

# Ecologie générale

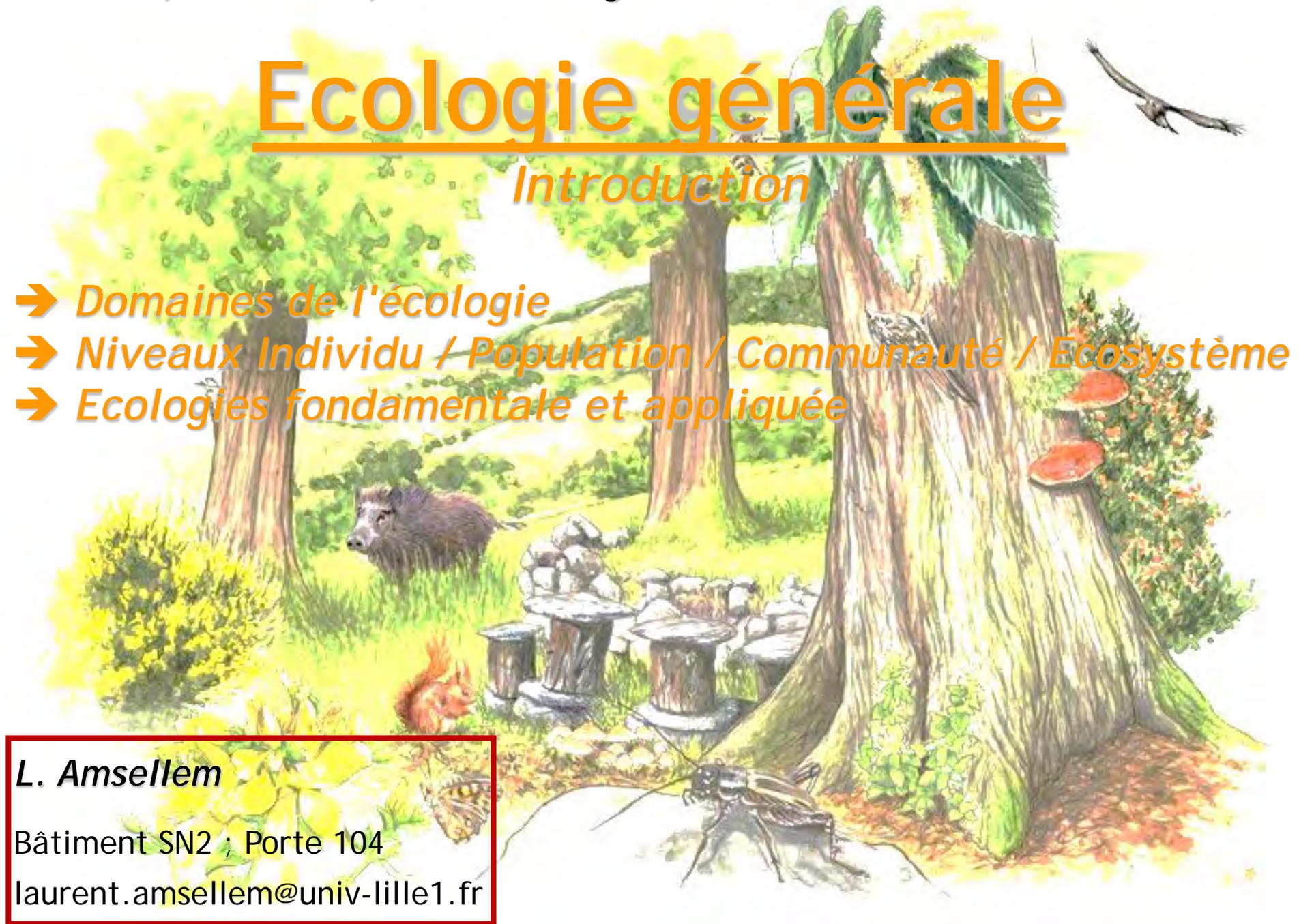
## *Introduction*

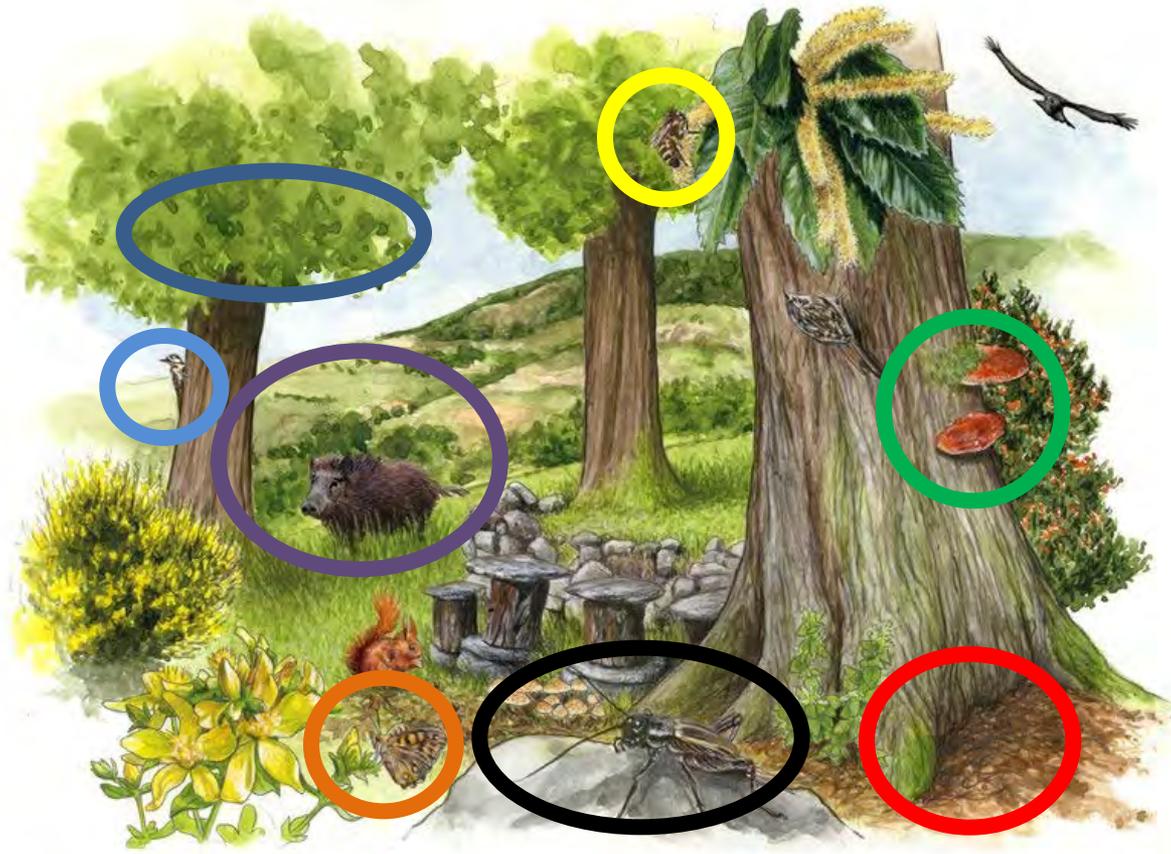
- *Domaines de l'écologie*
- *Niveaux Individu / Population / Communauté / Ecosystème*
- *Ecologies fondamentale et appliquée*

***L. Amsellem***

Bâtiment SN2 ; Porte 104

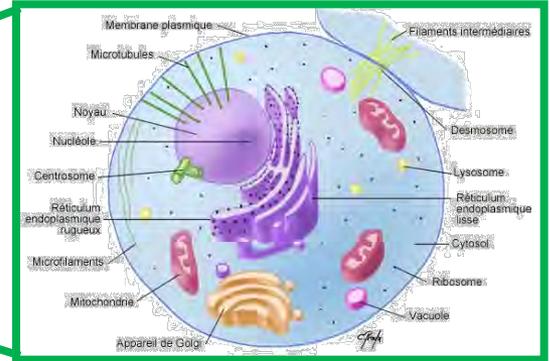
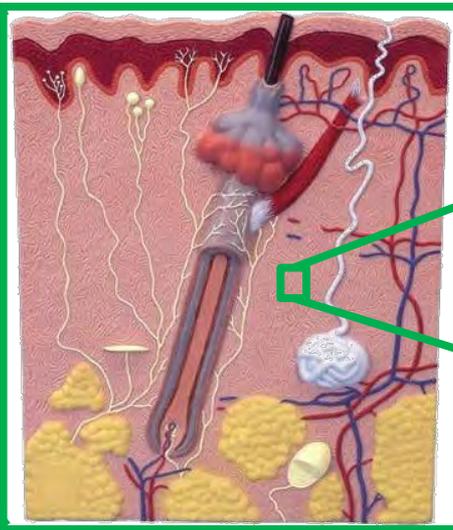
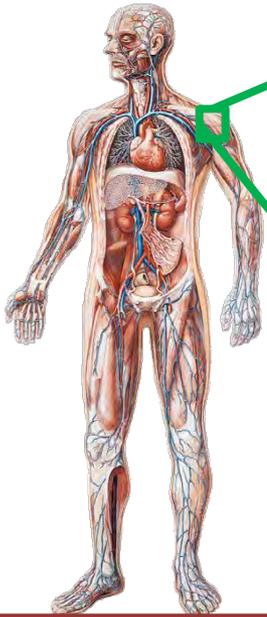
[laurent.amsellem@univ-lille1.fr](mailto:laurent.amsellem@univ-lille1.fr)





L'ensemble "Forêt" est formé d'un ensemble important d'espèces végétales et animales (uni ou pluricellulaires)

- Ces espèces ne sont pas retrouvées toutes ensemble dans un autre milieu (**pas dû au hasard**)
- L'ensemble est **structuré spatialement**
- L'ensemble est "**reconnaissable**" pour être nommé "Forêt"
- L'agencement spatial dépend des **conditions physico-chimiques** (ex: climat, sol, ...)
- Structure modifiable à court terme dans le temps (**cycle saisonnier**)
- A plus long terme, la structure **se maintient** malgré la mort de ses éléments



Organe ou tissu = "collection" de cellules plus ou moins spécialisées

Cellule = "collection" d'organites dont chacun a un rôle précis

Etre vivant = "collection" d'organes (cerveau, cœur, poumons, ...) qui ne sont pas anarchiquement disposés  
 → Relations et contrôles qui assurent l'intégrité de l'ensemble (contrôles endocriniens, pression osmotique, débit cardiaque, ...)

**Propriétés communes peuvent être mises en évidence...**

Pour un "ensemble" vivant d'une échelle supérieure à l'organisme, cette **succession d'échelles croissantes est-elle valable et peut-elle être complétée?**

- Quels sont les éléments constitutants?
- Comment cet ensemble se forme-t-il?
- Quels sont les flux d'**information** / **énergie** / **matière**?

# Les regroupements hiérarchiques

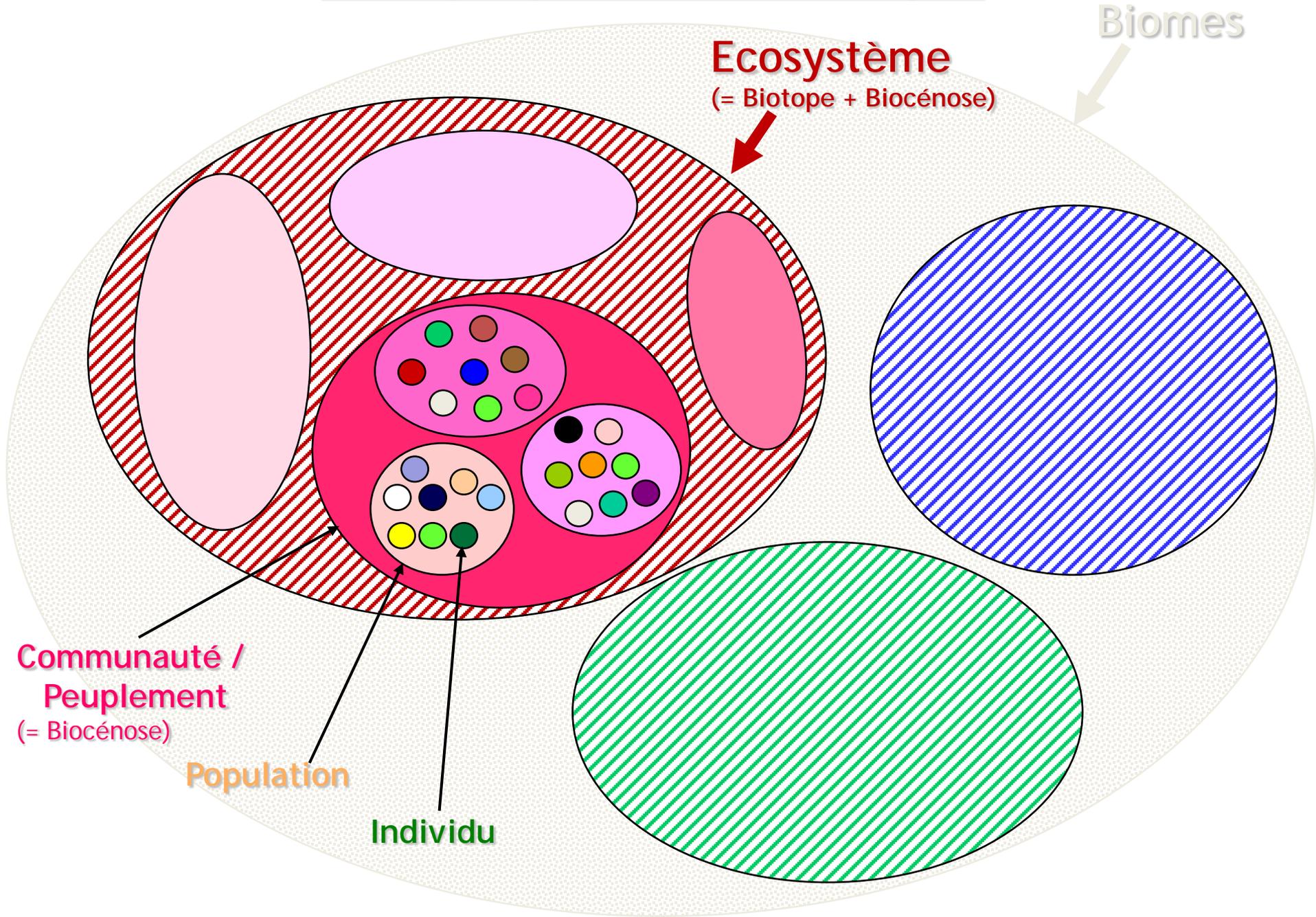
Biomes

**Ecosystème**  
(= Biotope + Biocénose)

**Communauté /  
Peuplement**  
(= Biocénose)

**Population**

**Individu**



# Émergence d'un concept nouveau : l'écosystème

Auparavant :

- Jusqu'au milieu du 18<sup>ème</sup> siècle : Grandes expéditions géographiques et cartographiques (connaissance des Océans et Terres lointains)
- **18-19<sup>ème</sup> siècle** : zoologie & botanique étaient essentiellement descriptives (**grandes expéditions naturalistes**)
  - Louis Antoine de Bougainville : 1<sup>er</sup> voyage (1766-69) avec un botaniste à bord, Philibert Commerson
  - James Cook quitte l'Angleterre (1771) avec à son bord un botaniste et un naturaliste

➔ **Le nombre d'espèces décrites augmente considérablement à cette époque!**

- **19<sup>ème</sup> siècle** : **Approche pas uniquement taxonomique, mais ébauche "géographique" est tentée** :
  - A. von Humboldt : essai sur la géographie des plantes (1807). **Paramètres physiques** proposés pour expliquer la répartition des plantes (lumière, température, nature du sol, ...) = 1<sup>ère</sup> notion d'**"association végétale"**
  - A. P. de Candolle : idées similaires = "*stations*" ("milieux d'eaux douces stagnantes") & "*habitation*" (Alpes, Europe) = 1<sup>ère</sup> notion de **compétition inter-spécifique** pour expliquer les répartitions d'espèces
  - A. P. de Griesbach : "*La végétation du globe d'après sa disposition suivant les climats*" (1872)
    - ➔ Les **climats sont le principal facteur de répartition** des formations végétales

**La description d'espèces nouvelles n'est plus uniquement un simple "catalogue"**

Désormais, approches :

- ➔ **écologique** (paramètres abiotiques locaux qui expliquent la présence des espèces)
- ➔ **biogéographique** (paramètres abiotiques à plus large échelle spatiale : climats, précipitations, etc.)

## Ecologie = "Science de l'Habitat"

"Etude des **interactions entre les organismes et leur environnement**, et dont C. Darwin se réfère dans l'expression "les conditions de la lutte pour la survie" ("Struggle for life") (E. Haeckel, 1870)

Elle essaie d'expliquer **la répartition et l'abondance des organismes**



L'écologie (au sens scientifique) n'est pas (seulement) "l'impact de l'Homme sur l'environnement" ; la protection des baleines ou des phoques n'est qu'une application (parmi d'autres) de cette discipline!!  
Attention donc avec la dérive politique de ce terme : "Ecologue" : scientifique ; "Ecologiste" : politique

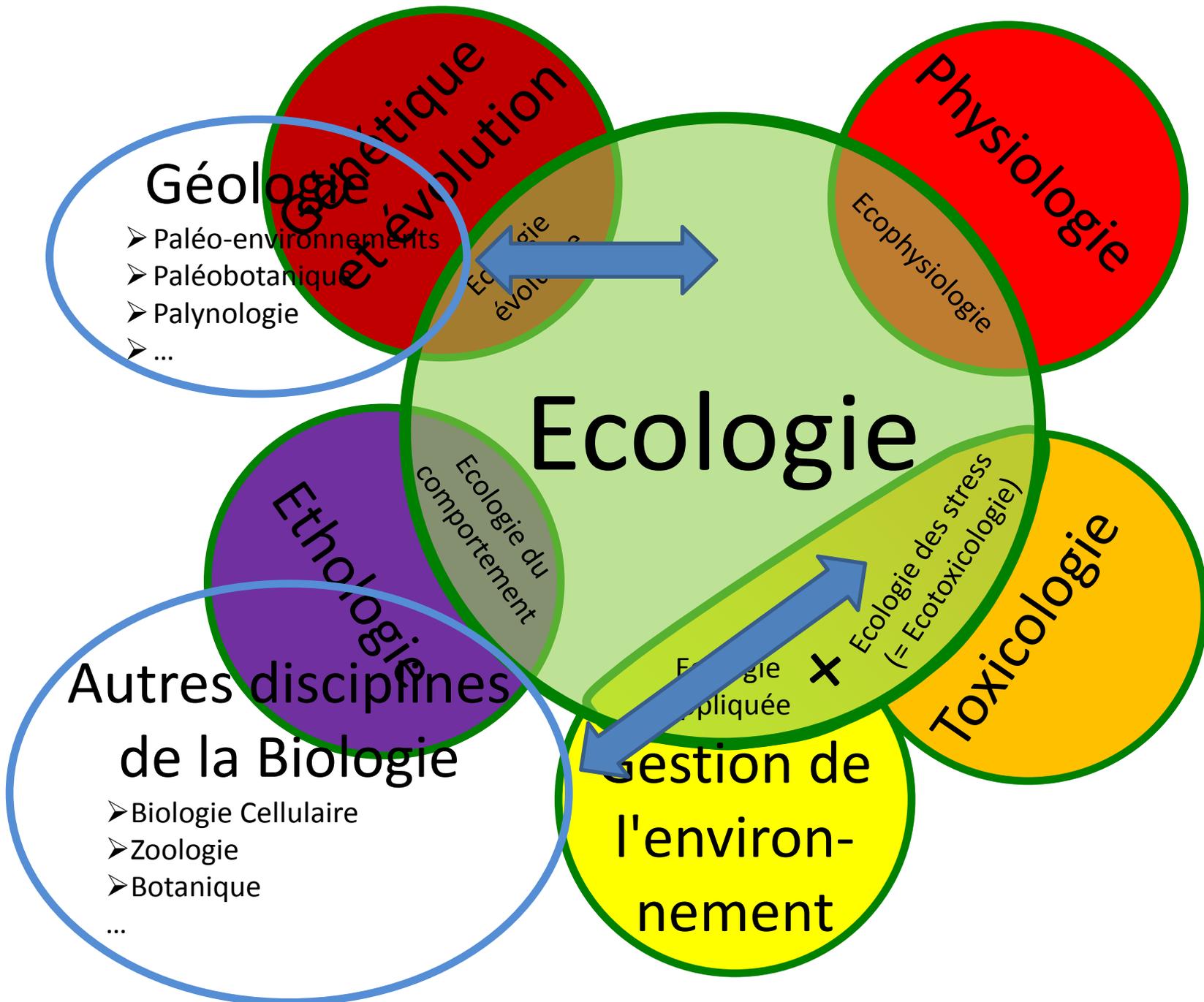
### L'écologie est une discipline centrale en Biologie

Elle fait appel à plusieurs autres disciplines : chimie, géologie, physique, mathématiques

...

Les questions écologiques sont indissociables d'autres domaines de la Biologie, dont :

- la génétique
- l'évolution
- l'éthologie
- la physiologie
- ...



<u>Intervenant(s)</u>	<u>Domaine</u>	<u>Titre et description</u>	<u>Mots-clés</u>	<u>Disciplines connexes</u>
M. Delsaut	Ecologie du comportement	<p>Cours : <b><u>Ethologie</u></b> (2 séances)            Découvrir cette discipline par la présentation de deux problèmes actuels (techniques et mode de raisonnement). Il est fait référence aux processus évolutifs et aux contraintes environnementales.  <u>TD</u> : Faire apparaître les capacités d'adaptation d'une espèce au travers de la liaison forte entre les contraintes du milieu et les réponses comportementales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportement animal</li> <li>- Processus évolutif</li> <li>- Adaptation</li> <li>- Capacités cognitives</li> <li>- Convergence évolutive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecologie</li> <li>- Evolution</li> <li>- Neurophysiologie</li> </ul>
L. Amsellem	Ecologie évolutive	<p>Cours : <b><u>Ecologie évolutive</u></b> (2 séances) ; <b><u>Sélection sexuelle</u></b> (1 séance)            Décrire les concepts théoriques et les facteurs qui régissent l'évolution au travers d'exemples naturalistes et de situations écologiques variées.            Analyser les bases biologiques des coûts et bénéfices de la reproduction chez les deux sexes afin d'expliquer des comportements reproducteurs ou des caractères sexuels qui semblent a priori contradictoires avec la théorie de la Sélection Naturelle.  <u>TD</u> : Etude de documents présentant divers événements de convergence morphologique chez les mammifères en réponse à des contraintes environnementales similaires</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reproduction</li> <li>- Sélection Naturelle</li> <li>- Caractères sexuels II<sup>aires</sup></li> <li>- Sélection intra-sexuelle</li> <li>- Sélection inter-sexuelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecologie</li> <li>- Evolution</li> <li>- Génétique</li> <li>- Biologie moléculaire</li> </ul>
A. Leprêtre	Ecologie des stress	<p>Cours : <b><u>Ecotoxicologie</u></b> (2 séances)            Lien entre écotoxicologie et disciplines connexes. Panorama des principaux polluants et toxiques, typologie des sources de pollution. Effets des substances chimiques toxiques sur les écosystèmes à différents niveaux d'organisation : moléculaire jusqu'au paysage. Notion d'indicateurs écologiques et de biomarqueurs de toxicité.  <u>TD</u> : Etude de 2 cas concrets d'utilisation d'un groupe taxonomique comme indicateur écologique (lichens pour la qualité de l'air, et diatomées pour celle des eaux courantes).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polluants</li> <li>- Toxiques</li> <li>- Biomarqueurs</li> <li>- Indicateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toxicologie</li> <li>- Biochimie</li> <li>- Chimie des milieux</li> <li>- Pédologie</li> <li>- Géologie</li> </ul>
F. Goulard S. Lefèbre	Ecologie	<p>Cours : <b><u>Organisation générale de la Biosphère</u></b> (6 séances)            Présenter à l'échelle globale (macroscopique) les compartiments qui interagissent avec la Biosphère (atmosphère, hydrosphère, sols), et comprendre les relations existantes entre ces différents compartiments. La répartition des êtres vivants à la surface de la planète est ensuite décrite (Biomes), ainsi que les conséquences des modifications environnementales sur cette répartition (notamment les changements climatiques).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biosphère</li> <li>- Hydrosphère</li> <li>- Atmosphère</li> <li>- Biomes</li> <li>- Interactions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pédologie</li> <li>- Climatologie</li> <li>- Géologie</li> <li>- Géographie</li> </ul>
M. Chollet	Ecophysiole	<p>Cours : <b><u>Fondements de l'écologie microbienne</u></b> (3 séances)            Objectifs, domaines d'intervention et d'application (illustrés par exemples). Illustration d'interactions entre les micro-organismes et leurs environnements : végétal (symbiose bactéries-plantes) et animal (symbioses au sein du rumen).  <u>TD</u> : Analyse de documents, afin de découvrir des micro-organismes présentant une application écologique telle que la lutte biologique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecologie</li> <li>- Micro-organismes</li> <li>- Environnement</li> <li>- Interactions</li> <li>- Symbiose</li> <li>- Applications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Microbiologie</li> <li>- Biochimie</li> <li>- Ecologie</li> <li>- Biologie Moléculaire</li> <li>- Epidémiologie</li> </ul>
M. Pauwels	Ecologie appliquée	<p>Cours : <b><u>Gestion de l'environnement</u></b> (3 séances) ; <b><u>Agroécosystèmes</u></b> (1 séance)            Donner un aperçu des concepts et des notions relatives au diagnostic écologique des habitats et à leur gestion raisonnée.            Décrire les habitats cultivés comme des écosystèmes à part entière, avec leur caractéristiques et leur mode de fonctionnement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservation</li> <li>- Environnement</li> <li>- Gestion</li> <li>- Restauration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Environnement</li> <li>- Bureau d'étude</li> <li>- Conservation</li> </ul>

Jour	lundi	mardi		mercredi	mercredi	jeudi	jeudi		vendredi	vendredi	
Heure	14h00-15h30	14h00-15h30		10h15-11h45	15h45-17h15	8h30-10h00	15h45-17h15		15h45-17h15	10h15-11h45	
Lieu	SN1-Gosselet	SN1-Bufferon		SN1-Maige	SN1-Gosselet	SN1-Maige	SN1-Bufferon		SN1-Gosselet	SN1-Gosselet	
Section n°	3	1	2	4	5	5	1	2	3	4	
Semaine n°	37	Intro 1		Intro 1	Intro 1	Intro 2	Intro 2		Intro 2	Intro 2	
	38	Ethologie 1	Ethologie 1		Ethologie 1	Ethologie 1	Ecol évol 1	Ecol évol 1		Ecol évol 1	Ecol évol 1
	39	Ethologie 2	Ethologie 2		Ethologie 2	Ethologie 2	Ecol évol 2	Ecol évol 2		Ecol évol 2	Ecol évol 2
	40	Eco microb 1	Eco microb 1		Eco microb 1	Eco microb 1	Biosphère	Biosphère			
	41	Eco microb 2	Eco microb 1		Eco microb 2	Eco microb 2	Biosphère	Biosphère		Biosphère	Biosphère
	42	Eco microb 3	Eco microb 3		Eco microb 3	Eco microb 3	Biosphère	Biosphère		Biosphère	Biosphère
	43	Ecotox 1	Ecotox 1		Ecotox 1	Ecotox 1					
	44						Sél sexuelle	Sél sexuelle		Sél sexuelle	Sél sexuelle
	45	Ecotox 2	Ecotox 2		Ecotox 2	Ecotox 2	Biosphère	Biosphère			
	46	Ecol appli 1	Ecol appli 1		Ecol appli 1	Ecol appli 1	Biosphère	Biosphère		Biosphère	Biosphère
	47	Ecol appli 2	Ecol appli 2		Ecol appli 2	Ecol appli 2	Biosphère	Biosphère		Biosphère	Biosphère
	48	Ecol appli 3	Ecol appli 3		Ecol appli 3	Ecol appli 3				Biosphère	Biosphère
	49	Agro-ecosys	Agro-ecosys		Agro-ecosys	Agro-ecosys				Biosphère	Biosphère
50											

Introduction (L. Amsellem)
Ecologie comportementale (M. Delsaut)
Ecologie évolutive (L. Amsellem)
Ecologie microbienne (M. Chollet)
Organisation générale de la Biosphère (F. Goulard, S. Lefèbvre)
Ecotoxicologie (A. Leprêtre)
Sélection sexuelle (L. Amsellem)
Ecologie appliquée (M. Pauwels)
Agro-ecosystème (M. Pauwels)

## Contrôle des connaissances

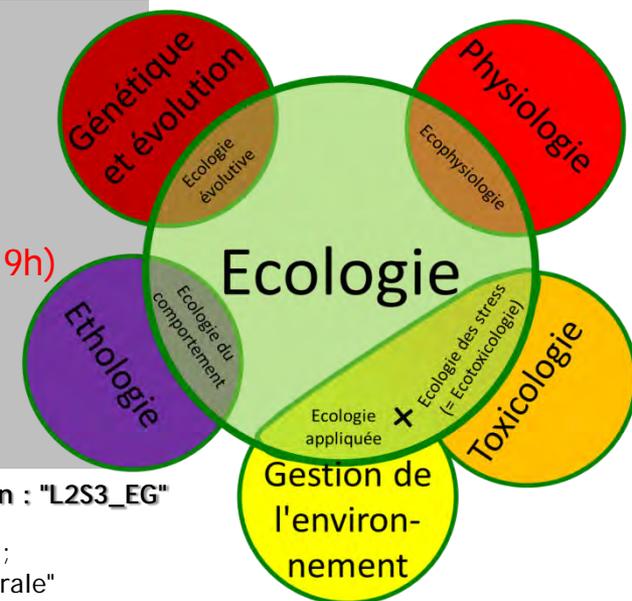
- Session 1** : 2 épreuves :
  - 1 contrôle continu (1h ; 25%) Samedi 19/11 : Uniquement cours  
 → **Absence à cette épreuve = passage de la session 2**
  - Contrôle final (2h ; 75%) : Ensemble des cours (25%) et TD (50%)
- Session 2** :  
 Une seule épreuve (100%) : Ensemble des cours et TD

Responsable du module : S. Demuynck, Bâtiment SN3 ; sylvain.demuynck@univ-lille1.fr

Equipe pédagogique : - L. Amsellem ; Bâtiment SN2, bureau 104 ; laurent.amsellem@univ-lille1.fr  
- S. Lefèbvre ; Station Marine de Wimereux ; sebastien.lefebvre@univ-lille1.f

### Cours Magistraux # : 33h (= 22 cours de 1h30)

- Introduction\* (L. Amsellem, 2 cours ; 3h)
- **Ecologie comportementale / éthologie** (M. Delsaut, 2 cours ; 3h)
- **Ecologie évolutive\*** (L. Amsellem, 2 cours ; 3h)
- **Ecotoxicologie** (A. Leprêtre, 2 cours ; 3h)
- **Organisation générale de la Biosphère** (F. Goulard, S. Lefèbvre, 6 cours, 9h)
- **Ecologie microbienne** (M. Cholet, 3 cours ; 4h30)
- **Sélection sexuelle\*** (L. Amsellem, 1 cours ; 1h30)
- **Ecologie appliquée\*** (M. Pauwels, 3 cours ; 4h30)
- **Agro-écosystèmes\*** (M. Pauwels, 1 cours ; 1h30)



# Les cours et polys de TD sont téléchargeables sur Moodle ; "L2S3 Ecologie générale", clé d'inscription : "L2S3\_EG"

\* Les cours de L. Amsellem et M. Pauwels seront également téléchargeables sur <http://gepv.univ-lille1.fr> ; Menu "Ressources pédagogiques" (à gauche) ; sous-menu "Licence 2 - semestre 3" ; Module "Ecologie Générale"

### Travaux Dirigés : 18h (= 9 TD de 2h)



**Les photocopies de TD sont à télécharger# et à imprimer par vos soins, avant les séances concernées!**  
**Pensez à consulter régulièrement vos boîtes email de l'Université pour vous tenir informés des nouveaux dépôts de documents!**

- **Ecologie évolutive** : "Les conditions écologiques qui mènent aux convergences évolutives"
- **Organisation générale de la Biosphère**
  - Séance 1 : "Impact de l'Homme sur les écosystèmes: étude de cas"
  - Séance 2 : "Etude pratique d'un écosystème forestier"
- **Ecologie comportementale / éthologie** : "L'écologie du comportement social des chimpanzés"
- **Ecologie microbienne** : "Les bactéries promotrices de la croissance des plantes"
- **Ecotoxicologie**
  - Séance 1 : "Les diatomées: indicateurs écologiques de la qualité des eaux de surface continentales"
  - Séance 2 : "Les associations lichéniques pour l'évaluation de la qualité de l'air"
- **Rhizosphère** : "Ecologie et fonctionnement de la rhizosphère"
- **Paléo-écologie** : Reconstitution des communautés de foraminifères depuis des données fossiles

L  
I  
C  
E  
N  
C  
E

Licence - S3



Licence BOP - S4  
*("Biologie des Organismes et des Populations")*

Licence BOP - S5

Licence BOP - S6



M  
A  
S  
T  
E  
R

Master 1 Ecologie - S1

Master 1 Ecologie - S2

Master 2 Ecologie - S3  
*"Gestion et Evolution de la Biodiversité" (GEB)*

Master 2 Ecologie - S3  
*"Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes Marins" (FOGEM)*

Master 2 Ecologie - S4  
(→ *Stage long*)

**Plus d'informations sur le Master Ecologie :**  
***<http://master-ecologie.univ-lille1.fr>***

# L'étude de la répartition et l'abondance des organismes comporte 4 niveaux



## Individu (Unité de la Sélection Naturelle)

**Survie & reproduction** : L'**aut(o)écologie** ou **écophysiologie** se penche sur les aspects physiologiques, morphologiques et comportementaux des réactions d'un organisme aux conditions physicochimiques de son milieu

Au final : limites de tolérance des organismes aux stress écologiques déterminent où ils peuvent vivre



## Population (Unité de l'Evolution)

= Groupe d'individus de la même espèce, vivant dans une aire géographique donnée à un moment précis

**Dynamique des Populations** : La "**Démécologie**" ou **écologie des populations** étudie principalement les facteurs qui influent sur la **taille et la composition des populations** (sexe-ratio, classes d'âges, ...)



## Communauté (= peuplement)

= Tous les organismes qui habitent dans une aire donnée ; assemblage de populations de différentes espèces

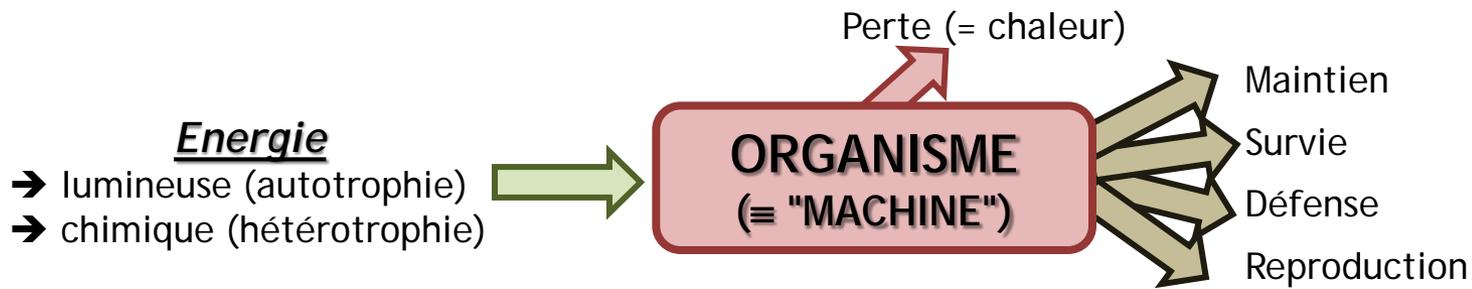
**Biologie des communautés** : étudie les effets des **interactions entre organismes sur la structure et l'organisation de l'ensemble**



## Ecosystème

= Ensemble formé par les facteurs abiotiques et par la communauté d'une aire donnée  
A ce niveau sont étudiés le **flux d'énergie** et les **cycles biogéochimiques**

# Les paramètres qui agissent sur l'individu



## Ressources (= LIMITÉES : dans le temps et / ou l'espace)

- Eau, oxygène
- [Energie solaire + nutriments + CO<sub>2</sub>] ou nourriture
- Espace

→ A maximiser de façon équilibrée  
(→ Compétitions inter et intraspécifique)  
Répartition sous forme de compromis ("*trade-off*")

## Conditions abiotiques

- Température
- Humidité
- pH, salinité



Valeurs minimale, optimale, et maximale

Polluants



Valeur maximale

## Conditions biotiques

- Compétiteurs
- Prédateurs ou herbivores
- Parasites et pathogènes



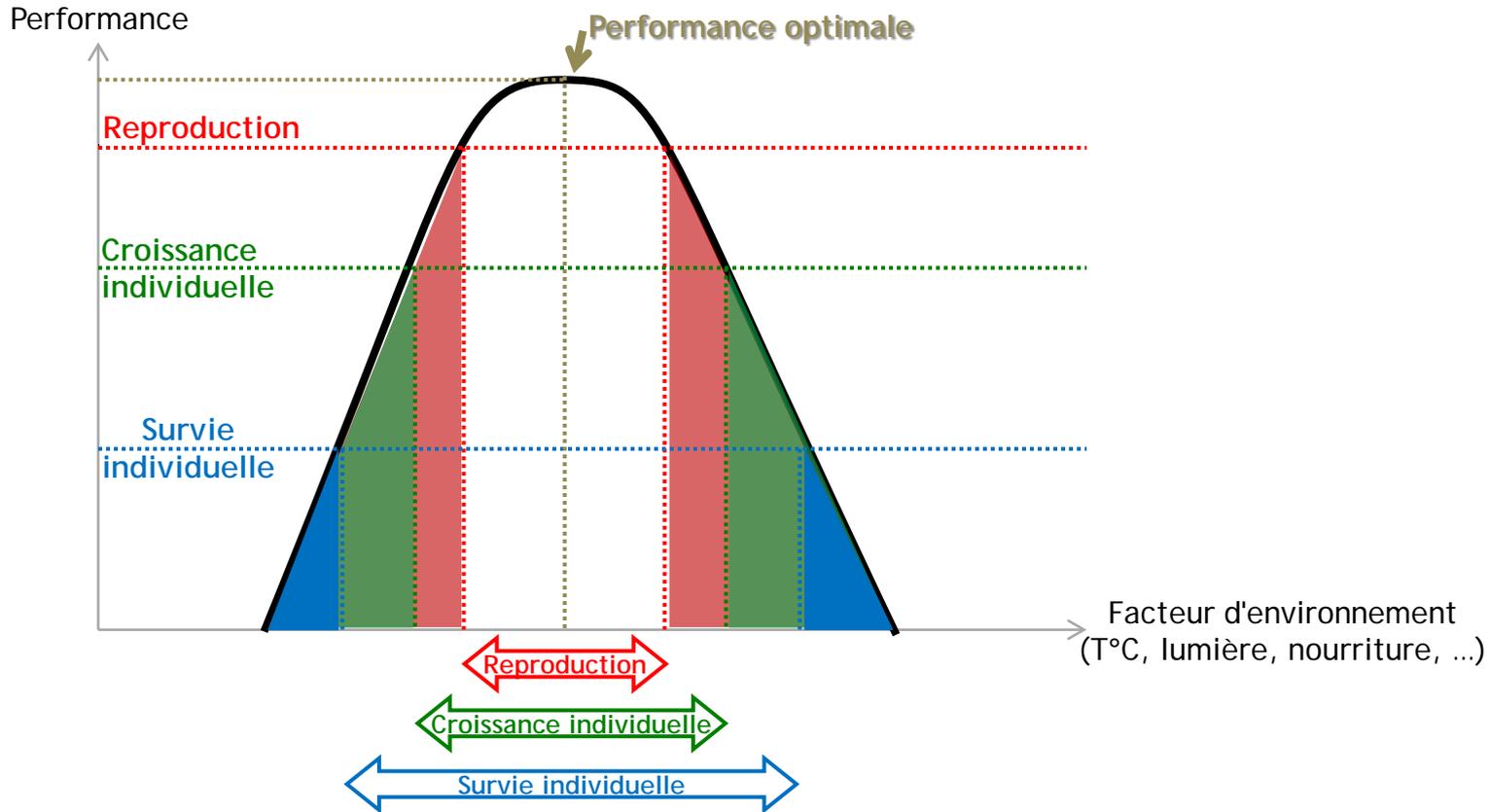
Influence à minimiser

Mutualistes



Influence à maximiser

## Conditions abiotiques : Optimum écologique ou physiologique



Résistance = éviter ou tolérer le facteur environnemental ou les fluctuations de ce facteur

**Evitement ("avoidance") = lié à la mobilité des organismes**

- Très mobiles : migrations saisonnières  
→ oiseaux migrateurs
- Peu mobiles : période de stress sous une forme physiologiquement peu active  
→ œufs, spores, graines, rhizome, ...

**Tolérance ("tolerance")**

Le métabolisme est changé par le facteur, mais pas dérégulé  
→ résistance au sel [NaCl]

## Concepts de niche fondamentale / niche réalisée

### **Niche fondamentale (théorique) :**

Tous les paramètres physico-chimiques qui autorisent l'existence d'une espèce donnée à un endroit précis (T°C, précipitations, nature du sol, fréquence des perturbations, salinité, intensité lumineuse, ...)

**Niche réalisée** = niche fondamentale - restrictions dues aux interactions essentiellement biotiques (prédateurs, compétiteurs, pathogènes, ...)



# Etagement vertical de la végétation marine en Atlantique

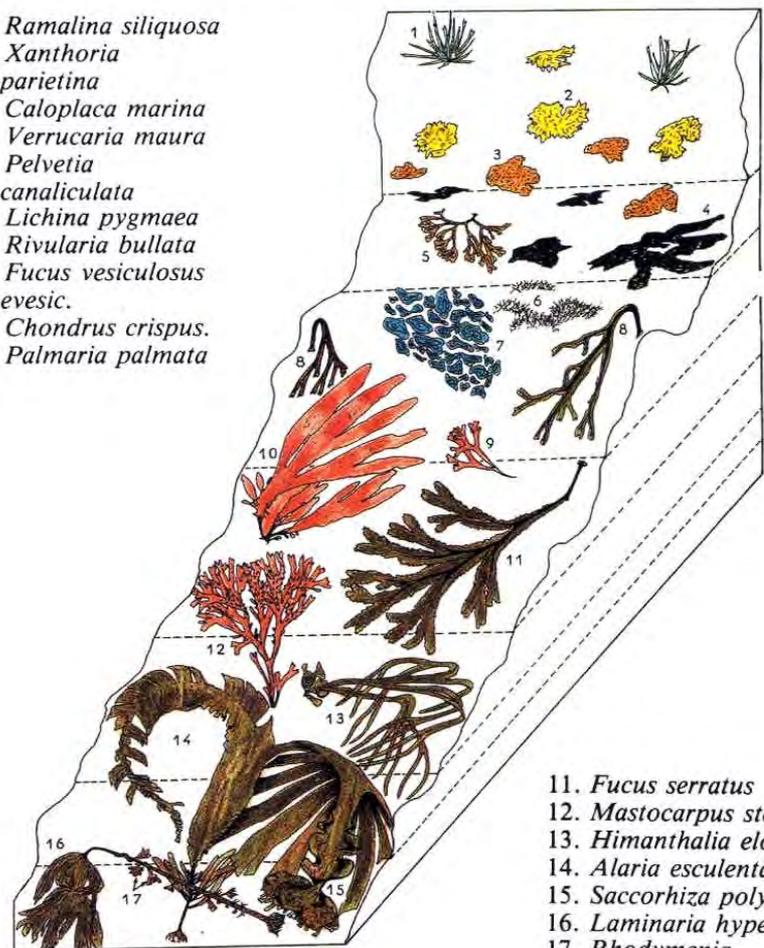
MODE BATTU

FACIES

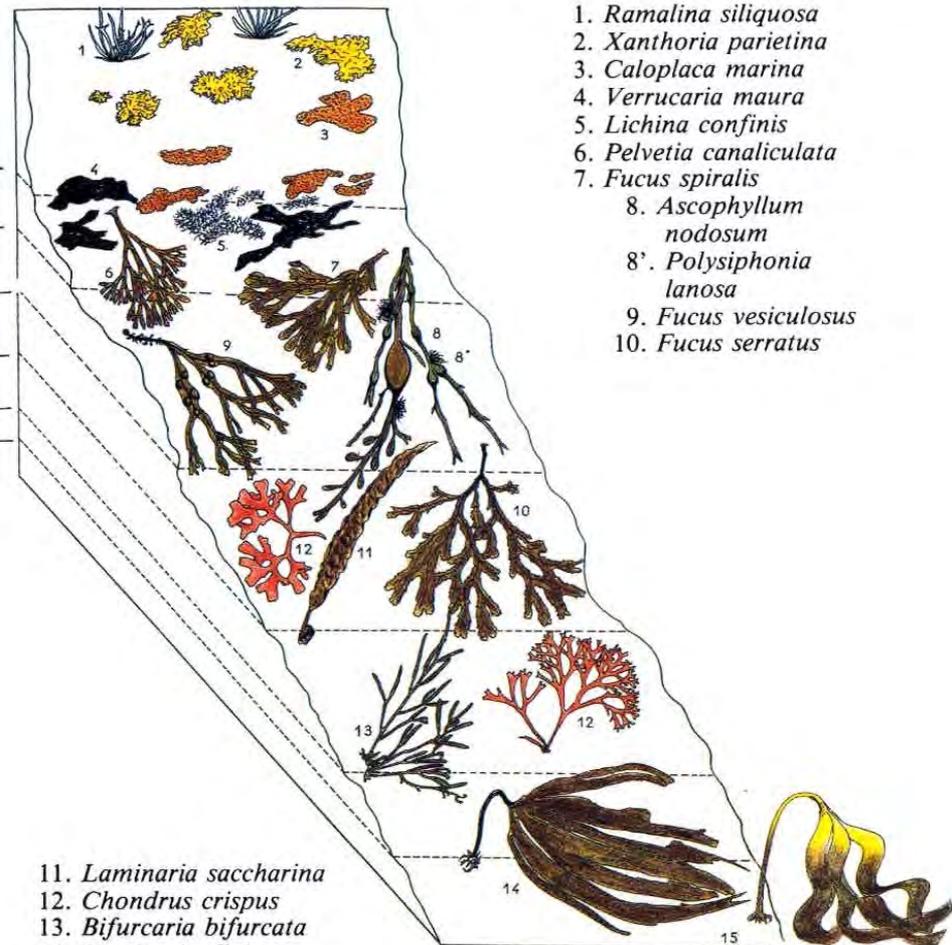
ROCHEUX

MODE ABRITÉ

1. *Ramalina siliquosa*
2. *Xanthoria parietina*
3. *Caloplaca marina*
4. *Verrucaria maura*
5. *Pelvetia canaliculata*
6. *Lichina pygmaea*
7. *Rivularia bullata*
8. *Fucus vesiculosus evesic.*
9. *Chondrus crispus.*
10. *Palmaria palmata*



11. *Fucus serratus*
12. *Mastocarpus stellatus*
13. *Himanthalia elongata*
14. *Alaria esculenta*
15. *Saccorhiza polyschides*
16. *Laminaria hyperborea*
17. *Rhodymenia pseudopalmata.*



1. *Ramalina siliquosa*
2. *Xanthoria parietina*
3. *Caloplaca marina*
4. *Verrucaria maura*
5. *Lichina confinis*
6. *Pelvetia canaliculata*
7. *Fucus spiralis*
8. *Ascophyllum nodosum*
- 8'. *Polysiphonia lanosa*
9. *Fucus vesiculosus*
10. *Fucus serratus*

11. *Laminaria saccharina*
12. *Chondrus crispus*
13. *Bifurcaria bifurcata*
14. *Laminaria digitata*
15. *Laminaria ochroleuca*

## INTERPRETATION DES DIAGRAMMES

PMVE = pleine mer de vive eau. — PMME = pleine mer de morte eau. —  
 BMME = basse mer de morte eau. — BMVE = basse mer de vive eau. — Zéro  
 des cartes = niveau des plus basses mers.

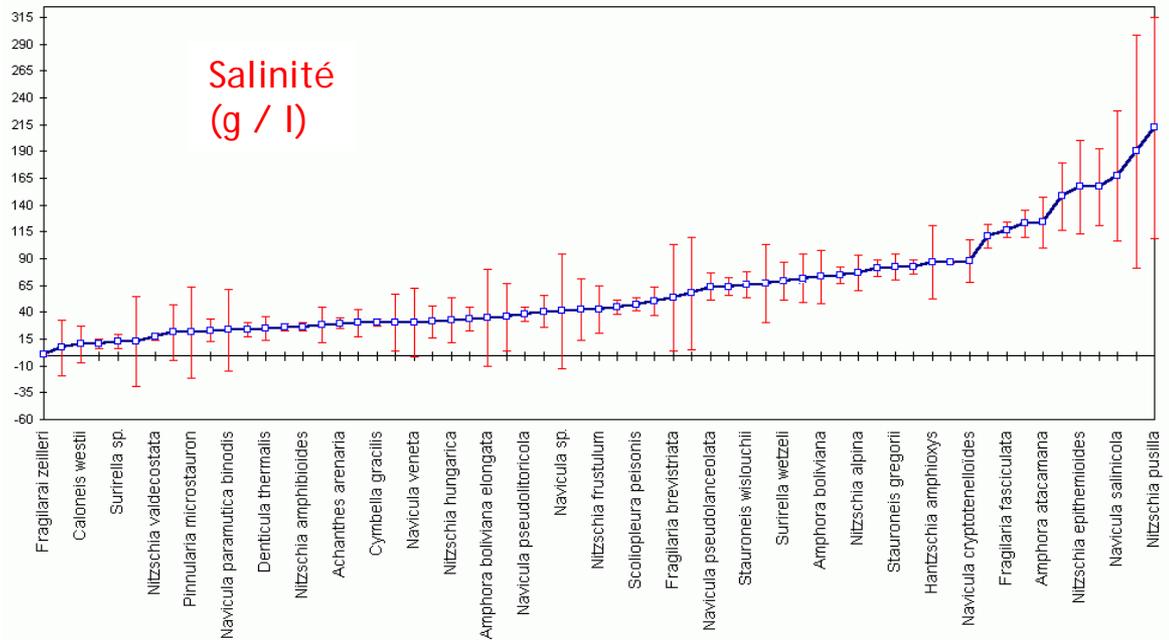
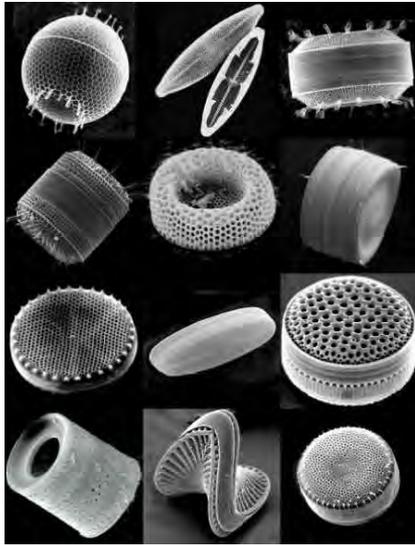
## Paramètres de la zonation intertidale :

- Temps d'émergence (temps à l'air et sous lumière directe)
- Profondeur d'immersion (longueurs d'ondes lumineuses)

### Autre exemple de zonation écologique :

Espèces de diatomées trouvées à l'embouchure des estuaires  
Algues microscopiques brunes unicellulaires constituées d'un squelette siliceux

- Constituant principal du phytoplancton
- Composante majeure du peuplement algal des cours d'eau et des plans d'eau
- 200 genres, plus de 100 000 espèces



## Exemple d'un cas d'étude en écologie



Bernache cravant (*Branta bernicla bernicla*) :

- Oiseau migrateur
- Hiverné surtout sur les côtes anglaises et françaises et sur les Wadden (Pays-bas)
- Estive et se reproduit en Sibérie, sur le littoral de la péninsule de Taimyr



Lieu d'hivernage de la Bernache cravant



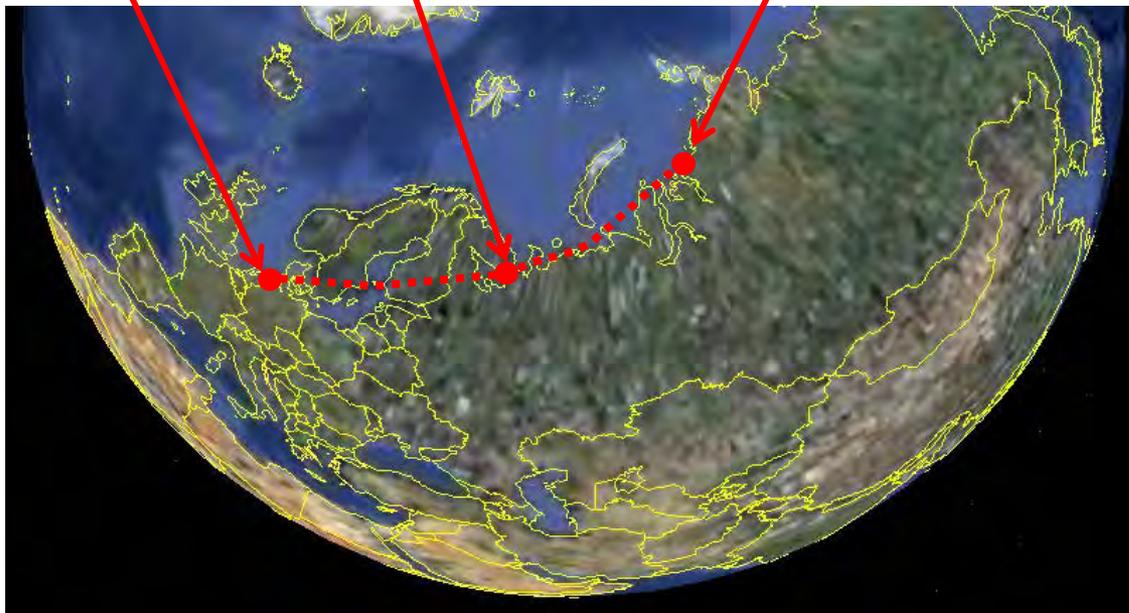
Aspects *écophysiologiques* : **Adaptation au sel**

- Nourriture préférentielle : Zostère (herbacées littorales submergées, répandues dans les mers tempérées)
- Glandes pour l'excrétion de sel (très concentré) au dessus des yeux

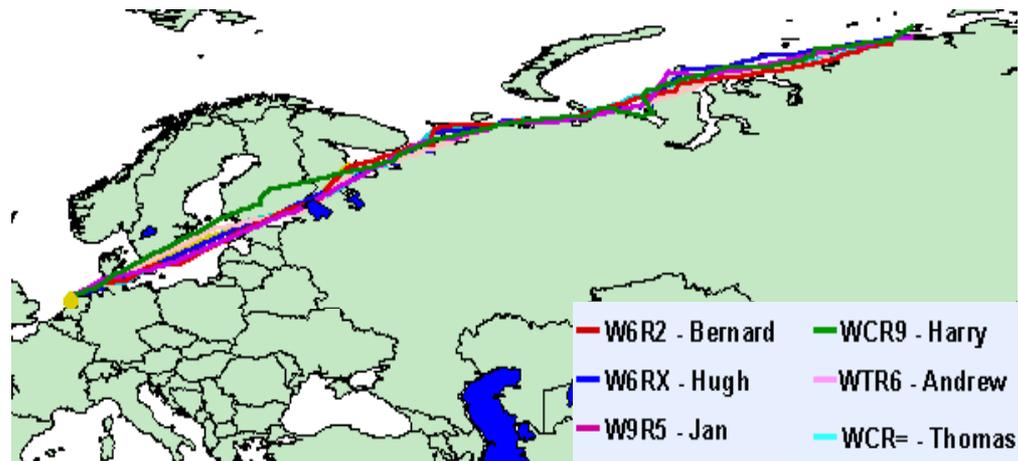
Les Wadden

Mer Blanche  
(arrêt intermédiaire)

Péninsule de Taimyr  
(site d'observation)



*Suivis par radio-tracking de différentes colonies de Bernaches cravant durant leur route migratrice*



## La migration vers la péninsule de Taimyr :

Printemps (≈ mi-mai) : Rassemblement dans les Wadden avant départ en Sibérie

→ **Voyage de 5000 Km** avec un seul arrêt intermédiaire à 2300 Km

→ **Importance de disposer de suffisamment de réserves**



Date et conditions de départ sont primordiales (→ Attendre un vent favorable)

Mais dilemme :

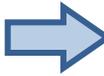
- Trop attendre : Arriver trop tardivement dans le lieu de nidification
- Ne pas assez attendre : épuisement = plus suffisamment d'énergie pour la reproduction

Fenêtre favorable pour s'accoupler, pondre, couvrir et élever les jeunes : **2 mois** (mi-juin à mi-août)

## Aspects populationnels

Les bernaches vivent en groupe (colonies)

Les ressources alimentaires (zostères) sont limitées

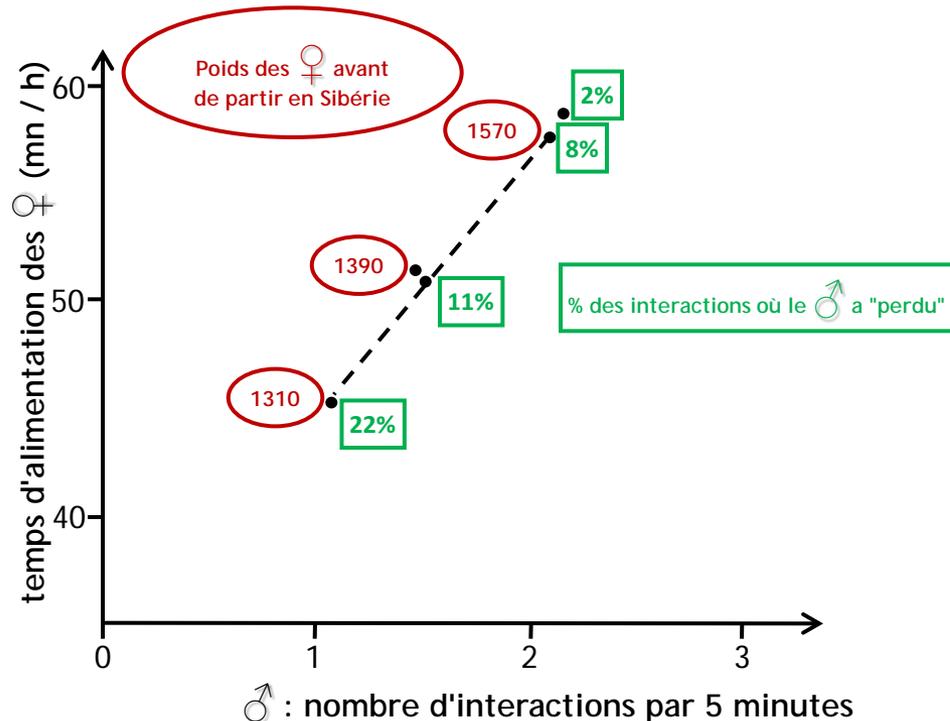


**Compétition (intra-spécifique) entre individus pour les ressources**

→ surtout au printemps (énormes réserves pour migration en Sibérie)

Hiérarchie distincte au sein du groupe

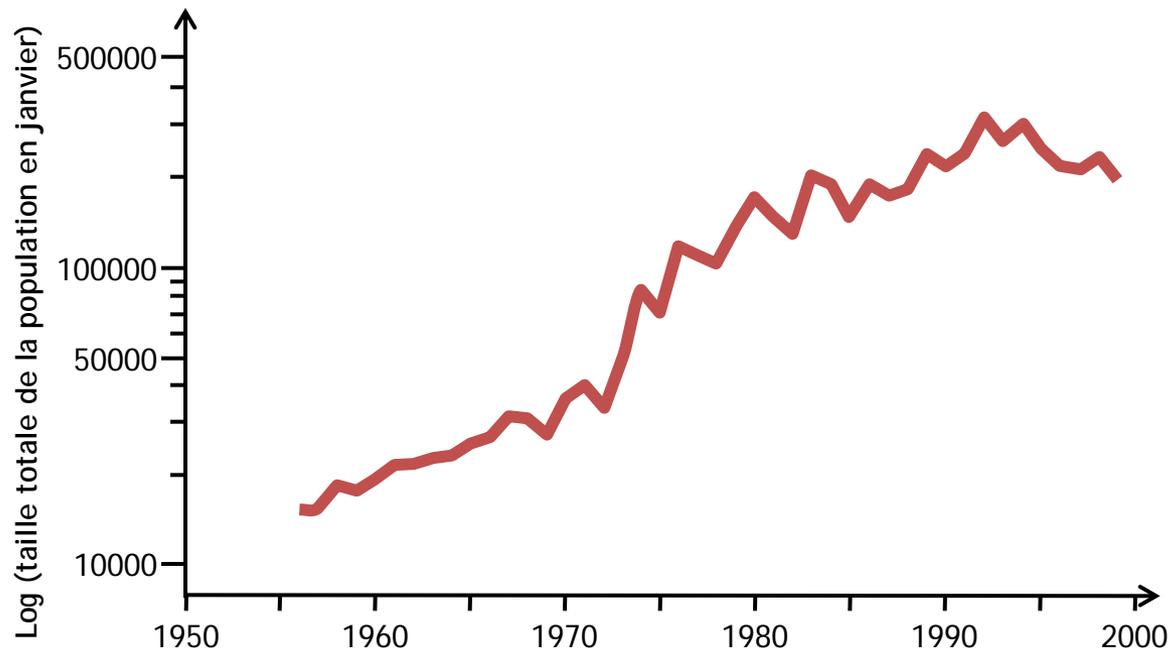
→ temps d'alimentation des femelles ↗ lorsque degré de dominance du partenaire mâle ↗

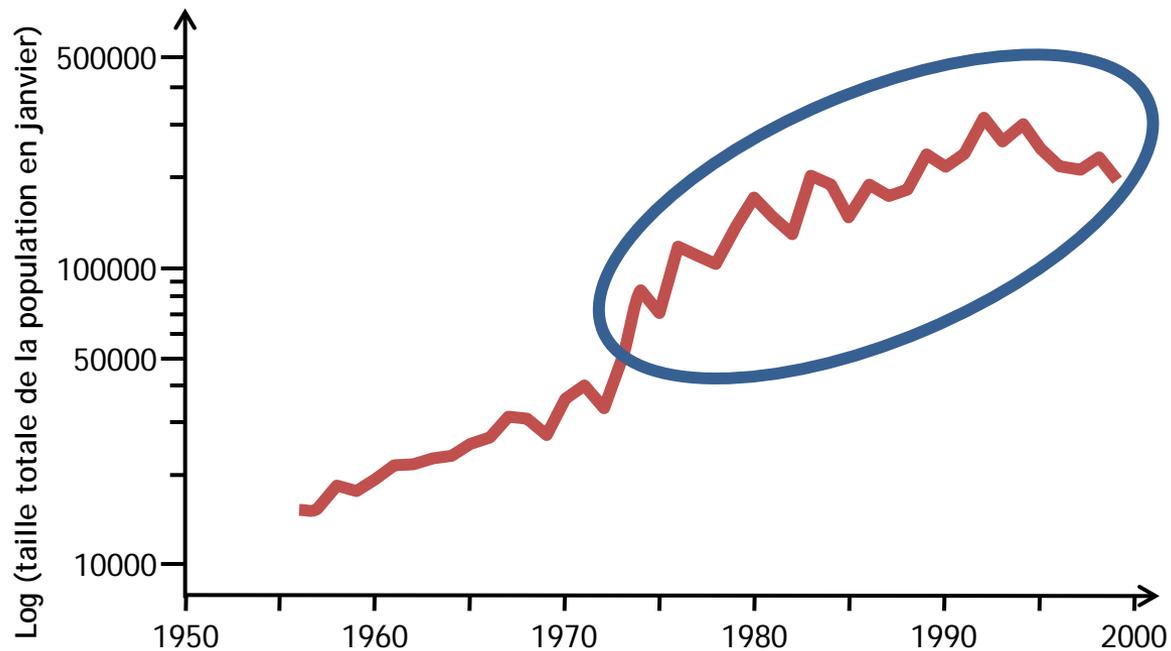


# Dynamiques des populations des bernaches

## Les effectifs des bernaches ont beaucoup changé depuis le début des observations

- Très abondantes au début du 20<sup>ème</sup> siècle (environ 100 000 avant 1930)
- Chute brutale des effectifs dans les années 1930 :
  - Cause directe : attaque des zostères par un champignon (→ **quasi-disparition de leur nourriture préférée**)
  - ➔ Bernache s'est donc **nourrie avec d'autres herbes** de pré-salé et des graminées **cultivées** (céréales, ...)
  - ➔ Devenue un fléau pour les agriculteurs et **une proie pour les chasseurs**
- 16500 en 1950. **Protection** (Pays-Bas 1950 ; Angleterre 1954 ; France 1966 ; Danemark 1972) pour **restaurer les effectifs**
- Actuellement : entre 200 000 et 300 000 individus





Après 1975 (= protection au Danemark et restauration des effectifs) : **Phénomène inattendu!**

### Cycles démographiques de 3 ans :

- Une fois tous les 3 ans il n'y a **quasiment pas de jeunes** parmi les oiseaux qui rentrent de Sibérie
- 2<sup>ème</sup> année : **meilleure, mais variable**
- 3<sup>ème</sup> année : **pic de reproduction** (part des jeunes = **jusqu'à 60%** de la population qui rentre de Sibérie)

**Comment expliquer ce cycle ?**

➔ Il s'avère qu'il est dû à des relations interspécifiques (= **au niveau de la communauté!**)

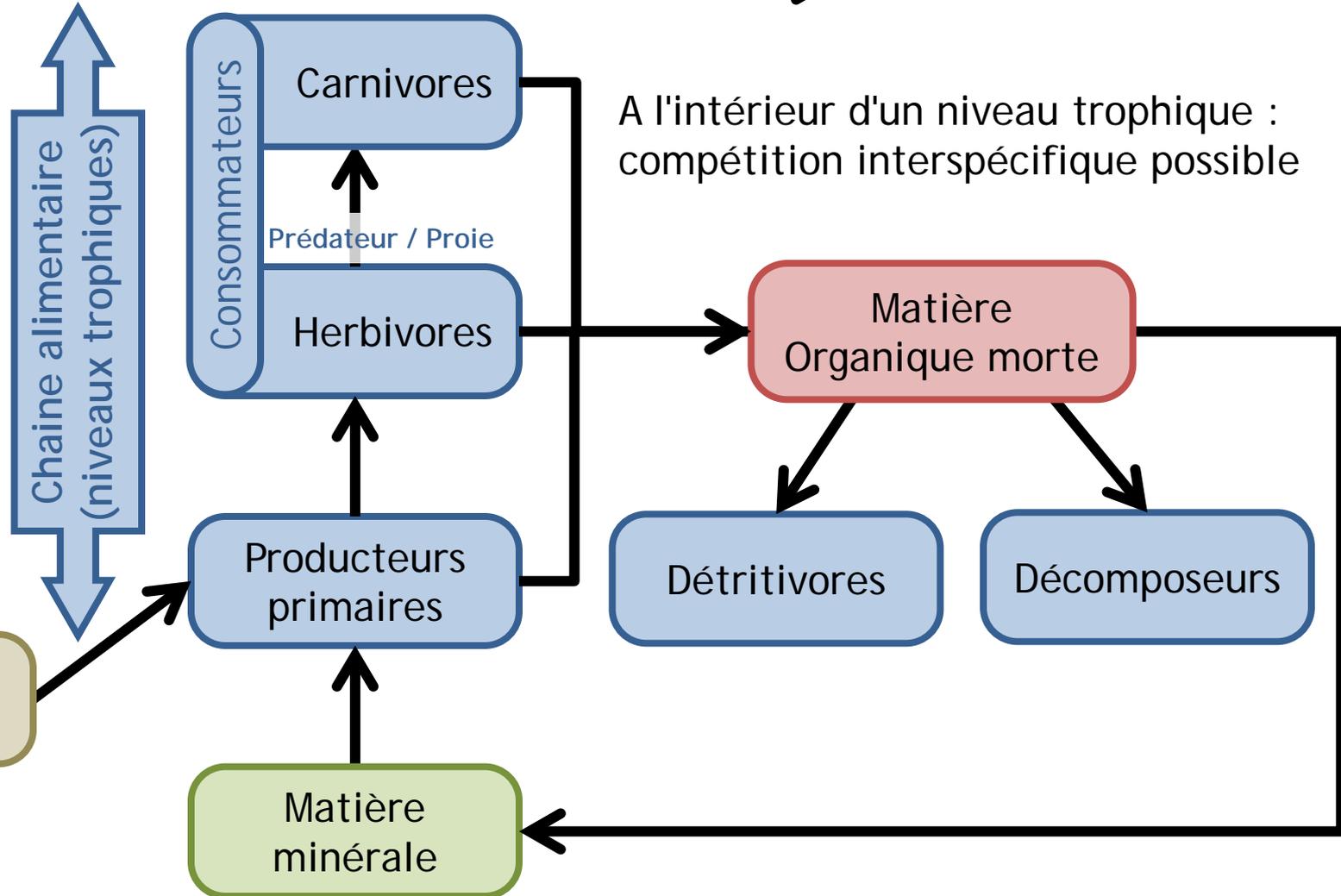
# Organigramme simplifié des relations interspécifiques

*Autres consommateurs :*

- Omnivores
- Parasites
- Pathogènes
- Mutualistes

→ : Transfert de Biomasse

A l'intérieur d'un niveau trophique :  
compétition interspécifique possible



???\n\nCe cycle de 3 ans des bernaches coïncide avec celui des lemmings de Sibérie



Le lemming de Sibérie (*Lemmus sibericus*) est un rongeur de petite taille ( $\approx 15$  cm)

→ Oreilles et queue très courtes

⇒ ↘ surface d'échange avec l'extérieur et les risques de gel (= adaptations au froid)

**La densité des lemmings varie énormément, de manière cyclique**

! Un documentaire de Walt Disney (*Le Désert de l'Arctique*, 1958) montre de manière mensongère des lemmings qui se suicident en masse lorsque leur densité devient trop élevée. Ceci est un mythe, qui a beaucoup marqué les esprits et qui est dur à réfuter par les scientifiques

***Il n'existe aucune relation directe entre les bernaches et les lemmings!***

***Il existe une relation indirecte entre les bernaches et les lemmings!***

➔ **Les prédateurs communs**, dont les plus importants sont :

Le Renard polaire (*Alopex lagopus*)



La Chouette harfang (*Nyctea scandiaca*)



➔ **Comment relier les cycles démographiques des bernaches, des lemmings, et de leurs prédateurs communs?**

# Dynamiques des populations des lemmings

Adaptés à une vie sous la neige (= protection contre les prédateurs)

- Trouvés uniquement en Arctique (neige pendant 8 ou 9 mois / an)
- Malgré basses températures : suffisamment de photosynthèse sous la neige (jours jusqu'à 24h/24h)
  - Nourriture non limitante pour densité de lemmings observée

Plusieurs générations / hiver

- Jeunes fertiles après quelques semaines
- Jusqu'à 3 portées / an chez un adulte (≈ 50 à 200 descendants / an)

Pendant l'été (court) :

Neige fond → deviennent la proie de nombreux prédateurs (Renard polaire, Chouette harfang, Goéland de Taimyr [*Larus taimyrensis*], Buse pattue [*Buteo lagopus*], 3 espèces de Labbe [*Stercorarius pomarinus*, *S. parasiticus*, et *S. longicaudus*])



# Avantages / inconvénients de quelques paramètres pour les bernaches

## Choix alimentaires des prédateurs :

Renard, Harfang, Goéland, Buse, Labbe = **Prédateurs généralistes**

- Inconvénient (Quand peu de lemmings) : prédateurs consomment aussi œufs et jeunes bernaches
- Avantage (Quand beaucoup de lemmings) : bernaches peu attaquées (moins de chances d'être prédatées)

## Lieux de nidification :

❑ Parfois sur le territoire d'un harfang (quand suffisamment de lemmings)

- Avantage : exclus d'autres prédateurs
- Inconvénient : Risque si pas suffisamment de lemmings (→ attaques des bernaches, même adultes)

❑ Parfois au sein d'une colonie de goélands (petites îles autour de la péninsule)

- Avantages :
  - Goélands = indicateurs des îles sans renards après fonte des glaces
  - Protection contre d'autres rapaces
  - Excréments stimulent la croissance de la végétation sur place
- Inconvénient :
  - Goélands peuvent attaquer œufs et jeunes des bernaches

Bernaches & lemmings : prédateurs communs → ✓ Couplage entre leurs cycles démographiques

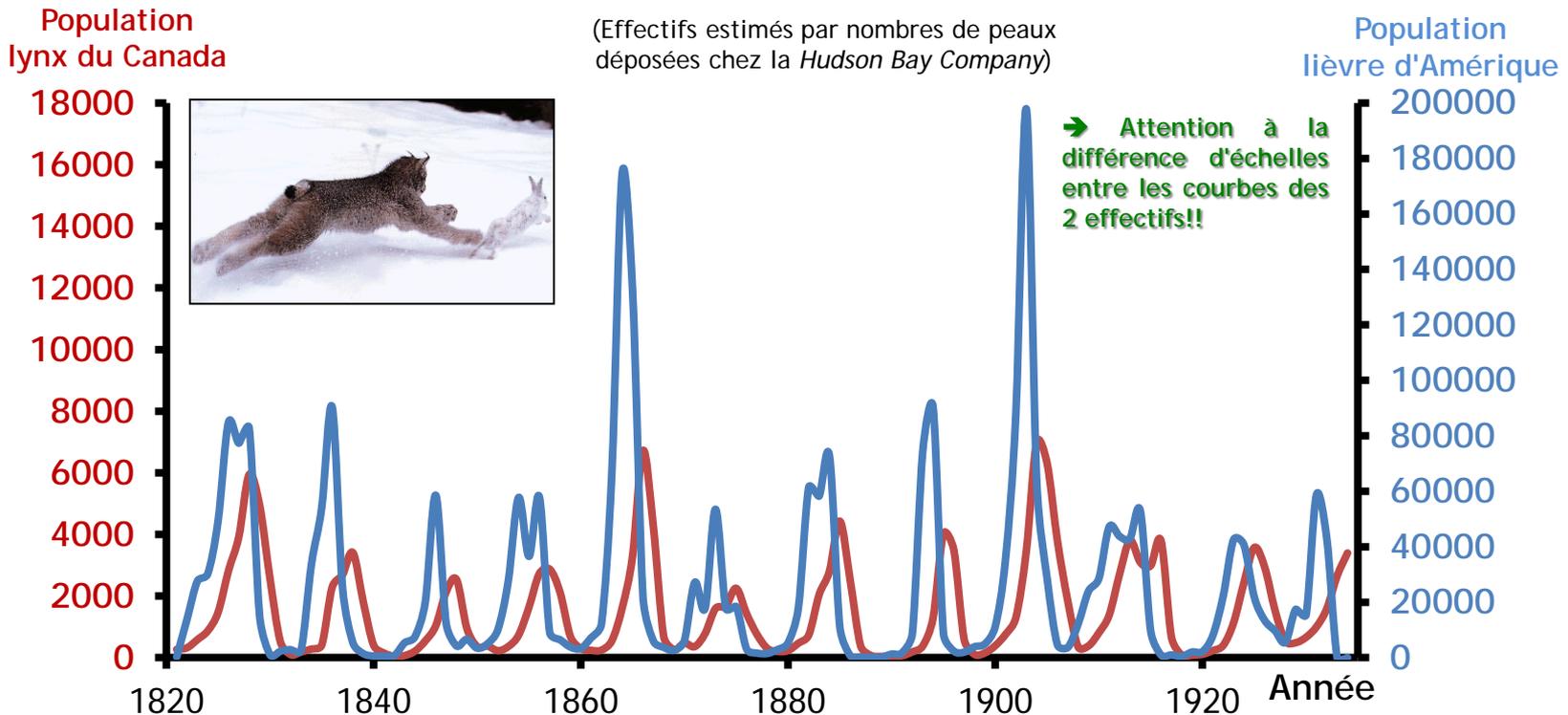
Mais :

**A quoi est dû le cycle des lemmings?**

Pourquoi pas une stabilisation → chaque été = même densité de lemmings / même intensité de prédation?

## Exemple d'un système "prédateur / proie" spécifique

Lynx et lièvre forment un système avec une proie et son prédateur spécifique



Oscillations semblent couplées entre effectifs du lièvre américain et du lynx canadien

Modèle basé sur **oscillations stables** d'une proie et son prédateur spécifique (Lotka & Volterra, 1920's) :  
 $N$  = effectif de la proie ;  $C$  = effectif du prédateur

$$dN/dt = rN - aCN$$

( $C$  a un effet négatif sur  $N$  ;  $N$  a un effet positif sur  $C$ )

$$dC/dt = -qC + faCN$$

- En fait, les oscillations des lièvres sont causées par d'autres causes ; les lynx "suivent" la tendance
- Le modèle n'est pas entièrement juste car est en temps continu mais doit être en temps discret (générations)

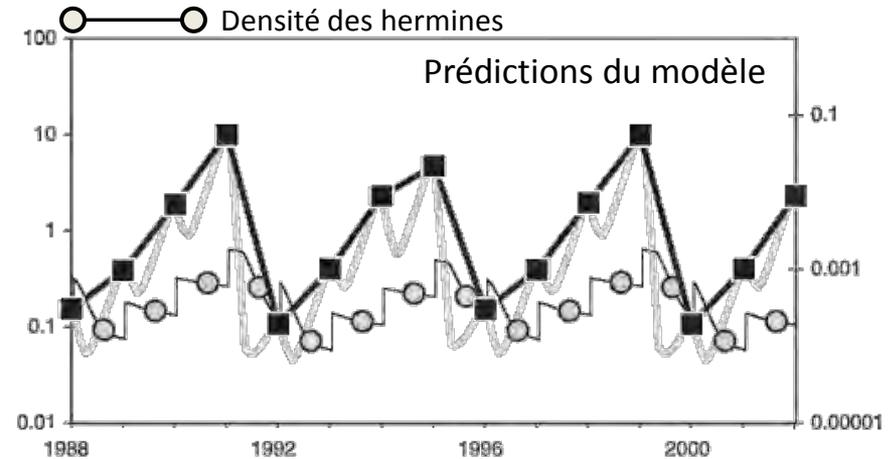
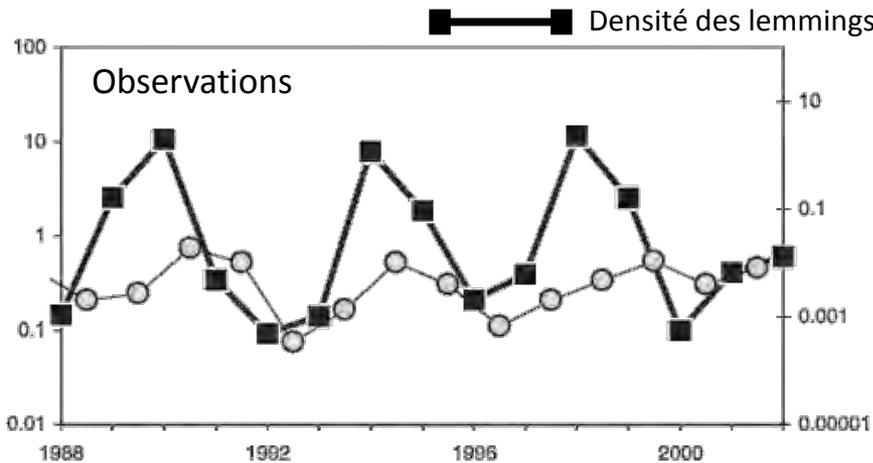
## Exemple d'un système "prédateur / proie" spécifique

Hermine et lemmings au Groenland forment un système avec une proie et son prédateur spécifique



Au Groenland :

- Hermine (*Mustela nivalis nivalis*) : prédateur spécialiste (ne consomme que des lemmings durant toute l'année)
- Prédateurs généralistes n'attaquent les lemmings qu'en été (et uniquement quand sont abondants)



→ Attention à la différence d'échelles entre les courbes des 2 effectifs!!

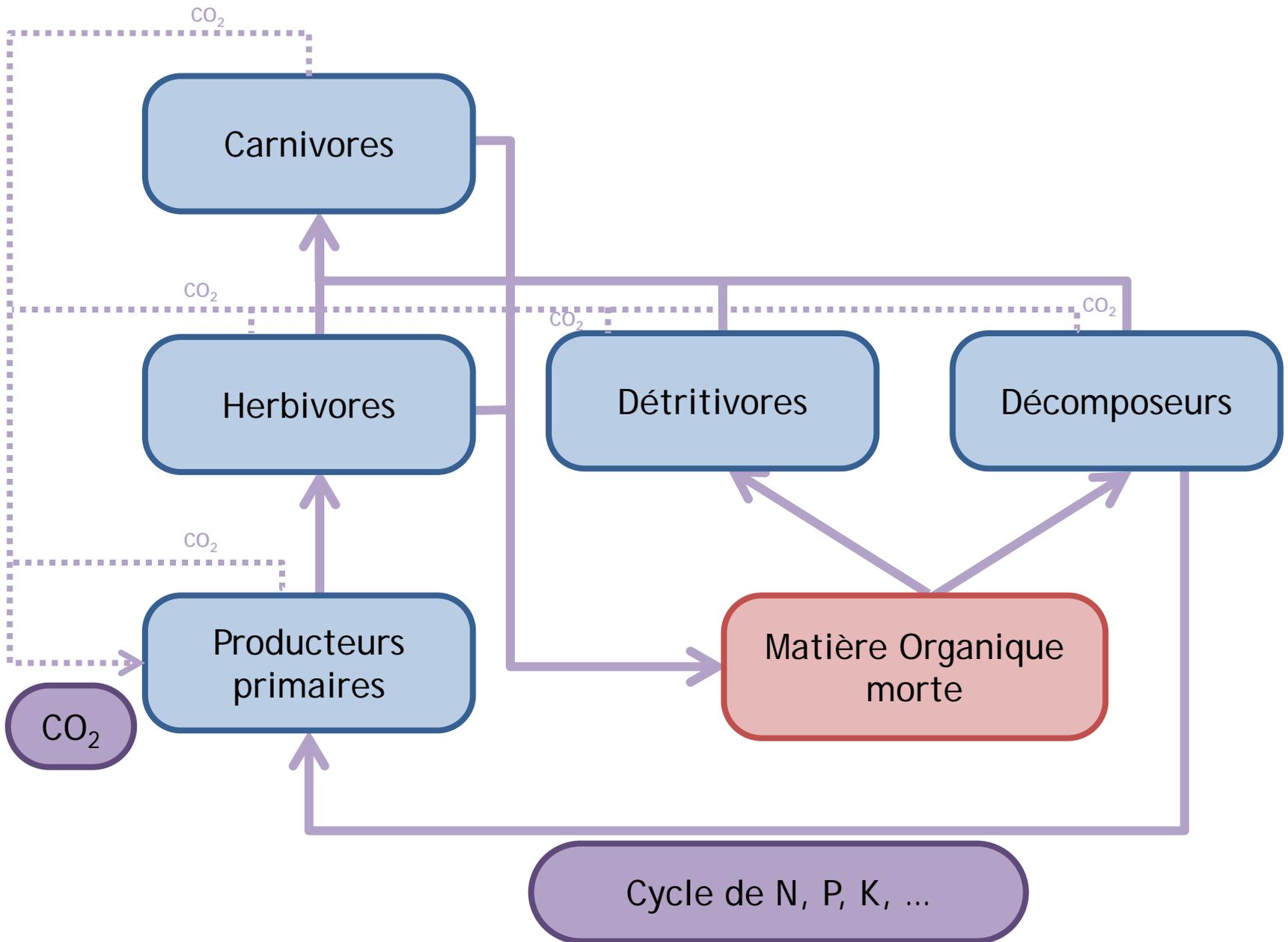
Modèle théorique (basé sur paramètres estimés)  
**prédit quasi exactement** les densités observées des lemmings et hermines

→ Cycle "proie / prédateur" a **théoriquement tendance à se déstabiliser**, sauf si proies limitées par leurs ressources (pas le cas ici)

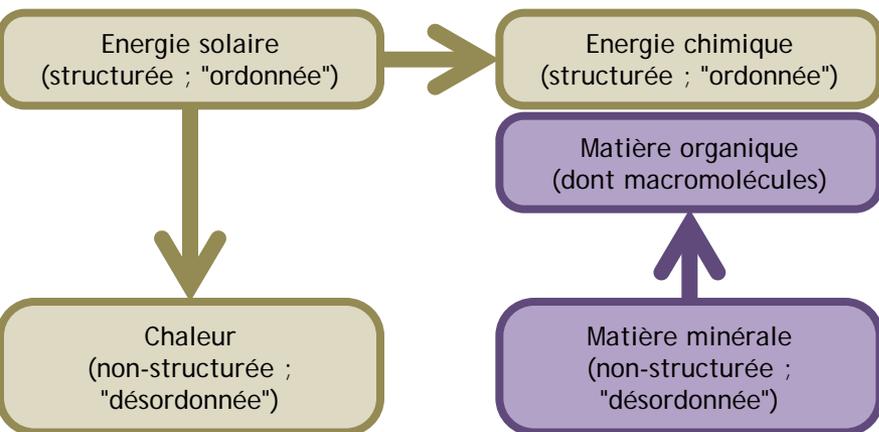
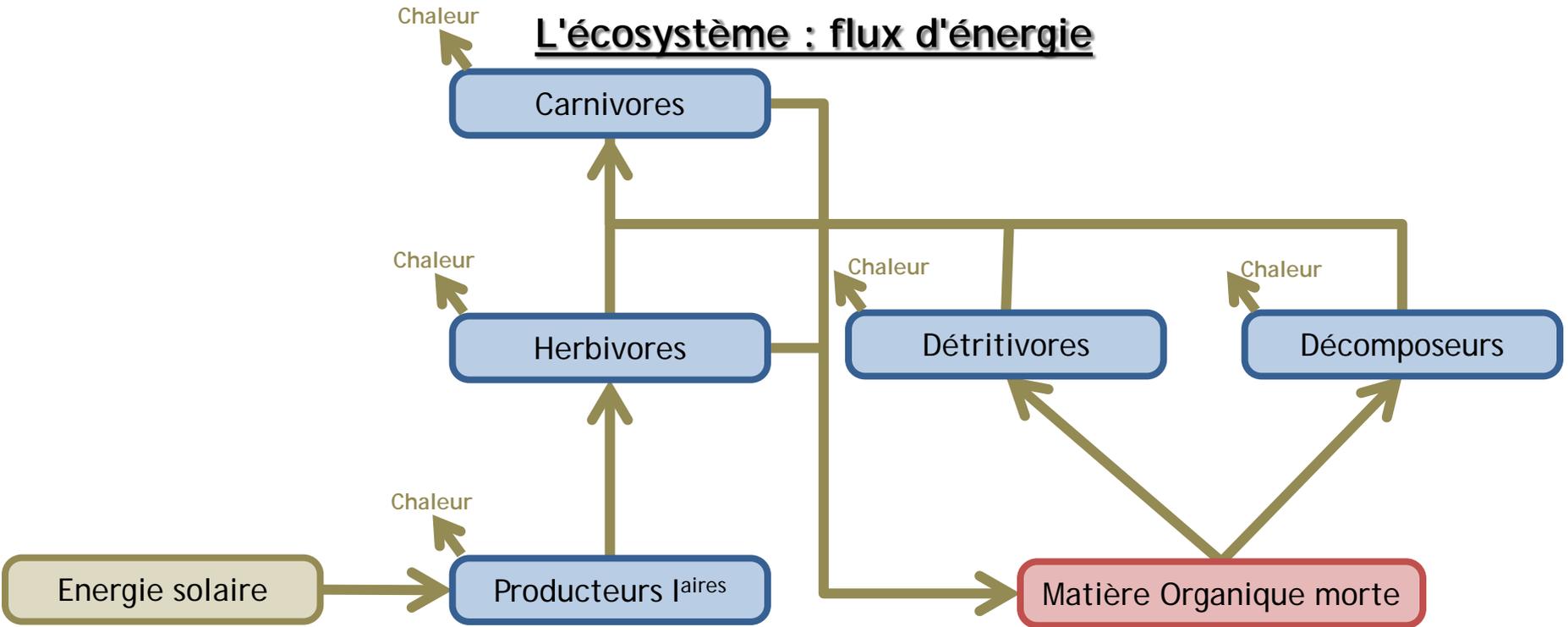
→ Prédateurs généralistes stabilisent le cycle car interviennent uniquement lorsque la densité des lemmings dépasse un certain seuil (↗ probabilité de choix)



# Le cycle de la matière



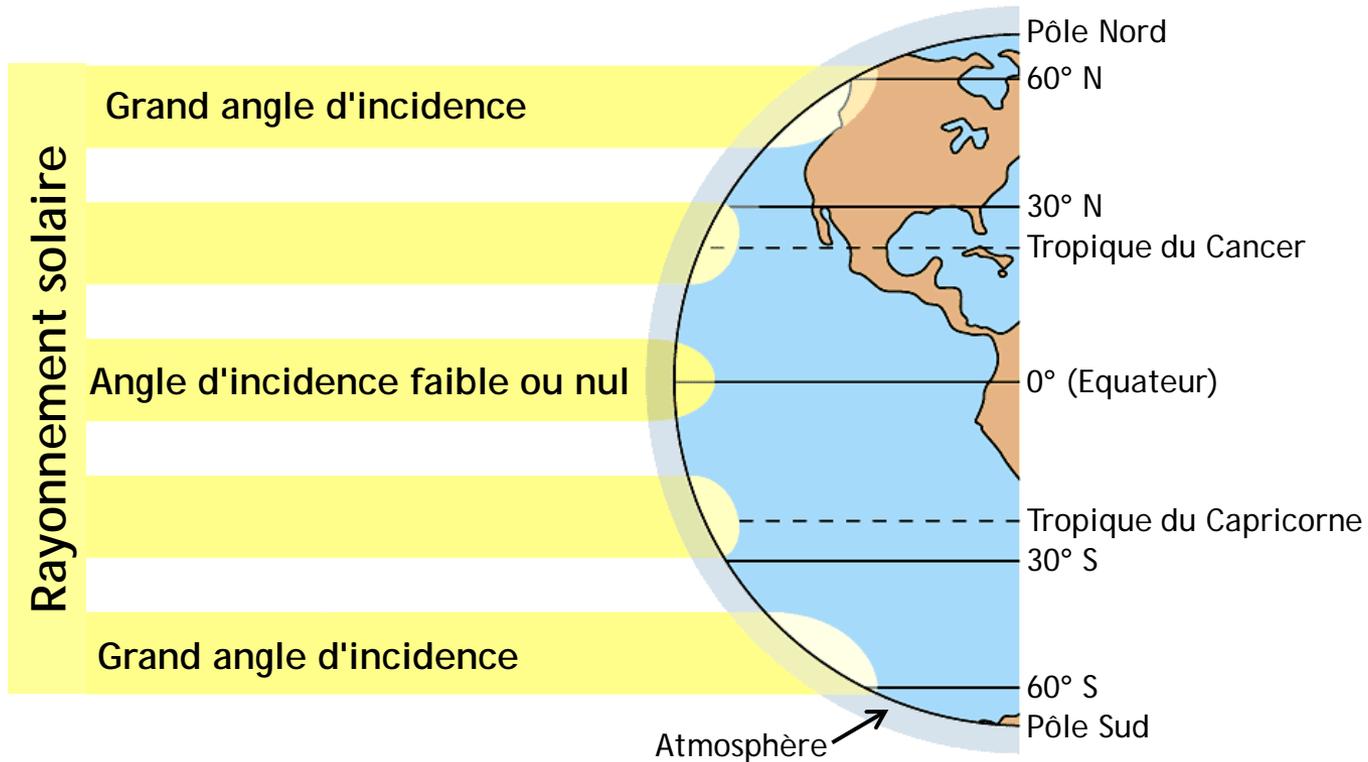
# L'écosystème : flux d'énergie



## Loi de la thermodynamique :

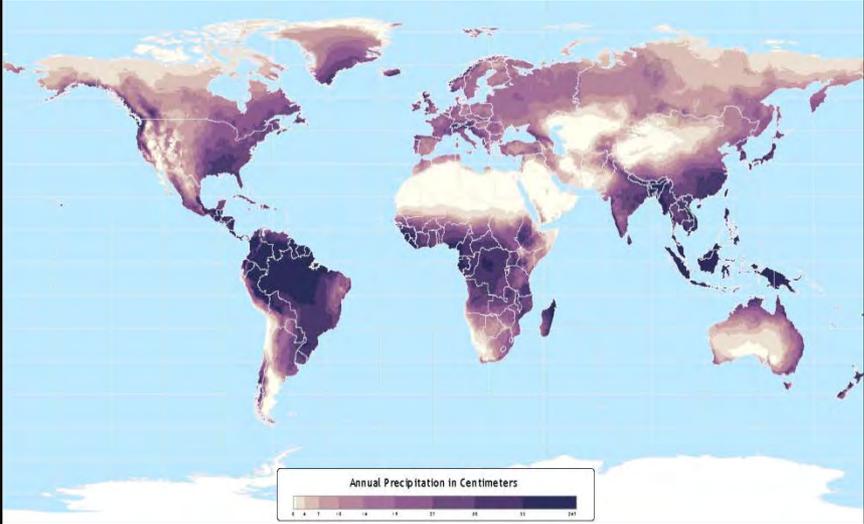
Dans un système fermé la quantité d'énergie reste constante

**Or : Notre planète ; les écosystèmes ; les organismes : sont des systèmes ouverts !**

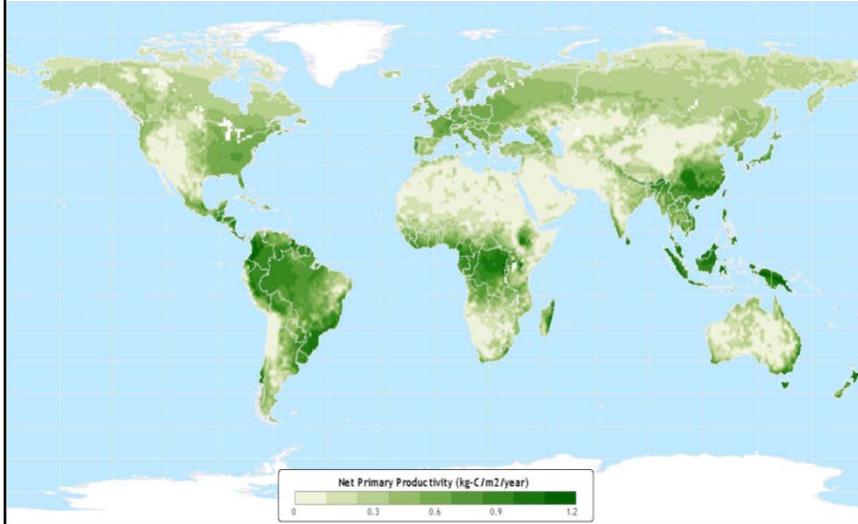


La **quantité d'énergie solaire** qui atteint la Terre **varie** suivant la **latitude**, les **conditions atmosphériques** locales, et le **relief**

L'**énergie solaire** que reçoit un écosystème est un **facteur limitant de la productivité primaire nette** ("Net Primary Productivity" ; *NPP* ; Producteurs *laïres*)



Précipitations annuelles (en cm)



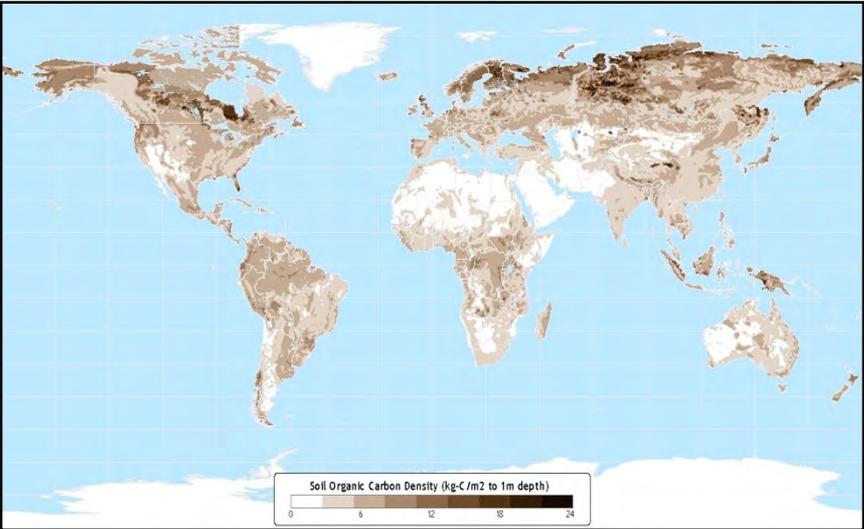
NPP (Productivité Primaire Nette)

La NPP est *indirectement* liée à la quantité de carbone organique dans le sol

La NPP est *directement* liée à :

- La latitude (flux d'énergie et de ressources)
- la quantité de matière organique (flux de matière)

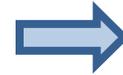
Carbone organique dans le sol (à 1 m de profondeur)



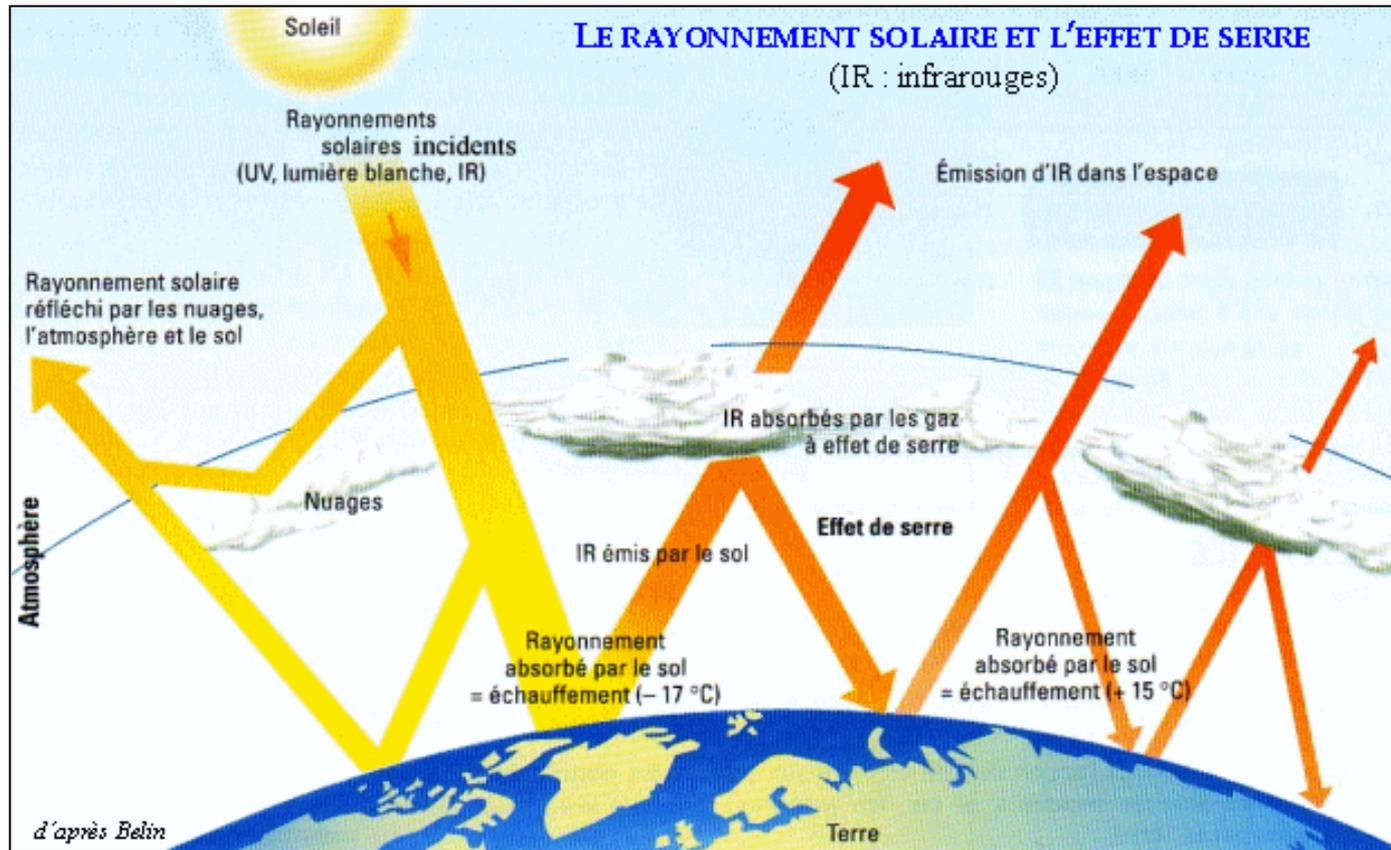
Type d'écosystème	(NPP)		%age de surface terrestre émergée
	(Kcal/m <sup>2</sup> /an)	(Kcal/m <sup>2</sup> /jour)	
Forêts tropicales	9000	25	11%
Estuaires	9000	25	3%
Marais & marécages	9000	25	
Savanes	3000	8	21%
Prairies tempérées	2000	6	
Forêts tempérées décidues	6000	16	22%
Forêt Boréale	3500	10	
Toundra	600	2	33%
Désert	< 200	1	

# Exemple d'écologie appliquée : Comprendre le réchauffement climatique

"Effet de serre" = T°C générale moyenne de surface ↗



Réchauffement du climat



Rayonnement solaire : Ondes courtes chauffent la surface de la Terre, puis ré-émit sous forme de rayonnement infrarouge (= Chaleur)

**"Effet de serre"** = Chaleur piégée dans l'atmosphère par certains gaz ( $H_2O$  ;  $CO_2$  ;  $CH_4$  ; fluorocarbones ; ...  
Diverses sources [industrielles, mode de vie, ...])

→ Se réchauffent

→ Re-émettent cette chaleur vers la Terre (plutôt que dans l'espace [= permettrait de se refroidir])

# Un milieu en grand changement : l'Arctique

Arctique = un des endroits les plus sensibles au changement climatique

**Automne et hiver dans l'Arctique = épaisse couche de glace recouvre la surface**

- **Permet le développement des algues** = 1<sup>er</sup> maillon de la chaîne alimentaire (= **producteur primaire**) :  
→ Permet la **survie jusqu'aux prédateurs** (consommateurs II<sup>aires</sup> : ours polaires, phoques, renards polaires, ...)
- **Circulation, protection, et reproduction des proies**, ainsi que **territoires de chasse des prédateurs**
- **Poissons et mammifères marins se développent et se nourrissent**

Surface blanche (= albédo faible)  
→ Absorption rayonnement solaire  $\approx 0$

Effet de serre :  
T°C  $\nearrow$

Absorption du rayonnement solaire  $\nearrow$

T°C de l'Océan  $\nearrow$

**Amplification du phénomène à l'échelle planétaire**

**Rétroaction (= "feedback") = auto-entretien**

Surface de l'Océan  $\nearrow$   
(couleur sombre = albédo fort)

Glaces fondent

Changement climatique planétaire (T°C  $\nearrow$ )

**Changement de couleur de la surface de l'Arctique** (Blanc de la glace → Sombre de l'Océan) amplifie élévation de la température, et **pousse au changement climatique encore plus radicalement** ("auto-entretien")

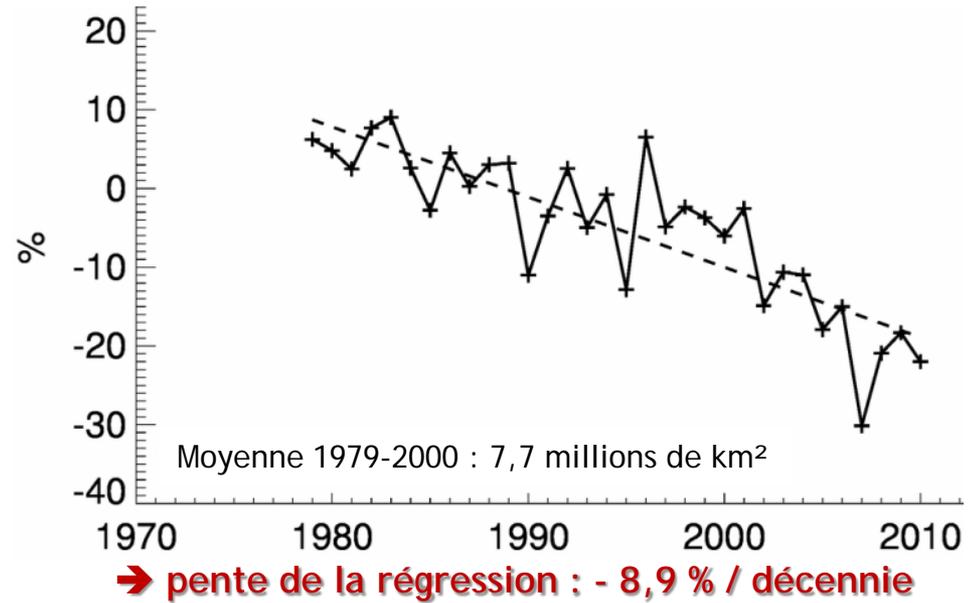
→ Processus d'amplification à l'échelle de la Planète (fin du siècle : **T°C moyenne augmentée de 3,5°C**)

# Un milieu en grand changement : l'Arctique

Banquise arctique en août 2010  
(Ligne rose = surface antérieure)



## Baisse de la surface de glace en Arctique depuis 1979



Fonte de la banquise et survie de la faune locale (Ours polaires, manchots, phoques, ...) sont liées!



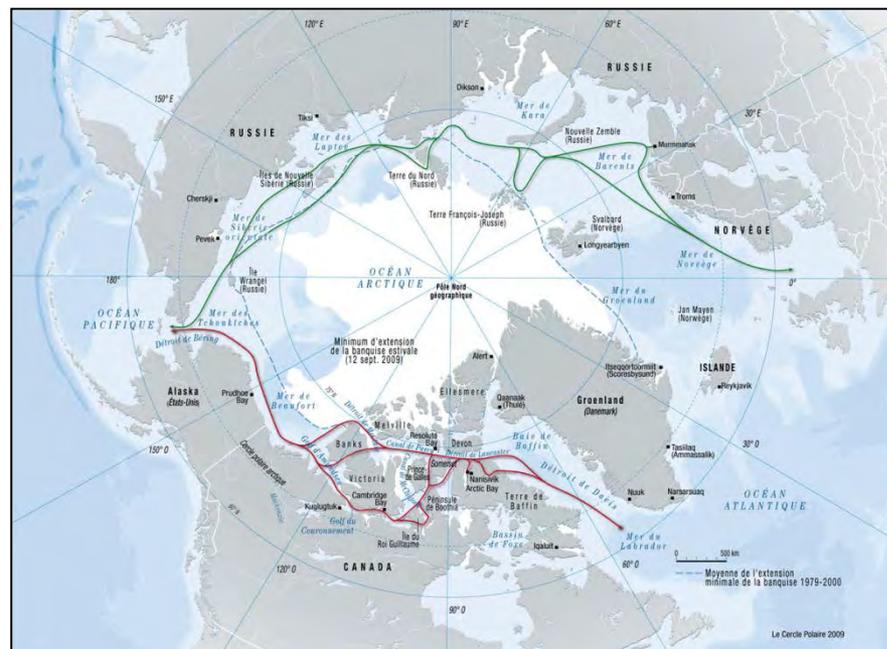
# Un milieu en grand changement : l'Arctique

Conséquence du réchauffement climatique = Surface de la Glace ↘ ; Surface de l'Océan ↗  
 → Ouverture de nouvelles routes maritimes!

**Intérêts stratégiques, commerciaux, et géopolitiques**

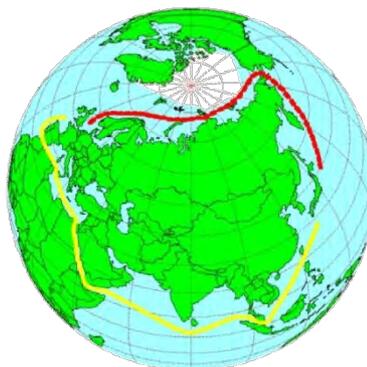
**Essentiellement 2 axes majeurs de passage :**

- "Route maritime du Nord(-Est)" (Russie) ———
- "Passage du Nord-Ouest" (Canada) ———



Distances entre ports (kms) selon la route maritime empruntée

<i>Itinéraire</i>	<i>Londres - Yokohama</i>	<i>New York - Yokohama</i>	<i>Hambourg - Vancouver</i>
<i>Panama</i>	23 300	18 560	17 310
<i>Suez et Malacca</i>	21 200	25 120	29 880
<i>Cap Horn</i>	32 289	31 639	27 200
<i>Passage du nord-ouest</i>	15 930	15 220	14 970
<i>Passage du nord-est</i>	14 062	18 190	13 770



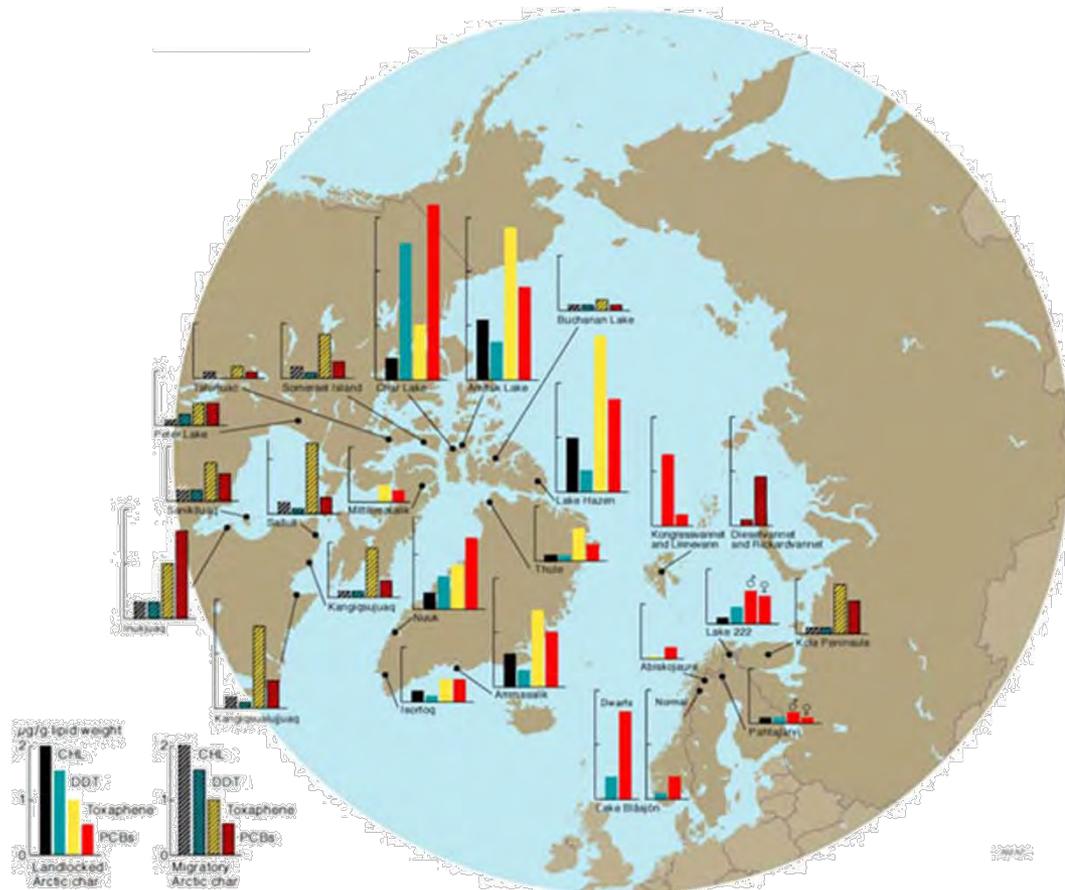
Distance maximale

Distance minimale

# Un milieu en grand changement : l'Arctique

Problèmes dus à l'intervention de l'Homme :

- Introduction **d'espèces "exotiques"** (→ rupture de l'équilibre établi dans la communauté)
- **Surexploitation** présente et à venir (pêche, exploitation pétrolière, ...)
- **Pollution** (l'image d'une région totalement immaculée n'est plus si vraie...)
- **Réchauffement climatique** : la surface en glace diminue de 34000 km<sup>2</sup> par an !



## Ecologie appliquée : préserver la Biodiversité (≡ "Plan de gestion")

Anthropisation des milieux : Fabrication de nouveaux habitats (agro[éco]systèmes, milieux urbains, ...)

→ **Grande richesse en Biodiversité!**

→ Plan de gestion ; But = *conserver cette nouvelle Biodiversité en partie créée par l'action humaine!*

### Notion de patrimoine naturel

- Zone tropicale : Tout changement écologique est **irréversible** (en général), et reconstruction primaire est **plus lente**
  - Réseau d'interactions est très long à se reconstituer
  - Mise en place d'écosystèmes secondaires beaucoup moins riches
- Europe : Activité humaine conduit à des **écosystèmes naturels anthropisés beaucoup plus riches qu'habitats "naturels"**
  - Dynamique naturelle = **fermeture du milieu**
    - = Retour à des habitats type "primaire" (**paradoxalement = perte de biodiversité!**)

**Objectif des plans de gestion = freiner la dynamique naturelle de ces milieux!**



On ne conserve pas que les habitats primaires ("*ultra naturels*") → n'existent plus trop  
Plan de gestion effectués sur des habitats secondaires

Niveau législatif : un site peut être protégé et bénéficier d'un plan de gestion si classé "**Site Natura 2000**"

Issu de la **directive "Habitat"** (= directives européennes)

Objectif = **10% des habitats nationaux** protégés (*critère d'entrée dans l'Union européenne*)

### Objectifs du réseau "Natura 2000" :

- **Evaluer** les sites
- Les **classer par type** d'habitat
- Définir pour chaque type d'habitat les **moyens les plus adaptés pour les préserver / aménager**

<http://www.natura2000.fr>

### Démarche :

1) Rendre le site éligible "*Natura 2000*"

= Décrire le site d'après les relevés floristiques → **La première approche est donc botanique**

2) **Mise en place d'un plan de gestion** = programme proposé pour gérer l'habitat

#### ▪ **3 étapes principales :**

➤ **Diagnostic écologique de la zone retenue**

➤ **Identification des menaces**

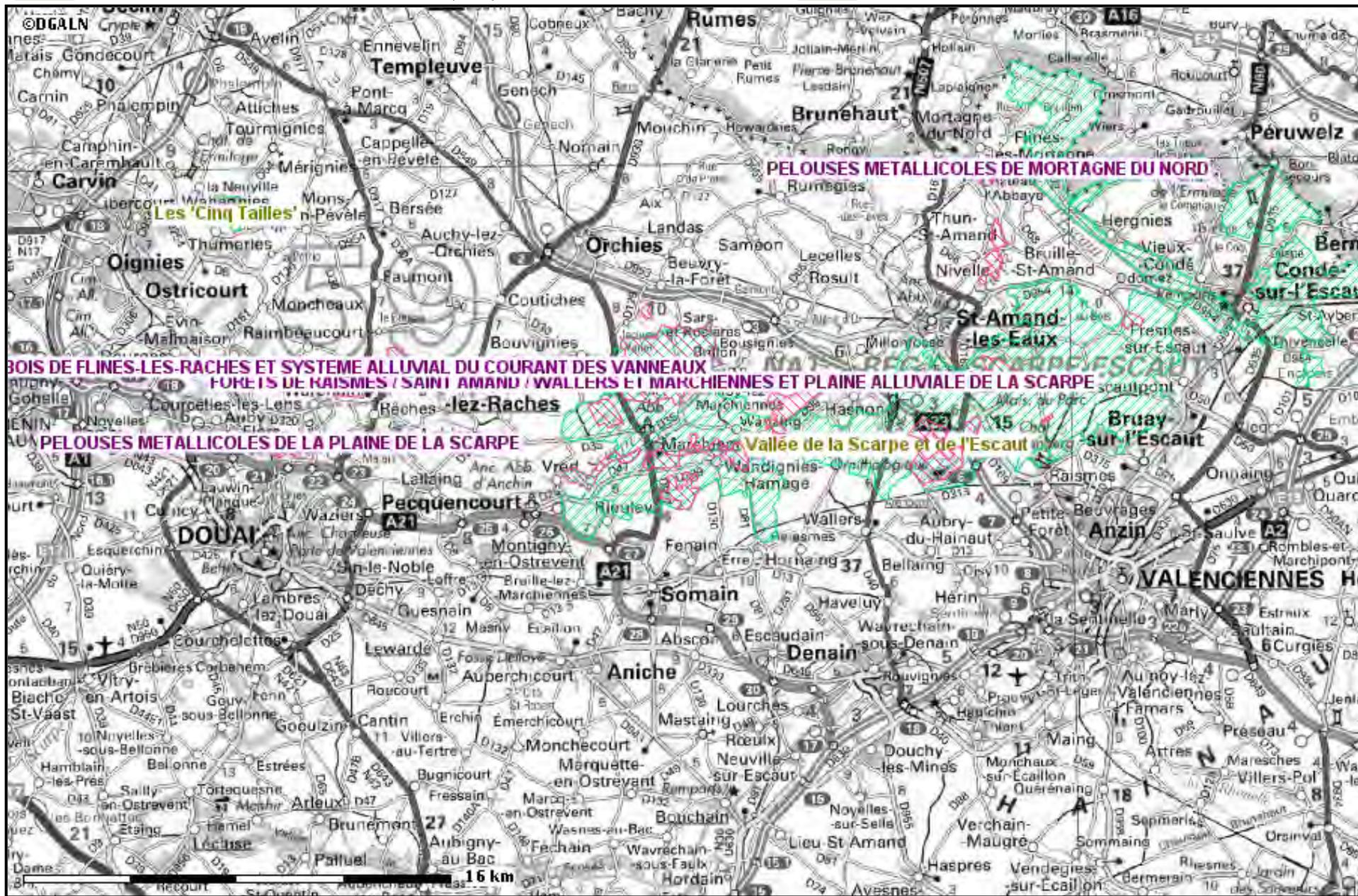
➤ **Proposition de gestion**

- Proposé par la **structure responsable du site** (parc naturel régional, ...)
- **Validation par ministère ou DIREN** ("*Direction Régionale de l'Environnement*")
- **Valable pour 5 années** (puis réévalué pour reconduction éventuelle)

# Les zones classées Natura 2000 dans le département du Nord

 Site d'intérêt communautaire (SIC)

 Zone de protection spéciale (ZPS)



# Cas d'étude : Plan de gestion dans la commune de Rametz (Avesnois)

Etude réalisée en 2004, lors d'un stage de Master 2 "Ecologie" ("*Gestion et Evolution de la Biodiversité*")

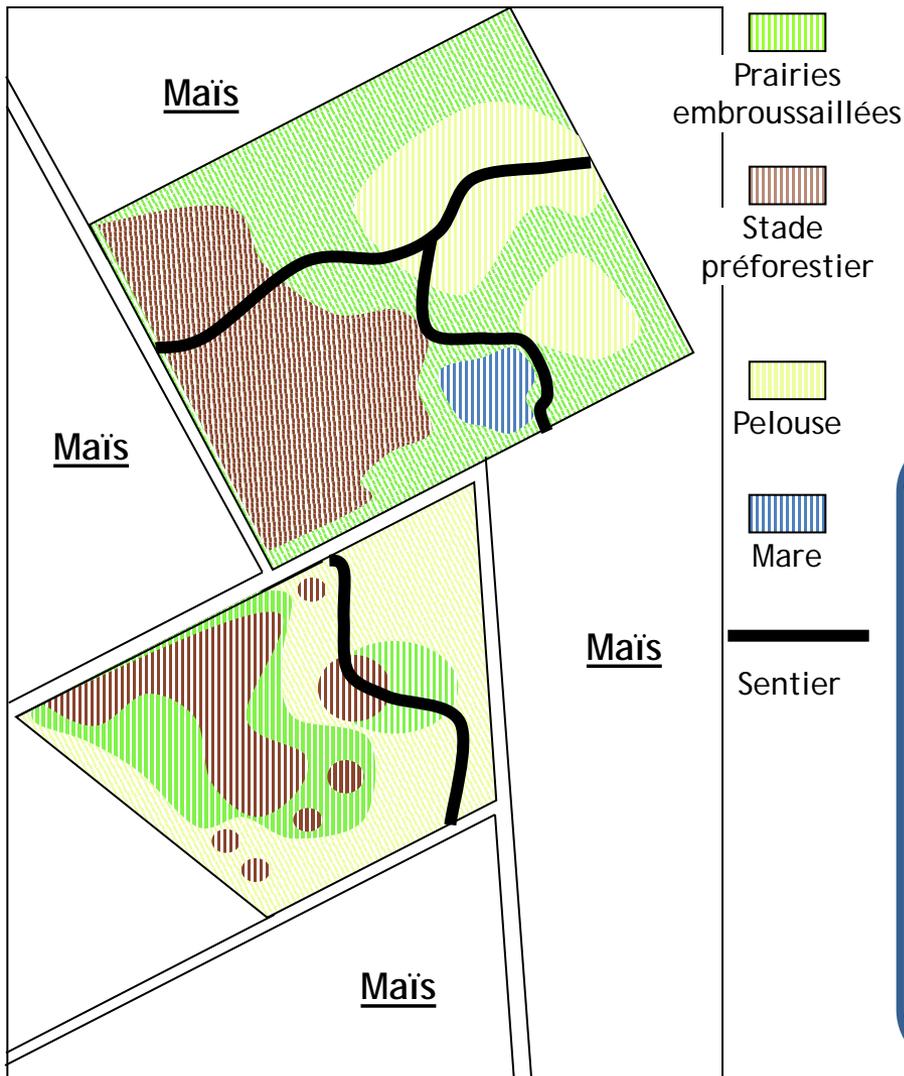
## 1) Diagnostic écologique de la zone retenue :

### a) Milieu physique (= "Biotope")

- **Climat** (température, pluviométrie)
- **Topographie géologique**
- **Types de sols** (schistes, argile, craie, etc...)  
→ Ici : seulement calcaire

### b) Utilisation du milieu (par la Biocénose)

- **2 parcelles** entourées par des champs de maïs
- **Carte de végétation** Ici: 3 habitats différents
  - **Pelouse** : hauteur ≈ 10 cm (= herbacées)  
→ **Milieu très riche en espèces**
  - **Prairies embroussaillées** : hautes herbacées + quelques ligneux  
→ **Milieu plus dense**
  - **Stade préforestier** : jeune forêt  
→ Disparition herbacées apparition arbustes/arbres



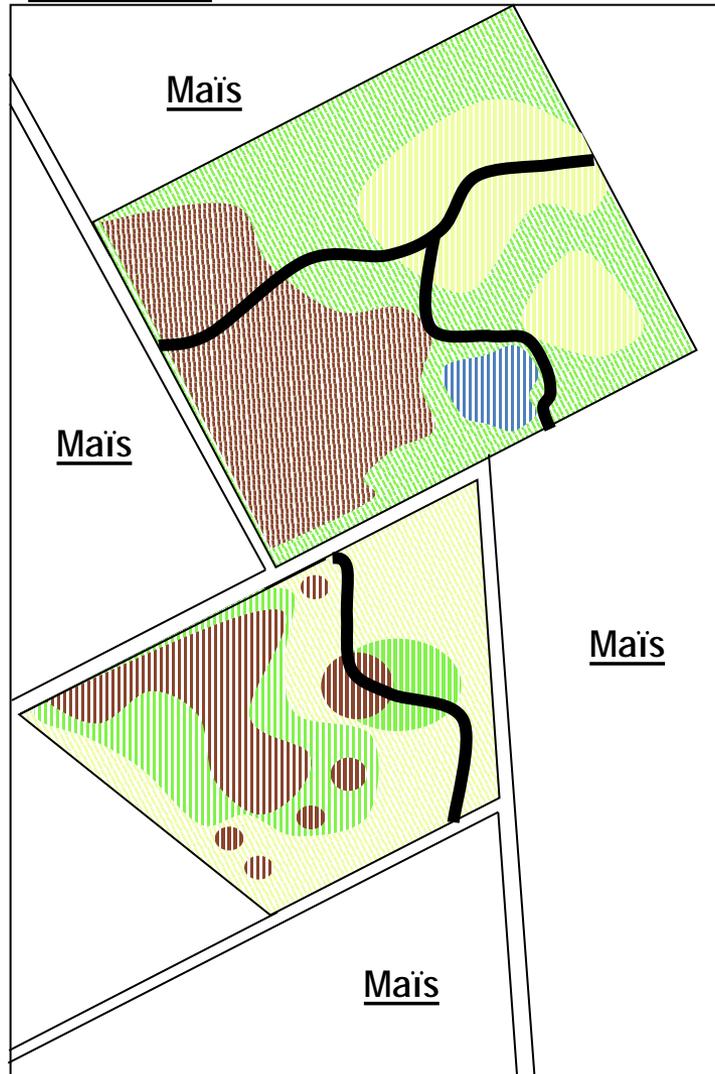
# Cas d'étude : Plan de gestion dans la commune de Rametz (Avesnois)

Etude réalisée en 2004, lors d'un stage de Master 2 "Ecologie" ("*Gestion et Evolution de la Biodiversité*")

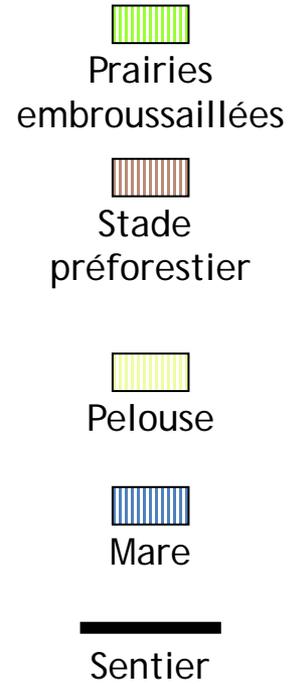
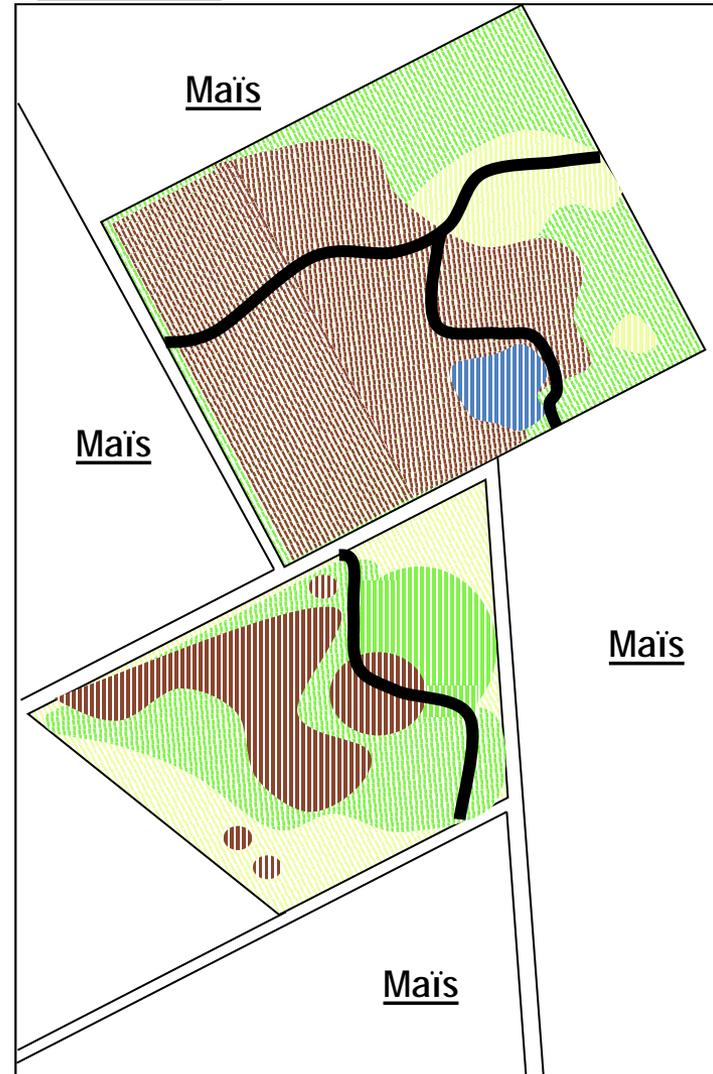
## 1) Diagnostic écologique de la zone retenue :

c) **Distribution et dynamique des zones de végétation** (→ approche botanique)

En 1998



En 2004



# 1) Diagnostic écologique de la zone retenue :

## d) Localisation des espèces patrimoniales et remarquables (→ approche botanique)

Tableau phytosociologique et Indice Patrimonial ("I.P.")

Espèces	I.P.	Pelouse	Prairie embroussaillée	Stade Préforestier
<i>Orchis ustulata*</i>	100	+		
<i>Gymnadenia conopsea</i>	10	1		
<i>Plathantha chlorantha</i>	10	2		
<i>Polygala calcarea*</i>	100	+		
<i>Bromus erectus</i>	1	3	2	
<i>Briza media</i>	1	1		
<i>Thymus praecox</i>	1	1	1	
<i>Sanguisorba minor</i>	1	1		
<i>Avena pubescens</i>	1	2		
<i>Polygala vulgaris</i>	1	1		
<i>Linum catharticum</i>	1	1		
<i>Ophris apifera*</i>	10	1	1	
<i>Cornus sanguinea</i>	1	+	2	
<i>Ligustrum vulgare</i>	1	+	2	
<i>Crataegus monogyna</i>	1	+	1	
<i>Hedera helix</i>	1	+	1	3
<i>Juniperus communis</i>	10	+	+	
<i>Pyrola rotundifolia*</i>	100		+	+
<i>Listera ovata</i>	1			1
<i>Orchis purpurea</i>	1			1
<i>Sanicula europea</i>	1			1
<i>Prunus avium</i>	1			1
<i>Reynoutria japonica*</i>	0		2	+
<i>Fagus sylvatica</i>	1			+

### Indice Patrimonial :

- "0" : Espèces invasives
- "10" : Espèces assez rares et intéressantes
- "100" : Espèces très rares

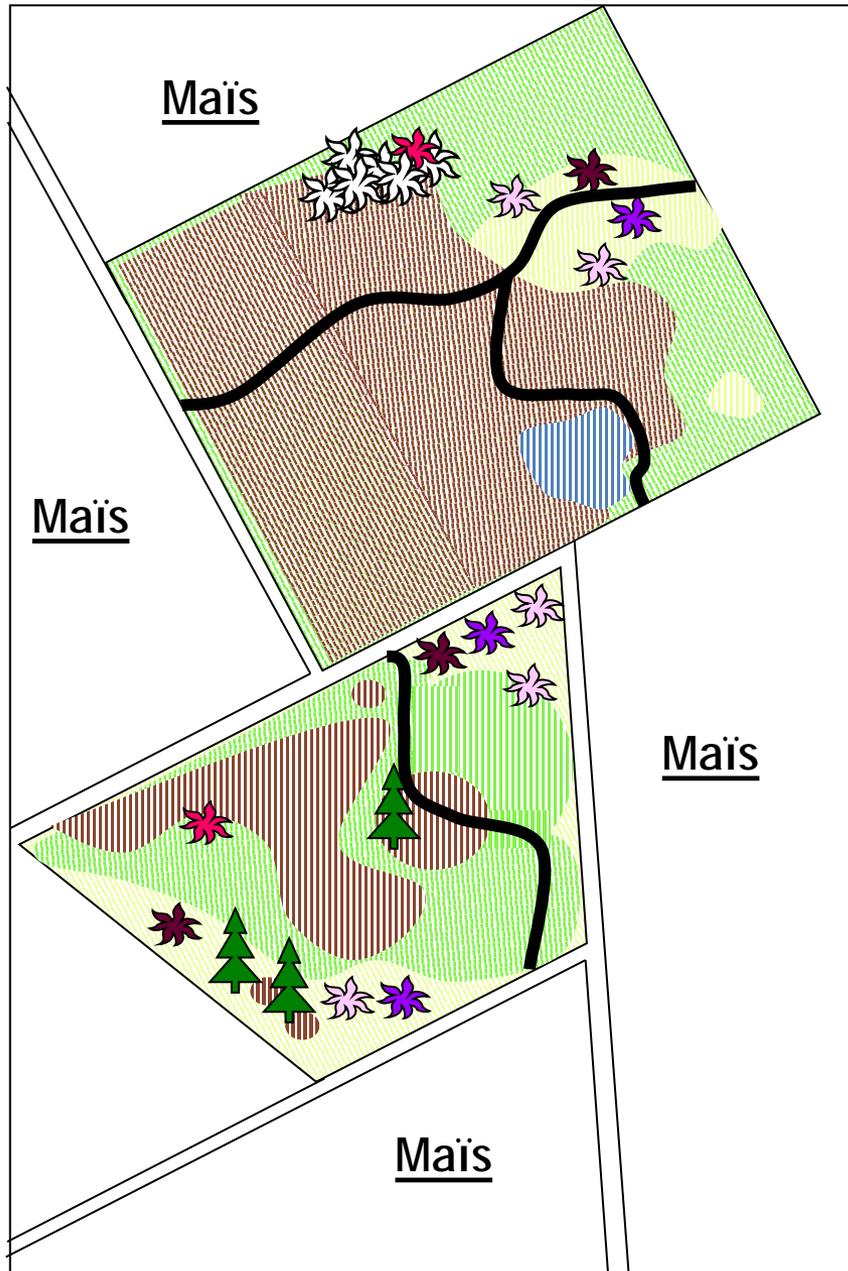
### Densité de présence (par quadrat) :

- "+" : Qques inds (pas assez pour estimation)
- "1" : < 5% recouvrement
- "2" : 5-25%
- "3" : 25-50%
- etc...

- Espèces différentes selon milieux
- Biodiversité : pelouse (milieu ouvert) > prairie > forêt (milieu fermé)
- Valeur patrimoniale = plus forte pour pelouses

# 1) Diagnostic écologique de la zone retenue :

## d) Localisation des espèces patrimoniales et remarquables (→ approche botanique)



### Espèces patrimoniales



*Ophrys apifera*



*Orchis ustulata*



*Polygala calcarea*



*Pyrola rotundifolia*

### Espèces remarquables



*Reynoutria japonica*



### Arbres remarquables

- Merisier (*Prunus avium*)
- Genévrier (*J. communis*)

## 2) Identification des menaces :

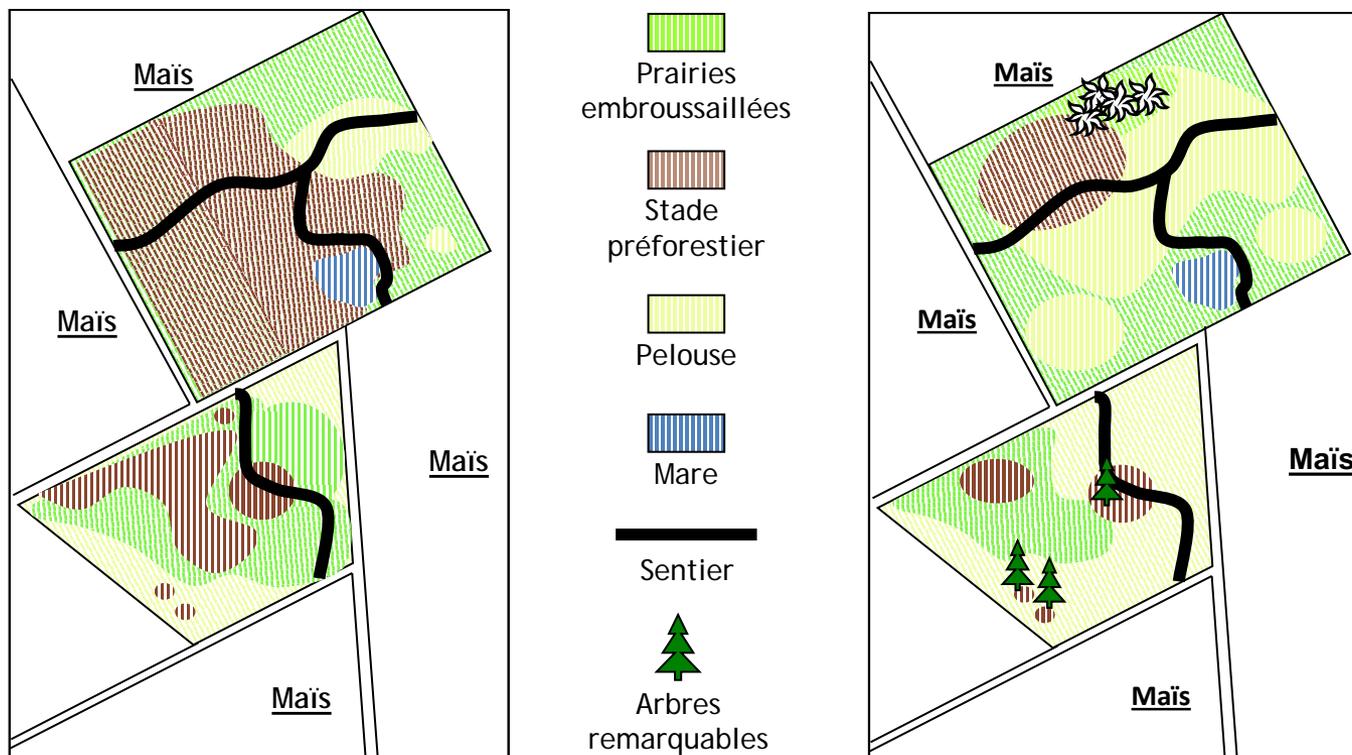
- **Progression du bois**
  - Biodiversité ↘ ; disparition des espèces à fort Indice Patrimonial
- Sentier (**piétinement par les passants**)
- **Espèce invasive** : Renouée du Japon (expansion rapide)
  - Se situe souvent sur des zones de transition écologiques et milieux perturbés (nitrophiles) (ici = proche de champs)
- **Fragmentation du milieu** (réserves entourées de champs) = risques possibles d'isolement des populations
  - Rupture des flux migratoires / de gènes

## Autres menaces fréquemment rencontrées :

- **Décharges** "sauvages" d'ordures
- **Lignes haute tension** (→ oiseaux migrateurs, grands rapaces, ...)
  - Cévennes : lignes à haute tension enfouies pour la protection des vautours
- **Chasse** (réserves ne sont pas forcément "intégrales")

### 3) Proposition de plan de gestion :

#### a) Ouvrir le milieu (= entretien d'une forte Biodiversité)



#### = Permettre l'extension des zones herbacées

- Abattage (ligneux ; tronçonneuse)
  - Laisser toutefois un peu de stade préforestier : oiseaux + insectes qui s'y maintiennent
  - Garder les merisiers = mosaïque d'habitats :
    - Limite les perturbations de la faune des stades fermés
    - Augmente la diversité au niveau de la parcelle
    - Laisse intact le secteur des plantes invasives (évite la propagation par graines ou boutures)
- Fauche (prairies ; débroussailleuse)

### 3) Proposition de plan de gestion :

a) **Ouvrir le milieu** (= entretien d'une forte Biodiversité)

#### Que faire des coupes?

Si laissées sur place → pourrissement → installation d'une flore nitrophile (type "ortie")...

→ **Exportation** (incinération, décharge, revente à des industriels) → appauvrit le sol

→ **Favorise les espèces rares et herbacées**

Mais, si coupé une seule fois → milieu va de nouveau se refermer...

#### Comment maintenir le milieu ouvert?

→ Coupe régulière?

- Chantiers très lourds (beaucoup de travail)
- Aspect "sociologiques" négatifs (→ les gens n'aiment pas qu'on coupe les arbres!)

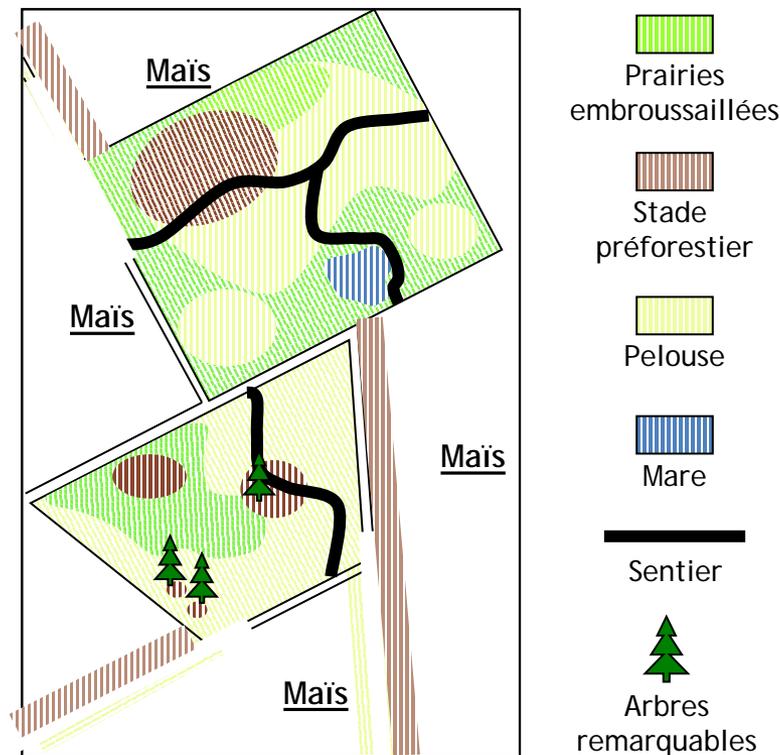
→ **Une solution utilisée :**

**Pâturage par herbivores** (moutons, vaches, chevaux, ...) extensif ou intensif sur périodes courtes (= transhumances) (cf. actuellement sur Campus de Lille 1)

= **Aspects pédagogiques positifs**

### 3) Proposition de plan de gestion :

b) **Remédier à la fragmentation des parcelles** (= mise en place de connections haies + bandes enherbées)



**Connections = corridors** pour les **déplacements des espèces**

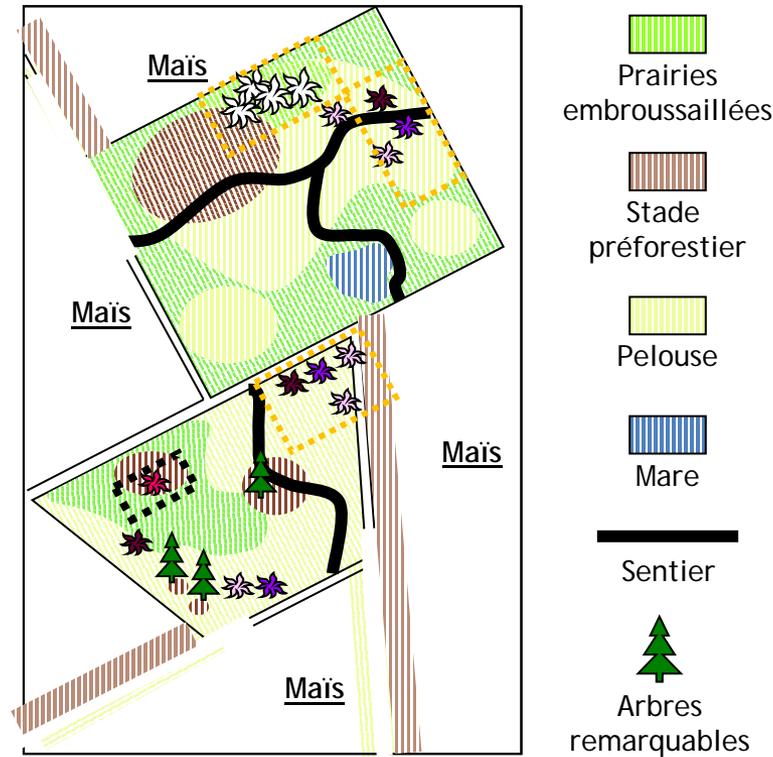
- **Haies** (procédé souvent utilisé) = déplacement des espèces de **sous-bois** (oiseaux)
- **Bandes enherbées** = déplacement des espèces de **prairies** et **pelouses** (rongeurs, insectes, amphibiens)

#### Inconvénients :

- Demande de **l'entretien**
- **Empiète sur les surfaces agricoles**  
→ Nouvelles directives européennes ("*Contrat Agriculture Durable*") devraient favoriser ces démarches au niveau des exploitations agricoles

### 3) Proposition de plan de gestion :

#### c) **Mise en place du suivi démographique des espèces rares et invasives**



- **Espèces invasives** : **Surveiller leur devenir** (aucune solution actuelle pour maintenir ou faire régresser ces espèces)  
→ (Parfois même effet inverse : mieux vont donc surveiller plutôt qu'agir...)
- **Espèces rares** : le suivi permet de **valider le plan de gestion**

#### **Dynamiques particulières des populations d'espèces rares et invasives :**

- **Prédire l'évolution des effectifs** en fonctions des **paramètres du milieu** et de lois mathématiques simples
- Frontière entre écologie fondamentale et appliquée (*Gestion / Conservation*)

### 3) Proposition de plan de gestion :

d) **Protection de la parcelle** (= fermeture de chemins, acquisition foncière, sentiers d'interprétations)

#### Plusieurs niveaux possibles de protection :

- Totalemment inaccessible (= "Réserve intégrale")
- Inaccessible au public, mais gestion possible
- ...

#### • Fermeture de chemins où espèces rares sont concentrées

##### ➤ Mise en place de déviations

= créer un autre chemin = souvent acquisition foncière

➔ Partie délicate : acquisition par structure ou commune

#### • Formation d'un sentier en boucle

➤ Plus facile pour visites de groupes

➤ Guide le public et évite passages trop fréquents dans certaines zones

#### • Sensibilisation

➤ Sentiers d'interprétation "Natura 2000" (= dans la charte)

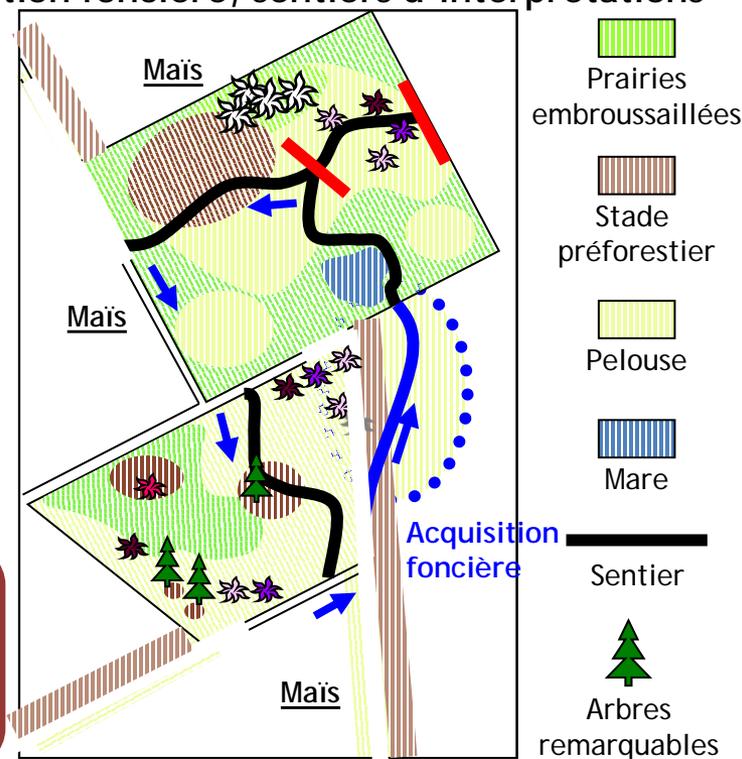
▪ Viser plusieurs publics

▪ Réfléchir sur le contenu pédagogique

#### • Accueil du public

➤ Structures "en dur" (expositions, documentations)

➤ Infrastructures (Parkings, aires de pic-nic ; accessibilité aux personnes handicapées, ...)



#### Réserve située en milieu urbain :

- Public nombreux
- Valeur patrimoniale forte

## Mise en place d'un plan de gestion :

- Synthèse et intégration à l'**interface biologie ; législatif ; politique ; sociologie ; pédagogie**
- Implique souvent :
  - Intervention d'écologues, enseignants, sociologues
  - Coopération avec agriculteurs, voisins, chasseurs, (parfois) paysagistes, ...

Formation pour y accéder : Master 2 "Ecologie"  
*"Gestion et Evolution de la Biodiversité" (GEB)*

Plus d'informations sur :

<http://master-ecologie.univ-lille1.fr>