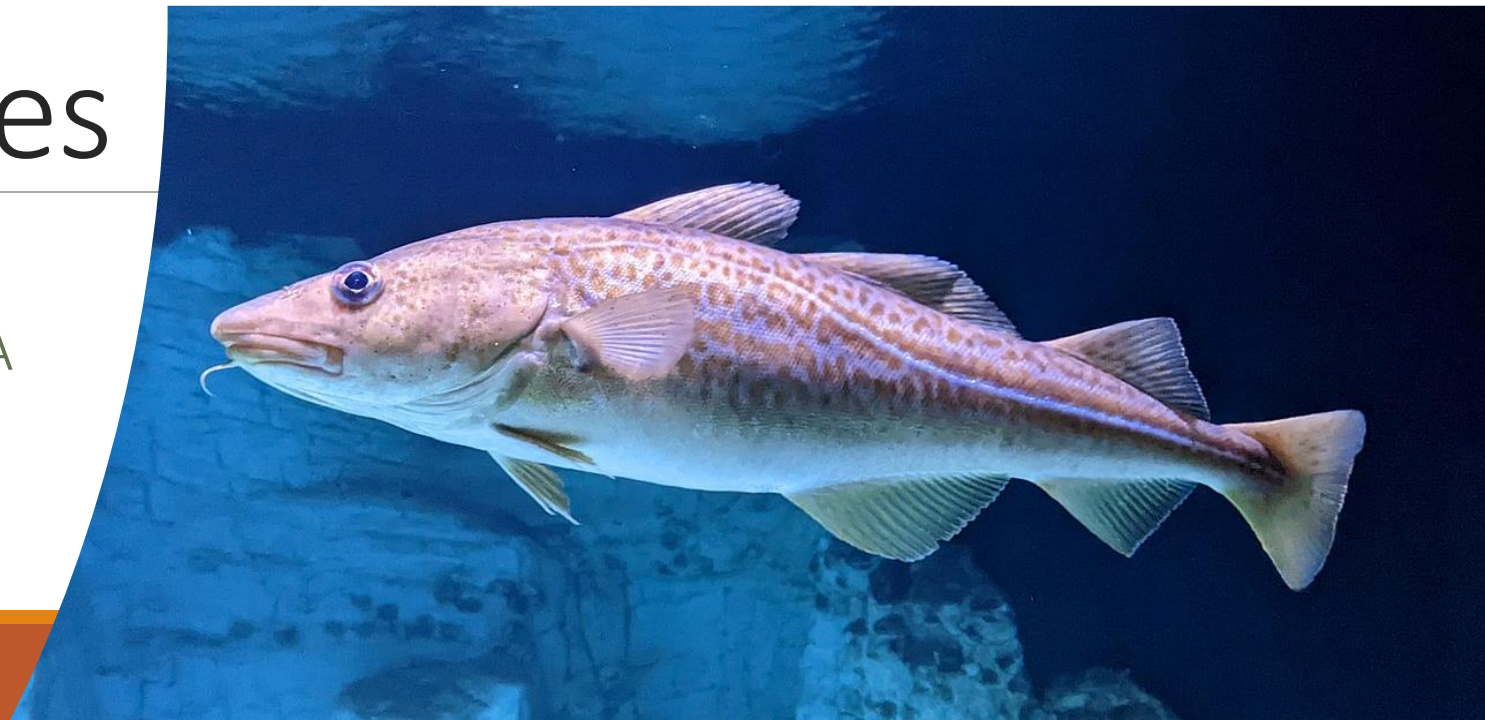


Modèles bioéconomiques

LA MODÉLISATION AU
SERVICE DE LA CRISE DE LA
BIODIVERSITÉ

[SIMON JEAN](#)



Biodiversité : définition, déclins, facteurs

« 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 comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes »

Article 2, Convention sur la Diversité Biologique, 1992

Différents niveaux : génétique, taxonomique, écosystémique

Différentes diversités : structurelle, compositionnelle, fonctionnelle

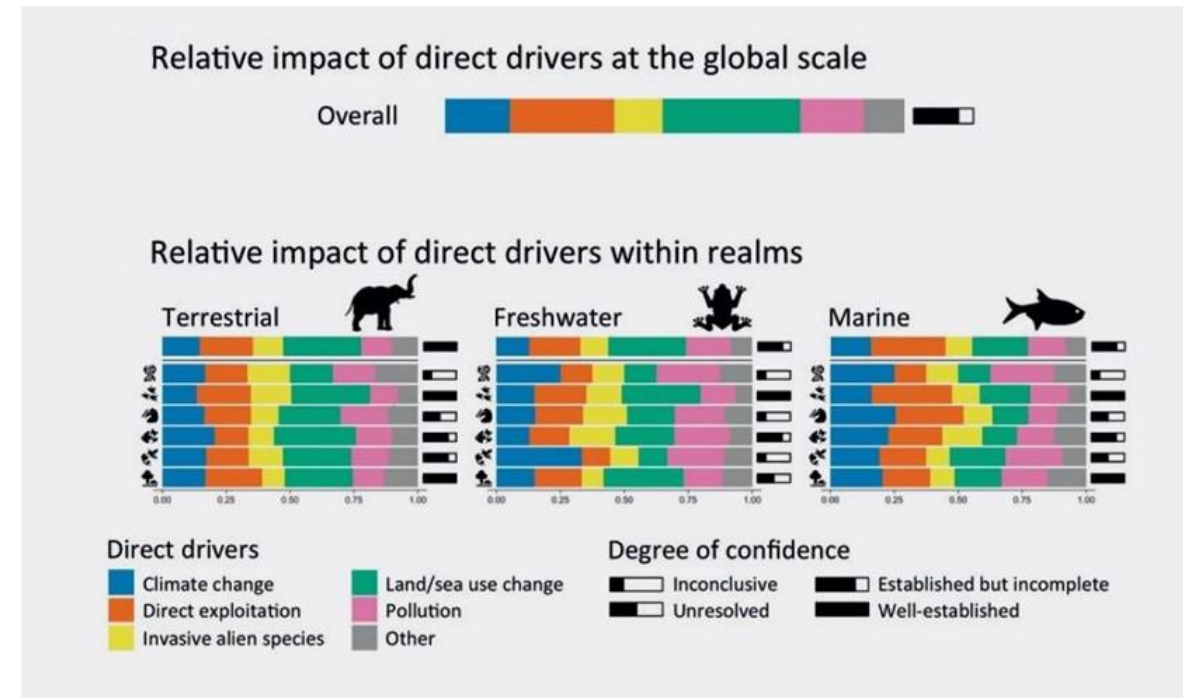
Biodiversité : définition, déclin, facteurs

A toutes les échelles, la biodiversité est en déclin :

- Espaces intacts terrestres et marins réduits à peau de chagrin (12/23%)
- Biodiversité sous 90% des espèces d'origine
- 25% des espèces menacées d'extinction, faune et flore
- 500,000 espèces font face à une dette d'extinction

Causes anthropogéniques:

- Changement d'usage des sols et océans
- Surexploitation
- Changement climatique
- Espèces invasives
- Pollution



Le sens de la notion: valeurs de la biodiversité

Notion émerge de la biologie de la conservation (Soulé,1986): qualité intrinsèque de la diversité *qui doit être préservée pour elle-même*

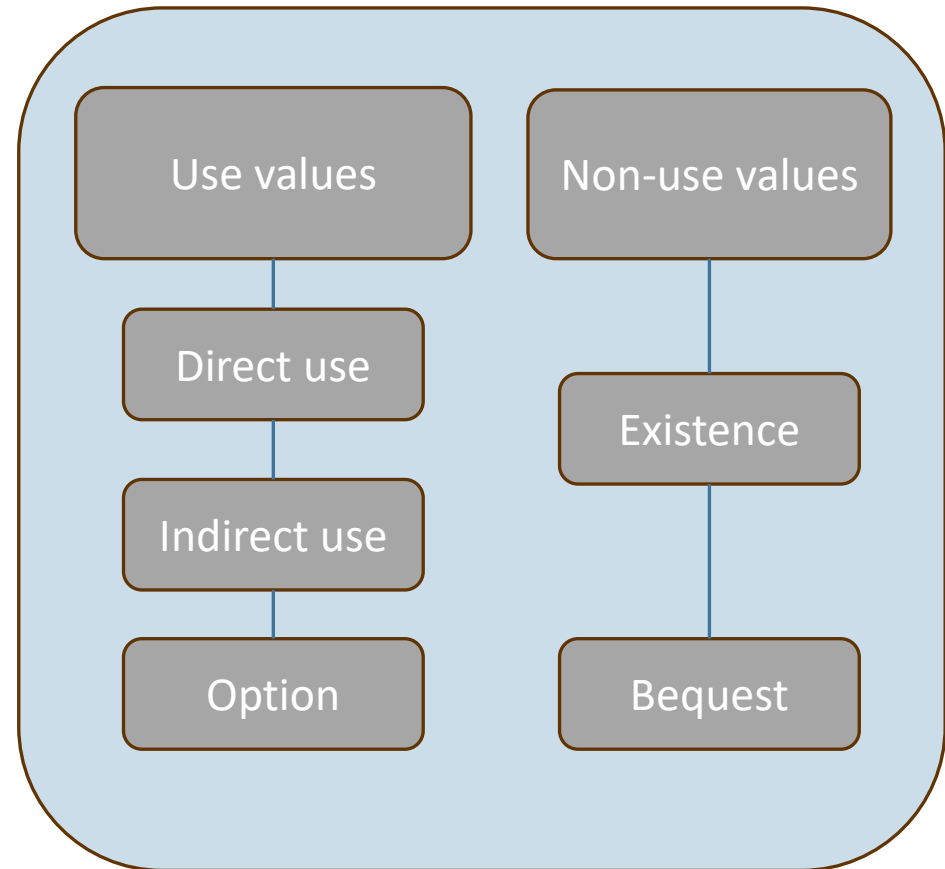
Au-delà, il faut la préserver pour *ce qu'elle apporte aux sociétés humaines*

- Notion de « service écosystémique » : résultats des fonctions écologiques qui bénéficient aux hommes
- Entreprise de monétarisation de cela : *we protect what we value*
→ Costanza et al, 1997 : 33 trillions de dollars (20% PIB mondial 2020)
puis Millenium Ecosystem Assessment

Les « valeurs » en économie

Krutilla, 1967 *Conservation Reconsidered*, American Economic Review

Critique: vision très anthropocentrique



La modélisation au service du vivant

Longue tradition de modélisation du vivant en écologie :

- XXe siècle : dynamique des populations (Lotka, Volterra)
- Milieu XXe siècle : écologie des communautés (MacArthur et Wilson), métapopulations (Levins, Rougharden)
- Fin du XXe siècle : écologie paysagère (Hanski, Urban et Keitt) et biologie de la conservation (Soulé)
 - Usage de modèles mathématiques et statistiques pour **comprendre** la dynamique temporelle et spatiale des espèces

Longue tradition de modélisation en économie :

- Mathématiques au cœur de la discipline (parfois trop)
 - Usage de modèles mathématiques et statistiques pour **comprendre et guider** l'usage des ressources

La modélisation bioéconomique

Modéliser *à la fois* le vivant et l'économie pour comprendre (pourquoi on en est là?), prédire (où va-t-on?) et guider (comment y aller)

Les ingrédients :

- Une dynamique biologique en équation, pour des espèces « sauvages »
- Processus de décision émergeant de la décision économique
- Un lien entre les deux : les choix économiques influencent la biodiversité, la biodiversité contraint les décisions économiques

Deux paradigmes : conservation et préservation

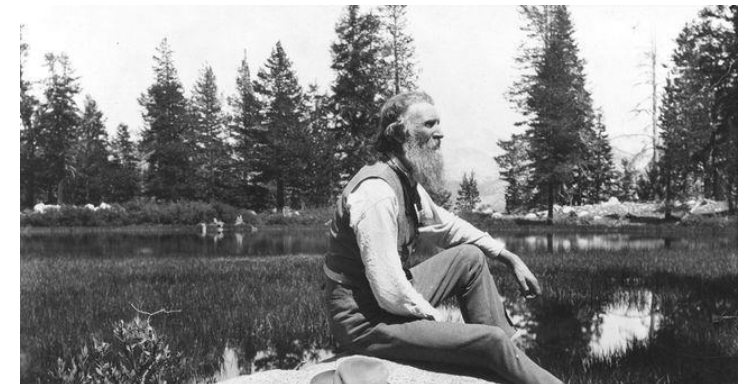
Vision instrumentale de la nature et de ses usages régulés pour « le bien commun »

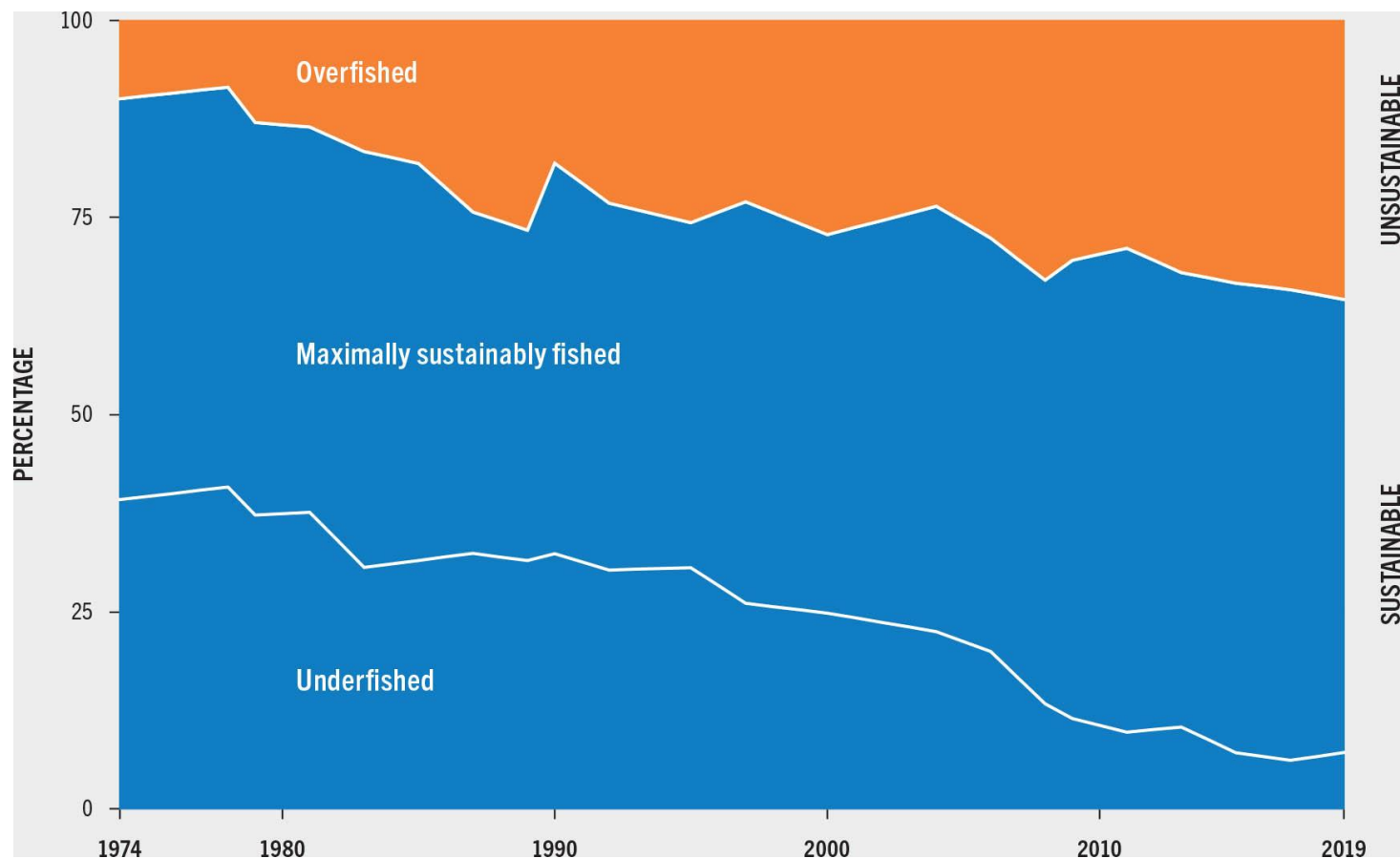


« Conservation means the wise use of the earth and its resources for the lasting good of men »
Gifford Pinchot

Vision intrinsèque de la nature, il faut la préserver pour ce qu'elle est

« God never made an ugly landscape. All that the sun shines on is beautiful, so long as it is wild »
John Muir





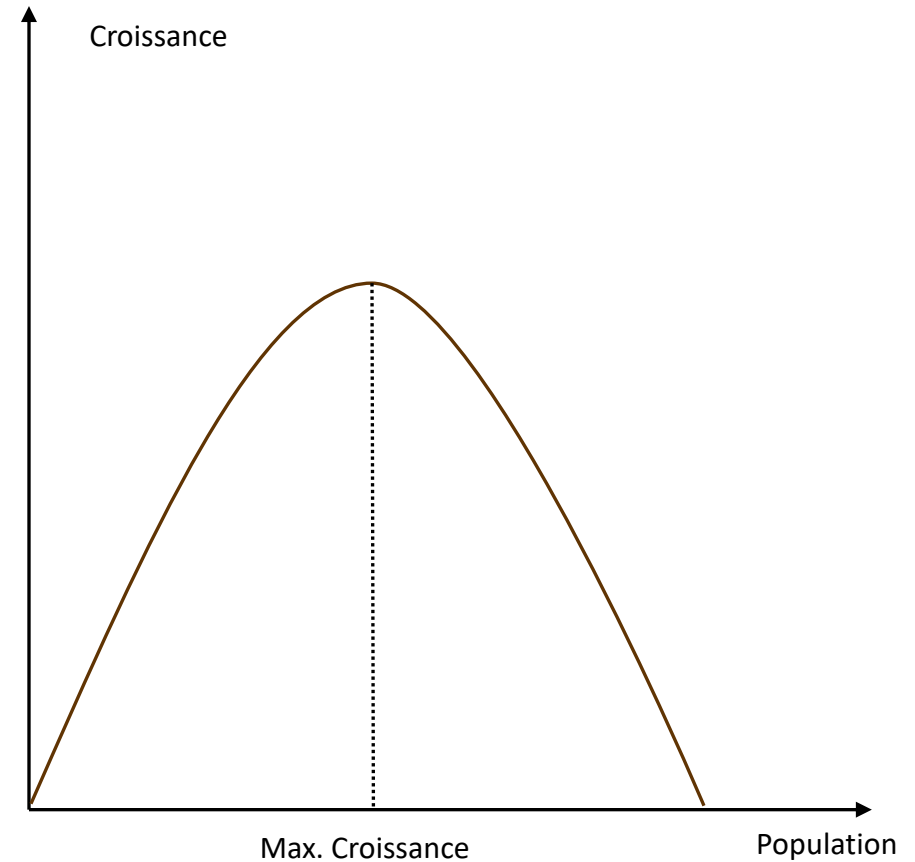
L'usage raisonné?

L'usage (ou l'extinction) raisonnée

Gordon (1954) étudie les pêcheries, et leur déclin

Plusieurs ingrédients:

- La croissance des poissons: dépend de la capacité de charge de l'environnement et du niveau de poissons
- A un trop haut/trop bas niveau de population: pas de croissance

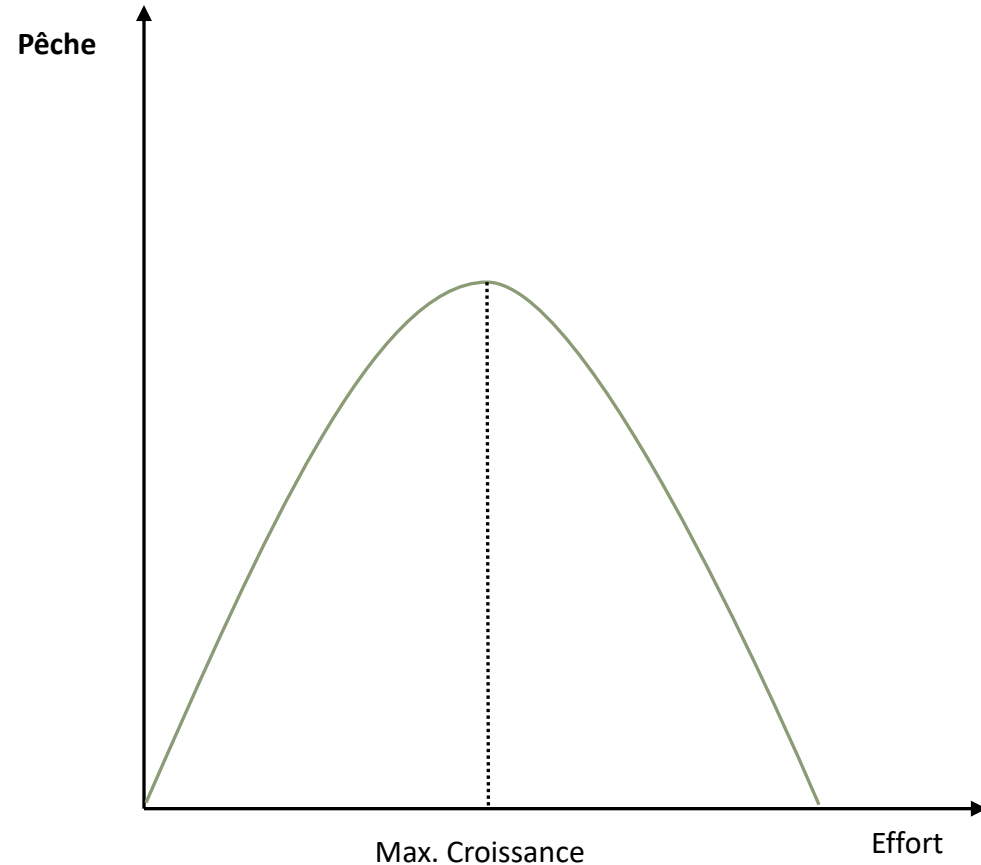


L'usage (ou l'extinction) raisonnée

La pêche dépend de la taille de la population et de l'effort

Analyse en équilibre à long terme

- On cherche l'endroit où la pêche est égale à la croissance : équilibre de population
- On en tire un lien effort-pêche
- Et un lien effort-population:
 - Large effort : faible population
 - Faible effort : large population

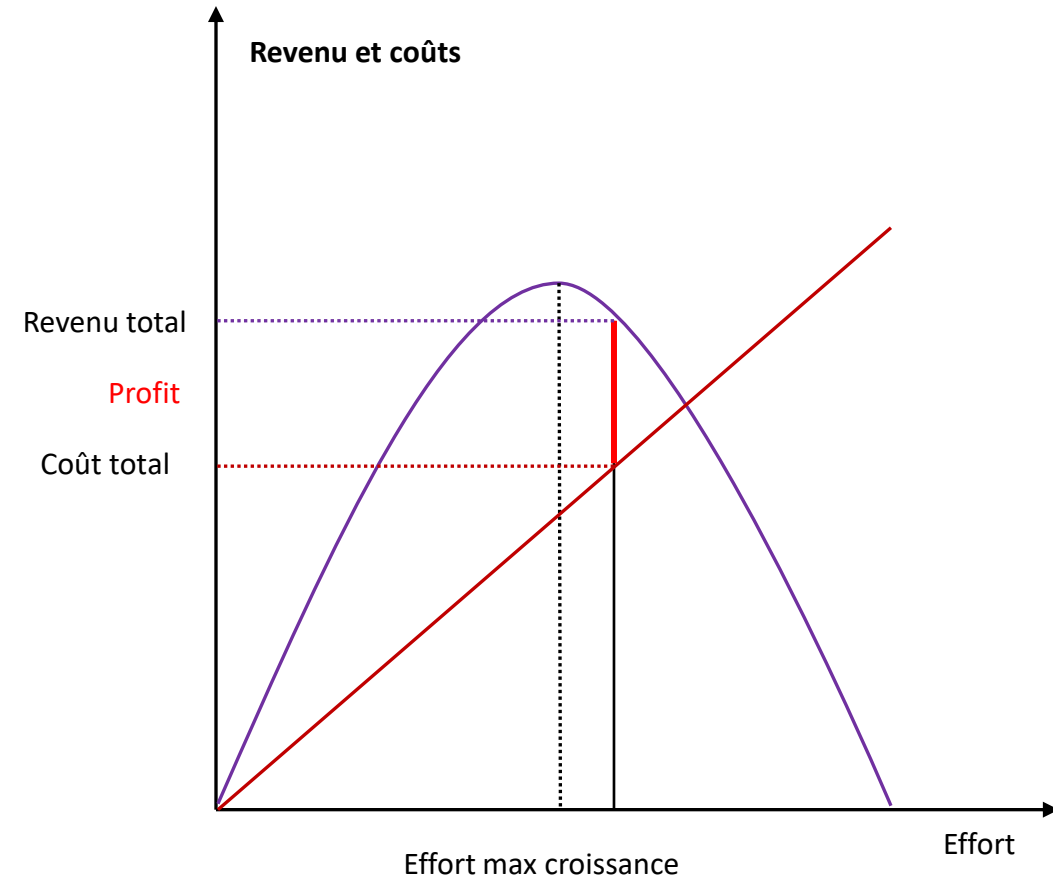


L'usage (ou l'extinction) raisonnée

La pêche rapporte un prix p à chaque unité

Coûte un coût c à chaque unité d'effort

→ Lien *pêche, effort, profit*



L'usage (ou l'extinction) raisonnée

Accès ouvert:

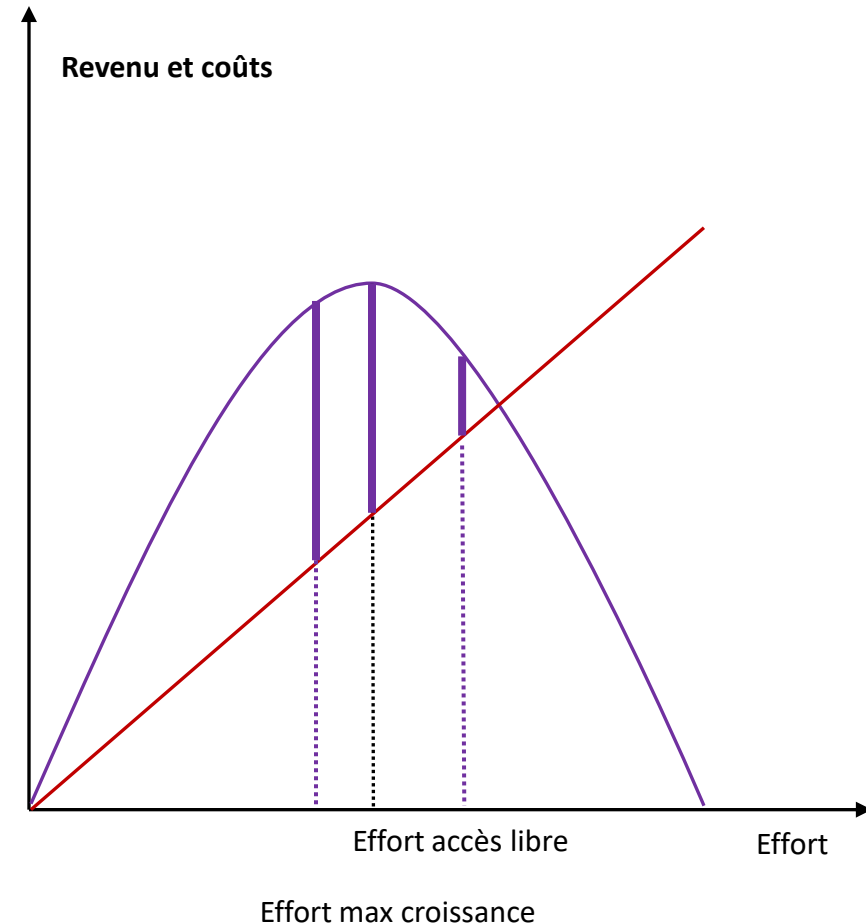
- Tout le monde pousse, cela réduit les produits à (presque) 0
- Gros effort → Surpêche → extinction

Viser l'effort qui maximise la croissance des poissons:

- Pas mal : on a plus de poissons, et le stock est plus grand
- Plus de profit

Mais :

- On peut viser moins d'effort et plus de profit
- Avec un stock de poissons plus large!



L'usage (ou l'extinction) raisonnée

Conclusion:

- La régulation de la pêche est cruciale:
 - A la fois pour la ressource
 - Et pour les pêcheurs
- Elle peut se faire par des *droits de propriété*: on restreint l'accès aux ressources
- L'équilibre dépend des paramètres des populations aussi
- Si le prix est très haut, cela peut justifier de très hauts niveaux d'effort : l'extinction peut être optimale

Critiques :

- Quid des autres valeurs?
- Des autres espèces?

Allons plus loin sur les usages raisonnés

- On peut intégrer d'autres valeurs que l'exploitation directe:
 - Le tourisme
 - La valeur d'existence: donnez-vous à des organisations de conservation?
- Intégrer des situations plus complexes :
 - Les usages différents des ressources : dans le cas des éléphants, certains veulent les protéger, d'autres les tuer, d'autres sont menacés par leur présence
 - Dynamiques de marché plus complexes : que se passe-t-il quand les pêcheurs sont peu nombreux, ou contrôlent le marché?





Agrile du frêne



Allons plus loin sur les usages raisonnés

Toutes les espèces *rapportent elles?*

- Certaines coûtent!
- Les traitements préventifs coûtent cher : il faut peser le pour et le contre, notamment en prenant en compte la dimension *stochastique* de l'invasion
- Diminuer dans *le temps* les coûts liés aux invasions et leur prolifération v. payer *aujourd'hui* les coûts

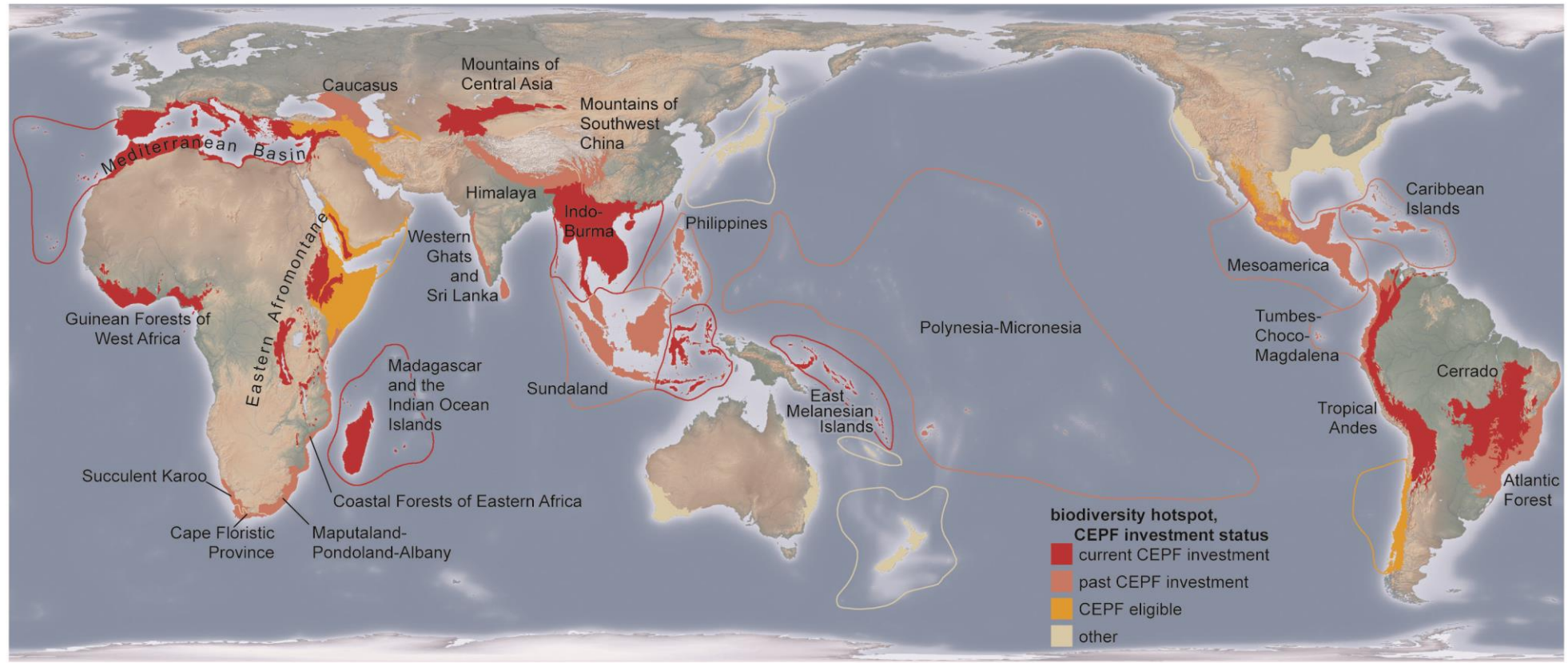
Conclusions sur la littérature sur les usages raisonnés

L'usage *optimal* des ressources dépend de leurs propriétés biologiques, et des opportunités économiques

- La propriété aide à limiter la surexploitation
- L'extinction peut être optimale

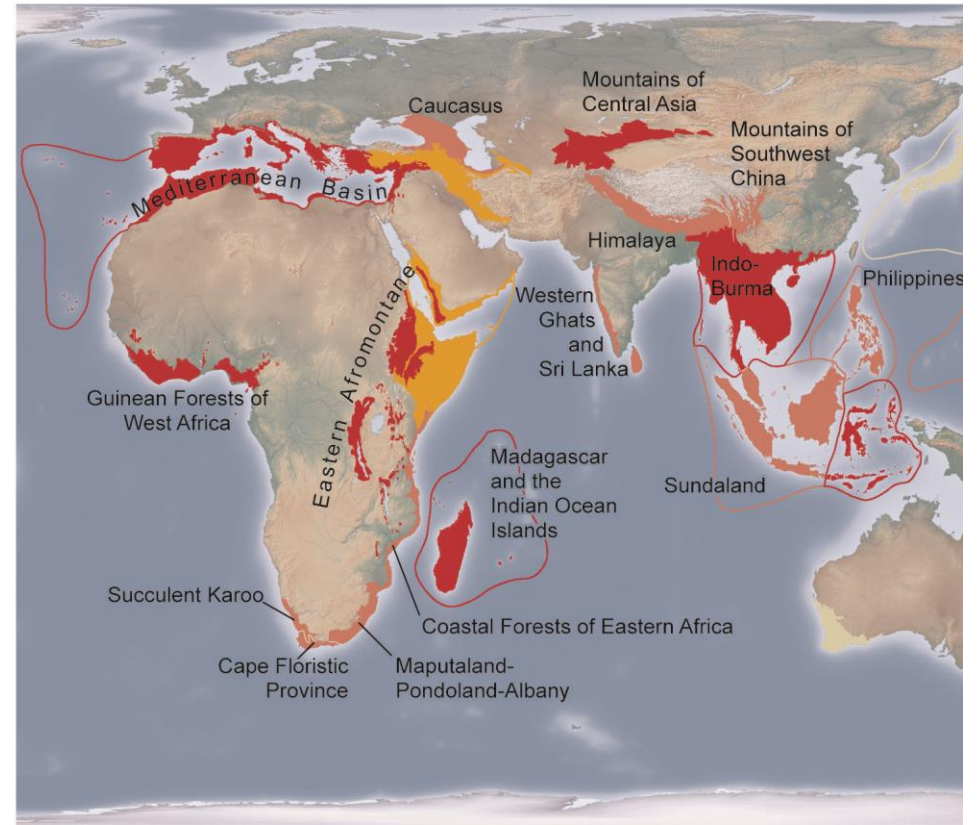
Analyse la biodiversité sous le prisme des espèces isolées, et pas *vraiment* comme la nécessité de préserver la nécessité du vivant.

La conservation efficace



La conservation efficace

- On veut remplir « l'Arche de Noé » : comment faire?
 - Il faut trouver les espèces qui « rapportent » le plus en termes de sauvetage : diversité philogénétique etc
- Dans la réalité, on cherche à :
 - Investir dans des terres
 - Qui sont habitables par un maximum d'espèces
 - En restant dans un budget→ Le design de **réserves optimales**
- Quel est le problème avec simplement cette approche?
 - Il y a peu de terres dont l'influence humaine est absente!
 - On peut agir en modifiant les pratiques





La majorité des terres est occupée, par des villes ou des usages agricoles (2/3), surtout en Europe



Il y a donc des interactions économiques à prendre en compte



La question qui se pose est la modélisation de la conservation sur des territoires aux usages et enjeux multiples

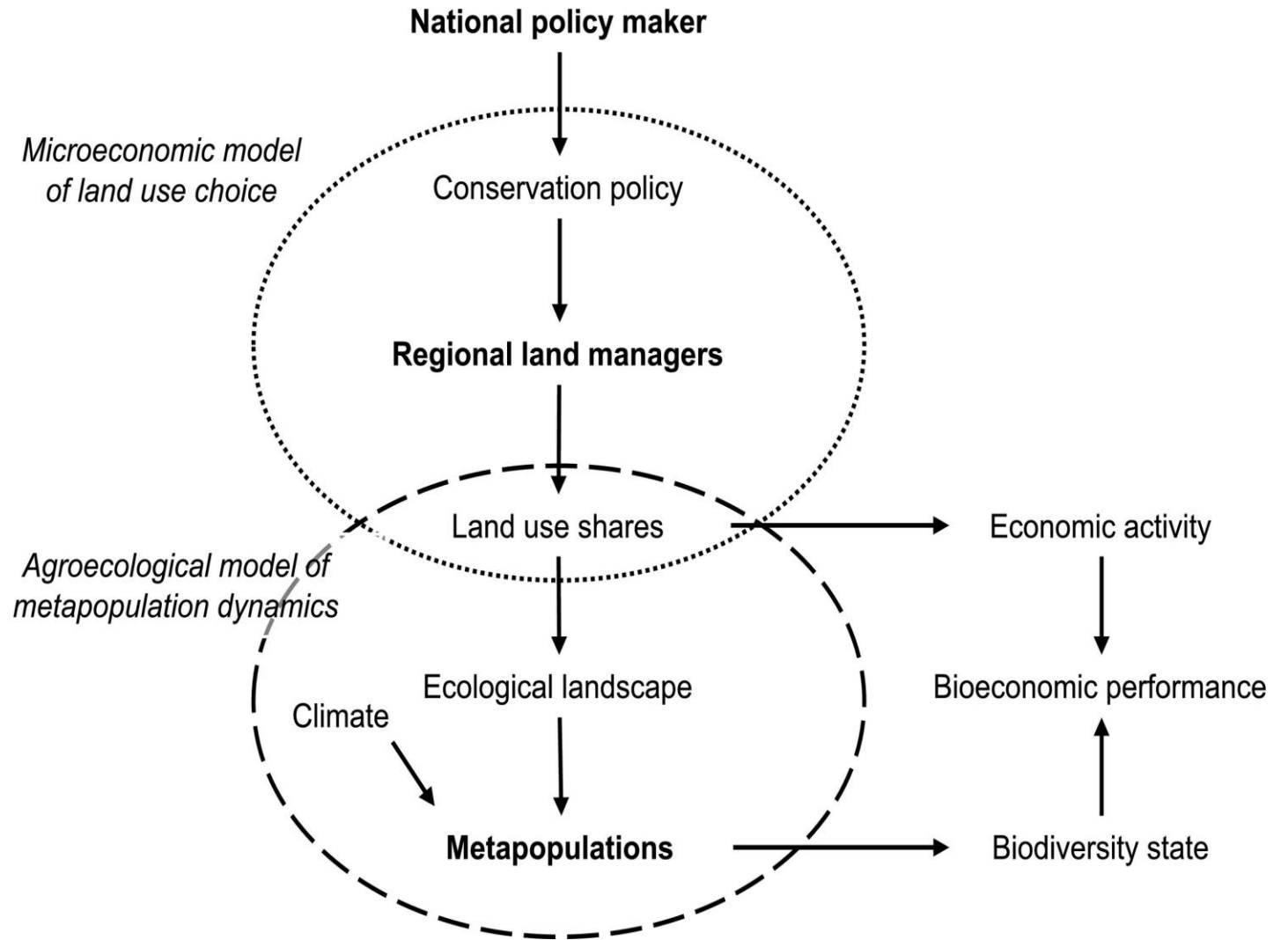


La modélisation biéconomique permet de designer des politiques publiques pour le maintien de la biodiversité

La conservation efficace sur des territoires anthropisés

Conservation efficace et paysages anthropisés

- Les modèles bioéconomiques à la Mouysset (2013), Cocco et al. (2023)
- Appliqués à l'agriculture française
- En prenant en compte les impacts économiques et écologiques de politiques *spatiales*



Conservation efficace et paysages anthropisés

- Dans chaque région, les fermiers décident de leur usage des sols, en fonction des taxes et subventions qu'ils reçoivent
 - Données issues des comptabilités agricoles régionales et des données spatiales d'usage des sols
- Ces usages des sols ont un impact sur les habitats des oiseaux
 - Données issues de la science participative : le French Breeding Bird Survey
- On simule l'impact de politiques sur les décisions et les indicateurs de biodiversité avec une dynamique couplée

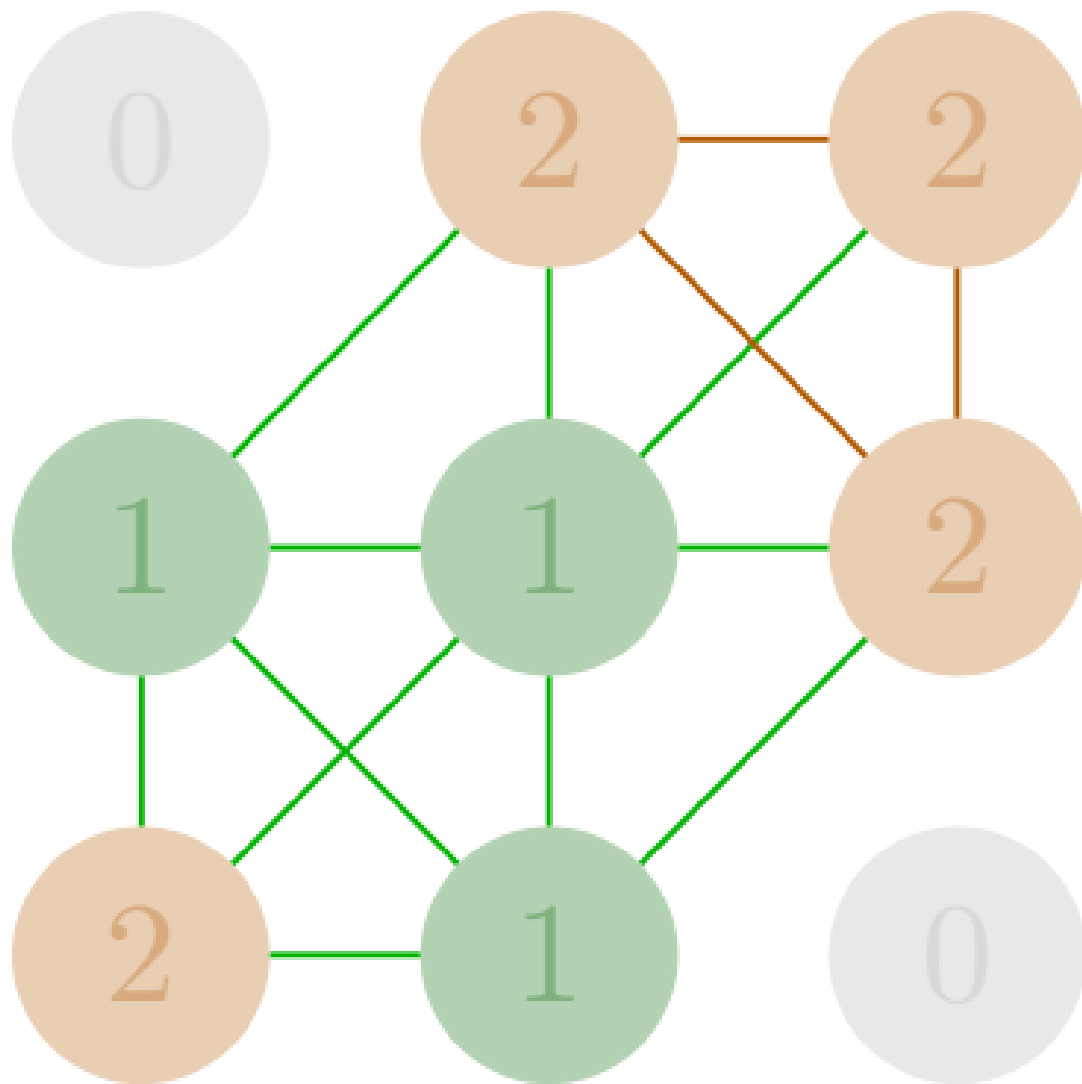
Conservation efficace et paysages anthropisés

- Examinent des **normes sur l'usage des sols**
- Les politiques publiques qui forment un réseau écologique ont une meilleure performance:
 - A moindre coût économique, les performances en termes de biodiversité sont plus importantes
 - Elles sont 2 fois plus efficaces que les politiques uniformes en France
- La diffusion des effets dans l'espace et le temps des réseaux écologiques est importante
- La décision de protéger les réservoirs plutôt que les corridors dépend de la priorité :
 - Les corridors sont moins chers relativement à ce qu'ils conservent, mais moins efficaces
 - Les réservoirs sont plus chers mais plus efficaces



Conservation efficace, paysages anthropisés et usages multiples

- La conservation se heurte à d'autres enjeux
- Les feux de forêts vont se multiplier et s'intensifier
- Comment concilier conservation et protection?

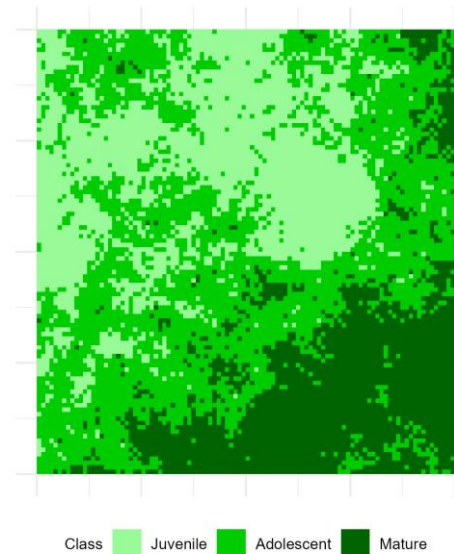
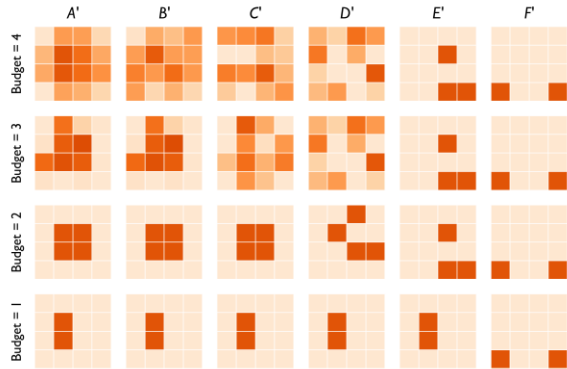


Conservation efficace, paysages anthropisés et usages multiples

- La connectivité des paysages au cœur des préoccupations
- Utiliser les bonnes métriques : la théorie des graphes
- Dégrader la connectivité du feu
- Améliorer la connectivité de l'habitat: *Fahrig et al (2003)*

Conservation efficace, paysages anthropisés et usages multiples

- On peut concilier environnement et protection
- En adaptant les traitements à l'échelle et aux enjeux sociaux et de biodiversité
- Le changement climatique complique l'histoire



Conclusion

- Le déclin de la biodiversité nécessite une approche interdisciplinaire
- L'économie mêlée à l'écologie offre un cadre d'analyse et des solutions au déclin de la biodiversité
- Les droits de propriété, les politiques publiques, prenant en compte les spécificités écologiques, peuvent être modélisées
- A l'heure du *big data*, anticiper le changement requiert la modélisation