

Cours 3. Transformabilité : la théorie des cycles adaptatifs

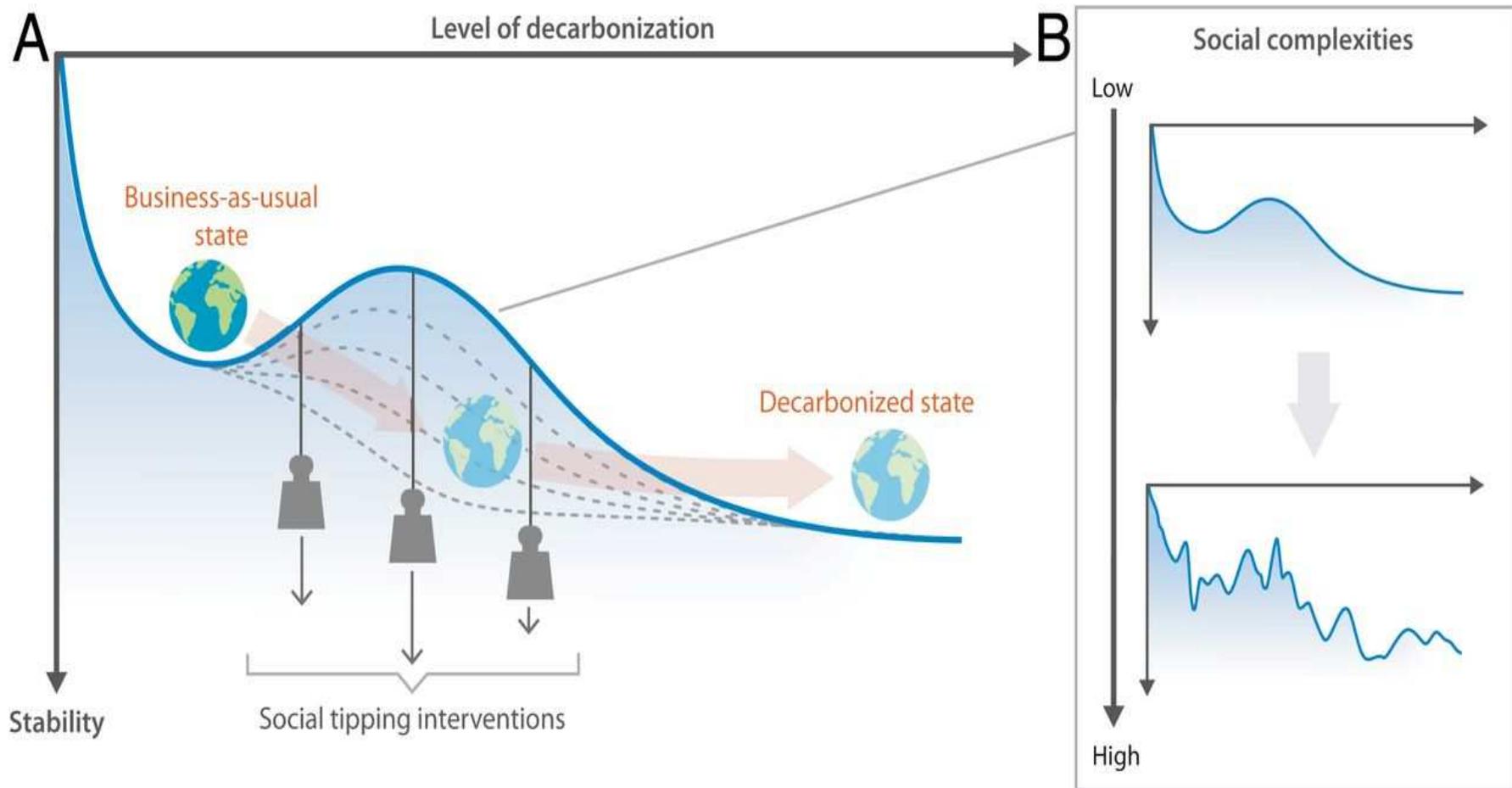
Notion d'adaptabilité dans les socio-écosystèmes

- Maintenir un régime écologique, face aux perturbations, incertitudes, pressions sociales....

Transformabilité

- Anticiper, gérer et tirer opportunités des changements de régime
- Notamment face aux variables de forçage (changements globaux...)

Transformabilité : décarbonation, vue comme des interventions sur des points de basculement sociaux (et voir Diaz et al. 2019, Science, pour la biodiversité)

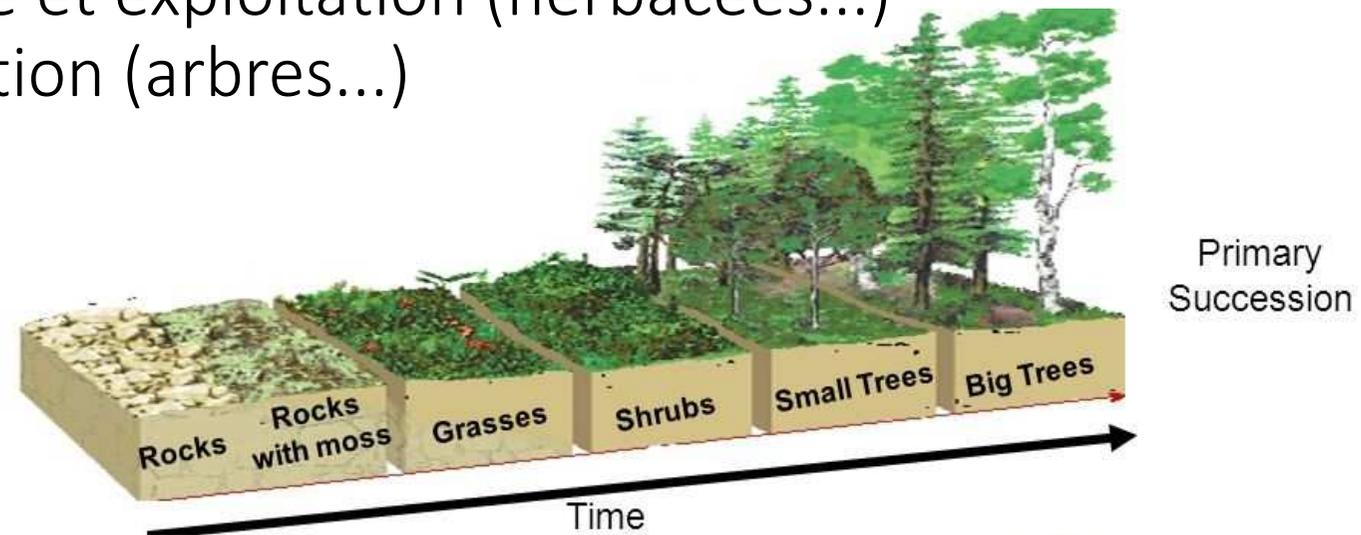


Otto et al. 2020, 2354-2365

PNAS

Issue de la notion de 'succession écologique' : deux phases

- r : croissance et exploitation (herbacées...)
- K : conservation (arbres...)



*Deux types de succession
écologique dans des
écosystème terrestres*



Quels phénomènes entre fin et début de la succession ?

→ Proposition de deux phases, relâchement et réorganisation

Phénomènes associés au relâchement (de la biomasse –capital- stockée par l'écosystème en place) et à la réorganisation de cet écosystème

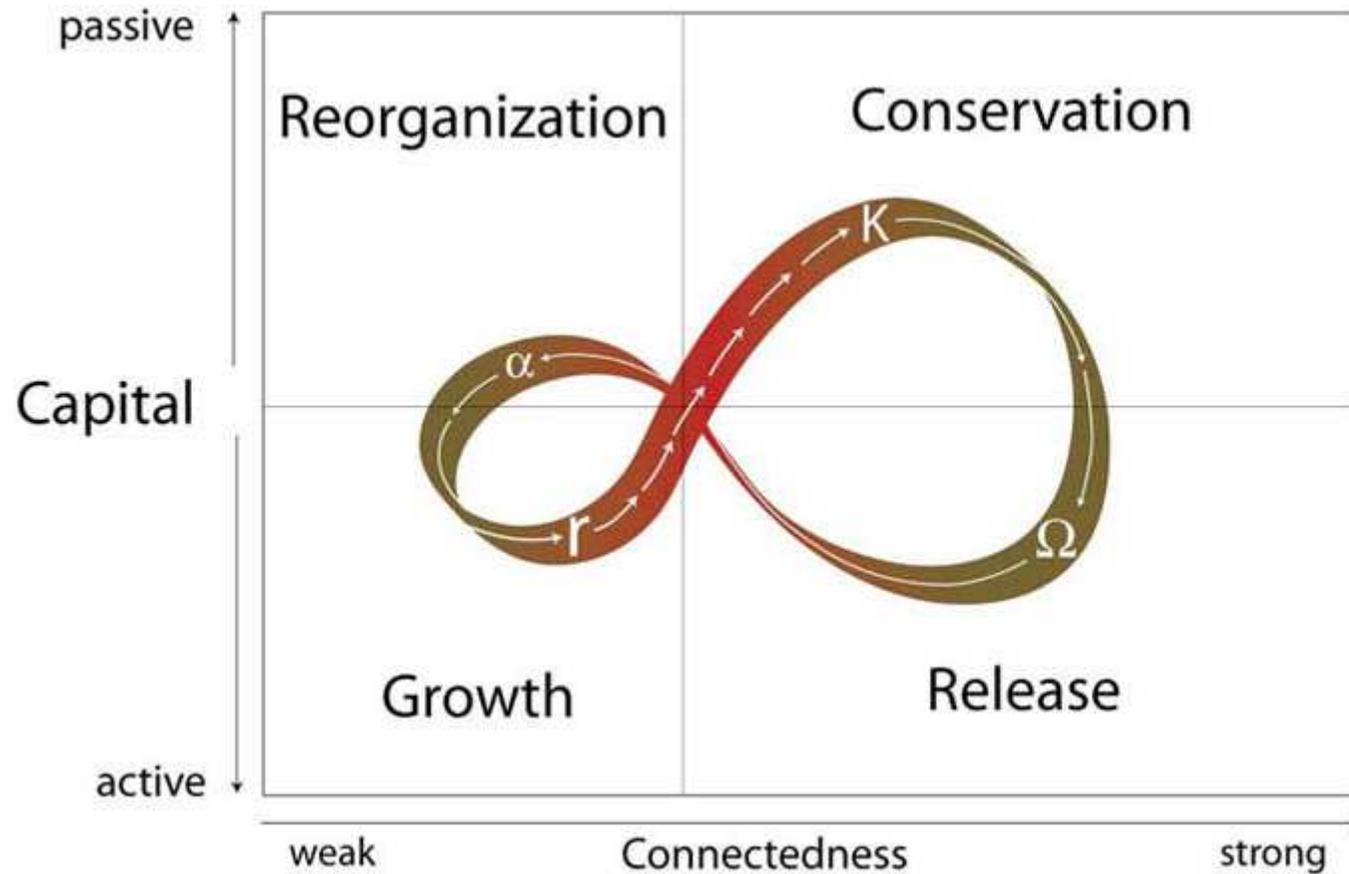
Relâchement

- Impossibilité de maintenir le système dans son état présent, face aux variations lentes
 - Endogènes : variations démographiques, des chaînes trophiques, des substrats biophysiques (en interaction)
 - Exogènes : variations du voisinage, changements globaux, perturbations
- Pertes, désorganisation, des entités biophysique

Réorganisation

- Recyclage des ressources désorganisées après relâchement
 - Bois mort, capital humain abandonné (voir la ville de Detroit)...

Théorie des cycles adaptatifs : les socio-écosystèmes passent par quatre étapes successives (Gunderson and Holling, 2002, Panarchy)



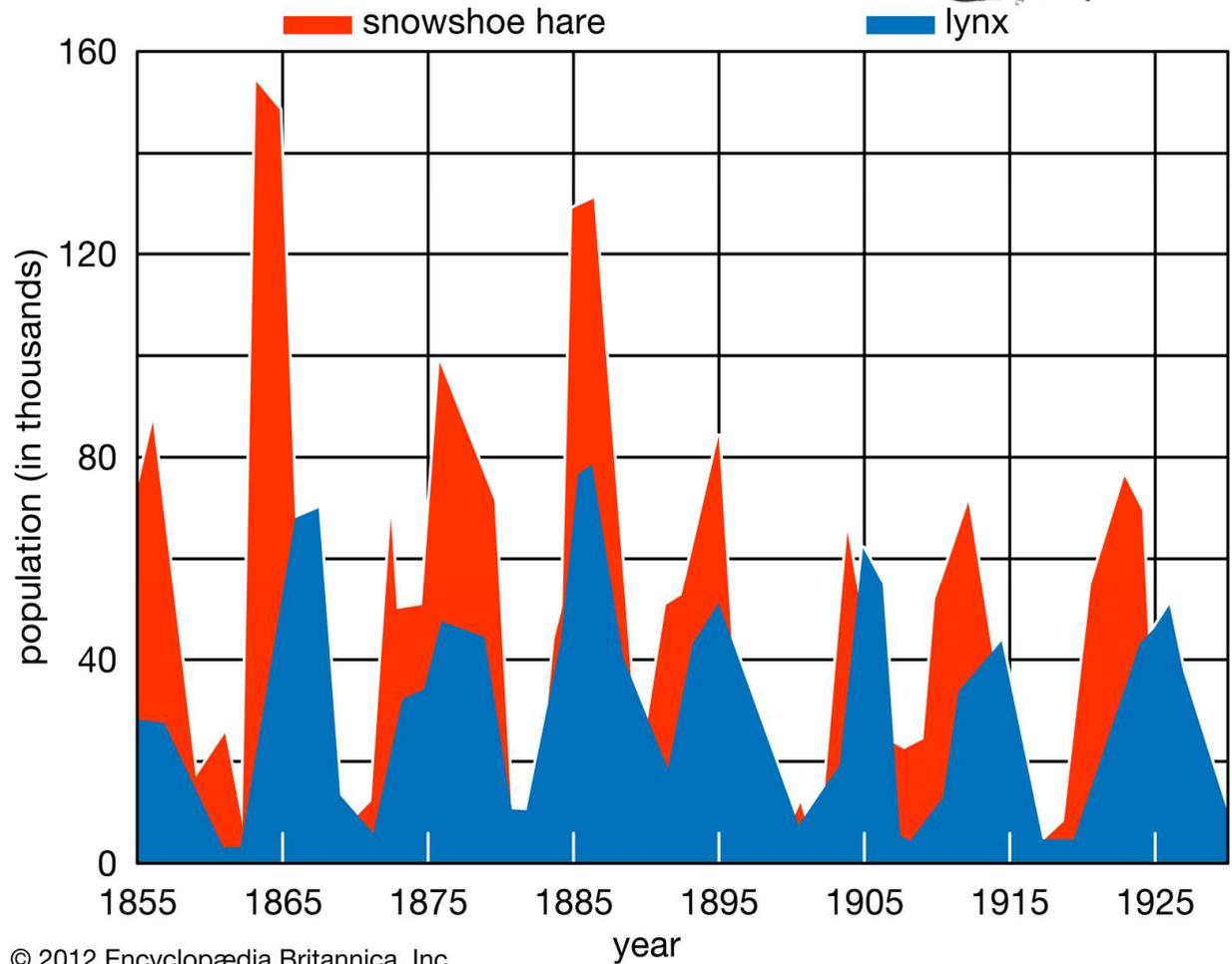
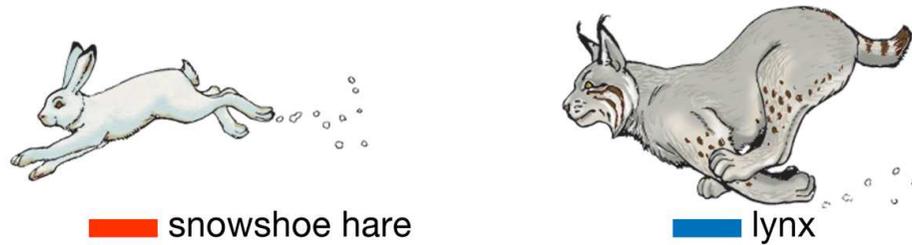
Statut scientifique ?

- Théorie
- Heuristique
- Cadre de réflexion

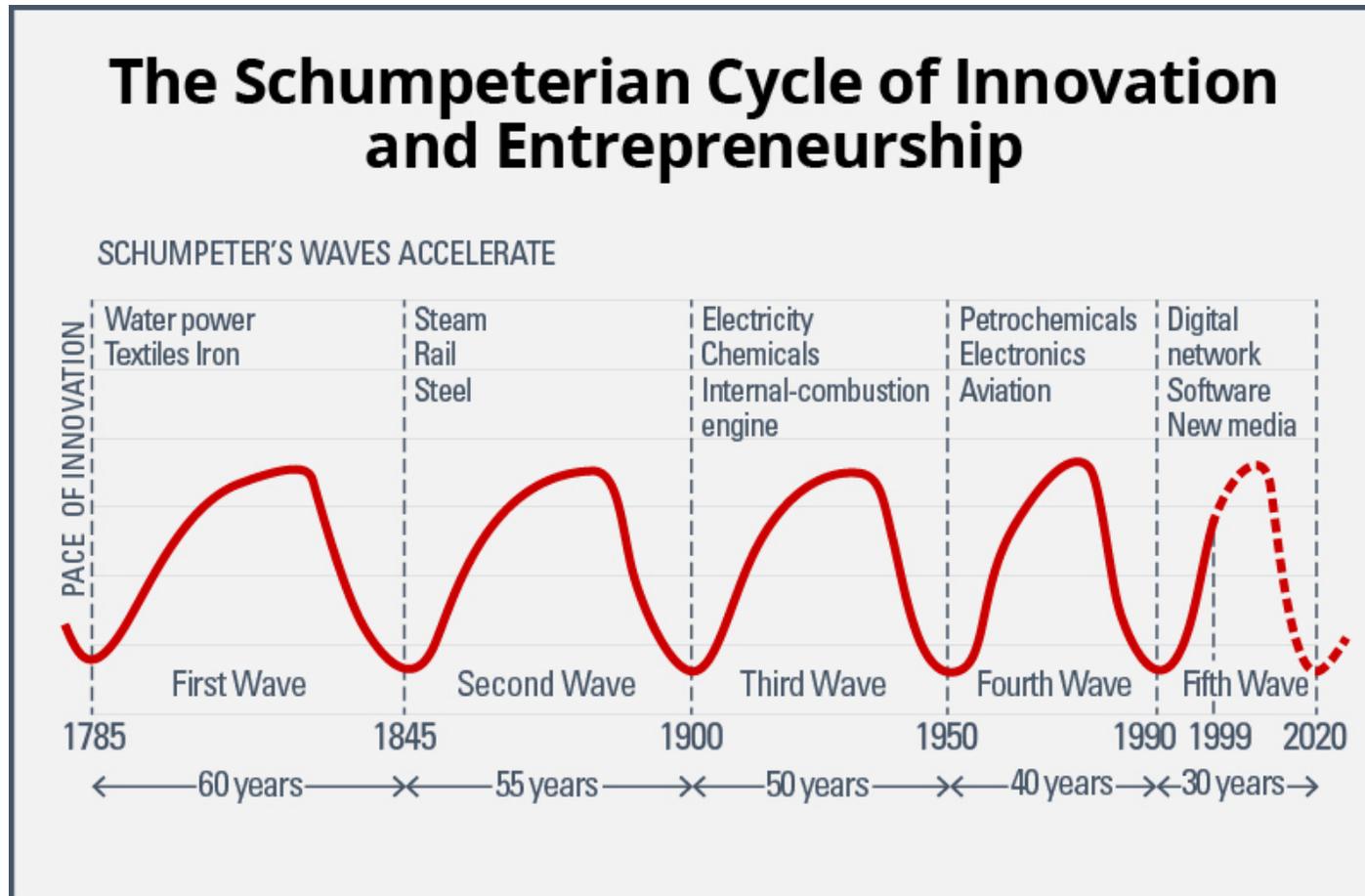
Ajoute deux stades à la théorie de la succession

- Omega : crise-effondrement
- Alpha : réorganisation, à partir des ressources existantes (exploitation du bois mort après tempêtes)

Cycles de populations : quatre phases ? Variations de la biologie des espèces (fécondité..)

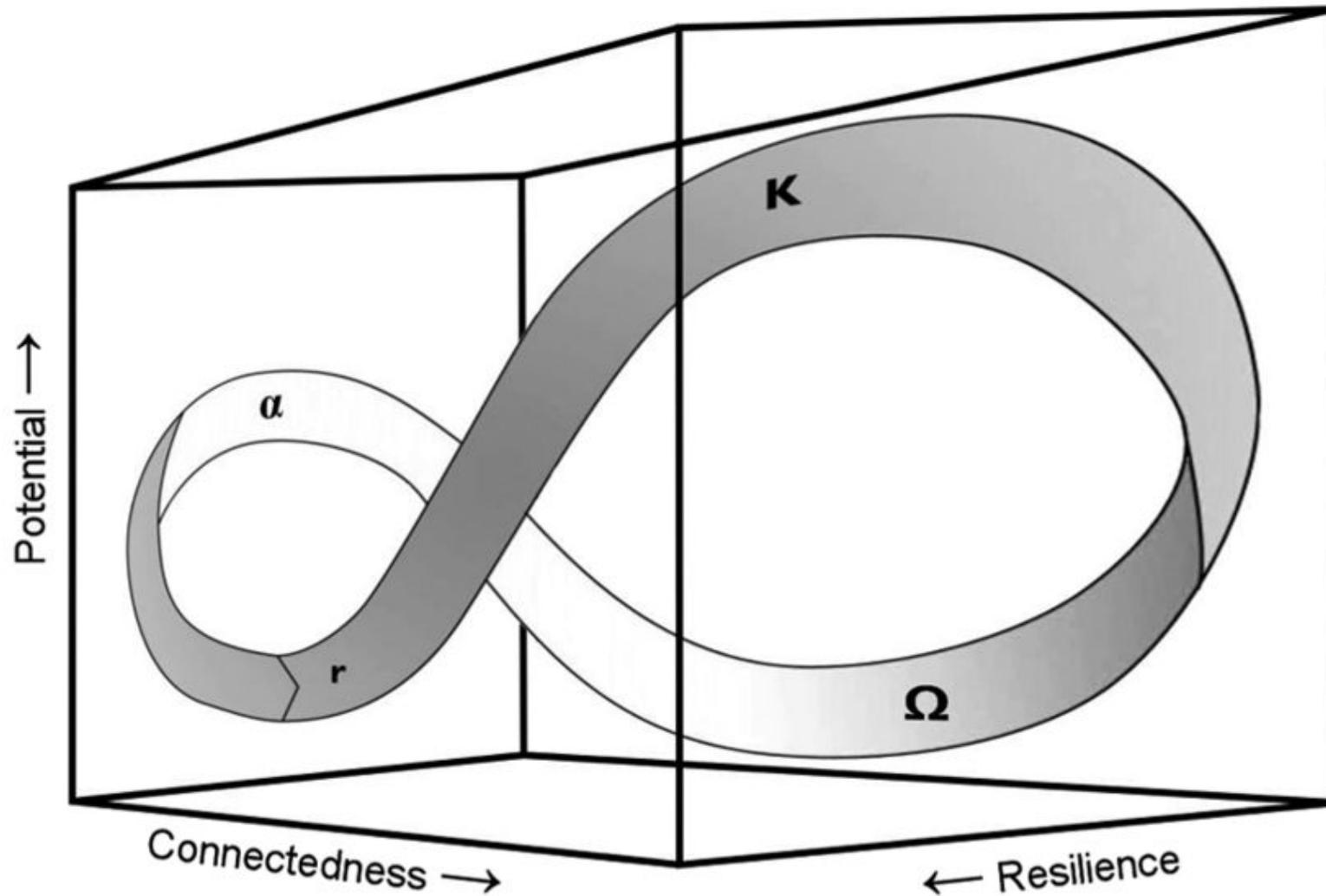


Théorie comparable en Economie : la destruction créatrice (Schumpeter)



Crise et réorganisation conduisent à un nouveau cycle de croissance économique (remplacement du tissu entrepreneurial)

Socio-écosystèmes : dynamique selon des cycles adaptatifs

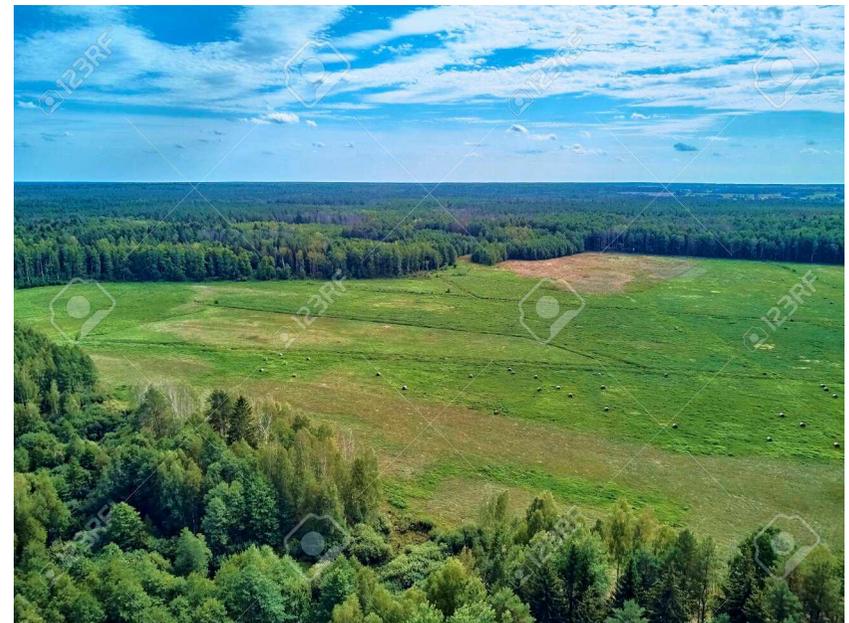


Cycles en trois dimensions : potentiel, connectivité, résilience

Cycles adaptatifs : quatre phases (Faith et al. 2015, Ecology and Society)

	Nom(s)	Caractéristiques
r	Croissance Exploitation	Ressources abondantes, individus opportunistes Croissance rapide du capital social, et/ou naturel stocké (contrôlé)
K	Equilibre, ou Conservation	Capital social et naturel stocké, contrôlé, au maximum Résilience minimale
ω	Transition critique (relâchement, crise..)	Dissolution des organisations en place
α	Réorganisation, Réorientation, Innovation	Combinent de nouveaux acteurs, selon de nouvelles configurations

Notion de capital stocké : cas de l'agriculture



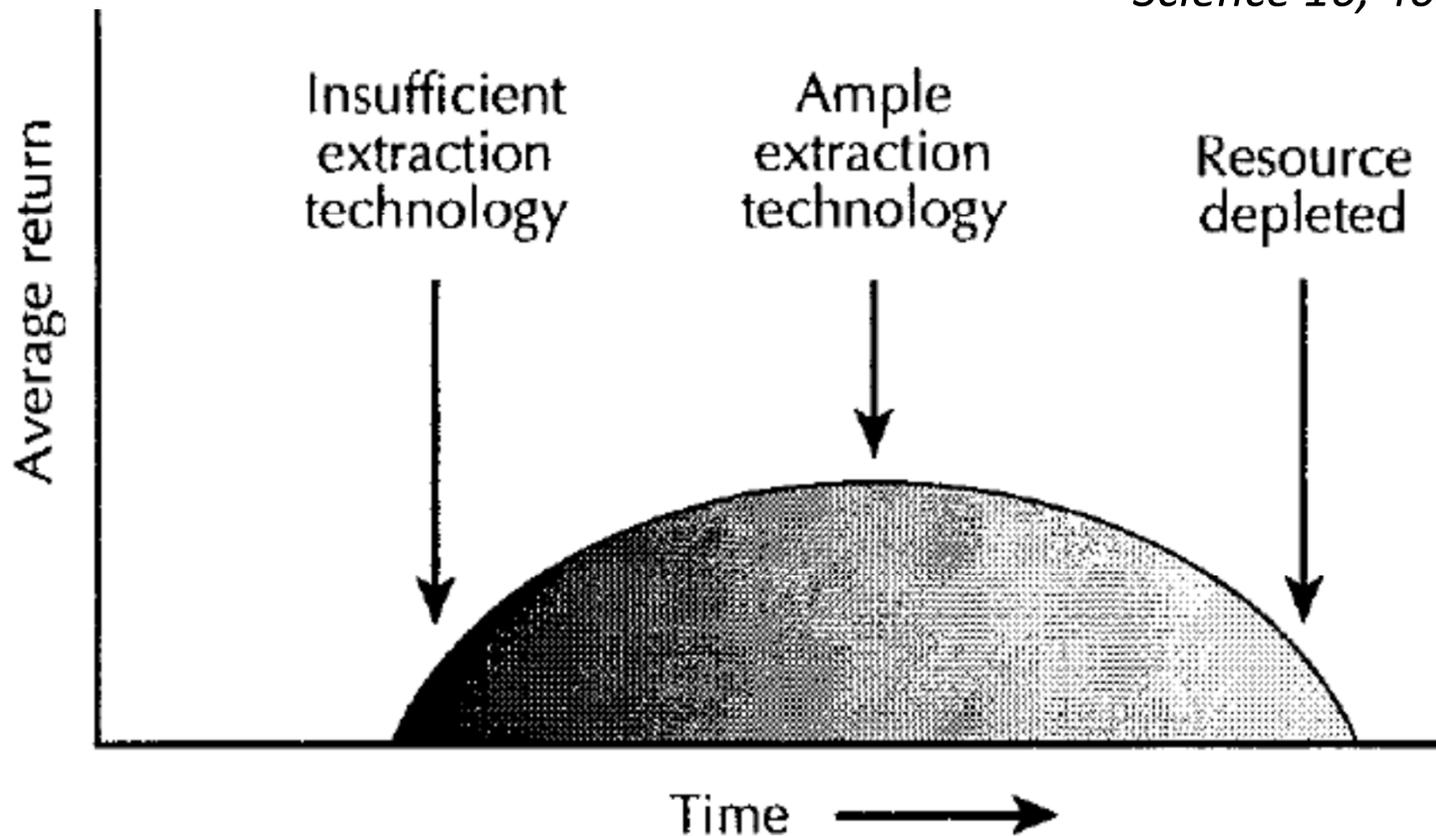
Notion de relâchement (crise) inéluctable

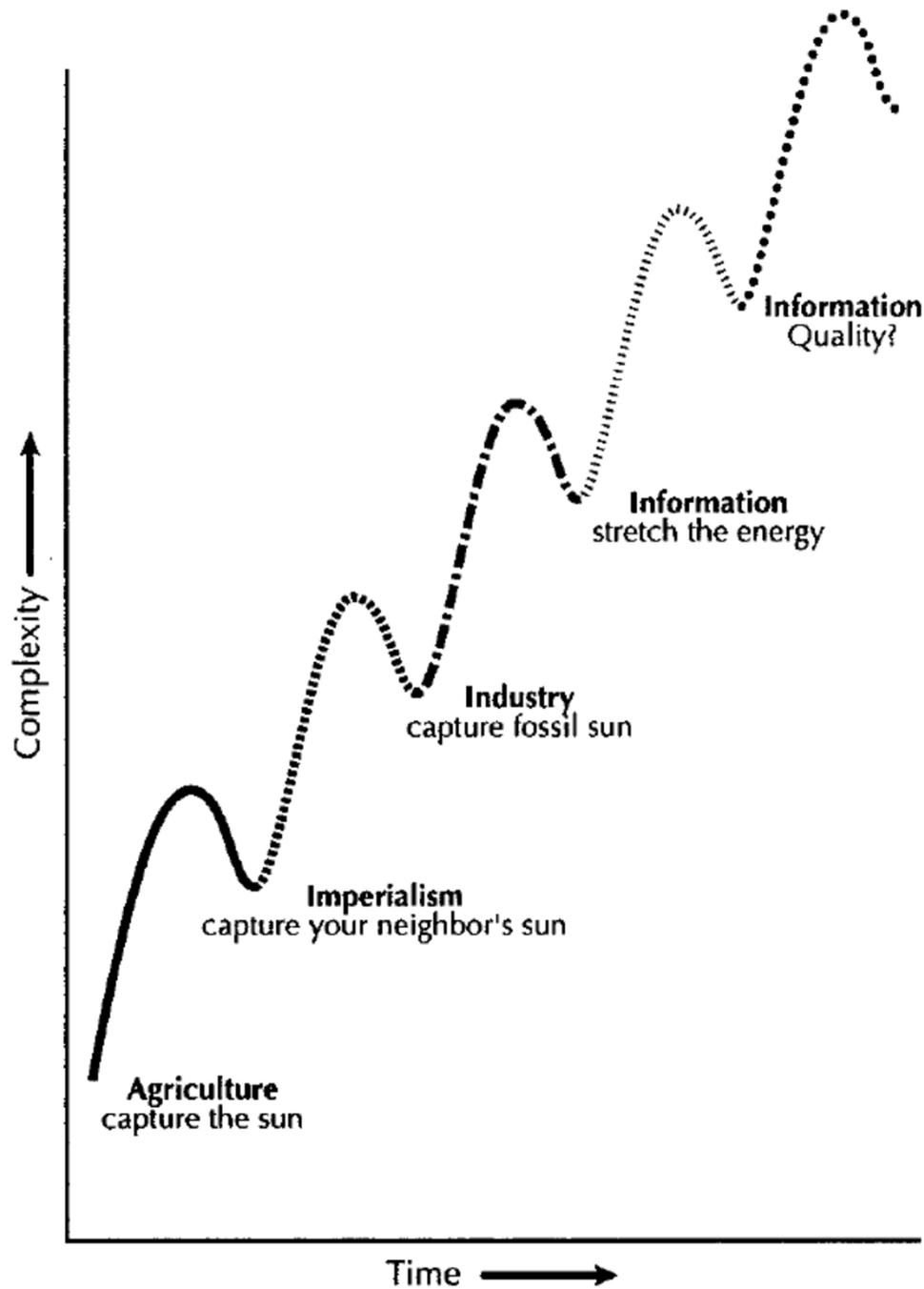
- Croissance des populations
 - Ingéniérie et augmentation de la capacité de charge (voir Malthus et Darwin)
- Coévolution (proies-prédateurs, compétiteurs, hôtes pathogènes)
 - Résistance aux antibiotiques, pesticides
 - Maladies infectieuses

Notion de crise inéluctable : cas général des ressources naturelles pour les humains?

Associé à l'exploitation de la ressource

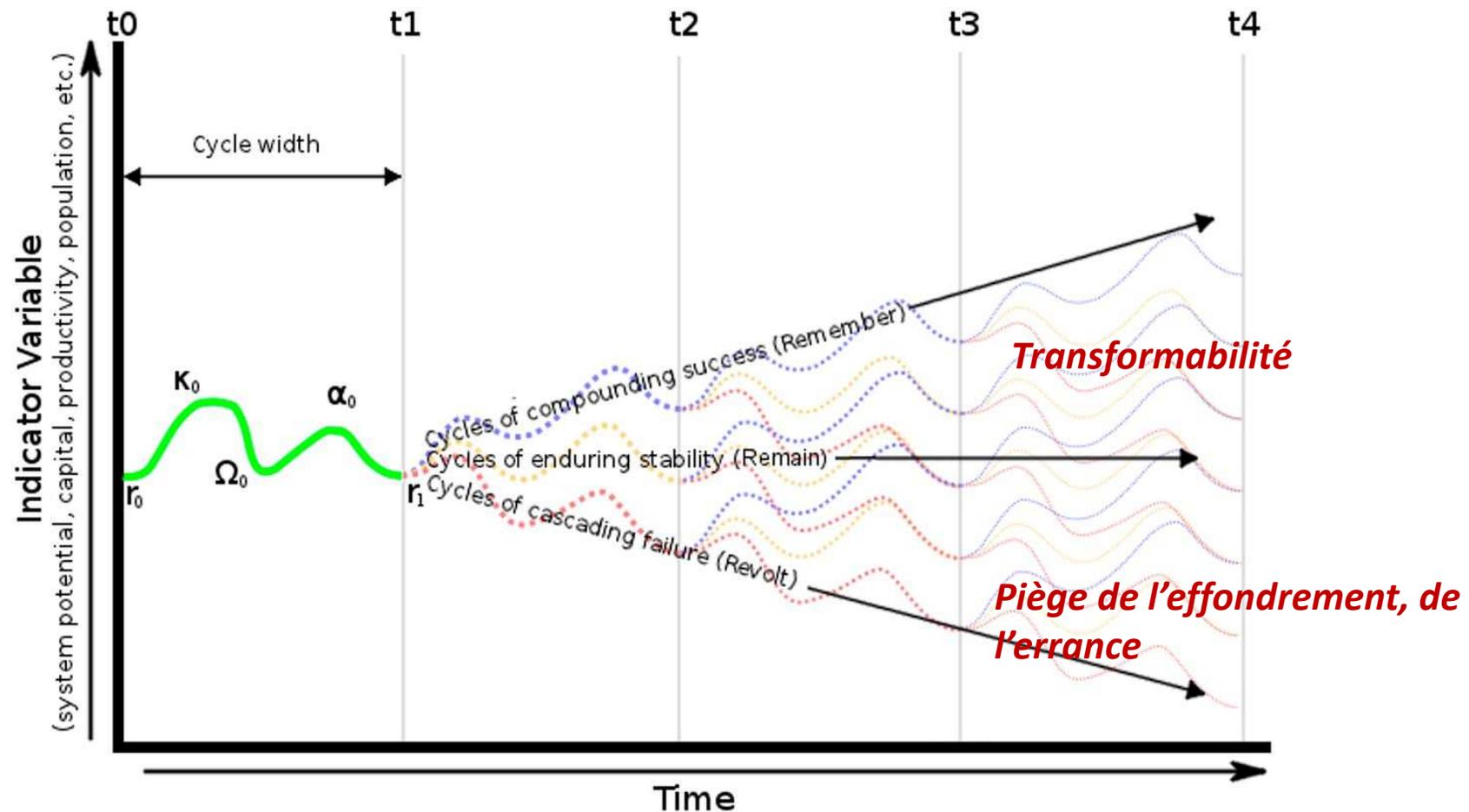
Allen et al. 1999. Systems Research and Behavioral Science 16, 403-427





Cycles successifs d'exploitation de l'énergie par les humains ? (Allen et al. 1999)

Enjeux de la transformabilité : au-delà des transitions critiques, trois dynamiques de moyen terme (Ullah et al. 2015, PNAS) ?



Notion de 'piège' dans les cycles adaptatifs

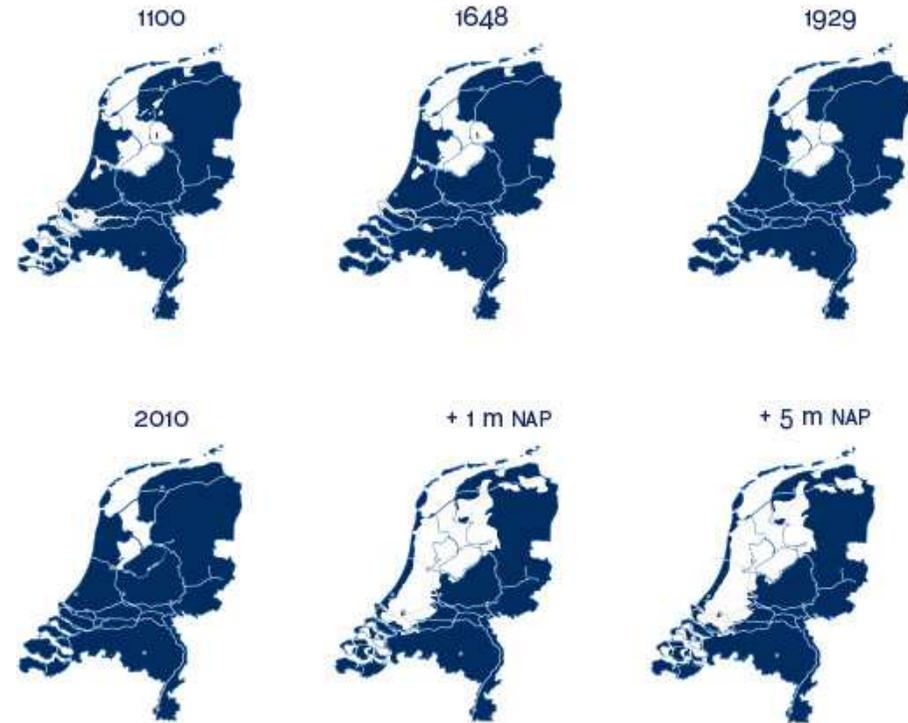
- *'Situations in which interactions between humans and their environment reinforce unsustainable outcome'* (Faith et al. 2015)
- Diverse unsustainable outcomes, which might lead to collapse, associated to adaptive cycles

Quatre types de pièges dans les cycles adaptatifs (from Faith et al. 2015, Ecology and Society)

Phase	Type de piège	Caractères majeurs du piège	Conséquences
r	Sur-exploitation	Perpétuation de la croissance	Précocité, gravité de la crise
K	Rigidité (verrou)	Perpétuation du status quo	Précocité, gravité de la crise
ω	Dissolution	Incapacité à improviser, maintenir les fonctions vitales	Stagnation
α	Errance	Absence de direction (résulte des pièges précédents ?)	Pauvreté du cycle suivant

Résilience des cycles adaptatifs : capacité à naviguer à travers les quatre phases, éviter les différents pièges (i.e. la résilience écologique n'est faite d'improvisation durant une crise)

Perpétuation de la croissance
(piège de la sur-exploitation).
Pays-Bas : influence du
niveau de la mer, de sa
montée, sur la quantité de
terres émergées



Au-delà des
digues, d'autres
réponses

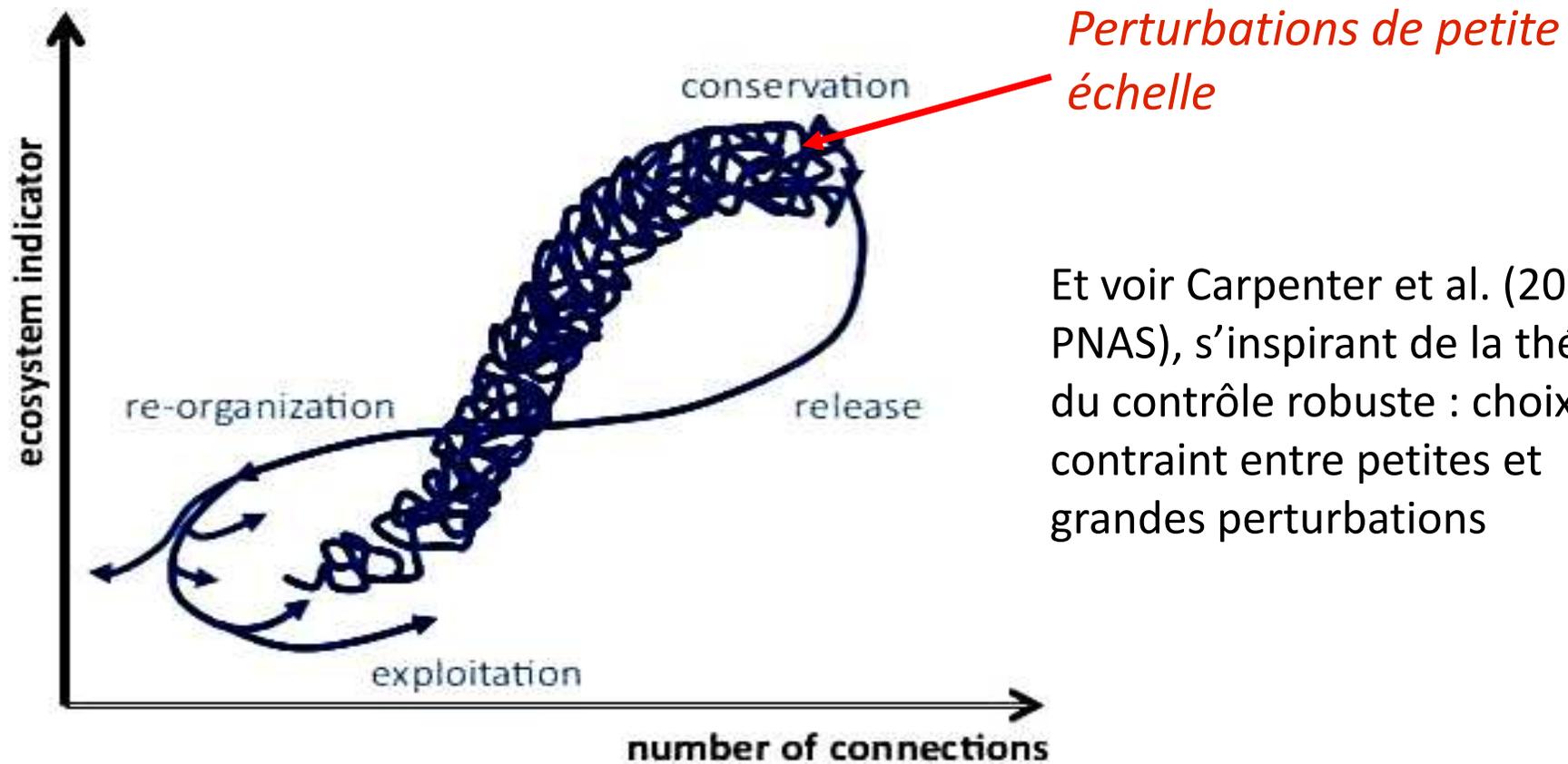


Piège de la conservation (rigidité) : politique de prévention des feux dans le SW USA, XXe

- Feux majeurs à la fin du XXe (espaces naturels)
 - Augmentation de la quantité de matériel ignifuge au XX, due au succès de la politique de prévention des feux
 - A comparer aux pratiques traditionnelles d'écobuage



Evitement de la rigidité : politique des petites perturbations (Faith et al. 2015, Ecology and Society)



Et voir Carpenter et al. (2015, PNAS), s'inspirant de la théorie du contrôle robuste : choix contraint entre petites et grandes perturbations

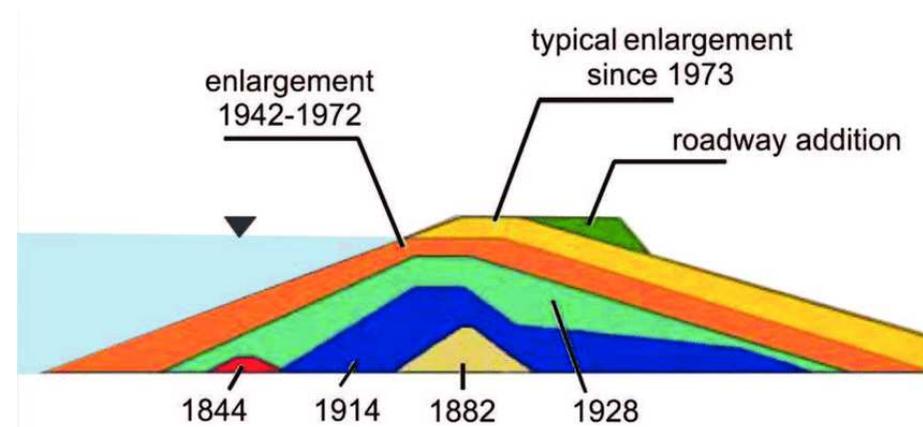
- Eviter un effondrement majeur
- Enjeux politiques : qui est affecté par ces perturbations ? (gestion de la crise sociale par les élites : voir risk management, corporate risk analysis, Walker and Cooper, 2011, Security Dialogue)

Piège de la rigidité : prévention des crues par des digues, barrages, cas de la Nouvelle-Orléans



Digues du Mississippi

- Plus de 5 000 km
- Initiées en 1771 (à la Nouvelle-Orléans)



Quid des grandes perturbations (nouvelle-orléans, 2005)?



Rigidité ? Cas général des deltas et des zones côtières (Tessler et al. 2015, Science)



- Fortes densités humaines, en augmentation (plus de 300 millions d'humains)
- Vulnérabilité climatique : subsidence deux à 10 fois supérieure aux régions voisines (Rhin, Gange, Mississipi. Diminution du dépôt des sédiments, due aux digues et barrages. Exemple du Nil)

‘Piège de la rigidité’ (et de la sur-exploitation ?) : Bassin-versant de la Murray-Darling ? (voir Walker 2004)

Australia's Murray-Darling basin

Australia's Murray-Darling basin encompasses two major river systems but years of siphoning off water to irrigate crops has devastated waterways.



Source: Murray-Darling Basin Authority

Staff, 20/09/2015

REUTERS

Quelle gestion de l'aridification
: s interactions entre :

- Salinisation des sols
- Distribution des droits d'accès à l'eau (système récent d'enchères)

Deux rigidités social-écologique majeures (ou verrous)

Agriculture : rigidité technique associé à l'uniformisation des paysages, la standardisation et uniformisation des pratiques

-Pratiques : machines puissantes, intrants de synthèse (engrais et pesticides)

-Paysages agricoles : parcelles de grandes tailles, sans haies

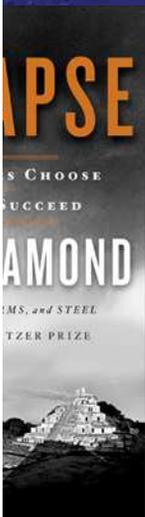
-Forte productivité du travail (quantité produite)

→ voir Vanloqueren and Baret (2009, Research policy)

Energie : rigidité politique associé aux énergies fossiles

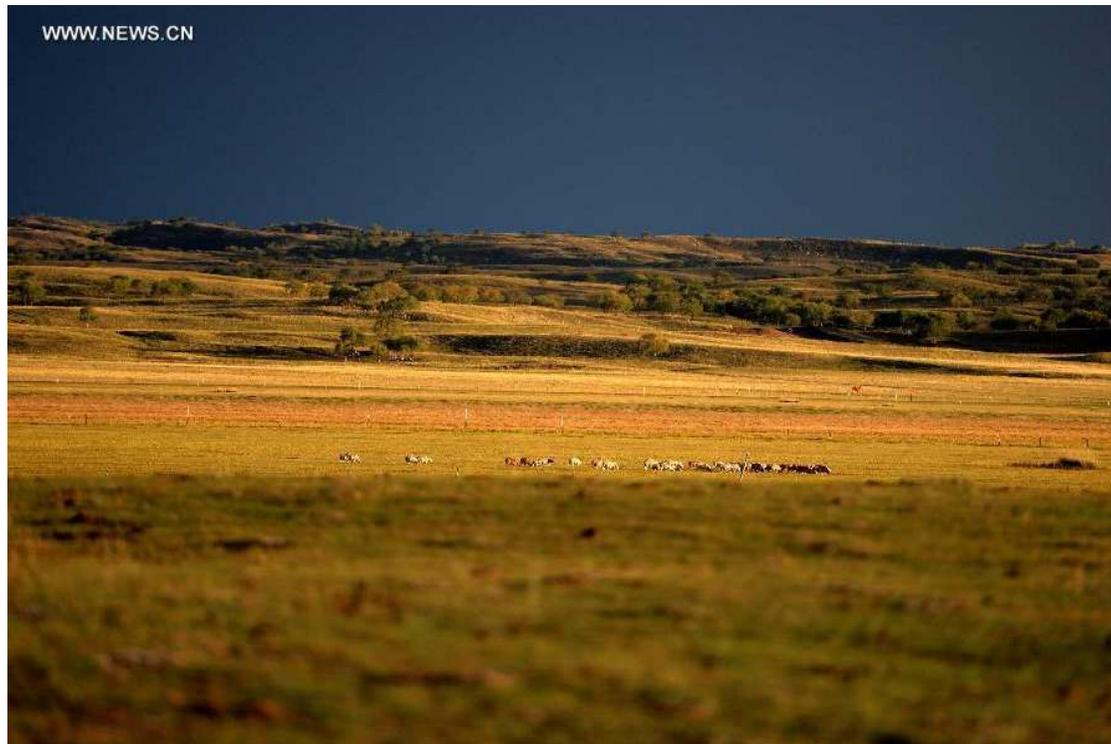
• Styles de vie, associés à un faible coût de l'énergie

• Revenus nationaux dépendant de la quantité d'énergie utilisée (Allen et al. 1999)



Piège de la dissolution ? Cas documentés chez les humains

Piège de l'errance, causée par un manque de ressources après une forte sur-exploitation (absence de diversité, de capacité de réorganisation, de colonisation par les végétaux)



Steppes du Nord de la Chine (agriculture depuis 5 000 ans) :

- Un type nouveau d'écosystème, dégradé

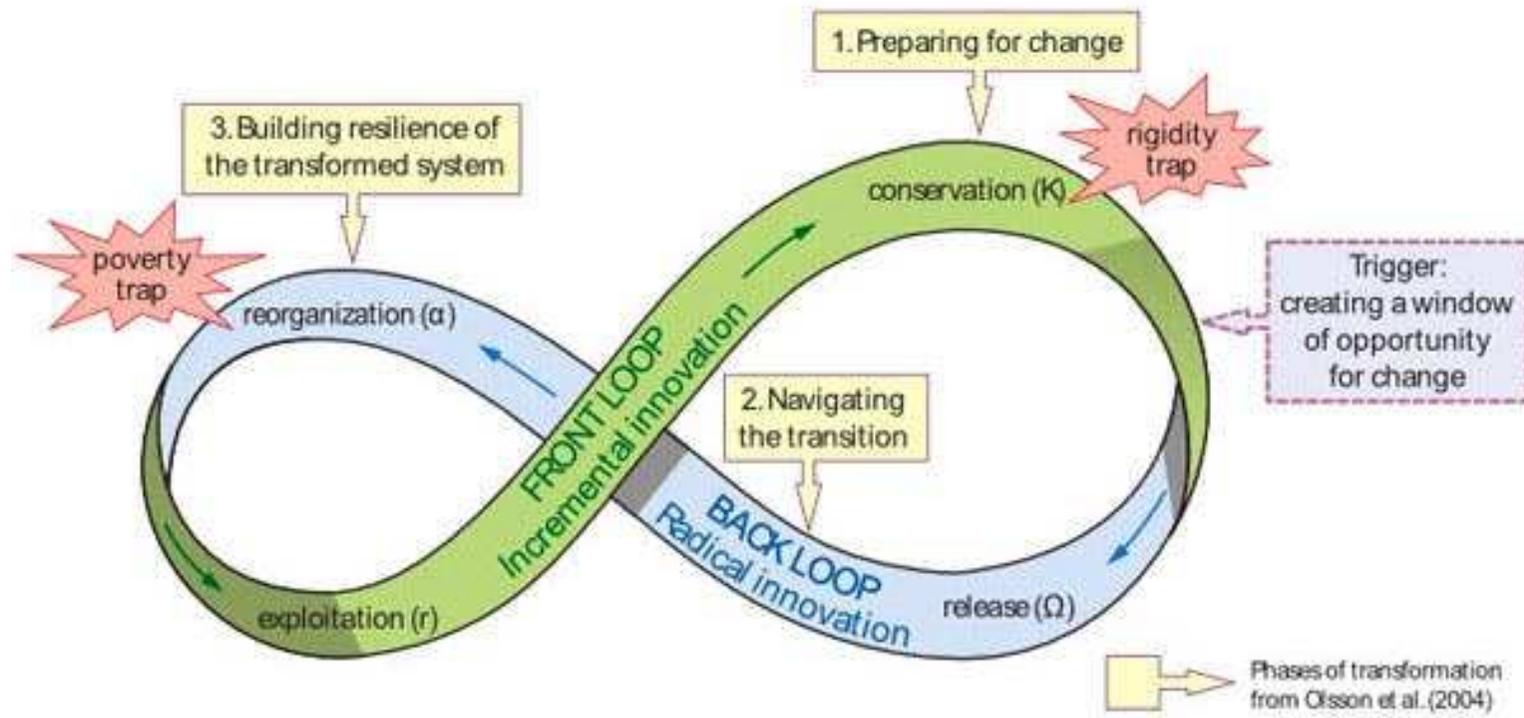
Maintenir, restaurer, la diversité biologique et sociale locale, structural et fonctionnelle



En agriculture :

- Paysages Multifonctionnels
- Systèmes Agraires diversifiés
- Projet de l'agro-écologie
- *Des socio-écosystèmes divers, mieux adaptés à des changements sociaux et environnementaux, rapides et imprévisibles (moins optimisés)*
- *Et voir Holling (1973), critique du papier de May (1972) sur la relation entre complexité et stabilité d'un système*

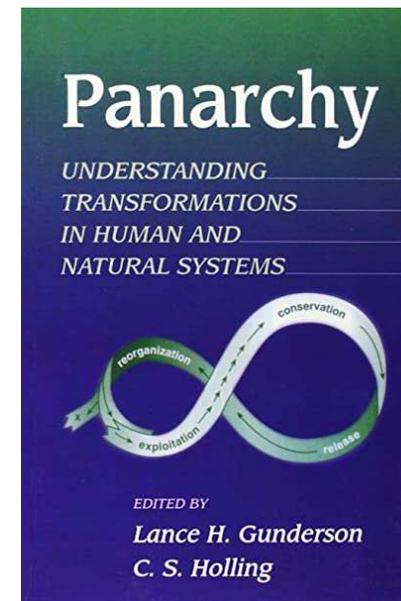
Une vision 'adaptationniste' des cycles adaptatifs



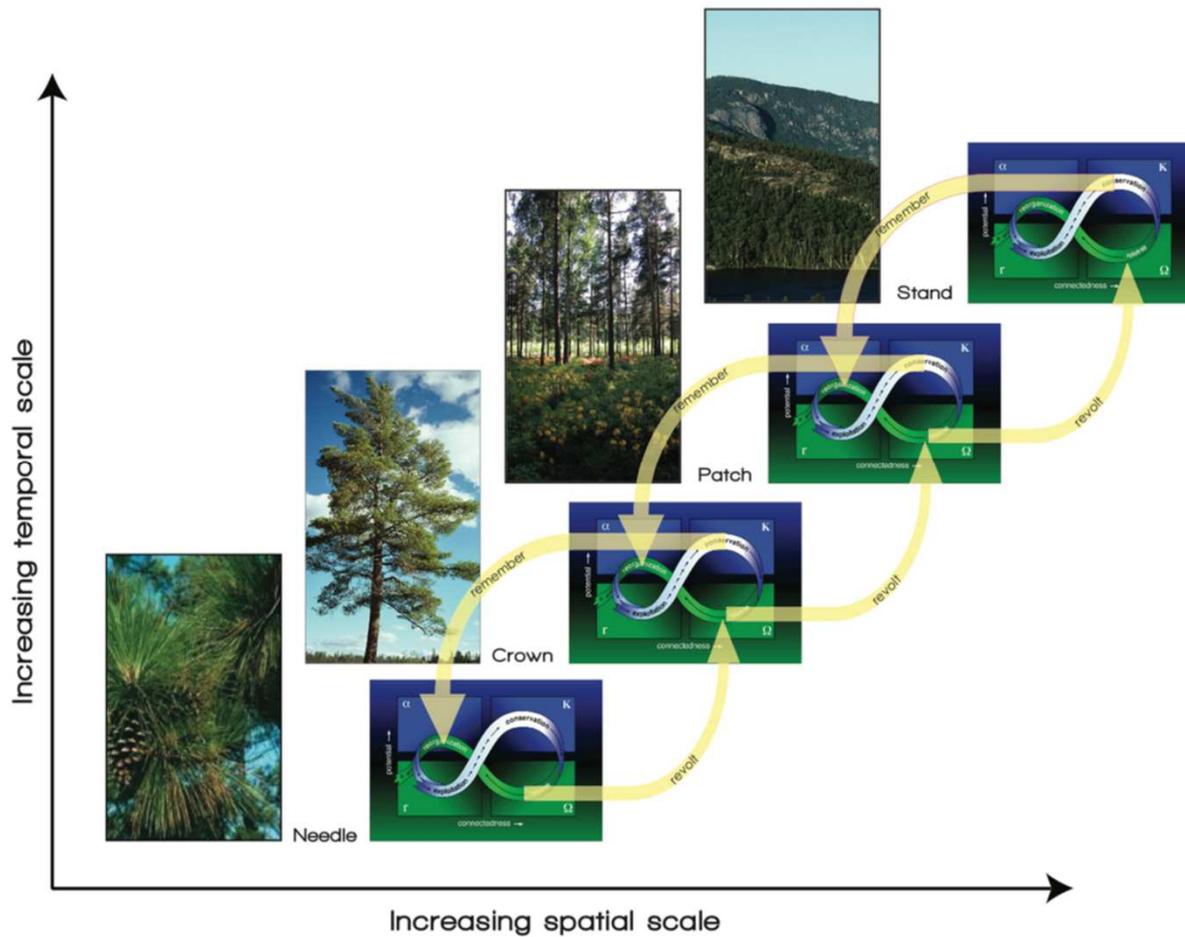
Transformabilité : relation entre les différentes échelles

Notion de Panarchie

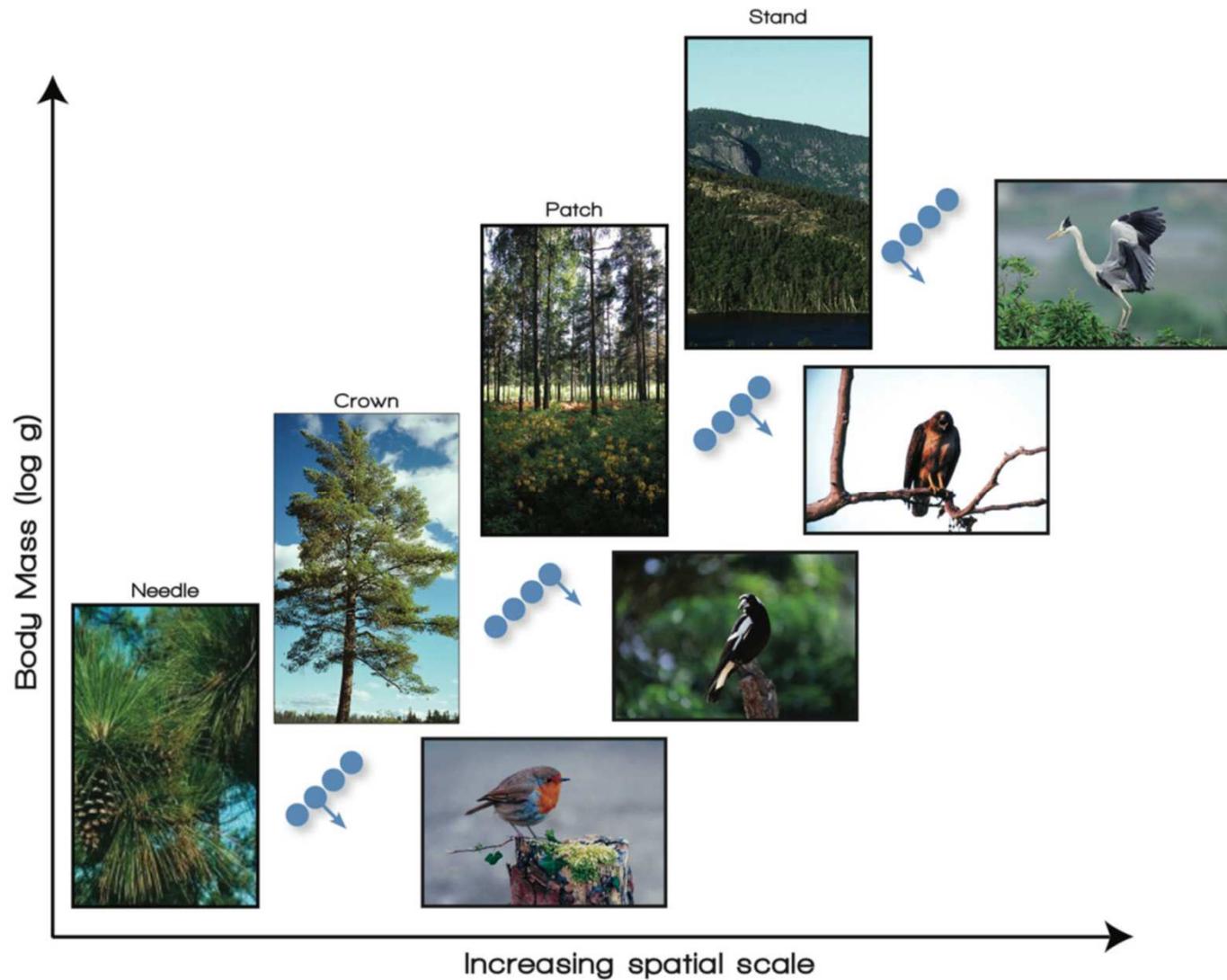
- The structure in which systems, including those of nature (e.g., forests) and of humans (e.g., capitalism), as well as combined human-natural systems (e.g., institutions that govern natural resource use such as the Forest Service), are interlinked in continual adaptive cycles of growth, accumulation, restructuring, and renewal



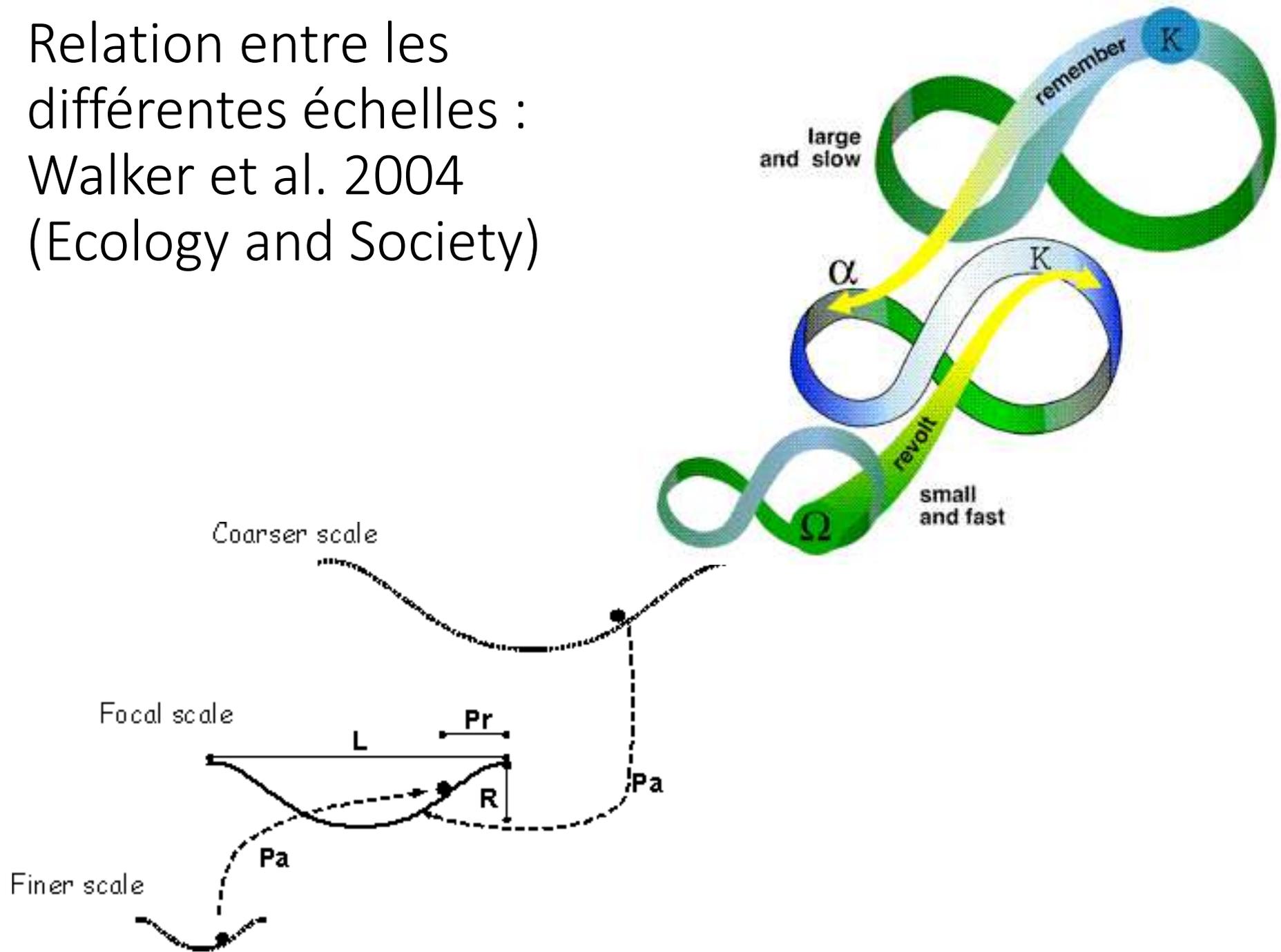
Panarchie : relation entre échelles



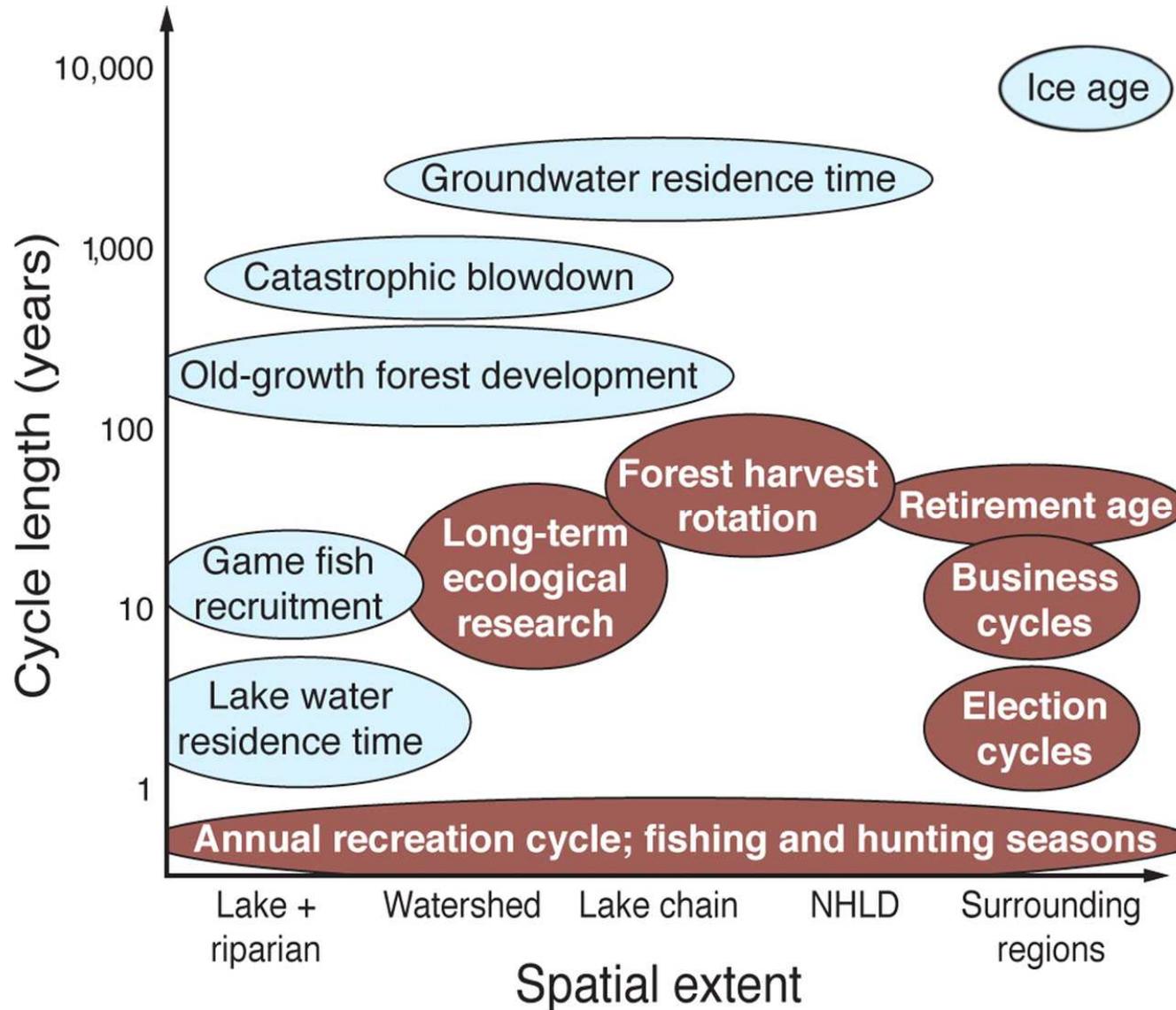
Panarchie : conséquences sur la structuration des communautés (comme reflet des cycles adaptifs)



Relation entre les
différentes échelles :
Walker et al. 2004
(Ecology and Society)



Diversité des échelles spatiales et temporelles des cycles écologiques (bleu) et sociaux (marron) dans le cas de la gestion de la pêche en lacs



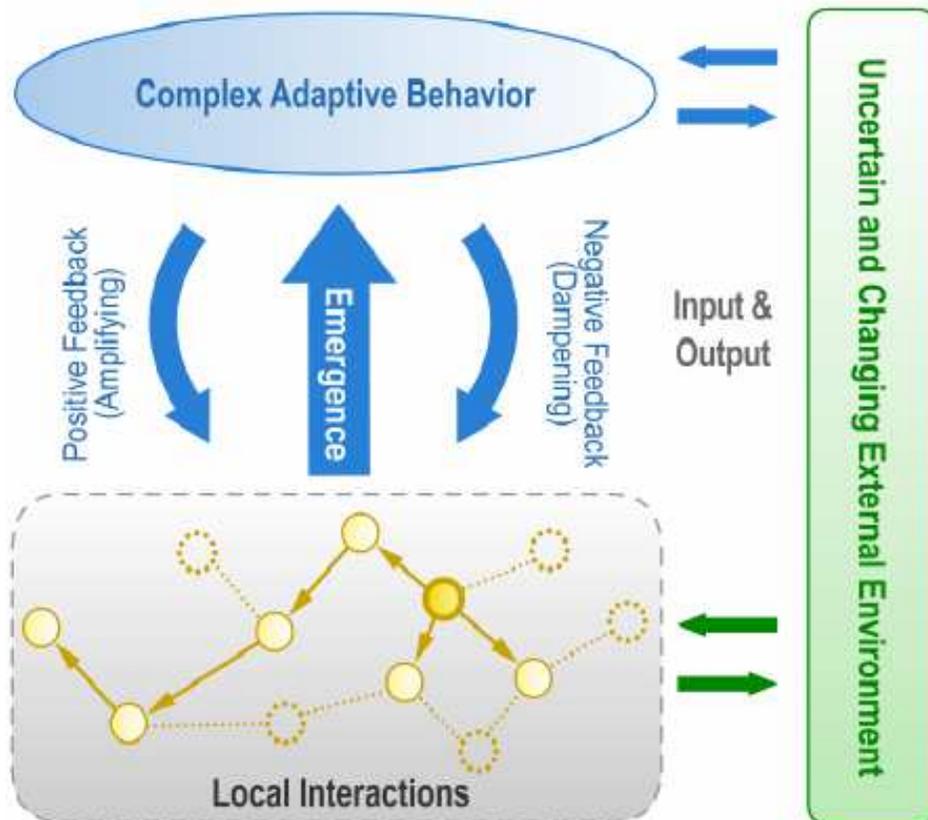
Brock, and
Carpenter
2007 15206-
15211

Une adaptation aux risques de macro-perturbation :
gestion différenciée (ou gestion harmonique, raisonnée
durable, évolutive durable...)



Gestion des espaces variant selon l'intensité
et le type de mesures de gestion

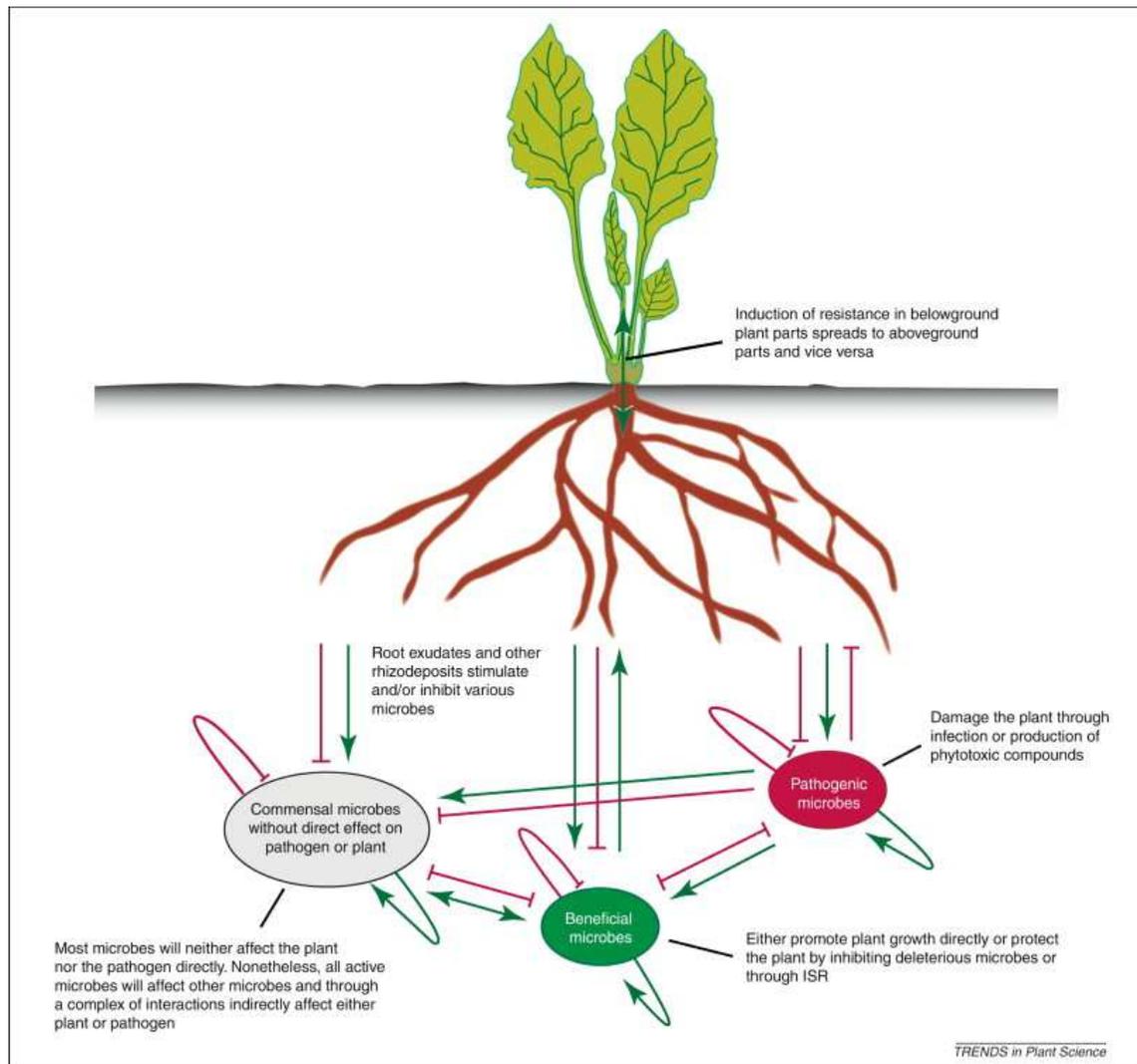
Notion de système adaptatif complexe, CAS (Levin 1998)



Les socio-écosystèmes présentent des capacités d'adaptation et de transformation, à trois conditions

- Diversité et individualité des éléments
- Interactions locales entre ces éléments
- Sélection entre ces ensembles, à capacité d'autoreproduction

CAS : une illustration (?), les relations entre plantes, rhizosphère et micro-organismes du sol (comprenant mutualistes comme pathogènes)



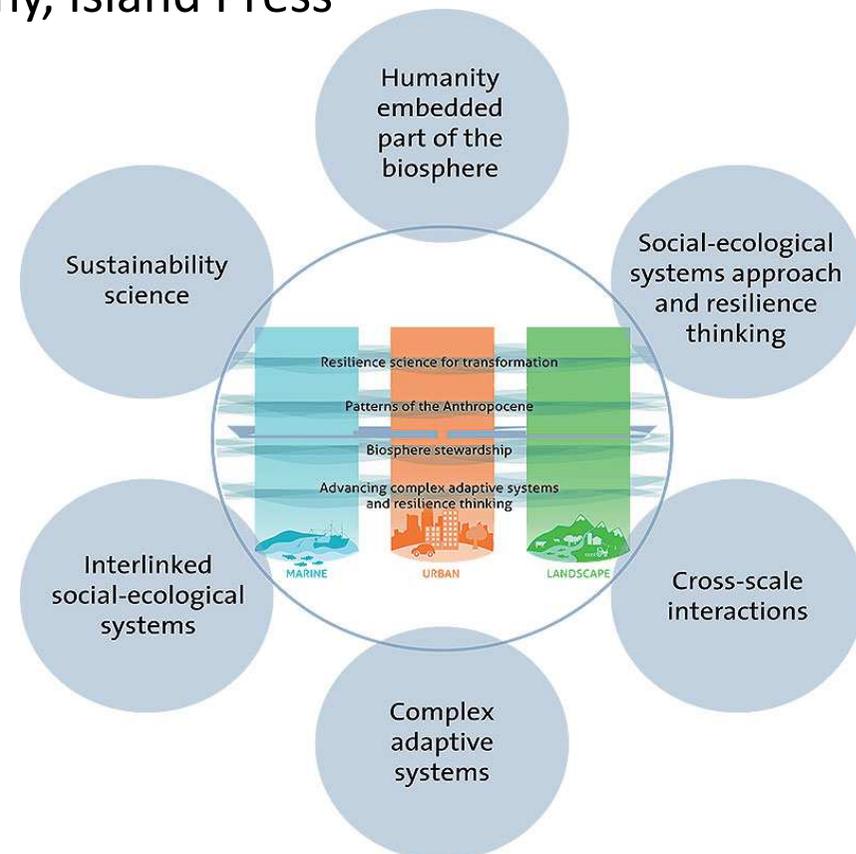
Lindström et al. (2010, Research in microbiology)

Stockholm resilience center



Stockholm Resilience Centre
Research for Governance of Social-Ecological Systems

- *‘Possibilities of an open multi-disciplinary, evolutionary and integrative systems science’* (Abel and Stepp, 2003)
 - Gunderson and Holling, 2002, Panarchy, Island Press
- Principes de la gestion adaptative
- Sciences de la transformation



Questions ?