentes sur terre. Il comprend différents animaux, plantes, les micro-

organismes et leurs gènes, les écosystèmes aquatiques, terrestres et écosystèmes marins dans lesquels ils sont tous présents (Wanjui, 2013). La biodiversité est l'une des plus grandes richesses de la planète, et pourtant la moins reconnue comme telle" (E. O. Wilson, Biodiversity, 1992) (Dajoz, 2006).

Chapitre I : Les principales causes d'extinction des espèces

I.1. La notion d'espèce: Linné a matérialisé l'espèce par un individu type: (holotype) : L'espèce est un ensemble d'individus identiques entre eux, et avec le spécimen "type", c'est à dire l'exemplaire ayant servi à décrire et caractériser l'espèce sur le plan morphologique. Ce "type" est déposé dans un Muséum où il sert de référence pour des comparaisons ultérieures. Au sein d'une même espèce, on peut distinguer des sous-espèces (Lévêque et Mounolou, 2008).

I.2. Evolution de la biodiversité au cours du temps

Depuis l'apparition des premières formes de vie sur Terre, il y a environ 3,8 milliards d'années, la vie n'a cessé de se diversifier. Les fossiles présents dans les roches permettent aujourd'hui de reconstituer la biodiversité du passé, différente de la biodiversité actuelle. En effet, les méthodes modernes de la radiochronologie fondée sur la datation des plus anciens minéraux connus (Zircon*) et sur des données astronomiques permettent d'attribuer à la Terre l'âge de 4,567milliards d'années et de dater les époques géologiques de façon absolue. Les plus anciennes traces de vie connues ont de 3,5 à 3,7 milliards d'années (Dajoz, 2006).

I.2.2. Crises biologiques et découpage des temps géologiques:

L'histoire de la Terre commence il y a 4,6 milliards d'années. Pour se repérer, l'homme a divisé ces 4,6 milliards d'années en plusieurs ères et périodes, constituant ainsi une échelle des temps géologiques. Au cours du temps, des espèces apparaissent et disparaissent. Si des extinctions se sont produites à tout moment au cours de l'histoire de la vie, les extinctions massives et simultanées de nombreuses espèces, voire de groupes entiers, sont plus rares et sont qualifiées de crises biologiques. Ces crises de la biodiversité semblent liées à des événements géologiques exceptionnels (volcanisme intensif, météorites) ayant profondément transformé l'environnement et les milieux de vie à l'échelle de la planète. Les grandes crises biologiques, associées à des événements géologiques majeurs, sont utilisées pour subdiviser les temps géologiques en ères et périodes de durée variable (2).

les scientifiques ont découpé l'histoire de la Terre en **ères** et **périodes** géologiques :
ex. : Précambrien, ère Primaire, ère Secondaire, ère Tertiaire, ère Quaternaire
ex. : Carbonifère, Jurassique, Crétacé sont des périodes.

Dans l'histoire de la Terre, il y a eu plusieurs bouleversements de la biodiversité avec des extinctions d'espèces entraînant une chute massive et temporaire de la biodiversité : ce sont les **crises biologiques**

I.2.3. L'apport des fossiles à la reconstitution des évolutions de la biodiversité

A) La formation des fossiles

lorsqu'un être vivant meurt, il arrive qu'il soit recouvert assez rapidement par des sédiments (particules se déposant et formant une boue) pour limiter sa dégradation ; les sédiments prennent la forme de l'être vivant et lorsqu'ils deviennent roche, la trace de l'être vivant est conservée : c'est un fossile

les mouvements du sol et l'érosion des roches font parfois apparaître des fossiles à la surface, des millions d'années plus tard

B) Les différentes formes de fossiles

les fossiles peuvent être de différentes formes :

- Moulage interne ou externe d'un animal à coquille, comme des ammonites
- Insectes piégés dans la résine
- Empreintes d'animaux et de végétaux

C) Reconstituer des écosystèmes passés

on suppose que les processus et les grands principes applicables aujourd'hui s'appliquaient déjà dans le passé : c'est le principe d'actualisme

Exp: les couches les plus profondes sont les plus anciennes (principe de superposition)

Exp : les coraux vivent dans des eaux peu profondes

lorsqu'on trouve un fossile appartenant à un groupe d'êtres vivants existant encore aujourd'hui et qu'on connaît leur milieu de vie, on peut appliquer le principe d'actualisme pour déterminer son milieu de vie passé

Ex: les coraux vivent actuellement dans des eaux peu profondes et souvent chaudes ; si l'on trouve des coraux fossilisés, on peut en déduire que cet endroit était une eau peu profonde et peut-être chaude (3).

I.3. Les types de diversité

Dans notre biosphère immense, la diversité existe non seulement au niveau de l'espèce, mais elle est combinée à tous les niveaux de l'organisation biologique allant des macromolécules dans les cellules aux biomes (4).

La diversité est généralement considérée à trois niveaux différents: a) la diversité génétique (Niveau des gènes), la diversité spécifique, c'est-à-dire au niveau des espèces et la diversité écosystémique (au niveau de l'écosystème).

1.3.1 Diversité génétique

C'est une caractéristique des espèces et des populations d'une même espèce, les méthodes modernes d'investigations ont montré que la diversité génétique ou le polymorphisme génétique est très répandue.

La diversité génétique se réfère à la variété des gènes contenus dans les espèces de plantes, d'animaux et de micro-organismes. Chaque espèce, allant des bactéries aux plantes et animaux supérieurs, stocke une quantité énorme d'information génétique. Par exemple, le nombre de gènes est d'environ 450-700 dans les mycoplasmes*, 4000 dans les bactéries (par exemple *Escherichia coli*), 13 000 dans la mouche des fruits (*Drosophila melanogaster*); 32 000 - 50 000 dans le riz (*Oryza sativa*); et 35 000 à 45 000 chez les êtres humains (*Homo sapiens sapiens*).

Cette variation des gènes, non seulement des nombres mais aussi de la structure, est de grande valeur car elle permet à une population de s'adapter à un environnement constamment changeant (Résistance aux parasites et aux nouvelles maladies) et de répondre aux processus de sélection naturelle. Une diversité moindre dans une espèce conduit à l'uniformité génétique qui restreint l'adaptabilité d'une espèce au stress environnemental (1), (Dajoz, 2006).

La variation génétique chez les individus est due à deux causes: les mutations génique et chromosomique et l'apparition des organismes à reproduction sexuée qui assure un brassage* constant des gènes qui se propagent à travers la population par recombinaison (1) & (Dajoz, 2006).

Exemple de la diversité génétique et l'adaptation des espèces:

La résistance aux insecticides: L'usage massif des insecticides entraîne la sélection des individus pré adaptés, naturellement résistants et présents dans les populations sauvages

dont le patrimoine génétique est très varié. La formation de lignées résistantes constitue probablement la meilleure preuve de l'efficacité de la sélection naturelle"

*Le **mycoplasme** est une petite bactérie qui se reproduit en dehors des cellules. Elle se trouve partout dans la nature, chez les animaux, les insectes, et sur les muqueuses de l'humain.

*Le **brassage** correspond à une recombinaison, à un mélange de séquences génétiques au sein d'un individu. On peut citer les crossing-overs ou recombinaisons intrachromosomiques qui ont lieu pendant la méiose et contribuent à former la diversité génétique des gamètes produits par un même individu

1.3.2. Diversité des espèces

La diversité des espèces se réfère à la variété des espèces dans une zone géographique. elle est mesurée en termes de:

- ✓ **Richesse spécifique:** C'est un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement. Ce terme de richesse spécifique utilisé largement depuis Jaccard (1902) donne le nombre de taxons* donné dans un assemblage choisi. mais elle présente certains problèmes: Tout d'abord, il est rarement possible d'obtenir une richesse spécifique absolue, hormis pour des espèces de grande taille (grands mammifères, arbres). Il faut donc se contenter d'une estimation de la richesse spécifique obtenue via des inventaires souvent longs et coûteux à mettre en place. La richesse spécifique est ainsi souvent biaisée par l'intensité de l'effort d'échantillonnage, notamment pour des espèces dont la distribution spatiale est irrégulière.
- ✓ **Abondance des espèces** - se rapporte aux nombres relatifs entre les espèces. Par exemple, le nombre d'espèces de plantes, d'animaux et de micro-organismes peut être plus dans une zone que celle enregistrée dans une autre zone.
 - abondance relative:** Quantité relative au nombre d'individus d'une espèce donnée par unité de surface ou de volume par rapport au nombre total d'individus de toutes espèces confondues.
 - Elle se calcule ainsi: Nombre d'individus de l'espèce divisé par le nombre totale d'individu des espèces ✖ (par) 100
- ✓ **Diversité taxonomique ou phylogénétique:** Elle se réfère aux relations génétiques entre les espèces. Les mesures sont basées sur l'analyse, aboutissant à une classification hiérarchique représentant l'évolution phylogénétique des taxons concernés (Mutia, 2009).

Au niveau mondial, on estime que 1,7 million d'espèces d'organismes vivants ont été décrites à ce jour. Il a été estimé actuellement que le nombre total d'espèces varie de 5 à 50 millions. Cette diversité n'est pas uniformément distribuée à travers le monde, elle est concentrée dans les régions équatoriales et tend à diminuer à mesure qu'on se rapproche des zones polaires; Dans les écosystèmes terrestres, elle diminue généralement avec l'augmentation de l'altitude (1).

1.3.3. Diversité des écosystèmes

Elle se réfère à la présence de différents types d'écosystèmes. Cela concerne la diversité des habitats, des communautés biotiques et des processus écologiques dans la biosphère (Mutia , 2009). Il a fallu des millions d'années d'évolution, pour accumuler cette riche diversité dans la nature, mais nous pourrions perdre toute cette richesse en moins de deux siècles si les taux actuels de perte d'espèces continuent. Biodiversité et sa conservation sont maintenant des questions environnementales vitales de portée internationale alors que de plus en plus de gens dans le monde commencent à réaliser l'importance critique de la biodiversité pour notre survie et notre bien être dans cette planète (1)

* La **taxonomie**, ou **taxinomie**, est une branche de la biologie, qui a pour objet de décrire les organismes vivants et de les regrouper en entités appelées taxons afin de les identifier puis les nommer et enfin les classer et de les reconnaître via des clés de détermination dichotomiques.

I.4. Les extinctions

Tout au long de l'histoire de la Terre, des espèces sont apparues et d'autres ont disparu. Une espèce naît, vit et meurt. L'extinction est un processus normal de l'évolution

L'histoire de la vie sur Terre a été émaillée de périodes de crises caractérisées par la disparition d'un grand nombre d'espèces. De nombreuses lignées animales et végétales se sont éteintes et la diversité biologique actuelle ne représente qu'une petite portion de toutes les espèces qui ont vécu sur Terre dans le passé (Lévêque et Mounolou, 2008).

L'extinction est un processus naturel qui exprime l'incapacité d'une espèce à s'adapter.

I.4.1. Les principaux épisodes d'extinctions

1- Fin de L'Ordovicien (-440MA) : Elle a entraîné la disparition de 50% des familles d'animaux. Cette crise est attribué à un épisode de glaciations qui a entraîné une baisse du niveau des mers et la disparition de beaucoup d'espèces liées au plateau continental (Cf. Fig 1) .

2- Le milieu de Dévonien (- 367MA): Elle a été déclenchée par une baisse rapide de la température et par des changements de la composition de l'eau de mer ainsi que des chutes de météorites; Elle a vu la disparition de 70 à 80% des espèces (Cf. Fig 1) .

3- Permien (-250MA): Cette crise marque l'achèvement de l'ère primaire (Ramade,). Elle a entraîné la disparition dans les océans , de 95% des espèces, de 83% des genres et de 57% des familles. Les coraux, les Brachiopodes, Les Bryozoaires, les Echinodermes, ont été les plus touchés. Les insectes ont perdu 63% de leurs espèces. Le niveau de la mer s'est abaissé de 250 mètres, ce qui a provoqué la disparition des habitats côtiers qui étaient les plus riches en espèces. Egalement un dérèglement du climat devenu plus sec; en plus des éruptions volcaniques qui ont été suffisamment importante pour polluer l'atmosphère, détruire la couche d'ozone et augmenter l'importance du rayonnement ultraviolet(Cf. Fig 1) .

4- Fin du Trias (-208 MA): Correspond à la disparition de 20% des familles (Cf. Fig 1)

5- Crétacé (-65MA): Cette période a vu la disparition des Dinosaures, 45% des genres d'animaux marins en particulier les Foraminifères et les mollusques (Dajoz, 2006).

le benthos marin, ainsi qu'une grande partie de la végétation terrestre ont fortement régressé (Cf. Fig 1) (Lévêque et Mounolou, 2008).

Age (Ma)	ERE	Système
	QUATERNAIRE	
2	CENOZOIQUE ou TERTIAIRE	Néogène
25		Paléogène
65	MESOZOIQUE ou SECONDAIRE	Crétacé
144		Jurassique
205		Trias
245	PALEOZOIQUE ou PRIMAIRE	Permien
290		Carbonifère
360		Dévonien
400		Silurien
425		Ordovicien
495		Cambrien
530	PRECAMBRIEN	Protérozoïque
2500		Archéen
3800		

Figure 1: Situation temporelle des cinq extinctions de masse dans les ères géologiques [5]

Ces grands événements de l'histoire de la Terre ont permis au monde vivant de se réorganiser. Les organismes survivants soumis à une pression de compétition moins importante ont pu recoloniser les milieux redevenus hospitaliers à l'issue de la crise et donner naissances à de nouvelles diversifications.

*Des cristaux de zircon, sous forme de grains, sont les plus anciens témoins minéraux terrestres connus. Les plus vieux remontent à 4,3 ou 4,4 Ga, soit 150 Ma après la formation de la planète. Le minéral zircon se forme pendant la genèse de roches plutoniques communes, principaux constituants "granitoïdes" de l'écorce terrestre, en particulier les granites et les roches alcalines telles la pegmatite ou la syénite. Il apparaît avec les produits précoces de la cristallisation primaire des roches magmatiques.

I.4.2. Les principales causes des extinctions massives

Toutes les espèces vivent dans une certaine gamme de conditions environnementales telles que la température, la concentration en oxygène, la lumière ..etc.; si ces conditions venaient à sortir de la gamme requise par une

espèce particulière dans une localité donnée, l'existence de cette espèce dans cette localité devient impossible (Ricklefs et Miller, 1999).

De nombreuses spéculations sur l'origine de ces périodes d'extinction en masse subsistent:

1- Changements climatiques désastreux liés à des périodes de glaciations, elles mêmes dues à des baisses cyclique du flux solaire: l'énergie que rayonne le soleil n'est pas absolument constante, elle peut être minimale avec pour conséquences des épisodes de climat plus froid (Ramade, 2012),

2)- D'autres spécialistes attribuent ces variations climatiques à l'existence d'une période de volcanisme intense à la fin du crétacé dont attestent d'immenses dépôts de basaltes en diverses régions du globe en particulier en Inde sur le plateau du Deccan ou Dekkan de l'ouest de l'Inde qui s'étend sur une surface de 500 000Km² (Cf. Fig. 2), constitué d'un empilement de coulées de lave sur plus de 2000Km d'épaisseur. Dans le nord-ouest des Etats -Unis en particulier dans l'Oregon et l'Idaho où de telles couches de laves couvrent des centaines de milliers de km² (Ramade, 2012)

3)- Des catastrophes cosmiques affectant la planète tout entière et ayant marqué la fin du secondaire (Crétacé). Cette hypothèse a été développé à partir de 1980 par Alvarez et ses collaborateurs (Université de Californie) à la suite de la découverte en Italie du nord, Danemark, et sur d'autres continents, de dépôts anormalement riches en Iridium (30 fois et 130 fois plus élevé que la normale) qui forment une mince couche argileuse dans les schistes et autres strates sédimentaires du Crétacé (Ramade, 2012).L'iridium est extrêmement rare dans la croûte terrestre et se trouve dans le noyau et dans certaines météorites [7]. L'impact aurait formé un large cratère (Cf. Fig 3). Le cratère de Chicxulub situé à Chicxulub dans la péninsule du Yucatan au Mexique dont diamètre est d'environ 180 kilomètres, laisse imaginer une puissance d'explosion similaire à « plusieurs milliards de fois celle de la bombe d'Hiroshima. Le bassin du cratère, enseveli sous environ mille mètres de calcaire, s'étend moitié sous la terre ferme, moitié sous le golfe du Mexique [4]. La conséquence d'un tel impact aurait été un nuage de poussière, qui aurait bloqué la lumière du Soleil sur une majeure partie de la Terre avec une augmentation des aérosols soufrés dans la stratosphère menant à une réduction de 10-20 % du rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre et empêchant ainsi la

photosynthèse expliquant l'extinction des plantes du phytoplancton et des organismes dépendant de ces derniers (Les prédateurs et les herbivores) [7].

Remise en cause de la datation du cratère

Des études, principalement menées par Gerta Keller, ont tenté de mettre en doute la responsabilité de l'impact de Chicxulub pour l'extinction du Crétacé. En effet, selon elle, la chute de l'astéroïde de Chicxulub précéderait l'extinction massive du Crétacé d'au moins 300 000 ans. En 2009, des scientifiques identifiaient 52 espèces présentes à la fois dans les couches de sédiments précédant et suivant l'impact de Chicxulub, montrant que la chute de l'astéroïde n'avait pas entraîné une diminution catastrophique de la biodiversité. La communauté scientifique semble accorder peu de crédit à ces études. Enfin, une nouvelle étude publiée le 7 février 2013 dans la revue **Science** s'appuyant sur des techniques de datation radiométriques de haute précision, indique que la météorite se serait écrasée sur Terre il y a 66 038 000 années, soit au maximum 32 000 ans avant l'extinction des dinosaures [7].



Photo1: Les trapps du Dekkan (G. Keller)[6]

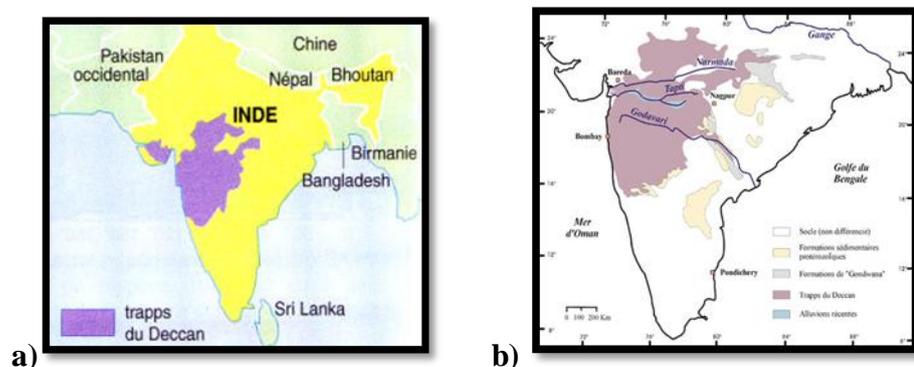


Figure 2 a) &b): Situation géographique du plateau du Dekkan en Inde [6]



Photo 2: chute de météorite [7].



Figure 3: Point d'impact du météorite [7']

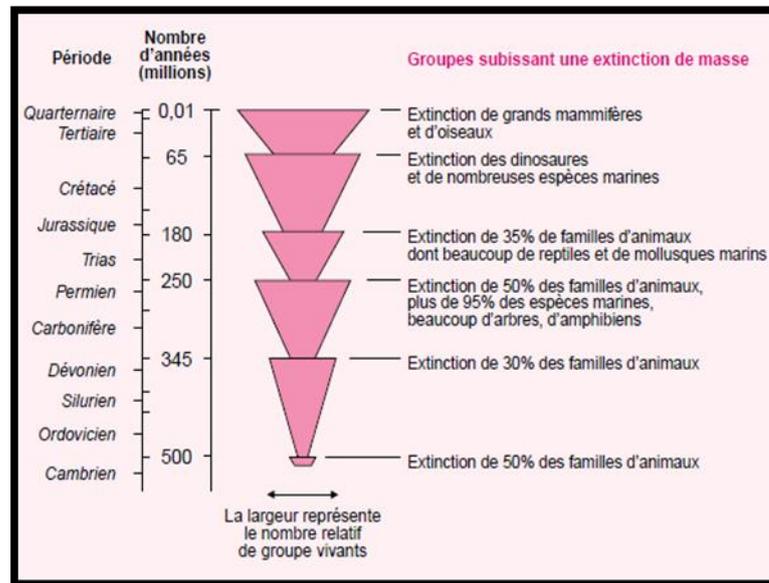


Figure 4: Les groupes subissant une extinction de masse lors des ères géologiques (Olivieri & Vitalis 2001)

I.4.3. Le risque d'extinction

Les chercheurs en écologie ont centré leurs études sur les facteurs qui augmentent le risque d'extinction

- **La taille de la population:** De petites modifications des taux de natalité, de mortalité ou des conditions environnementales affectent les petites populations plus sévèrement que les grandes,
- **L'aire de distribution:** En général, plus une espèce occupe une aire de distribution étendue, plus sa probabilité d'extinction est réduite c'est le cas des populations de bivalves et de gastéropodes séparées du Crétacé vivants en petites (< 1000km²), moyennes (1000-2500km²) et grandes (> 2500km²)

aires de distribution, on a pu montrer que les espèces avec de petites aires de distribution souffrent de taux d'extinction plus élevés.

- **Le sex-ratio:** Deux populations de même taille ne répondent pas de la même façon à une perturbation environnementale; La population peut produire peu de mâles ou peu de femelles ou ne pas avoir de descendance suite à une perturbation environnementale cette population peut disparaître (Ricklefs et Miller, 2005).
- **Le potentiel biotique:** Une population a d'autant plus de chances de se perpétuer que la fécondité intrinsèque des individus qui la constituent est plus grande (Ramade, 2003&2012).
- **La consanguinité:** corrélée avec la diminution de la variabilité génétique, diffusion des tares héréditaires en particulier des déficiences physiologiques qui ont pour conséquence une diminution de la longévité et un accroissement de la mortalité; en outre au moindre accident environnementale de telles populations ne peuvent perdurer (Ramade, 2003& 2012)
- **L'adaptation:** l'aptitude à coloniser de nouveaux sites, la tolérance à une pollution environnementale, la capacité d'une espèce à s'adapter vite aux changements rapides du milieu est donc un facteur crucial pour sa survie (Olivieri & Vitalis , 2001)

II. Les causes actuelle de l'extinction des espèces

Mettre en évidence la ou les causes actuelles de l'extinction des espèces ainsi que les mécanismes qui y mènent constitue l'enjeu de la compréhension et de la préservation de la biodiversité. Les principales menaces exogènes pesant sur les populations sont la destruction et la dégradation de l'habitat, l'introduction d'espèces exotiques, la pollution et la surexploitation des espèces.

II .1. La fragmentation des habitats: Elle représente l'une des caractéristiques majeures des perturbations des écosystèmes naturels. Elle conduit à diminuer la taille des subpopulations* par suite de la diminution des surfaces de milieu favorable à l'espèce et l'éloignement croissant des habitats qu'elles colonisent ce qui réduit leurs possibilités d'émigration. ce phénomène accroît d'autre part, un affaiblissement génétique lié à la diminution de la variabilité génétique et à la consanguinité (Sensibilité aux maladies, tares

génétiques, diminution de la fécondité, réduction de l'effectif) ainsi les subpopulations seront plus vulnérables à un facteur accidentel de mortalité telle qu'une épidémie.

La fragmentation d'un paysage réduit la superficie de l'habitat d'origine. Pour qu'une espèce survive dans un paysage ou bassin versant, elle doit avoir suffisamment accès aux ressources de l'habitat pour maintenir le minimum viable d'une population (MVP) qui est défini par le plus petit nombre d'individus requis pour soutenir une population pour le long terme. En effet, le maintien d'un MVP est dépendant du fonctionnement des métapopulations (Populations faunistiques qui sont séparées dans l'espace, mais interagissent à travers la dispersion des animaux) [10] .

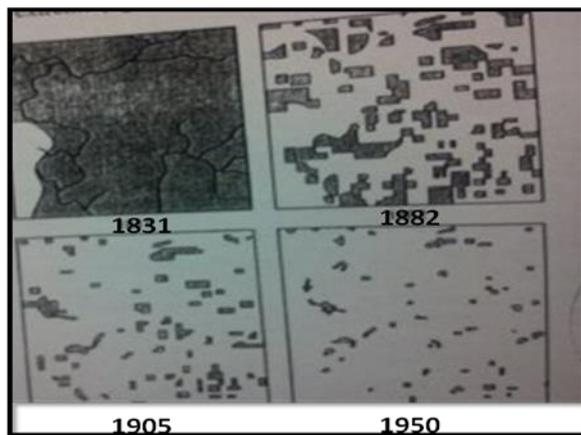


Figure 5 : Evolution de la surface couverte par des forêts de chênes au Wisconsin entre 1831 et 1950 (Ramade, 2003)

II .1. 1. La déforestation

Elle découle de plusieurs facteurs:

- L'expansion agricole est la principale cause de déboisement dans le monde
- le développement des cultures pour l'élevage,
- l'exploitation minière de métaux et de minéraux précieux
- L'exploitation des ressources

*Subpopulations: Fraction ou subdivision d'une population

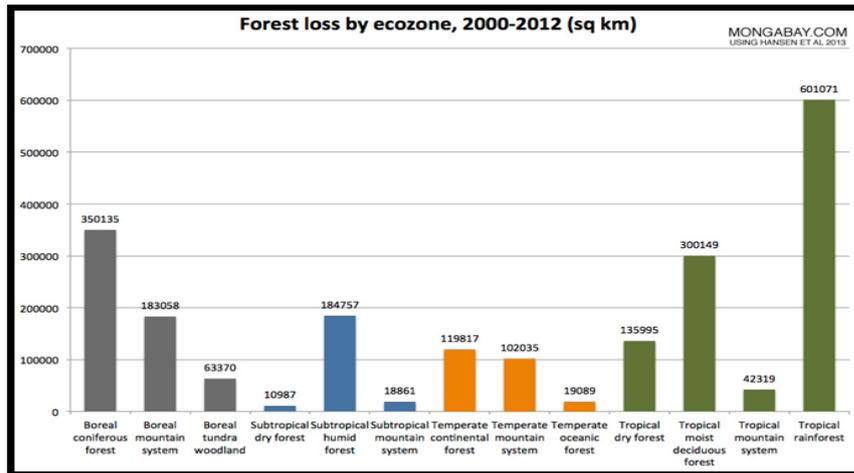


Figure 6 : Les pertes de forêts par écozone (km²)(11)

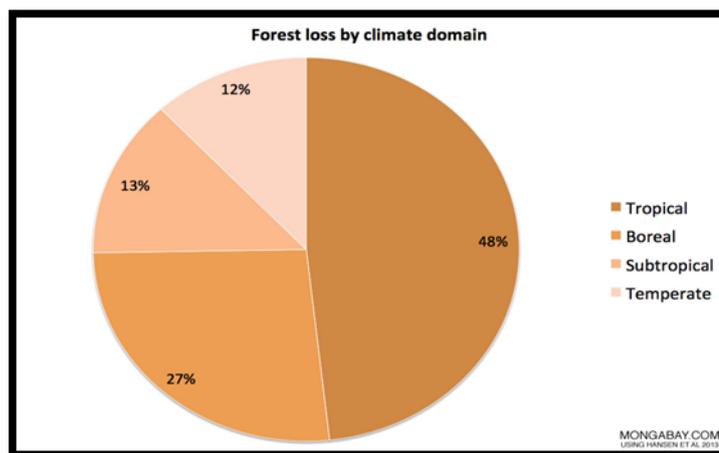


Figure 7 : Les pertes de forêts par domaine climatique (12)

Destruction des forêts tempérées:

- En Amérique du Nord au cours du XIX siècle, la destruction du biome forestier a atteint 95% et n'occupe que 6% actuellement .
- La coupe des forêts vierges du Mississippi et des fleuves du littoral du Mexique dès le XIX siècle est à l'origine de l'extinction du Pic à bec d'ivoire (*Campephilus principalis*) dont les deux derniers individus furent observés en 1952.

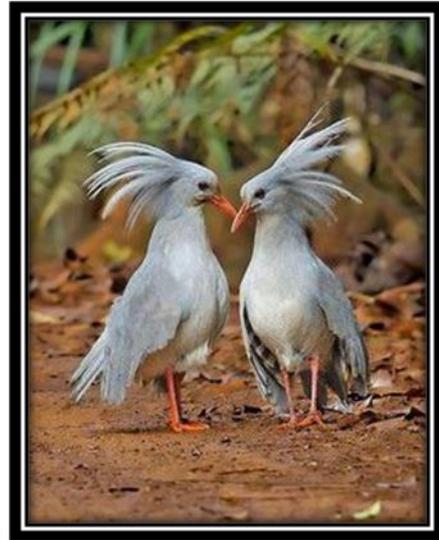
Destruction des forêts tropicales : Les forêts tropicales représentent un grand endémisme en plus d'une richesse spécifique exceptionnelle.

- En Amérique Latine, et dans l'ensemble des régions tropicales, Indonésie, les forêts sont transformées(feux ou coupe) pour la plantation des palmiers à huile culture industrielle)ou en prairie

- En 1978, en Equateur à Sierra centinella , forêt vierge où ont été découvert une centaine d'espèces de plantes nouvelles; En 1986, elle a été transformée en plantation de cacaoyers et autre culture
- Madagascar dont la superficie est 590000km² était couvert de 450000km² il ne subsiste actuellement que 40000km²
- Extinction de plusieurs espèces de plantes endémiques et une diminution de l'espèce *Rhynochetos jubatus* : Kagou huppé



a)



b)

Photo 3: a) *Campephilus principalis* (13) b) *Rhynochetos jubatus* (14)

II.1.2. L'assèchement des zones humides

Ce sont les réservoirs de la biodiversité , situées à la limite de deux milieux différents, terrestre et aquatique, elles détiennent 12% de la biodiversité globale de la biosphère . Leur assèchement entraîne une réduction des populations et l'extinction d'espèces d'oiseaux d'eau migrateurs dont ces dernières sont des aires de reproduction ou d'hivernage. La disparition des zones humides est un phénomène mondial dont les causes sont nombreuses: Assèchement, prélèvements d'eau, pollution diverses (Atmosphérique, thermique, urbaine, industrielle et agricole par l'usage des pesticides (Dajoz, 2006).

II . 1 . 3 . Aménagements modernes: La construction des barrages

Les grands barrages sont eux, des obstacles majeurs à la circulation des organismes aquatiques des rivières (Saumon, Truite). Les passes à poissons quand elles existent ne permettent la remontée et dévalaison (migration) que d'une partie des poissons.

Conséquences de la fragmentation des habitats.

- ❑ Eloignement,
- ❑ Diminution de la colonisation des milieux
- ❑ Diminution de l'émigration d'où diminution de la variabilité génétique →
Consanguinité → Extinction

II .2. Les invasions biologiques

Définition1: une espèce exotique envahissante se définit comme une « espèce allochtone, dont l'introduction par l'Homme, volontaire ou fortuite, l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques et/ou économiques et/ou sanitaires négatives » (IUCN, 2000).

Définition 2: Sont considérées comme envahissantes dans un territoire celles qui, par leur prolifération dans des milieux naturels ou semi-naturels y produisent des changements significatifs de composition, de structure et /ou de fonctionnement des écosystèmes. Ces espèces peuvent soit devenir nuisibles pour l'agriculture, soit modifier le milieu d'une façon défavorable pour les activités humaines, soit réduire considérablement la biodiversité en réduisant l'abondance numérique des espèces autochtones, ou même en les éliminant totalement" (Dajoz, 2008)

Quelques définitions utiles

Espèce autochtone (syn. indigène, native) : Espèce vivant à l'intérieur de son aire de répartition naturelle (c'est-à-dire une zone que l'espèce peut atteindre et occuper en utilisant ses propres moyens de déplacement).

Espèce allochtone (syn. exogène, non indigène, non native) : Espèce observée en dehors de son aire de répartition naturelle.

Espèce exotique (syn. introduite) : Espèce allochtone libérée intentionnellement ou accidentellement par l'Homme en dehors de son aire de répartition naturelle. Espèce ayant franchi une barrière géographique suite à l'action de l'Homme

Espèce naturalisée (syn. établie) : Espèce introduite rencontrant des conditions écologiques favorables à son implantation durable dans le temps et sur le territoire d'accueil. Son établissement est indépendant de l'Homme. Elle se reproduit régulièrement dans sa nouvelle aire géographique et se maintient à long terme.

II.2.1. Les introductions intentionnelles ou volontaires

La plupart des espèces exotiques sont introduites volontairement pour:

- **La lutte biologique d'une autre espèce** : C'est le cas (*Gambusia holbrooki*), petit poisson introduit pour lutter contre les moustiques. Les données sur son régime alimentaire ont montré que l'espèce ne se nourrit pas spécifiquement de larves de moustiques mais d'autres proies (insectes aquatiques et crustacés).
- **L'élevage**: De nombreux mammifères ont été introduits au début du XXe siècle pour l'industrie de la pelleterie en Europe comme le Ragondin (*Myocastor coypus*), le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*) ou encore le Vison d'Amérique (*Neovison vison*). Il en est de même pour l'Écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) introduite pour des élevages commerciaux.
- **leurs propriétés ornementales**: Les jussies (*Ludwigia* spp.) et le Myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*) ont été dispersés pour l'ornementation de bassins d'agrément. De nombreux oiseaux comme la Bernache du Canada (*Branta canadensis*) et le Cygne noir (*Cygnus atratus*) Fouque 2011a et 2011b), de même que certains poissons comme par exemple le Poisson rouge (*Carassius auratus*) ont également été introduits pour l'ornement de parcs et jardins.
- **Compagnie**: La Tortue de Floride (*Trachemys scripta elegans*) a été importée comme animal de compagnie
- **le commerce international**: Le bénéfice économique qu'elles génèrent à plus ou moins court terme.
- **récréatives,**
- **éducatives,**
- **Le tourisme**
- **Thérapeutiques,**

II.2.2 Les introductions involontaires

- **Le ballastage et le déballastage des navires**: Le déballastage est l'action de vidanger des compartiments (ballasts) qui contiennent de l'eau de mer, ces derniers ayant été remplis lors du *ballastage* pour diverses raisons citons par exemple, l'amélioration de la stabilité en modifiant la position du centre de gravité général (Fig.8).

Problèmes engendrés: L'un des problèmes actuels inhérent au déballastage est que l'eau de mer est pompée à un endroit du globe (zone de déchargement de cargaison), et généralement vidangée à un autre (zone de chargement). L'eau de mer contient des particules solides boueuses et des particules vivantes animales ou végétales, ces éléments peuvent être toujours vivants lors du rejet. Ils peuvent alors se retrouver dans un écosystème différent auquel ils peuvent nuire. La réglementation essaye de diminuer ou de supprimer ces risques. (Conférence internationale sur la gestion des eaux de ballast). Les navires doivent conformément à la réglementation, échanger, lorsqu'ils se trouvent en haute mer, l'eau des ballasts. L'échange doit se faire si possible par grande profondeur (> 2000 m), de jour et le plus loin possible du littoral.

- **Solutions préconisées:** L'Organisation maritime internationale a adopté la Convention internationale sur le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires en février 2004. Cet organisme des Nations Unies, chargé de la protection et de la sécurité de la navigation ainsi que de la prévention de la pollution maritime entraînée par les navires, sera complimenté pour le succès de la négociation d'une convention sur les eaux de ballast. Cette nouvelle convention exige que tous les navires mettent en œuvre un plan de gestion des eaux de ballast et des sédiments, qu'ils possèdent et remplissent un registre de gestion des eaux de ballast et qu'ils entreprennent des procédures de gestion des eaux de ballast conformes à des normes précises. La Convention comprend aussi des dispositions notables qui permettent aux États membres d'adopter des normes plus strictes, elle impose un délai à tous les navires afin qu'ils mettent en œuvre des normes sur l'échange des eaux de ballast et elle prévoit qu'aucun navire ne sera exempté indéfiniment de se conformer à ces normes. De plus, la Convention prévoit des mesures incitatives pour les chargeurs afin qu'ils mettent à l'essai et qu'ils évaluent des technologies prometteuses de traitement des eaux de ballast. La Convention n'a pas encore été ratifiée par les trente États membres qui constituent le nombre minimum requis et qui, ensemble, transportent 35 % du tonnage mondial (15).

Le projet Globalballast Partnerships (2007-2017): une initiative conjointe du Fonds pour l'environnement mondial FEM, du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et de l'organisation maritime internationale (OMI), a aidé les

pays en développement à réduire le transfert d'organismes aquatiques et d'agents pathogènes potentiellement nuisibles se trouvant dans les eaux de ballast et à mettre en œuvre la Convention pour la gestion des eaux de ballast. Cette dernière entrera en vigueur en septembre 2017 et exigera que les navires traitent leurs eaux de ballast pour éviter le transfert d'organismes aquatiques et d'agents pathogènes potentiellement nuisibles et protéger l'environnement marin, la santé humaine, les biens et les ressources (16).

- **Transport, les courants aériens ou marins:** Des importations involontaires peuvent avoir lieu lors du transport de marchandises (fret maritime ou aérien), lorsque des espèces se retrouvent accidentellement enfermées dans des containers. C'est le cas du Frelon asiatique (*Vespa velutina*), introduit en Aquitaine dans les années 2000 par le biais de marchandises originaires d'Asie, ou du Sénéçon du Cap (*Senecio inaequidens*) dont des graines étaient accrochées dans de la laine de mouton importée.

Le déplacement de matériaux et d'instruments contaminés par des espèces exotiques envahissantes, à l'occasion de travaux d'aménagement du territoire (construction de routes, réseaux d'assainissement, entretien des cours d'eau, transports et réutilisation de remblais Les renouées (*Reynoutria* spp.) ont ainsi largement été dispersées lors de déplacement de remblais et de matériel d'excavation contenant des fragments de tiges et/ou de rhizomes de la plante. Les roues des engins de coupe, les engins de coupe eux-mêmes (godets, dents, bennes), sont responsables d'introductions involontaires d'un site à un autre s'ils ne sont pas nettoyés après des interventions de gestion : divers exemples de transport de fragments de tiges de jussies par les engins de travaux en milieux aquatiques sont assez bien identifiés.

Les déplacements de certains usagers comme pêcheurs ou plaisanciers d'un milieu aquatique à un autre peuvent également être la cause de transports d'espèces sur des distances généralement courtes, fragments de plantes restés accrochés aux embarcations ou aux remorques, animaux fixés sur la coque, etc. (Fig. 9).

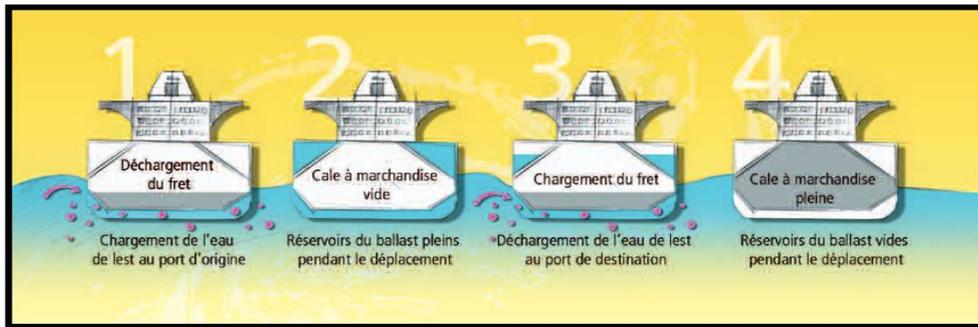


Figure 8: Vue transversale d'un navire montrant les réservoirs de ballast et le cycle suivi par l'eau de lest. Adapté du Fonds mondial privé pour l'environnement, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Organisation maritime internationale, Programme mondial de gestion de l'eau de lest (programme GloBallast), 2007. (19)



Photo 4 : Moules zébrées (*Dreissena polymorpha*) fixées sur des instruments de navigation d'un bateau (19)



a)



b)

Photo 5 a) et b): Désinfection de bateaux de plaisance pour éviter le transport d'espèces invasives en Irlande (19)

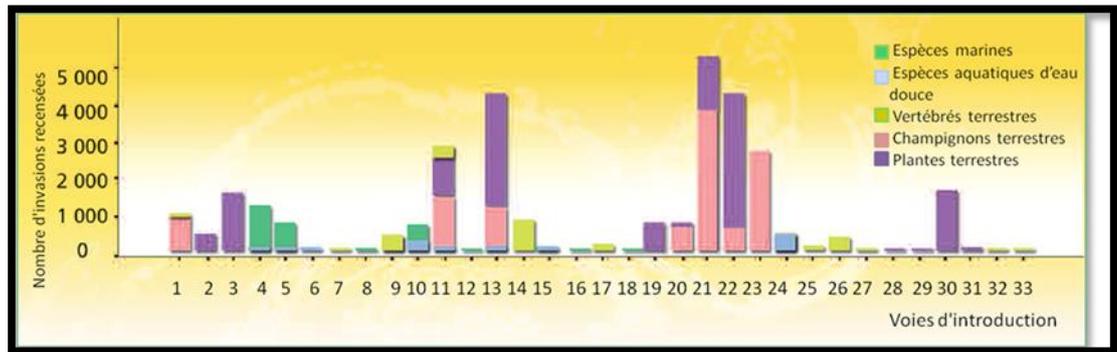


Figure 9: Principales voies d'introduction d'espèces exotiques en Europe (19).

1. Contrôle biologique 2. Produits contaminants 3. Échappées 4. Bateaux 5. Canaux 6. Loisirs 7. Animaux de compagnie échappés
 8. *Biofouling* 9. Autres 10. Aquaculture 11. Inconnu 12. Eaux de ballast 13. Ornementation 14. Amélioration de la faune
 15. Élevage de poisson 16. Dispersion 17. Dispersion naturelle 18. Structures flottantes 19. Agriculture 20. Foresterie
 21. Horticulture 22. Contamination par les graines 23. Stockage de produits 24. Transport 25. Chasse 26. Échappées d'élevage
 27. Pelleterie 28. Contamination par des minéraux 29. Introduction intentionnelle 30. Introduction non-intentionnelle
 31. Hybridation 32. Échappées de fermes 33. Échappées de zoos

II. 2. 3. Le processus d'invasion des espèces exotiques

1. L'introduction: Elle correspond au transport et à l'import d'une espèce, par le biais de l'Homme, dans une zone qu'elle n'est pas capable de coloniser naturellement à cause de la distance qui sépare cette zone de son aire de répartition naturelle.

NB: C'est durant cette phase que l'espèce est la plus fragile par manque d'adaptation au nouveau milieu.

2. L'établissement: Durant cette phase, l'espèce parvient à s'adapter aux différentes conditions environnementales du milieu et se reproduit en populations viables. Cette phase de latence présente entre le moment de l'introduction et le moment de la prolifération de l'espèce est plus ou moins longue en fonction de facteurs intrinsèques à l'espèce et de facteurs environnementaux.

3. La prolifération: Cette étape est caractérisée par une croissance exponentielle de la population, aboutissant à une explosion démographique de l'espèce. La population cessera de croître et se stabilisera lorsqu'elle aura atteint un seuil limite d'invasion, fixé par les ressources et l'espace disponible.

4. Les impacts: Au cours de la phase de prolifération, les espèces exotiques envahissantes se propagent et engendrent de multiples impacts à plus ou moins grande échelle.

➤ La Dynamique de colonisation

Toutes les espèces importées par l'Homme ne deviennent pas invasives. D'après Richardson et al., (2000), pour qu'une espèce exotique devienne envahissante, elle doit franchir différentes barrières d'ordres géographique ou environnemental (figure 10). À chaque barrière franchie, les termes employés pour préciser le statut de l'espèce changent et l'invasion se fait plus probable.

Le franchissement de la première barrière géographique se fait généralement grâce à l'intervention de l'Homme, par des transports et des introductions volontaires ou accidentelles. C'est la phase d'introduction.

Les barrières environnementales contraignent ensuite l'espèce à vivre dans les conditions environnementales du site d'accueil, conditions abiotiques (climat, ressources alimentaires, habitats) et biotiques (prédateurs, pathogènes, ressources trophique). C'est la phase d'acclimatation.

Le troisième type de barrière est lié à la reproduction de l'espèce : elle doit être capable de se reproduire pour développer une population viable à long terme. C'est la phase de naturalisation.

Vient enfin la phase d'expansion où l'espèce franchit la barrière de dispersion, se dispersant dans le territoire en colonisant de nouveaux habitats. C'est la phase d'expansion.

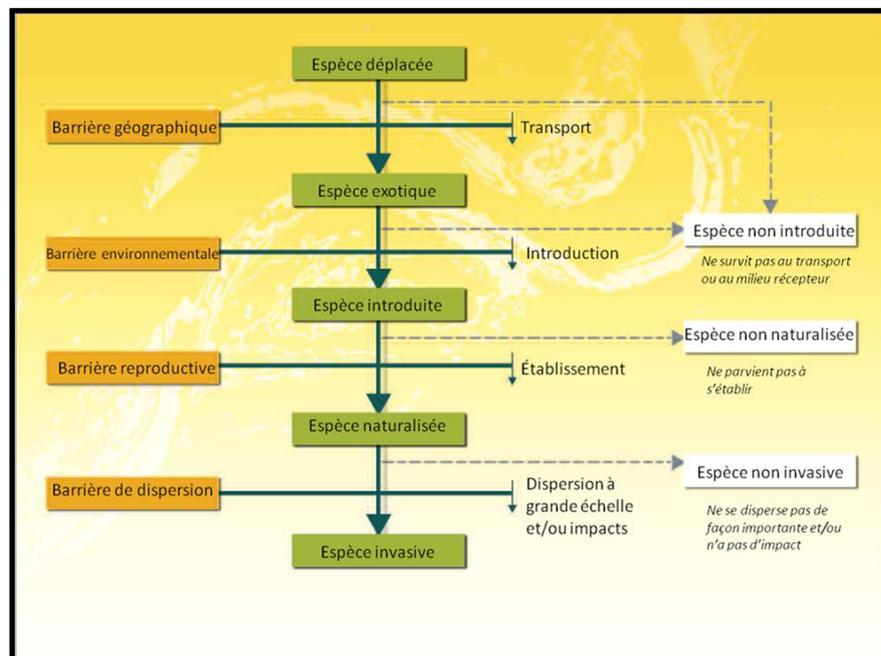


Figure 10: Barrières à franchir pour qu'une espèce exotique devienne envahissante. D'après Richardson et al., 2000 (19) .

II.2. 4. Le succès des invasions biologiques et facteurs favorisants

Nombre d'espèces sont incapables de franchir successivement ces différentes barrières. Au final, une faible proportion des espèces devenues introduites après le franchissement d'une barrière géographique devient effectivement envahissante et susceptible de présenter des impacts négatifs sur l'environnement et les usages humains. En 1996, Williamson a proposé la règle des trois fois dix « *Three tens rule* » (règle des trois fois dix). Ainsi, selon cette règle, sur 1 000 espèces importées par l'Homme, 100 seraient introduites dans un territoire, 10 parviendraient à se reproduire et une seule deviendrait envahissante. Ces valeurs varient en fonction des groupes d'espèces, de la nature des sites et des communautés d'accueil, et des modalités d'introduction.

II.2.4.1. La pression des propagules: Le succès d'une invasion dépend des flux d'importation et d'introductions d'espèces, Le terme de propagule (ou diaspore) correspond à n'importe quelle partie de plante ou d'animaux pouvant être dispersée et donner naissance à un individu. En effet, plus le nombre d'individus et d'introductions est important sur un territoire donné, plus la probabilité d'installation de l'espèce considérée pourra y être élevée.

II.2.4.2. Caractéristiques de l'environnement d'accueil

L'environnement d'accueil joue également un rôle important dans le développement d'une invasion. Toutes les communautés sont susceptibles d'être envahies mais certaines plus que d'autres en raison de leur fragilité. Ainsi, il semblerait que les perturbations écologiques des habitats soient un facteur favorable aux invasions biologiques : l'anthropisation et l'artificialisation des milieux concourent à diminuer les capacités de résistance et de résilience*des écosystèmes face aux invasions et favorisent les espèces exotiques opportunistes. Il en serait de même pour les écosystèmes comportant des niches écologiques vacantes ou comportant un faible nombre d'espèces (19).

* Capacité que possède un écosystème à tendre vers sa trajectoire évolutive d'origine, par auto-organisation, face à des contraintes fortes.

II.2.5. Conséquences des invasions des espèces sur la biodiversité

Introduction : Les introductions d'espèces végétales et animales sont considérées comme une cause essentielle de l'appauvrissement de la biodiversité. De plus, ces espèces envahissantes peuvent avoir des conséquences sociales et sanitaires. Elles peuvent impacter

sur l'économie, la pêche, l'élevage... La compréhension de ces phénomènes et leur limitation est un enjeu d'importance nationale et internationale.

En Europe, le programme Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE) a estimé que 11 % des EEE présentaient des impacts écologiques négatifs et 13 % des impacts économiques négatifs. L'évaluation des coûts annuels des dommages et des interventions de gestion des espèces exotiques envahissantes à l'échelle européenne réalisée en 2008 dépassait 12 milliards d'euros (19).

Les impacts des espèces exotiques envahissantes peuvent être regroupés au sein de cinq catégories

- ❖ les impacts sur la biodiversité ;
- ❖ les impacts sur le fonctionnement écologique des écosystèmes ;
- ❖ les impacts sur la santé humaine ;
- ❖ les impacts sur la sécurité humaine ;
- ❖ les impacts socio-économiques.

II.2.5.1. les impacts sur la biodiversité

À l'échelle européenne, sur 395 espèces menacées, plus de 110 le seraient directement par des EEE.

Exemples: Le poisson chat: Originaire d'Amérique du Nord, il a été importé en France dans les années 1870. Depuis il a colonisé le réseau hydrographique et s'est abondamment développé dans les mares et étangs. Il est très prolifique et a un comportement alimentaire opportuniste qui nuit aux espèces de poissons autochtones (17).



Photo 6: Poisson chat (17)

Les EEE peuvent impacter la biodiversité de différentes manières

✓ **Par hybridation**

L'impact sur la diversité génétique peut se faire par hybridation entre une espèce introduite et une espèce native par transfert de gènes. Des hybrides infertiles peuvent entraîner le déclin des populations d'espèces indigènes lorsqu'ils représentent la majorité des descendants.

Exemple: le croisement entre le Saumon atlantique indigène (*Salmo salar*) et la Truite fario (*Salmo trutta*) introduite en Amérique produit des hybrides stériles qui réduisent le taux de croissance de la population de Saumon . Si ces hybrides sont fertiles, ils peuvent se croiser entre eux et avec les individus autochtones. C'est le cas, de l'Érismature rousse (*Oxyura jamaicensis*) qui s'hybride avec l'Érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), espèce protégée et menacée d'extinction, présente en Espagne.

Ces pollutions génétiques menacent l'intégrité des espèces indigènes et propagent des gènes éventuellement mal adaptés aux conditions écologiques locales, menant à un déclin graduel de la population native. Enfin, l'hybridation d'individus d'une même espèce mais provenant de sources différentes peut aussi expliquer la forte diversité génétique que l'on retrouve chez certaines populations invasives (parfois supérieures aux populations natives) et leurs succès d'invasions (19).



a)



b)



c)



d)

Photo 7 : a) *Salmon Solar* b) *Salmon trutta* c) *Oxyura jamaicensis* d) *Oxyura leucocephala*

✓ Prédation et compétition

La modification de la diversité spécifique peut être qualitative (remplacement ou exclusion d'une espèce indigène) et/ou quantitative (réduction des individus d'une population). Les causes de ces changements de richesse spécifique peuvent être, par exemple, la compétition interspécifique pour les ressources alimentaires et l'habitat ou la prédation directe. Cette compétition peut réduire, voire dans certains cas éliminer totalement les espèces indigènes, sur une partie plus ou moins grande de leur aire de répartition. Dans certains cas, elle peut toutefois stimuler la diversité voire même favoriser des espèces indigènes et l'analyse de l'évolution du système ne doit pas être seulement temporelle mais aussi organisationnelle. Les prédateurs exotiques envahissants présentant des comportements alimentaires généralistes et opportunistes

Exemples: en Grande-Bretagne, le Vison d'Amérique (*Neovison vison*) est responsable du déclin des populations de Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*)

Le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*) se nourrit de moules d'eau douce, ce qui mène souvent à des extinctions locales des populations (19).



Photo 8: a) *Neovison vison* b) *Arvicola terrestris* c) *Ondatra zibethicus* d) *La moule d'eau douce* (19)

✓ Transmission de pathogènes et de parasites

Les invasions biologiques peuvent avoir des conséquences préjudiciables sur le plan sanitaire, par l'introduction directe de pathogènes ou d'hôtes contaminés ou par l'émergence de nouvelles pathologies.

Exemple 1: La Grenouille taureau (*Lithobates catesbeianus*) et le Xénope lisse (*Xenopus laevis*) sont porteurs sains d'un champignon parasite, *Batrachochytrium dendrobatidis*, reconnu comme une cause majeure d'extinction des amphibiens autochtones.

Exemple 2: les trois espèces d'écrevisses indigènes, en France, l'Écrevisse des torrents (*Austropotamobius torrentium*), l'Écrevisse à pattes rouges (*Astacus astacus*) et l'Écrevisse à pieds blancs (*Austropotamobius pallipes*), qui sont sensibles à la « peste des écrevisses » ou l'aphanomycose, maladie mortelle causée par un champignon (*Aphanomyces astaci*) véhiculé par les écrevisses américaines, c'est-à-dire l'Écrevisse américaine (*Orconectes limosus*), l'Écrevisse du Pacifique ou Écrevisse signal (*Pacifastacus leniusculus*) et l'Écrevisse rouge de Louisiane (*Procambarus clarkii*), qui ont été introduites depuis le XIXe siècle et qui sont maintenant très répandues sur le territoire français. Lorsque ces espèces dominent, l'ensemble de leurs impacts peut mener à un appauvrissement des communautés biologiques autochtones et à une transformation plus ou moins importante des écosystèmes pouvant se traduire par une banalisation du milieu et de ses communautés vivantes (19).



Photo 09: a) *La Grenouille taureau E. Mazaubert* b) *l'Écrevisse de Louisiane N. Poulet*,

espèces exotiques envahissantes porteuses saines de pathogènes (19).

II.2.5.2. Les impacts sur le fonctionnement écologique des écosystèmes aquatiques

✓ **Modification de la chaîne trophique**

toute introduction d'espèce exotique est susceptible de modifier le réseau trophique du milieu colonisé.

Exemple 1: Les bivalves invasifs tel que la dreissène *Dreissena polymorpha* ou les corbicules *Corbicula* sp. Ces organismes filtrent l'eau, à la fois pour respirer et pour se nourrir du phytoplancton et en zooplancton de petite taille. Tout ce qui est en suspension dans l'eau et de taille inférieure au diamètre du siphon inhalant passe à l'intérieur de l'animal. Cette activité de filtration est un trait d'union entre le seston (colonne d'eau) et le benthos. On parle d'une benthisation des communautés suite à la prolifération de dreissènes ou corbicules : la filtration ramène de la biomasse (essentiellement phytoplanctonique) du seston vers le fond (via les

fèces), l'effondrement de la biomasse phytoplantonique et zooplanctonique entraîne un éclaircissement des eaux, les herbiers se développent, les autres compartiments (poissons, invertébrés) réagissent en cascade à ces modifications. Les conséquences des invasions de bivalves sont complexes (Beisel, 2014).

Par exemple, la composition des communautés algales change et en particulier la nature des espèces dominantes : dans certains cas ce sont des algues vertes ou des diatomées qui deviennent dominantes, dans d'autres des efflorescences à cyanobactéries (*Microcystis aeruginosa*).

Exemple 2: est celui de l'Écrevisse de Louisiane dont l'invasion dans les marais de Brière a engendré une profonde modification de la chaîne trophique en devenant le maillon principal de la transmission d'énergie vers les poissons, rôle assuré auparavant par les différentes espèces d'invertébrés benthiques devenus aujourd'hui très rares.

✓ **Température et échanges gazeux**

En milieu stagnant, la densité des herbiers d'espèces végétales exotiques envahissantes peut induire un gradient de température qui peut avoir des conséquences négatives sur la faune et la flore aquatiques. Cette couverture végétale qui limite également les échanges gazeux avec l'atmosphère n'est pas spécifique des espèces exotiques, mais les espèces indigènes pouvant se développer de cette manière couvrent généralement de moindres superficies ou des biotopes particuliers.

✓ **pH et oxygène dissous**

La prolifération végétale de plantes immergées, exotiques ou non, peut induire, au cours de la journée, des variations importantes de l'oxygène dissous et du pH qui sont préjudiciables pour la faune. Ces variations sont importantes en milieux stagnants. Parmi les EEE, les hydrocharitacées immergées (*Elodea* spp., *Egeria densa*, *Lagarosiphon major*). D'autre part, la décomposition de la matière organique rapportée vers le fond est également consommatrice d'oxygène. Le (*Myriophyllum aquaticum*) dont les herbiers amphibies denses couvrent les eaux et empêchent les échanges d'oxygène.

✓ **Lumière**

La croissance des herbiers, exotiques ou indigènes, à forte productivité en surface des eaux peut entraîner une atténuation de la lumière et par conséquent une réduction des potentialités de développement des autres végétaux. Ce phénomène peut constituer un risque d'uniformisation du paysage lorsque l'ombrage agit sur une ou plusieurs espèces et par conséquent limite la richesse biologique globale de l'habitat.

Exemples: Les lentilles d'eau (*Lemna* sp.), et parmi elles, les espèces exotiques, la Lentille minuscule (*Lemna minuta*) ou la Lentille d'eau rouge (*Lemna turionifera*), peuvent réduire la lumière incidente dans les eaux de 80 % et entraîner ainsi une disparition des plantes immergées. La faune invasive telle que la Carpe commune (*Cyprinus carpio*) peuvent aussi causer la disparition de la végétation aquatique à la fois par broutage mais aussi via leur action bioturbatrice qui engendre un taux important de matière en suspension et limite la pénétration de la lumière dans l'eau (19)

✓ **Fragilisation des berges et des ouvrages**

Exemple 1: en creusant leurs terriers, le Ragondin (*Myocastor coypus*), l'Écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) et l'Écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) déstabilisent les berges et peuvent provoquer leur effondrement.

Exemple 2: Dans le règne végétal, est celui de la Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*), qui peut favoriser l'érosion hivernale des berges de certains cours d'eau car, ayant éliminé la végétation indigène, elle n'offre plus de couvert végétal pouvant les protéger. De plus, ses racines sont capables de fissurer le béton et de ce fait risquent de déstabiliser les ouvrages présents sur les cours d'eau.

NB: Ces impacts ne sont pas spécifiques des EEE mais les grandes capacités de colonisation de ces espèces peuvent les multiplier sur de vastes linéaires.

✓ **Banalisation des paysages**

La rapidité de colonisation des espèces invasives leur permet d'occuper rapidement d'importantes superficies, certaines espèces comme les renouées (*Reynoutria* sp.) ou les balsamines (*Impatiens* sp.) en bordure de cours d'eau peuvent provoquer un phénomène d'uniformisation et de banalisation du milieu et du paysage. Il en est de même pour les jussies (*Ludwigia* spp.) qui colonisent des dizaines d'hectares de prairies humides modifiant la perception des marais

✓ **Modifications des écoulements, sédimentation**

La productions très élevées de biomasse de certaines plantes invasives comme les élodées peuvent largement contribuer à un ralentissement de l'écoulement dans les cours d'eau. Ce qui permet un piégeage temporaire de sédiments fins au sein des herbiers et peuvent conduire à l'élévation du niveau des eaux dans les zones concernées, produisant des inondations.

NB/ la Renoncule des rivières (*Ranunculus fluitans*) qui est une espèce autochtone peut également provoquer ce phénomène.

II.2.5.3. Impacts sur la santé humaine

Certains mammifères exotiques peuvent être vecteurs de maladies, comme le Ragondin (*Myocastor coypus*) ou le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*) qui peuvent transmettre par l'intermédiaire de l'eau de nombreuses maladies à l'Homme telles que la leptospirose ou l'échinococcose, également transmissibles au bétail. **Le Tamia de Sibérie** (*Tamias sibiricus*), nouvel animal de compagnie autorisé à la détention par des particuliers, peut jouer un rôle de réservoir pour les bactéries responsables de la maladie de Lyme.

Les pollens produits par diverses espèces végétales peuvent également provoquer des atteintes plus ou moins graves à la santé humaine, dont des allergies.

EEE sont bien connues dans ce domaine, comme la Berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*) dont le contact provoque de fortes dermatoses (Lagey *et al.*, 1995) et surtout de l'Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) dont le pollen est très allergisant. Cette allergie spécifique a nécessité des soins pris en charge par l'Assurance maladie pour environ 230 000 personnes en 2011 dans la région Rhône-Alpes, avec un coût estimé entre 14,2 et 20 millions d'euros (19).

NB/ Des espèces indigènes comme le bouleau ou les graminées peuvent provoquer ces allergies



Photo 10 : Le Tamia de Sibérie, nouveau réservoir potentiel des bactéries responsables de la maladie de Lyme. © J.L. Chapuis (19)

II.2.5.4. Impacts sur la sécurité humaine

Certains vertébrés, indigènes (sangliers, cerfs, etc.) ou exotiques peuvent être à l'origine de collisions routières ou aériennes. Les espèces exotiques connues dans ce domaine sont, par exemple, l'Ouette d'Égypte (*Alopochen aegyptiacus*) aux Pays-Bas et la Bernache du Canada (*Branta canadensis*) qui ont créé au Royaume- Uni des difficultés en empêchant le décollage des avions dans les aéroports où elles se regroupent en forte densité .



Photo 11: a) *Alopochen aegyptiaca*



b) *Branta canadensis*

II.2.5.5. Impacts économiques

Les impacts des espèces exotiques envahissantes peuvent toucher un certain nombre de filières économiques. Ceci peut avoir plusieurs conséquences.

- ✓ **Une perte de production pour certaines industries (baisse de production halieutique ou aquacole)**

Mnemiopsis leidyi, cténophore carnivore d'Amérique du Nord introduit accidentellement par les eaux de ballasts des bateaux en mer Noire, a ainsi été à l'origine de l'effondrement de la pêche commerciale de l'anchois, avec des pertes estimées à plus d'un milliard de dollars. Des pertes de productions agricoles par la consommation de certaines plantes cultivées en bordure des milieux aquatiques par les rongeurs tels que le Ragondin ou le Rat musqué sont aussi fréquemment signalées (19).



Photo 12 : *Mnemiopsis leidyi*, cténophore carnivore d'Amérique du Nord introduit en mer Noire et récemment découvert dans l'étang de Thau (Hérault). (19)

- ✓ **Une diminution de la disponibilité et de l'accessibilité en eau pour les industries, en obstruant les tuyaux, événements ou bouches d'évacuation ou de prise d'eau**

Par accumulation d'individus, en complément des risques en termes de sécurité, la Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) présente un impact industriel sur certaines centrales électronucléaires exploitées par EDF, telles que Cattenom sur la Moselle, Golfech sur la Garonne ou Bugey sur le Rhône. Ceci implique, de procéder à des nettoyages lorsque les circuits sont mis à sec ou même à des nettoyages sous l'eau grâce à des plongeurs. (19)

- ✓ **Une gêne physique pour la pêche et les activités nautiques de loisir**

La formation d'herbiers denses d'espèces de macrophytes invasifs comme le Grand Lagarosiphon (*Lagarosiphon major*), l'Égérie dense (*Egeria densa*), les jussies (*Ludwigia* spp.) ou le Myriophylle du Brésil (*Myriophyllum aquaticum*) peuvent ainsi restreindre la navigabilité sur les lacs et rivières et justifier des opérations récurrentes de moisson de macrophytes.. Dans quelques cas, la présence d'oiseaux en grand nombre dans des sites fréquentés par des humains peut provoquer des nuisances notables. Par exemple, une forte population de Bernache du Canada (*Branta canadensis*) et l'eutrophisation des eaux de baignade occasionnée par leurs déjections ont contraint à la fermeture d'une base de loisirs en Île-de-France (19).



Photo 13: a) *Lagarosiphon major* b) *Egeria densa* C) *Myriophyllum aquaticum* (19)

- ✓ **La dégradation directe d'infrastructures**

Le Ragondin (*Myocastor coypus*) est à l'origine de dommages importants : les terriers qu'il creuse déstabilisent les berges et les digues, dont les coûts de restauration peuvent s'élever à plusieurs millions d'euros. Ces impacts ont d'importantes conséquences économiques mais restent complexes à évaluer et encore peu étudiée (19).

II.3. La surexploitation des espèces

La surexploitation d'une espèce survient quand elle est exploitée pour la nourriture, les matières premières ou la médecine au-delà de sa capacité à se régénérer elle-même.

II.3.1. La chasse

La pression de chasse représente encore de nos jours un facteur de déclin pour certaines espèces vulnérables, et notamment l'avifaune (Dajoz, 2006).

Exemple 1: Le pigeon migrateur Ectopistes: Il vivait dans les forêts de l'est de l'Amérique du nord a été anéanti par les chasseurs et son dernier spécimen est mort au zoo en 1914 (Dajoz, 2006)

Exemple 2: Le lynx pardelle ou lynx d'Espagne lynx pardinus: Classé par l'UICN dans la catégorie des animaux en danger critique d'extinction. Répandu dans la péninsule ibérique ses effectifs sont inférieurs à 1000 individus et sa quasi disparition est due à la chasse.

Exemple 3: La gazelle dama (Nanger Dama) est la plus grande des gazelles du monde. Elle fait partie de la catégorie des espèces en **danger critique d'extinction** (CR). au Chad, au Mali et au Niger avec une présence possible au Soudan. Elle a fait l'objet d'une **réintroduction** au Sénégal et au Maroc récemment.

Exemple 4: Le grand hapalémur, de son nom scientifique **Prolemur simus** (ou encore **Hapalémur simus**), est le plus grand spécimen de l'espèce des lémuriens. Il appartient à la sous catégorie des Prolémur (c'est l'unique membre de cette catégorie). Il fait partie de la catégorie des espèces en danger critique d'extinction (CR). Il se localise à Madagascar.

Exemple 5: Le renard de Darwin est un mammifère de l'ordre des **carnivores**. Il est du genre « *Lycalopex* » : un type de canidés que l'on rencontre en Amérique du Sud. *Pseudalopex fulvipes* a été découvert en 1834, sur l'**île de Chiloé** (au large du Chili), par le naturaliste **Charles Darwin**. Auparavant classé en danger critique d'extinction, l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) a baissé à « en danger » le statut de l'animal en 2016.

Exemple 6: Le gorille de la rivière Cross, Ce mammifère vit sur un territoire à cheval sur la frontière entre le **Cameroun et le Nigéria**. Il habite autour des sources de la **rivière Cross** d'où son nom. D'après l'IUCN, c'est l'espèce de gorilles la plus menacée au monde.

II.3.2. La surpêche

Introduction

L'augmentation incessante des besoins protéiques de l'humanité, stimulée par l'explosion démographique a incité les nations maritimes au cours de la seconde moitié du XX^{ème} siècle à développer de façon exagérée leurs capacités halieutiques. Cette exploitation anarchique des stocks a des conséquences désastreuses pour les générations futures car ses ressources ne sont en aucun cas mises en valeur de façon durable, tant dans les pays du Nord que dans ceux du Sud. La Chine, pays nouvellement industrialisée est au premier rang des pays responsables de **l'overfishing**.

NB/ En 1995, l'académie des sciences américaine signale une perturbation de la faune marine et que les écosystèmes marins sont en danger (Faurie et al, 2012).

La surpêche, entraîne une baisse de la biomasse et du niveau trophique moyen qui affecte toutes les régions du monde. Cette baisse entraîne des changements dans la structure et le fonctionnement des réseaux trophiques et dans la biodiversité notant que certaines espèces sont au bord de l'extinction (Dajoz, 2008). Les espèces de poissons, d'invertébrés marins de Crustacés (crevettes, langoustes), les mollusques (calmars, seiches, palourdes, divers autres bivalves et Gastéropodes) sont devenus aujourd'hui , des victimes de surpêche (Ramade, 2012)

Les disparitions des espèces marines sont liées aux performances des nouveaux bateaux de pêche qui sont devenus de vraies usines flottantes. Les progrès techniques comme les aides électroniques à la navigation, les radars, les positionnements des ressources par satellite qui permettent de quadriller la mer (Faurie et al, 2012).

NB/ Les critères qui nous permettent d'estimer qu'un stock est victime d'overfishing sont la baisse continue du volume des prises en dépit d'un effort de capture accru et la diminution de la taille moyenne des individus capturés.

Des exemples d'overfishing

- La sardine du Pacifique: *Sardinops coerulea*
- L'anchois péruvien: *Engraulis ringens*

Principe d'une exploitation rationnelle des espèces marines

L'exploitation rationnelle est de savoir quel est le maximum de prélèvement supportable afin d'assurer une pêche durable. Il faudrait connaître les effectifs qui entrent en période reproductive. pêcher les adultes et laisser les juvéniles croître. La conservation des stocks implique que les prises soient effectuées de sorte à laisser un effectif de descendants au moins égal à celui de la population de géniteurs (Ramade, 2012).

II.3.3. Le commerce

Aujourd'hui, les espèces animales et végétales disparaissent plus vite que par le passé. Le commerce est l'un des principaux responsables de cette menace qui pèse sur la richesse biologique de la planète. Ce commerce international des espèces, licite et illicite, concerne les plantes, les animaux, vivants ou morts, entiers ou non, et les produits qui en sont dérivés comme par exemple, les peaux ou les ivoires (20).

Aujourd'hui dans le monde, 13 % des oiseaux sont menacés d'extinction, 25 % des mammifères, 41 % des amphibiens, 30 % des conifères dans le monde végétal. Au total, sur les 1 900 000 espèces connues dans le monde, 20 219 espèces sont menacées de disparaître définitivement (20).

Le trafic illégal d'espèces sauvages, peut être défini comme « tout crime environnemental qui implique le commerce, la contrebande, la capture, la collecte ou le braconnage illégaux d'espèces menacées, d'espèces sauvages protégées et de dérivés ou de produits de ces espèces Ce commerce illégal, dont on ne parle que trop peu, est pourtant estimé à 19 milliards de dollars par an (Bernard, 2016)

les espèces sauvages sont essentielles à la biodiversité et par conséquent, leur commerce doit être régulé. C'est l'objectif principal de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), signée en 1973. l'ONU a adopté le 30 juillet 2015 une résolution historique, la résolution A/RES/69/314, qui constitue la première résolution portant sur la surveillance du trafic des espèces sauvages.

Afin d'atteindre son objectif, la CITES classe les espèces sauvages en trois catégories regroupées en trois annexes. Dans l'Annexe I, sont répertoriées toutes les espèces menacées d'extinction dont le commerce est strictement limité. Seuls les échanges internationaux à des fins scientifiques demeurent possibles dans le cas où un permis d'exportation et d'importation a été préalablement obtenu et qu'une procédure stricte est respectée. L'Annexe II comprend toutes les espèces qui ne sont pas nécessairement menacées d'extinction, mais dont le commerce doit tout de même être réglementé pour éviter qu'elles ne le deviennent. Les annexes I et II s'appliquent donc à tous les États parties à la Convention. L'Annexe III qui est d'application régionale: En effet, chaque partie peut demander d'inscrire dans l'Annexe III une espèce qui est menacée sur son territoire et dont la préservation requiert la coopération internationale. Cela permet de prendre en compte les particularités de chaque État et de mieux répondre à ses besoins (Bernard, 2016)

II.3. 4. Conséquences de la surexploitation des espèces sur la biodiversité

1- Réduction de la taille de la population

L'exploitation des espèces par l'homme est une cause de mortalité additionnelle (en sus de la mortalité naturelle). Si les individus d'une espèce sont capturés plus rapidement qu'ils ne peuvent se reproduire le taux de croissance de la population va décliner. La baisse des effectifs d'une population entraîne indirectement la chute des effectifs d'autres espèces liées (marines ou mammifères), et avoir un impact à l'échelle de l'écosystème .

2- Changement dans la structure de la population (âge/sexe/taille)

L'exploitation des espèces par l'homme se fait sur certaines catégories d'individus. Elle touche des espèces de grande taille avec un faible taux de reproduction (comme les éléphants, baleines, rhinocéros...). qui sont des proies convoitées du fait de leur déplacement lent qui facilite leur capture. Si les individus capturés sont les plus productifs, la perte d'individus de la population peut avoir un effet démesuré sur le taux de croissance de la population (21).

3- Changement dans la distribution spatiale

L'exploitation de certaines espèces peut les conduire à se déplacer en dehors de leur habitat optimal vers un habitat de moindre qualité. Cette altération de la distribution spatiale des individus peut entraîner une baisse du taux de survie et/ou

du succès de reproduction de l'espèce ; et ainsi réduire la viabilité de la population (21).

4- Destruction d'espèces non cibles

Les filets de chalutage ne sont pas discriminants et ramassent tout ce qui se présente amenant **un taux de prise accidentelle d'espèces non cibles élevé**. Par exemple, près de 95% des prises se révèlent être accidentelles, comprenant une large gamme d'espèces menacées ou déjà victime de surpêche.

Certaines prises accidentelles sont conservées pour le marché, mais le plus souvent rejetées mortes car elles ne correspondent pas à la bonne espèce: **Trop petites, de moindre qualité** ou ne font pas partie des **quotas de pêche**. Ces prises accidentelles contribuent à la baisse de la biodiversité aquatique des mammifères marins, des tortues marines, des oiseaux marins, d'autres espèces de poissons (les requins sont capturés à la place des thons et des espadons) (21).

II.4. La pollution

Elle menace les espèces et leurs milieux de vie directement en altérant la qualité de la nourriture et de l'eau (empoisonnement des individus) ou indirectement en altérant leurs conditions de vie (eutrophisation des milieux aquatiques, acidification des océans, pollution des eaux, des sols et de l'air...) (22).

II.4. 1. Les pollutions organiques

La pollution organique est un type de pollution chimique provoquée par les polluants carbonés, comme la matière organique (lisier, boues d'épuration, etc.), les organochlorés (DDT) ou les polychlorobiphényles (PCB). Dans le cas de la matière organique, les polluants peuvent augmenter la turbidité des eaux et créer un phénomène d'eutrophisation avec une diminution de la quantité d'oxygène dissous. Ces modifications environnementales ont de profondes conséquences sur les populations d'un milieu (disparition d'espèces, prolifération d'autres espèces).

Les effets des autres polluants organiques sont très variables suivant leur nature, certains étant très biodégradables (carbamates), d'autres persistants (dioxines).

Parmi ces derniers, les polluants organiques persistants (POP), tels que les PCB et le DDT, sont particulièrement toxiques puisqu'ils sont lipophiles. Il y a donc bioamplification de ces polluants à chaque échelon de la chaîne alimentaire, les derniers étant les plus contaminés. Or l'homme est au sommet de la chaîne alimentaire (23)

II. 4. 2. Les pollutions chimiques

La pollution chimique est engendrée par des rejets de produits chimiques à la fois d'origine industrielle et domestique. Elles peuvent résulter notamment de l'utilisation de pesticides, de détergents ou encore de métaux lourds.

Les phosphates ont des impacts écologiques qui se traduisent par une augmentation du volume des algues, l'augmentation de la biomasse du zooplancton, la dégradation des qualités organoleptiques de l'eau, le développement de pathogènes par diminution de la pénétration des UV qui ont un pouvoir désinfectant, la diminution de l'indice biotique et enfin une perte de biodiversité dans les milieux aquatiques.

Les pesticides sont susceptibles d'affecter tous les compartiments de l'écosystème (sol, eau, air) et d'affecter un grand panel d'espèces : les oiseaux (canards, pigeons, buses variable, perdrix), les mammifères (sanglier, chevreuil, renard, lapin, blaireau, loutre), les insectes (abeilles...). Les populations les plus directement exposées sont la faune (macro- et micro-faune) et les micro-organismes de l'écosystème touché. Les principales substances en cause sont principalement les rodenticides anticoagulants (bromadiolone, chlorophacinone, crimidine, coumaphène, difénacoum, etc.) et dans une moindre mesure les inhibiteurs des cholinestérases (insecticides organophosphorés et carbamates : furathiocarbe, mévinphos, carbofuran, aldicarbe, etc.) et d'autres molécules (chloralose, imidaclopride, etc.).

Quant aux Les métaux lourds, ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais « en traces » des éléments comme le cuivre, le zinc, le cobalt sont des métaux lourds indispensables au métabolisme de certains organismes. Les métaux lourds les plus toxiques sont le mercure, le plomb, le cadmium, le titane et le chrome (23).

II.4.3. Les espèces menacées par la pollution (exemples)

La pollution provoque des conséquences néfastes sur les espèces vulnérables en provoquant:

- La diminution de la reproduction (Succès reproducteur)
- Augmentation du taux de mortalité des jeunes et des adultes
- Baisse de l'effectif qui en résulte conduit à la vulnérabilité des populations

L'usage des insecticides organochlorés, leur composition stable qui les rend non biodégradable a conduit à l'imprégnation de poissons de la réserve naturelle nationale de Camargue (Dieldrine), interdite d'usage depuis 1973.

Les Insecticides ont aussi des répercussions sur les insectes responsables de la pollinisation d'un grand nombre d'espèces de plantes cultivées

Le phénomène de bioamplification de certains polluants dans la chaîne trophique

Oiseaux piscivores ou ichtyophages sont menacés en ingérant des proies contaminées à des concentrations parfois d'un million de fois supérieures à celles auxquelles on les trouve dans les sols ou les eaux

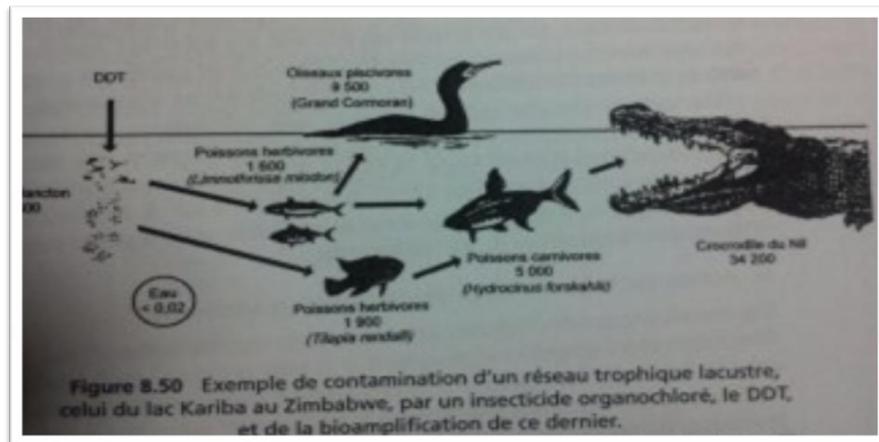


Figure 11 : Exemple de contamination d'un réseau trophique lacustre, celui du lac Kariba au Zimbabwe, par un insecticide organochloré, le Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et de la bioamplification de ce dernier (Ramade, 2003) .

Pollution par des médicaments

Exemple 1: L'emploi de l'ivermectine: vermifuge donné au bétail contre certains parasites se retrouvent dans le sol et sa toxicité est responsable de la raréfaction et de la disparition des Coléoptères (bousiers) qui sont des recycleurs de la matière organiques.

Exemple 2: L'emploi **du diclofenac** en Inde pour soigner le bétail a intoxiqué trois genres de vautours nécrophages du genre Gyps indicus qui s'alimentent à partir des cadavres abandonnés l'effectif s'est effondré de 90% en plus de leur faible fécondité (1jeune / 3ans).



Photo 14: a) Coléoptère



b) Vautour nécrophage

Pollution littoral et des eaux douces d'origine terrestre

- La raréfaction des ours polaire par réduction de leur taux de fécondité est due à leur alimentation de mammifères contaminés par les pesticides organochlorés (DDT) tels que les phoques.
- Les sacs en plastique arrivent en mer sont confondus par les tortues avec certaines méduses qui les avalent et finissent par mourir par indigestion.
- Les nitrites et les nitrates les phosphores (eutrophisation des milieux) et la prolifération d'algues
- Les marées noires induisent des pertes estimées à des milliers de dollars, des milliers d'oiseaux morts, des poissons, des loutres, des phoques et des milliers d'oiseaux de mer (sternes, puffins, albatros, goélands..... Ainsi que les élevages de mollusques



a)



b)



c)



d)

Photo 15 : La biodiversité du littoral menacée par la pollution

a) Goéland, b) L'albatros c) Les sternes, d) Le puffin

❖ Quelques caractéristiques des espèces menacées

✓ **Un faible taux de reproduction:** Les espèces à fécondité élevée ont un risque d'extinction plus faible que les espèces à faible fécondité car elles peuvent reconstituer rapidement leurs effectifs. **Exemples:** La baleine bleue, l'ours blanc, le Condor de Californie, le pigeon voyageur et la grue Américaine (*Grus americana*) (Dajoz, 2006).

✓ **Des populations peu nombreuses :** A cause de leurs faibles effectifs subissent une perte de biodiversité génétique et s'adapte mal aux modifications du milieu, en effet chez certaines espèces vivant en colonies, la baisse des effectifs peut entraîner un arrêt de la reproduction .

Exemples: le renne, le groupe doit comporter au moins 300 têtes pour survivre et maintenir l'espèce, Les cormorans de Bougainville , la colonie doit compter 10000 individus (Dajoz, 2006).

✓ **Une nourriture spécialisée, rare ou éphémère:**

Exemples1: Koala australien qui consomme exclusivement certains eucalyptus

Exemple 2: Le panda consommateur de bambous

Exemple 3: Le faucon des Everglades *Rosthamus sociabilis* qui se nourrit uniquement d'escargot du genre *Pomatia* (Dajoz, 2006).

✓ **Un niveau trophique élevé:** C'est le cas du tigre ou de l'aigle chauve

✓ **Une grande taille:** Cas du tigre, de l'éléphant, du rhinocéros, du bison, du grizzly et de certains lémuriers malgaches (Dajoz, 2006).

✓ **Une aire de répartition réduite:** Ce sont généralement des espèces à faibles effectifs comme le carabe (*carabus olympiae*) et le campagnol (*microtus bavaricus*), connu dans deux localités l'Allemagne et l'Autriche sa première localité est détruite et il n'a pas été revu depuis 1962 (Dajoz, 2006).

✓ **Une zone de reproduction limitée:** Cas de la **fauvette** de Kirtland (*Dendroica kirtlandi*) d'Amérique du Nord qui nidifie seulement sur des pinus banksiana âgés de 6 à 15 ans ; La tortue marine qui ne pond que sur quelques plages. Ainsi que la grue américaine qui nidifie dans les marécages et l'aigle chauve qui affectionne les forêts littorales (Dajoz, 2006).

Chapitre III: Le développement durable

Historique : Les principales dates du développement durable

IUCN 1951: Publie son premier rapport sur l'état de l'environnement dans le monde un équilibre entre l'économie et l'écologie

Stockholm 1972: Conférence des nations unies sur l'environnement incompatibilité d'une croissance sans limite et de la disponibilité des ressources non renouvelables
Conséquences: Création du programme des nations unies pour l'environnement (PNUE)

Rapport de Meadows et al 1972: Ce rapport dénonce les dangers de la surexploitation des écosystèmes, pollution, croissance économique et de l'explosion démographique

Le Club de Rome se fit connaître mondialement en 1972 par son premier rapport, « **The limits to growth** » un groupe de réflexion réunissant des scientifiques, des économistes, des fonctionnaires nationaux et internationaux, ainsi que des industriels de 53 pays, ses objectifs sont de limiter la croissance et s'ouvrir aux principes du développement durable.

Rapport Brundtland 1987 "Notre avenir à tous": Madame Harlem Brundtland présidente de la "Commission Mondiale sur l'environnement et le développement (CMED), utilise pour la première fois le terme de "Soutainable development" ou développement durable qui se définit " Un développement qui réponds aux besoins du présent sans compromettre la capacités des générations futures à répondre aux leurs"

"Sommet de la Terre" ou "Sommet de Rio" 1992: Des rencontres décennales entre dirigeants mondiaux sont organisées depuis 1972 par l'ONU, le deuxième à Nairobi (Kenya) en 1982, l'objectif principal est de définir les moyens de stimuler le développement durable au niveau mondial. Les 178pays démontrent leur capacité collective à gérer les problèmes naturelles (Réchaquement planétaire, déorestation, désertification) et affirment la nécessité du respect, la préservation et la restauration de l'environnement.

III. 1 Les principes du développement durable

1.principe de précaution

les situations qui présentent un risque potentiel de dommages graves ou irréversibles, en l'absence de connaissance scientifique sur le sujet. Il relève des autorités publiques.

Le quinzième principe de la déclaration de RIO (1992) explicite cette notion:

« Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les États selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement. »

NB/ ce principe est défini pour l'environnement mais peut être appliqué à plusieurs domaines (santé, alimentation) et les mesures de précaution peuvent être provisoires (recherche) ou interdiction définitive.

2.principe de prévention

Une situation à risque connue et comportant des dommages prévisibles.

- la loi 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour l'environnement a pour finalité la prévention des pollutions et soumet à un régime d'autorisation préalable, les usines, les dépôts, les ateliers, les chantiers et de façon générale toutes les installations industrielles ou artisanales qui peuvent présenter des nuisances ou des dangers pour l'environnement et la santé.

- la loi 92-3 du 3 janvier 1992, dite "loi sur l'eau".

Cette loi instaure un régime d'autorisation (et par conséquent de règles et dispositions à respecter pour prévenir les pollutions) pour un certain nombre d'aménagements pouvant avoir un impact sur le milieu aquatique.

la prévention concerne des situations à risque avéré comportant des dommages prévisibles, la précaution concerne des situations à risque grave et irréversible dont nous n'avons pas les preuves scientifiques.

3.principe de responsabilité

La responsabilité, au sens commun, est le fait que chaque personne soit tenue de répondre juridiquement ou moralement de ses actes et décisions et d'en assumer les conséquences. C'est le principe du pollueur payeur.

Les septième et treizième principes de la déclaration de RIO (Sommet de la Terre-1992)

introduisait la notion de responsabilité environnementale des pays développés :

« Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial et des techniques et des ressources financières dont ils disposent. »

« Les États doivent élaborer une législation nationale concernant la responsabilité de la pollution et d'autres dommages à l'environnement et l'indemnisation de leurs victimes. ».

Exemple: Pour la première fois en France, un tribunal a reconnu un préjudice écologique. Ce principe juridique a été posé lors du procès de l'Erika (navire pétrolier 1999)

Les acteurs: En 2012, la société Total la société RINA (Conrole) panship (gestion technique) ont été condamnés par le tribunal pour ce naufrage. Et on été condamné à payer des amendes importantes pour pollution maritime ».

4.principe d'équité ou de solidarité

Il suppose deux types d'équités

1- Intergénérationnelle: la génération présente a le devoir de préserver les ressources naturelles de la planète aux générations futures

2- Intra générationnelle: la solidarité entre les plus riches et les plus pauvres

Le troisième principe de la déclaration de RIO s'énonce ainsi:

« Le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures. »

5. droit à l'information et le principe de participation

une personne doit être informée des faits ou décisions qui la concernent, de façon à ce qu'elle puisse agir en conséquence dans son propre intérêt ou dans l'intérêt collectif. (la démocratie). La participation citoyenne au processus de décision est une des conditions de la construction d'un développement durable.

Le dixième principe de la déclaration de Rio

« La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques, y compris aux informations relatives aux substances et activités dangereuses dans leurs collectivités, et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision. Les États doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à la disposition de celui-ci. »

6- Principe de subsidiarité

visé à privilégier le niveau inférieur d'un pouvoir de décision aussi longtemps que le niveau supérieur ne peut pas agir de manière plus efficace.

Exemple: lors d'un problème, il ya mobilisation des acteurs locaux pour la prise de décisions locales des problèmes les concernant

Le contenu du concept de développement durable peut être approché à partir de trois dimensions interdépendantes – économique, sociale et environnementale –

- ❑ **La dimension économique** s'exprime par une combinaison optimale des ressources naturelles, humaines et techniques dans le but d'assurer la maximisation du bien-être des générations sur un horizon de long terme ; sa finalité réside dans l'absence de tout gaspillage de ressources.
- ❑ **La dimension sociale** concerne l'accès aux ressources et leur répartition dans l'espace (niveau intergénérationnel) et dans le temps (niveau intergénérationnel) ; sa finalité est d'assurer l'équité entre les générations dans la distribution des ressources disponibles.
- ❑ **La dimension environnementale**, elle a trait à la gestion des stocks de ressources et à la préservation de leur qualité afin de **d'assurer la permanence du capital naturel dans le temps.**

En d'autres termes, le développement durable est une formule de compromis qui reconnaît le bien-fondé du développement mais cherche à concilier le processus du développement économique avec la protection de l'environnement. L'idée sous-jacente est que la diversité biologique ne pourra se maintenir que dans les écosystèmes en bon état de fonctionnement.

Exemple : Si la pression de pêche se poursuit au rythme actuel, il n'y aura plus de poissons commercialisables d'ici 2050. Beaucoup de stocks sont en voie d'épuisement car les délais de reconstitution sont incompatibles avec les taux de prélèvement sur les ressources..... (Lévêque et Mounolou, 2008)

III.2. La biologie de la conservation

Cette science est née à la fin des années 70. Elle a pour objectifs d'évaluer l'impact des actions de l'homme sur les espèces, les communautés et les écosystèmes, et de faire des propositions concrètes et propose des méthodologies appropriées pour la conservation de la Nature. C'est une discipline de crise, à l'articulation de la science et de la gestion. Elle travaille dans l'urgence puisque des espèces et des habitats menacés risquent de disparaître rapidement en l'absence de mesures efficaces. La conservation des espèces phares ou charismatiques, la restauration et la réhabilitation d'habitats, la réintroduction d'espèces jouent des rôles importants dans la reconstitution de la diversité biologique (Lévêque et Mounolou, 2008).

III. 2.1. La mise en œuvre de la conservation

III. 2.1.1. La sauvegarde des espèces menacées

Compte tenu du nombre important des espèces vulnérables, toutes ne peuvent bénéficier des mesures de protection. ce sont les espèces dont l'extinction est la plus imminente. c'est la connaissance du statut et de l'aire de répartition de l'espèce qui conditionnent l'urgence de la conservation: Les scientifiques accordent l'urgence de conservation aux espèces:

- Menacées dans toute leur aire de répartition
- Dont l'aire de répartition est limitée
- A statut indéterminé
- Appartenant à une famille ou un genre monotypique* (Ramade , 2012)

*** Un genre est qualifié de monotypique s'il ne comprend qu'une seule espèce**

Exemple: **Palmier nain**, genre monotypique *Chamaerops*

➤ La sauvegarde des espèces clef de voûte

A l'intérieur d'une communauté, il existe des espèces qui sans être les plus abondantes ou les plus spectaculaires par leur taille, jouent un rôle essentiel car elle structure la communauté et conditionnent la richesse spécifique de cette dernière.

Exemple: les Salmonidés dans un lac.

- **Si** les truites sont absentes, la communauté planctonique est formé de Cladocères: Daphnies qui excluent les autres communautés planctoniques.
- **A** densité moyenne des truites, leurs prédatons sur les Daphnies zooplancton brouteurs du phytoplancton diminue l'intensité de cette compétition interspécifique et permet une diversification d'espèces du zooplancton Cladocères et Copépodes.
- **A** densité forte, la diversification est maximale avec apparition d'espèces de crustacés prédatrice du zooplancton (Ramade , 2012) .

➤ La réintroduction d'espèces

La disparition d'un nombre croissant d'espèces animales et végétales de leur aire d'origine a conduit les scientifiques à réintroduire diverses espèces dans les régions

où elles sont éteintes. Entre 1950 et 1990, 26 espèces ont été introduites. Entre 1973 et 1986 au moins 700 opérations ont été entreprises avec succès.

Exemple: L'Oryx d'Arabie (*Oryx algazel*)

Cette espèce a été sauvée de l'extinction due à une chasse effrénée par les zoologistes américains en 1950. Il a été réintroduit en Oman et en Arabie (Parc national de Taef) dans les années 80 où ses effectifs se sont rapidement accrus (Ramade, 2012).

III. 2.1.2. La conservation des écosystèmes

Comment déterminer les écosystèmes qui nécessitent des mesures de protection et la localisation des zones à protéger, condition indispensable à la conservation *in situ* ?

- Les écosystèmes uniques, non modifiés ou très peu altérés
- Les écosystèmes qui sont des milieux de passage d'espèces animales migratrices
- Déterminer les zones à protéger qui renferment un endémisme élevé, en effet, la surface minimale des aires protégées, leur emplacement optimal et leur dispositions relatives, sont les paramètres conditionnant le succès des mesures de conservation (Ramade, 2012).

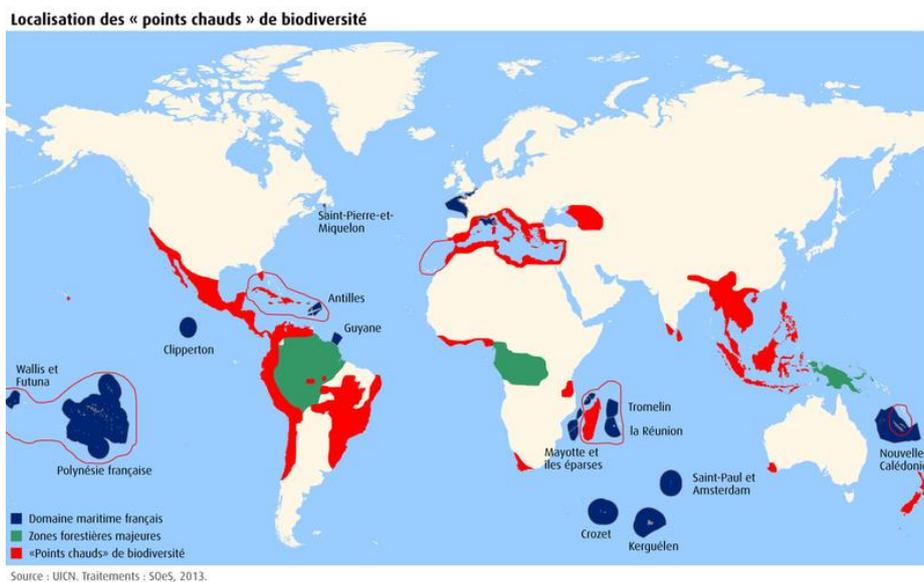


Figure 12 : Carte du monde figurant les principaux centres d'endémisme

III. 2.2. Conservation de la biodiversité (*in situ* et *ex situ*)

Gérer les ressources génétiques consiste à inventorier, caractériser et évaluer, conserver, régénérer et diffuser. Trois stratégies globales de gestion sont utilisées.

III. 2.2.1. La conservation *in situ*

Consiste à maintenir les organismes vivants dans leur milieu naturel. ce type de conservation permet aux communautés animales et végétales de poursuivre leur évolution en s'adaptant aux changements de l'environnement. exemple : les parcs nationaux et parcs régionaux

III. 2.2.2. La conservation *ex situ*

c'est la préservation des espèces en dehors de leur habitat naturel dans des jardins zoologiques et botaniques, des aquariums publics.

In vitro – Les animaux ne sont pas maintenus en vie et « en entier ». Certains matériels biologiques (semence, ovocytes, embryons, cellules somatiques, ADN, etc.) sont prélevés à une époque donnée sur des animaux vivants et conservés congelés, en général dans l'azote liquide à -196°C : c'est le principe des cryobanques (Lévêque et Mounolou, 2008).

III.3. Les aires protégées

Définition : Une aire protégée (AP) *protected area*, (PA) est « un espace géographique clairement défini, reconnu, géré, par des moyens légaux (juridiques) ou autres, afin de favoriser la conservation à long-terme de la nature et des services écosystémiques et des valeurs culturelles qui y sont liés »

NB/ Aire marine protégée (AMP) quand l'espace géographique bénéficiant d'un statut de protection comprend en majorité ou en totalité une zone marine

Le concept a été généralisé par la Convention sur la diversité biologique (CDB), qui recommande de protéger par des mesures spécifiques les zones marines et côtières particulièrement menacées,

En 1992, à Rio de Janeiro (Brésil) s'est déroulée la conférence des nations unies pour l'environnement et le développement . Les 178 pays présents, démontrent leur capacité collective à gérer les problèmes naturels (réchauffement planétaire,

déforestation, désertification...) et affirment la nécessité du respect, la préservation et la restauration de l'environnement

Conséquences de Rio: Mise en place des trois conventions

- Convention cadre des nations unies sur les changement climatiques (CCNUCC)
- La convention sur la diversité biologique (CDB)
- La convention des Nations Unies pour la lutte contre la désertification (CNULCD)

Adoption d'un document appelé Agenda 21 ou Action 21

un plan d'action pour le XXIème siècle afin de réaliser le développement durable à tous les niveaux: international, continental, national, régional et même local

III.3. 1. Classification des aires protégées

L'union internationale pour la conservation de la nature (UICN) a défini des **catégories numérotées de 1 à 6**, qui peuvent caractériser chaque aire protégée suivant l'intensité de la protection (de 1 : protection totale à 6 : gestion des activités humaines dans un objectif de gestion, restauration et protection).

La **Commission mondiale des aires protégées** (CMAP, en anglais : *World Commission on Protected Areas*, WCPA) est une commission de l'UICN pour la protection des zones naturelles. Sa mission consiste à promouvoir l'établissement d'un réseau représentatif mondial de zones protégées terrestres et marines. Son siège est située à Gland en Suisse

Catégorie IUCN	Nom	Caractéristiques et objectif de gestion
Ia	Réserve naturelle intégrale	Gestion de l'AP à des fins scientifiques ou de protection des ressources sauvages
Ib	Zone de nature sauvage	Gestion de l'AP à des fins de protection des ressources sauvages
II	Parc national	Gestion de l'AP pour la protection des écosystèmes à des fins récréatives
III	Monument naturel	Gestion de l'aire protégée dans le but de préserver des éléments naturels spécifiques historiques

IV	Aire gérée pour l'habitat et les espèces	Gestion de l'AP à des fins de conservation, avec intervention au niveau de la gestion
V	Paysage terrestre ou marin protégé	Gestion de l'AP pour assurer la conservation de paysages terrestre ou marins à des fins récréatives
VI	Aire protégée de ressources naturelles gérée	Gestion de l'AP à des fins d'utilisation durable des écosystèmes naturels

➤ Les critères de classement

Toute activité ayant cours sur le territoire ou sur une portion de ce territoire ne doit pas altérer le caractère biologique essentiel de l'aire: les activités incompatibles sont

- Les plantations forestières
- L'exploitation minière
- Exploitation du territoire à des fins hydroélectriques
- Prélèvement des ressources (chasse et pêche)
- L'aire doit être administrée selon des moyens efficaces (loi et réglementation)

➤ Responsabilité de gestion

A l'étranger, la protection de l'AP (Aire protégée) incombe au gouvernement, à des ONG, au secteur privé ou à une communauté locale. L'important est que l'autorité locale soit capable d'atteindre les objectifs spécifiés pour assurer la protection de l'aire (Ramade , 2012).

. CATÉGORIE Ia. Réserve naturelle intégrale.

Aire protégée, administrée principalement aux fins d'étude scientifique.

Il s'agit d'un espace terrestre ou marin, comportant des écosystèmes, des éléments géologiques ou physiographiques* fragiles d'importance nationale et internationale ou encore des espèces représentatives ou menacées. La dimension de cette aire doit être déterminée par sa superficie minimale nécessaire pour assurer la conservation de ces espèces; elle est

administrée principalement à des fins de recherche scientifique et de surveillance continue de l'environnement. Les objectifs de gestion sont de :

- Préserver des biotopes, des écosystèmes et des espèces dans les conditions les plus naturelles ou les moins modifiées qui soient ;
- Maintenir des ressources génétiques dans un état dynamique et évolutif;
- Sauvegarder des éléments structurels du paysage ou des formations rocheuses ;
- Conserver des milieux naturels exemplaires à des fins d'étude scientifique, de surveillance continue de l'environnement et d'éducation y compris des aires de référence, en excluant tout accès qui puisse être évité ;
- Réduire au minimum les perturbations et limiter l'accès au public (Ramade , 2012).

* **Physiographique:** Description géomorphologique des aspects naturels d'une région (relief, climat) et des phénomènes qui s'y rapportent.

CATÉGORIE Ib. Zone de nature sauvage.

Aire protégée, administrée principalement aux fins de protection des ressources sauvages.

Cette zone comporte un vaste espace terrestre ou marin, intact ou peu modifié, ayant conservé son caractère naturel, dépourvu d'habitation permanente ou importante, protégé et géré dans le but de préserver son état naturel. Les objectifs de gestion sont de :

- Garantir aux générations futures la possibilité de jouir de régions demeurées largement à l'abri des activités humaines pendant une longue période ;
- Conserver à long terme les qualités et les éléments naturels essentiels de l'environnement ;
- Autoriser un accès non motorisé au public, dans des limites compatibles avec le bien-être physique et spirituel des visiteurs, tout en conservant les qualités naturelles sauvages de la région ;
- Permettre à des communautés indigènes, de faible densité et vivant en harmonie avec les ressources disponibles, de conserver leur mode de vie (Ramade , 2012).

CATÉGORIE II Parc national.

Aire protégée, administrée principalement dans le but de préserver les écosystèmes et aux fins de récréation.

Cette catégorie comprend une zone naturelle, terrestre ou marine, désignée :

- a) Pour protéger l'intégrité écologique dans un ou plusieurs écosystèmes pour le bien des générations actuelles et futures ;
- b) Pour exclure toute exploitation ou occupation incompatible avec les objectifs de la désignation ;
- c) Pour offrir des possibilités de visite, à des fins scientifiques, éducatives, spirituelles, récréatives ou touristiques, tout en respectant le milieu naturel et la culture des communautés locales.

Les objectifs de gestion sont les suivants :

- Protéger des régions naturelles et des paysages d'importance nationale et internationale, pour leur utilisation à des fins scientifiques, éducatives, spirituelles, récréatives ou touristiques ;
- Perpétuer, dans des conditions aussi naturelles que possible, des exemples représentatifs de régions physiographiques, de communautés biologiques, de ressources génétiques et d'espèces, tout en garantissant une stabilité et une diversité écologique ;
- Limiter le nombre de visiteurs, afin que l'aire reste dans un état naturel ou quasi naturel ;
- Eliminer et, ultérieurement, prévenir toute forme d'exploitation ou d'occupation incompatible avec les objectifs du statut de conservation; garantir le respect des éléments écologiques, géomorphologiques, sacrés ou esthétiques justifiant le statut ;
- Tenir compte des besoins des populations indigènes, y compris l'utilisation des ressources aux fins de subsistance, dans la mesure où ceux-ci n'ont aucune incidence négative sur les autres objectifs de gestion (Ramade , 2012).

.CATÉGORIE III Monument naturel / élément naturel marquant.

Aire protégée, administrée principalement dans le but de préserver des éléments naturels spécifiques.

Cette catégorie désigne une aire de petite surface contenant un ou plusieurs éléments naturels ou / et culturels particuliers d'importance exceptionnelle ou unique, méritant d'être protégée du fait de sa rareté, de sa représentativité, de ses qualités esthétiques ou de son importance culturelle intrinsèque. Les objectifs de gestion sont les suivants :

- Protéger ou préserver, à jamais, des éléments naturels particuliers, exceptionnels du fait de leur importance naturelle, leur caractère unique ou représentatif, ou de leur connotation spirituelle ;
- Dans une mesure compatible avec l'objectif susmentionné, offrir des possibilités de recherche, d'éducation, d'interprétation et de loisir ;
- Eliminer et, ultérieurement, prévenir toute forme d'exploitation ou d'occupation incompatible avec l'objectif du statut de conservation ;
- Offrir à la population résidante des avantages compatibles avec les autres objectifs de gestion (ex. : activité récréative, telle que la spéléologie, ou culturelle, telle qu'une cérémonie traditionnelle chez les peuples autochtones).

Exemples : Monument naturel de Devils Tower (Wyoming, Etats -unis), célèbre pour son dyke volcanique qui est un des plus remarquables au monde; il héberge également une des dernières colonies des chiens de prairie (*Cynomys ludovicianus*) (Ramade , 2012).

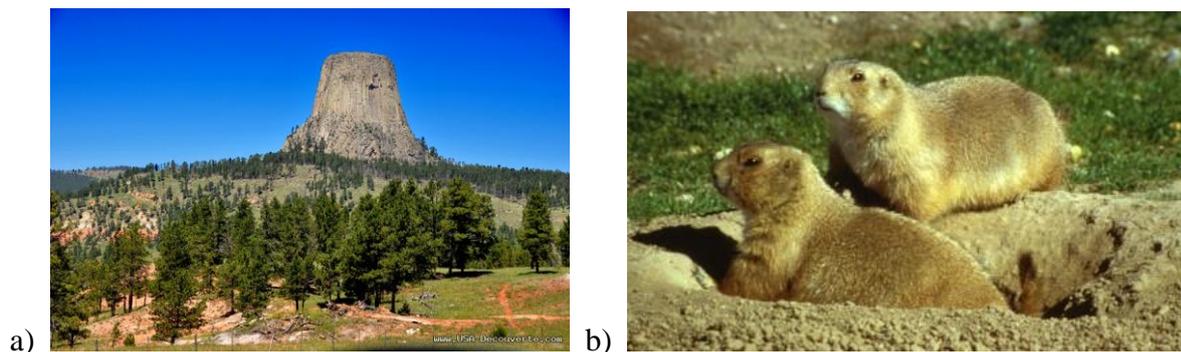


Photo 16 : a) Devils Tower (Wyoming, Etats -unis) b) Chien de prairie à queue noire (*Cynomys ludovicianus*)

CATÉGORIE IV Aire gérée pour l'habitat et les espèces.

Aire protégée, administrée principalement aux fins de conservation, avec intervention en ce qui concerne la gestion.

Ce type d'aire terrestre ou marine fait l'objet d'une intervention active quant à sa gestion, de façon à garantir le maintien des habitats ou à satisfaire aux exigences d'espèces

particulières (Sédentaires ou migratrices). L'intervention de l'homme est nécessaire pour maintenir optimales les conditions nécessaires aux communautés . Cependant, elle ne doit pas altérer l'état naturel original. Par ailleurs, une exploitation extensive à caractère durable des ressources fauniques est permise dans l'aire, mais celle-ci ne doit pas en modifier le caractère biologique essentiel.

Les objectifs de gestion sont les suivants :

- Garantir et maintenir les conditions d'habitat nécessaires à la préservation d'espèces, de groupes d'espèces, de communautés biologiques ou d'éléments physiques importants du milieu naturel, lorsqu'une intervention humaine s'impose pour optimiser la gestion ;
- Privilégier les activités de recherche et de surveillance continue de l'environnement, parallèlement à la gestion durable des ressources ;
- Consacrer des secteurs limités à l'éducation du public, afin de le sensibiliser aux caractéristiques des habitats concernés et au travail de gestion des espèces sauvages ;
- Eliminer et, ultérieurement, prévenir toute exploitation ou occupation incompatible avec les objectifs du statut de conservation ;
- Offrir aux communautés vivant à l'intérieur de l'aire des possibilités d'activités compatibles avec les autres objectifs de gestion.

Exemples: La réserve naturelle de Néouvielle (1936) protège les forêts de conifères d'altitude et plusieurs glaciers dans les Pyrénées occidentales (Ramade , 2012).



Photo 17: Réserve naturelle de Néouvielle en Pyrénées occidentales

CATÉGORIE V Paysage terrestre ou marin protégé.

Aire protégée, administrée principalement dans le but d'assurer la conservation de paysages terrestres ou marins et aux fins récréatives.

Il s'agit d'une zone terrestre englobant parfois la côte et la mer, dont le paysage possède des qualités esthétiques, écologiques ou culturelles particulières, résultant de l'interaction ancienne de l'homme et de la nature, et présentant souvent une grande diversité biologique. Le maintien de l'intégrité de cette interaction traditionnelle est essentielle à la protection, au maintien et à l'évolution d'une telle aire. Les objectifs de gestion sont les suivants :

- Maintenir l'interaction harmonieuse de la nature et de la culture, en protégeant le paysage terrestre ou marin et en garantissant le maintien des formes traditionnelles d'occupation du sol et de construction, ainsi que les manifestations sociales et culturelles ;
- Encourager les modes de vie et les activités économiques en harmonie avec la nature, ainsi que la préservation du tissu socioculturel des communautés concernées ;
- Maintenir la diversité du paysage et de l'habitat, ainsi que des espèces et écosystèmes associés ;
- Eliminer (si nécessaire) et, ultérieurement, prévenir toute forme d'occupation du sol et toute activité incompatible avec les objectifs visés, du fait de leur ampleur ou de leur particularité ;
- Offrir au public toute une gamme de loisirs de plein air respectant les qualités essentielles de l'aire ;
- Encourager les activités scientifiques et éducatives contribuant au bien-être à long terme des communautés résidentes, tout en sensibilisant le public à la protection de leurs paysages ;
- Offrir des avantages à la communauté locale et contribuer à son bien-être sous forme de produits naturels (par exemple forestiers ou de la pêche) et de services (eau potable ou revenus tirés de formes durables du tourisme).

La catégorie V fait référence aux paysages modifiés ou façonnés par l'homme au fil du temps, c'est-à-dire là où la présence de l'homme dans la nature s'est toujours exprimée par des pratiques traditionnelles (et non modernes). L'objectif premier est de maintenir une interaction harmonieuse ayant favorisé depuis longtemps une diversité de paysages, d'habitats ou

d'espèces. Une utilisation durable et traditionnelle des ressources, de façon locale, est permise dans ce type d'aire (Ramade , 2012).

CATÉGORIE VI Aire protégée de ressources naturelles gérées.
Aire protégée, administrée principalement aux fins d'utilisation durable des écosystèmes naturels.

C'est une aire contenant des systèmes naturels, en grande partie non modifiés, gérée de façon à assurer la protection et le maintien à long terme de la diversité biologique, tout en garantissant la durabilité des fonctions et des produits naturels nécessaires au bien-être de la communauté. Les objectifs de gestion sont les suivants :

- Assurer la protection et le maintien à long terme de la diversité biologique et des autres valeurs naturelles du site ;
- Promouvoir des pratiques rationnelles de gestion afin d'assurer une productivité durable ;
- Protéger le capital de ressources naturelles contre toute aliénation engendrée par d'autres formes d'utilisation du sol susceptibles de porter préjudice à la diversité biologique de la région ;
- Contribuer au développement régional et national.

Cette sixième catégorie a été ajoutée en 1994 par l'UICN pour englober les aires à prédominance naturelle « gérées aux fins de protéger leur diversité biologique, de telle sorte qu'elles assurent un flux durable de biens et services à la communauté ». L'essentiel est d'assurer une gestion garantissant, à long terme, la protection et le maintien de la diversité biologique de l'aire. Celle-ci doit, en particulier, répondre aux quatre conditions suivantes pour être rangée dans cette catégorie :

- Elle doit être compatible avec la définition générale des aires protégées ;
- Les deux tiers au moins de sa superficie doivent se trouver dans des conditions naturelles et le rester ;
- Elle ne peut pas comporter de grandes plantations commerciales ;
- Une autorité de gestion doit être en place.

Toute utilisation des ressources à l'intérieur d'une aire protégée doit évidemment être durable ; aussi, elle ne doit causer aucun tort aux conditions naturelles qui prédominent sur les deux tiers de sa superficie. Les aires de catégorie VI devraient être suffisamment grandes pour absorber l'utilisation durable de la ressource, sans compromettre le maintien à long terme des valeurs naturelles du site.

La catégorie VI se situe entre les catégories III et IV, selon le niveau d'intervention humaine qui leur est reconnu. Pour répondre aux critères de classement de la catégorie VI, l'aire doit demeurer dans sa majeure partie (aux deux tiers) à son état naturel et ne comporter, aucune coupe ou reboisement massif. Par conséquent, l'exploitation forestière ne pourra s'effectuer que sur une portion mineure de l'aire et selon des modalités d'intervention écologiquement durables.

En contrepartie, nous apportons un certain assouplissement dans l'interprétation des lignes directrices de l'UICN (1994) quant à l'étendue où l'on pratique une chasse sportive. En cela, la catégorie VI se distingue des catégories II et III par l'inclusion des aires où l'on exploite la ressource faunique. Telle que pratiquée au Québec, cette activité n'altérerait pas le caractère biologique essentiel de l'aire protégée. La chasse sportive (et le piégeage) est contingentée et régie par une loi (*Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*, L.R.Q., c. C-61.1); elle entraîne des retombées économiques appréciables pour les régions. Outre la pêche sportive, la chasse est la seule activité de prélèvement d'une ressource permise sur l'ensemble de l'étendue de l'aire protégée, alors que toute autre forme d'exploitation du milieu est soit restreinte, interdite ou non applicable (Ramade , 2012).

.Catégorie VII: Régions biologiques / Réserves anthropologiques

Dans ces régions vivent des habitants qui n'ont pas encore été touchés par la technologie moderne (Mode de vie traditionnel). Ces aborigènes sont importants pour la diversité culturelle humaine, ils sont (chasseurs-collecteurs). Les cultures intensives ne sont pas autorisées (Ramade , 2012).

Catégorie VIII: Régions naturelles aménagées à des fins d'utilisation multiples

Les aires de cette catégorie sont vastes, elles englobent les territoires qui conviennent à la sylviculture, au pâturage, à la productivité de la faune terrestre et

marine. Certaines parties de ses aires peuvent être exploitées et transformées par l'homme.

NB/ En plus de ces aires définies par l'IUCN, s'ajoute d'autres aires définies par l'UNESCO à partir de 1970 qui se superposent des fois avec les catégories déjà citées.

Exemple: Réserve de la Biosphère des Cévennes qui recouvre en grande partie le parc national concerné (Ramade , 2012).

Les réserves de la Biosphère: Elle a été créée afin de conserver au moins une aire représentative de chaque type d'écosystème majeur existant dans le monde et où l'activité de l'homme est tolérée dans la partie périphérique de l'aire.

Objectifs

- Conserver les différents types d'écosystèmes pour préserver les processus écologiques fondamentaux ainsi que la diversité génétique de la faune et la flore;
- Servir de témoins pour l'évolution des écosystèmes qu'ils soient naturels ou anthropiques;
- Ce sont des sites de choix pour la surveillance permanente de l'environnement;
- Il ya une zonation concentrique: une aire centrale (réserve quasi intégrale) naturelle, une zone tampon strictement délimitée et enfin à la périphérie une aire de transition de cultures stables et les moins perturbatrices écologiquement.

- **Les sites "naturels" du patrimoine mondial:** La convention pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel (UNESCO, 1972) prévoit que des aires d'une valeur universelle exceptionnelle pourraient être désignés en tant que patrimoine mondial sur proposition de l'état: Ce sont les aires protégées de I à V

Exemple : Parc national de Kakadu qui renferme des pétroglyphes* aborigènes contenant 40000 peintures rupestres attestant de la biodiversité de la région à la fin du Pléistocène** ayant vécu en Australie continentale (Ramade , 2012).

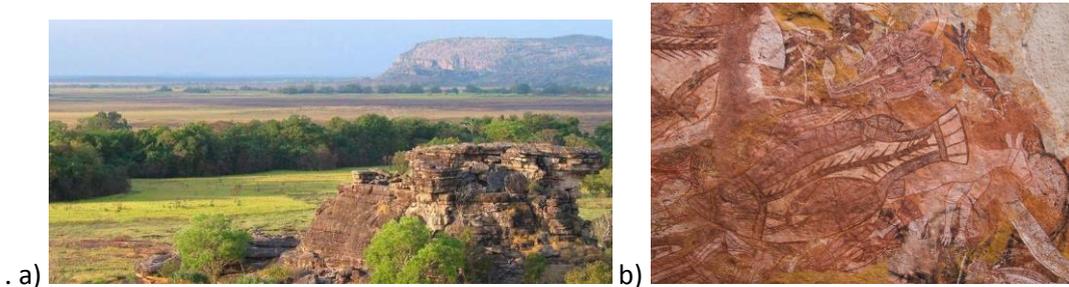


Photo 18 : a) Parc de Kakadu en Australie b) Peinture pétroglyphe

*Pétroglyphes: Dessin préhistorique gravé dans la pierre

**Pléistocène: Est la première époque géologique du Quaternaire

III.3.2. Exemples d'aires protégées dans le monde, en méditerranée et en Algérie

❖ Exemples d'aires protégées dans le monde

Plus de 100 000 aires protégées existent dans le monde et leur nombre ne cesse d'augmenter, les dix aires protégées les plus vastes sont

1. D'une superficie de 972 000 kilomètres carrés, le Parc national du Groenland est le plus vaste.
2. L'Aire de gestion de la faune sauvage Ar-Rub'al-Khali en Arabie Saoudite qui s'étend sur 640 000 kilomètres carrés vient en seconde place.
3. Le Parc marin du récif de la Grande-Barrière en Australie (345 000 km²) est la troisième aire protégée la plus vaste,
4. Réserve de l'écosystème du récif coralliens des îles Hawaïennes du Nord-Ouest (Etats-Unis) avec plus de 345 000 kilomètres carrés
5. La Réserve de forêt amazonienne en Colombie (320 000 km²)
6. La Réserve naturelle de Qiang Tang en Chine (près de 250 000 km²)
7. L'Aire de gestion de la faune sauvage de Cape Churchill au nord du Canada (140 000 km²)

8. L'Aire de gestion de la faune sauvage du Nord en Arabie Saoudite (100 000 km²)

9. Réserve biosphère de Alto Orinoco-Casiquiare au Venezuela et en Bolivie (80 000 km²)

10. L'Aire autochtone de Valo do Javari au Brésil (80 000 km²) (23,24)

Consulter la Liste des Nations Unies des aires protégées (document PDF en anglais),
Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

Les réserves écologiques du Québec

Les réserves écologiques sont des territoires protégés voués à l'éducation et à la recherche, interdites au public à l'exception de la Serpentine-de Coleraine, de la forêt la Blanche, des Tourbières de Lanoraie et de l'île Brion . Elles sont classées dans la catégorie **1a** (le plus haut niveau de protection dans le monde). Il n'ya aucune exploitation des ressources, aucune route ne passe dans la réserve , aucun équipement énergétique , pas de chasse ni de pêche.

❖ Liste des aires protégées en méditerranée

Au Maroc: Les ressources naturelles dont dispose le Maroc sont certes d'une grande qualité, mais restent fragiles et nécessitent des efforts soutenus pour leur préservation. A cet égard, plusieurs actions menées pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité :

Le Plan Directeur des Aires Protégées, élaboré en 1996, avait identifié 154 Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique (SIBE) classés pour leurs valeurs écologique, scientifique, socio-économique ou patrimoniale, en proposant le classement en parcs nationaux d'une dizaine d'entre eux. Répartis sur une superficie de 2,5 millions d'ha, ces SIBE représentent presque la totalité des écosystèmes naturels du pays.

De 1942 à 1991, le Maroc a créé quatre parcs nationaux : le Toubkal en 1942, le Tazekka en 1950, le Souss-Massa en 1991 et l'Irki en 1994.

En 2004, quatre autres parcs nationaux ont été créés : AI Hoceima, Talassemrane, Ifrane, Haut Atlas Oriental.

En 2006, le premier parc national saharien du Royaume a été créé ; le Parc National de Khnifiss.

En 2008, le Parc National de Khénifra a été créé portant ainsi le nombre total des aires protégées au Maroc à 10, dont la superficie globale s'élève à environ 810.400 ha. En plus de ce réseau de parcs nationaux, le Maroc s'est doté de trois Réserves de Biosphère, qui viennent promouvoir des solutions réconciliant la conservation de la biodiversité et son utilisation durable. Il s'agit de :

La Réserve de Biosphère de l'Arganeraie

La Réserve de Biosphère des Oasis du Sud du Maroc.

La Réserve de la Biosphère Intercontinentale de la Méditerranée.

Concernant les zones humides, quatre sites ont été classés sites Ramsar en 1980. Il s'agit de la Réserve de Merja Zerga, Réserve de Sidi Bou Ghaba, Réserve de la lagune de Khnifiss, Réserve du lac Aguelmame Afenourir. En 2005, vingt autres sites ont été inscrits sur la liste Ramsar (25).

En Tunisie: L'Atlas des aires protégées a été élaboré par la Direction Générale des Forêts pour diffuser l'information sur les Parcs Nationaux et les Réserves Naturelles de la Tunisie. Chaque aire protégée est représentée dans cet Atlas par une fiche décrivant ses principales richesses et présentant les espèces animales et végétales qui la caractérisent (26).

Parcs Nationaux de Tunisie: On entend par parc national, un territoire relativement étendu qui présente un ou plusieurs écosystèmes généralement peu ou pas transformés par l'exploitation et l'occupation humaine où les espèces végétales et animales, les sites géomorphologiques et les habitats offrent un intérêt spécial du point de vue scientifique, éducatif et récréatif, ou dans lesquels existent des paysages naturels de grande valeur esthétique. (Chapitre III du Code forestier tunisien, Loi n° 88-20 du 13 avril 1988) (26).

Exemples: O Ezzen, El Feija, jbel Chitana, Ichkeul, Zembra, Zembrata, Boukonine, jbel Zeghouan, jbel serj, jbel Zerdoud, Chaambi, Mghilla, jbel Orbata, Bouhedma, Dgoumes, jbil Seditoui Senghar Jabbes (26)

Réserves Naturelles de Tunisie: On entend par réserve naturelle, un site peu étendu ayant pour but le maintien de l'existence d'espèces individuelles ou de groupes d'espèces naturelles,

animales ou végétales, ainsi que leur habitat et la conservation d'espèces de faune migratrice d'importance nationale ou mondiale. (Chapitre III du Code forestier tunisien, Loi n° 88-20 du 13 avril 1988).

Exemples: Jbel Khoufa, Ain Zana, Majen Chitane, Jebel el Ghorra, Jebel Bent Ahmed, Jardin Botanique, île Chickly, Grotte des chauves souris, Jebel Hammamet, Mellegue Essif, Jebel Saddine, Kef Erai, Jbel serj, Ain Chrichira, Sebkhata Kolbia, Jebel Touati, Khechem El Kelb, Jebel Rihana, Goulebe, El gonna (26).

Liste des aires protégées en Algérie (24,25)

Par son extrême diversité écologique, l'Algérie se situe parmi les pays méditerranéens les plus originaux, sans égal sur les plans bioclimatique, floristique et faunistique. Cette diversité a engendré une richesse de paysages et de milieux naturels de grandes qualités, qui lui confère une valeur patrimoniale exceptionnelle dans le domaine de l'environnement naturel. Afin de protéger ce patrimoine, l'Algérie a identifié un réseau d'aires protégées constitué de 11 parcs nationaux et 5 réserves naturelles qui englobent des écosystèmes uniques et représentatifs de la diversité biologique du pays.

Les parcs nationaux

1- Parc National de Taza: A été créé par décret n° 84-358 du 3 novembre 1984 mais n'est devenu opérationnel qu'en 1987. Ce parc a pour objectif de protéger la flore et la faune surtout les espèces en voie de disparition ainsi que les sites géomorphologiques (Grottes et falaises). Sa superficie est de 3807ha de type côtier, il fait partie de la wilaya de Jijel. Près d'une trentaine de mammifères y résident: l'hyène, le chat sauvage, l'herisson, le chacal doré, le renard roux, le singe et comme avifaune on a : Aigrettes, Le Goéland d'Audouin, le grand Cormoran et la Tadorne de Belon.

Le parc national est également une zone forestière où le chêne zeen est l'essence principale, le chêne afares, le frêne, le peuplier blanc, le peuplier noir...

2-Le parc national d'El Kala: Créé sous le décret n° 83-462 du 23 juillet 1983, il englobe une zone humide unique en son genre et est classé réserve de la biosphère en 1990 par le programme MAB (Man and biosphère) de l'UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (ONU)).

Ce sont des espaces où le maintien de la biodiversité est associé à des activités humaines raisonnables compatibles avec un développement durable.

Sa superficie est de 80000 ha, il fait partie de la wilaya d'El Taref, il couvre 40 km de littoral du Cap rose au cap roux. Les principaux oueds qui le traversent sont l'oued Bougous, Oued Melila et Oued El Kebir il comporte les lacs Tonga et Oubeira (classés comme zone d'importance internationale (Convention de Ramsar; Il abrite 29 espèces de mammifères: Sanglier, Porc-épic, la loutre, le lynx et le cerf de Barbarie... Les oiseaux sont représentés par 189 espèces dont la majorité est forestière; la faune aquatique est représentée par les oies cendrées, l'érismature à tête blanche, la spatule blanche, les poissons (Barbeau, mulot et les anguilles), les reptiles et batraciens sont représentés par 26 espèces et les insectes qui sont des espèces très rares et dont l'inventaire est loin d'être terminé.

L'écosystème lacustre: Au niveau des lacs, se présente une flore très diversifiée avec prédominance de peuplier blanc et noir, l'aulne glutineux, le cyprès chauve, ainsi que des nénuphars à fleur jaune qui sont des espèces très rares.

3-Le parc National de Gouraya: Il a été créé par le décret n°84-327 du 3 Novembre 1984, mais il n'a été lancé qu'en 1993. Il s'étend sur une superficie de 2080ha de type côtier, il est situé au Nord -Est de Bejaïa. Son altitude atteint 672m. La végétation est composée de chêne Kermès, l'olivier, pin d'Alep et de quelques rares Genévriers et Absinthe. On y retrouve le sanglier, le chat sauvage, le porc-épic, le Lynx caracal. Par ailleurs, les oiseaux sont assez importants et sont représentés par le Vautour fauve, la Tourterelle, la Perdrix gabra, le Hibou grand duc ainsi que d'autres espèces en danger telles que l'Aigle de bonellie et les Buses.

Une multitude de sites caractérise la zone:

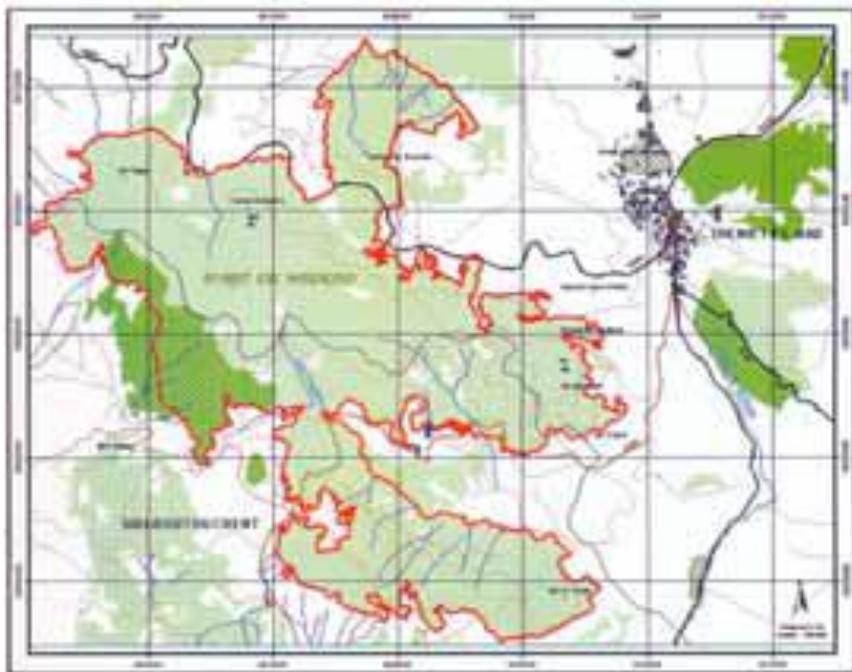
- Le fort de Gouraya au niveau du point culminant
- Le tombeau de Lala Gouraya
- Les aiguades qui représentent une petite baie garnie de galets et propice à la baignade
- Site du Cap Carbon avec son phare
- Les grottes qui sont plus ou moins importantes.

4-Parc National de Theniet El Had: Ce parc a pour objectif de

- Protéger et développer le patrimoine faunistique et floristique (forêt de Cèdre)
- Sensibiliser les visiteurs aux différents aspects de la protection de la nature
- Développer et organiser la recherche scientifique liée au milieu naturel.

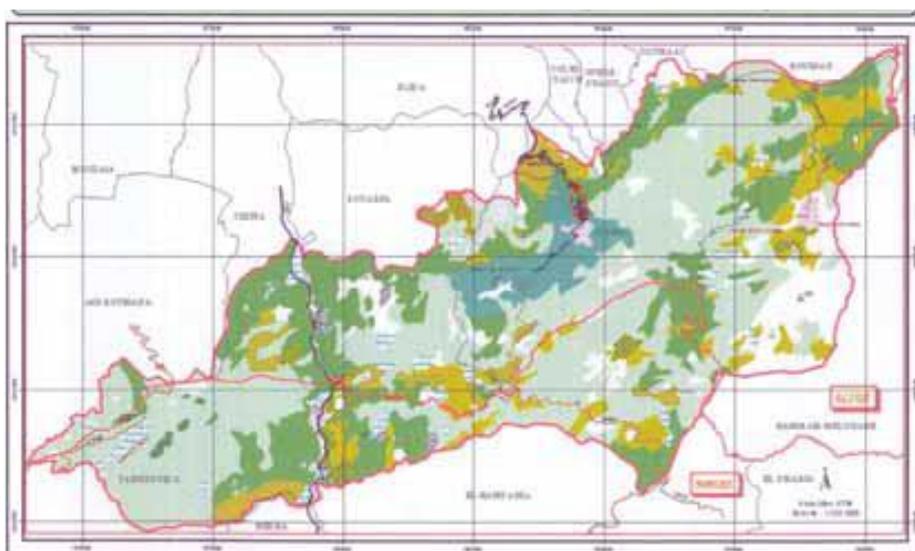
Il a été créé en 1983(Décret n°83-459 du 23 juillet 1983) sur une étendue de 3435ha, il fait partie de la wilaya de Tissemsilt.

Le parc abrite plus de 17 espèces de mammifères dont huit sont portées sur la liste des espèces protégées en Algérie: Le sanglier, le chat sauvage, la belette, la genette , la mangouste, le lièvre commun, le lapin de garenne, le hérisson, le rat à trompe, le mulot sylvestre, la souris domestique; Une multitude d'oiseaux comme le l'épervier, faucon pèlerin, perdrix gabra, caille des blés, pigeon ramier, tourterelle des bois, coucou gris.. L'avifaune forestière abrite 3espèces de mésanges, du roitelet triple bandeau, du gobe mouche noir à demi colier, le pic vert et le pic épeiche.



6- Parc national de Chr a: Il a pour objectif la protection des paysages naturels exceptionnels, des espèces animales et végétales menacées de disparition, offrir des possibilités de loisir et développer la recherche scientifique. Sa création remonte à 1925 (Arrêté du 3/9/1925) avec une superficie de 1351ha. Décrété comme parc national en 1983 (n 83-461 du 23 juillet 1983).  tendue sur une superficie de 26600ha, se répartit sur les flancs de l'Atlas Blid en. L'altitude s'échelonne de 174m   1650m ce qui permet de rencontrer 500 espèces végétales: Chêne vert, le cèdre, le chêne liège, le pin d'Alep, 17 espèces d'Orchidées, des espèces médicinales, des espèces mycologiques et des lichens, l'épine vinette, le houx et l'if sont des espèces menacées d'extinction. Le parc abrite 100 espèces d'oiseaux et une vingtaine d'espèces de mammifères comme le singe magot, la Genette, le Lynx, la Mangouste, le chacal doré, le Renard et le Sanglier, la Loutre et la Belette demeurent rares et /ou en régression. Les rapaces sont surtout représentés par l'Aigle royal, l'Aigle de Bonelli, le Faucon pèlerin, le Vautour fauve. nous rencontrons aussi les lézards et les amphibiens. Comme curiosité naturelle:

- Le sentier "col des fougères"
- Les pics qui dominent et les crêtes aigues, situées au Sud-Est du Douar Ima Alima
- Le chemin de Sidi Abdelkader avec des sujets centenaires et des bouquets d'ifs et de houx mélangés à des cèdres
- Les ruideaux des singes formant des paysages splendides.





L.KADIK-ACHOUBI 04-08 sept. 2007 MALAGA

7- Parc National de Tlemcen: Créé sous le décret exécutif n°93-117 du 12 mai 1993 avec une superficie de 8225 ha. La majorité du parc est recouverte de Djebels lui conférant un caractère montagneux dont l'altitude moyenne est de 1100m. La flore est constituée de forêts:

- La forêt domaniale de Zariffet (944ha) où domine le chêne liège, le chêne zeen et le chêne vert.
- La forêt domaniale de Haffir (1207 ha) constituée de chêne vert et chêne zeen
- La forêt de Montas de chêne Zeen.

Le parc recèle des richesses archéologiques naturelles très importantes:

- La mosquée de Sidi Boumediene bâtie en 739 de l'Hégire
- La mosquée et le minaret de Mansourah
- La mosquée de Sidi Bou Ishaq El Tayar
- Les ruines de la Mansourah

- Le Tombeau de la Sultane
- Le minaret d'Agadir
- Les sources d'el Ourit
- Les grottes de Boumaaza
- Les gorges de Safsaf.

8- Le parc National de Djurjura: Ce parc a été créé pour la sauvegarde de la faune en particulier le singe magot, de la flore, du sol, du sous-sol tous les écosystèmes présentant un intérêt particulier à préserver; Il a été créé par décret n°83-460 du 23 juillet 1983. Il se trouve dans la partie nord de l'Algérie à 150Km à l'Est d'Alger, il intègre des portions de territoires de Bouira et de Tizi Ouzou. La végétation est composée de cèdre de l'Atlas et du chêne vert, le Houx, le chêne liège, l'Erable de champêtre, l'Erable de Montpellier, Prunus avium. Le massif de Djurjura compte 129 oiseaux, c'est le plus riche du Nord de l'Algérie: l'aigle de bonelli, la chouette hulotte, le vautour fauve, la belette, le Chacal doré, le Faucon crécerelle, la buse féroce, le hibou grand duc, le gypaète barbu, la grive musicienne, le rossignol philonèle, le bec croisé des sapins, le pic vert, huppe faciée. L'entomofaune est constituée de chenilles, coccinelle, Chrysope).

9- Parc National de Djebel Aissa: Créé par décret n°3-148 du 29 mars 2003. S'étend sur une superficie de 24400ha et situé dans la wilaya de Naama. Le Djebel Aissa fait partie de l'ensemble des monts de Ksours, partie occidentale extrême de l'Atlas Saharien, il culmine à une altitude de plus de 2200m. La flore endémique remonte au quaternaire et est menacée de disparition. La plus grande partie est formée de steppes : L'Alpha, l'armoise blanche. Dans les dépressions: les jujubiers et les pistachiers de l'Atlas; L'Atlas Saharien est forestier représenté par les genévriers de phoenicie. En altitude, le chêne vert, le pin d'Alep. L'avifaune est représentée par 25 espèces figurant toutes dans la liste des espèces protégées. Les mammifères sont représentés par le Lièvre, le Sanglier, Le Chacal, le Renard, l'outarde, le mouflon à manchettes, la gazelle dorcas.

Le parc représente un majestueux sanctuaire qu'il faut impérativement sauver: les monts de Ksours en particulier Tiout, renferment une cinquantaine de stations de gravures rupestres considérées comme les premières découvertes du monde qui risquent d'être totalement endommagées.

10- Parc National du Tassili : Créé en 1972. En 1982, les célèbres gravures rupestres, préhistoriques lui ont valu d'être inscrit parmi les biens du patrimoine mondial auprès de l'UNESCO et d'être classé comme première réserve saharienne de la Biosphère en 1986 auprès de la MAB (Man and Biosphère)

Avec une superficie de 80000Km² , le parc du Tassili N'Ajjers contient une flore composée d'espèces propres au désert Africain, à la zone méditerranéenne et tropicale. son taux d'endémisme est de 50%: Le Cyprès du Tassili, un fossile, l'olivier de Laperrine; Parmi les espèces exploitée abusivement pour le bois: l'Acacia et le Tamarix et des plantes comme les phragmites communis; La faune est représentée par le mouflon à manchette, les Gazelles dorcas qui sont nombreuses au niveau des grands oueds du Tassili, le Guépard qui est en voie de disparition, le Fennec, l'Addax, le chat des sables, la fouette- queue, le Renard. Au niveau des lacs, la faune est représentée par les barbeaux et les poissons chat. l'avifaune est représentée par l'Aigle royal, la Buse féroce, la Chouette. ce parc représente le plus grand musée préhistorique du monde. la diversité de la faune, de la flore , des paysages est liée au contraste entre les zones arides et les zones humides.

11- Le Parc National de l'Ahaggar: Créé par décret n°87-231 du 3Novembre 1987. Proposé sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité par l'UNESCO en 1988; Il couvre une superficie de 450000Km² · il se trouve à l'extrême Sud de l'Algérie. Il fait partie de la wilaya de Tamanrasset et possède un poste de contrôle à Timiaouine à Adrar.

La végétation est caractérisée par la coexistence de trois types de flores:

- Une flore Méditerranéenne à base d'Olivier, Myrte, Lavande et Armoise
- Une flore tropicale à base de Calotropis et Acacias
- Une flore Saharienne à base de Palmier, Tamarix et Drinn.

Les gravures et peintures rupestres prouvent l'abondance de la faune de la période humide: Les Eléphants, les Rhinocéros, les Hippopotames, des Buffles, les Girafes, les Lions et les Autruches; Actuellement, la faune est représentée par le Mouflon à manchette, le Fennec, la Gazelle dorcas, le Renard, le Guépard, le Rat épineux, le Daman des roches: espèce en danger. L'avifaune est représentée par 91 espèces : l'Aigle des steppes, le Buzard saint Martin, la Cigogne noire, la Cigogne Blanche, le Canard pilllet, la Fauvette du désert, la Tourterelle maillée et le Circaète Jean le Blanc. comme on peut trouver des poissons et des reptiles.

Le Parc présente un intérêt appréciable parce ce qu'il renferme un immense réservoir de sites préhistoriques datant de 600000 à 1 million d'années et témoignant des premières manifestations humaines. Parmi les sites les plus célèbres: Le massif de Tafadest, l'immidir, l'Hhnet, les sites à gravures et peintures de Tit- Aguenar-Silet, le Tassili du Hoggar, le Tassili Tin Missao, la Casbah de Silet, la Casbah "Badjouda" à Ain Salah et le monument de Tin Hinan à Abalessa.

Les réserves naturelles d'Algérie

1- Les réserves Naturelles Marine des îles Habibas: Créée officiellement par décret exécutif n°3-147 du 29 mars 2003. Sa superficie est de 2684 ha au large de la côte algérienne, à l'ouest de la Baie d'Oran et de Mersa El Kebir. Quelques espèces végétales ont une répartition exclusivement occidentale: *Withania frutescens* et *lycium intricatum* espèces "ibéro-marocaines" sont caractéristiques en Algérie. La flore marine est représentée par des algues rouges (Floridéophycées: 64 espèces) et les algues brunes (Phéophycées: 24); Les espèces les plus rares sont le Goeland d'Audouin, le Faucon d'Eléonore et le Cormoran Huppé. La majorité des espèces aquatiques sont des espèces protégées: Patelle géante (*Patella ferginea*), la grande nacre (*Pinna nobilis*) qui est le plus grand mollusque de la méditerranée; Il existe 7 espèces d'oiseaux rares protégés par la loi; il ya également un phare pittoresque construit en 1879 à plus de 110 mètres.

2- La réserve naturelle de la Macta: Elle a pour objectif de protéger et de maintenir l'équilibre écologique des espèces faunistiques et floristiques menacées d'extinction. Elle s'étale sur une superficie de 19750 ha, les Marais de la Macta sont situés au Nord Ouest de l'Algérie à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest de Mostaganem. Elle présente une végétation homogène surtout aquatique et halophile: *Juncus acutus*, *Juncus maritimus*, *Juncus subulatus*, *Cyperus Laevigatus*, *Atriplex halimus*, *Saliconia fruticosa*, *Tamarix gallica*; Cette zone constitue un site attractif pour les flamants roses, l'Ibis falcinelle, la sarcelle d'hiver, la poule sultane et l'Aigle de bonelli. Il est à signaler que l'embouchure de la Macta est riche en espèces de poissons.

3- La réserve Naturelle des Babors: Elle vise à protéger les espèces endémiques de la flore et de la faune et leur reconstitution. Elle fut l'objet de discussions depuis 1930. Elle s'étend sur une superficie de 2367 Ha, elle se trouve en bordure des Hauts plateaux de la région de Sétif. Pour la végétation, elle contient l'unique station du Sapin en Algérie, le cèdre, Chêne zeen, le chêne vert, le Sapin de Numidie. La faune est composée de la Sittelle Kabyle, parmi les

mammifères :le Singe magot, le Chacal, le Renard, le Sanglier, la Belette, l'Hyène, la Mangouste, la Genette. A 1250-1300m d'altitude, on signale les reptiles: Deux lézards ont été identifiés *Lacertasecula* et *Lacerta oscillata*. En 1975, Villiard, a découvert un Crabe endémique des Babors: *Carabus marrothorax* qui loge sous la neige pour hiverner; et des criquets.

4- La réserve Naturelle de Mergueb: En 1979 le Mergueb passe du statut de réserve naturelle de chasse à Réserve Naturelle. Sa superficie est de 13482Ha, est située à 55Km du Nord de Bousaâda. Elle présente un paysage de la Steppe à Alfa. les lichens sont représentés par *psora decipens* et *Toninia coeruleo-nigricans*, *Salsola vermiculata* et *Artemesia campestris*, le Pistachier de l'Atlas et le chiendent. Les mammifères sont représentés par les rares populations de Gazelles de Cuvier, le Lynx, le Fennec, le Chacal, le Lièvre, le Zorille (Genre de mouffette à odeur infecte); L'avifaune est représentée par l'Outarde houbara, l'Aigle royal, l'Aigle botté, le Faucon pèlerin, la Chouette effraie, la Fauvette naine, le Faucon lanier, le héron cendré, le Chardonneret. Les reptiles sont représentés par le Varan du désert et le Fouette -queue. La réserve constitue un écosystème steppique unique en son genre.

5- La réserve Naturelle de Béni-Salah: Elle est chargée de conserver et de protéger le Cerf de Barbarie (*Cervus elaphus barbarus*) espèce en voie de disparition. Elle a été créée en 1972/1973 par les services de forêts de la wilaya de Guelma en coopération avec l'assistance technique Canadienne. Elle s'étend sur une superficie de 2000Ha , elle est située au Nord -Est de la Daira de Bouchegouf (Wilaya de Guelma) et au Sud de la maison forestière d'El Karma, l'altitude varie de 600 à 900m; La végétation couvre 95% de la superficie totale et se compose de chêne liège, de chêne zeen , de Bruyère, Eucalyptus, pin maritime et le Cyprès.

Demet en 1989, a recensé les mammifères existant qui sont représentés par le Cerf de Barbarie, le Sanglier, le Chacal, l'Hyène, le Renard, la Belette, le Lièvre, le Lapin le Hérisson; La végétation est caractérisée par les forêts de chêne liège et de chêne zeen qui s'étendent de Seybouse à l'Ouest à la Frontière Tunisienne à l'Est.

III.3.3.Convention sur les zones humides d'importance internationale

La convention de Ramsar du nom de la localité d'Iran où elle a été adoptée (21decembre 1973), assure la protection des zones humides en particulier pour les oiseaux. Ratifié par 131 pays et protège 1150 sites couvrant 97millions d'Hectares;

➤ En Algérie

Ils sont au nombre de 50 et couvrent une superficie de 2 991 013 hectares

Taref: Lac oubeira, Tonga, (1983), lac des oiseaux (1999), Ain Khiair 2001)

Chott ech Chergui (Saida, 2001), Chot El Hodna (M'Sila , Batna 2001), Chot Merouane et oued Kherouf (El Oued 2001) , Sebkha d'Oran (2001) , Guerbes Senhadja (Skikda, 2001),

➤ En France

Il existe 18 sites Ramsar « Le lac de Grand Lieu près de Nantes 6300 ha (le plus grand site d'hivernage des anatidés)

La Camargue: Cette région essentiellement lacustre comporte de nombreux marécages et Etangs, le plus important étant l'Etang du Vaccarès.

Le **Parc naturel régional de Camargue** est un parc naturel régional situé dans le sud de la France, à l'ouest de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Il a été créé le 25 septembre 1970¹. Il comprend une grande partie de la Grande Camargue entre les bras du delta du Rhône. Situé dans le département Bouches-du-Rhône Superficie 856,9 km² 343 km² (marin) Population 7 436 habitants.

1982: Le ministère de l'environnement a créé les « Zones naturelles d'intérêt écologique , faunistique et floristique » **ZNIEFF**: ces zones ne bénéficient d'aucune protection mais doivent être prise en compte dans les projets d'aménagement.

Création du réseau Natura 2000: c'est à partir de l'application des

- Directive Oiseaux du conseil de l'Europe de 1981 **(1)**
- La Directive Habitats, Faune , Flore du conseil de l'Europe en 1992 **(2)**

Objectif : Donner aux états membres un cadre commun d'intervention en faveur de la préservation des espèces et des habitats à l'échelle Européenne; . Il comprend actuellement 1674 sites .

- Il est constitué de **ZPS** (Zone de protection spéciale)
- **ZSC** (Zone spéciale de conservation);
- Deux types de sites interviennent les ZPS et les ZSC

ZPS: Zone de protection spéciale: (1) Ce sont des zones jugées particulièrement importantes pour la conservation des oiseaux au sein de l'union que ce soit pour la reproduction des

oiseaux, leur alimentation ou leur migration. Assurer un bon état de conservation des espèces d'oiseaux menacés, vulnérables ou rares

ZSC: Zone spéciale de conservation: (2) conservation des sites écologiques

- Des habitats naturels ou semi-naturels d'intérêt communautaire (rareté, rôle écologique)
- Des espèces de faune et de flore d'intérêt communautaire (rareté, valeur symbolique, le rôle dans l'écosystème)

Procédure

- Chaque état inventorie les sites potentiels sur son territoire
- Soumission de propositions à la commission Européenne sous forme de PSIC (Proposition de site d'intérêt communautaire)
- Après approbation le PSIC est inscrit comme SIC pour l'union Européenne et est intégré dans le Réseau Natura 2000.
- Un arrêté ministériel désigne le site comme ZSC

Natura 2000 en mer

Chaque Etat membre ayant une façade littorale doit désigner un réseau cohérent d'habitats naturels et d'espèces d'intérêt communautaire présents dans l'espace maritime avant 2008. La commission Européenne a publié un guide « Guide d'application de Natura 2000 en mer qui précise les aspects juridiques et politiques (Directive cadre sur l'eau), (Politique maritime européenne),

DCE: Directive européenne adoptée le 23 octobre 2000: c'est l'élément majeur de la réglementation européenne concernant la protection des ressources en eau douces, salées, superficielles, souterraines , côtières

Objectifs:

- Etablit un cadre pour une politique globale communautaire dans le domaine de l'eau
- vise à prévenir et réduire la pollution de l'eau, protéger l'environnement, améliorer l'état des écosystèmes aquatiques et atténuer les effets des inondations et des sécheresses

III.4. Lutte contre l'érosion de la biodiversité

Causes anthropiques

Les facteurs actuels de l'érosion de la biodiversité sont liés aux activités humaines.

- La modification des habitats,
- la surexploitation des ressources naturelles,
- les pollutions, locales et globales (pollution des nappes phréatiques, des mers et océans, rejets industriels...),
- les espèces exotiques envahissantes
- les changements climatiques.

Scénario alarmant: La croissance démographique des décennies à venir

- une consommation croissante de ressources
 - Occupation plus grande de l'espace donc fragmentation des habitats
 - La négligence humaine
 - L'agressivité vis-à-vis de la nature
 - L'ignorance de la valeur de la biodiversité
 - Développement des activités basées sur l'exploitation des ressources naturelles
 - Insuffisances des politiques pour lutter contre l'érosion de la biodiversité
-
- **La pauvreté** : quand on a faim on ne se préoccupe pas de conservation.
 - **La corruption** : un phénomène assez bien partagé par tous les pays ;
 - **La course au profit** court terme à l'exemple des pêches marines qui courent à l'extinction ;
 - **Les incitations économiques** de type subvention. Si on veut lutter contre l'érosion de la biodiversité, il faut s'adresser à ces causes ultimes.

Solution : Développement durable :

- réduire les pollutions, - réduire les gaspillages, - mieux gérer et mieux répartir les ressources naturelles, etc.

L'érosion de la biodiversité est liée aux activités humaines,

il faut rechercher les moyens d'y remédier

- ❑ dans les comportements des sociétés: les systèmes de valeurs,

- ❑ les systèmes économiques
- ❑ Les systèmes politiques existants, dans les options en matière de développement.

Comment entretenir le capital nature?

III. 4.1. Les indicateurs de l'érosion de la biodiversité

1- Indice Planète Vivante WWF : World Wide Fund (Le fonds Mondial pour la Nature 1961: ONG (Suisse). Cet indicateur mesure l'état de 1686 espèces de vertébrés à travers 5000 populations dans le monde.

- Il reflète l'état des écosystèmes de la planète.
- Surveillance de l'application de la réglementation internationale et nationale
- Étude scientifique pour diagnostic ou proposition ;
- Restauration d'espaces naturels dégradés
- Formation ou éducation ou sensibilisation de tout public de tout âge à l'environnement

2- Liste Rouge UICN

Objectif: Alerter le public, les aménageurs et responsables politiques sur l'ampleur du risque d'extinction qui frappe de nombreuses espèces et la nécessité urgente de développer des politiques de conservation. Cette liste des espèces en danger d'extinction est remise à jour régulièrement, elle existe au niveau international, national voire régional. Elle expose la situation de plus de 65 000 espèces sur les 1,8 millions d'espèces connues et constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation des espèces animales et végétales



3- Hot spot

Ce terme désigne les régions qui répondent à deux critères stricts : elles contiennent au moins 1500 espèces de plantes vasculaires endémiques (plus de 0,5% du total mondial), et ont perdu au moins 70% de leur habitat naturel. Ces hauts lieux de biodiversité menacés représentent 50% des espèces recensées à ce jour.

4- L'indice planète vivante

- L'Indice Planète Vivante (IPV) est un indicateur de l'état de la biodiversité mondiale: il mesure les tendances des populations de vertébrés vivant dans les écosystèmes terrestres, d'eau douce et marins, de par le monde.
- Inclut des espèces (1100 espèces) terrestres d'écosystèmes autres que les forêts: prairies, savanes, déserts et toundras

5- Empreinte Ecologique

- A l'échelle du globe, Elle mesure la demande de l'humanité vis à vis de la biosphère en termes de « surfaces biologiquement productives de terre et de mer » nécessaires pour fournir les ressources que nous utilisons et absorber les déchets que nous produisons. Elle se calcule par pays. En moyenne, au niveau mondial,
- la demande par personne en 2005 a été de 2,7 hectares, dépassant la capacité biologique de la terre

III.4.2. La désertification menace la diversité biologique

- La dégradation des terres transforme les sols fertiles en déserts qui ne sont plus cultivables.
- Les organismes qui ne peuvent s'adapter à ces conditions de vie hostiles ne survivront pas
- Pour garantir l'équilibre des écosystèmes arides, il est important de conserver une grande diversité d'espèces.
- Les adaptations des animaux et des plantes pour vivre en milieu aride sont déterminées par leurs caractéristiques génétiques qui ont évolué au cours des siècles.
- La coexistence de plantes et d'animaux adaptés à leur écosystème est le fondement d'un équilibre qui permet la vie dans les milieux arides et procure des ressources essentielles aux populations qui en dépendent.
- la rapidité du processus de désertification fait que les organismes ne suivent pas ces changements trop rapides .

III.4.3. Les conséquences de la désertification sur l'environnement

- une perte de matières nutritives (due à la surexploitation agricole) ;
- une perte des sols de surface par l'érosion pluviale et éolienne (surtout sous l'effet de la disparition de la végétation
- Des glissements de terrain sous l'action de l'eau (surtout sous l'effet de la disparition de la végétation)
- la salinisation ou l'acidification du sol (dues à une irrigation mal pratiquée)

III.4.4. Lutte contre l'érosion de la biodiversité et la désertification

- Prise de conscience mondiale du problème de la désertification
- Convention des Nations unies pour la lutte contre la désertification (CNULCD) conséquent au sommet de Rio 1992 (Brésil) mais adoptée en 1994 à Paris par 172 pays.
- Focaliser l'action sur l'Afrique**, le continent le plus touché par la sécheresse et la désertification en partenariat avec les autres pays du monde.
- Promouvoir l'accès aux nouvelles technologies et échanger les connaissances et le savoir-faire des populations pour atténuer les effets de la sécheresse et lutter contre la désertification .

Parmi ces outils technologiques:

1-La télédétection

Donner des visions générales de l'état de la végétation d'une région et obtenir rapidement des informations

NB: le même travail réalisé par des observateurs au niveau du sol demanderait beaucoup de temps et serait bien plus coûteux

- Surveiller de manière continue et constater les évolutions : dégradations, reboisements, etc.

Réaliser des photographies sur plusieurs années permet de connaître l'évolution de la végétation et de prendre des décisions pour les cultures à favoriser ou à éviter en cas de sécheresse.



Photo 19 : La télédétection par satellite

2- Les SIG (Système d'information géographique)

Afin de produire des cartes, des tableaux et des images virtuelles.

L'objectif : Présenter rapidement et globalement les caractéristiques d'une région : évolution de la sécheresse, pluies, température, disponibilité en eau, établissements humains (villages, campements), infrastructures (pistes, routes).

Méthodes concrètes pour lutter contre la désertification

- Fertiliser les sols pour les restaurer
- Lutter contre le vent, Reboiser, interdire au bétail le pâturage de cette zone plantée pour la protéger
- Ne pas épuiser les terres (Lorsque l'on dépasse les capacités de charge, la productivité diminue)
- Diversifier les productions (Une parcelle peut supporter pendant de très longues périodes différents types de plantes)
- Utiliser les énergies renouvelables (énergie solaire, éolienne ou les biogaz)
- Réhabiliter les connaissances nouvelles avec de nouvelles pratiques agricoles.

III. 5. Gestion des ressources génétiques des populations sauvages et domestiquées

La biodiversité des animaux d'élevage est essentielle pour la sécurité alimentaire. Ces animaux fournissent de la viande, du lait, des œufs, des fibres, des peaux, du fumier à utiliser comme engrais ou comme combustible, et une gamme de produits et services. Les animaux

domestiqués contribuent également aux écosystèmes dans lesquels ils existent, fournissant des services tels que la dispersion des semences et le recyclage des éléments nutritifs

Les animaux d'élevage exposés à des conditions climatiques extrêmes acquièrent des caractéristiques adaptatives qui les aident à survivre. Ils s'adaptent localement et deviennent peu à peu résistants aux maladies et aux parasites. La sélection naturelle joue un rôle, mais les races d'aujourd'hui avec leurs combinaisons de gènes uniques ne seraient pas apparues sans une gestion active et continue et une sélection par les agriculteurs sédentaires et les pasteurs nomades depuis que les premières espèces de bétail ont été domestiquées il y a 12000 ans (27).

Entretenir le pool génique des animaux d'élevage

Un véritable défi Il est plus coûteux d'établir et d'entretenir des banques de gènes d'animaux que des banques de gènes de plantes cultivées. Conserver le patrimoine génétique animal exige du matériel, un équipement, un personnel qualifié et une fourniture d'énergie constante. En réalité toutefois, les banques de gènes devraient d'abord servir de filet de sécurité pour maintenir les races animales dans les systèmes de production dans lesquels ils ont été mis au point. Il faudrait en général viser à encourager l'utilisation durable à long terme et la mise au point de races d'animaux d'élevage – répondant ainsi aux besoins économiques et sociaux des éleveurs et minimisant les pressions sur l'environnement et les ressources naturelles tout en conservant des options génétiques pour l'avenir. Toutefois, il y a des contraintes à surmonter, étant donné que:

- ✓ Les connaissances sont encore insuffisantes concernant les caractéristiques de nombreuses espèces du monde, y compris leur répartition géographique et les effectifs des populations;
- ✓ Peu de pays ont mis en place des programmes de conservation pour leurs espèces menacées ou de programmes de sélection structurés qui permettraient d'améliorer la productivité et la qualité et de continuer d'utiliser les races animales;
- ✓ Les politiques et les lois relatives au secteur de l'élevage tiennent rarement compte de la gestion durable des ressources génétiques, et encore moins de la nécessité de leur apporter un soutien suffisant; en fait, elles découragent parfois le maintien de la diversité génétique.

Sans une action concertée, il n'y a guère de possibilités de parvenir à la conservation, à l'utilisation durable et à la valorisation des ressources zoogénétiques (27).

Érosion génétique: compter les pertes

Malgré leur contribution potentielle considérable au développement durable et à la réduction de la faim et de la pauvreté, les ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture sont sous-utilisées et sous conservées. Sur les 7 600 races animales signalées à la FAO par ses États Membres, plus de 1 500 sont menacées d'extinction ou ont déjà disparu. Durant les six premières années de ce siècle, plus de 60 races – presque une par mois – ont disparu à jamais, emportant avec elles leurs caractéristiques génétiques uniques. Perdre ces races revient à perdre une police d'assurance mondiale contre les menaces à la sécurité alimentaire. Cela mine la capacité d'adapter les populations d'animaux d'élevage aux changements écologiques, aux maladies émergentes et aux modifications des demandes des consommateurs (27).

La Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture Le moment est venu d'agir

En 2007, la FAO a publié L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, première évaluation mondiale de la situation et des tendances des ressources zoogénétiques. Il s'agit d'une référence faisant autorité pour la planification des plans de gestion.

Historique

Fin des années 1990: Début de la rédaction de L'état des ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, , lorsque la Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture a demandé que la FAO coordonne une évaluation des ressources zoogénétiques impulsée par les pays. À ce moment-là, la Commission a également mis en place un groupe de travail technique intergouvernemental subsidiaire sur les ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture.

En 2005, 169 pays avaient soumis des rapports qui, avec ceux préparés par les organisations internationales et des contributions de scientifiques et d'experts de renom, ont constitué la base de la publication. Le rapport final a été présenté lors de la Conférence technique internationale sur les ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, qui s'est déroulée en septembre 2007 à Interlaken (Suisse). La Conférence de la FAO, organe directeur

souverain de la FAO, a accueilli favorablement ce rapport qui représente la première évaluation complète, à l'échelle mondiale, de l'état des ressources zoogénétiques.

La Conférence d'Interlaken a également adopté un Plan d'action mondial pour les ressources zoogénétiques, pour la gestion améliorée de la diversité des races animales. ce Plan d'action mondial contient des priorités stratégiques pour l'utilisation durable, la mise en valeur et la conservation des ressources zoogénétiques, ainsi que des dispositions relatives au financement de sa mise en œuvre et de son suivi.

- Au niveau national, les gouvernements devront évaluer la capacité des institutions existantes à gérer les programmes de conservation et de sélection des races animales, et à adapter les politiques selon les besoins de manière à renforcer leurs capacités.
- Au niveau mondial, la Commission a été chargée de superviser et d'évaluer la mise en œuvre du Plan d'action mondial et de définir la stratégie de financement pour sa mise en œuvre.

Une ère nouvelle de participation coopérative nécessitera la mobilisation de ressources financières, le renforcement des réseaux internationaux, particulièrement au niveau régional, la promotion de l'élaboration et du transfert de technologies pertinentes, et des mesures pouvant donner un nouvel élan aux activités de formation et de renforcement des capacités partout dans le monde.

Des directives pour des plans d'action nationaux et pour la gestion des ressources zoogénétiques sont maintenant à la disposition des pays, et des directives techniques supplémentaires sont en cours d'élaboration. Ce sont là quelques-uns des nombreux défis que la Commission affrontera au cours de la prochaine décennie à l'aide de son programme de travail pluriannuel (27).

III. 6. Aspects socio-économiques de la conservation et de la gestion des ressources biologiques

❖ Les avantages de la biodiversité: Valeurs et usages

- **Ressources génétiques:** La convention sur la diversité biologique définit les ressources génétiques comme le matériel génétique d'origine animale, végétale

ou microbienne, contenant des unités fonctionnelles de l'hérédité et ayant une valeur effective ou potentielle. Pour les animaux il s'agit des populations sauvages, des races standardisées, des lignées ou souches sélectionnées. Pour les végétaux, ce sont les variétés cultivées anciennes ou modernes, les cultivars locaux, les formes sauvages ou apparentées. Pour les microbes: Les souches , les isolats, les populations et les communautés microbiennes.

- **Usage alimentaire des ressources vivantes:** Ce sont les activités de prélèvement dans le milieu naturel (cueillette, pêche) qui constituent une pratique très ancienne. les plantes sauvages et semi-sauvages (feuilles, racines, tubercules, fruits, champignons...) contribuent à la sécurité alimentaire et à la santé des populations rurales qui vivent de l'agriculture de subsistance. Certaines sociétés tropicales consomment des invertébrés: Chenilles, mollusques, sauterelles... et plusieurs espèces de vertébrés sont chassées pour leur viande (mammifères, reptiles, oiseaux). La pêche en mer ou en eaux continentales est la principale source de protéine dans le monde*.

- **Les produits de l'extractivisme:** Ce terme désigne l'exploitation commerciales des produits forestiers non ligneux: fruits, gommés, résines, les huiles, les fibres. Le coton, le lin, la laine, la soie, le caoutchouc (extrait de l'hévéa, de lianes et d'euphorbes) sont eux aussi issus de végétaux et d'animaux. Tous ces produits sont encore utilisés malgré la concurrence des produits synthétiques.

- **Le bois:** le commerce du bois est une activité importante au niveau international. Les forêts représentent 3400 millions d'ha des terres émergées. Le bois est utilisé pour les usages domestiques (bois de feu), construction et en industrie (pâte à papier). La surexploitation de ces ressources a conduit à leur dégradation.

- **Les perspectives industrielles des biotechnologies:** L'industrie s'intéresse à certains éléments de la biodiversité: Les microorganismes, les gènes et les molécules.
La microbiologie industrielle utilise les capacités enzymatiques et métaboliques des micro-organismes pour deux types de transformation:
 - ✓ La fermentation: (Brasserie, fromagerie)
 - ✓ La production ou la modification de molécules diverses (antibiotiques, hormones, arômes...); Dès 1970, des bactéries ont été

génétiqnement modifiées pour synthétiser des molécules telles que l'insuline, l'érythropoïétine qui stimule la production de globules rouges, etc.

- **Les agro carburants:** Les biocarburants (Des carburants d'origine végétale destinés à remplacer en partie, les carburants dérivés du pétrole dont les réserves s'épuisent rapidement) sont produits à partir de plantes oléagineuses comme le colza ou le tournesol ou bien l'alcool obtenu par fermentation des sucres de betteraves. Au Brésil, les 2/3 des voitures roulent à l'alcool, mais avec un moteur modifié (Dajoz, 2006).
- **Animaux et plantes d'ornements:** Aujourd'hui le nombre d'espèces végétales cultivées à usage ornementale et plus élevé que le nombre de plantes à usage agricole et de nouvelles espèces issues d'hybridation font l'objet d'innovation permanentes et sont régulièrement commercialisées. D'un autre côté, le commerce d'animaux est important (pour les zoos, les aquariums, les travaux de recherche). Certains produits comme l'ivoire, les écailles de tortue, les peaux de serpents ou de crocodiles, les fourrures, les plumes d'oiseaux ont multiples usages : Décoratifs, symboliques, vestimentaires ou culturels et dont le commerce a mis en danger la survie de plusieurs espèces.
 - * **Les prélèvements annuels sont estimés à 100 millions de tonnes et sont proches des limites acceptables pour que le renouvellement des ressources ne soit pas compromis.**
- **L'écotourisme:** Il est devenu une nouvelle industrie. La valorisation de la biodiversité par l'observation d'animaux sauvages est une source de revenus pour certains pays qui ont développé une politique de tourisme basée sur la valorisation de leur patrimoine naturel: Parcs naturels et le trekking (le trek est aussi devenu une source de revenus économiques particulièrement importante pour une partie de la population locale (guides, porteurs, muletiers, chauffeurs, hôteliers, cuisiniers...), cependant, responsables de certains problèmes écologiques (Piétinement, feux....) (Lévêque et Mounolou, 2008).
- **Recherche, éducation et surveillance:** Il y a encore beaucoup à apprendre sur la façon d'utiliser au mieux les ressources biologiques, comment maintenir la base génétique des ressources biologiques récoltées, et comment réhabiliter les les écosystèmes. Les zones naturelles fournissent d'excellents laboratoires vivants pour de telles études, et pour d'autres précieuses recherches en écologie (1)

➤ **La biodiversité maintient l'intégrité de l'environnement** à travers:

- **La fixation biologique de l'azote:** L'azote est l'élément constitutif des plantes le plus important après le carbone. Ce complément vient de la fixation biologique du diazote (N₂) atmosphérique par des procaryotes qui permettent son introduction dans la biosphère. Il existe deux groupes de bactéries :
 - ✓ le groupe des Rhizobiums associées à des légumineuses (Papilionacées, Mimosacées, Césalpiniacées);
 - ✓ Les Frankias, bactéries filamenteuses sporulantes (actinimycètes) associées à des arbres des genres *Alnus*, *Casuarina*..... (Lévêque et Mounolou, 2008)
- **Minéralisation de la matière organique:** *Les Procaryotes* jouent un rôle fondamental dans les cycles biogéochimiques en décomposant la matière organique détritique pour libérer les éléments inorganiques qui serviront à synthétiser de nouvelles molécules organiques (Lévêque et Mounolou, 2008) .
- **Maintien de l'équilibre CO₂ / O₂.** C'est à travers la biodiversité que cet équilibre (du CO₂ et de l'O₂ est entretenu).
- Absorption et décomposition des polluants et des déchets : Dans les réseaux trophiques et les chaînes alimentaires où le flux d'énergie passe par la production, la consommation et la décomposition (Mutia, 2009) .

En résumé , nous pouvons dire que les fonctions et services fournis par les écosystèmes sont:

- La régulation de la composition en gaz de l'atmosphère grâce à l'activité des végétaux;
- La régulation du climat
- La régulation des eaux et le contrôle de l'érosion
- La production d'aliments, de médicaments et de matériaux divers
- La récréation grâce en particulier à l'écotourisme et à des activités de plein air comme la pêche sportive (Dajoz, 2006).

Sans la biodiversité , il n'ya pas d'environnement sain pour l'homme:

- C'est la première source médicinale et alimentaire de l'homme
- Réduit le risque des pandémies

- Réduit les risques de catastrophes naturelles (Incendies , inondations, érosions)
- Epure l'eau, l'air et les sols (28).

L'économie est dépendante de la biodiversité

- La production primaire est entièrement dépendante
- La production secondaire est fortement dépendante, nombreux procédés industriels nécessitent l'utilisation d'organismes ou transforment des produits issus de la vie
- La production tertiaire, dépend comme les autres productions, des services environnementaux de la biodiversité en matière d'énergie et d'épuration du milieu (28). .

La biodiversité est source de développement social

- Par l'emploi direct ou indirect qu'elle génère
- Par les soins de santé qu'elle procure, en particulier sa fonction de ressourcement (28).

Références bibliographiques

- ❖ Bernard, T. (2016). La lutte contre le commerce illégal d'espèces sauvages. *Criminologie*, 49(2), 71–93. doi:10.7202/1038417ar
- ❖ Dajoz, R. 2006. Précis d'écologie, Dunod, Paris. 630p
- ❖ Dajoz, R. 2008. La biodiversité, l'avenir de la planète et de l'homme, Ellipses, Paris. 275p
- ❖ Faurie, C; Ferra , C; Médori, p; Dévaux, J; Hemptine, J-L. 2012. Ecologie; Approche scientifique et technique, Lavoisier, TEC & DOC. Paris.488p.
- ❖ Gauthier-Clerc, M & Thomas. 2010.Ecologie de la santé et biodiversité, De boeck, Belgique.538p.
- ❖ Lévêque, C & Mounolou, J-C. 2008. Biodiversité: Dynamique biologique et conservation, Dunod, Paris. 254p
- ❖ Mutia, T, 2009 Biodiversity Conservation
(Presented at Short Course IV on Exploration for Geothermal Resources, organized by UNU-GTP, KenGen and GDC, at Lake Naivasha, Kenya, November 1-22, 2009.
file:///C:/Users/2018A/Downloads/UNU-GTP-SC-10-0805b.pdf
0805BMutiaBiodiversity Conservation.doc 9pages
- ❖ Oliveri, I & Vitalis R, 2001: La biologie des extinctions médecine/sciences 2001 ; 17 : 63-9 63- 75pp

http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/1788/2001_1_63.pdf?sequence=3
- ❖ Ramade, F . 2012. Eléments d'écologie, Ecologie appliquée: Action de l'homme sur la biosphère, Dunod, Paris. 792p.
- ❖ Ramade, F . 2003. Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale, Dunod, Paris. 690p.

- ❖ Ricklefs et Miller. 2003.Ecologie.De Boeck. Bruxelles.537p.
- ❖ Wanjui J. 2013: Biodiversity Conservation Needs and Method to Conserve the Biological Diversity. J Biodivers Endanger Species 1: 113. doi: 10.4172/jbes.1000113
- ❖ Wilson, E " Biodiversity and conservation chapter 15" consulté le 10/10/2015
Disponible sur ncert.nic.in/ncerts/l/lebo115.pdf

Liens internet

- (1):** Environmental Science Senior Secondary Course,MODULE - 5 Environmental Conservation, lesson 15.Pdf disponible sur <http://download.nos.org/333courseE/15.pdf> . consulté le 25/5/ 2018
- (2) :** Biodiversité et évolution au cours du temps pdf
Disponible sur <http://www.college-saintecroix-lepalais.fr/fts/151781> consulté le 30/5/2018
- (3) :** La modification de la biodiversité au cours du temps chap 17
Disponible sur <https://www.afterclasse.fr/fiche/673/la-modification-de-la-biodiversite-au-cours-du-temps>
- (4) :** Wilson, E " Biodiversity and conservation chapter 15"
consulté le 10/10/2015 Disponible sur ncert.nic.in/ncerts/l/lebo115.pdf
- (5) :**<http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s4/calendrier.geol.html>
- (6):** <http://www.cnrs.fr/Cnrspresse/n396/html/n396a06.html>
- (7):** https://fr.wikipedia.org/wiki/Extinction_Cr%C3%A9tac%C3%A9-Tertiaire
- (7') :**https://en.wikipedia.org/wiki/Chicxulub_crater
<https://www.google.dz/search?q=crat%C3%A8re+du+chicxulub&sa=X&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwjL->

_qyrtrbAhVNiaYKHWG6Cs4QiR4IwwE&biw=1299&bih=702#imgrc=LDVCyCLUCQFEK
M:

(8) : https://fr.wikipedia.org/wiki/Extinction_Cr%C3%A9tac%C3%A9-Tertiaire#/media/File:Planetoid_crashing_into_primordial_Earth.jpg
https://fr.wikipedia.org/wiki/Crat%C3%A8re_de_Chicxulub

(9) https://www.google.ae/search?q=crat%C3%A8re+du+chicxulub&biw=1366&bih=657&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjmtP_NwobLAhWLiRQKHROjB7MQ_AUIBiGB#imgrc=_

10): Natural Resources Conservation Service (NRCS): Chapter 2: Habitat Fragmentation
Disponible sur https://prod.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_015259.pdf
Consulté le 8/6/2018.

11): <https://mongabay-images.s3.amazonaws.com/13/1114-ecozone-forest-loss.jpg>

12): <https://mongabay-images.s3.amazonaws.com/13/1114-ecozone-pie-chart.jpg>

13) : <https://www.pinterest.co.uk/pin/311170655474758210/>

14) <https://pinterest.co.uk/pinterest.co.uk/pin/462041243006717008/?lp=true>

15) <http://www.ijc.org/php/publications/html/12br/francais/report/biological/ais.html>

16): <https://unchronicle.un.org/fr/article/le-r-le-de-l-organisation-maritime-internationale-dans-la-prévention-de-la-pollution-des-oc-ans-pour-atteindre-l-odd-14>

17): Poisson chat: <http://cpns85.fr/especes-invasives/>

18) : <http://www.gt-ibma.eu/wp-content/uploads/2015/06/EEE-Vol1-complet.pdf>

19): ONEMA <http://www.gt-ibma.eu/wp-content/uploads/2015/06/EEE-Vol1-complet.pdf>

(20) :Le commerce des espèces menacées

https://is.muni.cz/el/1431/podzim2016/JFP03/um/Commerce_des_especes_menacees.pdf

(21): Conservation Nature; informations sur la biodiversité

<http://www.conservation-nature.fr/article2.php?id=109> consulté le 5 octobre 2018

(22): Environmental conservation: Biodiversity conservation

<http://download.nos.org/333courseE/15.pdf>

(23): <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-pollution-organique-6709/> consulté le 5 octobre 2018

(24): liste des aires protégées - GITPA [https://www.gitpa.org/.../gitpa%20300-8TEXTREF la liste.pdf](https://www.gitpa.org/.../gitpa%20300-8TEXTREF%20la%20liste.pdf)

(24): Les aires protégées en Algérie: Parcs nationaux, Réserves naturelles et Zones humides vus par ALSAT 1

<https://fr.scribd.com/document/253601731/LES-AIRES-PROTEGEES-EN-ALGERIE>

Consulté le 15/2/2016

(25): <http://www.environnement.gov.ma/fr/115-theme/biodiversite/217-aires-protgees>

(26): <http://www.onagri.nat.tn/atlas>

(27): Commission pour les ressources génétiques , pour l'alimentation et l'agriculture

<http://www.fao.org/docrep/012/al389f/al389f.pdf>

(28): Guillitte, O.2010. Enjeux écologiques, économiques , sociaux et culturels de la biodiversité. Revue des outils de valorisation de la biodiversité dans la région de l'union Européenne. Université de Liège.

Disponible: https://www.sifée.org/static/uploaded/Files/ressources/contenu-ecole/paris/volet-1/01_GUILLITTE/02_Diaporama.pdf consulté le 10/ 9/ 2014

Web photo

Figure 12:

<https://www.google.com/search?q=Carte+du+monde+figurant+les+principaux+centres+d%27end%C3%A9misme&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=6XYSeif56Q80->

Photo 7:

a) <https://stock.adobe.com/sk/images/scottish-atlantic-salmon-salmo-solar/48197301>

b) <https://www.google.com/search?biw=1366&bih=604&tbm=isch&sa=1&ei=g4kBXJn9Oqhoto>

c) <https://www.google.com/search?biw=1366&bih=604&tbm=isch&sa=1&ei=g4kBXJn9>

d) <https://www.google.com/search?biw=1366&bih=604&tbm=isch&sa=1&ei=>

Photo 11:

a) <https://www.google.com/search?biw=1366&bih=604&tbm=isch&sa=1&ei=g4kBXJn9Oq>

b) <https://www.google.com/search?biw=1366&bih=604&tbm=isch&sa=1&ei=g4kBXJn9Oq->

Photo 14 a)

https://www.google.com/search?q=col%C3%A9opt%C3%A8re+bousier&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjzGKzJhureAhUSqxoKHerPA8gQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=qDk-o4S0bGd_SM:

Photo 14) b)

<https://www.google.com/search?q=Vautour&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiQ14fIh->

reAhUKExoKHevWDSwQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=CFGSOCsPeo3K6M:

Photo 15

a) https://www.google.com/imgres?imgurl=https://fr.cdn.v5.futura-sciences.com/buildsv6/images/largeoriginal/4/3/1/431121bcae_50036910_larus-argentatus-ad.jpg&imgrefurl=https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/zoologie-goeland-argente-

b)https://www.google.com/search?q=1%27albatros&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx_siVgv7eAhVGSRUHcTfD_IQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=54p1D3jnZPKPk

c)https://www.google.com/search?q=les+sternes&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj97L3Qgv7eAhVztHEKHU4jACYQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=5JVMfDI PZ5b3MM:

d)https://www.google.com/search?q=Le++puffin&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjt26fygv7eAhUcRhUIHXNhD9YQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=WVnll1y N7TMMcM:

Photo 16:

a) Devils Tower (Wyoming, Etats -unis) http://www.usa-decouverte.com/centre_ouest/wyoming/devils_tower/photos/1455/devils_tower_pins_ponderosa.html

b) <http://www.waza.org/fr/zoo/galerie-de-photos/cynomys-ludovicianus>

Photo 17:

https://www.google.com/search?q=+++R%C3%A9serve+naturelle+de+N%C3%A9ouvielle+en+Pyr%C3%A9n%C3%A9es+occidentales&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi_hvilh-veAhUCfBoKHdl_DekQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=j4SEzBB5f8Zl9M:

Photo 18: a) <https://www.onetwotrips.com/australie-parc-national-de-kakadu/>

b)<http://voyages.blog.lemonde.fr/2014/11/26/australie-kakadu-le-territoire-des-crocodiles/>

Photo 19

https://www.google.com/search?q=satellite&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjdzdiv4_zeAhVRUxUIHWnqDwgQ_AUIDigB&biw=1366&bih=604#imgrc=c35nWmlHA1 F_MM: