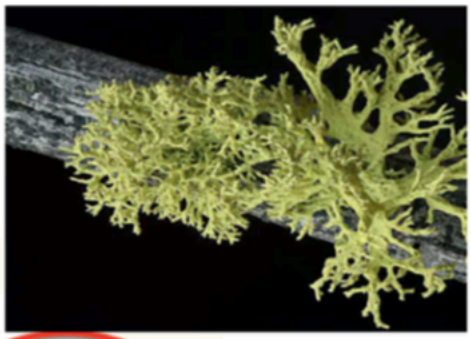
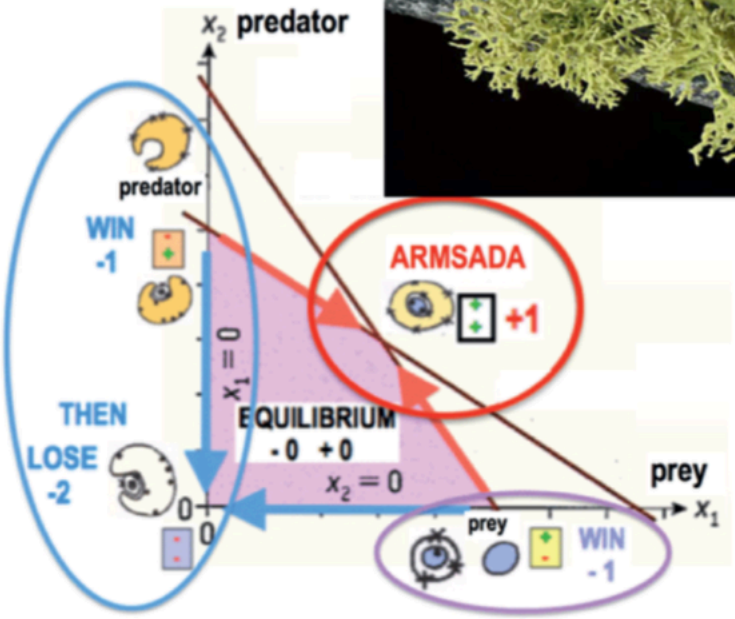
Pierre BRICAGE

ÉTUDE DES SYSTÈMES COMPLEXES :





Le contrat synallagmatique du vivant.

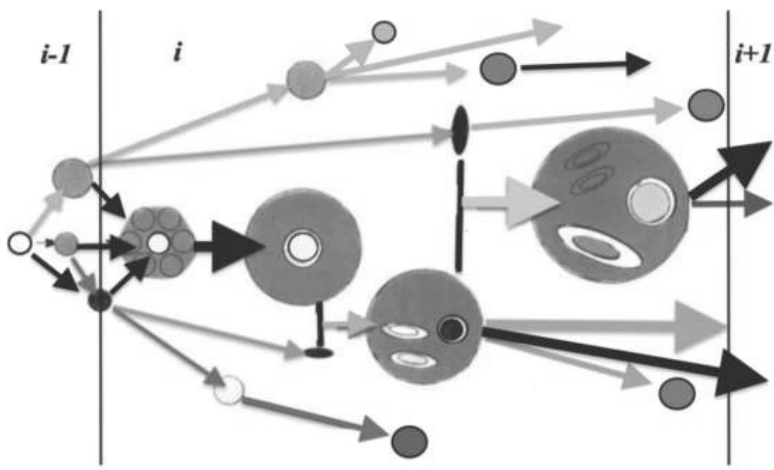
PELLEAS

A la découverte de la science des systèmes :
une enquête holistique et trans-disciplinaire.

Pierre BRICAGE

ÉTUDE DES SYSTÈMES COMPLEXES.

LE CONTRAT SYNALLAGMATIQUE DES SYSTÈMES VIVANTS : Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés.



creative commons

http://armsada.eu

http://armsada.eu

Ce livre est publié avec bookelis, http://bookelis.com
ISBN : 979-10-424-4056-5
dépôt légal : février 2025

auteur : Pierre BRICAGE,
https://www.afscet.asso.fr/pagesperso/Bricage.html
http://bricage.fr
Association PELLEAS, 99 avenue du LOUP, 64000 PAU
© **Creative Commons, 2025**





Ouvrages du même auteur

INTRODUCTION À L'ÉTUDE DES SYSTÈMES COMPLEXES. Le système-de-systèmes "élève-maître-classe-école-parents-société". P. Bricage (février 2024), 100 p., 25 figures, https://www.bookelis.com/education/60717-Introduction-a-l-etude-des-systemes-complexes.html

ÉTUDE D'UN SYSTÈME COMPLEXE. RADIESTHÉSIE ET LITHOTHÉRAPIE : LA DYNAMIQUE ÉNERGÉTIQUE DE LA LITHOTHÉRAPIE. P. Bricage (juin 2024), 136 p., 26 figures, https://www.bookelis.com/sante-et-bien-etre/63627-ETUDE-D-UN-SYSTEME-COMPLEXE-RADIESTHESIE-ET-LITHOTHERAPIE.html

PRÉFACE

Après
Introduction à l'étude des systèmes complexes. La modélisation comme outil pour enseigner et former,
ouvrage de travail en distanciel qui résume l'essentiel des concepts et des documents utiles aux participants du module de Formation de Formateurs, AS423, initialement destiné aux formateurs de l'**INSPE** (Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation) de l'Académie de Paris (Service de Formation Professionnelle Continue des enseignants), aux formateurs de l'académie de Paris (maitres formateurs et formateurs académiques), et plus largement aux enseignants-chercheurs de Sorbonne Université, **https://www.inspe-paris.fr,**

cet ouvrage, sur
"les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés", présente ***une application de l'approche systémique à l'étude des systèmes vivants,***
avec *des "parcours aménagés"* au sein de différents niveaux d'organisation des systèmes vivants, dont l'espèce humaine, avec ses multiples **artefacts** socio-culturels, est un acteur comme un autre,
http://armsada.eu.

AVERTISSEMENT

La présence de répétitions dans les exemples, les textes ou les figures est totalement volontaire, afin que chaque chapitre (voir plan pages suivantes) soit **semi-autonome** et puisse être abordé séparément, afin **que la partie soit dans le tout comme le tout est dans la partie**, que le tout se reflète dans chaque partie comme chaque partie se reflète dans le tout.

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Le contrat synallagmatique du vivant.
ARMSADA

PRÉFACE, AVERTISSEMENT
PLAN
INTRODUCTION
QU'EST-CE QU'UN SYSTÈME COMPLEXE ? pp. 11-35
Qu'est-ce que la complexité ? Comment définir un système complexe ?
Figure 1. Niveaux d'intégration : local/global, écoexotope – endophysiotope.
Figure 2. Système : définition (AFSCET groupe de terminologie).
Comment ne faire qu'UN ? : La LOI systémique constructale.
Figure 3. Gouvernance d'un système-de-systèmes. La cellule végétale.
Figure 4. La loi systémique constructale : circularités fonctionnelles.
"interaction is construction, construction is interaction".
Le TOUT et les PARTIES, une approche holistique.
Tout système est un système-de-systèmes.
Figure 5. La loi systémique constructale : percolation et émergence, exaptation.
L'approche systémique :
Quelles limites fonctionnelles à l'auto-organisation ? Quelles lois ?
Figure 6. Un exemple d'écosystème : l'écosystème forestier du bois de Pau,
le TOUT, les parties, comportement global, modélisation fonctionnelle.
La démarche systémique, analytique et synthétique, holistique.
LOIS d'auto-organisation systémique.
La démarche scientifique expérimentale.
Figure 7. CyberSystémique : interactions de régulation, d'ordre 1 et d'ordre 2.
Figure 8. Loi systémique constructale : des lois puissance d'ordre n, p.
Figure 9. Processus cyber-systémiques : cycles temporels.
Planche 1. CyberSystemics : words, concepts, authors
Résilience ou émergence ?
Planche 2. For the one to survive the other one must survive first**.**

LA NATURE DE LA VIOLENCE DANS LA NATURE pp. 37-57
Violences liées à la surpopulation au sein d'un niveau d'organisation :
l'individu et l'espèce, entités **antagonistes**.
Figure 1. Niveaux d'organisation : local/global, écoexotope – endophysiotope.
(systèmes, acteurs, actions, interactions, espace-temps, limites et limitations, compétition, antagonisme, ago-antagonisme.)
Violences entre populations d'une même communauté :
violence au sein d'un écosystème forestier entretenu par l'homme.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Figure 6. L'écosystème forestier du bois de Pau. Le TOUT et les parties.
Violence entre espèces. L'homme : un parasite écosystémique.
Violences au sein d'un écosystème anthropisé.
Figure 10. Le réseau trophique de la forêt boréale.
Figure 11. La domestication : un contrat synallagmatique.
Prévention des violences au niveau cellulaire :
un équilibre dynamique ago-antagoniste.
Figure 3. Gouvernance d'un système-de-systèmes. La cellule végétale.
Figure 4. Loi systémique constructale : circularités fonctionnelles.
Prévention des violences au niveau cellulaire : la violence inévitable évitée.
L'amortissement des violences.
Prévention des violences au sein d'un organisme.
Figure 12. ARMSADA : diversité des niveaux d'organisation et des partenaires.
Figure 13a. ARMSADA, survivre c'est manger et ne pas être mangé : les flux.
Figure 13b. ARMSADA, Lichens : les coûts de la relation prédateur-proie.

SURVIVRE C'EST MANGER ET NE PAS ËTRE MANGÉ :
LES RELATIONS ENTRE PRÉDATEURS ET PROIES pp. 59-70
Figure 14. La démarche scientifique expérimentale.
La nature de la décision dans la nature
Le dilemme des prisonniers. Jeu de lutte ou de coopération ?
La situation "gagnant-gagnant" n'existe pas
Figure 13b. Lichens : la relation prédateur-proie au sein du nouveau TOUT.
Quelles décisions pour survivre et croître ?

PREDATEURS-PROIES : LE DILEMME DES PRISONNIERS pp. 72-80
L'agoantagonisme
Tableau 1. Le modèle agoantagoniste.
Tableau 2. Le dilemme des prisonniers à 2 joueurs : la problématique
Une tentative de modélisation d'une réalité biologique ou sociétale ?
Figure 12. ARMSADA : diversité des niveaux d'organisation et des partenaires.
Le modèle du dilemme des prisonniers : « coup unique » et itération
Tableau 3. Le dilemme des prisonniers à 2. Jouer 1 seule fois incite à la trahison.
La relation prédateur-proie, optimum pour qui ? et équilibre pour quoi ?
Tableau 4. Equilibre de Nash et optimum de Pareto.
Modélisation des interactions prédateur(s)-proie(s).
Tableau 5. Le modèle prédateur-proie de Lotka-Volterra.
Figure 12. Niveaux d'organisation : organismes-écosystèmes.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

POUR SORTIR DU DILEMME DES PRISONNIERS : ARMSADA pp. 82-109

La cellule : un nouveau TOUT, plus autonome et plus interdépendant.

Figure 15. Les dangers contenus, contraints.

ARMSADA émergence : quand ?, Comment ?, Pour Quoi ?

La représentation du simplex(e).

Les métamorphoses du vivant. : une cellule ou un lichen est un écosystème.

Figure 16a. Graphe du simplex et dilemme des prisonniers.

Figure 16b. Interactions créatrices, émergence et biodiversité.

Les virus bactériophages

Figure 17. Les phages : cycle lytique et intégration émergente.

Qui perd gagne ?, ou Qui gagne perd ?

L'ontogénie récapitule la phylogénie

Figure 11. La domestication : capacité d'accueil et capacité d'être accueilli.

Les dangers "contenus" : la stratégie d'évolution du vivant.

Figure 18. Le dilemme des prisonniers à 3.

La cellule eucaryote : la décision au sein d'une communauté.

Figure 19. Origine et fonctionnement d'une symbiose : lichens, cellules.

Figure 20. Modélisation agoantagoniste : émergence d'une ARMSADA.

Comment apparaissent les associations symbiotiques ?

Les métamorphoses du vivant

Écoexotope, endophysiotope, intégration et organisation

Survivre c'est manger et ne pas être mangé

Les nodules des Légumineuses.

Survivre c'est manger et ne pas être mangé, pour se survivre : les virus.

Figure 21. Les interactions cellule-virus : cancérisation, lyse et exaptation.

Figure 22. ARMSADA. Les interactions d'émergence.

Tableau 6. ARMSADA : une réponse systémique suite à une crise systémique.

ARMSADA : des prédictions et applications biotechnologiques

Les cancers infectieux p. 113

Survivre pour se survivre : les virus. p. 115

Exaptation : interactions entre endophysiotope et écoexotope.

Figure 23a. **Principe d'un vaccin curatif du SIDA** (Bricage P. 2005).

Figure 23b. Probabilité d'émergence d'un génotype cellulaire résistant.

Libération des dangers contenus

Un vaccin curatif du SIDA p. 121

Planche 3. Principe d'un vaccin curatif du SIDA.

Contenir les dangers par les métamorphoses de l'endophysiotope.

Les acteurs et les systèmes.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Figure 24. UV : fréquence de survie et mutations associés à l'irradiation.
Avantages et inconvénients ? Bénéfices et risques ?

Un vaccin curatif du cancer p. 131

Planche 4. Qu'est-ce qu'un cancer ? Vaccinations curatives. Principes.
Figure 25. Cancer curative vaccine methodology (Bricage P. 2008).
Figure 26. Emergence d'un nouveau TOUT : aspects quantitatif et qualitatif.

ARMSADA : RÉUSSITE ÉVOLUTIVE
ET PASSAGE OBLIGÉ de L'ÉVOLUTION DU VIVANT pp. 138-180

Figure 12. Symbiose : la seule issue.
L'économie de la cellule végétale.
L'écosystème de la panse des ruminants.

L'origine de la cellule ?

Le compartiment initial : les MONERES procaryotes.
Émergence et niveaux d'organisation : biodiversité et exaptation
L'origine de la cellule eucaryote. p. 148
Toute cellule est une endosyncénose.
Flux métaboliques et propriétés émergentes.
Les interfaces membranaires.
Tableau A-J #1 à 5. L'origine de la cellule eucaryote. pp. 153-157
Reticulum, Golgi, centrosome : un TOUT indissociable.

L'origine des mitochondries et des plastes.

Les origines des membranes externes des organelles.
L'origine des membranes : modularité, pléiotropie et exaptation.
Figure 27. The simplex method solutions.
Les mitochondries : structures fonctionnelles.
Les plastes : structures fonctionnelles.

La diversité des peroxysomes : pléiotropie et métamorphoses.

Survivre passe par l'intégration dans une ARMSADA.
Capacité d'accueil et capacité d'être accueilli.
Figure 28. L'origine des compartiments et membranes de la cellule.
Figure 29. L'ergodicité du vivant.

BILAN écosystémique. pp. 181
Comment disparaissent les associations symbiotiques ?
La vache folle.
Figure 30. Arbres généalogiques évolutifs :
Figure 30a. La dichotomie n'est pas la règle. La règle c'est «fusions» et «fissions».
Figure 30b. Des coacervats aux organismes méta-cellulaires.

CONCLUSIONS pp. 188-196
Figure 31. Ecosystème sauvage et écosystème anthropique dérivé.
L'intégration au milieu de survie
La place de l'homme ?
Tout changement accroît la violence.
Le quantitatif (croissance) permet le qualitatif (développement).
Tableau 7. The Message of Ecology. Limites et limitations.

RÉSUMÉ pp. 197-205

Tableau 8. Tout système vivant est un système-de-systèmes.
Une boucle d'interactions : hôte hébergé/hôte hébergeant.
Figure 11. L'évolution : une ingénierie d'ordre n, p.

MOTS CLÉS pp. 207-222.
Figure 32. Organisation des systèmes-de-systèmes vivants : niveaux.
Figure 33. Complexité : emboîtements et juxtapositions.
Figure 34. L'organisme n'est pas la fourmi, c'est la fourmilière.
Tableau 9. Violence (mot-clé).

BIBLIOGRAPHIE pp. 224-235

Complément et détails des légendes des figures

INDEX de 50 mots clés pp. 245-248

INTRODUCTION

L'approche systémique est à la fois un savoir, un savoir-faire et un savoir-être. Les concepts essentiels sont ceux de **complexité**, de **globalité**, d'**interactions** et de **système**. Ces concepts sont inséparables de ceux de **niveau d'organisation** et de **régulation**. (Voir les mots-clés, pp. 207-222)

Aujourd'hui les **outils de modélisation** et la **simulation** sont devenus prépondérants grâce au développement de l'outil informatique.

QU'EST-CE QU'UN SYSTÈME COMPLEXE ?

Observons un tapis végétal. Sa structure, sa coloration et sa répartition ne sont **pas aléatoires**. L'ensemble forme un motif unique épousant le relief du terrain d'accueil, support de ce tapis. Tout comme le motif du tissu d'un tapis de laine, ce motif d'un tissu vivant obéit à des règles de construction et cela prend du temps pour qu'émerge le motif d'ensemble du tapis.

Complexe, étymologiquement vient de racines latines qui signifient "***tissés ensemble***".

La différence entre le tapis de laine et le tapis végétal réside dans le fait que le tapis de laine est tissé de l'extérieur, par un acteur externe au tapis, alors que le tapis vivant est tissé à la fois de l'extérieur, par **des acteurs et des contraintes** externes, et de l'intérieur, par des acteurs et des contraintes internes. Et l'aspect du tapis végétal, le motif, la carte en relief de l'écosystème, résulte **des interactions** structurelles et fonctionnelles qui maintiennent le tissu entier, globalement, en **un réseau** unique, **un TOUT**. La compréhension de la structure fonctionnelle du réseau constitutif du tapis ne fait sens que **globalement**. On parle d'une **approche holistique**.

Le conte chinois des huit aveugles qui voulaient connaître ce qu'est un éléphant permet de l'illustrer. Chaque aveugle isolé, indépendamment des autres, identifie l'éléphant par le contact avec une de ses parties et par analogie avec ses acquis personnels de connaissance, la nomme. Les défenses, c'est la pointe d'une lance. La trompe, c'est un cordage. Les oreilles, c'est un éventail. Le corps, c'est une muraille de briques. Une patte, c'est un arbre. La queue, c'est un fouet. La bouse de l'éléphant, c'est de la terre vaseuse. Aucun des aveugles, séparément, n'est capable d'identifier l'éléphant, d'identifier ce qu'est un éléphant. Au final, chacun d'eux n'a aucune idée de **la réalité de ce qu'est** un éléphant.

Par cette approche, uni-sensorielle et uni-locale, même en réunissant toutes leurs connaissances, de façon multi-disciplinaire, ensemble, ils ne sauront pas ce qu'est un éléphant.

SAVOIR CE QU'EST un éléphant implique une approche globale, multi-cognitive, **un savoir-être trans-disciplinaire.**

On peut construire une carte des sciences de **la complexité**, depuis leur émergence avec **la cybernétique**, *"science de la gouvernance"*, et **la systémique**, *"science des systèmes"*. Chaque chercheur pour y trouver sa place, doit en fait s'affranchir de la linéarité des lignes cognitives et des limites conceptuelles. Et c'est en suivant **une arborescence en réseau** qu'il va y trouver le chemin qui va lui permettre de déboucher vers de nouveaux acquis, de nouveaux horizons, de nouveaux concepts, de faire sien la connaissance, de construire son système de connaissance.

Comment, par quels paramètres, définir un système complexe ?

Prenons l'exemple d'un **système vivant** avec un organisme végétal comme le karkadé de l'Érythrée, aussi appelé roselle ou bissap, *Hibiscus sabdariffa*, dont les fruits rouges sont très appréciés pour fabriquer des boissons rafraîchissantes et reconstituantes, très consommées pendant le ramadan en pays musulman. Pour étudier l'influence de la densité des graines semées sur leur germination et ainsi trouver la densité de semis optimale, on utilise des pots identiques de même volume de la même terre dans chacun desquels est déposé un lot de graines d'effectif connu.

Qu'observe-t-on ?

Un nombre plus ou moins grand de graines germent et donnent une plante feuillée. Si la densité des graines germées est trop grande, la **capacité d'accueil** du milieu de survie ne permet pas la survie des jeunes plantes et toutes meurent, par exemple par manque d'eau disponible. Dans les mêmes conditions, quand peu de graines germent et peu de plantes se développent, elles arrivent toutes à maturité sexuelle et produisent des fleurs puis des fruits (figure 1).

Si la capacité d'accueil est insuffisante, du fait du trop grand nombre d'individus en compétition tous meurent. Ce qui semble favorable à l'individu, quand tous germent et survivent un temps, à terme est défavorable à l'espèce, car tous meurent et aucun ne se reproduit.

À l'inverse, quand peu d'individus germent et survivent, ce qui est défavorable à un très grand nombre d'entre eux, ceux qui survivent se reproduisent et perpétuent l'espèce. Ce qui est défavorable à l'individu est favorable au niveau d'organisation supérieur l'espèce. La compétition entre individus doit être limitée compte tenu des **limites de l'espace-temps-action commun de survie** ou écoexotope. Ce qui est favorable à un niveau d'organisation est défavorable au niveau d'organisation antérieur ou postérieur et inversement. C'est un constat banal, la capacité d'accueil de tout **écoexotope** (mot construit à partir des racines grecques, *tope*: espace-temps, *exo*: externe, *éco*: d'habitation) est toujours limitée.

La production de matière organique vivante par les végétaux de la biosphère terrestre est **limitée par la quantité** de lumière disponible dont ils se nourrissent **localement**, et par la quantité d'eau physiologiquement disponible. A l'échelle de la biosphère terrestre, toute l'eau écologiquement disponible ne représente qu'une petite goutte de liquide sur un très gros caillou (figure 1).

Figure 1. NIVEAUX d'organisation et d'intégration : local, global, écoexotope, endophysiotope.
Toute forme de vie est **hébergée par un écoexotope qui lui fournit une capacité d'accueil**, à condition que son endophysiotope possède **une capacité d'être accueilli en adéquation.**
L'éco-exo-tope (tope : **espace-temps-action**, exo : externe, éco : d'habitation) de survie et l'endo-physio-tope (tope : espace-temps-action, endo : interne, physio : de fonctionnement) sont indissociables (figure 2).

afscet
lexique de terminologie systémique

association française de science des systèmes cybernétiques cognitifs et techniques
groupe de terminologie

© creative commons

système :

n. m. En 1552, repris vers 1650, du grec "sun", "sum", "sym", avec ; et "histanai", mettre debout, hisser, hausser. D'où "sunistanai", réunir, "sústema", ensemble, puis "sustema", assemblage, composition, et "sustematos" ; via le latin "systema".

Le mot est d'abord d'un usage assez banal et très ancien. Aristote l'utilise pour : « ensemble organisé d'éléments intellectuels conçu par l'esprit comme à titre d'hypothèse pour quelque croyance en objets de pensée unis par une loi ».

Mais il faut attendre la publication de la "Théorie du Système Général", de von Bertalanffy, en 1948 aux USA pour que cela devienne un concept, et donc que le mot devienne un terme de **cybernétique** :

« complexe, ensemble, d'éléments en interaction ».

Nous proposons ici en systémique :

un système est composé d'acteurs liés par des interactions et formant un tout.

Jean-Louis Le Moigne en 1977, en France donne :

« Quelque chose identifiable qui, dans quelque autre chose, son environnement, pour quelque chose comme projet et finalité, fait quelque chose par son fonctionnement en activité, par quelque chose en sa forme stable de structure, qui se transforme dans le temps par évolution. ».

C'est assez général pour s'appliquer aussi bien à tous les domaines, du physique au social, en passant par le chimique, le vivant et l'Humain.

La totalité qu'est un système peut être plus ou moins organisée.

La **systémique**, à la fois science et méthode, vise à mieux comprendre les nombreux systèmes qui nous entourent. Et à ne pas confondre une totalité organisée avec un quelconque ensemble d'éléments.

Figure 2. SYSTÈME : définition
extraits de la fiche correspondante du groupe de terminologie systémique de l'AFSCET http://afscet.asso.fr

Compte tenu des limites de la capacité d'accueil de l'écoexotope hôte, l'**endophysiotope** de tout organisme (*tope*: espace-temps, *endo*: interne, *physio*: de fonctionnement), doit posséder une **capacité d'être accueilli** en adéquation. C'est le concept d'**intégration** de tout organisme vivant dans son **espace-temps-action** (figure 1).

Comment ne faire qu'UN ?

Pourquoi le TOUT est-il toujours **à la fois plus et moins** que la somme de ses PARTIES (figures 1, 2 et 3) ?

Tout système vivant est défini structurellement et fonctionnellement par un écoexotope et un endophysiotope **emboîtés et en interactions**. Le mot système vient du grec, *syn, sys,* qui veut dire ensemble. Un système est un ensemble cohérent, formé d'éléments **indissociables**, comme le sont les fils d'un tapis, d'**acteurs en interactions** formant un TOUT. Comme l'illustre le schéma de la notion de système (figure 2), le système est **clos** à la fois structurellement et fonctionnellement. Il est **limité** dans le temps, l'espace et l'action, en circularité (figures 2 et 3). Il est constitué d'acteurs en interactions entre l'écoexotope et l'endophysiotope. Et c'est l'**adéquation** entre la capacité d'accueil de l'écoexotope et la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope, qui est à la fois unique et adaptative, qui permet **la coexistence, le partage,** d'un même écoexotope de survie par des endophysiotopes différents (figure 3).

La **clôture** et la **circularité** structurelles du système sont aussi une clôture et une circularité fonctionnelles. Pour accueillir, il faut être accueillant dans certaines limites. Pour être accueilli, il faut **limiter ses exigences** d'accueil. Tout système vivant est **clos structurellement et fonctionnellement**.

Et c'est vrai, quel que soit le niveau d'organisation physique. Un proton, par exemple, est formé de trois quarks en interactions indissociables.

Le TOUT et les PARTIES.

Une cellule est un écosystème d'organismes, de type bactérien, des **Monères**, indissociables. Et ce sont les flux de matière et d'énergie, les interactions d'échanges qui maintiennent les structures fonctionnelles de chacun des compartiments et du TOUT (figures 3 et 4).

Tout système est formé d'acteurs **juxtaposés et emboîtés** en interactions. Pour que le TOUT perdure, il faut d'abord que chaque acteur perdure et réciproquement. Des propriétés nouvelles du TOUT émergent de **l'association des partenaires** indissociables (figures 3 et 4).

La loi systémique constructale.

Quel que soit le niveau d'organisation considéré, la construction d'un système émerge des interactions entre niveaux d'organisation, **entre local et global**, et au sein d'un niveau d'organisation, **entre l'espace et le temps**, et entre acteurs indissociables (figure 4). Le prix Nobel de physique en 2021 a été attribué à des chercheurs en théorie des systèmes physiques, pour des travaux relatifs à la modélisation statistique du comportement de systèmes avec un grand nombre d'acteurs, comme les nuages d'étourneaux ou les bancs de poissons. Mais on est encore loin de la modélisation du comportement d'un élève ou d'une classe, même d'une cellule, bien qu'on en possède des modèles qualitatifs sans en avoir de modèles quantitatifs. La notion clé est celle d'**émergence**.

Observons un lichen.

C'est un organisme constitué de l'endophysiotope d'une espèce de champignon, qui est l'écoexotope de survie, d'accueil, de l'endophysiotope d'une espèce d'algue verte. Les deux sont indissociables. Isolés, séparés, ils meurent. L'émergence du **plan d'organisation** du lichen au cours de l'**évolution** du vivant résulte de la perte simultanée par chacun des partenaires de la capacité de détruire l'autre.

Par **métamorphoses** simultanées,**...**

Figure 3. GOUVERNANCE : interactions, clôtures organisationnelle et fonctionnelle, circularités des causes et effets.

Figure 4. LOI SYSTÉMIQUE CONSTRUCTALE : **toute construction est interactions, toute interaction est construction.**
COMPLEXITÉ spatio-temporelle : **tout SYSTÈME-de-SYSTÈMES est construit par itération**, par juxtapositions et emboîtements de systèmes pré-existants.

creative commons

LE TOUT ET LES PARTIES, une approche holistique.

…, ils ont disparu dans leur nouveau TOUT, le lichen, dont ils sont maintenant des compartiments inséparables. En même temps qu'ils ont perdu leur individualité, leur nouveau TOUT exprime de nouvelles propriétés. C'est un bénéfice global pour l'association, et uniquement pour le TOUT. Toute émergence est une apparition soudaine et **imprévisible** d'un nouveau système dont ne peut rendre compte un ensemble de causalités (figure 5).

C'est une **rupture**, hors de la capacité de résilience.

La **résilience** est la capacité à absorber une contrainte, à se réorganiser et à continuer de fonctionner comme avant. Alors que l'**émergence**, c'est la mise en place d'une structure fonctionnelle nouvelle. Un arbre, dont l'endophysiotope s'adapte aux contraintes inattendues de son écoexotope, reste le même arbre, il est résilient. Des molécules émergentes apparaissent quand par exemple les deux gaz hydrogène H2 et oxygène O2 donnent naissance à un liquide, l'eau H2O, qui a maintenant des propriétés nouvelles, que n'avaient ni l'hydrogène ni l'oxygène, mais qui a perdu certaines des propriétés qu'avaient l'hydrogène seul et l'oxygène seul. C'est la même chose avec la formation du chlorure de sodium, NaCl, composé inoffensif, qui résulte de l'union de deux éléments très agressifs, le sodium Na d'une part, et le gaz chlore Cl2 d'autre part. **Le TOUT est toujours à la fois plus et moins que la somme de ses parties.**

Par **itération**, de systèmes en systèmes, de plus en plus complexes, de nouveaux systèmes peuvent se mettre en place (figures 4 et 5). Pour faire face aux contraintes, des interactions nouvelles émergent de constructions nouvelles. Des constructions nouvelles émergent d'interactions nouvelles. Des nouvelles structures émergent de nouvelles fonctions. De nouvelles fonctions émergent de nouvelles structures. D'anciennes structures fonctionnelles acquièrent de nouvelles fonctionnalités : **exaptation**.

Tout système est un système-de-systèmes.

Un lichen, comme une cellule, est un **écosystème** d'organismes, formé par emboîtement et juxtaposition de systèmes préexistants. Dans l'association, tout ce qui est un avantage pour un partenaire est un inconvénient pour un autre **et réciproquement.** Les limites de l'un sont les limites de l'autre **et réciproquement.**

Tous les systèmes vivants, quel que soit leur niveau d'organisation, sont des **associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés**. Quel que soit le niveau d'organisation, au sein d'un niveau d'organisation les sous-systèmes sont emboîtés comme des poupées russes. Le déterminisme de la complexité d'un système-de-systèmes ne réside pas dans sa construction ni dans son émergence, mais dans son passé, **son vécu**, la façon dont il a été tissé, de l'intérieur et de l'extérieur, dans la conception et la métamorphose de chacun de ces modules, **construits, déconstruits, re-construits ensemble, en interactions,** en fonction de l'ensemble présent existant et de celui inconnaissable, imprévisible, à venir (figure 6).

Fonctionnellement, le TOUT est dans la partie comme la partie est dans le TOUT (figure 4).

Un système complexe peut être représenté sous forme d'**une pyramide de réseaux emboîtés** ou/et sous forme de **compartiments emboîtés et juxtaposés**, définissant, et étant définis par, des **niveaux d'organisation** (figure 4).

Tout système est composé de **sous-systèmes**. Dans le cas des systèmes vivants végétaux, par exemple, la cellule est limitée par une paroi. Elle contient des compartiments également **délimités** et **formés par emboîtement** de couches moléculaires délimitées. **Les modules et les limites** sont toujours discernables (figure 3).

L'APPROCHE SYSTÉMIQUE.

Un système simple est la somme de ses parties. Il peut être analysé par une **approche réductionniste** comme une **suite ordonnée de causes et d'effets**, facilement formalisable et modélisable. Un système complexe n'est pas fragmentable puisque le TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses parties. Comment modéliser l'émergence de structures et de propriétés nouvelles, imprévisibles, dans un système complexe ?

Dans un système simple, chaque effet ou cause est indissociable d'une cause ou d'un effet et **de façon univoque**. Ce n'est plus le cas dans un système complexe où **par rétroaction, l'effet peut devenir une cause dont l'effet est la cause initiale.** Ce qui fait qu'on ne sait plus “quoi“ est l'effet et “quoi“ est la cause, ni “pour quoi“ (figures 3, 4 et 5).

La construction d’un système complexe a pour origine un **réseau d'interactions et de rétroactions**. Le système, à chaque instant, en est **à la fois le résultat et l'origine**. Le résultat est émergent et ensuite il est résilient pour son auto-maintien. C'est ainsi qu’au cours de l’évolution du vivant, le niveau d'organisation cellulaire (formé de nombreux compartiments emboîtés et juxtaposés) a émergé, à partir de niveaux d'organisation préexistants et qu'il se maintient depuis globalement comme un niveau d’organisation plus évolué, plus élevé, que celui des Monères (du grec *mono*: un, unique, les Monères, comme les bactéries, ne sont formées que d’un compartiment) dont il est issu.

Le niveau, le degré de complexité peut être estimé **arbitrairement**, à la fois par le nombre et les types de modules en interactions, la complexité qualitative ou quantitative de ces interactions, la complexité qualitative ou quantitative des modules en interaction (figure 4). On constate l'existence d'un **“creux de complexité“** (figure 5). Après une phase de diminution de la complexité associée à une augmentation du nombre des acteurs, la complexité s'accroît à nouveau avec l'augmentation des interactions et la répartition nouvelle des rôles entre les acteurs. L'évolution de la complexité des acteurs, des interactions et du TOUT, obéit à **des lois puissances**.

Le processus d'émergence est un processus de **métamorphose** (figure 5). Des acteurs anciens, présents avant, disparaissent. Des acteurs nouveaux sont intégrés. Des acteurs anciens sont conservés mais changés dans leurs structures, leurs rôles et leurs interactions.

Un nouveau réseau se met en place **par percolation**. Chaque acteur, chaque module, chaque lien et le TOUT sont construits, déconstruits, transformés, **ensemble et en interaction**, compte tenu de l'ensemble initial (c'est la notion de **contingence**), et de celui incontournable à venir (c'est la notion d'**exaptation**, d'émergence de propriétés nouvelles à partir de propriétés anciennes réaffectées, réaménagées). Dans le réseau, le **fonctionnement ensemble** réunit structurellement et la **structuration ensemble** permet le fonctionnement **unitaire** (figures 3, 4 et 5).

Quelles sont les limites fonctionnelles d'un système-de-systèmes ?

Observons un bois de feuillus (la forêt domaniale de Pau), où, au printemps, des chenilles de papillons broutent les jeunes feuilles des arbres. Ces prédateurs diminuent la capacité de survie des arbres, qui sont leurs proies, et menacent le devenir de la forêt (figure 6). Par une étude longue, minutieuse, répétée d'année en année, il est possible d'identifier, parcelle par parcelle, les espèces de ravageurs et de les affecter, qualitativement et quantitativement, à chaque espèce d'arbre.

Une **analyse factorielle des correspondances** permet de mettre en évidence des regroupements, des situations sanitaires, plus ou moins saines, ou à risque. On peut construire **des tableaux de bord** qui associent un degré de polyphagie à une espèce de ravageur, ou un degré de poly-phagie globale avec un degré de pluri-attaque à une espèce de feuillu. L'intérêt d'une **approche linéaire** de (pseudo) **cause-à-effet** est qu'elle permet de comparer éventuellement les processus. Si on prend en compte globalement tous les paramètres, encore faut-il trouver une représentation causale appropriée, on peut éventuellement trouver parmi eux un **paramètre prédictif** de l'évolution du système. Ici, c'est la diversité des espèces de feuillus, à laquelle on peut associer une diversité et une densité des ravageurs et un degré de défoliation des arbres de la forêt.

Des constatations émergent, permettant une prévision sur le devenir du système : -**trop peu** de diversité est "mise en danger", -**trop** de diversité aussi, -il existe plusieurs situations de moindre attaque et de meilleure survie de l'ensemble (prédateurs et proies), -quand on supprime ou ajoute une espèce de feuillus localement, il est impossible de faire une prédiction sur l'effet escompté sans connaître **au préalable** le graphe d'interaction des acteurs au sein du système.

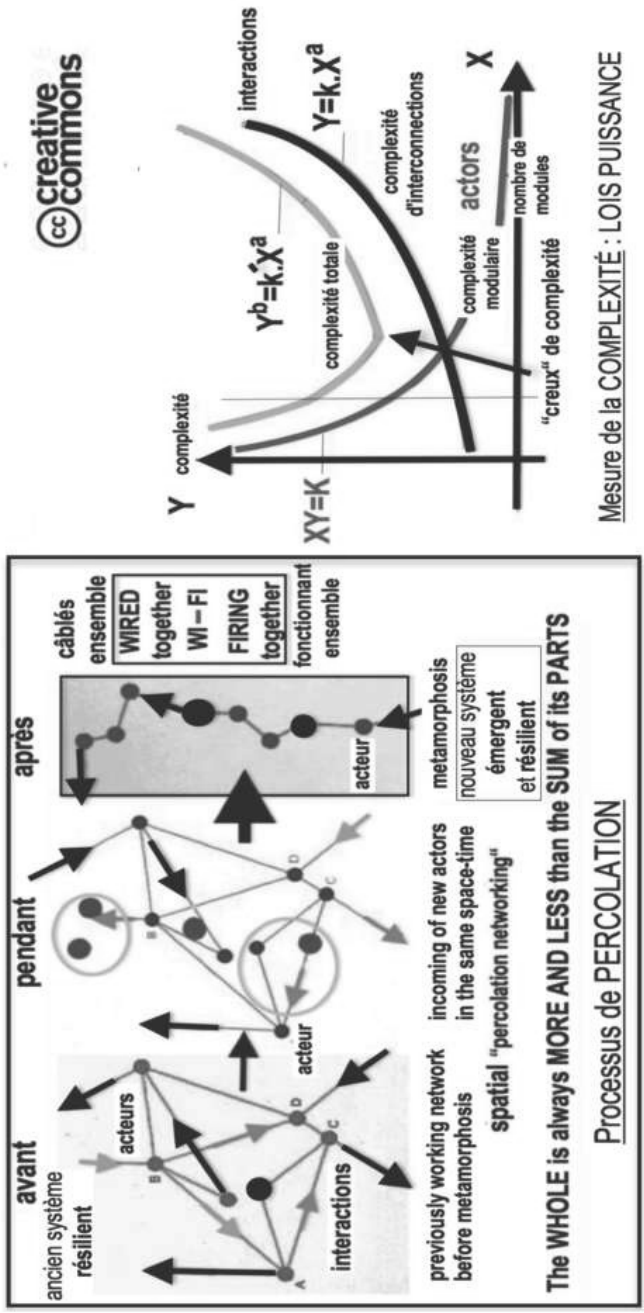


Figure 5. Le TOUT est à la fois PLUS ET MOINS que la somme de ses PARTIES.
Chaque module, structural et fonctionnel, chaque acteur, et le TOUT, chaque lien, chaque interaction sont **construits ensemble**, en interaction, par PERCOLATION, en fonction de l'ensemble pré-existant (CONTINGENCE) et de celui, inconnaissable, à venir (EXAPTATION). C'est une MÉTAMORPHOSE, à la fois structurellement et fonctionnellement : des acteurs anciens disparaissent, des acteurs nouveaux sont intégrés, des acteurs anciens sont conservés mais remaniés.

Figure 6. COMPORTEMENT GLOBAL : MISE EN ÉVIDENCE ET MODÉLISATION des interactions fonctionnelles.
Quantifier les liens d'interaction locaux entre acteurs, dans l'espace et dans le temps, ne suffit pas pour connaître le comportement global du système. L'analyse factorielle des correspondances et l'analyse factorielle en composantes principales permettent, éventuellement, de dégager **des attracteurs de comportement** voire **un comportement global émergent**.

Parce que le TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses PARTIES et que **la capacité d'accueil de l'ensemble** de la forêt rétroagit sur **la capacité d'être accueilli de chacun** de ses acteurs, **et réciproquement** (figures 3 et 6).

La notion de **fenêtre de viabilité** mise en évidence avec le fonctionnement forestier (figure 6) est aussi valable en économie. L'écologie, c'est l'économie de la nature ou plutôt ***« l'économie obéit aux mêmes lois que l'écologie »*.**

La notion de **fenêtre de viabilité** ou d'équilibre optimal implique **ni trop ni trop peu** de diversité et d'interactions et **ni trop ni trop peu** d'efficience. L'efficience est l'ennemi de la résilience et la résilience est l'ennemi de l'exaptation.

La vitesse potentielle d'un organisme vivant, par exemple, est limitée par sa masse et il existe un **optimum** de corpulence qui impose la vitesse atteignable compte tenu de la morphologie de l'espèce (2 pattes ou 4 pattes). Ce type de courbe, dite “en cloche“ (figure 6), centrée autour d'un optimum (maximum ou minimum), est commun en économie et en écologie. Il indique qu'***il n'y a pas d'avantages sans inconvénients***, qu'***il y a toujours un prix à payer pour obtenir un gain,*** un gain de masse pour augmenter une vitesse, ou de stabilité pour conforter une structure économique.

L'optimum peut être stable ou instable (figures 5 et 6).

Quelles lois gouvernent le succès évolutif d'un système ?

QU'EST-CE QUE LA DÉMARCHE SYTEMIQUE ?

C'est la prise en compte, et **simultanément**, des trois a**spects complémentaires** relatifs à la caractérisation d'un système **: -l'aspect fonctionnel**, c'est-à-dire le rôle du système, **-l'aspect structural,** c'est-à-dire la présence organisée d'acteurs et d'interactions entre eux, **-l'aspect historique**, c'est-à-dire comment, pourquoi et avec qui et quoi, on en est arrivé là. Mais, indépendamment du poids de chacun de ces aspects, c'est le pôle fonctionnel qui habituellement est d'abord validé et valorise le système. Exemple : le système fourni du travail, qu'importe comment...

La triangulation systémique se déroule **dans l'espace et dans le temps**. Pour la qualifier et la quantifier, il faut être capable de définir clairement les **limites structurelles** et les **capacités fonctionnelles**, du système et de ses modules, ses **frontières** (figure 4). Ce qui est difficile,

car le TOUT se reflète dans chaque partie
et chaque partie se reflète dans le TOUT.

Il faut donc trouver **des critères univoques** pour faire apparaître et délimiter les **co-**relations qualitatives (figures 4 et 5) et les **inter-**actions quantitatives (figures 6 et 7).

Tôt ou tard, la démarche systémique impose **une quantification et une modélisation**. Les approches analytique (ou réductionniste) et systémique (ou holistique) obéissent à la même démarche scientifique. Mais l'analytique se concentre sur les acteurs alors que la systémique se concentre sur les interactions. Et les deux sont **complémentaires**. L'approche analytique choisit de simplifier les relations de causalité en les linéarisant alors que l'approche systémique essaie de prendre en compte des effets non linéaires, grâce à l'outil informatique.

La démarche analytique se concentre sur les relations d'ordre 1 en déclarant négligeables les résultats rares ou hors de l'ensemble statistiquement le plus fréquent (figure 7).

Mais dans les systèmes vivants, ce sont souvent les **résultats peu fréquents qui signent la complexité et les propriétés remarquables du système**. Et pour les prendre en compte, il faut faire des ajustements non linéaires, d'ordre 2.

C'est indispensable pour comprendre le fonctionnement des systèmes dits **ago-antagonistes** (Voir mots-clés, pp. 207-222).

Figure 7. RÉGULATION AGO-ANTAGONISTE : cybersystémique d'un SYSTÈME DE SYSTÈMES.

Figure 8. LOI PUISSANCE représentative des interactions entre couples d'acteurs au sein d'un réseau-de-réseaux.

Paul Valéry écrivait *« Tout ce qui est simple est faux. »* c'est vrai car tous les systèmes sont complexes, *« Mais tout ce qui ne l'est pas est inutilisable. »*, aujourd'hui ce n'est plus le cas, grâce à la puissance de calcul des ordinateurs qui permet des **simulations** sans avoir besoin d'une loi de gouvernance, formalisée, explicitée mathématiquement (figure 8).

Nous avons précédemment introduit les concepts de base et insisté sur l'utilisation de l'analogie pour l'aide à la compréhension. Nous verrons à nouveau que la complexité d'un système (figures 4, 5 et 6) réside dans **le vécu** de chacun de ces éléments en interactions (figure 9). L'évolution du vivant, tôt ou tard, élimine les systèmes trop lourds, trop encombrants, trop peu dynamiques…, *trop c'est trop !*

LOIS D'AUTO-ORGANISATION SYSTÉMIQUE

La régulation de la mise en place de l'organisation et du contrôle fonctionnel d'un système met en œuvre des **boucles de rétroaction**, positives ou négatives. Toujours un **effet** peut être associé à une **cause**, que l'**interaction** soit positive ou négative. Dans tout système vivant, l'effet peut à son tour être la cause d'un autre effet qui peut être la cause initiale. On parle de rétroaction, qu'elle soit positive ou négative. Les actions et les interactions peuvent elles-mêmes être soumises à un contrôle, d'origine externe ou interne aux acteurs du système. Actions, interactions, rétroactions et contrôles sont **juxtaposés et emboîtés**, au sein d'un même niveau d'organisation ou/et entre niveaux d'organisation, si bien que **tôt ou tard, on ne sait plus** où est la cause ni où est l'effet (figures 3, 4 et 8).

Les contrôles s'empilent et se juxtaposent. Certains contrôles peuvent être *a priori* et d'autres *a posteriori*. Pourtant, au final, deux acteurs ou deux événements (figure 7) sont toujours liés entre eux par **une loi de fonctionnalité de type puissance** (figure 8). Pour la mettre en évidence, il faut utiliser une représentation graphique de type «log-log» qui permet de tracer une droite dont la pente est la puissance de la loi.

Les lois puissances sont présentes partout, en sciences physiques, en sociologie, en économie, en écologie. Elles **caractérisent l'existence de contraintes, de limites** dimensionnelles et de limitations fonctionnelles. Elles gouvernent la structure fractale des systèmes vivants, où, la PARTIE est homologue au TOUT et le TOUT est homologue à la PARTIE.

C'est ainsi que fonctionnent les tissus nerveux, où un neurone entretient de multiples connexions avec de nombreux autres neurones. Ce qui fait que causes et effets s'entremêlent, sans autre règle que celles que LE TOUT soit fonctionnel, et résilient structurellement et fonctionnellement (figures 6 et 8).

On peut simuler le fonctionnement d'un neurone. On sait créer des neurones artificiels, dont l'assemblage permet de construire des logiciels d'intelligence artificielle appliqués par exemple à la reconnaissance d'images pathologiques.

On sait que cela fonctionne, et même si cela fonctionne très bien..., **on ignore comment**.

LA MISE EN OEUVRE DE LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE EXPÉRIMENTALE

Pourquoi les performances des élèves français en mathématiques, à l'école et au collège, sont-elles parmi les plus faibles de l'Union Européenne ?

Comment, pourquoi et quand, faire mettre en œuvre une démarche scientifique expérimentale par les élèves ?

Qu'est-ce que la démarche scientifique expérimentale ?

C'est une démarche systémique avec **des cycles de rétroaction juxtaposés et emboîtés.** À partir d'observations, on émet des hypothèses dont le test donne lieu à de nouvelles observations et/ou à des expériences dont les résultats permettent de mettre en œuvre de nouvelles observations et/ou expériences, de consolider ou d'infirmer d'anciennes hypothèses, ou/et d'en proposer de nouvelles. Et tout cela recommence jusqu'à obtenir suffisamment de résultats pour construire **un modèle testable**, et testé dans la réalité recommencée, ou **par simulation** numérique. Les phases critiques de la démarche sont dans la mise en œuvre, pas seulement d'un esprit critique, du raisonnement, mais aussi de l'intuition, car **intuition et déduction** sont complémentaires, tout comme le sont les **démarches analytique et systémique** (figure 14).

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

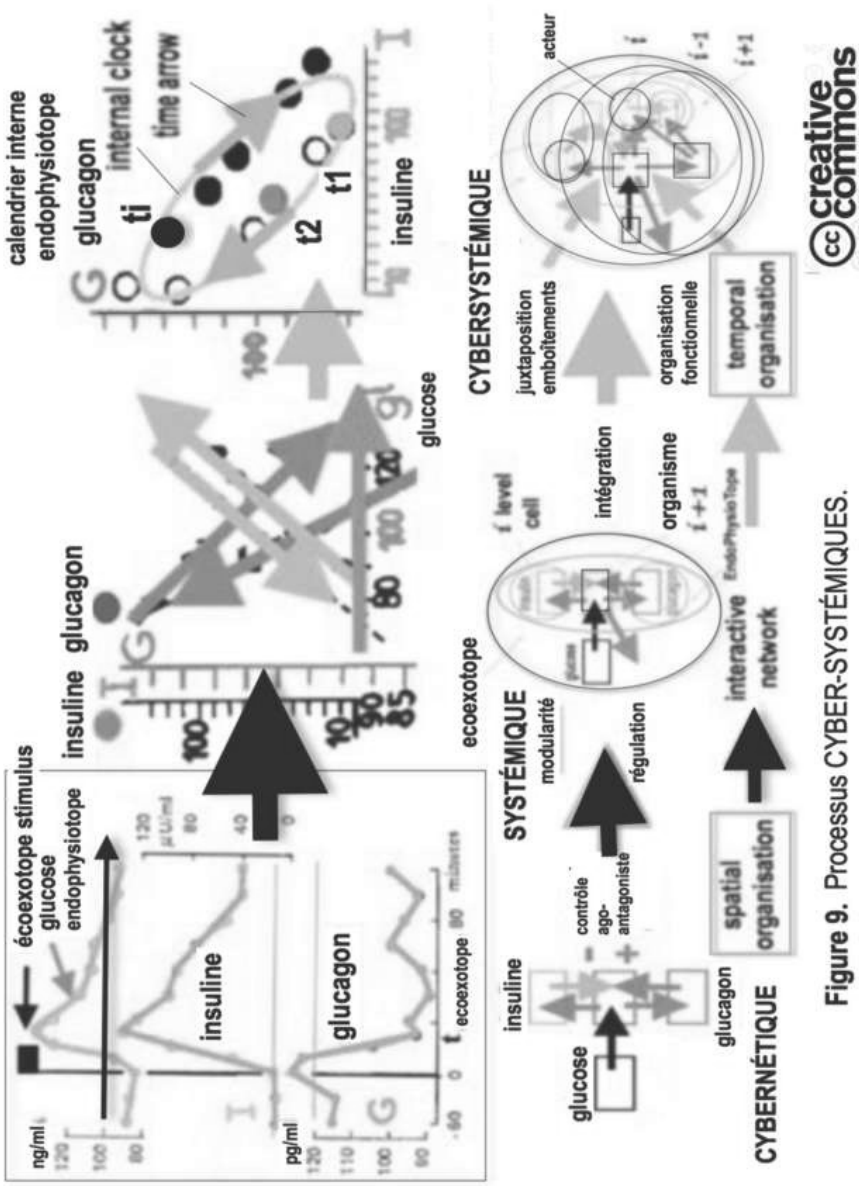


Figure 9. Processus CYBER-SYSTÉMIQUES.

Planche 1. CyberSystemics

How to capture the comprehensive nature of complex systems and processes as a whole?

CyberSystemics abounds of celebrities ...

If you know these authors or these words (concepts), you have made already cybersystemics without knowing it!

R. ASHBY (**requisite variety**), Gregory BATESON (**inter-personal communication**), Henri BERGSON (**creative changing & evolution**), Claude BERNARD (**homeostasis**), Elie BERNARD-WEIL (**agoantagonism, paradoxical strategies**), BERTIN (diagrams, networks, maps: **graphic semiology**), BOLTZMANN (**behavior statistical laws**), BOOLE (**algebra**), BOULDING (**economic typology of systems**), BUNGE (**general typology of systems**), CANNON, Noam CHOMSKY (**language syntax**), L. COUFFIGNAL, Michel CROZIER (**multiple agents decision making systems**), Joël DE ROSNAY (*the macro-scope*), DE SAUSSURE (**linguistic structuralism**), Gérard DONNADIEU & Michel KARSKY (**systemic approach**), J.W. FORRESTER (**systems dynamics**), Michel FOUCAULT (**analogy**), Arthur KOESTLER (**wholeness**), LAVOISIER (**isomorphism**), Jean-Louis LE MOIGNE, LEIBNITZ, J. LESOURNE (**fate systems**), Claude LEVY-STRAUSS (**anthropologic structuralism**), Edward LORENZ (**butterfly effect**), James LOVELOCK (**Gaïa system**), MAC CULLOCH (**biomimicry**), Benoît MANDELBROT (**fractals, systems scaling invariance, theory of catastrophes**), Edgar MORIN (*the method*), Blaise PASCAL (**the Whole and the parts**), Louis PASTEUR, Jean PIAGET (**psychological structuralism**), PRIGOGINE (**autonomy & auto-organization, dissipation structures**), PYTHAGORE, Michel SERRES (**communication interference**), Claude SHANNON (**communication, quantitative theory of information**), SKINNER (**behavior**), Herbert SPENCER (**progress**), TARSKY (**theory of models**), Pierre TEILHARD DE CHARDIN (**man cosmic system**), Paul VALERY (**models & modeling**), Ludwig VON BERTALANFFY (**general system theory**), VON FOERSTER, (**information**), VON NEUMANN & MORGENSTERN (**games theory**), Norbert WIENER (**cybernetics**).

La leçon qu'il faut retenir de l'approche systémique, c'est qu'elle peut être un changement de mode de représentation et de pensée (figure 7). Habituellement, on représente le déroulement des phénomènes dans le temps pour les observer parallèlement au cours du temps. C'est une **approche cybernétique**, spatiale et temporelle, qui permet d'identifier une organisation structurelle et fonctionnelle d'un système global à l'aide de fonctionnements locaux. Pour relier les phénomènes, mettre en évidence leurs corrélations fonctionnelles, il faut les exprimer indépendamment de ce déroulement temporel. C'est une **approche systémique** qui considère des interactions au sein du système représenté comme un réseau d'acteurs en co-organisation et co-fonctionnement. En passant à une étape tridimensionnelle qui rétablit la circulation temporelle en tant qu'horloge marqueur du déroulement des co-interactions, on possède maintenant une image cyber-systémique du *"voyage" "spatial et temporel"* qui se déroule *"à l'intérieur"* de l'endophysiotope du système, endophysiotope résilient, structurellement et fonctionnellement vis-à-vis des changements de son écoexotope (figure 9).

Mais...

La résilience est antagoniste à l'émergence.

Une autre leçon qui doit être retenue quant au fonctionnement des systèmes complexes est que *"gagnant-gagnant"* n'existe pas. Quand on parle de bénéfices mutuels, de résultat gagnant-gagnant, c'est entre acteurs qui s'isolent artificiellement des autres, comme si les autres acteurs n'existaient pas ou plus. Ce n'est jamais le cas. Aujourd'hui. aucune structure sociétale n'est isolée d'une autre. La mentalité gagnant-gagnant n'est pas une solution, c'est un problème !

Peut-on vouloir gagner à tout prix, quoiqu'il en coûte ? Et à qui cela va-t-il coûter ? Pas à ceux qui sont dans le duo gagnant-gagnant, mais aux autres. Et à qui cela va-t-il profiter ? Aux seuls gagnants du duo… (Voir pp. 72-80, **Le dilemme des prisonniers**.)

Il n'y a jamais de gagnant sans perdant,

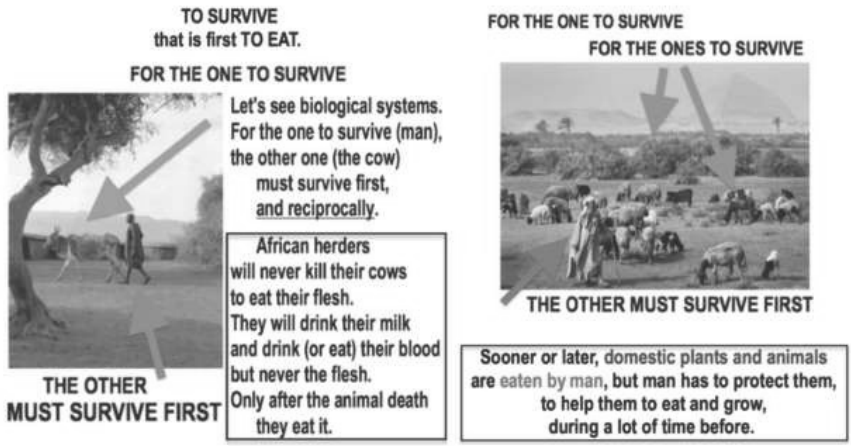
il n'y a jamais d'avantages pour les uns, sans inconvénients pour les autres.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Dans la partie aérienne, terrestre, de son écoexotope antarctique glacé, un pingouin n'a aucune raison de marcher vite... Mais, dans l'eau, il en a au moins deux de nager vite : attraper les poissons qui constituent ses proies et ne pas être attrapé par une orque, prédateur dont il est la proie (figure 13).

Pour tout système vivant,
survivre c'est "manger et ne pas être mangé".



creative commons

Planche 2. ARMSADA : RULE of maintenance
For the one to survive the other one must survive first.
Un contrat synallagmatique !
Ensembles, pour le meilleur et pour le pire, pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive, et réciproquement.

LA NATURE DE LA VIOLENCE DANS LA NATURE a, b, c, d *

* Seules quelques références, les plus marquantes, sont indiquées ici.
Aucune référence ne sera indiquée dans le détail du texte.
Elles sont toutes regroupées à la fin du fascicule.

a. Bricage P. 1980, Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, *Hibiscus sabdariffa* L., Malvacées. II. **Résistance aux agressions climatiques et biologiques.** Bull. IFAN A,42-4: 679-701.
b. Bricage P. 1984, Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, *Hibiscus sabdariffa* L., Malvacées. IV. Influence des phénotypes parentaux et des conditions stationnelles sur la germination et le développement des individus: **compétition entre individus**. Bull. IFAN A,46-1/2: 140-166.
c. Bricage P. 2000, La nature de la violence dans la nature : Déterminismes écologique, physiologique et génétique de **l'adaptation aux changements** aux différents niveaux d'organisation des systèmes végétaux.
Journées Annuelles AFSCET à Andé, 6 p.,, CC licence,
http://afscet.asso.fr/Ande00/pbvioIW98.pdf
d. Bricage P. 2001, La nature de la décision dans la nature ? : Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants.
Journées Annuelles AFSCET à Andé, 16 p.,, CC licence,
http://afscet.asso.fr/Ande01/Decision.pdf

Figure 1. NIVEAUX d'organisation et d'intégration : local, global, écoexotope, endophysiotope.
Toute forme de vie est **hébergée par un écoexotope qui lui fournit une capacité d'accueil**, à condition que son endophysiotope possède **une capacité d'être accueilli en adéquation**.
L'éco-exo-tope (tope : **espace-temps-action**, exo : externe, éco : d'habitation) de survie et l'endo-physio-tope (tope : espace-temps-action, endo : interne, physio : de fonctionnement) sont indissociables (figure 2).

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Violences au sein d'un niveau d'organisation.

La lutte pour survivre et se survivre : la violence liée à la surpopulation.

L'individu et l'espèce, deux niveaux d'intégration ago-antagonistes.

Au Sénégal, les populations, sauvages ou cultivées, du bissap (*Hibiscus sabdariffa* L., Malvacée) présentent **une variabilité interne**, avec des individus différents, dont les fruits et les feuilles expriment une pigmentation" rouge", "rose" ou "blanc-jaune". En pots, **la croissance et la survie d'un individu dépendent de la densité** de la population au semis. Certains graines germent et croissent, et d'autres ne germent pas. **Tous les individus ne survivent pas**. La croissance en masse de ceux qui survivent dépend de la densité de la population des individus qui germent et croissent. Plus ils sont nombreux à survivre, plus leur croissance est réduite.

Dans la lutte de l'individu pour survivre, **la croissance en masse de son endophysiotope est un facteur limitant**. Ce facteur limitant est limité par un autre facteur limitant : la mobilisation de la matière et de l'énergie. La limitation de la capacité d'accueil de l'écoexotope, comme la teneur en nutriments disponibles, provoque **une compétition entre individus, une violence qui est une réponse quand la survie est plus difficile**. Les individus "rose", hybrides, intermédiaires entre les deux parents "rouge" et "blanc-jaune", **supportent une contrainte** (de densité optimale) supérieure à celles de chaque parent et ont une croissance supérieure (vigueur hybride).

La densité optimale de survie est contrôlée par au moins une substance diffusible (un régulateur de croissance) libérée, par les individus, dans leur milieu de survie. En effet, expérimentalement, il est possible de supprimer cette "**substance de violence"**. Dans ce cas, tous les individus germent et **l'effectif de la population dépasse l'effectif de la situation optimale régulée.** Mais... la croissance des individus est encore plus réduite, et, aucun de ces individus, qui survivent en plus grand nombre, mais restent "nains", n'acquiert la capacité de reproduction ! **Tous survivent, mais aucun ne se survit !**

Dans la lutte de l'individu pour se survivre, **la croissance est le facteur limitant**. Comme chez les animaux, l'individu, au cours de sa phase de croissance, doit atteindre une masse critique avant d'acquérir la capacité de reproduction (figure 1).

Si la suppression de la violence, à court terme est favorable à la survie de l'individu, à long terme, elle ne l'est pas à celle de sa forme de vie. **La violence contre l'espèce naît d'un viol de la régulation de la violence contre l'individu.** C'est la régulation du développement individuel qui permet **le développement durable** de l'espèce. L'action violente est-elle engendrée par **l'impossibilité d'agir autrement face aux contraintes de survie ?**

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

SURVIVRE OU SE SURVIVRE ?

Tout organisme vivant doit d'abord survivre, avant de pouvoir, éventuellement, se survivre (avoir une descendance), et permettre la survie de sa forme de vie (sa re-production).

Violence entre populations d'une même communauté.

Le bois de Pau : violences au sein d'un écosystème.

Est-il possible d'éradiquer la violence ?
Peut-elle être canalisée vers une moindre violence ?

Au sein de la forêt domaniale du bois de Pau, toute chenille, de toute espèce de papillon, passe sa vie larvaire à **manger**. Tout stade larvaire est toujours une phase de **croissance**, comme toute larve, elle croît ! Au sein de tout écosystème forestier, une espèce de chenille peut manger les feuilles de plusieurs espèces d'arbres et un même arbre peut **être mangé** par plusieurs espèces de chenilles. Au sein d'une forêt de feuillus, la survie des chenilles de papillons dépend de la production de matière par les arbres dont elles consomment les feuilles. Inversement, la survie des arbres est limitée par les ravages causés par les chenilles qui les mangent (figure 6).

La survie mutuelle dépend d'une limitation des ravages (**manger... mais pas trop !**) et d'une survie (et d'une production) suffisante(s) des arbres (**impossible... de ne pas être mangé !**).

Le **degré d'attaque** de la partie végétale de l'écosystème et **la diversité et la densité** des ravageurs de la partie animale de l'écosystème dépendent d'abord de la composition végétale de la biocénose : **il existe plusieurs compositions de la biodiversité végétale globale pour lesquelles les ravages sont les plus réduits. La survie des uns passe par celle des autres est réciproquement.**

La survie globale est un équilibre des moindres violences.

Violence entre espèces:

tout changement des conditions de survie accroît la violence.

Par ses interventions, de plantations ou/et de coupes d'arbres, l'homme change **les rapports au sein du réseau des relations de survie**; il déplace les équilibres des interactions, les compositions optimales locales et globale de **biodiversité** (figure 6), qui diffèrent d'un ravageur à un autre et d'une forêt à une autre !

En traitant par des insecticides (biologiques ou non), **l'homme désavantage les uns et avantage les autres**, **l'homme détruit l'équilibre dynamique de partage des avantages et inconvénients entre les acteurs du système.** En conséquence, il déplace, le plus souvent, la situation présente d'équilibre, à l'avantage de certains ravageurs, qui mangent, et au désavantage des feuillus, qui sont mangés, et la forêt, l'écosystème, est alors menacé(e) dans sa survie !

Figure 6. COMPORTEMENT GLOBAL : MISE EN ÉVIDENCE ET MODÉLISATION des interactions fonctionnelles.
Quantifier les liens d'interaction locaux entre acteurs, dans l'espace et dans le temps, ne suffit pas pour connaître le comportement global du système. L'analyse factorielle des correspondances et l'analyse factorielle en composantes principales permettent, éventuellement, de dégager **des attracteurs de comportement** voire **un comportement global émergent.**

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Tout déplacement de l'équilibre des interactions, entre les PARTIES et entre les parties et le TOUT, peut entraîner un changement **imprévisible et irréversible** (figure 6).

La violence est engendrée par **une inadéquation des référents** humains (que l'homme soit jardinier ou bûcheron) et des référents écosystémiques de biodiversité.

L'homme est-il l'ennemi de la nature ?

L'homme et la nature : une relation ago-antagoniste ?

L'écosystème forestier est un système-de-systèmes traversé par des flux de matière et d'énergie, où, pour tout acteur, **survivre c'est manger et ne pas être mangé** (figure 13).

Comment peut-on survivre au froid extrême de la toundra ou de la forêt boréale (figure 10) ? Qu'en est-il des chaînes alimentaires dans les régions arctiques et subarctiques ? Qu'en est-il des flux de matière et d'énergie, dans la forêt boréale ou dans d'autres écosystèmes (figure 13) ?

Violences au sein d'un écosystème : comment L'HOMME est-il devenu UN PARASITE ÉCOSYSTÉMIQUE ?

Dans la forêt boréale, l'homme est en compétition avec le loup et l'ours, pour la consommation de la viande du renne, car ils appartiennent à **un réseau de chaînes alimentaires** (ou réseau trophique), dont **l'espèce clé-de-voute**, le lichen, est la nourriture du renne (figure 10). Cet **espace-temps-action** écosystémique est l'écoexotope de survie d'un grand nombre d'espèces qui le partagent, qui y mangent et qui y sont mangées. L'espèce humaine s'est installée au sommet du réseau trophique en élevant le renne (pour son lait, sa viande, sa peau) au lieu de le chasser. Devenant éleveur, l'homme a joué un rôle d'acteur clé-de-voute pour la survie du renne, les deux espèces on mis en place **un contrat synallagmatique**. Pour que l'un survive il faut que l'autre survive, et réciproquement. Mais ce contrat, **en apparence "gagnant-gagnant"**, a accru la compétition entre la chaîne alimentaire détournée par l'homme à son profit et l'ensemble de toutes les autres chaînes du réseau. Car, l'espèce humaine, associée à l'espèce chien et l'espèce renne, ensemble, sur-exploitent à leur seul profit la ressource lichénique à l'origine du réseau de survie. Le lichen est l'espèce clé-de-voûte sans laquelle le réseau n'existerait pas.

L'homme ne peut pas y survivre sans la présence à la fois du chien et du renne. Le chien domestiqué, permet à la fois de tirer les traineaux et les charges et de surveiller les troupeaux de rennes, semi-sauvages, dont la survie est menacée par les loups et les ours. Pour que l'homme survive il faut d'abord que le chien et le renne survivent ensemble (figure 10).

Pour gagner l'homme (et le chien) tente(nt) de détruire les autres concurrents, et en particulier le loup. Mais la disparition du loup a **l'effet opposé à celui attendu**. En effet le loup, même s'il peut chasser le renne en meute (comme le faisait l'homme aux temps préhistoriques) se nourrit d'abord d'animaux moins risqués à chasser, comme les rongeurs de toutes tailles. La disparition du loup libère donc ces proies de sa pression de prédation, elles peuvent pulluler et menacer la survie de tout l'écosystème en sur-consommant la ressource lichénique et les autres ressources végétales et animales.

Par sa présence le loup joue le rôle d'un **acteur régulateur** de la survie de tout l'écosystème. Pour accroître sa prédation sur l'écosystème l'homme tente de détruire le loup. Ce faisant il accroît la compétition pour la survie des autres espèces concurrentes dont la prolifération était contrôlée par la présence du loup (figure 10).

C'est un jeu à "qui gagne perd".

Gagnant-gagnant n'est pas la solution, mais le problème.

Tôt ou tard, les solutions « gagnant-gagnant » débouchent sur des problèmes « perdant-perdant ».

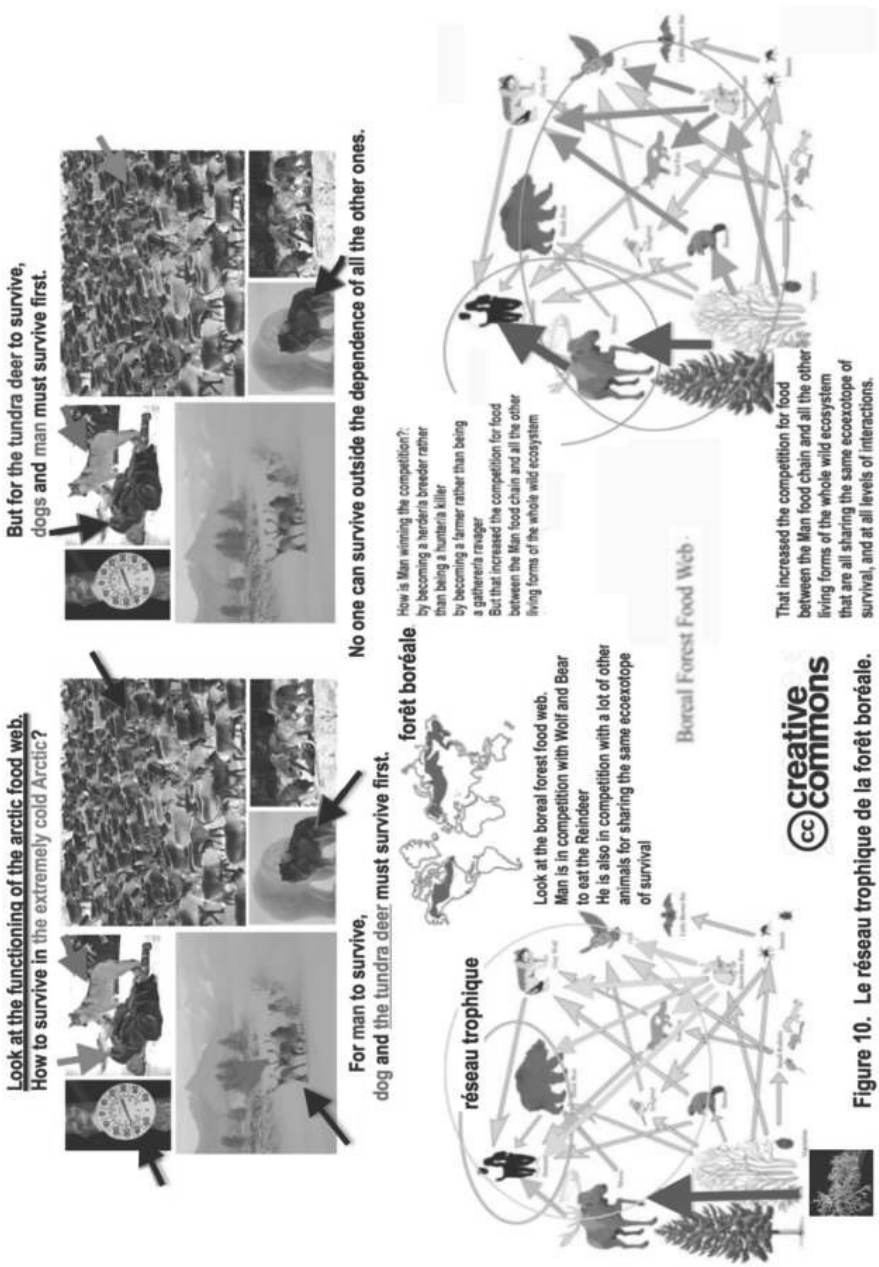


Figure 10. Le réseau trophique de la forêt boréale.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

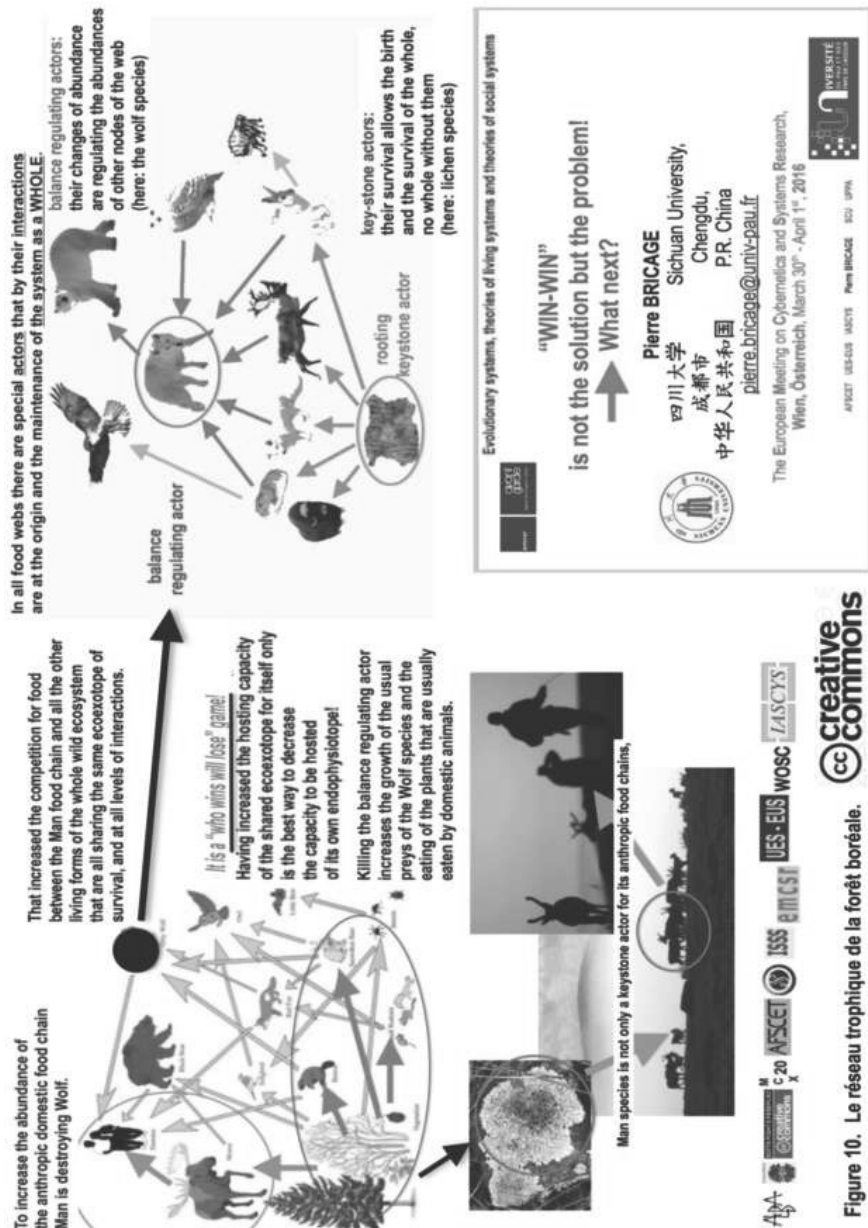


Figure 10. Le réseau trophique de la forêt boréale.

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Figure 11. La domestication : un contrat synallagmatique.

La prévention des violences au niveau cellulaire: **la violence inévitable évitée ... par un équilibre dynamique des relations ago-antagonistes.**

Pour manger, une amibe ingère, puis digère, des bactéries, capturées dans son milieu de survie. Cette capacité de phagocytose est **un avantage pour sa survie**. Elle construit sa matière à partir de celle, prélevée, puis transformée, d'un autre être vivant. Mais, certaines bactéries peuvent survivre à l'ingestion en élaborant une paroi résistante à la digestion (**défense passive**). C'est ainsi que les Mycobactéries, tuberculeuse ou lépreuse, résistent, dans nos cellules vivantes, à la destruction. Et, pour vaincre les défenses nouvelles de l'attaqué, l'attaquant doit élaborer des armes plus efficaces ou nouvelles: c'est **le début de l'escalade !** D'autres bactéries sécrètent des enzymes et digèrent l'amibe qui les a ingérées (**défense active**: "stratégie du cheval de Troie", la meilleure défense c'est l'attaque !). L'avantage de la phagocytose devient un inconvénient.

Dans certaines espèces d'amibes, envahies par des bactéries, il peut arriver qu'une amibe survive à la présence des bactéries. Après une phase de dépression métabolique, elle reprend sa croissance et se divise. **Elle survit, puis se survit.** Un équilibre s'est établi entre l'hôte habité et ses hôtes habitants. Si on détruit artificiellement les bactéries, l'amibe meurt. L'inconvénient de l'invasion initiale est devenu un avantage pour la survie. De même, les bactéries ne survivent pas à la destruction de l'amibe, le milieu interne de l'amibe est devenu le milieu externe de survie des bactéries.

Survivre, c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.

L'inconvénient de la perte par chacun de la capacité de détruire l'autre est devenu un avantage réciproque pour la survie de chacun. Les deux partenaires, maintenant indissociables, forment un nouveau système biologique de niveau d'organisation plus élevé. Ce phénomène dit de **symbiose** est probablement à l'origine de la cellule eucaryote.

Et, à la question *"Avec qui puis-je avoir une relation durable ?*", il donne TOUJOURS comme *seule réponse* (figure 12) :

seules perdurent, survivent et se survivent, les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés.

L'amortissement des violences par leur partage.

Une observation au microscope électronique d'une cellule végétale chlorophyllienne met en évidence plusieurs **compartiments** fonctionnels, **juxtaposés et emboîtés**: le cytoplasme, la vacuole, les mitochondries, les chloroplastes, les peroxysomes. Ces compartiments ne sont **pas disposés de façon aléatoire dans l'espace-temps-action de survie** intra-cellulaire.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Le cytoplasme, lieu de protection, d'échanges et de communication, englobe tous les autres. La vacuole, lieu de réserve de l'eau, est au contact, à la fois, des mitochondries, qui produisent de l'eau (déchet respiratoire), et des chloroplastes, qui consomment de l'eau (matière première de la photosynthèse : aliment) (figure 3).

L'aliment des uns est le déchet des autres.

Les mitochondries, qui consomment de l'oxygène et des sucres (aliments respiratoires), sont au contact des chloroplastes, qui eux produisent des sucres (aliments de l'organisme) et de l'oxygène (déchet de la photosynthèse) (figure 3).

Le déchet des uns est l'aliment des autres.

Les mitochondries sont des organites qui descendent, génétiquement et physiologiquement, d'anciennes bactéries, autrefois à vie libre. Elles ont "colonisé" le hyaloplasme, du système ancestral d'accueil, à l'origine des cellules. Ainsi s'est mise en place une **association à avantages et inconvénients réciproques et partagés** dans laquelle les mitochondries éliminent l'oxygène qui serait toxique, en leur absence, pour le cytoplasme. En **contrepartie**, le cytoplasme héberge, protège et nourrit les mitochondries. Cet **inconvénient** pour "l'habité" est le **coût de l'avantage** de sa protection par "ses habitants".

De même, les chloroplastes descendent, génétiquement et physiologiquement, d'anciennes bactéries photosynthétiques, à vie libre, qui ont colonisé le hyaloplasme indépendamment.

Au cours de leur fonctionnement, mitochondries et chloroplastes produisent de l'eau oxygénée, qui serait toxique, pour tous les compartiments cellulaires, en l'absence des peroxysomes. Au contact, à la fois, des mitochondries, des chloroplastes et de la vacuole, les peroxysomes transforment ce déchet toxique en eau (aliment des chloroplastes, stockable dans la vacuole) et en oxygène (aliment des mitochondries). L'**endo**-symbiose **intra**-cellulaire résulte de l'émergence d'**un système de recyclage** de déchets toxiques !

L'union des compartiments cellulaires, PARTIES qui inter-agissent, forme par son organisation, structurale et fonctionnelle, UN **TOUT, indissociable**. Et, les propriétés de survie nouvelles du TOUT rétro-agissent sur la survie des PARTIES. Le TOUT est un SYSTÈME dont les PARTIES sont des SOUS-SYSTÈMES **en interaction** entre eux et avec le TOUT (Voir pp. 139-179, ARMSADA et évolution).

Le fonctionnement de survie des uns est limité par celui des autres et réciproquement.

Ce système "tampon", formé de compartiments, semi-autonomes, en réseau, complémentaires et inter-dépendants, permet d'éviter la violence toxique des déchets de fonctionnement : les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement.

Les avantages pour les uns sont des inconvénients pour les autres, et réciproquement.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Figure 3. GOUVERNANCE : interactions, clôtures organisationnelle et fonctionnelle, circularités des causes et effets.

Figure 4. LOI SYSTÉMIQUE CONSTRUCTALE : **toute construction est interactions, toute interaction est construction.**
COMPLEXITÉ spatio-temporelle : **tout SYSTÈME-de-SYSTÈMES est construit par itération**, par juxtapositions et emboîtements de systèmes pré-existants.

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

La prévention des violences au sein d'un organisme : **la violence inévitable évitée ... par un équilibre dynamique des relations ago-antagonistes.**

Prévenir et Guérir: défenses et réparations.

Euphorbiacée tropicale, plante adaptée à la sécheresse, *Pedilanthus tithymaloides L. variegatus* exprime **en réponse à des agressions** biologiques (violences biotiques) et climatiques (violences abiotiques), des protéines de stress (réponses métaboliques).

Les feuilles *in vivo*, et les cultures de tissus *in vitro*, expriment des activités peroxydasiques, qui interviennent dans des phénomènes de détoxification et de défense de l'organisme végétal. Ces activités enzymatiques sont des **marqueurs des réponses aux changements** externes et internes. **À la suite d'un choc thermique**, les feuilles expriment trois familles d'activités peroxydasiques différentes qui suivent des rythmes circadiens avec des pics de jour et de nuit **d'amplitudes proportionnelles à l'agression**. Ces enzymes, distinctes par leurs propriétés, adaptées aux conditions nouvelles, expriment de façon indissociable une double capacité enzymatique **moins spécialisée**.

Tout se passe comme si, face à l'agression, il y avait retour, au niveau moléculaire, à un état d'organisation plus simple, une rétrogression. **Tout se passe comme si**, au-delà des limites de l'habituellement supporté, l'individu, pour survivre au stress, devait **se dé-construire pour se re-construire**.

La régulation de ces activités est sous la dépendance de couples de ligands phénoliques, activateurs seuls, mais inhibiteurs ensemble : inhibition **concertée**. Au niveau des compartiments cellulaires impliqués ces activités enzymatiques sont des activités de sauvegarde en réponse aux stress. Cette réponse est, à la fois, contrôlée par l'intensité du stress externe et **modulée** par les capacités physiologiques internes.

Comment "contrôler" la violence ?
Limiter les violences ou amortir les violences ?

Avec quels choix de régulation ? Quels agents de régulation ?
Quels équilibres dynamiques de régulation ? Dans quelles limites ?

Une réponse "naturelle" a fait ses preuves : elle n'est PAS une association à bénéfices mutuels, MAIS une association, indissociable, à avantages et inconvénients réciproques et partagés. [1]

[1] Ou **ARMSADA** http://armsada.eu, acronyme de "**A**ssociation for the **R**eciprocal and **M**utual **S**haring of **A**dvantages and **D**is**A**dvantages" (figures 12 et 13).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Figure 12. Systèmes-de-systèmes vivants. ARMSADA à différents niveaux d'organisation.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

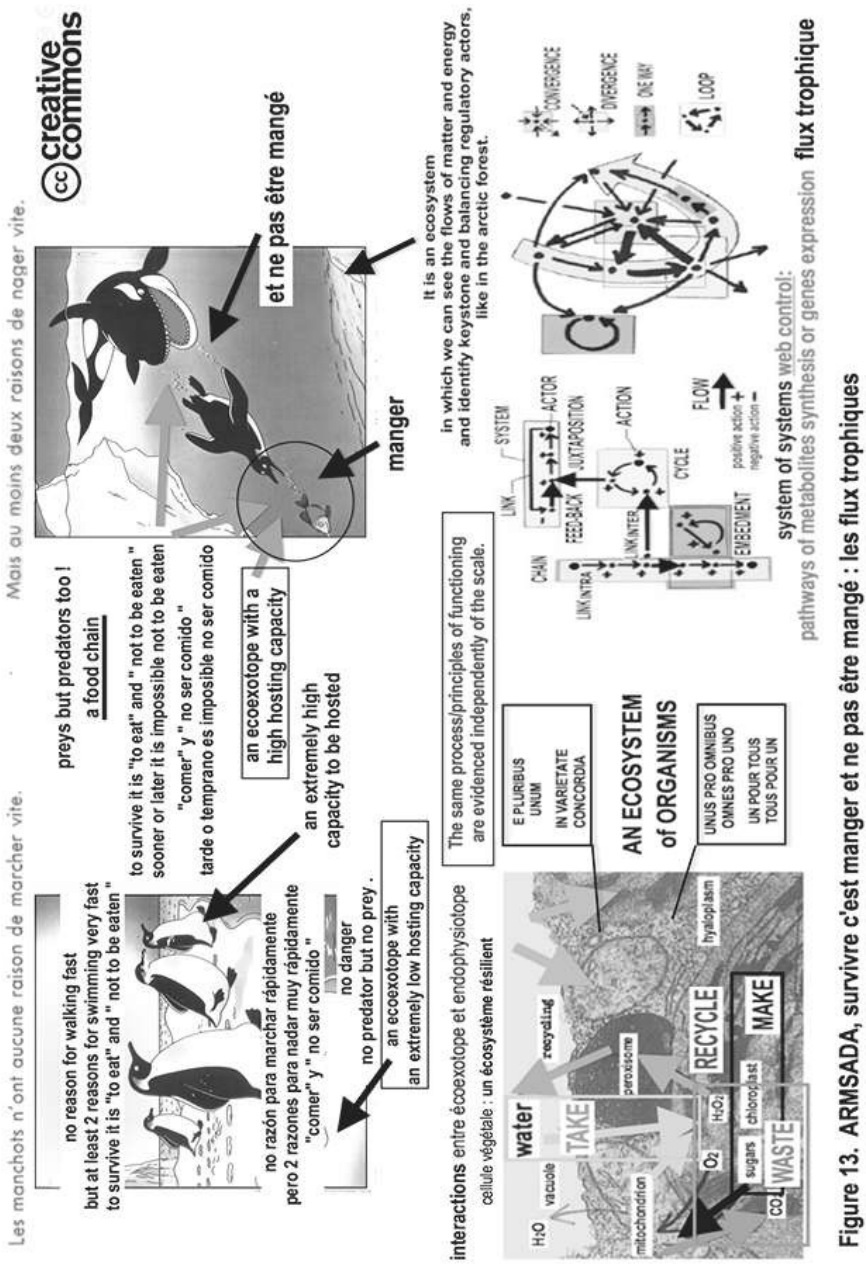


Figure 13. ARMSADA, survivre c'est manger et ne pas être mangé : les flux trophiques

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Figure 13b. ARMSADA. Lichens : les coûts de la relation prédateur-proie.

Figure 13. ARMSADA, survivre c'est manger et ne pas être mangé : les flux trophiques

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les lichens sont des organismes, **issus de l'association** d'une algue (capable de photosynthèse, donc capable de fabriquer sa matière organique en l'absence de matière organique préexistante, en l'absence d'autre forme de vie) et d'un champignon.

Association symbiotique, fonctionnant à la fois comme un végétal et un animal, le lichen représente un niveau d'organisation plus élevé que ceux de l'algue ou/et du champignon. De même que la cellule eucaryote (à compartiments internes, dont un noyau contenant des chromosomes) représente un niveau d'organisation plus élevé que ceux de son hyaloplasme, des chloroplastes, des mitochondries et des peroxysomes, d'origines procaryotes (sans compartiment interne).

Comme le cytoplasme, qui offre un abri aux organites intra-cellulaires, le champignon, incapable de fabriquer sa matière organique "offre" à l'algue un abri riche en eau et en sels minéraux (le gîte et le couvert). En retour, par ses filaments, le champignon "mange" les cellules de l'algue (qui montrent des figures de "souffrance métabolique"), de la même façon que le cytoplasme et les mitochondries se nourrissent des produits élaborés par les chloroplastes. **Le partenaire** champignon fonctionne comme la partie racinaire des plantes supérieures, il élabore "la sève brute". **Le partenaire** algue fonctionne comme les feuilles, il élabore "la sève élaborée". Et les deux se nourrissent **réciproquement**.

Pour survivre, le partenaire champignon doit **limiter son agression sur l'associé** algue, comme les chenilles des papillons doivent limiter leurs attaques sur les feuilles des arbres dont elles se nourrissent. L'hôte hébergeant, et habité, paie **un double coût** : le coût de l'hébergement de l'algue et le coût d'une croissance limitée par celle de l'algue. Pour que le champignon survive, il faut d'abord que l'algue survive. L'hôte hébergé (et captif !) paie, lui **aussi, un double coût** : le coût de la survie de sa population de cellules, qui passe par la non-survie d'une partie des individus (les cellules qui sont mangées), et, le coût d'une croissance limitée par la croissance du champignon (elle-même limitée par celle de l'algue).

La croissance de chacun est limitée par la croissance de l'autre.
Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive.
Les inconvénients pour l'un sont des avantages pour l'autre
et réciproquement.

Toute "**sym**-biose" est une association où, survivre ensemble, pour se survivre ensemble, impose autant des bénéfices mutuels que des coûts mutuels.

C'est **une association, à avantages et inconvénients, réciproques, et partagés (ARMSADA), où tout ce qui est avantage pour certains partenaires est un inconvénient pour d'autres et réciproquement.**

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Le champignon doit **limiter** ses exigences de croissance vis-à-vis de l'algue, et **réciproquement**, l'algue ne peut croître et se développer que dans les limites des capacités du champignon.

Les inconvénients pour les deux partenaires sont énormes, ils restent "nains". Et, si l'un meurt, l'autre meurt. Les 2 partenaires totalement solidaires **ne forment qu'un, pour le meilleur et pour le pire**. Un nouveau système, c'est-à-dire, à la fois une **forme nouvelle d'organisation** interne de survie, un nouvel endophysiotope, et une **forme nouvelle d'intégration** au milieu externe, **de nouvelles interactions** avec un nouvel écoexotope, est né de cette association, **avec un changement d'échelle spatiale et surtout temporelle.** Le système-de-systèmes peut survivre des siècles !

Le nouveau système "symbiotique", à avantages et inconvénients réciproques et partagés, émerge du fait que les 2 partenaires ne s'ajoutent pas mais se combinent et s'interpénètrent.

L'autonomie se construit sur l'inter-dépendance.
Le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties.

Les avantages pour l'association sont énormes. Les lichens peuvent coloniser des terres vierges de toute autre forme de vie.

Organismes pionniers, ils sont très peu dépendants du milieu de survie. Mais, inconvénient énorme, ils y sont la seule source de nourriture organique et ils sont mangés. Ce sont des **organismes clé-de-voûte** qui permettent la mise en place d'un nouveau réseau de chaînes alimentaires et l'installation de nouvelles formes de vie.

La violence des interactions au sein de l'écoexotope de survie impose à tout organisme une démarche de la qualité. Mais le choix de **la qualité dépend de la diversité des possibles** donc d'abord de la quantité. À tous les niveaux d'organisation du vivant, la croissance (la quantité) précède toujours le développement (l'acquisition de qualités nouvelles). **Le quantitatif permet le qualitatif**. **Et, l'intégration au milieu de survie actualise des choix temporairement durables.**

Le retour à un niveau d'organisation antérieur, ou
rétrogression, est un processus pour faire face à une agression qui menace la survie du système.

La rétrogression est aussi un processus de déconstruction nécessaire, indispensable **pour reconstruire ultérieurement** le même niveau d'organisation, lors de la re-production sexuée, pour se survivre, pour **re-donner** sa forme de vie.

Survivre c'est manger et ne pas être mangé :

LES RELATIONS ENTRE PRÉDATEURS ET PROIES a, b, c, d, e, f *

* Seules quelques références, les plus marquantes, sont indiquées ici.
Aucune référence ne sera indiquée dans le détail du texte.
Elles sont toutes regroupées à la fin du fascicule.

a. Bricage P. 1975, Quelques aspects d'une maladie endémique : la lèpre. Bull. AASNS 51: 5-12.
b. Bricage P. et al. 1990, Appraisement of the defoliator *Lepidoptera* associations in a hardwood forest. Acta Entomologica Vasconae 1: 5-26.
c. Bricage P. 1991, **Les Caractéristiques des Organismes Vivants.** UPPA, Fac. Sci. Univ. Pau, A.P.I.D.S., 44 p.
d. Bricage P. 2000, **La Survie des Organismes Vivants.** Atelier afscet Systémique & Biologie., 44 p. Fac. Médecine St Pères (Paris, France).
http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf
e. Bricage P. 2001, La nature de la décision dans la nature ? : Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants. Journées Annuelles AFSCET à Andé, 16 p., CC licence, **http://afscet.asso.fr/Ande01/Decision.pdf**
f. Bricage P. 2008, La démarche scientifique expérimentale, un langage "systémique" : mise en évidence d'une phase critique d'apprentissage.
Journées Annuelles AFSCET à Andé, 30 p., CC licence,
http://afscet.asso.fr/Ande08/pbAnde08ExpSci.pdf

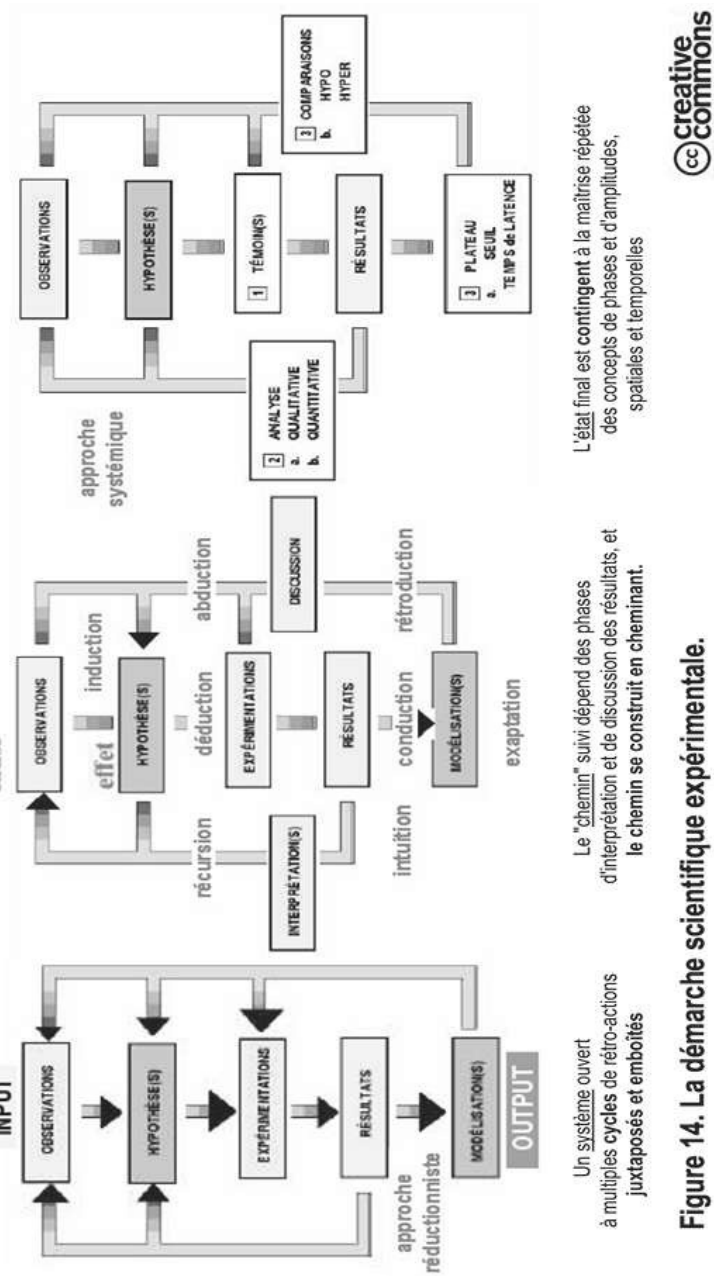


Figure 14. La démarche scientifique expérimentale.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

"Quelle décision prendre lorsqu'on se trouve confronté à un choix difficile ?" : décider... quoi ?, quand ?, pour quoi ?

La modélisation de la décision, a été esquissée pour la première fois par Blaise Pascal, mais, c'est le domaine des jeux qui a suscité le plus de contributions des chercheurs. Elle intéresse de façon primordiale les économistes et les spécialistes des sciences sociales, pour **représenter les comportements d'acteurs dans les systèmes, essentiellement anthropiques,** qu'ils étudient. Elle a connu un développement spécifique dans le domaine des choix économiques, car, **arrêter des choix,** d'investissements, de gestion de stocks, de concession dans une négociation ou de stratégie à long terme, détermine **la survie d'une entreprise**, voire d'une société.

Les modèles de décision mettent en jeu des critères de rationalité avec **des modalités qui dépendent du type de turbulence de l'environnement.**

Herbert Simon a proposé un **schéma modèle du processus de décision**, en 4 phases : –une phase de diagnostic d'un problème et de reconnaissance des conditions dans lesquelles il se pose, –une phase de conception et de **formulation des voies possibles** offertes à la résolution du problème, –une phase de **choix d'un mode d'action** particulier parmi les actions possibles, –une phase d'évaluation de la solution provisoirement retenue (phase de **bilan**), qui peut déboucher sur la réactivation de l'une des trois phases précédentes, rétro-action (ou feed back) (phase de **régulation**). Ce qui n'est qu'une **démarche scientifique expérimentale** (figure 14).

Si l'espèce humaine n'est pas biologiquement différente des autres formes de vie terrestre, les règles de fonctionnement du vivant s'y appliquent de la même façon, et **les lois de l'économie, de la sociologie, ne sont que des extensions humaines, artificielles, des lois naturelles de l'écologie et de la biologie.**

L'évolution a "fossilisé" ces lois dans les formes de survie du vivant, dans les modes actuels d'**organisation** et d'**intégration** des systèmes vivants.

Quelles sont les règles de fonctionnement du vivant ?, décider... : dans quel contexte ?, comment ?, avec quelles conséquences ?

La théorie des jeux est une technique de la recherche opérationnelle. Elle s'occupe de situations dans lesquelles **plusieurs acteurs ont à prendre des décisions dont dépend un résultat qui les concerne tous**. Les 2 facteurs essentiels en sont **la coopération et la lutte**. Survivre c'est "manger et ne pas être mangé", la survie des systèmes vivants est donc **une lutte perpétuelle**, pour survivre pour se survivre. Tôt ou tard, il est impossible de ne pas être mangé !

Dans les jeux de coopération, tous les acteurs ont **des intérêts concordants**, de sorte qu'ils forment une coalition **se comportant comme un acteur unique**. Dans les jeux de lutte, aucune possibilité de coopération n'existe entre les acteurs. Ce sont des **duels**, c'est-à-dire des jeux à deux acteurs dont **les intérêts sont strictement opposés**.

Dans les jeux de lutte et de coopération se rencontrent **simultanément des intérêts concordants et des intérêts divergents**. Ces jeux se prêtent mieux à la représentation des situations réelles, mais il est difficile de les étudier systémiquement en raison de la variété des aspects que peut prendre la coopération ou la lutte, selon les modalités de la communication entre acteurs et les possibilités de formation et d'évolution de leurs alliances. La construction d'un modèle représente toujours infidèlement la réalité.

Dans le déroulement d'une action, les acteurs ont à prendre **une suite de décisions** élémentaires, enchaînées entre elles par l'information dont dispose à chaque instant l'acteur qui a l'initiative (c'est la forme développée du jeu, et le modèle est souvent présenté sous la forme d'un graphe, appelé arbre du jeu, dont les probabilités sont inscrites sur les branches correspondantes). D'une portée plus générale, la forme dite normale d'un jeu ne cherche plus à expliciter la succession et l'enchaînement des décisions élémentaires, elle représente **le système de toutes les décisions** élémentaires appartenant à chacun des acteurs par **une décision globale unique**. On peut alors se représenter le choix d'une tactique comme l'application stricte de consignes données par un acteur à un mandataire chargé de le représenter au cours de l'action. Ces consignes doivent être complètes en ce sens que, **quel que soit le déroulement de la partie**, le mandataire doit pouvoir se contenter de les appliquer sans prendre aucune initiative personnelle.

Depuis les travaux de von Neumann et Morgenstern sur **la théorie des jeux** (1944), de Wiener sur **la régulation** (1948), et de Shannon sur la théorie de la communication (1948), l'organisme vivant (aussi bien en biologie qu'en psychologie expérimentale) est considéré comme **un système dont l'observation du comportement dans un environnement contrôlé** permet de formuler des théories sur le fonctionnement. Pour rendre compte des lois découvertes, on examine les variations du comportement en fonction des variations du milieu.

Survivre c'est d'abord manger et ne pas être mangé ! L'homme n'est pas une exception !

Même s'il n'est plus mangé par les grands fauves, qui étaient ses prédateurs aux temps préhistoriques, même si c'est lui maintenant qui est leur prédateur, l'homme est toujours "mangé"..., mangé de l'extérieur par des vers ou des moustiques de son écoexotope, ou de l'intérieur par des bactéries ou des virus, voire par lui-même, par les propres cellules de son endophysiotope (cancers et maladies auto-immunes).

Le DILEMME DES PRISONNIERS

Est-ce un jeu ?

Un jeu est une **situation** artificielle, mais le comportement des joueurs, lui, est bien réel. La **prise de décision** exprime l'intervention du joueur dans le cadre structuré **des règles** du jeu.

Encore faut-il connaître les règles du jeu et les respecter !

Toute décision est soumise à la contingence, car elle est **tributaire à la fois du hasard** (l'incertitude du déroulement de la partie) **et de la nécessité** (l'issue de la partie). **La liberté d'action** des joueurs, comme celle des organismes vivants, **est encadrée au sein d'un environnement structuré et incertain**.

Tout jeu se caractérise par -l'existence d'objectifs à atteindre, -la nécessité d'effectuer des actions irréversibles (décision stratégique), pour les atteindre, -l'existence de contraintes spatiales (la structure de l'espace de choix) et temporelles (les limites de temps), -la liberté offerte par la multiplicité des choix et des stratégies, **plusieurs chemins** peuvent conduire à l'atteinte d'un même objectif, -l'incertitude sur l'évolution de la situation, **un risque est attaché à toute action**, -la présence **d'autres acteurs**, ce qui définit **un réseau d'intérêts** partiellement communs et partiellement contradictoires.

Le fonctionnement du vivant présente-t-il les mêmes "degrés d'exigences" ? **La vie est-elle un jeu ? La vie est-elle enjeu ?**

Certains jeux informatiques tentent de simuler la vie ou des comportements du vivant. **Le Jeu de la vie** est "un automate cellulaire" qui fonctionne sur un quadrillage à deux ou à trois dimensions. Sur **un réseau**, chaque "cellule" peut se trouver dans **2 états possibles**: mort ou vivant.[2] Une horloge donne la mesure du temps et l'état de chaque cellule peut changer à chaque génération. Le nombre de voisins vivants détermine l'état de la cellule au cycle suivant. Au cours des simulations, **des structures stables et des barrières spatio- temporelles apparaissent**. Des organisations sont fixes, d'autres mobiles, certaines sont éphémères.

Le jeu After MAD[3] place les joueurs dans une situation connue sous le nom de dilemme du prisonnier : **trahir ou coopérer**. L'élément principal du jeu est un tableau de deux lignes et de deux colonnes qui correspondent aux 2 possibilités qui se présentent pour chaque joueur. Ce tableau à 4 cases indique les gains et les pertes, chaque case correspondant à une probabilité d'événements simultanés.

Aucun de ces jeux ne rend compte d'une situation biologique réelle. Dans la vie, comme dans le jeu, les actions possibles et les réactions possibles sont limitées. Mais, **dans la vraie vie, l'espace est limité, la durée est limitée, la matière et l'énergie sont limitées, la durée de survie est limitée.**

[2] raison pour laquelle, l'informaticien J. Conway avait choisi ce nom.
[3] MAD : en français, Destruction Mutuelle Assurée, en anglais, jeu de mot avec mad (fou) Mutual Assuredly Destruction

Pourtant, le Jeu de la vie est “toujours vivant”, car, par sa plasticité évolutive et sa sensibilité aux conditions initiales (comme dans l’évolution du vivant) il donne naissance à de nombreux **avatars**, formes de “vie informatique, virtuelle”, **différant par les types d’organisation et d’intégration au milieu de survie.**

Si la vie est un jeu... Quelles en sont les règles ?

Quels en sont les enjeux ?

“Jeu“ de lutte ou de coopération ?

Le modèle de Nash est une extension du théorème de von Neumann, qui établit que, dans tout jeu stratégique où les n1 joueurs disposent d’**un nombre fini de tactiques** n2, il existe **au moins un système de stratégies en équilibre**. Mais, il peut exister plusieurs équilibres non équivalents et non interchangeables, et les systèmes de stratégies dites prudentes ne sont pas, en général, en équilibre.

Le modèle des problèmes de partage de von Neumann et Morgenstern suppose l’existence d’un bien **indéfiniment divisible** (comme la matière vivante ?) dont l’échange entre les acteurs permet **un transfert d’utilité** entre eux, moyennant un choix convenable de leurs échelles d’utilité respectives. S’il précise **des modalités de paiements compensatoires**, il ne suppose aucune comparaison inter-individuelle des utilités, il permet de parler de l’utilité totale d’un résultat pour une alliance, et de la répartition de cette utilité entre les joueurs alliés. Un tel modèle peut être décrit comme représentant un problème de partage d’un certain bien (l’utilité globale disponible) entre n participants qui sont libres de conclure entre eux les alliances de leur choix. Mais **tout problème de partage n'admet pas une solution**.

Selon von Neumann et Morgenstern, ce sont **les conditions écologiques** qui commanderaient le choix d’une solution parmi toutes les solutions possibles, et ce sont **les aptitudes relatives des acteurs au compromis** qui entraîneraient la réalisation de la solution “choisie”.

Les animaux domestiques sont ceux qui sont **nourris dans la demeure de l’homme ou autour d’elle**, s’y reproduisent et y sont habituellement élevés. La domestication avec élevage de génération en génération sous la surveillance de l’homme a eu pour effet la constitution de types animaux très différents de la forme sauvage primitive dont ils sont issus, et **incapables de survivre et de se survivre en l’absence de l’homme.**

L’homme pourrait-il survivre et se survivre sans eux ?

On connaît mal le processus et les raisons qui ont conduit à la domestication ; il y en eut très vraisemblablement plusieurs, mais, on peut affirmer que l’homme a “domestiqué” les êtres vivants **d’abord pour la nourriture**. Même si il les considère maintenant comme des matières premières, il les a considéré autrefois comme des êtres vivants (figure 11), voire des totems.

Certains animaux se sont peut-être “auto-domestiqués” par **commensalisme** (porcs et chiens en mangeant les déchets humains).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les modes de relation des hommes aux animaux domestiques reflètent **les rapports,** plus généraux, d**es hommes au reste de la nature et des hommes entre eux.** On a pu montrer qu'il existe **un lien profond entre la manière de traiter la nature et ses ressources, et la manière de traiter les autres hommes.** Ainsi le système agro-pastoral méditerranéen, issu de la «révolution néolithique» du Moyen-Orient, où l'action du berger sur son troupeau est directe, voire brutale, va de pair avec le pouvoir du maître qui planifie son intervention directe sur la nature et sur ses ressources comme il commande le travail de ceux qui le servent.

C'est dans ce contexte que se sont développées des philosophies qui transcendent, des morales qui ordonnent et l'idée d'un Dieu qui commande... Dans la religion chrétienne, l'homme, image de Dieu, est par volonté divine appelé **à dominer, à soumettre la nature.** À l'inverse, dans les civilisations de l'Asie, l'approche fondamentalement horticole exclut l'action directe sur la nature et ses ressources et implique **une action indirecte d'assistance aux forces de la nature**. Là se sont développées des philosophies***** de l'immanence et des morales sophistiquées*****. (*****de *sophi* : sagesse)

La conception humaine de l'animalité est à la base des rapports de l'homme avec lui-même. Pour les ethnies qui possèdent des totems, l'homme n'est **pas seulement en association très étroite** avec un kangourou ou un faucon, **il est** kangourou ou faucon. Au Dahomey, le roi était un homme mais il était aussi une panthère, son double. Pour les Sibériens, l'animal est l'un des aspects de l'humain : seule l'enveloppe extérieure varie. Pour les religions et les philosophies orientales, l'homme et l'animal **participent de la même essence** : Dieu est en tout, la nature est Dieu, et l'homme n'en représente **qu'un élément parmi beaucoup d'autres**.

Tout organisme vivant est un SYSTÈME-DE-SYSTÈMES, Espace-Temps-Action auto-organisé **indissociable de son Espace-Temps-Action de survie.**

Espace-Temps-Action externe, **l'écoexotope**, est source de stimulations, de perturbations, auxquelles répondent des actions de l'endophysiotope du système vivant. Espace-Temps-Action interne, **l'endophysiotope,** est source de stimulations, de perturbations auxquelles répondent des changements de l'écoexotope du système vivant. Il s'établit ainsi **un couplage circulaire** entre tout organisme et ses espace-temps-action interne et externe, avec sans cesse de nouvelles possibilités de **contrôle par rétroaction** (ou feed back) (figure 14). L'écoexotope et l'endophysiotope "appartiennent" au système régulé, ils y sont intégrés (figures 1, 3, 9 et 13).

L'organisme, par son comportement, modifie à la fois son milieu de survie interne (homéostasie) et son milieu de survie externe (hétérostasie), et celui-ci, modifié en partie par l'action même de l'organisme, déclenche à son tour, en retour, des actions nouvelles. **L'organisme porte ainsi l'empreinte de son écoexotope** en même temps que, transformé par l'action de l'endophysiotope (exemple des sites urbains, ou des situations sociales), **l'écoexotope porte l'empreinte de l'organisme.** On peut envisager le fonctionnement, en terme de décision, comme un processus par lequel un système vivant se rapproche d'un critère de survie global, permettant la survie locale, à la fois de son endophysiotope et de son écoexotope. Le système **global** est prisonnier du fonctionnement **local** de ses sous-systèmes.

Le TOUT est-il **moins** que la somme de ses PARTIES ?

Les PARTIES sont prisonnières de leur TOUT et le TOUT est prisonnier de ses PARTIES. Et dans le TOUT, les PARTIES sont prisonnières de leur réseau d'interactions entre elles et avec le TOUT (figures 3, 5 et 6). Ensembles, chacun, avant de pouvoir **se survivre** dans sa descendance, doit d'abord rester en vie, **survivre**, en prolongeant son existence au-delà des événements insupportables, de l'écoexotope ou/et de l'endophysiotope, qui peuvent entraîner sa disparition.

La décision au sein d'un niveau d'organisation : la situation "gagnant-gagnant" n'existe pas.

Les lichens sont des organismes vivants, **issus de l'association** d'une algue et d'un champignon. En 1867, Schwenderer identifie la "nature double" des lichens, résultat de cette **union durable**. L'algue, capable de photosynthèse, capable de fabriquer sa matière organique en l'absence de matière organique préexistante, en l'absence de toute forme de vie, est la partie **chargée de la production**.[4] Le champignon, habituellement saprophyte[5], incapable de fabriquer sa matière organique, **consommateur, de matière organique préexistante** "offre" à l'algue le gîte et le couvert (un abri riche en eau et en sels minéraux).

En 1879, de Bary introduit le terme de **symbiose**, "association à bénéfices mutuels", pour désigner cette union. Depuis, cette conception "incomplète" a perduré... En effet, ... si le champignon "cultive" l'algue en son sein, comme l'homme "élève" ses animaux domestiques, **en retour** de cet "investissement", par des filaments suçoirs, le champignon "mange" les cellules de l'algue..., et l'algue, "agressée", montre des figures de "**souffrance"** métabolique, et des zones de **mort en masse** par nécrose.

[4] Comme tout végétal photosynthétique chlorophyllien, **autotrophe, l'algue se nourrit de lumière** (apport d'énergie photonique, utilisable et utilisée) et de substances minérales (inorganiques), eau (H20), gaz carbonique (CO2), et sels minéraux,pour produire sa propre matière organique.

[5] Les organismes saprophytes, **hétérotrophes**, **consommateurs** de la matière organique des organismes morts, participent au recyclage de cette matière.

Les deux partenaires se nourrissent et se contrôlent réciproquement. Le partenaire champignon, comme la partie racinaire des plantes supérieures, puise “la sève brute”. Le partenaire algue, comme les feuilles des plantes, produit “la sève élaborée”. Fonctionnant à la fois comme un végétal et un animal, le lichen représente un **niveau d’organisation plus élevé** que ceux de l’algue ou/et du champignon. C’est **un nouvel organisme**, car il élabore des molécules qu’aucun autre champignon ou qu’aucune autre algue ne peuvent élaborer. C’est aussi **un écosystème,** contenant **une chaîne alimentaire,** dans laquelle l'algue est la proie et le champignon le prédateur. Des expériences de “chasse radioactive” ont montré que l’algue **fournit** au champignon des éléments organiques glucidiques qu’elle élabore et que le champignon les transforme et en **restitue** une partie à l’algue. L’algue élabore des **vitamines qui contrôlent la croissance du champignon**. Le champignon élabore des substances **antibiotiques qui contrôlent la croissance de l’algue**. Les 2 partenaires, **prisonniers l'un de l'autre**, auto-contrôlent les limites de leurs croissances individuelles. Au laboratoire, privé de l’algue, le champignon ne peut survivre et croître que sur un mode désordonné et indifférencié, sans acquérir la capacité de se survivre.

La capacité de croissance n’est pas une fin en soi. La croissance n’a d’intérêt que parce qu’elle permet d’**acquérir une masse critique** à partir de laquelle est possible la mise en place d’un **développement, durable si la croissance se stabilise**. La croissance ne permet pas l’acquisition de capacités nouvelles, elle n’en est que **le préalable indispensable**.

Le TOUT est aussi **plus** que la somme de ses PARTIES.

La survie de l’organisme du lichen est fondée sur cet état d’équilibre entre les deux partenaires: **les inconvénients pour l’un sont des avantages pour l’autre et réciproquement.**

Pour survivre, le partenaire champignon doit **limiter son agression sur l’associé** algue; hôte, hébergeant et habité, il paie **un double coût**, le coût de l’hébergement de l’algue et le coût d’une **croissance limitée** par celle de l’algue.[6] Pour que le champignon survive il faut d’abord que l’algue survive. L'algue, hôte hébergé (et captif !) paie, lui aussi, **un double coût**, le coût de la survie de sa population de cellules, qui passe par la non-survie d’une partie des individus (les cellules qui sont mangées), et, le coût d’une **croissance limitée** par la croissance du champignon (elle-même limitée par celle de l’algue).

Première exigence de survie :
La croissance de chacun est limitée par la croissance de l’autre.

Deuxième exigence :
Pour que l’un survive, il faut d’abord que l’autre survive.

[6] L'endophysiotope du champignon est l'écoexotope de survie de l'endophysiotope de l'algue. Le système “lichen“ contient, héberge, “emboîté“, un sous-système “algue“.

Le champignon doit **limiter ses exigences** de croissance vis à vis de l'algue **et réciproquement**, l'algue ne peut croître et se développer que **dans les limites des capacités** du champignon.

La survie mutuelle dépend d'une limitation des ravages du champignon (manger... mais pas trop !) et d'une survie (et d'une production) suffisante(s) de l'algue (**impossible... de ne pas être mangé !**) Mais, la survie est possible et l'acquisition de capacités nouvelles est possible, même en conditions de **croissance globale proche de zéro** ! Les inconvénients pour les deux partenaires sont énormes, ils restent "nains". Et, **si l'un meurt, l'autre meurt**. Les 2 partenaires totalement solidaires ne forment qu'un. Un nouveau système, c'est à dire, **à la fois** une **forme nouvelle d'organisation** (interne), un nouvel endophysiotope de survie, **et** une **forme nouvelle d'intégration à l'ancien écoexotope** de survie commun, est né de cette association, **avec un changement d'échelle temporelle**. Le système peut survivre des siècles !

La symbiose est en fait une **association, à avantages et inconvénients, réciproques, et partagés**, qui émerge du fait que **les deux** partenaires **ne s'ajoutent pas, mais se combinent et s'interpénètrent**, ils **se métamorphosent simultanément** en un TOUT, nouveau, unique, indissociable, et différent : 1 + 1 autre différent donnent 1 autre nouveau. L'état d'équilibre, union indéfinie, est marqué par une morphologie et une physiologie spécifiques.

Leur autonomie se construit sur leur inter-dépendance. Leur "TOUT" est à la fois PLUS ET MOINS que la somme de ses parties. C'est à la fois **un nouveau niveau d'organisation** de l'endophysiotope **et un nouveau mode d'intégration** à de nouveaux écoexotopes.

Pour l'association, **les avantages sont énormes**. Les lichens peuvent coloniser des terres vierges de toute vie. Organismes pionniers, ils sont très peu dépendants des fluctuations de l'écoexotope de survie.

Mais, **les inconvénients sont énormes** ! Dans leur nouveau milieu de survie **ils créent une capacité d'accueil nouvelle...**, ils y sont la seule nourriture organique et sont mangés. Les *Cladonia* constituent, dans le grand nord, la nourriture des rennes. Espèce clé-de-voûte, ils y sont **à l'origine d'une chaîne alimentaire nouvelle**. **L'homme préhistorique** a survécu grâce à cette chaîne alimentaire à laquelle il s'était intégré (figure 10). Aujourd'hui encore, les Esquimaux canadiens, lors des migrations des caribous, pratiquent un abattage **sélectif,** en **restreignant** le nombre des individus abattus à **leurs stricts besoins,** en nourriture (lait, viande) et en peaux pour l'habillement. Après l'accident nucléaire de Tchernobyl, en 1986, des milliers de rennes, **contaminés** par les lichens dans lesquels s'était concentrée la radioactivité, ont dû être inutilement abattus.

Jamais il n'y a d'avantages sans inconvénients.
Plus les avantages sont grands,
plus les inconvénients sont grands.

Quelles décisions pour survivre et croître ?

Comment manger et ne pas être mangé ?
Le système de relations prédateur-proie.

Pour manger, une amibe (ou un globule blanc) prend l'avantage sur sa proie (une bactérie par exemple) en l'attaquant. Elle l'englobe, l'ingère puis la digère. La capacité de mobilisation de la matière et de l'énergie est un avantage pour la survie de l'amibe. Si **la capacité d'accueil de son écoexotope de survie** lui permet de trouver suffisamment de proies, elle croît, et si elle survit assez longtemps, à partir d'une certaine masse critique, elle se survit.

Pour ne pas être mangée, la bactérie peut se défendre passivement, en élaborant une paroi résistante à la digestion, ou activement, en "empoisonnant" le prédateur par des substances antibiotiques. Chez l'homme, la tuberculose est la conséquence de la persistance, puis de la multiplication d'une mycobactérie.

L'avantage devient un inconvénient. Le prédateur devient la proie. **L'inconvénient devient un avantage.** La proie devient le prédateur. La première "décision" c'est d'**éviter que les avantages deviennent des inconvénients.** La deuxième "décision" c'est de **transformer les inconvénients en avantages.**

"La meilleure défense n'est-elle pas l'attaque ?"

Comment manger et ne pas être mangé ?
Le système de relations hôte-parasite.

"Qui veut voyager loin doit ménager sa monture."

Ce vieil adage illustre la façon dont les interactions entre hôtes et parasites sont souvent décrites. La multiplication du parasite ne coûte rien à celui-ci, elle ne coûte qu'à son hôte ! Le seul **risque** pour le parasite c'est que ce **coût** soit trop élevé pour son hôte.

Quelles sont les **défenses** de l'hôte contre l'envahisseur ?

Dans tout système prédateur-proie (tableau 5), au niveau cellulaire comme au niveau d'un organisme, elles sont les mêmes.

Pour survivre, au niveau individuel, il y a d'abord la défense passive. Une armure, obstacle physique, comme la paroi squelettique des cellules végétales, ou la paroi des bactéries, permet d'**établir une barrière protectrice** pour empêcher la pénétration du parasite, bactérie ou virus par exemple. Cette barrière a **un coût, quantitatif, pour l'attaqué.**

Pour survivre, au niveau individuel, il y a ensuite la défense active. Une substance chimique ou un piège chimique, comme un récepteur antigénique (anticorps fixé), permet de détruire ou d'inactiver la menace. Sa mise en place a **un coût qualitatif**.

Toute défense a toujours un coût et elle n'est pas toujours efficace. Attaquer peut coûter moins cher que se défendre...

Une barrière matérielle peut être rompue, physiquement ou chimiquement, par l'agresseur. Mais, le parasite doit être capable d'investir dans un armement, physique ou chimique, de lyse "modérée". La niche écologique, **le milieu de survie que représente l'hôte,** doit être conservé(e) intact(e). L'endophysiotope de l'hôte contraint est l'écoexotope de survie de l'invité non désiré.

C'est le début de l'escalade des défenses et des attaques, c'est **l'escalade de la violence**, "cercle vicieux" dont les coûts éco-physiologiques et génétiques deviennent de plus en plus lourds pour chacun des protagonistes.

L'attaqué peut aussi laisser l'envahisseur pénétrer, s'il est capable de le reconnaître immédiatement et de l'inactiver ou de le détruire efficacement. Les capacités de reconnaissance spécifique et d'inactivation ou de destruction efficace ont, pour l'attaqué, **un coût qualitatif et un surcoût quantitatif**, lié à la "vulnérabilité relative" de l'attaquant. La situation est inversée par rapport à la précédente. Mais, elle aboutit au **même phénomène d'escalade et de croissance des coûts.** Tôt ou tard, l'avantage de l'attaque devient par son coût un inconvénient pour la survie de l'un ou de l'autre ou des deux **protagonistes**.

Une variante est de laisser l'envahisseur pénétrer, d'être capable de le reconnaître et de "l'excréter" le plus vite possible. Le risque est plus grand, mais le coût est plus faible.

C'est l'allongement de la durée des relations spatiales et temporelles qui fait la différence entre un système prédateur-proie et un système hôte-parasite. **Tôt ou tard, l'avantage** de la défense **devient par son coût un inconvénient** pour la survie, de l'un, de l'autre, ou des deux protagonistes.

Quels bilans ?
Peut-on gagner et que gagne-t-on à ce jeu là ?

Survivre, c'est manger et ne pas être mangé.

Tôt ou tard, il est impossible de ne pas être mangé.

Quel que soit un avantage, il n'y a jamais d'avantage(s) sans inconvénient(s). Tôt ou tard, tout avantage devient un inconvénient.

Survivre, c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.

PREDATEURS-PROIES :

LE DILEMME DES PRISONNIERS. a, b, c, *

* Seules quelques références, les plus marquantes, sont indiquées ici.
Aucune référence ne sera indiquée dans le détail du texte.
Elles sont toutes regroupées à la fin du fascicule.

a. Bricage P. 2000, Systèmes biologiques: **le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ?** Entretiens Annuels de l'AFSCET, Institut International d'Administration Publique, ENA, Paris, 6 p., **CC Licence** http://afscet.asso.fr/Ande01/JdVie1.pdf

b. Bricage P. 2001, **La nature de la décision dans la nature ?** : Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants. Journées Annuelles AFSCET à Andé, 16 p., **CC licence**, http://afscet.asso.fr/Ande01/Decision.pdf

c. Bricage P. 2014, **Ago-antagonisme et dilemme itéré des prisonniers** : équilibres de Nash et de Pareto, modèle de Lotka-Volterra, méthode du simplexe... Quelles réalités ? Res-Systemica, volume 11, article 06, 34 p.
[L'Ago-Antagonisme Aujourd'hui. Hommage à Elie Bernard-Weil. **CC licence**]

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Le dilemme des prisonniers est une “situation-modèle“ où 2 protagonistes auraient globalement intérêt à **coopérer**, mais en l'absence de communication entre eux chaque “joueur“ a localement avantage à choisir de **trahir** l'autre, lorsque le jeu n'est joué qu'une fois. La raison en est que si l'un coopère et l'autre trahit, le coopérateur est fortement pénalisé et le traître avantagé. Et, si les deux trahissent, le résultat leur est moins favorable que si les deux avaient choisi de coopérer (tableau 3). Lorsque “le jeu“ est joué plusieurs fois de suite, itéré, toutes les issues peuvent être des équilibres d'un jeu répété un assez grand nombre de fois. Ce modèle s'applique-t-il à la réalité d'un scénario biologique prédateur-proie (tableau 5)?

La stratégie de “***coopération-réciprocité-pardon“***, parfois appelée “*tit-for-tat“* ou “***win-win“***, de traduction littérale “***gagnant-gagnant“***, parfois dite “***donnant-donnant“***, a été formalisée en 1974 par le bio-mathématicien Anatol RAPOPORT. Quand un individu ou un groupe rencontre un autre individu ou groupe, il a (*a priori* ?) intérêt à proposer l'alliance. Ensuite, selon **une règle de réciprocité**, il donne à l'autre en fonction de ce qu'il en reçoit. Si l'autre l'aide, au coup suivant il l'aide; si l'autre l'agresse, il l'agresse en retour, de la même manière et avec la même intensité. Mais il lui pardonne en offrant de nouveau la coopération.

Dans tout ***accord*** *gagnant-gagnant* chaque partenaire se préoccupe de l'intérêt de l'autre mais **d'une façon d'abord favorable à son propre intérêt**, il ne s'agit pas de rechercher le meilleur compromis de partage des gains, mais de trouver **un accord qui augmente les gains de chacun**. Dans un processus de négociation ou de décision collective, une ***stratégie*** *gagnant-gagnant* cherche une solution favorable à tous les participants. L'accord ne repose pas sur la philanthropie mais sur une stratégie adaptée aux règles.

Cette situation de modélisation sociétale correspond-t-elle à une réalité biologique ?

Robert AXELROD, professeur de sciences politiques, organise en 1979 un tournoi entre des logiciels ***autonomes, “capables de se comporter comme des êtres vivants“***. Seule contrainte, chaque programme était équipé d'un ***sous-programme de communication lui permettant de discuter et d'interagir*** avec ses voisins. Chaque programme “reçu“ par Axelrod édictait des lois différentes de comportement (à deux lignes de code, pour les plus simplistes, à une centaine pour les plus complexes). Le but était d'accumuler le maximum de points de **survie**. Certains programmes, “***prédateurs“ ou “parasites“***, exploitaient au plus vite leurs voisins, s'emparant par la force ou la ruse de leurs points, puis changeaient rapidement de ***proies*** pour poursuivre leur accumulation de points. D'autres tentaient de se débrouiller seuls, gardant leurs points et fuyant tout contact avec ceux susceptibles de les leurs voler.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

1- la notion de couple d'opposition est insuffisante.

Tout système agoantagoniste se compose d'un couple de forces opposées,
d'un "ordinateur" réglant l'équilibre de ces forces, agoniste et antagoniste, et d'un récepteur.

2- équilibration, asymptotique oscillante ou chaotique, à deux états

Thermodynamique loin de l'équilibre, l'équilibration est une lutte permanente
pour maintenir la tension équilibrée des forces qui composent le système, entre 2 états, physiologique et pathologique.

3- homothétie fractale

Les réseaux ago-antagonistes, combinaisons ago-antagonistes d'acteurs ago-antagonistes élémentaires,
ont une structure à la fois "hiérarchique" et "autonome".

4- : division constituante

Les deux forces, agoniste et antagoniste, s'ignorent tout en oeuvrant ensemble pour un but commun.

5- dichotomies de propriétés incompatibles entre elles

Le système est à la fois ouvert et fermé, synchronique et diachronique, il combine hiérarchie et autonomie :
pas d'auto-organisation sans hétéro-organisation, ni d'émergence sans immergence, ni de complexité sans simplicité...

6- homéostasie pathologique

différence entre couple ago-antagoniste et couple d'opposition : métaphore de l'échafaudage volant
La régulation antagoniste assure l'égalité des longueurs : $x = y$ (sécurité).
La régulation agoniste fixe la longueur totale des câbles : $x + y = m$ (efficacité).
Le déséquilibre correspond à : $x \neq y$ ou/et $x + y \neq m$.

7- couples déséquilibre vs équilibre, de faux couples agoantagonistes

il n'y a pas de sens à parler d'un (dés)équilibre entre équilibre et déséquilibre.
Le modèle ago-antagoniste rend compte du fonctionnement du système et de ce qui le conduit à retrouver un équilibre
si son fonctionnement est différent des normes auxquelles il aurait dû se soumettre.
Le modèle cherche à établir un ordre, même si le « bruit » peut l'aider à accomplir sa tâche.

8- existence d'un méta-modèle

Tout modèle requiert, *logiquement*, l'existence d'un méta-modèle, plus puissant, et qui lui a donné origine.
Le modèle ago-antagoniste et son méta-modèle ne constituent pas un couple ago-antagoniste.

Tableau 1. Le modèle ago-antagoniste.

Adapté d'après BERNARD-WEIL Elie (2004) INTÉRÊT D'UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE. **Reconsidérer la nature de la violence et les objectifs de son contrôle grâce à la science des systèmes ago-antagonistes.** [*In* Actes du colloque "**La violence : du Biologique au Social**", premières Journées Nationales de l'AFSCET, Moulin d'Andé, mai 2000, Res-Systemica, Vol. 4, N° 1 Numéro spécial, Chapitre 2.-3., 21 p., **CC licence**. **http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Violence04/bernard-weil.pdf**]

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Le dilemme des prisonniers à 2 joueurs.

Principe : Deux systèmes sont en compétition pour survivre. Face à face, mais sans pouvoir se concerter, chacun des 2 protagonistes doit prendre sa décision : agir localement pour son propre compte (trahir **T**) ou agir globalement pour le groupe (coopérer **C**).

Le dilemme des prisonniers à n participants.

Problématique : Dans la cellule, le hyaloplasme, lieu de la glycolyse (peu énergétique, peu dommageable pour les structures), et les mitochondries, lieux des phosphorylations oxydatives (très énergétiques, et très dommageables), sont dans une **situation d'agoantagonisme**. Le dysfonctionnement local des mitochondries se répercute sur le fonctionnement du hyaloplasme et sur le fonctionnement global du TOUT, la cellule, au sein de laquelle, les mitochondries, au comportement invasif, échangent des gènes, comme le font des bactéries !

Trahir ou coopérer : quels avantages et quels inconvénients ?

Problématique : Pourquoi l'évolution biologique, **tôt ou tard**, abouti-t-elle toujours à la mise en place d'un ARMSADA, quel que soit le nombre de partenaires (figure 12) ?

Tableau 2. Le dilemme des prisonniers. Problématique.

Chaque programme fut opposé 200 fois à chacun des autres. Au début celui de Rapoport, équipé du comportement coopération-réciprocité-pardon, perdit face aux programmes voleurs, agressifs, puis il finit par être victorieux et même ***contagieux***, car au cours du temps les programmes voisins, pour accumuler des points, alignèrent leur attitude sur la sienne.

Cette situation de modélisation sociétale correspond-t-elle à une réalité biologique ?

La modélisation la plus simple qu'on puisse utiliser est celle du **dilemme des prisonniers à 2 protagonistes**. **Cette modélisation est-elle applicable à une réalité biologique ou sociétale ?**

Claude BERNARD, dans son "*Introduction à la Médecine expérimentale"* écrivait, il y a plus de 150 ans, **« *Je me propose de prouver que les poisons et les médicaments (ce qui est la même chose) produisent des effets qui ne sont que des modifications des phénomènes physiologiques.* »** Utiliser un produit d'origine biologique pour agir sur un système vivant n'est donc pas anodin... Cela implique de respecter des règles biologiques et éthiques ! Non seulement il importe d'utiliser la molécule ***la plus appropriée***, mais de l'utiliser ***au bon endroit et au bon moment (chronobiologie)***, avec ***la concentration la plus adaptée*** ("***ni trop, ni trop peu" : règle de parcimonie***) et ***la combinaison la plus efficiente***. Car ***« Le Tout est toujours à la fois plus et moins que la combinaison de ses parties. ».***

Comment le modèle agoantagoniste s'applique-t-il à la réalité biologique ou sociétale ?

Pour subvenir à leurs besoins énergétiques, un neurone ou un myone peuvent utiliser la glycolyse, hyaloplasmique, anaérobie, immédiatement et toujours disponible, mais de faible rendement en ATP et de courte durée, ou les phosphorylations oxydatives mitochondriales, aérobies, de fort rendement (environ 20 fois plus), durables, et avec un grand temps de latence. Mais ***« il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients ! ».*** L'utilisation de l'oxygène génère des radicaux libres, de l'oxygène activé, des superoxydes (comme l'eau oxygénée), tous hautement toxiques pour la matière vivante. C'est ou "vivre intensément mais dangereusement" ou "vivre lentement mais sûrement" !

Comment ***éviter que les avantages*** *(l'intensité ou la sûreté)* ***deviennent des inconvénients*** *(la toxicité ou la lenteur)* ***?***

Comment les systèmes vivants transforment-ils les inconvénients en avantages et évitent-ils que les avantages deviennent des inconvénients ?

En mettant en place des "Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés", qui rendent les partenaires, à la fois, plus indépendants de leur écoexotope commun de survie, et plus dépendants les uns des autres."

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Peut-on modéliser, de la façon la plus simple possible, le phénomène d'émergence d'une "***Association à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés"*** en utilisant simultanément les acquis des modèles du dilemme des prisonniers, de l'ago-antagonisme et de Lotka-Volterra ?

L'itération du dilemme des prisonniers : les stratégies répertoriées.

Plusieurs types de stratégies relatives au dilemme itéré ont été répertoriées : *gentille* (qui coopère toujours, qui joue C, C, C ...), *méchante* (qui trahit toujours, qui joue T, T, T ...), *lunatique* (qui trahit 1 fois sur 2, au hasard), *donnant-donnant "mou"* (qui coopère au premier face-à-face, puis qui "joue" ce qu'a joué son "adversaire" au coup précédent, avec prise en compte d'une seule étape de son passé immédiat), *donnant-donnant "dur"* (qui coopère au premier face-à-face, puis qui "joue" selon ce qu'a joué son "adversaire" aux 2 coups précédents, qui coopère sauf si son adversaire a trahi lors d'une des 2 interactions passées), *méfiante* (qui trahit à la première partie puis qui joue ce qu'a joué son "adversaire" au coup précédent), *rancunière* (qui coopère, mais qui trahit toujours dès que son adversaire a trahi), *périodique gentille* (qui joue C, C, T – C, C, T - ...), *périodique méchante* (qui joue T, T, C – T, T, C - ...), *majorité "mou"* (qui coopère à la première partie puis joue ce qu'a joué en majorité l'autre, en coopérant par défaut en cas d'égalité), *majorité "dur"* (qui trahit à la première partie puis joue ce qu'a joué en majorité l'autre, en trahissant par défaut en cas d'égalité), *sondeur* (qui joue T, C, C puis qui trahit toujours ou joue *donnant-donnant dur* si l'adversaire a coopéré lors des 2 parties précédentes). Et d'autres stratégies sont possibles.

Ces stratégies peuvent être confrontées entre elles et avec elle-même lors d'une simulation informatique. Au bout de 30 générations (1 coup joué = 1 génération de survie) la stratégie *donnant-donnant dur* l'emporte (Delahaye 2014). Les stratégies *méchante, périodique méchante, méfiante, lunatique,* ou *sondeur,* disparaissent en moins de 20 générations. Les stratégies *gentille* et *périodique gentille* ont un succès éphémère lors des 10 premières générations puis disparaissent. Les stratégies *donnant-donnant mou, rancunière, majorité mou, majorité dur* persistent mais avec moins de succès que *donnant-donnant dur*. La rapidité et l'intensité du succès dépendent du contexte, relativement à la pondération des gains et des coûts (tableau 3).

Ces stratégies correspondent-elle à une réalité biologique ou sociétale ?

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Le modèle : Une matrice canonique à 4 cases (tableau à double entrée) représente les 4 possibilités, **la double coopération** (**C/C** ou **WIN-WIN), la double trahison (T/T ou LOSE-LOSE), la défection de l'un qui trahit et gagne** (WIN) **alors que l'autre coopère et perd** (LOSE) (WIN/LOSE ou T/C) et l'inverse la défection de l'autre et la coopération de l'un (**LOSE/WIN ou C/T**). Ce modèle est construit de telle façon que trahir individuellement (**T/C** ou **C/T**) rapporte plus (**+3**) que coopérer mutuellement (**C/C**) (**+2**), à condition que celui qu'on trahit ne trahisse pas aussi (**T/T**) (**0**), **coopérer est le plus risqué si l'autre trahit** (**C/T**) (**-1**).

- L'**échelle de -1 à +3** (la **flèche noire vers le haut**) représente toutes les situations possibles pour un acteur du système, dans l'**ordre croissant de la performance** possible (**c/T, T/T, C/C, T/c**).

- Les scores individuels sont plus extrêmes, les pertes ou les gains sont plus grands (de **-1** à **+3**), alors que les scores collectifs sont "tamponnés" (de **0** à **+2**), le risque est moindre mais le gain est moindre (comme en bourse !)

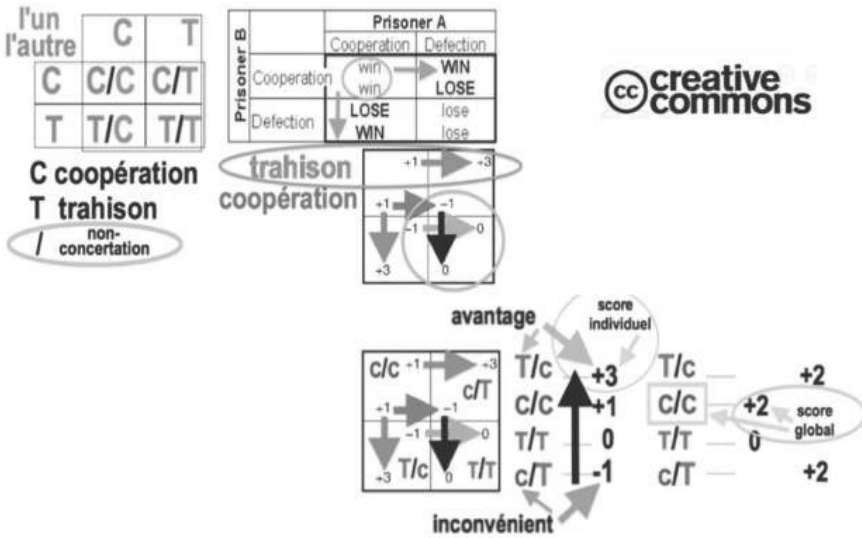


Tableau 3. Le dilemme des prisonniers à 2.
Par construction, jouer 1 seule fois incite à la trahison.

Mais **que se passe-t-il quand le jeu est itéré, répété n fois,** et que chacun peut tenir compte de son vécu passé ?

Les structures temporelles mises en évidence dans des stratégies de succès et les équilibres spatiaux observés (équilibre de Nash, optimum de Pareto) sont-ils transférables à des situations biologiques, écosystémiques, **réelles ?**

La relation prédateur-proie, optimum de Pareto et équilibre de Nash.

Le modèle (tableau 3) peut-il être utilisé pour expliquer ou **prédire des situations d'émergenc**e, comme celles observées dans l'évolution des systèmes vivants (figure 12) ? Est-il compatible ou/et complémentaire avec un modèle prédateur-proie, comme celui de Lotka-Volterra (tableau 5), et le modèle ago-antagoniste (tableau 1) ?

Le modèle ne conduit pas spontanément à un état d'équilibre où l'un des protagonistes pourrait améliorer son bien-être sans détériorer celui de l'autre, c'est-à-dire un optimum de Pareto. À l'équilibre, chacun des prisonniers choisira probablement de faire défaut alors qu'ils gagneraient à coopérer. Chacun est fortement incité à tricher, c'est le cœur du dilemme. Lorsque chacun poursuit son intérêt individuel, le résultat obtenu n'est pas optimal et aboutit à un équilibre dit de Nash. Mais, si le jeu est répété, chaque joueur peut user de représailles envers l'autre, pour son absence de coopération ou pour améliorer ses propres gains, en trahissant les fois suivantes. Si l'incitation à tricher devient inférieure à la menace de punition, cela valorise la possibilité de coopérer. La fin ne justifie plus les moyens si chaque protagoniste peut adapter sa stratégie grâce à la mémorisation de ses interactions vécues antérieurement. Le dilemme du prisonnier fournit un modèle pour les situations où au moins 2 acteurs (et plus) ont un intérêt à coopérer, mais un intérêt encore plus fort à ne pas le faire si l'autre le fait, et aucun moyen de contraindre l'autre. C'est une situation typique de la **relation prédateur-proie** qui est modélisée par la relation de Lotka-Volterra (tableau 5).

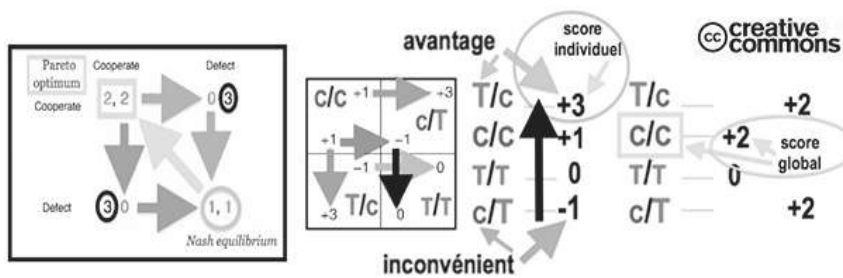


Tableau 4. Dilemme itéré des prisonniers : équilibre de Nash et optimum de Pareto.

Quelle que soit la diversité des stratégies, quelle que soit la structure spatiale et temporelle du vécu, il n'y a jamais d'avantage(s) sans inconvénient(s). Un avantage dans un contexte peut être un inconvénient dans un autre et réciproquement.

Équilibre de Nash et optimum de Pareto : avantages et inconvénients.

Quelle que soit la pondération des gains, la performance **C/C** correspond à l'optimum de Pareto : il est impossible pour l'un quelconque des acteurs d'améliorer sa performance sans détériorer celle de l'autre, les 2 protagonistes sont **"prisonniers l'un de l'autre"** et avec la performance **T/T (**à l'équilibre de Nash), il est impossible pour l'un ou l'autre des acteurs de modifier seul sa stratégie sans affaiblir sa situation personnelle, les 2 protagonistes sont **"prisonniers l'un de l'autre et de leur "Tout"**.

Il n'y a pas d'avantage(s) sans inconvénient(s).

Ce qui est un avantage pour l'un des acteurs est un inconvénient pour l'autre.

La modélisation des interactions prédateur(s)-proie(s)
« Survivre c'est manger et ne pas être mangé. »
« Tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé. »

Le modèle de Lotka et Volterra.

Le modèle de Lotka-Volterra est représenté par un couple d'équations différentielles linéaires qui décrit, **compte tenu d'hypothèses simplificatrices**, la complexité (simplifiée) des interactions trophiques (“***survivre c'est manger***“) entre un consommateur (prédateur, herbivore ou carnivore, parasite, ou virus) et sa proie (animal ou végétal, bactérie ou cellule). L'exemple le plus médiatisé est celui de la prédation des lapins par les lynx au Canada, il est caractérisé par des oscillations parallèles des effectifs des population du prédateur et de la proie. L'évolution du devenir des interactions est représentable par un diagramme dynamique d'état.

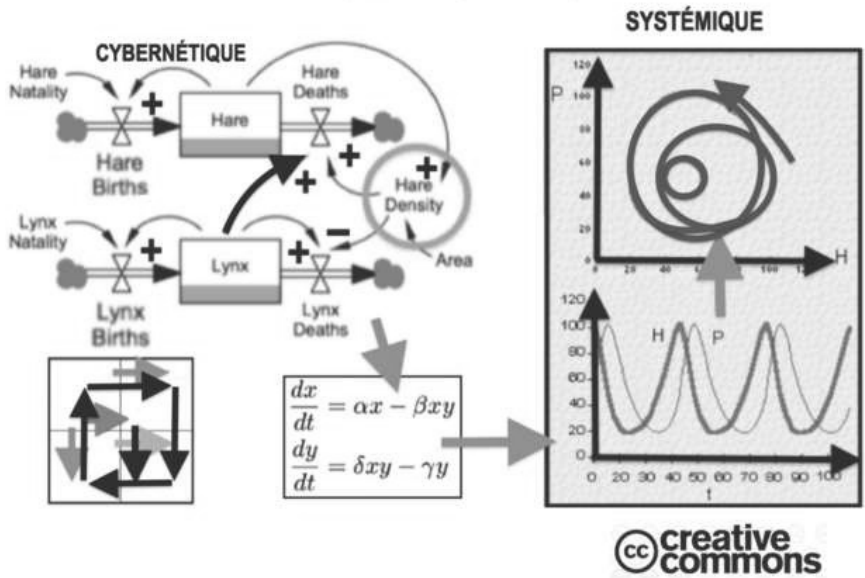


Tableau 5. Le modèle prédateur-proie de Lotka-Volterra.

H Hare (effectif de la population de lièvres) proies, **P** prédateur (effectif de la population de Lynx), en **% de leurs effectif maximal, feedbacks : +** interactions amplificatrices (rétroactions positives), **-** interactions inhibitrices (rétroactions négatives), ***x*** effectif de la population des proies, ***y*** effectif de la population des prédateurs, ***xy*** composante d'interaction, et leurs paramètres (lettres grecques), le taux de natalité (Births), le taux de mortalité (Deaths) de chaque population et la densité (Density) de la population de proies sont les variables d'état nécessaires et suffisantes pour la simulation des **flux de matière et d'énergie** (***« survivre c'est d'abord manger. »***) au cours du temps **t**, dans le **diagramme d'état P=f(H)**, la flèche associée à la courbe est la flèche du temps (voir figure 7).

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

POUR SORTIR DU DILEMME DES PRISONNIERS : LES ASSOCIATIONS À AVANTAGES ET INCONVENIENTS RÉCIPROQUES ET PARTAGÉS ARMSADA

ARMSADA: a, b, c, d, e, f * ÉMERGENCE ET MÉTAMORPHOSE

***** Seules quelques références, les plus marquantes, sont indiquées ici.
Aucune référence ne sera indiquée dans le détail du texte.
Elles sont toutes regroupées à la fin du fascicule.

a. Bricage P. 1980, Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, *Hibiscus sabdariffa* L., Malvacées. II. **Résistance aux agressions climatiques et biologiques**. Bull. IFAN A,42-4: 679-701.

b. Bricage P. 1982, Pigmentation and soluble peroxidase isozyme patterns of leaves of *Pedilanthus tithymaloides L. variegatus* as a result of daily temperature differences. Plant Physiology 69: 668-671.

c. Bricage P. 2001, **A new evolutionary paradigm**: the Associations for the Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages., 1 p. The creation of a sustainable society depends on Innovative Systems Thinking (EMCSR, Vienna, Austria).

d. Bricage P. 2002, **The Evolutionary "Shuttle" of the Living Systems**., 6 p. 5th ESSC (Heraklion, Creta, Greece). **CC licence**
http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf

e. Bricage P. 2005, **Les Métamorphoses du Vivant :** Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés. 6th European Congress on SYSTEMS SCIENCE, 19 Sept. 2005, PARIS ENSAM, 11 p., **CC licence**,
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage.pdf

f. Bricage P. 2011, Balancing Emergence and Variation, Between Union and Breaking, **The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages -ARMSADA-** are the keystones of the Life's Running (text & slides). Systems Evolution Workshop, UES-EUS Systemics Approach of Diversity, Brussels, Belgique, (19 p. & 18 p.). **CC licence**
http://aes.ues-eus.eu/aes2011/afscetWSevolution_bricage_text.pdf
http://aes.ues-eus.eu/aes2011/afscetWSevolution_bricage_slides.pdf

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Qu'est-ce qu'une ARMSADA ?
Agoantagonisme et intégration au milieu de survie.

Tout organisme vivant est indissociable de son espace externe de survie ou **ÉcoExoTope**. Tout organisme vivant est défini par son espace interne de fonctionnement ou **EndoPhysioTope**. Son individualité est repérable par sa frontière, son **interface** entre endophysiotope et écoexotope (voir figures 1 et 3). C'est la **capacité d'accueil** de cet écoexotope qui lui permet de **survivre**, *"de manger et de ne pas être mangé, de maintenir son identité"* (figures 3 et 4), et de **se survivre**, "*de recréer sa forme de vie* ". Le mode d'i**ntégration** d'un organisme est défini par l'adéquation entre la capacité d'accueil de son écoexotope et la **capacité d'être accueilli** de son endophysiotope.

LA CELLULE : un nouveau TOUT, à la fois plus autonome et plus interdépendant.

Une bactérie et une cellule sont 2 **niveaux d'organisation différents mais adjacents**. Une cellule est formée de compartiments emboîtés et juxtaposés, dont ***l'ontogénie récapitule la phylogénie*** (Voir pp. 139-179, ARMSADA, réussite et passage obligé).

Délimités par **une interface fonctionnelle membranaire**, **simple** (vacuoles, peroxysomes) ou double (noyau, mitochondries, plastes), voire triple ou quadruple (chloroplastes), tous les compartiments sont **emboîtés** dans le hyaloplasme (lui-même délimité par une membrane). Les plastes et les mitochondries sont des **descendants de Monères** autrefois libres, leurs endophysiotopes sont maintenant hébergés par un nouvel écoexotope de survie, leur compartiment d'accueil, lui-même descendant d'une ancienne Monère. Leur membrane interne est l'ancienne membrane de l'ancêtre Monère (l'ancienne interface). Leur membrane externe est une membrane de séquestration qui constitue, avec la précédente, **une nouvelle frontière**. Cet assemblage a permis l'émergence d'**un nouveau niveau d'organisation** endo-poly-monère qui est la conséquence des métamorphoses simultanées des ancêtres des compartiments hébergés et du compartiment hébergeant.

C'est une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés, ou **ARMSADA**. Le TOUT et les parties sont toujours indissociables. Ce nouveau niveau d'organisation est la conséquence d'un nouveau mode d'intégration des partenaires dans un nouvel écoexotope. De leurs **juxtapositions** sont nées des associations fonctionnelles nouvelles. Le TOUT (la cellule) est à la fois PLUS et MOINS que la somme de ses PARTIES (figure 15).

Figure 15. La cellule : dangers physiologiques partagés et dangers génétiques contraints.

ARMSADA

TOUT NOUVEAU NIVEAU D'ORGANISATION ÉMERGE PAR LA MISE EN PLACE D'UNE **ASSOCIATION À AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS RÉCIPROQUES ET PARTAGÉS**.

La croissance des lichens est très lente (1 cm par an), mais leur durée de vie peut être très longue (1000 ans), et ils sont capables de survivre et de se survivre, dans des écoexotopes qu'eux seuls peuvent coloniser. Ce sont des **organismes pionniers**, qui présentent une extra-ordinaire biodiversité d'endophysiotopes, tant par leurs formes, que les écoexotopes qu'ils occupent, ou les molécules (pigments et acides lichéniques) qu'eux seuls sont capables d'élaborer. Ces substances originales sont les "mots" d'un nouveau langage, d'un nouvel univers ! Pourquoi ? Pour quoi ?

Qu'est-ce qu'un lichen ?

Un lichen est A LA FOIS un organisme et un écosystème.

Un lichen (le Tout) est un nouveau type d'organisation et un nouveau mode d'intégration qui émerge de l'association d'un partenaire, l'organisme d'un champignon, avec au moins un autre partenaire, une population d'algues vertes. Dans le lichen, ***la croissance de l'un est limitée par la croissance de l'autre et réciproquement. Pour que l'un survive, il faut, d'abord, que l'autre survive***. ***Tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour l'autre et réciproquement.***

C'est une ***association, indissociable, à avantages et inconvénients réciproques et mutuellement partagés.***

Figure 15 **ARMSADA :**
"UN pour TOUS localement, TOUS pour UN globalement".
« Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients. »

Les endophysiotopes des parties (les Monères, devenues des organites de la cellule) ont perdu leur autonomie, et ne peuvent survivre et se survivre en dehors de leur nouvel écoexotope. Pour que chaque partie survive, il faut que le TOUT (et donc les autres parties) survive(nt) d'abord. Pour que l'un(e) survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement. La croissance de l'un(e) est limitée par celle de l'autre et réciproquement :

« Un pour tous, tous pour un !" ».

Peut-on utiliser la méthode du simplexe pour rendre compte, “simplement“ et simultanément, de l'efficience de ces modèles dans la compréhension de la réalité biologique, en particulier du paradigme des “Associations à Avantage et Inconvénients Réciproques et Partagés (ARMSADA) ?

La représentation du simplex(e).

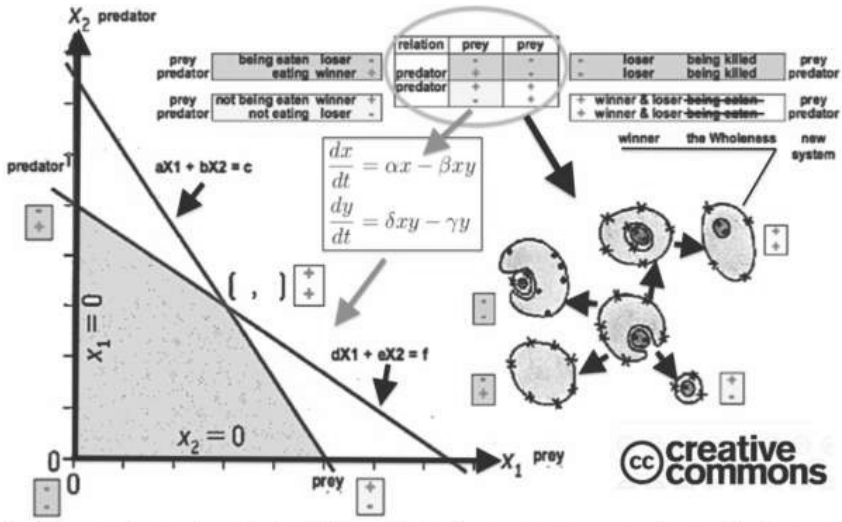
Pourquoi faire compliqué quand on peut faire simple pour représenter la complexité ? La représentation linéaire du simplexe est suffisante pour rendre compte des interactions prédateur-proie (figure 16). Les points remarquables de cette représentation, à la pondération des “gains“ près, sont aussi ceux des interactions du dilemme des prisonniers (tableau 3). L'espace des coordonnées du graphe du simplexe est aussi celui du graphe d'état du modèle dynamique, non-linéaire, prédateur-proie de Lotka-Volterra (tableau 5). A l'échelle d'une génération d'un organisme, tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé. A l'échelle de l'évolution d'une espèce, tôt ou tard, il est impossible de ne pas disparaître, ou de ne pas se transformer en une autre espèce. **Tôt ou tard,** à l'échelle des temps géologiques, et *a fortiori* à l'échelle des temps cosmologiques, **le probable devient certain**. Tôt ou tard l'espèce proie (X1) peut gagner et l'espèce prédateur (X2) disparaître. C'est une perte de biodiversité (-1), locale pour leur écosystème d'accueil et globale pour la biosphère. Habituellement le prédateur gagne, la proie est mangée. Mais si la prédation est trop importante ou la proie trop vulnérable, l'espèce proie disparaît. C'est aussi une **perte de biodiversité** (-1). Mais si la proie disparaît, le prédateur disparaît aussi, **survivre c'est manger**..., la perte de biodiversité est donc en fait plus grande (-2). Tant qu'un équilibre des disparitions, des proies (qui sont mangées) et des prédateurs (tués au combat ou accidentellement, morts de faim ou de maladies, mangés par d'autres prédateurs), se maintient, la **chaine trophique** se maintient, les 2 espèces co-existent et la biodiversité se maintient (0). **Même si elle est très improbable, tôt ou tard,** sur le graphe d'état de la relation prédateur-proie, peut apparaître une situation éco-physiologique particulière, nouvelle, qui permet à la proie et au prédateur de ne faire QU'UN, une nouvelle espèce émerge (+1) ! C'est ainsi qu'est apparu le nouveau plan d'organisation de la cellule (eucaryote) **par juxtaposition et emboîtements de Monères** (procaryotes) prédateurs et proies (figure 30).

Toute ARMSADA émerge par la perte simultanée par chaque partenaire de la capacité de détruire l'autre. Leurs métamorphoses simultanées aboutissent à l'émergence de nouvelles frontières locales et globale, d'**un espace-temps-action nouveau**, avec un bénéfice global uniquement pour le nouveau TOUT, l'association (figures 3, 12 et 15) : “E PLURIBUS UNUM“ (figure 15).

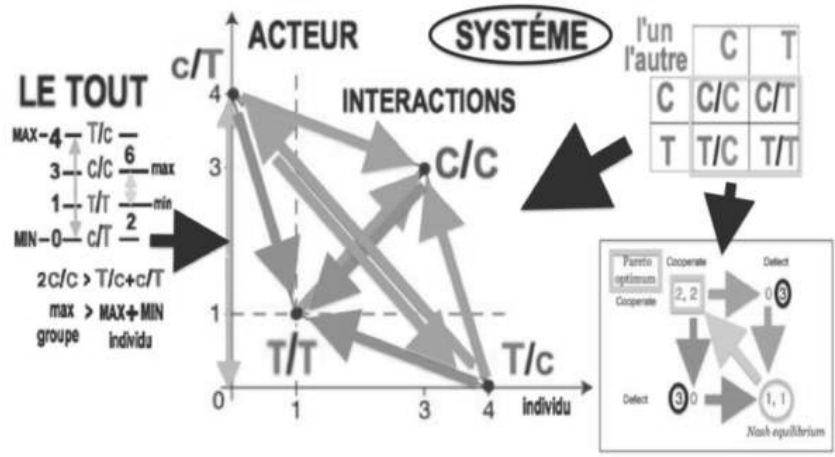
Un lichen ou une cellule est un écosystème.

Un lichen est à la fois un organisme et un écosystème. Une cellule est aussi un écosystème. Les deux émergent d'une endo-syn-cénose [du grec ceno : assemblée, **assemblage, par emboîtements** (endo) **et juxtapositions** (syn)]. Ce type d'association est universel (figure 12) et il est à l'origine de tous les nouveaux plans et niveaux d'organisation des systèmes vivants (systèmes-de systèmes).

Au cours de l'évolution du vivant, tout nouveau plan d'organisation (tout nouvel endophysiotope, qui permet la colonisation d'un nouvel écoexotope) émerge par la mise en place d'Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés, qui rendent les PARTENAIRES, et leur TOUT, à la fois de plus en plus indépendants de leur écoexotope de survie et de plus en plus indissociables de leurs endophysiotopes, emboîtés et juxtaposés (figure 4), **de plus en plus dépendants les uns des autres.**



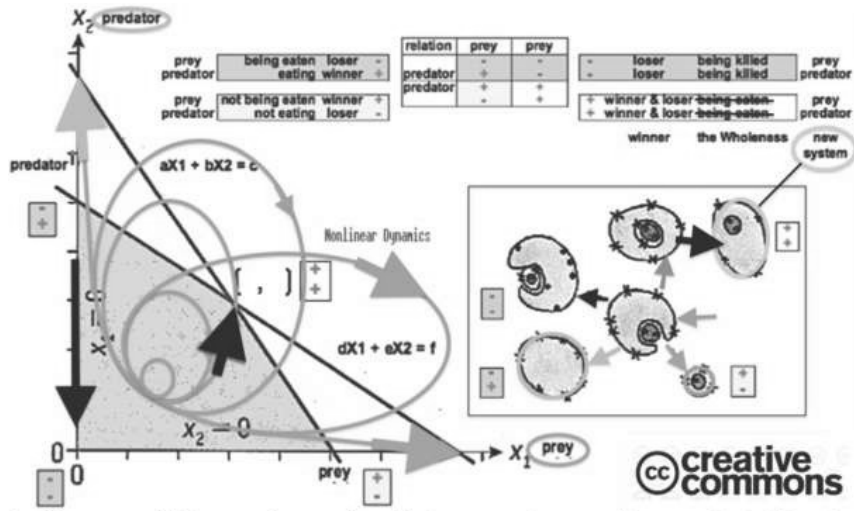
Le dilemme des prisonniers : tableau de contingence **+** winner, eating, not being eaten or killed, – loser, not eating, being eaten or killed, schéma représentatif du devenir de l'interaction prédateur-proie **-/-, -/+, +/-, +/+** (ARMSADA), graphe du simplex : **X 1** proie, **X 2** prédateur, interpolations linéaires des 2 équations différentielles linéaires de Lotka-Volterra, espace à 4 "sommets" **-/-, -/+, +/-, +/+**



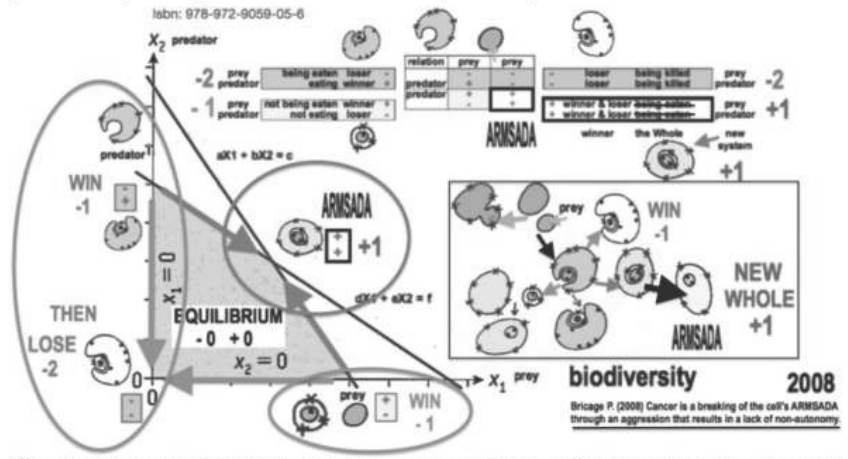
espace graphique du simplex et situations du dilemme du prisonnier : **-/-** ou **T/T** les 2 perdent (équilibre de Nash), **-/+** ou **c/T** le prédateur gagne/la proie perd, **+/-** ou **T/c** la proie gagne/le prédateur perd, **+/+** ou **C/C** ni l'un ni l'autre ne gagne, ni l'un ni l'autre ne perd (optimum de Pareto), les flèches entrecroisées indiquent les sens d'évolution dynamique des interactions.

Figure 16-a. Graphe du simplex et dilemme des prisonniers.
La "sym-plexité", représentation graphique simplexe de la com-plexité.
Faire le plus simple possible... la symplexité est un modèle pour la complexité.

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés



Le dilemme prédateur-proie : survivre c'est manger et ne pas être mangé, et, tôt ou tard, il est impossible de ne pas être mangé. + winner, eating, neither being eaten nor killed, – loser, not eating, being eaten or killed, schéma de l'interaction agoantagoniste prédateur-proie : -/-, -/+, +/-, +/+, graphe du simplex : X1 proie, X2 prédateur, graphe d'état de Lotka-Volterra (flèches temporelles) : ***tôt ou tard*** *tout devenir potentiel peut être atteint.*



réduction de la biodiversité : **-1** la proie gagne WIN, le prédateur disparaît, **-2** le prédateur gagne, la proie disparaît (-1) et le prédateur aussi ("survivre c'est avoir à manger", qui gagne perd !), maintien de la biodiversité : **0** l'un et l'autre gagnent et perdent à tour de rôle, augmentation de la biodiversité : **+1 ARMSADA** émergence d'un nouveau TOUT, durable,

Figure 16-b. Graphe du simplex et dilemme des prisonniers : interactions créatrices ou dissipatives et évolution de la biodiversité.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

LES BACTERIOPHAGES

Des interactions prédateur-proie à la mise en place et au fonctionnement d'une ARMSADA.

Au cours de son cycle de développement habituel, un bactériophage passe par un état de résistance, de vie suspendue, qui correspond à sa phase de dissémination, de passage d'un hôte bactérien au suivant. Sa vie active ne reprend qu'avec l'invasion d'une nouvelle bactérie hôte qu'il mange pour se reproduire et qu'il lyse pour libérer une nouvelle génération de phages (figure 17). C'est **un cycle parasitaire banal**, comme celui d'une bactérie parasite, comme celles de la tuberculose ou de la lèpre, qui infectent nos cellules, les mangent et les détruisent pour libérer une nouvelle génération de bactéries. Ou comme les cellules cancéreuses, qui infectent notre organisme, le mangent, s'y déplacent, s'y reproduisent, donnent naissance à de nouvelles générations de cellules cancéreuses et le détruisent.

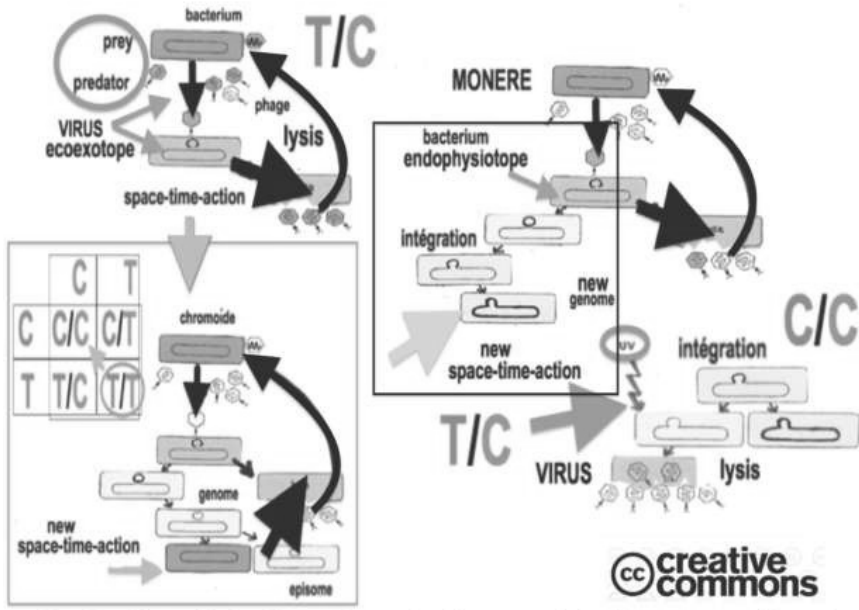
Des acteurs, autrefois libres, au système contraint, des dangers "contenus".

Au cours de son cycle lytique, l'écoexotope de survie d'un bactériophage comporte 2 phases (figure 17) : l'écoexotope externe à la bactérie (écoexotope exogène) qu'il partage toujours avec d'autres formes de vie et où il est très vulnérable aux agressions (phase de vie résistante) et l'endophysiotope de la bactérie (écoexotope endogène), qu'il partage éventuellement avec d'autres virus, où il est protégé, et où il se nourrit et se multiplie (phase de vie active).

Lors d'un cycle non-lytique, les génomes du virus et de la bactérie coexistent dans le même endophysiotope bactérien, sans lyse. Mais, tant que le génome viral, ou épisome, n'est pas intégré dans le génome bactérien, il peut être perdu au cours des divisions bactériennes. Le virus peut éventuellement reprendre sa liberté avec retour à la phase de lyse (figure 17). **C'est un inconvénient** pour la bactérie. Lors de la phase d'intégration d'un phage défectif, l'union des 2 génomes en un seul crée **un nouvel espace-temps-action** avec de nouvelles propriétés. Le virus change de niveau d'organisation et d'écoexotope de survie. Ne faisant plus qu'un avec la bactérie (qui est donc un organisme génétiquement modifié) il est protégé des risques externes de l'écoexotope de son ancienne phase libre. **C'est un avantage** pour le virus. Alors, non seulement il ne peut plus produire de virus libres mais également il rend la bactérie résistante à l'invasion par d'autres virus du même type. **C'est un inconvénient** pour l'ancienne espèce du virus **et un avantage** pour la nouvelle bactérie, avantage dont le coût est la pérennisation du virus inséparable.

Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients.

Tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour l'autre (situation **T/C**) et réciproquement (situation C**/T**). Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.



Du virus libre très fragile au virus endogène peu vulnérable et presque éternel.
T/T ou T/C cycle habituel lytique (**lysis, flèches noires**) d'un bactériophage. Écoexotope de survie du virus à 2 phases (**flèches grises**) : écoexotope externe de la bactérie et endophysiotope de la bactérie. **- de T/T à C/C** cycle, peu fréquent, **momentanément non-lytique** d'un phage dit tempéré. Les génomes du virus et de la bactérie coexistent dans le même endophysiotope, sans lyse. Le génome viral, ou épisome, non-intégré dans le génome bactérien peut être perdu au cours des divisions bactériennes (flèche grise). Le virus peut reprendre sa liberté : retour à la phase de lyse **T/C**. **- de T/C à C/C** sortie de cycle, très peu fréquente, avec phase d'**intégration d'un phage défectif** (ou tempéré).

L'union des 2 génomes en un seul crée un **nouvel espace-temps-action** avec de nouvelles propriétés. Le virus change de niveau d'organisation et d'écoexotope de survie. Sa durée de survie et son temps de génération sont maintenant ceux d'une Monère. **Le danger du virus est "contenu" ! (figure 15)**

C'est une métamorphose, simultanée et réciproque, des deux protagonistes, "prisonniers de leur devenir commun", pour ne faire QU'UN.

Figure 17. La vraie nature des bactériophages dits défectifs ou tempérés.
L'inconvénient d'une mutation du phage (prédateur) empêchant la lyse de la bactérie (proie) devient un avantage pour l'organisme nouveau, génétiquement modifié, associant, **pour le meilleur et pour le pire** les génomes viral et bactérien.

L'ontogénie récapitule la phylogénie.

La ***violence*** est omniprésente partout dans la nature, au sein d'un niveau d'organisation et entre niveaux d'organisation. La mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés (*Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages* **ARMSADA**) émerge d'une ***rupture dans l'escalade de la violence entre acteurs antagonistes***. C'est une rupture de l'escalade des violences mais ce n'est pas une escalade des dons.

Jamais il n'y a d'avantage(s) sans inconvénient(s).

Dans l'association tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour les autres et réciproquement. Et, *pour que l'un survive, et se survive, il faut d'abord que l'autre survive et se survive* .

Pour un biologiste "extra-terrestre", l'homme n'est qu'une forme de vie, une espèce parmi beaucoup d'autres espèces terrestres, de jour en jour de moins en moins nombreuses dans les anthropo-systèmes, alors que l'espèce humaine est de plus en plus nombreuse. Seule la mise en place d'une ARMSADA entre l'espèce humaine et les autres espèces avec lesquelles elle partage la même biosphère permettra sa survie. C'est **"un examen de passage" que chaque forme de vie passe au cours de l'évolution et auquel elle échoue (définitivement !) ou réussit, provisoirement...** L'espèce humaine a temporairement réussi, il y a 10.000 ans, avec la domestication des plantes (agriculture) et des animaux (élevage) (figure 11).

Avec les élevages industriels en batterie et l'agriculture industrielle hors sol elle est **en train de rompre ce contrat synallagmatique** (figure 11) aux détriments de ses anciens partenaires et de toute la biosphère et pour son seul profit. Après s'être comportée comme une **espèce clé-de-voûte**, l'espèce humaine se comporte maintenant comme une **espèce "virale" parasite**.

Figure 11. La domestication : un contrat synallagmatique.

Les dangers contenus.
La stratégie du vivant.

La nature n'est pas qu'un espace de coopération.

La compétition, la violence ne sont pas marginales, elles sont même parfois nécessaires (figure 1).

Avec le dilemme des prisonniers, on se centre sur les relations ENTRE les personnes, les groupes, les systèmes, avec ce que les américains appellent Tit-***For-Tat ("equivalent retaliation").*** Mais cela n'a rien à voir avec le partage réciproque d'avantages et d'inconvénients, qui n'est ***pas du "donnant-donnant"***. Car ce qui est un avantage pour un partenaire dans une situation peut être un inconvénient pour un autre dans la même situation, ce peut être "***un jeu à qui gagne perd"***. Le partage, mutuel et réciproque, d'avantages et d'inconvénients n'a **rien à voir avec la retaliation**.

Même s'il est vrai que dans les simulations du jeu itéré du dilemme des prisonniers la stratégie *"je fais ce que tu fais"* est la plus performante... cela n'a rien à voir avec **"ARMSADA"** qui est une **stratégie de "*rendre le bien pour le mal"* !**

Toutes les combinaisons sont possibles (figure 18). L'apoptose peut être empêchée, retardée par le virus, puis "libérée". Le virus gagne alors indirectement, en utilisant le potentiel de défense de la cellule. Même la présence de virus défectifs est **source d'avantages ou d'inconvénients**. Le TOUT, l'union prédateur/proie, est **à la fois plus et moins que la somme de ses parties**.

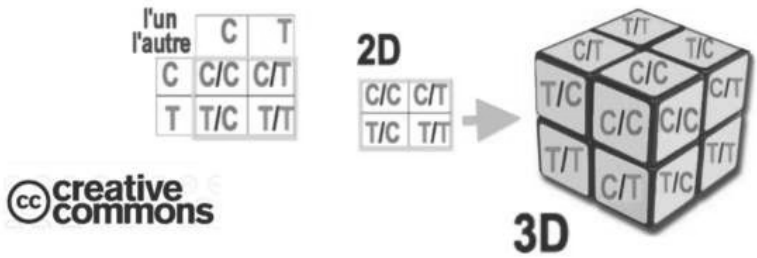


Figure 18. Du dilemme des prisonniers à 2 (2D) à celui à 3 (3 D).

Le dilemme à 2 est un tableau **carré** à 2x**2** possibles, le dilemme à 3 est un **cube** (type Rubiks' cube) à 2x2x2 possibles. (**C ou T**)x(C ou T)x(C ou T) : poket cube **2x2x2** (http://fr.wikipedia.org/wiki/Rubik's_Cube).

La situation à 3 est "fréquente" : agoantagonisme à 3 mitochondries-chloroplastes-peroxysomes, compétition agoantagoniste pour l'hôte (la cellule) entre virus et bactéries.

Les situations biologiques sont le plus souvent **à n prisonniers** (**nD**) (figure 12).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

LA CELLULE, système-de-systèmes eucaryote, ou la décision au sein d'une communauté.

Une observation au microscope électronique d'une cellule végétale chlorophyllienne, comme celle de l'algue d'un lichen, met en évidence **plusieurs compartiments fonctionnels, juxtaposés et emboîtés** : le hyaloplasme, la vacuole, les mitochondries, les chloroplastes, les peroxysomes (figures 13 et 15).

Association symbiotique, ARMSADA, fonctionnant à la fois comme un végétal (producteur, autotrophe) et un animal (consommateur, hétérotrophe), le lichen représente un niveau d'organisation plus élevé que ceux de l'algue ou/et du champignon. De même, la cellule de l'algue du lichen représente un **niveau d'organisation plus élevé** que ceux du hyaloplasme, des mitochondries et des chloroplastes qui la constituent; c'est **un nouveau mode d'intégration à un nouvel écoexotope de survie**.

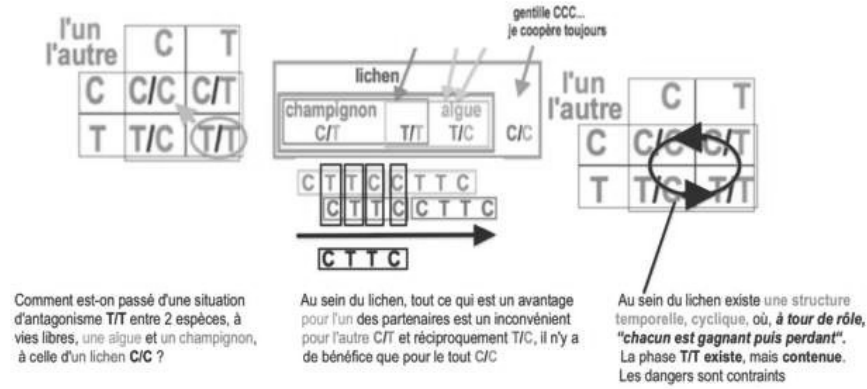
Les compartiments ne sont pas disposés de façon aléatoire dans l'espace de survie intra-cellulaire. Le cytoplasme, **lieu de protection**, d'échanges et de communication, englobe tous les autres. La vacuole, lieu de réserve d'eau, est au contact des mitochondries, qui produisent de l'eau (déchet de leur fonctionnement respiratoire), et des chloroplastes, qui consomment de l'eau (matière première de la photosynthèse). Les mitochondries, qui consomment de l'oxygène et des sucres (aliments respiratoires), sont au contact des chloroplastes, qui eux produisent des sucres et de l'oxygène (déchet de la photosynthèse). **L'aliment des uns est le déchet des autres.**

Le déchet des uns est l'aliment des autres.

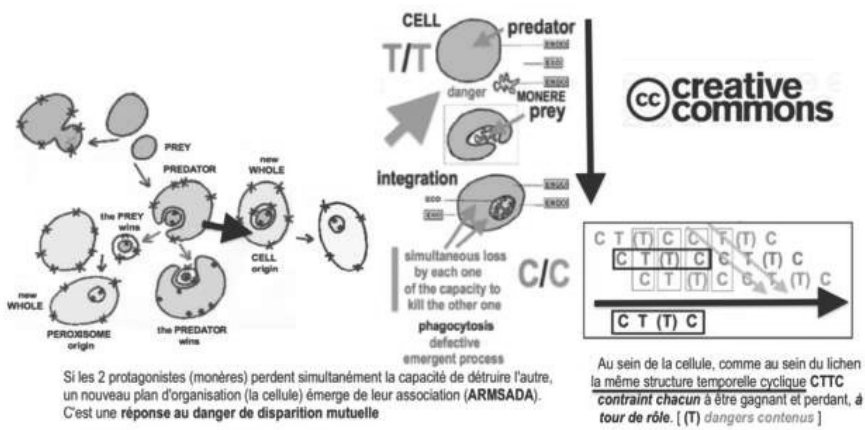
Les partenaires partagent complémentairement des avantages et des inconvénients réciproques.

Les mitochondries descendent génétiquement d'anciennes bactéries, **autrefois à vie libre**. Elles ont "colonisé" le hyaloplasme, du **système ancestral d'accueil**, à l'origine des premières cellules eucaryotes. Ainsi s'est mise en place une **association à avantages et inconvénients réciproques et partagés** dans laquelle les mitochondries éliminent l'oxygène qui serait **toxique, en leur absence,** pour l'ensemble de la cellule. **En contrepartie**, le hyaloplasme héberge, protège et nourrit les mitochondries. Cet inconvénient pour "l'habité" est le coût de l'avantage de sa protection par "ses habitants". De même, les chloroplastes descendent, génétiquement et physiologiquement, d'anciennes bactéries à vie libre.

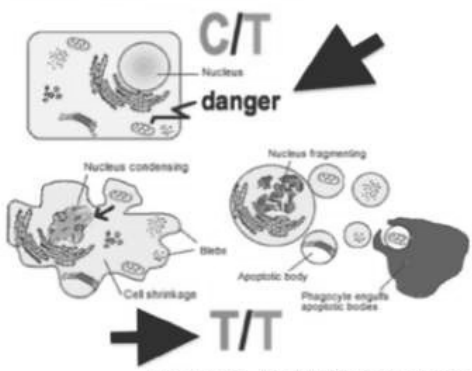
Lors de leur fonctionnement, mitochondries **et** chloroplastes produisent de l'eau oxygénée, qui serait toxique, pour tous les compartiments cellulaires, en l'absence des peroxysomes. Au contact, **à la fois**, des mitochondries, des chloroplastes et de la vacuole, les peroxysomes transforment ce déchet toxique en eau (aliment des chloroplastes, stockable dans la vacuole) et en oxygène (aliment des mitochondries). L'endo-symbiose intra-cellulaire (figure 15) résulte de **l'émergence d'un système de recyclage** des déchets toxiques !



LICHEN : origine et fonctionnement. Chaque partenaire est "prisonnier" de la même **structure temporelle périodique CTTC**, en décalage de l'un par rapport à l'autre.



CELLULE : origine et fonctionnement.



L'apoptose de la cellule :
les dangers internes "contenus" [T de c/(T)] sont "réactivés" (T de T/T) en cas de dangers externes (flèches noires).

Figure 19. ARMSADA : origine et fonctionnement

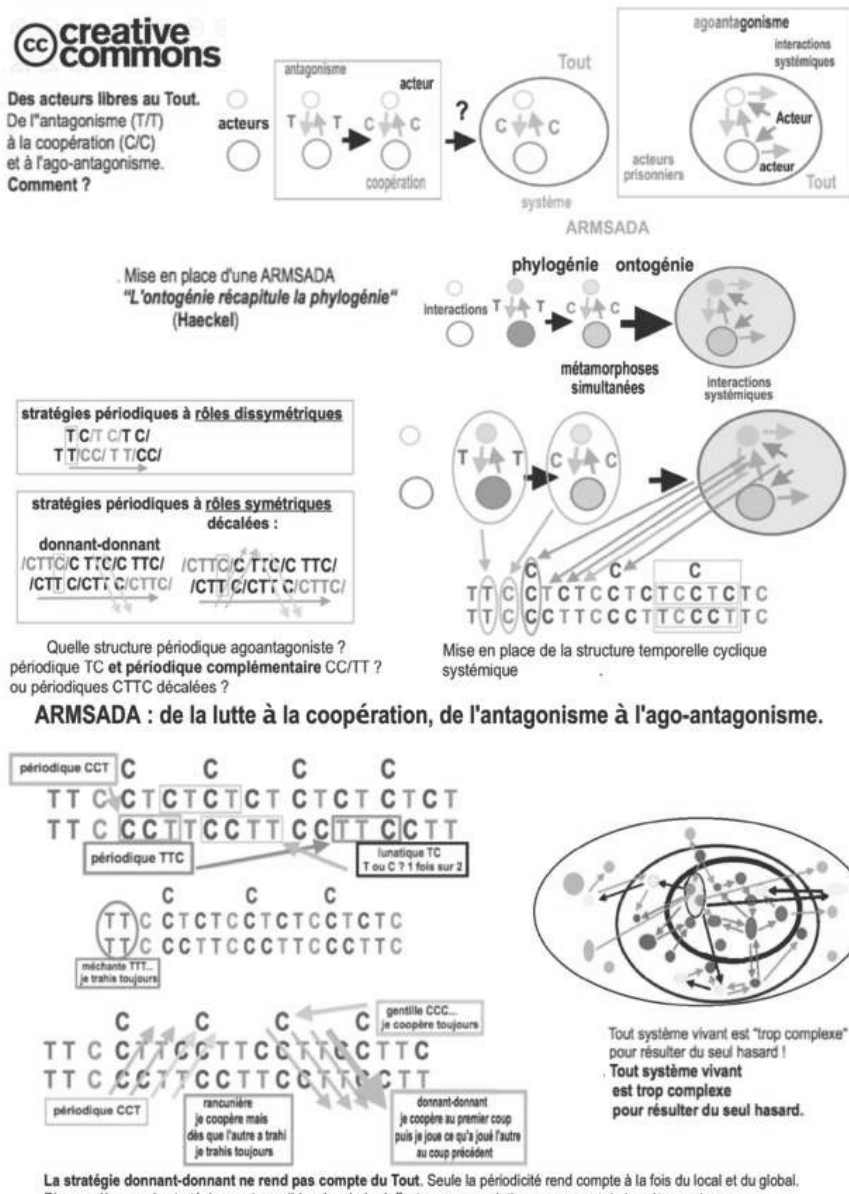


Figure 20. ARMSADA : le contrôle temporel de l'espace-temps-action.
L'origine et le fonctionnement d'une ARMSADA.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

L'union des compartiments cellulaires, PARTIES qui inter-agissent entre elles et avec leur TOUT, forme "par co-organisation" structurale et fonctionnelle, **un TOUT, indissociable**.

Et, les propriétés de survie nouvelles du TOUT rétro-agissent sur la survie des PARTIES. Le fonctionnement de survie des uns est limité par celui de tous les autres **et réciproquement**. Un **système "tampon"**, formé de compartiments complémentaires et inter-dépendants, **semi-autonomes**, et **en réseau,** permet **d'éviter la violence toxique des déchets de fonctionnement** car les déchets des un sont les aliments des autres et réciproquement.

Les avantages pour les uns sont des inconvénients pour les autres, et réciproquement.

Comment apparaissent ces associations nouvelles ? Une déviation symbiotique de la relation prédateur/proie.

Pour manger, une amibe ingère, puis digère, des bactéries, capturées dans son milieu de survie. Cette capacité de phagocytose est un avantage pour sa survie. Elle construit sa matière à partir de celle, prélevée, puis transformée, d'un autre être vivant.

Mais, certaines bactéries peuvent survivre à l'ingestion en élaborant une paroi résistante à la digestion (**défense passive**). C'est ainsi que les Mycobactéries, tuberculeuse ou lépreuse, résistent, dans nos cellules vivantes, à la destruction. Et, pour vaincre les défenses nouvelles de l'attaqué, l'attaquant doit élaborer des armes plus efficaces ou nouvelles : c'est le début de **l'escalade** attaque-défense !

D'autres bactéries sécrètent des enzymes et digèrent l'amibe qui les a ingérées (**défense active**: "stratégie du cheval de Troie", la meilleure défense c'est l'attaque !). **L'avantage** de la phagocytose **devient un inconvénient**. Mais cela n'arrête pas l'escalade !

Dans certaines espèces d'amibes, envahies par des bactéries, il peut arriver qu'une amibe survive à la présence des bactéries. **Après une phase de dépression** métabolique, elle reprend sa croissance et se divise. Elle survit, puis se survit. **L'apparition de ce "nouveau" phénotype dépend du passé écologique, physiologique et génétique de l'individu, de sa place dans le milieu de survie et du hasard. La capacité de survie dépend d'abord du phénotype.**

Un équilibre s'est établi entre l'hôte habité et ses hôtes habitants. Si l'homme détruit "artificiellement" les bactéries, l'amibe meurt. **L'inconvénient** de l'invasion initiale **est devenu un avantage** pour la survie. De même, les bactéries ne survivent pas à la destruction de l'amibe, l'endophysiotope de l'amibe est devenu l'écoexotope de survie des bactéries. Les deux ne font plus QU'UN.

L'inconvénient de la perte par chacun de la capacité de détruire l'autre est devenu un avantage réciproque pour la survie de chacun. Les deux partenaires, maintenant indissociables, forment un nouveau système biologique de niveau d'organisation plus élevé. Ce phénomène semble "banal" chez les Protozoaires.

Émergence des Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés : LES MÉTAMORPHOSES DU VIVANT.

Quel que soit le type d'organisation d'un système vivant, l'émergence de toute organisation nouvelle est un dépassement ou une transgression de systèmes anciens. Elle s'effectue **toujours par juxtapositions et emboîtements de systèmes préexistants**. Le nouveau TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses PARTIES. Il émerge des métamorphoses simultanées des parties dans le Tout. Les systèmes partenaires maintiennent leur identité au sein du nouveau Tout dont ils sont les parties. Leur **semi-autonomie** est **garantie par le maintien de frontières**, individuelles et collectives. Elles organisent, spatialement et temporellement, l'intégration des parties et du Tout dans leurs milieux de survie respectifs, écoexotopes externes, endophysiotopes internes et éco-physio-topes de leurs interactions (figures 4, 15, 21 et 35).

Le passage d'un niveau d'organisation **i** à un niveau adjacent supérieur **i+1** est la conséquence de **la mise en place d'un nouveau réseau, spatial et temporel**. Dans ce réseau, espace-temps-action co-ordonné, où tous les liens sont possibles, **chacun a une place, dans le temps et dans l'espace, qui lui est propre**. Quel que soit le mode d'intégration, seule la mise en place d'associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés permet, à la fois,

- à écoexotope constant, le maintien de l'unité du Tout, et de la diversité dans le Tout, et,
- lorsque l'écoexotope ou l'endophysiotope changent, la mise en place de réseaux nouveaux. Ces associations émergent d'une adéquation, pour chaque partenaire et par sa chaque partenaire, entre la capacité d'être accueilli de son endophysiotope et la capacité d'accueil de son écoexotope. Cela n'est possible que par la perte, et simultanément par chaque *"parçonnier"*, de la capacité de détruire l'autre.

Écoexotope, endophysiotope, intégration et organisation.

Un neurone résulte de la juxtaposition d'une cellule (à l'origine du corps cellulaire) et d'une population de cellules (à l'origine de la gaine de Schwann). **Un neurone n'est pas une cellule !**

Émergence et niveau d'organisation.

C'en est une "**sur-mesure**", un "TOUT" (le neurone, niveau d'organisation supra-cellulaire) qui **est plus** que la somme de ses parties (les cellules, niveau adjacent inférieur **i**), "**sur mesure**", avec des propriétés nouvelles qu'aucun des partenaires ne possédait (synthèse de myéline, émergence d'un nouveau langage de communication). Mais il **est aussi moins** que la somme de ses PARTIES. Chaque partenaire a perdu son autonomie et, comme "leur Tout", ne possède plus la capacité de se survivre.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Réseaux et mode d'intégration.

Une bactérie, compartiment délimité par 1 **membrane frontière**, **interface** entre écoexotope et endophysiotope est une Monère (de niveau d'organisation **i-1**). **Une bactérie n'est pas une cellule !** La cellule est le niveau d'organisation **i**, adjacent, supérieur, formé de compartiments juxtaposés (les organites). Chacun d'eux équivaut à une Monère, dont l'ancien endophysiotope est emboîté dans un nouvel écoexotope. Juxtapositions et emboîtement ont permis la mise en place de nouvelles interfaces membranaires et d'un nouveau mode d'intégration. Le TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses PARTIES. Tous les organites ne sont plus capables de survivre en dehors de leur nouvel écoexotope, qui est l'endophysiotope de la cellule. L'association est indissociable **"pour le meilleur et pour le pire"**. Dans cette **endo-syn-cénose**, les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement, la survie des uns passe par celle des autres et réciproquement. Tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour les autres et réciproquement. Au sein du nouveau TOUT, de nouvelles molécules sont fabriquées par le réseau d'interactions entre organites.

SYMBIOSE :

à nouveau mode d'intégration, nouveau type d'organisation.

Un lichen est une "union indissociable" entre 2 espèces (une d''une algue et l'autre d'un champignon) **descendantes d'ancêtres à vie libre.** L'écoexotope de l'endophysiotope de l'algue est l'endophysiotope du champignon. Cette symbiose, nouveau niveau d'organisation, n'est pas une association à bénéfices réciproques mais une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés, où tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour l'autre, et réciproquement. **Propriété émergente**, les lichens contiennent des molécules nouvelles qu'eux seuls sont capables de fabriquer. Les 2 partenaires totalement solidaires ne forment qu'un. La croissance de l'un est limitée par celle de l'autre et réciproquement. Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement. C'est une association **"pour le meilleur et pour le pire**", à bénéfice uniquement global, qui existe depuis 600 millions d'années !

SURVIVRE

c'est "transformer les inconvénients en avantages"
et "éviter que les avantages deviennent des inconvénients".

Helicobacter pylori colonise la couche de mucus de l'estomac. C'est la seule bactérie apte à survivre dans cet écoexotope hyper-acide. L'homme est son hôte unique. Elle est présente dans son endophysiotope (sang, lymphe) et son écoexotope (selles, air respiré). Elle crée des dommages continuels associés au risque d'ulcère et de cancer de l'estomac. Sa présence est un inconvénient.

La capacité d'accueil de l'hôte est limitée.
Ce qui est un inconvénient peut être un avantage et inversement.

Si des antibiotiques la détruisent, sa disparition est associée à un cancer de l'œsophage. **L'inconvénient** pour l'hôte de la présence de la bactérie **est un avantage**.

Pour survivre, la bactérie doit **éviter que l'avantage d'être accueilli** par son hôte, **devienne un inconvénient** pour l'hôte, donc, en une boucle de rétroaction, un inconvénient pour elle. L'homme, mal utilisant les antibiotiques, a favorisé des bactéries infectieuses initialement nosocomiales, devenues communautaires pour lui et ses animaux domestiques. **L'avantage est devenu un inconvénient !**

Une mutation qui rend les ailes vestigiales **est un inconvénient pour la survie** d'une mouche. Les balanciers qui doublent la paire d'ailes normales sont indispensables à l'équilibre de son vol. Au cours de l'évolution, des ailes vestigiales, inaptes au vol, métamorphosées en balancier, organe nouveau qui apparaît par apoptose, sont devenues **un avantage pour la survie.**

Les ailes de la phalène du bouleau imitent l'écorce du bouleau sur laquelle le papillon passe inaperçu de ses prédateurs. La variété mélanique du papillon est mangée par les oiseaux. La couleur noire, très repérable, est **un inconvénient, qui devient un avantage, si** les écorces sont noircies par des fumées d'usines. Tout dépend du contexte des interactions dans l'Espace-Temps-Action de survie

Survivre c'est "manger et ne pas être mangé".

Sur l'île de Florès ont coexisté des espèces, maintenant disparues, d'homme nain (de la taille d'un enfant), d'éléphant nain (de la taille d'un buffle) et de rat géant (plus gros qu'un lapin). Le rat était géant car une grande taille est un avantage en présence d'un prédateur (comme l'homme ou un varan). Elle devient un inconvénient si la capacité d'accueil de l'écoexotope est limitée, alors la taille des animaux plus petits que le lapin augmente et celle des animaux plus gros diminue. L'éléphant et l'homme étaient nains. Leurs proportions étaient les reflets des interactions entre la **capacité d'accueil** de leur écoexotope et la **capacité d'être accueilli** de leur endophysiotope.

Proies et prédateurs se livrent une guerre sans merci. Chaque invention défensive d'une proie est suivie d'une innovation agressive de ses prédateurs. La meilleure défense n'est pas l'attaque mais le changement d'écoexotope, **changement de réseau trophique** qui implique une **métamorphose de l'endophysiotope**.

Des associations à partenaires à survies solidaires et réciproques.

Les cycles métaboliques à l'intérieur de la cellule sont **juxtaposés et emboîtés**, de la même façon que les compartiments qui les contiennent le sont. Dans une cellule végétale, le cycle du glyoxylate (qui existe chez les Monères) et celui des acides tricarboxyliques sont **à la fois en compétition** (pour le malate ou le citrate et l'acétylCoA) **et complémentaires** (le succinate déchet de l'un est l'aliment de l'autre et réciproquement).

La compétition locale entre les parties, glyoxysomes et mitochondries, est éliminée dans le cadre de **l'assistance globale à la survie** du cytoplasme d'accueil et **du Tout** (l'association formée par leurs juxtaposition et emboîtement).

L'hème, fabriqué par les mitochondries, est indispensable à l'activité des protéines héminiques, qu'elles soient dans le chloroplaste (peroxydase), le peroxysome (catalase), la mitochondrie (cytochrome-oxydase), ou le cytoplasme (hémo-protéines).

Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement.

Seules des métamorphoses permettent de contenir les dangers de l'écoexotope.

Le passage du stade larvaire (capacité de **survivre**) au stade adulte reproducteur (capacité de **se survivre**) peut être associé à une réponse à une agression contenue.

La métamorphose du *Rhizobium*, et l'ontogénie des nodules de légumineuses.

Dans un lichen, l'endophysiotope des cellules d'algue habite l'endophysiotope du champignon qui est donc l'écoexotope de survie de l'algue. Un lichen contient une chaîne alimentaire, c'est un écosystème ! C'est la même situation pour les nodules des racines d'une légumineuse. Une bactérie à vie libre envahit les cellules des poils de la racine de la plante. C'est une **situation d'urgence** pour la survie de la plante infectée. Sa réponse est la mise en place d'un nouvel organe, le nodule, qui est construit par les interactions d'attaque et de défense entre les cellules de la plante envahie (la proie) et la population des bactéries envahissantes (le prédateur). Les bactéries parasites, **jadis libres individuellement**, sont maintenant **collectivement prisonnières** d'un organe de type tumoral : un nodule.

En même temps que l'hôte se métamorphose par tumorisation (la prolifération de ses cellules est contrôlée à distance par les bactéries), les bactéries se métamorphosent en bactéroïdes, par des pertes de gènes (indispensables à la vie libre, mais pas à la vie endosyncénotique), des remaniements génétiques (duplication de familles de gènes impliqués dans le nouveau mode de survie) et des acquisitions de gènes nouveaux (par transferts préalables de ces gènes lors de la vie encore libre). Le déroulement est toujours le même. La première étape est la réponse à des stimulations indiquant dans l'écoexotope **la présence d'un hôte potentiel dont l'endophysiotope est viable pour accueillir** la bactérie. L'étape suivante de mouvement vers l'hôte puis d'adhésion à l'hôte précède celle de rupture des défenses de l'hôte puis de multiplication invasive à l'intérieur de l'hôte qui devient le nouvel écoexotope, dans lequel sont, à la fois, puisées la matière et l'énergie et rejetés les déchets. Ce changement du mode d'intégration à l'écoexotope est **à la fois la cause et la conséquence** du changement du type d'organisation, de la métamorphose de l'endophysiotope, de la bactérie (figure 5).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Lors de la mise en place de l'association, c'est le génome de la plante qui contrôle à la fois l'invasion par le *Rhizobium* (Il existe des plantes sans nodule) et l'expression fonctionnelle du nodule (Il existe des plantes à nodules inefficients).

Dans les cellules du nodule néo-formé, la compartimentation physiologique de l'endophysiotope, qui doit être à la fois réducteur, (pour permettre l'activité nitrogénasique, de fixation de l'azote), et oxygéné (pour permettre la survie des mitochondries et des bactéroïdes) est réalisée par la leg-hémoglobine, dont la synthèse et la maintenance sont assurées **conjointement** par les 2 partenaires. La synthèse de la leg-hémo-globine (protéine qui ressemble à la myo-globine du muscle) est une **propriété émergente de l'association**. Le hyaloplasme fabrique la globine, protéine codée par un gène de la cellule hôte, les bactéroïdes fabriquent l'hème indispensable à son activité. L'activité des gènes correspondants de chaque partenaire est régulée par celle de l'autre. Comme la myéline du neurone, elle est synthétisée **à l'interface des 2 partenaires.**

Aucune plante ne possède dans son génome les gènes codant pour la nitrogénase. Ils sont présents dans le génome du *Rhizobium*, mais inutilisés lors de sa phase de vie libre, mobile, hétérotrophe, aérobie. Le nouvel écoexotope de vie endo-cellulaire entraîne la métamorphose de l'endophysiotope bactérien et l'expression des gènes correspondants. La protection de la leg-hémoglobine est assurée, à la fois, par les activités catalasique et peroxydasique des peroxysomes et l'activité superoxyde dismutasique du hyaloplasme. Le bactéroïde se comporte à la fois comme un hydrogénosome et un peroxysome, contrôlé par la cellule. Des plasmides et un génome composite lui donnent **un potentiel de métamorphose et d'exaptation avec un faible fardeau génétique.**

Le dépôt de leg-hémoglobine disparaît avec la sénescence des bactéroïdes. La séquestration des bactéroïdes permet leur retour à la vie libre (à la mort de la plante), ou le recyclage de leur matière par digestion par la cellule (à leurs morts). La mise en place du nodule fonctionnel est une **"sur-mesure sur mesure"**. Son organogénèse est initiée par une toxine bactérienne à laquelle les cellules de la racine répondent par une tumorisation. Cette réponse, génétiquement contrôlée, n'est **possible qu'à une étape précise** de susceptibilité, spatiale et temporelle, des cellules : "Avant l'heure ce n'est pas l'heure, après l'heure ce n'est plus l'heure !". La localisation spatiale de cette fenêtre temporelle est déterminée par des phénomènes de rétroaction qui se déroulent sur les membranes plasmiques. En fin de vie de l'association, les bactéroïdes retournent à l'état libre, après protéolyse des cellules de la plante. Au fil des générations, le *Rhizobium* passe de l'état libre à l'état de parasite invasif, puis à l'état d'endosymbiote séquestré et retourne à l'état libre. **Les 2 partenaires sont semi-autonomes et inter-dépendants. Seul leur TOUT est autonome. Tant qu'il survit, ils survivent ensembles,...**

en lui, pour le meilleur et pour le pire.

Il existe des virus spécifiques des *Rhizobia*. Dans la cellule, métamorphosé en bactéroïde, le *Rhizobium* hébergé est protégé. Sa capacité d'être accueilli lui a donné une chance nouvelle de survie.

Survivre c'est "manger et ne pas être mangé", pour se survivre : LES VIRUS.

Pour de nombreux virus cancérigènes, la destinée de la cellule infectée dépend à la fois des protéines du virus "accueilli" (protéines transformantes re-programmatrices), de celles de l'hôte "accueillant", de leurs interactions, et des protéines nouvelles nées de leur association, voire des interactions avec d'autres virus. Ce qui explique l'hétérogénéité de la maladie, la diversité des devenirs observés (figure 21) et la diversité des hôtes potentiels :

- cancérisation (**T**) : immortalisation "provisoire" du virus et de la cellule, qui ne gagnent qu'à court terme..., car, tôt ou tard, la cellule et le virus intégré meurent ensemble, avec la mort de l'organisme qui les hébergent, **les 2 perdent**, et l'organisme **perd aussi**.
- apoptose (**A**) : **la cellule, en perdant, gagne,** elle tue le virus et **l'organisme gagne**, il survit. La première défense du virus est donc d'empêcher, au moins provisoirement, l'apoptose.
- rien "en apparence" (**0**), intégration, ni lytique, ni transformante : le virus intégré reste "silencieux", il passe "inaperçu", le danger est contenu, **les 2 gagnent**, au moins provisoirement, la cellule résiste au virus, survit, et le virus s'il est "intégré" se survit tant que la cellule et sa descendance survivent en résistant aux virus du même type. Cette situation est métastable, mais si elle se pérennise, elle peut donner naissance à un nouveau type d'organisation (**E**).
- cette même situation peut être obtenue avec changement (différenciation ou dédifférenciation) du phénotype cellulaire (**D**), mais celui-ci restant normal, en apparence...
- cytolyse, nécrose (**L**) : devenir habituel, le plus fréquent, la cellule infectée (**I**) meurt, et le virus est libéré, **le virus "gagne"**, l'organisme est affaibli, le virus est disséminé et peut conquérir de nouveaux écoexotopes (phase infectieuse de transmission).
- **métamorphose et exaptation** : émergence d'un nouveau type cellulaire (**E**), dans lequel les 2 partenaires sont indissociables. Ce n'est ni une situation "donnant-donnant", ni une méta-coopération, mais **"autre chose"**, permettant l'apparition de potentialités nouvelles, voire d'**un devenir nouveau** pour un nouveau type d'organisme, si la situation est héréditaire. Ni l'un ni l'autre ne perdent, ni l'un ni l'autre ne gagnent, **le bénéfice est global**. Un nouveau mode de vie (intégration) et une nouvelle forme de vie (organisation) apparaissent.

Pour que l'organisme survive, il faut que simultanément la cellule et le virus perdent (apoptose).

Si l'un ou l'autre gagne (la cellule devenant tumorale, ou le virus lytique) l'organisme perd.

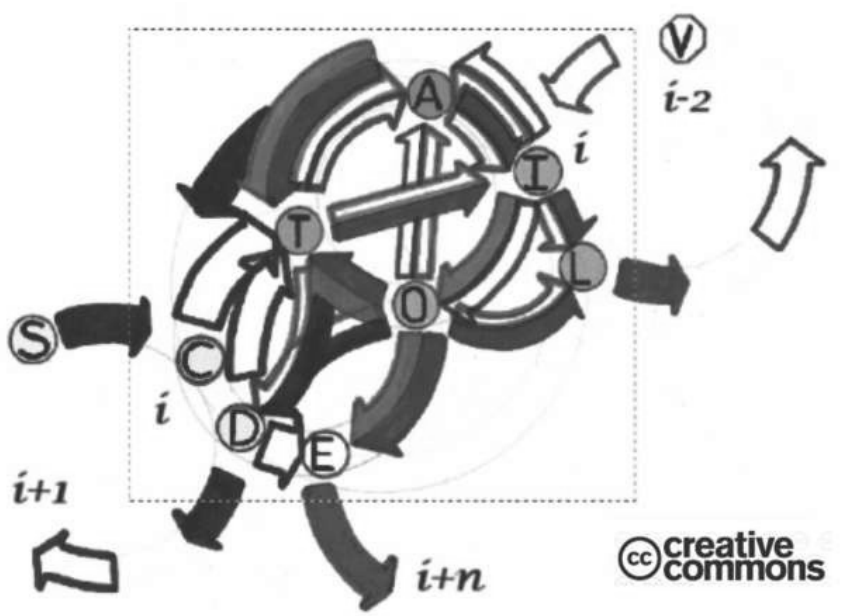


Figure 21. Les interactions cellule-virus : cancérisation, lyse et exaptation.
T : tumorisation induite par l'intégration génétique du virus, **A** : apoptose (suicide cellulaire avant la production de virus), **O** : « silence » viral, **E** : émergence d'un nouveau génotype cellulaire, **D** : différentiation phénotypique, **L** : lyse cellulaire.
Niveaux d'organisation : cellule niveau ***i,*** organisme méta-cellulaire niveau ***i+1***, organelles intra-cellulaires niveau ***i-1*** (Monères), virus niveau ***i-2*** (méta-moléculaire) ?

La cellule et le virus **ne peuvent gagner qu'ensemble**, en donnant éventuellement un nouveau type cellulaire ou un nouveau type d'organisme s'il s'agit d'une cellule germinale.

La fausse réciprocité dite "gagnant-gagnant" **n'est** ***pas systémique, car elle fait abstraction du contexte global au bénéfice des seuls acteurs impliqués !***

La seule réciprocité systémique est le partage des avantages et des inconvénients (figure 22).

On est tour à tour gagnant puis perdant, tôt ou tard il est impossible de ne pas être perdant. Et plus les avantages sont grands, pour certains, plus les inconvénients sont grands, pour d'autres... Sans “réciprocité“ le système explose, quelle que soit sa circularité (figures 4 et 8) !

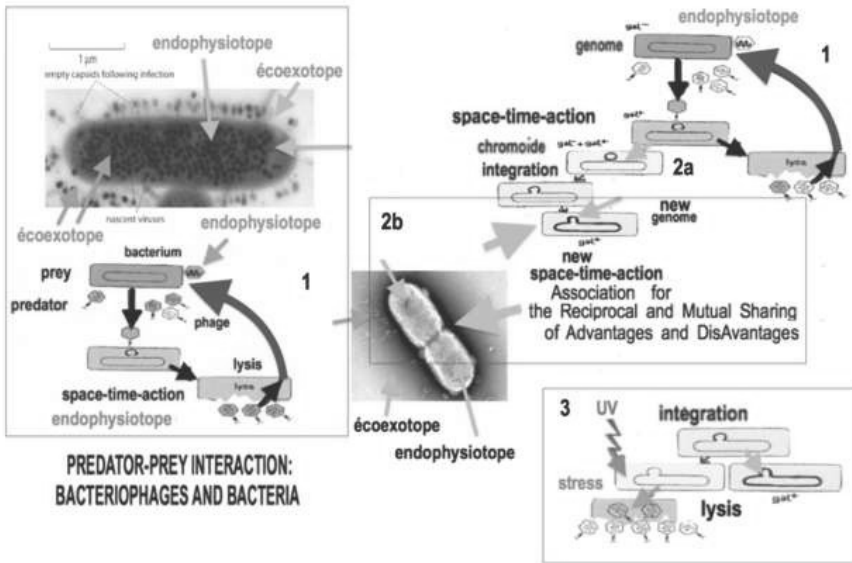


Figure 22a. Processus d'émergence d'une ARMSADA au niveau des Monères.

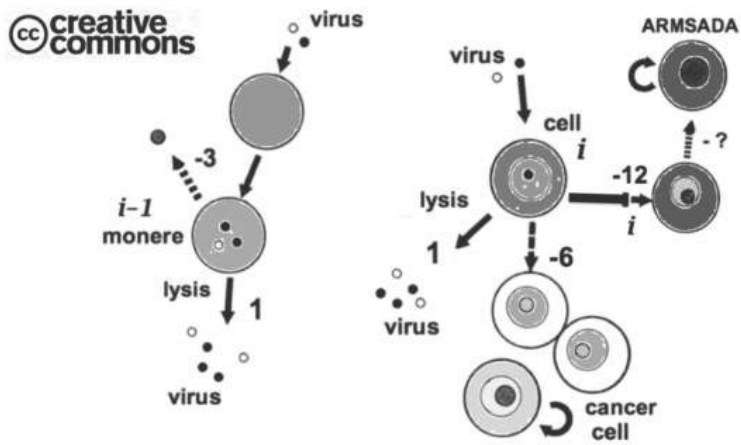


Figure 22b. Probabilités d'émergence d'une ARMSADA.

Monères : niveau ***i-1***, la lyse (lysis) est le destin habituel (probabilité **1**-§), exceptionnellement elle n'a pas lieu §=1‰ (**-3** en puissance de 10) ; cellule : niveau ***i,*** la lyse est le destin habituel (probabilité **1**-§§), exceptionnellement, l'intégration virale a lieu, elle aboutit le plus souvent à la cancérisation (**-6** en puissance de 10), parfois à la mise en place d'une ARMSADA (**-12** en puissance de 10).

Figure 22. ARMSADA. Les interactions d'émergence.

Seules survivent (et se survivent) les ARMSADAs : au cours de l'évolution du vivant **tous les nouveaux plans d'organisation** émergent de la mise en place d'une ARMSADA**. Par juxtapositions et emboîtements** de niveaux d'organisation pré-existants, la mise en place d'une ARMSADA permet un contrôle des dangers internes (de l'endophysiotope) et externes (de l'écoexotope) qui rend plus dépendants les partenaires (*IN VARIETATE CONCORDIA*) mais plus indépendant leur tout (UN POUR TOUS TOUS POUR UN).

Au niveau cellulaire (figure 4), la rupture de l'association entraîne l'apoptose (figure 21) : si l'un ne survit pas, le tout disparaît (*E PLURIBUS UNUM*) (figure 15).

Au niveau cellulaire, **le cancer est une libération des dangers contenus** du niveau ***i***, et qui, à terme, entraîne la mort de l'ARMSADA du niveau adjacent supérieur (niveau ***i+1***), l'organisme méta-cellulaire.

"Le Tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties."

Dans bien des espèces, un mâle qui est vainqueur d'un combat contre un autre mâle tue les "petits" des femelles, qu'il vient de "gagner", pour pouvoir s'accoupler avec elles et en avoir une descendance le plus vite possible. - Ni la compétition, ni la violence, ne sont marginales dans la nature, elles sont des processus nécessaires, et contingents, mais qui doivent être dépassés tôt ou tard. - Ni la mise en place d'une ARMSADA, ni son maintien structural et fonctionnel, ne sont des processus coopératifs, mais plutôt **ago-antagonistes**, au sens des **stratégies paradoxales** d'Elie Bernard-Weil (tableau 1), - Ce sont des processus "au-delà" (au-delà **de l'espace, au-delà du temps, au-delà de l'action**), c'est-à-dire "émergents", qui "concilient" violence, compétition, coopération, ago-antagonisme, tout en **respectant des lois d'échelle** (figures 8 et 29).

Au cours de la mise en place d'une ARMSADA les 2 systèmes agoantagonistes passent d'une situation de lutte à **une situation au-delà** du *donnant-donnant* pour les 2 partenaires qui ne font plus qu'un seul **nouveau système-de-systèmes**. La stratégie *donnant-donnant dur* (la plus efficace) ne rend pas du tout compte du fonctionnement global du nouveau Tout, mais uniquement du fonctionnement local d'un partenaire et pas de l'autre, qui est trahit alors qu'il coopère et a coopéré et qui n'est pas trahit alors qu'il trahit et a trahi.

Cette stratégie nouvelle, *arrêter l'escalade* aux armements, et "*rendre le bien pour le mal", mutuellement, et simultanément,* permet la mise en place d'une association indissociable, robuste et résiliente.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les niveaux d'organisation du vivant sont emboîtés selon un **champ morphogénétique fractal**, dont les différents modules sont homothétiques structurellement et fonctionnellement (**ergodicité**) et dont la dimension fractale est un descripteur de l'état structural et fonctionnel et des comportements émergents (figures 29 et 30).

Les concepts d'écoexotope et d'endophysiotope ont été introduits pour pouvoir "topographier" de manière univoque cette organisation fractale en modules juxtaposés et emboîtés.

À travers "Les métamorphoses du vivant", l**e paradigme des associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés**, selon lequel "survivre c'est transformer des inconvénients en avantages et éviter que des avantages deviennent des inconvénients", permet d'expliquer le passage d'un niveau d'organisation à un autre, comme conséquence de **la mise en place d'un nouveau réseau d'intégration entre la capacité d'accueil de l'écoexotope et la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope.**

Ce nouveau paradigme, applicable à l'évolution des systèmes vivants, a permis de faire une reconstitution de **l'origine de la cellule** et de proposer une nouvelle méthodologie systémique de **traitement des individus atteints du SIDA ou du cancer** (voir pp. 111-137, ARMSADA : Applications biotechnologiques).

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

La semi-autonomie du vivant :
« pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive ».
Balancing between individualism & collectivism, union & breaking:
« for the one to survive, all the other ones must survive first ».
http://www.armsada.eu/files/pbARMSADA.pdf
http://www.armsada.eu/files/pbARMSADAslides.pdf

Les interventions humaines, au sein du réseau associatif du vivant,
Quelle responsabilité éthique, sociétale et environnementale
de l'humanité, vis à vis du monde vivant, et vis à vis d'elle-même ?
L'escalade de la violence, entre les espèces associées à l'espèce humaine et les autres formes de vie.
IASCYS "Social Responsibility" Workshop,
http://www.armsada.eu/files/pbManSERqash.pdf
http://www.armsada.eu/pbManSERslides.pdf

Balancing Emergence and Variation, Between Union and Breaking:
The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages (ARMSADA)
are The Keystones of The Life's Running.
Les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés :
"acteurs clés-de-voûte" de l'évolution créatrice du vivant "vivant".
AFSCET "Systems' Evolution" Workshop,
http://www.armsada.eu/files/pbEvolution.pdf
http://www.armsada.eu/files/pbEvolutionSlides.pdf

Tableau 6. ARMSADA :
une réponse systémique, en situation d'urgence,
emerging from emergency
à la suite d'une crise systémique.
Crises et réponses systémiques (UES-EUS, Brussels 2011)

creative commons

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

ARMSADA

APPLICATIONS
BIOTECHNOLOGIQUES a, b, c, d, *

Un vaccin curatif du SIDA
Un vaccin curatif du cancer

* Seules quelques références, les plus marquantes, sont indiquées ici.
Aucune référence ne sera indiquée dans le détail du texte.
Elles sont toutes regroupées à la fin du fascicule.

SIDA (CC licence)

a. Bricage P. (19 sept. 2005), Les Métamorphoses du Vivant : les Associations à Avantages et Inconvénients réciproques et partagés. 12 p. (Article 26)
The Metamorphoses of the Living Systems: **Complementary Data & Supplementary References**
T**he Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages**. 10 p.
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/pbMetamorphosesDataParis2005.pdf
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage.pdf
b. http://res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/UESlisboaPBaidsTextFig_O.pdf

cancer (CC licence)

c. Bricage P. (17 dec. 2008), **Associations for the reciprocal and mutual sharing of advantages and disadvantages: applicative insights in prevention or cure of AIDS, cancer** and leprous diseases. 11 p. http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricageCuration.pdf ,
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricageCancer.pdf
d. Bricage P. (17 dec. 2008), **Cancer is a breaking of the cell's association for the reciprocal and mutual sharing of advantages and disadvantages through an aggression that results in a lack of non-autonomy**. 33 p. http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricage1.pdf
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricageWS1.pdf

DE PROCHE EN PROCHE, ÉMERGENCE de nouvelles formes de vie parasites, "par itération" : les cancers infectieux.

Dans tout organisme méta-cellulaire (de niveau d'organisation i+1), la croissance des cellules (niveau d'organisation adjacent inférieur i) est soumise aux besoins de l'organisme. Parfois certaines cellules **échappent à ce contrôle global, se métamorphosent, se multiplient localement** pour leur propre compte, forment une tumeur qui envahit un organe, débordent dans les tissus voisins, voire migrent et colonisent des parties distantes de l'organisme (**méta**stases).

L'expression de cette capacité, retrouvée (rétrogression), de multiplication végétative anarchique a des causes multiples, essentiellement de nature génétique : des gènes du développement cellulaire (ou oncogènes), habituellement réduits au silence, ou parfaitement contrôlés, subissent des mutations ou des changements qui **leur permettent de s'affranchir des contrôles**. Les organismes ont mis en place divers mécanismes pour reprendre ce contrôle : le système immunitaire est capable de reconnaitre et tuer les cellules tumorales, des gènes anti-oncogènes ont été sélectionnés au cours de l'évolution du vivant pour bloquer la multiplication cellulaire. Mais des cellules tumorales parviennent à éviter ou contrer les défenses de l'organisme et à reprendre leur multiplication. L'hypermultiplication des cellules cancéreuses est **sans issue** : la survie cellulaire à long terme est impossible sans la survie de l'organisme qui les produit et les héberge. La croissance incontrôlée du cancer aboutit à la mort de l'hôte, et donc des cellules. Sauf si.... des cellules cancéreuses parviennent à fuir l'organisme condamné, pour un autre en bonne santé, avant sa destruction. C'est le cas avec le cancer facial du diable de Tasmanie et le cancer vénérien du chien, qui sont deux cancers contagieux, car les cellules tumorales sont transmissibles, d'un individu à un autre, comme l'est une bactérie, ou un virus.

Vivant sur l'ile de Tasmanie, au sud de l'Australie, le diable de Tasmanie est un marsupial carnivore, au comportement agressif, de pelage noir, il ressemble à quelque chose d'intermédiaire entre un chien et un putois. Depuis 1996 les observations de diables atteints de cancer de la gueule se sont multipliées. Des tumeurs ulcéreuses volumineuses *(Devil Facial Tumour Disease)* atteignent n'importe quelle partie de la tête, proche de la gueule ou à l'intérieur. Les animaux ne peuvent plus se nourrir et meurent dans les 6 mois, dans d'atroces souffrances. Dans l'île, l'espèce est au bord de l'extinction. Pourquoi ? Les animaux, solitaires, se battent lors des rencontres et se mordillent lors des accouplements. Des cellules détachées de la tumeur d'un animal pénètrent au niveau d'une blessure et colonisent la gueule du nouvel animal formant une nouvelle tumeur. Avant de mourir celui-ci transmet à son tour les cellules cancéreuses à d'autres individus au cours de combats ou d'accouplements.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les cellules cancéreuses, aneuploïdes, présentent toutes la même perte de certains chromosomes et segments chromosomiques : elles sont issues d'une unique lignée (de cellules de Schwann); immortelles, elles se sont échappées d'un unique animal aujourd'hui disparu. Le système immunitaire des animaux contaminés ne fait pas la différence entre ses propres cellules et celles d'un autre individu, il ne reconnait pas les cellules cancéreuses comme étrangères et ne les élimine pas.

Le cancer vénérien du chien, tumeur vénérienne transmissible canine ou sarcome de Sticker, a été identifié en 1876. Des cellules des tumeurs, produites au niveau des organes génitaux des chiens mâles et femelles, se propagent aux ganglions. Elles sont transmises par morsure ou léchage et au moment de l'accouplement, par de microlésions des muqueuses. Cette lignée cancéreuse est apparue chez un canidé, un groupe isolé de loups, ou bien d'individus canins ayant vécu **au moment de la domestication** des loups par l'homme préhistorique, en Asie du sud-est, il y a environ 10.000 ans. Ce cancer infectieux du chien suit **un autre scénario** que celui du diable. Le cancer vénérien du chien n'est pas mortel. Les tumeurs restent discrètes... Pour échapper aux défenses de leurs hôtes elles sécrètent des composés inhibiteurs du système immunitaire. Mais tôt ou tard celui-ci finit par les reconnaitre comme étrangères et les détruit dans les 3 à 9 mois après l'infection. Avant d'être détruites les cellules cancéreuses se sont propagées à un autre animal lors d'un accouplement (comme avec le virus du SIDA). Capable de contaminer chiens, loups, renards, chacals et coyotes, -des animaux avec une grande diversité génétique-, ce cancer canin a évolué pour échapper à de plus en plus de système immunitaires différents (comme l'a fait le virus du SIDA), ***augmentant la capacité d'accueil de son écoexotope en augmentant la capacité d'être accueilli de son endophysiotope*** ! Sautant d'hôte en hôte, son existence propre est indépendante, il se perpétue comme un organisme parasite. Les populations de cellules cancéreuses, comme des populations bactériennes ou virales, obéissent à leurs propres règles de reproduction clonale.

Dans un cancer humain l'évolution cellulaire tumorale se fait toujours vers une plus grande agressivité (T/T). Au fur et à mesure que l'hôte lutte contre la tumeur celle-ci évolue pour contrer les attaques dont elle est l'objet et renforcer sa résistance aux agents biologiques, chimiques ou physiques utilisés pour la détruire..., comme le fait une bactérie pour résister à des antibiotiques ! **L'escalade** aux armements engagée entre les 2 acteurs conduit inévitablement à la mort de la lignée cancéreuse du fait de la mort de son hôte. Comme le montre le cancer du chien, avec le cancer infectieux, la lignée cancéreuse peut évoluer pour trouver un "équilibre symbiotique" avec son hôte, type d'équilibre habituel des relations hôte-parasite où **les 2 partenaires co-évoluent en permanence**, l'hôte évolue pour contrer le parasite, et le parasite évolue pour déjouer les contre-mesures de l'hôte.

Un parasite n'a pas "intérêt" à être trop agressif, des hôtes morts ne le transmettront pas (figure 16), mais au contraire à limiter sa "virulence". Ce type de relation hôte-parasite "presque pacifiée", "***domestiquée"*** (C/C), met du temps à s'installer, mais après une longue **co-évolution** de chacun des partenaires, c'est **inéluctable**. Une pratique constante d'un parasite pour favoriser sa transmission est la "manipulation" de l'hôte : le cancer du chien produit des molécules qui augmentent la réceptivité sexuelle des femelles, ce qui augmente les accouplements et la transmission du cancer aux mâles (et aux autres femelles). Ce qui est **un avantage réciproque** pour les 2 formes de vie..., mais ce qui ne va pas sans **inconvénients mutuels** pour les 2 partenaires, **prisonniers de leurs interactions** !

Survivre c'est "manger et ne pas être mangé".

Les anémones de mer et coraux, les méduses et hydres, comprennent plus de neuf mille espèces qui vivent dans des milieux aquatiques majoritairement marins. Ces cnidaires sont les animaux à la base de la formation des récifs coralliens, écosystèmes qui abritent plus d'un tiers de la biodiversité marine alors qu'ils n'occupent que 0,1% de la surface du globe. Leur succès évolutif repose sur leur capacité à pouvoir coloniser des écoexotopes pauvres en nutriments.

Comme pour les lichens, cet avantage repose sur la capacité à établir une ARMSADA avec des algues photosynthétiques. Les cellules de l'algue sont hébergées, par celles de l'animal, dans une vacuole d'internalisation par phagocytose. Une minorité des apports trophiques du cnidaire est assurée par la prédation, et, jusqu'à 90% proviennent des composés organiques élaborés par l'activité photo-synthétique des algues hôtes. **Comme pour le lichen**, l'établissement et le maintien de l'interaction (*"survivre c'est manger et ne pas être mangé", "tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé"*) dépend d'un dialogue moléculaire entre les deux partenaires intriqués. Des perturbations de l'écoexotope qui peuvent entrainer une rupture de l'association, sont responsables du déclin mondial et de la mort des récifs coralliens, qui blanchissent.

Survivre c'est "manger et ne pas être mangé" pour se survivre : les virus.

Pour de nombreux virus cancérigènes, la destinée de la cellule infectée dépend à la fois des protéines du virus **"accueilli**" (protéines transformantes reprogrammatrices), de celles de l'hôte **"accueillant**", de leurs interactions, et des protéines nouvelles nées de leur association, voire des interactions avec d'autres virus. Ce qui explique l'hétérogénéité de la maladie, les multiples devenirs observés et la diversité des hôtes potentiels (figure 21) :
- cancérisation (**T**) : immortalisation "provisoire" du virus et de la cellule, qui ne gagnent qu'à court terme..., car, tôt ou tard, la cellule et le virus intégré meurent ensemble, avec la mort de l'organisme qui les hébergent, **les 2 perdent**, et l'organisme **perd aussi**,

- apoptose (**A**) : **la cellule, en perdant, gagne,** elle tue le virus et **l'organisme gagne**, il survit. La première défense du virus est donc d'empêcher, au moins provisoirement, l'apoptose (le suicide de l'hôte),
- rien "en apparence" (**0**), intégration, ni lytique, ni transformante : le virus intégré reste "silencieux", il passe "inaperçu", le danger est "contenu, "**les 2 "gagnent"**, au moins provisoirement, la cellule résiste au virus, survit, et le virus s'il est "intégré" se survit tant que la cellule et sa descendance survivent en résistant aux virus du même type. Cette situation est métastable, mais si elle se pérennise, elle peut donner naissance à un nouveau type d'organisation (**E**),
- cette même situation peut être obtenue avec changement (différenciation ou dédifférenciation) du phénotype cellulaire (**D**), mais celui-ci restant normal, en apparence...,
- cytolyse, nécrose (**L**) : devenir habituel, le plus fréquent, la cellule infectée (**I**) meurt, et le virus est libéré, **le virus "gagne"**, l'organisme est affaibli, le virus est disséminé et peut conquérir de nouveaux écoexotopes (phase infectieuse de transmission),
- **métamorphose et exaptation** : émergence d'un nouveau type cellulaire (**E**), dans lequel les 2 partenaires sont indissociables. Ce n'est ni une situation "donnant-donnant", ni une méta-coopération, mais **"autre chose"**, permettant l'apparition de potentialités nouvelles, voire d'un devenir nouveau pour un nouveau type d'organisme, si la situation est héréditaire. Ni l'un ni l'autre ne perdent, ni l'un ni l'autre ne gagnent, **le bénéfice est global**. Un nouveau mode de vie (intégration) et une nouvelle forme de vie (organisation) apparaissent.

Les probabilités associées à ces devenirs possibles dépendent des interactions aléatoires entre endophysiotopes et écoexotopes, cellulaires et viraux (figure 23b) .

Pour que l'organisme survive, il faut que simultanément la cellule et le virus perdent (apoptose). Si l'un ou l'autre gagne (la cellule devenant tumorale, ou le virus lytique) l'organisme perd. La cellule et le virus **ne peuvent gagner qu'ensemble**, en donnant éventuellement un nouveau type cellulaire ou un nouveau type d'organisme s'il s'agit d'une cellule germinale.

Toutes les combinaisons sont possibles.

L'apoptose peut être empêchée, retardée par le virus, puis "libérée". Le virus gagne alors indirectement, en utilisant le potentiel de défense de la cellule. Même la présence de virus défectifs est **source d'avantages ou d'inconvénients**. Le tout, le couple prédateur/proie, est **à la fois plus et moins que la somme de ses parties**.

C'est, à un autre niveau d'organisation, le même processus évolutif que lors de l'interaction bactérie (proie)-(prédateur) bactériophage (figure 22a) et avec la même conclusion évolutive : **« contenir le danger » en le faisant sien**, l'accepter, l'accueillir, mais à l'état défectif, inactivé, **"contraint"**.

Exaptation : interactions entre capacité d'accueil et capacité d'être accueilli.

Dans la cellule, les organelles (ou organites), comme la mitochondrie, sont la cible de "phages" comme les Potyviridés.

Les Delta-rétroviridés ont des lieux d'adsorption du phage (la mitochondrie) et d'intégration de leur génome (le noyau) différents, car le génome mitochondrial a migré dans le génome nucléaire. L'inhibition de l'apoptose, induite par la destruction des mitochondries (par un phage mitochondrial), est possible grâce à la prise de possession du génome nucléaire. Le virus doit prendre possession du noyau pour prendre possession de la mitochondrie. L'hôte est toujours le même (le génome), mais **l'espace-temps-action d'intégration** a changé (le lieu nucléaire d'intégration du DNA est différent du lieu membranaire d'adsorption du virus). La capacité d'accueil du hyaloplasme était suffisante, car la mitochondrie se nourrit de ses déchets. La capacité de la mitochondrie d'être accueillie (elle élimine l'oxygène toxique) permettait un développement durable de l'association. L'accueil de la mitochondrie dans le hyaloplasme a initialement protégé celle-ci du phage. La cellule est une endo-syncénose où la survie de chaque organite passe par celle des autres et réciproquement. L'herpès simplex induit un stress mitochondrial qui la remodèle. Des génomes viraux, libres ou intégrés, en plusieurs exemplaires, ou en morceaux (le génome viral étant déconstruit et reconstruit selon la fonctionnalité de celui de l'hôte), sont présents dans le noyau et s'y accumulent au fil de l'évolution du vivant.

Le Tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties.

Le Tout, quel que soit le nombre des **partenaires "intriqués"**, est toujours à la fois plus et moins que la somme de ses parties :

- complémentation entre cellules (avec l'interféron) : **l'un gagne** (les cellules, et l'organisme),
- complémentation entre virus différents : **l'autre,** ou les autres, **gagne**nt (le ou les virus),
- pas de complémentation entre virus : **l'un gagne** (la cellule), les autres perdent - un troisième "larron" vient qui l'emporte... : **l'un et l'autre perdent**,
- un troisième "larron" vient à l'aide du virus...,
- un virus contrecarre l'action d'un autre... **tous gagnent et tous perdent**,
- complémentation entre cellule et virus : **les 2 gagnent**, il y a **émergence** d'un état, génétiquement et phénotypiquement, stable et nouveau.

Ceci n'est possible que si le virus (l'hôte habitant, accueilli) et la cellule (l'hôte accueillant, habité) ont perdu simultanément la capacité de détruire l'autre. Le tropisme d'un virus pour une cellule dépend aussi de son passé existentiel (figures 21 et 22).

6th European Congress on SYSTEMS SCIENCE, 19th September 2005, PARIS

Pierre BRICAGE

Biologie, Faculté des Sciences, Université de Pau, avenue de l'Université, 64000 Pau, FRANCE, pierrebricage@univ-pau.fr

The Metamorphoses of the Living Systems: The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages.

La technologie du **prélèvement in vivo de cellules souches**, de leur **culture in vitro**, puis de leur **réimplantation in situ, au même individu**, est maîtrisée.

Cultivons **une grande quantité, renouvelée,** de cellules mères de la lignée lymphocytaire, saines, prélevées chez un individu contaminé (mais en dessous du seuil de contamination assurant l'existence de cellules **viables intactes, non infectées**), en présence d'une **quantité limitée, contrôlée,** de virions HIV.

Tôt ou tard, les cellules survivantes, sélectionnées in vitro, seront **des cellules souches** génétiquement modifiées, **ayant intégré le virus (état 4, figure 3) sous une forme endogène stable (état E, figure 4).**

Réimplantées, chez le même individu contaminé, elles donneront naissance à une lignée **résistante à la lyse** par le même type de virus.

Le procédé est **applicable à tout "couple" cellule/rétrovirus.**

[56] Le principe est le même que celui de la vaccination contre la rage :
- seul l'individu contaminé est traité, ses cellules souches clonées lui sont réinjectées,
- les médicaments, utilisés comme "retardateurs" in vivo, donnent le temps pour "prendre de vitesse", in vitro, le virus.

[57] **Les cellules souches acceptent plus facilement l'insertion d'ADN.**

C'est **une thérapie génique du HIV par le HIV** ... (et non par un autre vecteur) !
COTTON P. (1994) *High-tech assault on HIV : gene therapy* , p. 1235-6. JAMA n° 272.

[58] **Ce qui permet de contourner les éventuelles différences épidémiologiques liées au sexe**
LONG M. & al. (2000) *Gender differences in HIV-1 diversity at time of infection* , p. 71-5. Nat Med n° 6
et d'éviter les risques de restauration génétique intergénérationnels, liés à l'hérédité cytoplasmique
LOLLE S. J. & al. (2005) *Genome-wide non-mendelian inheritance of extra-genomic information in Arabidopsis*., p. 505-9. Nature n° 434.

[60] **On peut espérer un avantage clonal en leur faveur**
KUSTIKOVA O. & al. (2005) *Clonal Dominance of Hematopoietic Stem Cells Triggered by Retroviral Gene Marking* , p. 1171-4. Science n° 5725.

[29] **La technologie est certes coûteuse**
BARTLETT J. & MOORE R. (1998) *L'amélioration des traitements contre le VIH* , p. 30-9. Pour La Science n° 251
mais sans doute moins que l'actuel traitement, pluri-annuel, très lourd en effets secondaires, qui n'aboutit qu'à retarder la mort de l'individu, et sélectionne des variants viraux résistants aux médicaments,
NANICHE D. (2002) *Sida : quelle résistance aux médicaments ?*, p. 16-7. La Recherche n° 349.
et encore plus virulents !
MARKOWITZ M. & al. (2005) *Infection with multidrug resistant, dual-tropic HIV-1 and rapid progression to AIDS: A case report.*, p. 1031-8. Lancet n° 365.
On peut ainsi espérer créer "technologiquement" un des phénotypes "naturels" de résistance au SIDA
O'BRIEN S. & DEAN M. (1997) *Pourquoi certaines personnes résistent au SIDA* , p. 82-9. Pour La Science n° 240.

[71] "Le virus peut même passer plusieurs fois."
JOST S. & al. (2002) *A Patient with HIV-1 Superinfection* , p. 731-6. N. Engl. J. Med. n° 347.

Figure 23a. Principe d'un vaccin curatif du SIDA (Bricage P. 2005).

creative commons

Figure 23b. Probabilité d'émergence d'un génotype cellulaire résistant

Survivre c'est "manger et ne pas être mangé", pour se survivre : les virus.

La destinée de la cellule infectée dépend à la fois des protéines du virus "accueilli" (protéines transformantes re-programmatrices), de celles de l'hôte "accueillant", de leurs interactions, et des protéines nouvelles nées de leur association, voire des interactions avec d'autres virus.

Ce qui explique l'hétérogénéité de la maladie, des devenirs observés et la diversité des hôtes potentiels.

creative commons

Des dangers sont "contenus" ou "libérés" de multiples façons.

Des génomes viraux, modulaires, fragmentés, intégrés dans des génomes nucléaires peuvent reconstituer un génome viral complet et être à l'origine de transferts de gènes entre espèces. La spécificité de ces virus est alors celle de l'organite cible dans la cellule et non celle de l'espèce ! Les Potyvirus latents de l'artichaut, **"dangers contenus"**, sont libérés par transfert au tabac et deviennent infectieux. Un virus d'origine végétal (virus des taches nécrotiques du cerisier) peut entraîner une maladie animale (ressemblant à la fois à la sclérose multiple et à la maladie d'Alzheimer). En détruisant les cellules, le virus détruit son écoexotope, dont la capacité d'accueil diminue. Pour restaurer une capacité d'accueil suffisante, il faut que le virus change d'écoexotope ou change sa capacité d'être accueilli **: il faut qu'il se métamorphose**. C'est ce que font bactériophages et rétrovirus à ARN, simple ou double brin, en s'intégrant sous forme d'ADN double brin dans le génome de l'hôte, hôte dont ils permettent la survie face aux anciens virus, libres, agressifs, car ayant gardé l'ancienne capacité de ne pas être accueilli. Le danger viral "contenu" dans l'endophysiotope, **protège contre les dangers similaires "libres"** dans l'écoexotope.

Une nouvelle forme de vie est née.

Pour que l'association soit durable, il faut qu'il y ait métamorphoses simultanées des partenaires, avec perte définitive par chacun de la capacité de détruire l'autre, ce dans toutes les situations possibles :

- lors de l'expression, normale ou accidentelle, d'un gène**,**
- lors d'une interaction entre génomes (par co-suppression),
- lors d'un transfert de gène (par induction lysogène d'un autre virus intégré lors d'un transfert de gène(s) par voie virale),
- par complémentation, ou intégration, ou lors d'une recombinaison génétique (en raison de la parenté entre les transposons, comme gypsy, et les rétrovirus),
- par l'apparition d'un troisième larron "facilitateur" (mycoplasme, virus du SIDA) de cette libération.

L'association ne peut être robuste que si **"ni l'un ni l'autre, ne perd, ou ne gagne"**, que si **"quand l'un perd, l'autre perd"** (apoptose), que si **"il n'y a de bénéfice que global**, pour (et dans) l'association (le TOUT)".

Les domaines dits SET, présents en grande quantité, qui contrôlent l'expression des gènes de l'hôte, sont d'origine virale. Équivalents de génomes viraux, les rétrotransposons et les transposons, sont amplifiés **chez les organismes adaptés à des écoexotopes difficiles.** Leurs positions et leurs déplacements contrôlent, qualitativement et quantitativement, la nature du génome et son expression. La résistance à une toxine peut être assurée par l'amplification dans un génome de fragments d'ADN.

Non seulement la structure du génome, mais aussi le type des gènes présents, sont sélectionnés, "modelés", par les virus intégrés.

En même temps que la cellule se métamorphose (sa prolifération est contrôlée à distance par le virus), **le virus se métamorphose** en "endovirus" intégré, **"danger contenu"**, par des pertes de gènes (indispensables à la vie libre, mais pas à la vie endosyncénotique) et des remaniements génétiques (en relation avec le nouveau mode de survie). Les transposons des moustiques sont des virus sans capside, qui sont amplifiés par rétrotranscription d'un intermédiaire à ARN. Ce sont soit des virus devenus endogènes, internalisés, sans phase libre, soit **des ARN, d'origine quelconque, dispersés, tronqués, répétés, emboîtés et juxtaposés, et, potentiellement à l'origine de provirus.**

Tôt ou tard, un ARN peut être à l'origine d'un nouveau gène ou de la réorganisation de la structure ou du contrôle d'un gène ancien.

UN VACCIN CURATIF DU SIDA ?

Dans le monde, près de 50.000.000 d'individus survivent avec une infection par le Virus de l'Immunodéficience Humaine (VIH). Chaque année un peu moins de 1.000.000 meurent d'affections associées. A peine plus de 60% prennent une thérapie. **Des variants viraux résistants aux traitement apparaissent continuellement.**

Au moins 8 personnes en ont été guéries à la suite d'une transplantation de cellules souches de moelle osseuse.

La technologie du prélèvement *in vivo* de cellules souches, de leur culture *in vitro*, puis de leur réimplantation *in situ*, au même individu, est maintenant maîtrisée. Cultivons une grande quantité, renouvelée, de cellules mères de la lignée lymphocytaire, saines, prélevées chez un individu contaminé (mais en dessous du seuil de contamination assurant l'existence de cellules viables intactes, non infectées), en présence d'une quantité limitée, contrôlée, de virions HIV. **Tôt ou tard**, les seules cellules survivantes, sélectionnées *in vitro*, seront des cellules souches modifiées génétiquement, ayant intégré le virus sous une forme endogène stable (figure 23b, planche 3). Réimplantées, chez le même individu contaminé, elles donneront naissance à **une lignée résistante** à la lyse par le même virus.

Ce qui est un inconvénient peut être un avantage et réciproquement. Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients. L'homme n'est pas une exception. Son endophysiotope est l'hôte, l'écoexotope de survie, de prédateurs qui ne lui sont pas spécifiques. Mais l'individu peut-il être pénalisé pour un avantage ne profitant seulement qu'à la communauté ? (figure 1)

Planche 3. Principe d'un vaccin curatif du SIDA.

The *ex-vivo* curative vaccine technology. A therapy of the HIV with the HIV.

©creative commons

The paradigm:

The constrained hosted dangers are advantages.
The dangers if they are de-constrained, or lost, become inconveniences (disadvantages).
To survive that is **"to turn disadvantages into advantages" and "to avoid advantages turning to disadvantages"**. Only the making of an **ARMSADA allows that to** happen

The technology:

(From **Bricage P. (2005) The Metamorphoses of the Living Systems: The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages. Complementary Data & Supplementary References. 6th European Congress on Systems Science, 19th September 2005, PARIS, 9 p.** http://minilien.com/?LUeZbdsNCH)

Actually, the technology of the *in vivo* taking of stem cells, the *in vitro* culture of their progeny, their transformation and then their in situ re-implantation, **to the same individual**, is fully mastered.

A limited quantity of lymphocyte stem cells is picked up inside a sick individual whose is contaminated but **below the threshold of contagion**, because this insures the existence of intact, not infected healthy cells. A big quantity of these cells is produced *in vitro*. Then, if we cultivate these cells in the presence of a limited controlled quantity of HIV viruses, soon or late the (*in vitro* selected) surviving cells will be genetically modified stem cells, having integrated the virus (Bricage 2005a1: state 4, FIGURE 2) under a stable endogenous state (Bricage 2005a1: state E, FIGURE 1).

Grafted into the same contaminated individual, these healthy cells (not cancerous verified) will give birth to a lineage of cells resistant to the lysis by the same type of virus.

The process is applicable to any couple of cell & retrovirus.

Its advantages and its feasibility:

Stem cells accept easily the insertion of DNA (Leonie & al. 1993, Hwang & al. 2005)
The principle is the same than that of the vaccination against the rabies:
- Only the contaminated individual is treated.
- **Drugs are used only as *in vivo* "retardants"**, giving the time delay for taking *in vitro* an advance on the virus.
- The cloned stem cells are **grafted to the same** individual without any risk of rejection.
- It is a gene therapy of the AIDS disease with the HIV (and not with an other viral vector).

That allows **to by-pass the epidemiological differences** which are due to the sex phenotypes (Long & al. 2000) and **to avoid the risks of intergeneration genetic restoration** (cytoplasmic heredity) (Lolle & al. 2005). We can so "technologically" create a "natural" phenotype of resistance to the AIDS virus (O'Brien & Dean 1997).

We can hope a clonal advantage in favour of the transformed cells (Kustikova & al. 2005). *" The virus can even pass several times."* (Jost & al. 2002, Clay 2003, Mitchell & Power 2003, Torchin 2003).

Inconveniences and risks ?

Certainly the technology is **expensive** (Bartlett & Moore 1998) but doubtless less than the usual multi-annual treatments, with very heavy undesired effects. Treatments which succeed only to delay the death of the individual, and to select drug-resistant viral variants (Naniche 2002), maybe more virulent ones (Markowitz & al. 2005)!

The risk of mutation is lowered if the virus is integrated **into an ARMSADA**. Because the mutation rate of the "naturally integrated non-expressed" DNA is several orders of magnitude lower than that of RNA or DNA free templates.

Planche 3. Principe d'un vaccin curatif du SIDA.

Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages: Applicative Insights in Prevention or Cure of AIDS. Complementary Data, Figures & References.

APOCOSIS Associação Portuguesa de Complexidade Sistémica **Faculty of Science & Technology, Lisbon**

Des métamorphoses de l'endophysiotope permettent de contenir les dangers.

Le passage du stade larvaire (capacité de **survivre**) au stade adulte reproducteur (capacité de **se survivre**) peut être associée à une réponse à une agression contenue.

La métamorphose du *Rhizobium*, l'ontogénie des nodules de légumineuses.

Un lichen est constitué par l'organisme d'un champignon qui accueille une population de cellules d'une algue verte. C'est un grand avantage pour les cellules de l'algue d'être accueillies par le champignon qui les approvisionne en eau et en substances minérales et qui **les protège des dangers de l'écoexotope qui pourraient les détruire si elles étaient libres**. Mais c'est un grand désavantage pour l'organisme du champignon qui, au risque de la non survie de ses propres cellules, doit utiliser une grande partie de sa matière et de son énergie pour assurer la survie des cellules de l'algue. Tout ce qui est un avantage pour l'algue est un inconvénient pour le champignon. Cependant, **tôt ou tard,** des filaments du champignon capturent des cellules d'algue et les mangent. Maintenant c'est un grand avantage pour le champignon et grand désavantage pour l'algue. Tout ce qui est un avantage pour un des partenaires est un inconvénient pour l'autre et réciproquement. Mais les deux forment un TOUT, qui est un nouvel organisme, un lichen, ayant acquis des propriétés nouvelles que ne possédaient ni l'algue ni le champignon seuls. C'est une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés. Pour qu'un des partenaires survive il faut d'abord que l'autre survive et inversement. Leur survie mutuelle n'est possible qu'au sein du nouveau Tout, le lichen. L'endophysiotope des cellules d'algue habite l'endophysiotope du champignon qui est donc l'écoexotope de survie de l'algue. Un lichen **contient une chaîne alimentaire, c'est un écosystème** !

C'est la même chose pour les nodules des racines d'une légumineuse. Une bactérie à vie libre envahit les cellules des poils de la racine de la plante. C'est **une situation d'urgence** pour la survie de la plante infectée. Sa réponse est la mise en place d'un nouvel organe, le nodule, qui est **construit par les interactions d'attaque et de défens**e entre les cellules de la plante envahie (la proie) et la population des bactéries envahissantes (le prédateur). Les bactéries parasites, **autrefois libres individuellement,** sont, **maintenant**, **collectivement prisonnières** d'un organe de type tumoral : un nodule.

En même temps que l'hôte se métamorphose par tumorisation (la prolifération de ses cellules est contrôlée à distance par les bactéries), les bactéries, “comme domestiquées“, se métamorphosent en bactéroïdes, par des pertes de gènes (indispensables à la vie libre, mais pas à la vie endosyncénotique), des remaniements génétiques (duplication de familles de gènes impliqués dans le nouveau mode de survie) et des acquisitions de gènes nouveaux (par transferts préalables de ces gènes lors de la vie encore libre).

Le déroulement est toujours le même. La première étape est la réponse à des stimulations indiquant dans l'écoexotope la présence d'un hôte potentiel dont l'endophysiotope est viable pour accueillir la bactérie. L'étape suivante de mouvement vers l'hôte puis d'adhésion à l'hôte précède celle de rupture des défenses de l'hôte puis de multiplication invasive à l'intérieur de **l'hôte qui devient le nouvel écoexotope**, dans lequel sont, à la fois, puisées la matière et l'énergie et rejetés les déchets. Ce changement du mode d'intégration à l'écoexotope est à la fois la cause et la conséquence du changement du type d'organisation, de la métamorphose de l'endophysiotope, de la bactérie. Lors de la mise en place de l'association, c'est le génome de la plante qui contrôle à la fois l'invasion par le *Rhizobium* (il existe des plantes sans nodule) et l'expression fonctionnelle du nodule (il existe des plantes à nodules inefficients).

Dans le nodule, **la compartimentation physiologique** de l'endophysiotope des cellules métamorphosées, qui doit être à la fois réducteur, (pour permettre l'activité nitrogénasique), et oxygéné (pour permettre la survie des mitochondries et des bactéroïdes) est réalisée par le dépôt de leghémoglobine, dont la synthèse et la maintenance sont assurées conjointement par les 2 partenaires. La synthèse de la leghémoglobine (protéine qui ressemble à la myoglobine du muscle) est une propriété émergente de l'association. Le hyaloplasme fabrique la globine, protéine codée par un gène de la cellule hôte, les bactéroïdes fabriquent l'hème indispensable à son activité. L'activité des gènes correspondants de chaque partenaire est régulée par celle de l'autre. Comme la myéline, elle est synthétisée **à l'interface des 2 partenaires**. Aucune plante ne possède dans son génome les gènes codant pour la nitrogénase. Ils sont présents dans le génome du *Rhizobium*, mais inutilisés lors de sa phase de vie libre, mobile, hétérotrophe, aérobie. Le nouvel écoexotope de vie endo-cellulaire entraîne la métamorphose de l'endophysiotope bactérien et l'expression des gènes correspondants.

La protection de la leg-hémoglobine est assurée, à la fois, par les activités catalasique et peroxydasique des peroxysomes et l'activité superoxyde dismutasique du hyaloplasme. Le bactéroïde se comporte à la fois comme un hydrogénosome et un peroxysome, contrôlé par la cellule. Des plasmides et un génome composite lui donnent **un potentiel de métamorphose et d'exaptation avec un faible fardeau génétique.** Le dépôt de leg-hémoglobine disparaît avec la sénescence des bactéroïdes. La séquestration des bactéroïdes permet leur retour à la vie libre (à la mort de la plante), ou le recyclage de leur matière par digestion par la cellule (à leurs morts).

La mise en place du nodule fonctionnel est une "surmesure sur mesure". Son organogénèse est initiée par une toxine bactérienne à laquelle les cellules de la racine répondent par une tumorisation. Cette réponse, contrôlée génétiquement, n'est possible qu'à une étape précise de susceptibilité, spatiale et temporelle, des cellules : "Avant l'heure ce n'est pas l'heure, après l'heure ce n'est plus l'heure !".

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

La localisation spatiale de cette **fenêtre temporelle** est déterminée par des phénomènes de rétroaction qui se déroulent sur les membranes plasmiques. En fin de vie de l'association, les bactéroïdes retournent à l'état libre, après protéolyse des cellules de la plante. Au fil des générations, le *Rhizobium* passe de l'état libre à l'état de parasite invasif, puis à l'état d'endosymbiote séquestré et retourne à l'état libre, ... exactement comme dans un cycle viral (figure 17).

Les 2 partenaires sont semi-autonomes et interdépendants. Seul leur Tout est autonome.

Il existe des virus spécifiques des *Rhizobia*. Dans la cellule, métamorphosé en bactéroïde, le *Rhizobium* hébergé est protégé. Sa capacité d'être accueilli lui a donné une chance nouvelle de survie.

Les acteurs et les systèmes.

Lorsqu'un réseau de liens naît, par juxtaposition entre acteurs d'organisation spatio-temporelle de **niveau j**, il crée un espace-temps-action de niveau d'organisation supérieur, adjacent **j+1**, voire **j+k** (figure 29).

Juxtapositions et emboîtement :
contraintes temporelles et spatiales.

Dans cet écoexotope, tous les liens sont possibles, et équiprobables, tant que le nombre des partenaires ne dépasse pas 3. La flèche du temps, uni- ou bi-directionnelle, crée un cycle d'activité, périodique, indépendant du type d'échange entre partenaires. Le temps est ordonné. **Chaque action a lieu en son temps et il y a un temps pour chaque acteur.** Quand le nombre d'acteurs de niveau **i** augmente, pour que le temps reste ordonné, il faut soit que des liens soient exclus, soit que des partenaires soient avantagés. Le partage des avantages et des inconvénients n'est plus réciproque. Un espace-temps-action d'équi-répartition des interactions, des avantages et des inconvénients, entre partenaires, ne peut être maintenu que par emboîtement dans un espace-temps de niveau au moins **i+1**.

Pour qu'il y ait **juxtaposition**, il faut qu'il y ait **emboîtement**.

C'est ainsi qu'ont émergé les cycles métaboliques et l'endosyncénose cellulaire, à partir de juxtaposition et d'emboîtement de Monères. Pour qu'un développement soit durable, il faut qu'il soit "**soutenable pour**", et "**soutenu par**", chaque partenaire. Seules survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés qui rendent les partenaires plus indépendants de leur ancien écoexotope mais plus dépendants de l'endophysiotope de leur TOUT (tableaux A-J#1 à 5, pp. 153-157).

La semi-autonomie : les avantages et les inconvénients de la modularité.

Une cellule est **un réseau spatio-temporel ordonné** de Monères. Un organisme est un réseau spatio-temporel ordonné de cellules. Une biocénose est un réseau spatio-temporel ordonné d'espèces. Une protéine, ou un acide nucléique, est un réseau spatio-temporel ordonné de monomères. Chacun de ces réseaux, capables de survivre et de se survivre, est un niveau d'organisation (figure 32).

Sa structure contient un **module** fonctionnel (**ce qu'il fait**), un module de modulation (**comment il le fait**, qualitativement et quantitativement), un de positionnement (il le fait **au bon endroit**), un de régulation (il le fait **au bon moment**) et un de coordination (qui contient, emboîtés en lui, les autres, juxtaposés). La modularité permet la compartimentation et l'assemblage approprié, c'est son avantage. Elle est à l'origine d'une **homothétie** entre l'organisation du génome et celle de l'organisme**.**

Mais, si l'écoexotope change trop, un endophysiotope nouveau doit être mis en place. **La métamorphose est risquée et n'est pas réversible, "elle est ou elle n'est pas"**, c'est son inconvénient. La modularité en réduit le coût, par “cohabitation“ de programmes fonctionnels ou structuraux distincts, et, la pléiotropie permet l'exaptation. Mais, seules des interactions de longue durée font apparaître, émerger, des propriétés nouvelles.

La semi-autonomie des parties dans le TOUT permet de compenser les risques d'une organisation trop hiérarchisée. Le comportement d'ensemble étant défini par les relations **au sein d'un réseau, la causalité est diluée, le système est à la fois la cause et la conséquence de son fonctionnement.**

**"Le chemin est, à la fois,
la cause et la conséquence du cheminement."**

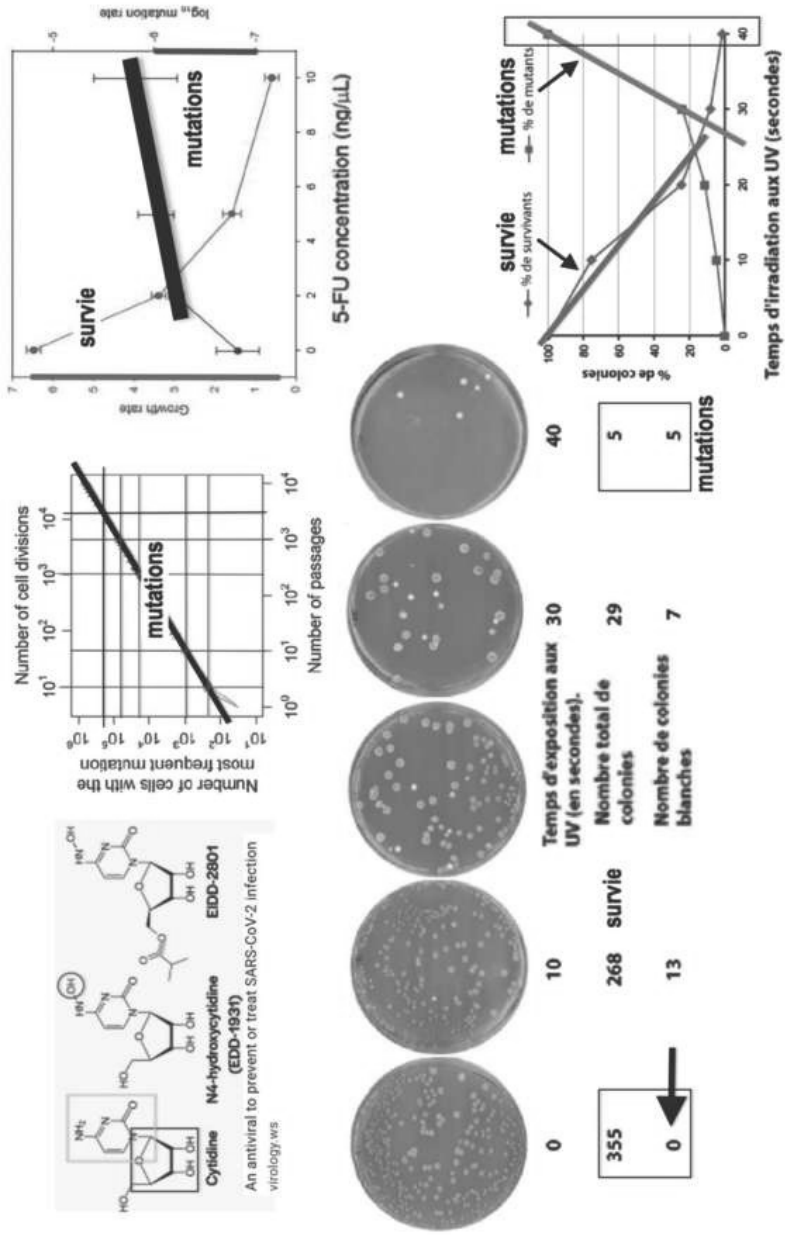


Figure 24. Actions des UV : fréquence de survie et mutations associés à l'irradiation.

Le molnupiravir, une oxy-pyrimidine substituée, est utilisé comme anti-viral, pour traiter la grippe par voie orale. C'est un pro-médicament, donnant dans l'organisme humain de la N4-hydroxy-cytidine, dérivé nucléosidique de la cytosine, base pyrimidique présente dans l'ADN et dans l'ARN. Utilisé comme agent mutagène, il est connu pour introduire des erreurs dans la réplication des génomes viraux à ARN et il présente une activité contre les Coronavirus.

L'avantage du molnupiravir c'est qu'il peut être administré par voie orale. (C'est à dire qu'il résiste aux processus digestifs avant d'être absorbé en quantité suffisante par la muqueuse intestinale pour être actif dans l'organisme.)

L'inconvénient de ce type d'administration, c'est que les doses ingérées sont très élevées. (Ceci pour que la concentration bio-disponible dans l'organisme soit suffisante. C'est le cas pour tous les médicaments pris par voie orale, comme, par exemple, la pilule contraceptive féminine, ou les antibiotiques.)

L'avantage... Ciblant l'ARN il est supposé ne pas agir sur l'ADN du noyau des cellules.

L'inconvénient... C'est un agent mutagène qui peut agir au niveau de n'importe quel ARN cellulaire, modifiant ainsi les propriétés de n'importe quel ARN cellulaire (ARN messager, ARN ribosomique, ARN de transfert, ARN de régulation de l'expression du génome). Et la cytosine est présente à la fois dans l'ARN et dans l'ADN.

L'avantage... C'est un agent mutagène qui va être délétère pour les virus à ARN.

L'inconvénient... Comme tout agent mutagène, il induit des mutations, dont l'accumulation de certaines peut être à l'origine d'une souche virale résistante.

Les avantages sont supposés apportés un **bénéfice** de santé à l'organisme traité. Les inconvénients peuvent être à l'origine d'un **risque** pathologique pour l'individu traité.

Les avantages et les inconvénients sont **connus et avérés**.

Les bénéfice(s) et risque(s) sont des **éventualités possibles**, dont la réalisation dépend des **interactions inconnues** entre l'endophysiotope viral accueilli et l'endophysiotope de l'organisme d'accueil, au sein de leur **écoexotope commun partagé** et contenant le traitement.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS ?
BÉNÉFICE(S) ET RISQUE(S) ?

La 5 Fluoro-Uracile (5FU), dérivé fluoré de l'uracile, est utilisée pour traiter le cancer par injection intra-veineuse. C'est la chimiothérapie de référence, souvent associée à une radiothérapie. L'uracile est une pyrimidine comme la cytosine ou la thymine. Mais, la thymine n'est présente que dans l'ADN et l'uracile n'est présente que dans l'ARN.

La 5FU est aussi un **agent mutagène** comme l'hydroxycytidine. Utilisée au laboratoire sur des cultures cellulaires, à des concentrations de quelques nanogrammes par microlitre (soit, en poids, quelques parties par millions), elle réduit d'environ 10 fois le taux de division (la vitesse de croissance en nombre) mais les cellules survivantes sont porteuses de dix fois plus de mutations que les cellules non traitées. La réponse cellulaire dépend des lignées cellulaires. Certaines lignées n'accumulent que quelques dizaines de mutations, d'autres beaucoup plus.

L'avantage de la 5FU c'est qu'elle est administrée par voie parentérale.

L'inconvénient c'est que les patients se plaignent de douleurs vasculaires très intenses, tant le produit est agressif. Mais, il est “difficile de faire autrement“…

L'avantage... C'est un agent mutagène qui, s'il les atteint, va être délétère pour les cellules cancéreuses, qui se divisent sans cesse, alors que les cellules saines le font beaucoup moins.

L'inconvénient... C'est un agent mutagène qui peut être, au mieux, délétère pour toutes les cellules avec lesquelles il est en contact, cancéreuses ou pas, au pire, mutagène si elles survivent.

L'inconvénient... Comme tout agent mutagène, il induit des mutations, dont l'accumulation de certaines peut être à l'origine de lignées cancéreuses résistantes au traitement, voire plus agressives que la lignée cancéreuse initiale.

On utilise pour traiter le cancer un agent mutagène dont l'action mutagène peut transformer des cellules saines en cellules cancéreuses !

Les avantages sont supposés apportés un **bénéfice** de santé à l'organisme traité. Les inconvénients peuvent être à l'origine d'un **risque** pathologique plus grand.

Les avantages et les inconvénients sont **connus et avérés**.

Les bénéfice(s) et risque(s) sont des **éventualités possibles**, dont la réalisation dépend des **interactions inconnues** entre les endophysiotopes d'une population de cellules cancéreuses parasites, les endophysiotopes de toutes les lignées cellulaires de l'organisme et l'endophysiotope global de l'organisme d'accueil, proie, qui est leur **écoexotope commun partagé** et contenant le traitement.

Parmi les patients traités à la 5FU, deux individus sur trois ont des troubles graves du sommeil, qui vont en s'accentuant avec l'âge. Un sur cinq ont des troubles cardiaques, parfois graves, voire mortels.

Les radiations ultraviolettes sont dangereuses car l'énergie qu'elle véhiculent peut déstabiliser et détruire la matière organique des systèmes vivants. Si on expose des cultures bactériennes à des ultraviolets, on constate, pour certaines souches d'*Escherichia coli*, qu'en moins d'une minute d'exposition la population bactérienne est réduite d'un facteur 100. Et, les rares bactéries survivantes sont toutes porteuses d'au moins une mutation (figure 24).

Les radiations ionisantes utilisées en radiothérapie anti-cancéreuse sont beaucoup plus énergétiques, donc beaucoup plus agressives, beaucoup plus délétères, et beaucoup plus mutagènes, si les cellules, saines ou cancéreuses, irradiées, survivent à l'irradiation.

L'avantage de la radiothérapie c'est qu'elle peut détruire toutes les cellules cancéreuses qu'elle atteint. **L'inconvénient** c'est qu'elle « brûle » tout ce qu'elle atteint, et, qu'elle n'atteint pas que des cellules cancéreuses. **L'inconvénient** c'est que les mutations induites, si les cellules survivent à l'irradiation, peuvent rendre cancéreuses des cellules saines, et résistantes à l'irradiation, ou à d'autres traitements, des cellules cancéreuses, ayant accumulé d'autres mutations.

Les avantages sont supposés apportés un **bénéfice** de santé à l'organisme traité. Les inconvénients peuvent être à l'origine d'un **risque** pathologique plus grand.

Les avantages et les inconvénients sont **connus et avérés**. Les bénéfice(s) et risque(s) sont des **éventualités possibles**, dont la réalisation dépend d'**interactions inconnues** entre les endophysiotopes d'une population de cellules cancéreuses parasites irradiées, les endophysiotopes de toutes les lignées cellulaires, irradiées ou pas, de l'organisme et l'endophysiotope global de l'organisme traité, qui est leur **écoexotope commun partagé** de survie.

On peut s'interroger. Pourquoi cherche-t-on à guérir les cancers en utilisant des traitements, chimiques et physiques, connus depuis plus d'un siècle, pour être délétères et mutagènes, et dont on sait qu'ils sont eux-mêmes à l'origine du processus de cancérisation ?

N'est-il pas urgent de trouver d'autres voies curatives ?
Qu'est-ce qu'une cellule cancéreuse ?

UN VACCIN CURATIF DU CANCER ?

Le placenta des mammifères, **interface de connexion** entre la mère et le fœtus, assure l'apport à ce dernier des nutriments, de l'eau et de l'oxygène dont il a besoin, et l'évacuation de ses déchets, tels que le dioxyde de carbone. Dans certains cas, des parties du placenta présentent un génome différent de celui du fœtus, avec des chromosomes surnuméraires. Pourtant, placenta et fœtus proviennent du même ovule fécondé. Les cellules du placenta des mammifères contiennent **des mutations génétiques** similaires à celles trouvées dans certains cancers pédiatriques humains.

Des échantillons provenant d'un même placenta sont différents génétiquement, et chaque placenta est constitué d'un assemblage de clones de cellules, chacun étant issu d'une unique cellule originelle et originale, à l'origine d'une lignée tumorale. Les échantillons présentent nombre d'aberrations typiques de cancers pédiatriques, comme les neuroblastome ou rhabdomyosarcome. Le placenta croît très vite, envahissant un autre tissu, le tissu utérin, en formant ses propres vaisseaux sanguins dans un environnement pauvre en oxygène, et en échappant au système immunitaire, **comme une tumeur** cancéreuse !

Le placenta est probablement apparu il y a environ 150 millions d'années, lorsqu'**un rétrovirus** a infecté un ancêtre ovipare des mammifères. Sa structure ressemble à un "patchwork de tumeurs" qui résulterait d'un mécanisme naturel de protection du fœtus.

Lors de la grossesse, les partenaires, la mère et l'enfant en croissance qu'elle porte, sont **juxtaposés et imbriqués ensemble** dans des flux de matière et d'énergie **qu'ils se partagent** pour leur survie commune, localement, et la survie de leur Tout, globalement.. Ensemble ils sont **liés pour le meilleur et pour le pire**. Leur organe commun d'interaction, le placenta, est une structure de type tumoral, comme celle du nodule des légumineuses.

Une grande quantité de génomes viraux ont colonisé les génomes de tous les systèmes vivants. Ces virus, autrefois libres, sont maintenant des dangers contenus faisant partie de l'identité normale de la bactérie ou de la cellule, leur nouveau Tout, pour le meilleur et pour le pire.

Pour le pire quand ces dangers sont libérés : les cellules cancéreuses résultent d'une rupture de l'ARMSADA au niveau cellulaire ! (figure 23b)

Le syndrome d'Immuno-Déficience Acquise (SIDA) et les cancers se ressemblent, ils résultent de l'expression physiologique d'un virus, d'origine externe (SIDA) ou d'origine interne (cancers). C'est **une course-poursuite**, une escalade de la course aux armements (attaque-défense), entre l'organisme et un virus libre infectant (SIDA), ou entre l'organisme et un virus endogène contraint libéré (cancers).

Lors de l'infection par un virus bactériophage, habituellement la bactérie est détruite et une génération de virus est libérée. Rarement (1 fois sur 1000), la bactérie n'est pas lysée, le virus, mutant, est dit défectif. Les deux génomes peuvent survivre ensemble, plus ou moins longtemps, selon que le génome viral est intégré ou non au génome bactérien. A la suite de l'intégration du génome viral, les deux ne font plus qu'un. Le génome viral, danger contenu, confère à l'ensemble bactérie-virus une stabilité qui le protège de la destruction par d'autres virus du même type. Mais, l'association peutêtre déstabilisée par un stress, thermique, radiatif (UV) ou chimique et le virus reprend sa liberté avec la lyse de la bactérie (figures 17 et 21b).

C'est **la même situation avec le cancer**. A la suite d'un stress, chimique (agents mutagènes) ou physique (radiations), un virus endogène, danger contenu au sein du génome cellulaire, s'exprime et donne à la cellule de nouvelles propriétés d'autonomie vis à vis de l'ensemble de l'organisme.

Suite à une infection virale, **habituellement** la cellule infectée est détruite, lysée par les cellules du système immunitaire qui la reconnaissent comme infectée, ou lysée par la production d'une génération du virus. Très rarement (1 fois sur 1.000.000) la cellule n'est pas tuée. La cellule qui aurait due mourir survit. La cellule et le virus survivent ensembles en donnant une cellule tumorale.

Exceptionnellement, la cellule et le virus donnent naissance à un nouveau TOUT, une ARMSADA. Le génome viral est intégré au sein du génome cellulaire sans que la cellule devienne tumorale (**probabilité inconnue** : 1 fois sur 1 million ?, 1 fois sur 1 milliard ?). Aucun virus n'est produit. La cellule garde son identité non-tumorale. Le danger est contenu. Mais, à la suite d'un stress, le danger contenu est libéré. Au mieux la cellule est tuée par le virus, et, si elle échappe au système immunitaire, au pire elle devient cancéreuse.

Dans la mise au point de la vaccination curative du SIDA, décrite précédemment, il faut évidemment, avant de ré-implanter les cellules souches modifiées, sélectionnées comme résistantes au VIH, vérifier qu'elles sont stables et non tumorales (planche 3).

Sur le même principe il est possible d'envisager une procédure de vaccination curative d'un cancer (planche 4).

Dans un premier temps on prélève, séparément, des cellules souches saines et des cellules cancéreuses, d'un même patient. Puis, *in vitro*, en utilisant des stress chimiques ou physiques, on cherche à induire la libération de dangers contenus qui peuvent tuer les cellules cancéreuses sans affecter les cellules saines. S'il en existe, ces virus libérés sont récoltés et cultivés *in vitro* avant de les ré-introduire dans les amas cancéreux du patient, où ils ne vont lyser que les cellules cancéreuses.

Les cellules souches saines et les cellules cancéreuses survivantes, s'il y en a, sont cultivées en nombre en présence du virus lytique isolé. Puis, leur population est divisée en sous-populations traitées chacune par une souche connue d'un virus exogène lytique. **Tôt ou tard**, on identifie une sous-population qui ne contient plus de cellules cancéreuse, dans laquelle seules les cellules saines ont survécu. La population de cellules survivantes est à la fois non-tumorale et résistante aux virus, endogène(s) et exogène(s), lytiques des seules cellules cancéreuses. Eles peuvent être cultivées en nombre. Puis elles sont greffées, sans risque ni de rejet ni de lyse, à l'organisme dont elles sont issues. Organisme, au sein duquel elles vont à la fois remplacer les souches sensibles à la tumorisation et permettre d'effectuer la lyse des cellules cancéreuses, ce, à la fois par la libération de dangers contenus tumorolytiques et l'infection virale exogène tumorolytique.

Planche 4. Qu'est-ce qu'un cancer ? Vaccinations curatives. Principes.

CC licence

QU'EST-CE QU'UN CANCER ?

LE CANCER RÉSULTE DE LA PROLIFÉRATION INCONTROLLÉE DE CELLULES DANS LESQUELLES DES GÉNOMES VIRAUX S'EXPRIMENT.

LES VIRUS CANCÉRIGÈNES PEUVENT ÊTRE DES VIRUS INVASIFS D'ORIGINE EXOGÈNE À L'ENDOPHYSIOTOPE OU DES DANGERS CONTENUS D'ORIGINE VIRALE QUI SONT LIBÉRÉS À LA SUITE D'UN STRESS GÉNOMIQUE.

CHEZ LES VÉGÉTAUX, CES DANGERS CONTENUS CONTRIBUENT À LA RÉSISTANCE AUX MÊMES TYPES DE VIRUS, D'ESPÈCES RESTÉES A L'ÉTAT LIBRE.

POURQUOI CERTAINS VIRUS SONT-ILS PRISONNIERS DU GÉNOME ? COMMENT CONTRIBUENT-ILS PAR LEUR PRÉSENCE À LA RÉSISTANCE ANTI-VIRALE DES CELLULES ? QUAND, POURQUOI ET COMMENT SONT-ILS LIBÉRÉS, DÉ-CONTRAINTS ?

SURVIVRE C'EST MANGER ET NE PAS ÊTRE MANGÉ.

HABITUELLEMENT, LES DIFFÉRENTS TYPES DE RELATIONS DÉCRITRES ENTRE ORGANISMES SONT LE PARASITISME, LE COMMENSALISME, LE MUTUALISME, LA COMPÉTITION OU LE NEUTRALISME .

DANS LE CAS DU COMBAT ENTRE PRÉDATEURS ET PROIES, 2 SITUATIONS SONT BANALES : LE PRÉDATEUR GAGNE ET MANGE LA PROIE OU LE PRÉDATEUR ÉCHOUE ET LA PROIE SURVIT. 2 AUTRES SITUATIONS SONT POSSIBLES : LES 2 PERDENT ET DISPARAISSENT, LES 2 SURVIVENT ENSEMBLE EN FUSIONNANT AU SEIN D'UNE ARMSADA. CE NOUVEAU TOUT ÉMERGE QUAND LES DEUX PERDENT ET GAGNENT EN MÊME TEMPS. COMMENT EST-CE POSSIBLE ? (figure 16)

TOUT SYSTÈME VIVANT COMPREND UN ENDOPHYSIOTOPE (TOPE : ESPACE-TEMPS, ENDO : INTERNE, PHYSIO DE FONCTIONNEMENT) QUI EST INSÉPARABLE D'UN ÉCOEXOTOPE (TOPE : ESPACE-TEMPS, EXO : EXTERNE, ÉCO : D'HABITATION) ESPACE-TEMPS-ACTION DE SURVIE. TOUT ORGANISME VIVANT EST L'HÔTE ACCUEILLI D'UN ÉCOEXOTOPE D'ACCUEIL ET PEUT ÊTRE À LA FOIS L'HÔTE ACCUEILLANT D'AUTRES ENDOPHYSIOTOPES POUR LESQUELS SON ENDOPHYSIOTOPE EST UN ÉCOEXOTOPE D'ACCUEIL.

TOUS LES SYSTÈMES VIVANTS SONT HABITÉS PAR DES DANGERS CONTENUS D'ORIGINE VIRALE. PAR EXEMPLE, LE GÉNOME RECONSTITUÉ DU MAMMOUTH CONTIENT DES SÉQUENCES GÉNIQUES PRÉSENTES DANS DES GÉNOMES BACTÉRIENS, VIRAUX ET MÊME HUMAIN MAIS AUSSI UNE GRANDE QUANTITÉ DE SÉQUENCES D'ORIGINE VIRALE, DES "DANGERS CONTRAINTS" QUI SONT EN SOMMEIL.

DE MÊME LES GÉNOMES RECONSTITUÉS DES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE L'OURS DES CAVERNES CONTIENNENT DES DANGERS CONTENUS, DES PSEUDO-VIRUS, DONT LA NATURE ET LA QUANTITÉ DÉPENDENT DE LEUR ANCIEN ÉCOEXOTOPE DE SURVIE. NOMBRE DE CES SÉQUENCES SONT SEMBLABLES À CELLES DES GÉNOMES À ARN OU ADN DE VIRUS CANCÉRIGÈNES.

LE CANCER RÉSULTE DE LA DÉCONTRAINTE DE CES DANGERS ACCUEILLIS, D'ORIGINE VIRALE, CONTENUS DANS LE GÉNOME DE L'ENDOPHYSIOTOPE. TANT QU'ILS RESTENT CONTRAINTS LEUR PRÉSENCE EST UN AVANTAGE POUR LA SURVIE CAR CE SONT DES FACTEURS DE RÉSISTANCE AUX INFECTIONS PAR DES VIRUS DE MÊME TYPE. MAIS CET AVANTAGE EST ASSOCIÉ À UN RISQUE. S'ILS SONT DÉ-CONTRAINTS, LIBÉRÉS, ILS PEUVENT ENTRAÎNER LA LYSE OU LA CANCÉRISATION CELLULAIRES.

IL N'Y A JAMAIS D'AVANTAGES SANS INCONVENIENTS.

DES CANCERS PEUVENT RÉSULTER SOIT DE L'INVASION DE L'ENDOPHYSIOTOPE PAR DES VIRUS LIBRES SOIT DE L'ÉVASION DE VIRUS CONTRAINTS, DANGERS CONTENUS DANS L'ENDOPYSIOTOPE, QUI SONT LIBÉRÉS.

LA LIBÉRATION DE CES DANGERS NON-CONTROLÉS PEUT RÉSULTER DE TRAITEMENTS ANTI-CANCÉREUX. LES DROGUES ANTI-CANCÉREUSES UTILISÉES EN CHIMIOTHÉRAPIE SONT NON SEULEMENT CYTOTOXIQUES MAIS AUSSI CARCINOGÈNES. LES RADIATIONS UTILISÉES EN RADIOTHÉRAPIE SONT À LA FOIS MUTAGÈNES ET CARCINOGÈNES. LES TRAITEMENTS ANTI-CANCÉREUX PRÉSENTENT À LA FOIS DES AVANTAGES (ILS PEUVENT TUER LES CELLULES CANCÉREUSES) ET DES INCONVÉNIENTS (DES CELLULES SAINES NON-TUÉES PEUVENT ÊTRE DEVENUES CANCÉREUSES) (figure 24).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Planche 4. Qu'est-ce qu'un cancer ? Vaccinations curatives. Principes.

CC licence

LE PARADIGME DE L'UNIVERSALITÉ DE LA MISE EN PLACE, OBLIGÉE, TÔT OU TARD, D'UNE ARMSADA POUR LA SURVIE DE TOUT SYSTÈME VIVANT, A CONDUIT À PROPOSER, EN 2008, AU CONGRÈS DE LISBONNE, UNE MÉTHODOLOGIE D'UN VACCIN CURATIF DU CANCER ANALOGUE À CELLE PROPOSÉE, EN 2005, LORS DU CONGRÈS DE PARIS, DE L'UNION EUROPÉENNE DE SYSTÉMIQUE, POUR UNE VACCINATION CURATIVE DU SIDA.

étape 1- PRÉLÈVEMENT DE CELLULES SOUCHES ET DE CELLULES CANCÉREUSES D'UN MALADE,

étape 2- CULTURE IN VITRO EN PRÉSENCE DE STRESS PHYSIQUES OU CHIMIQUES CONNUS POUR INDUIRE LA LIBÉRATION DE VIRUS ENDOGÈNES QUI POURRAIENT TUER LES CELLULES CANCÉREUSES MAIS ÉPARGNER LES CELLULES SAINES,

étape 3- SI ILS EXISTENT, CES DANGERS CONTENUS LIBÉRÉS SONT RÉCOLTÉS ET INTRODUITS DANS LES TISSUS CANCÉREUX DU SEUL DONNEUR PRÉLEVÉ OÙ ILS VONT SPÉCIFIQUEMENT DÉTRUIRE SEULEMENT LES CELLULES TUMORALES,

étape 4- LE MÉLANGE DE LA POPULATION DE CELLULES SOUCHES ET CANCÉREUSES SURVIVANTES ET DE LEUR(S) VIRUS LIBÉRÉ(S) EST ENTRETENU ET MULTIPLIÉ IN VITRO,

étape 5- CETTE POPULATION, EST DIVISÉE EN SOUS-POPULATIONS, TRAITÉES PAR DIVERS CLONES DE VIRUS, QUAND DANS LA POPULATION SEULES LES CELLULES SAINES SURVIVENT, C'EST QU'ELLES SONT À LA FOIS NON SEULEMENT PAS TUMORALES MAIS AUSSI RÉSISTANTES A LA FOIS AUX VIRUS ENDOGÈNES ÉVADÉS ET AUX VIRUS EXOGÈNES INVASIFS,

étape 6- LA POPULATION DE CELLULES SURVIVANTES EST MULTIPLIÉE,

étape 7- LE MÉLANGE, CELLULES SURVIVANTES ET VIRUS TUEURS DE CELLULES TUMORALES, EST "GREFFÉ" AU SEUL DONNEUR INITIAL, CE QUI VA PERMETTRE NON SEULEMENT DE TUER LES CELLULES CANCÉREUSES MAIS AUSSI DE LES REMPLACER PAR DES CELLULES NON-TUMORALES RÉSISTANTES AUX VIRUS ENDOGÈNE(S) LIBÉRÉS ET EXOGÈNE(S) INTRODUITS.

TOUTES LES INFORMATIONS RELATIVES AUX PROTOCOLES DE LA VACCINATION CURATIVE DU SIDA (PARIS, 2005) ET DE LA VACCINATION CURATIVE DU CANCER (LISBONNE, 2008) SONT DISPONIBLES EN LIGNE EN LIBRE ACCÈS (CREATIVE COMMONS FREE) AUX ADRESSES SUIVANTES :

SIDA **http://bricage.fr/afscet/res-systemica/pbSYS2005-metamorphoses.pdf**
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/pbMetamorphosesDataParis2005.pdf
http://res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/UESlisboaPBaidsTextFig_O.pdf

CANCER **http://bricage.fr/afscet/res-systemica/pbSYS2008-cancer-ARMSADA.pdf**
http://bricage.fr/afscet/res-systemica/pbSYS2008-cancer-slides.pdf

---

PRINCIPES MÉTHOLOGIQUES DES VACCINATIONS CURATIVES

2 NOUVELLES DÉFINITIONS : ÉCOEXOTOPE & ENDOPHYSIOTOPE

2 CONCEPTS TRIVIAUX :

*** SURVIVRE C'EST "MANGER ET NE PAS ETRE MANGÉ"**

*** IL N'Y A JAMAIS D'AVANTAGES SANS INCONVÉNIENTS**

1 NOUVEAU PARADIGME :

TOUS LES SYSTÈMES VIVANTS ÉMERGENT PAR MISE EN PLACE D'UNE ARMSADA

Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages

2 FAITS D'ÉVIDENCE : LA MODULARITÉ (répétition de modules d'espace-temps-action)

ET L'ERGODICITÉ (emboîtements et juxtapositions de ces modules)

DES SYSTÈMES VIVANTS (SYSTÈMES DE SYSTÈMES)

2 NOUVELLES IDÉES :

*** DES DANGERS CONTENUS DANS LES CELLULES SONT UTILES À LEUR SURVIE**

*** DES VIRUS ENDOGÈNES JOUENT DES RÔLES DE RÉGULATION ET DE PROTECTION PAR LEUR(S) CAPACITÉ(S) A CONTRÔLER LA CAPACITÉ D'ACCUEIL DES ÉCOEXOTOPES HABITABLES ET HABITÉS ET PAR LEUR CAPACITÉ D'ÊTRE ACCUEILLIS AU SEIN D'ENDOPHYSIOTOPES ACCUEILLANTS POTENTIELS.**

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Systemic Complexity for human development in the 21st century
Systemic Complexity : new prospects to complex system theory
7th Congress of the UES Systems Science European Union Lisbon, Dec. 17-19, 2008

Figure 25. Cancer curative vaccine: the paradigm & the procedure.

creative commons

- **the paradigm**: de-constraining of integrated dangers in cancer cells either to restore apoptosis or to induce immunization or to select controlled dangers hosting cells (ARMSADA).
- **the procedure**: ***t1*** picking (black arrow) of both healthy (in yellow) and sick (in orange) cells, ***t2*** eventually killing of cancer cells by *in vitro* lytic provirus induction by aggressive agents: de-masking of eventually evading dangers (black points), and multiplication of not-killed cancer cells, *t3* thus eventually **using these same de-controlled dangers** (black point •: endogenous freed viruses) **to now destroy *in vivo* cancer cells** (in red) either with production of viruses to be recognized by the immune system (immunization) or through apoptosis and without virus production (in blue), *t4 ex vivo* culture of both persisting together healthy cells (if any) and cancer cells, *t5* tests of induction of the lysis of cancer cells by other viruses (black x: exogenous added viruses), either directly (in blue) or indirectly with the evading of other "defective" dangers (black point•) or through their complementation, *t6* mixing of the healthy surviving cells, if any (in green), with healthy normal cells (in yellow) and test of their no-cancerous controlled growth***in vitro***, ***t7 in vivo*** engraftment of the mix

APOCOSIS Associação Portuguesa de Complexidade Sistémica **Faculty of Science & Technology, Lisbon**

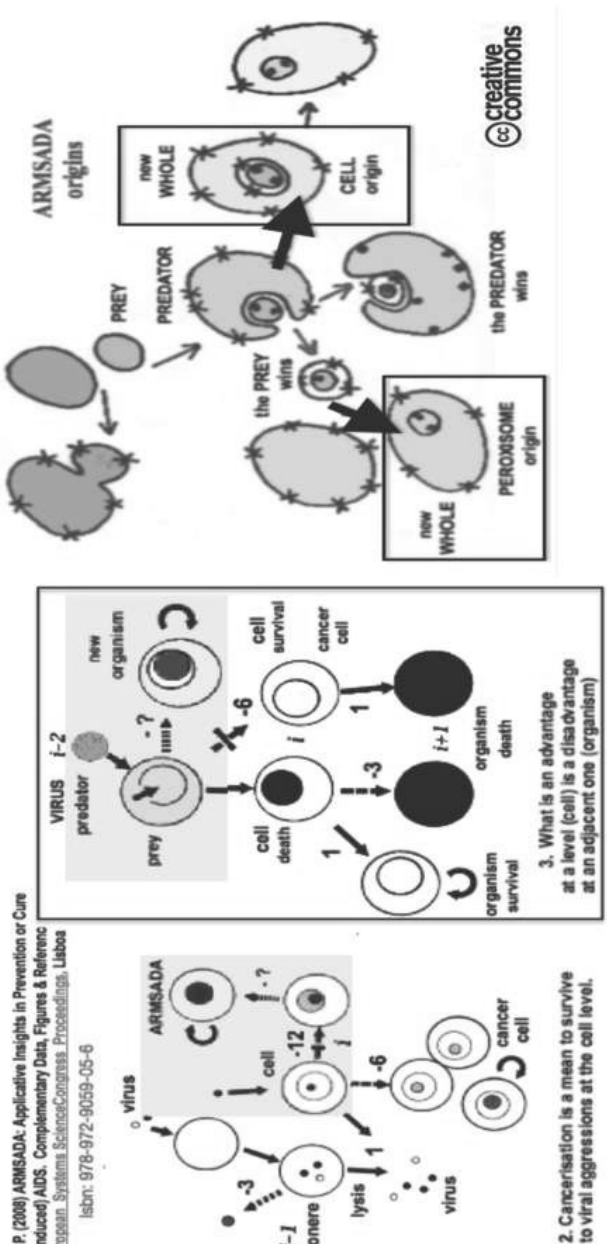


Figure 26. Emergence d'un nouveau TOUT : aspects quantitatif et qualitatif.

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

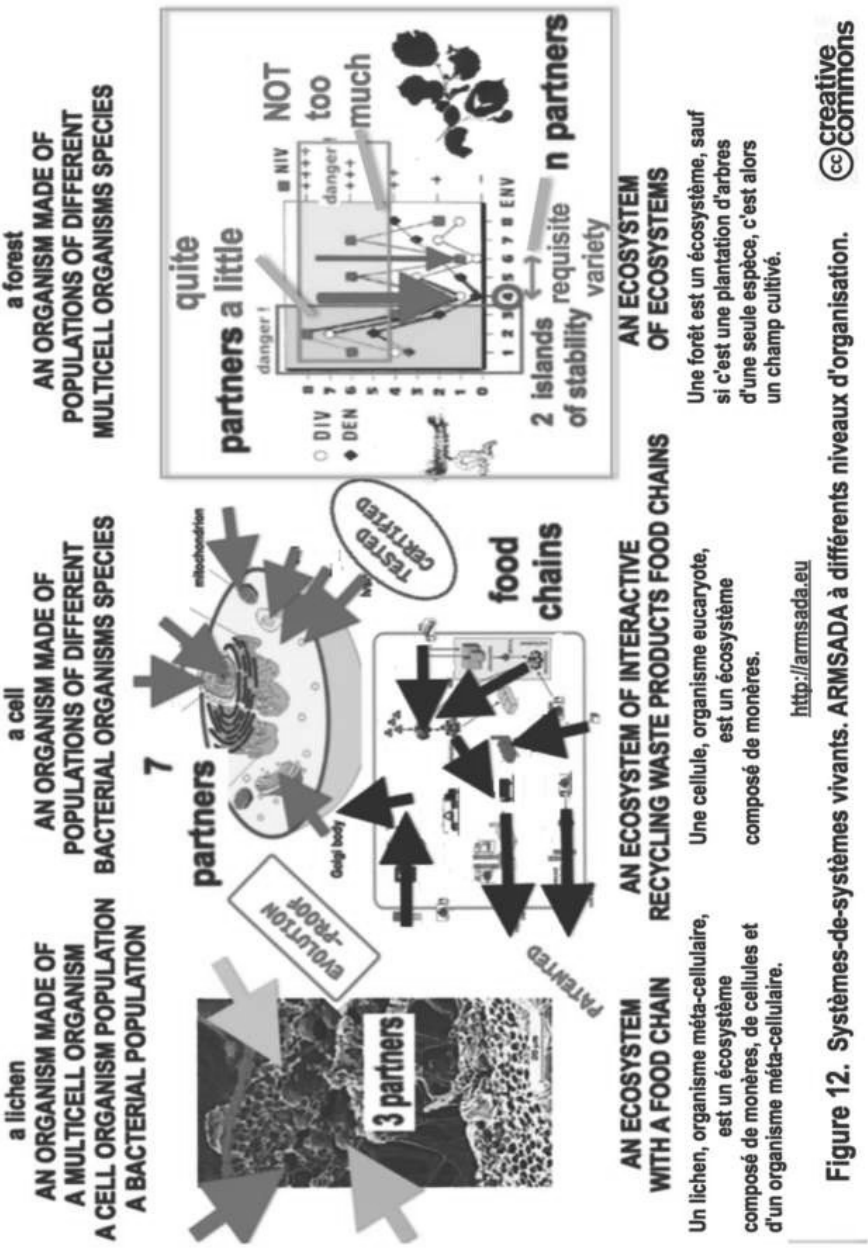


Figure 12. Systèmes-de-systèmes vivants. ARMSADA à différents niveaux d'organisation.

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

ARMSADA
UNE RÉUSSITE ÉVOLUTIVE
ET
UN PASSAGE OBLIGÉ
DE
L'ÉVOLUTION DU VIVANT [a, b, c, d, e,*]

***** Seules quelques références, les plus marquantes, sont indiquées ici.
Aucune référence ne sera indiquée dans le détail du texte.
Elles sont toutes regroupées à la fin du fascicule.

a. Bricage P. (19 sept. 2005,) **The Cell Originated Through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Association for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and of Disadvantages, between the partners, with a Benefit only for their Wholeness**. 6th European Congress on SYSTEMS SCIENCE, PARIS ENSAM, 11 p., CC licence,
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf

b. Bricage P. 2005, Le langage du vivant : plurilinguisme, transfrontaliérité et associativité. 9 p., Congrès ANLEA, U.P.P.A., Pau, France,
http://www.armsada.eu/files/ANLEA05PauPB.pdf

c. Bricage P. (June 30th, 2011), Balancing Emergence and Variation, Between Union and Breaking, **The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages -ARMSADA- are the keystones of the Life's Running** (text & slides). Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés "acteurs clés de voûte" de l'évolution créatrice du vivant "vivant" (texte et présentation). System's Evolution Workshop, UES-EUS Systemics Approach of Diversity, Brussels, Belgique, (19 p. & 18 p.).
http://aes.ues-eus.eu/aes2011/afscetWSevolution_bricage_text.pdf
http://aes.ues-eus.eu/aes2011/afscetWSevolution_bricage_slides.pdf

d. Bricage P. (June 30th, 2011), *La semi-autonomie du vivant : « pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive, et réciproquement ». Balancing between individualism & collectivism, between union & breaking:* ***« for the one to survive, all the other ones must survive first ».*** *Crises et réponses systémiques.* UES-EUS Systemics Approach of Diversity, Brussels, Belgique, text 28 p. & slides 19 p.
http://aes.ues-eus.eu/aes2011/uesTBR2_bricage_text.pdf &

e. Bricage P. 2012, Le Jeu de la Vie. Systèmes vivants : les enjeux du temps, le temps des enjeux. Modélisation des temps internes d'un système vivant. Jeux et Enjeux : Systèmes, Modèles et Jeux. Journées Annuelles de l'AFSCET à Andé, 9 & 10 juin 2012, 44 p. http://www.afscet.asso.fr/Ande12/pbAnde2012texte.pdf

ARMSADA: LA SEULE ISSUE !

On connaît plus de 20.000 espèces de lichens.

Ils forment la dernière végétation, en altitude et vers les pôles, à la limite des neiges et des glaces permanentes, et sur les substrats secs ou salés: ils survivent dans des milieux où **la capacité d'accueil de l'écoexotope** est nulle pour chacun des partenaires isolément. Ils possèdent la capacité extraordinaire de passage à l'état de vie ralentie, puis de reviviscence. Ils colonisent les sols nus, les écorces, les rochers, les murs, le verre, les rambardes d'autoroute...

L'économie de la cellule végétale.

Une **cellule végétale photosynthétique**, au sein d'un lichen ou d'une plante supérieure, fonctionne comme une **entreprise de type artisanal** : c'est un **groupe, réduit, d'acteurs orientés vers la production**, **dont le devenir dépend des échanges des produits de son activité** avec les autres cellules consommatrices, avec lesquelles elle est en interaction.

Sa production est **spécialisée** dans la **mobilisation de la matière et de l'énergie**. Son **organisation** structurale et fonctionnelle révèle la multiplicité de ses acteurs (ses "organites"). Son autonomie est sous la dépendance des **réactions** des organites en réponse **aux stimulations** externes extra-cellulaires (entre cellules) et internes (intra-cellulaires, entre organites). C'est **l'intégration** des organites dans leur milieu de survie **intra**-cellulaire et l'intégration de la cellule dans l'organisme dont elle fait partie qui détermine les **niveaux d'organisation**. Dans cette entreprise artisanale où l'on ne compte qu'un petit nombre d'acteurs, il y a une **symbiose entre production et consommation,** résultat d'une évolution **dans la division du travail social** telle qu'il en résulte une **séparation entre activités**, symbiose qui contrôle la **croissance** cellulaire et **le recyclage des déchets**.

Les modèles économiques d'entreprises, supposent le plus souvent qu'il n'y a qu'un centre de décision et qu'on cherche à rendre optimal un certain résultat. Dans la cellule végétale, **il n'y a pas un, mais plusieurs centres de décision**. Chaque organite, **chaque atelier** de mobilisation de la matière et de l'énergie, **est un lieu local de décision fonctionnelle**, à la fois par ce que sa structure fonctionnelle (**son organisation**) est unique et parce que ses capacités de réactions découlent de cette organisation et de **son intégration** (déterminée par les **interactions** spécifiques entre chaque organite et son **contexte**), **déterminée par la connaissance partielle de l'écoexotope de survie commun.**

La connaissance des changements de l'écoexotope d'accueil, ou de l'efficacité des actions de l'endophysiotope accueilli, est variable. Il n'y a jamais connaissance parfaite de tous les états possibles du contexte écosystémique ou de l'efficacité des actions, **il y a une ignorance partielle de l'écoexotope et de l'efficacité des moyens.**

Il y a RISQUE, parce que les divers états possibles, leurs **probabilités**, sont telles que la cellule peut **fonctionner assez longtemps** pour rencontrer au cours de telle période tel état tant de fois, avec un certain pourcentage de chances d'erreur; **il y a incertitude** parce qu'elle ne peut pas évaluer la probabilité d'arrivée des divers états possibles; ou, qu'elle ne peut pas fonctionner suffisamment longtemps **pour compenser les états physiologiques malheureux**.

Des actions possibles sont dénombrables; mais **il n'est possible de prévoir les conséquences de ces actions qu'entre certaines limites**. L'échelle de préférences des centres de décision n'est pas ordonnée, c'est-à-dire que **les parties poursuivent des buts multiples, pas toujours comparables, voire inadéquats, et parfois contradictoires; enfin les buts évoluent.** Il en résulte donc que l'optimisation est difficile à réaliser et qu'elle ne peut être que partielle et exceptionnelle, comme dans tout écosystème !

La seule finalité, pour chaque compartiment, c'est de survivre, pour permettre la survie du TOUT et de se survivre avec le TOUT, comme dans un écosystème forestier (figure 6).

Comme dans l'entreprise économique, la probabilité d'un bénéfice physiologique dépend du degré d'intégration, du passé et de la vitesse de croissance. Le passé lègue des biens et des charges. La croissance suscite des problèmes de coordination spécifiques. Dans la cellule, comme dans l'entreprise, **la survie** peut être améliorée de deux façons. **D'abord, par une sélection des actions.** Celle-ci n'est pas faite en fonction du bénéfice probable de chaque action prise isolément, mais, en fonction de la gamme complète des actions, **simultanées ou successives dans le temps et dans l'espace**, où entrent en jeu les gains possibles, les risques potentiels et l'importance relative de chacun des partenaires.

Ensuite, par la recherche d'informations, car celles-ci peuvent améliorer l'efficacité des moyens utilisés dans différentes circonstances ou conduisent à une meilleure évaluation des résultats. D'où une action plus efficace et un gain probable plus élevé. Cette recherche d'informations n'est possible que... **tant que le supplément de gain est supérieur au coût de l'acquisition et de l'utilisation de l'information.**

La croissance n'est qu'un moyen pour acquérir des capacités nouvelles. La croissance est toujours un préalable au développement. Mais, **la survie est possible en situation de croissance zéro.**

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

La panse des ruminants

ou la capacité d'accueil de l'écoexotope.

Le succès évolutif des ruminants ou comment investir dans la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope pour augmenter la capacité d'accueil de l'écoexotope.

Le renne, appelé caribou en Amérique du Nord, est un **herbivore ruminant**, vivant exclusivement dans les régions froides de l'hémisphère Nord, toundra, taïga et forêt boréale (figure 10). Pendant toute l'année, **il se nourrit de lichens** et de mousses, qui constituent l'essentiel de son alimentation pendant l'hiver polaire arctique. Durant le court été, il se gave, en plus, de feuilles et de bourgeons.

Le caribou, source de nourriture pour les Amérindiens, est **resté sauvage**. Même s'il continue instinctivement à migrer, le renne a été **domestiqué** par les Lapons, et ses déplacements sont contrôlés par l'homme. Élevé en semi-liberté sur d'immenses territoires, il leur fournit viande, lait et cuir. Très docile, il est aussi utilisé comme animal de bât et de trait. Ce comportement d'emploi des rennes **en semi-autonomie** était déjà celui des **chasseurs magdaléniens d'Europe** .

Les ruminants sont caractérisés par la physiologie très particulière de leur nutrition, à laquelle ils doivent leur nom. La grande efficacité de ce système d'alimentation leur a probablement assuré un avantage décisif sur les autres herbivores, raison de leur **réussite évolutive**. Leur "estomac" est divisé en quatre compartiments. **La panse, ou rumen,** en représente 80% du volume. Elle atteint de 100 à 300 litres chez les gros Bovidés. A son niveau, s'effectue l'absorption de l'eau et des métabolites nutritifs comme les acides gras volatils et l'ammoniaque, qui proviennent des **fermentations microbiennes** qui s'y déroulent.

Le rumen offre **un écoexotope d'accueil optimal pour les bactéries et les protozoaires**. La prise fréquente de nourriture leur assure un **apport nourricier permanent**. Les produits solubles sont absorbés et ne peuvent donc pas s'accumuler et inhiber les activités enzymatiques. La température est maintenue stable autour de 40°C, **température optimale de croissance des hôtes** de la panse. Une énorme quantité de salive, de 50 à 80 litres par jour chez le bœuf, maintient **des conditions stables** de pH et de concentration ionique.

Les protozoaires, au nombre de **plusieurs millions par gramme** de contenu gastrique, se répartissent en une **centaine d'espèces** (surtout des Ciliés). Les bactéries sont encore plus abondantes, de l'ordre de **dix milliards par gramme** de contenu gastrique. Ce sont surtout des *Streptococcus* et des *Lactobacillus* (bactéries proches de celles responsables de la transformation du lait en yaourt) et de très nombreuses bactéries cellulolytiques, car elles seules sont responsables des processus de fermentation permettant à **la cellulose, qu'aucun Mammifère ne peut digérer**, l'homme y compris, d'être dégradée en produits assimilables.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Une partie de la population microbienne “habitante” est **régulièrement éliminée** de l’enceinte d'élevage. Elle est évacuée en aval de la panse, dans la caillette où commence l’attaque des aliments par le suc gastrique, sécrété seulement à ce niveau. Elle est mangée. Elle constitue l’apport de protéines pour l’hôte “habité”, qui se nourrit de ses habitants ! Comme tout ruminant, **la vache ne se nourrit pas d’herbe mais de “viande” !** Elle digère les microbes qu’elle élève dans la panse, écoexotope d'accueil extérieur, continuellement re-constitué. Il s’agit d’**une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés**, “systémiquement identique” à celle constituée par un lichen ou un écosystème forestier (figure 12) !

Comme le champignon du lichen, la vache fournit le gîte et le couvert. Elle en paie le coût. Sans ses microbes, hôtes accueillis, la vache, partenaire fournissant la capacité d'accueil, mourrait de faim. De même que l’algue du lichen, les microbes sont mangés. De même, les avantages pour l’hôte habité sont des inconvénients pour les hôtes habitants, “hébergés” à demeure, et réciproquement.

La famille des Bovidés est de loin la plus importante, par **la diversité** des formes qu’elle comporte et, surtout, parce qu’elle est **à l’origine de tout le «gros bétail»** à travers le monde. **La domestication des espèces** bovines, ovines et caprines a été, avec la culture des céréales, **un des faits majeurs de l’évolution humaine au Néolithique** (figure 11). **La totalité du bétail domestique est issue de seulement quelques espèces.** Le taureau domestique est issu de l’aurochs (*Bos primigenius*) disparu. Le zébu, le buffle indien, le yack sont des formes domestiquées originaires d’Asie. Le bison, dont on connaît une espèce américaine et une européenne, n’a jamais fait l’objet de domestication. La sous-famille des Ovinés a fourni le mouton domestique. La sous-famille des Caprinés, animaux essentiellement de montagne, renferme l’ancêtre de toutes les formes domestiques de chèvres.

Certaines tribus nomades de l’Asie centrale sont toujours complètement dépendantes de l’élevage. Les sociétés modernes tirent de cette même activité économique la plupart de leurs **ressources en protéines** d’origine animale, sous forme de viande et de lait. Le cuir, pour une part essentielle, et la laine, pour la quasi-totalité de notre consommation, proviennent de quelques espèces de Ruminants.

Plusieurs problèmes de pénurie alimentaire pourraient être partiellement résolus par une exploitation plus écologique de certaines espèces dans les régions démunies du monde. Les nombreuses sous-familles d’antilopes africaines et asiatiques sont riches d’espèces de taille et d’allure très variées. L’élan de Derby peut atteindre un poids de 1 tonne. Les minuscules Céphalophinés ne dépassent pas la taille d’un lapin. On connaît des antilopes parfaitement adaptées à la vie désertique, comme l’Addax ou l’Oryx; d’autres, comme le Lechwe, sont inféodées aux régions humides ou marécageuses.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Il est probable que certaines espèces soient susceptibles d'une domestication qui pourrait assurer des ressources alimentaires dans des régions où le bétail européen est difficile à acclimater.

Les Égyptiens utilisaient de nombreuses espèces d'antilopes. Elles ne furent jamais domestiquées, mais capturées sauvages et asservies; de nombreuses peintures en font foi.

Une réponse "naturelle" a fait ses preuves: LA SYMBIOSE, association, indissociable, à avantages et inconvénients réciproques et partagés.

C'est un bilan "d'histoire" naturelle !

Associations entre chameau et acacia, ou entre fourmi et acacia, associations entre ***Rhizobium*** **et légumineuse(s)**, associations des **arbres à mycorhizes**, associations entre **bactéries, protozoaires et insectes xylophages**, associations entre **champignon, orchidée et insecte**, associations entre les **microbes des sols**, associations entre civilisations humaines et plantes et animaux domestiques,

à tous les niveaux d'organisation du vivant, depuis des milliards d'années, perdurent des associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (figures 28 et 30a)**.**

L'homme "moderne" peut-il être une exception à la contingence naturelle et aux lois de l'évolution du vivant ?

L'augmentation de la capacité d'accueil de l'écoexotope de survie émerge d'une augmentation de la capacité d'intégration par une métamorphose de la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope hôte.

QUELLES LEÇONS PEUT-ON TIRER DE L'HISTOIRE NATURELLE DE L'ORIGINE DE LA CELLULE ?

Le compartiment initial : les MONERES procaryotes.

Archées et Eubactéries sont constituées d'**un unique compartiment, délimité par une membrane** plasmique simple, éventuellement doublée d'une enveloppe ou d'une paroi. Certaines de ces Monères (mono : unique) sont capables de résister à des écoexotopes difficiles voire extrêmes, hyperthermiques (plus de 100°C), hyper-acides (pH <1), hyper-osmotiques (hyper-salé), toxiques (présence d'arsenic), en formant des tapis, où plusieurs espèces de Monères peuvent cohabiter. Un stress hyper-osmotique peut induire l'acidification de l'endophysiotope bactérien et la formation de spores, formes de résistance à vie ralentie.

Les Archées ne forment pas de spores.

L'interface entre écoexotope et endophysiotope : la membrane plasmique, barrière sélective, et la paroi.

La membrane isole l'endophysiotope de l'écoexotope et contrôle les échanges. Le système est **un système ouvert** qui profite des avantages de l'écoexotope en en évitant les inconvénients. Mais ce fonctionnement **a un coût**, métabolique et énergétique.

La paroi, qui double la membrane à l'extérieur, détermine la forme. Elle accentue éventuellement l'isolement entre écoexotope et endophysiotope. Les Monères sans paroi, « nues », comme les Archées ou les protoplastes bactériens, sont très peu résistantes aux chocs osmotiques, ce qui est un inconvénient pour la survie. Mais cette forme nue, forme L, se déforme aisément, ce qui peut être un avantage, pour se déplacer, ou se rassembler, par exemple. L'agrégation ou la fusion des Archées ou des protoplastes est induite par des pH extrêmes, des chocs osmotiques ou des infections virales, les protéines externes des particules virales ayant un pouvoir d'attachement aux membranes et induisant des fusions membranaires, donc des fusions de compartiments isolés.

Les bactéries dites Gram- ont une membrane supplémentaire contenant des canaux d'échange sélectif, dits à porines. Les bactéries dites Gram+ n'en ont pas. Une seule protéine membranaire peut contrôler à la fois (pléiotropie) la structure de la membrane et le transfert de matériel génétique entre Monères.

Survivre c'est manger et ne pas être mangé.

Les premières espèces de Monères, occupantes des plus anciens écoexotopes, ont survécu en utilisant des composés organiques simples. **Tôt ou tard, la capacité d'accueil, limitée**, de leur écoexotope de survie **s'est altérée** avec une carence en aliments minéraux et organiques, consommés et non-renouvelés, et l'accumulation de déchets de fonctionnement, plus ou moins toxiques. Pour survivre dans l'écoexotope modifié, **la capacité d'être accueilli** de leur endophysiotope **a du changer**. Des propriétés anciennes devenue inutiles ont été perdues (contre-sélectionnées), des capacités nouvelles sont apparues (émergence) et des propriétés anciennes ont été conservées mais remaniées, ré-adaptées (exaptation).

Par cette métamorphose, poussées par les contraintes de l'écoexotope, de nouvelles formes d'endophysiotopes sont apparues.

Comment les Monères ont-elles pu résister à l'agression destructrice par des virus, bactério-phages ou archéo-phages ?

Émergence et niveau d'organisation : les Éomonères, biodiversité et exaptation.

Toute réaction enzymatique est un équilibre réversible dont le sens de déroulement dépend des conditions de réaction. La même structure, protéique, lipo-protéique, glyco-protéique ou génétique, peut avoir plusieurs fonctions. Le phénotype de l'endophysiotope change continuellement en réponse aux changements de l'écoexotope avec lequel il est en interaction. La survie n'est possible que si **la capacité d'accueil, limitée,** de l'écoexotope et **la capacité d'être accueilli, limitée**, de l'endophysiotope sont en adéquation. Au cours du temps, les biens communs initiaux deviennent plus rares et des biens rares peuvent apparaître au cours **des interactions** de survie.

Tous les gènes de contrôle du métabolisme, de la croissance en masse, et de la croissance en nombre, présents chez les Monères (Archées et bactéries, procaryotes) et les cellules eucaryotes dérivent d'un ancêtre commun plus primitif, un coacervat évolué. Les Archées et les mitochondries des cellules possèdent des cytochromes. Les Archées et les bactéries possèdent des ferredoxines. Les Archées, les mitochondries et les Eubactéries ont un ancêtre commun, une Éomonère. Cette Éomonère était un compartiment à vie **anaérobie**, survivant en absence d'oxygène, toxique pour elle, dans un écoexotope chaud et réducteur. Sa descendance a survécu ultérieurement en acquérant la capacité d'utiliser l'oxygène, de croître en aérobiose, quand celui-ci s'est accumulé. Les bactéries ont émergé et survécu, initialement, dans des écoexotopes plus cléments.

L'absence de paroi est un **désavantage**, si l'écoexotope devient hypo-osmotique, le compartiment peut éclater. Mais la souplesse membranaire, sa flexibilité, qui permet d'englober des proies, est un **avantage**. Et, le gonflement volumique, par l'entrée d'eau, est un moyen simple d'échapper à l'ingestion par un prédateur, quand on est une proie. En l'absence de paroi, l'hyper-osmoticité empêche l'éclatement membranaire et **devient un avantage**. Il n'y a **pas d'avantages sans inconvénients.** Ce qui est un avantage dans un contexte peut être un inconvénient dans un autre. Survivre c'est **transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients**.

L'acquisition de la photosynthèse, qui permet la survie en l'absence de matière organique pré-existante, est un avantage énorme. Cet **avantage**, énorme, localement pour les Monères qui en sont pourvues, se paie globalement d'un **inconvénien**t énorme, la libération d'oxygène toxique. Son accumulation a tué les organismes anaérobies qui n'ont pas pu rester en conditions de survie anaérobie. Mais cela a permis l'émergence de nouveaux organismes capables de survivre en présence d'oxygène, en aérobiose.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Seules les Monères qui ont été capables de se métamorphoser pour utiliser, comme **aliment,** l'oxygène, **déchet** toxique de la photosynthèse, ont pu **coloniser les nouveaux écoexotopes disponibles** en aérobiose. Les processus de fermentation acétique et les phosphorylations oxydatives ont permis de transformer deux désavantages, la présence d'alcool provenant de la fermentation alcoolique et la présence d'oxygène, en un avantage pour la survie.

L'ORIGINE DE LA CELLULE EUCARYOTE

La cellule eucaryote a émergé de la fusion de Monères au sein d'un agglomérat de Monères. Ainsi sont apparus simultanément la membrane nucléaire et le *reticulum* endo-plasmique.

La cellule eucaryote est un "compartiment de compartiments". Les compartiments internes, le noyau, l'appareil de Golgi, le reticulum endoplasmique, des vacuoles, ne sont pas disposés aléatoirement au sein de la cellule. Comment ces organites intra-cellulaires sont-ils apparus ? Par la fusion, sans coalescence membranaire, de Monères agrégées, côte à côte, **au sein d'un tapis mixte de Monères sans paroi**. Le hyaloplasme cellulaire est l'écoexotope réducteur, anaérobie, qui a permis la survie des endophysiotopes des autres compartiments internalisés. **Les membranes internes** de certains de ces compartiments contiennent des agrégats moléculaires oxydo-réducteurs (systèmes redox) consommateurs du déchet toxique l'oxygène, et dont l'activité, de **maintien de la vie anaérobie** pour les compartiments hyaloplasmiques, acidifie le hyaloplasme.

Organisation et intégration : toute cellule est une endo-syn-cénose.

Le hyaloplasme cellulaire est celui d'une ancienne Monère spécialisée maintenant dans le métabolisme anaérobie des sucres,et qui héberge d'autres Monères. Les peroxysomes qu'ils contient proviennent d'anciennes Monères ubiquistes et pluripotentes, maintenant spécialisées dans la détoxification des radicaux oxygéniques libres. Les mitochondries qu'il contient proviennent d'anciennes Monères spécialisées maintenant dans la conversion oxydative des lipides et des sucres en énergie stockée sous forme d'ATP. Dans les cellules végétales, les chloroplastes sont des Monères spécialisées dans la synthèse d'ATP et de sucres à partie de dioxyde de carbone et d'énergie solaire. Chloroplastes et mitochondries sont entourés d'une double membrane. Leur membrane interne est celle de la Monère initiale à l'origine du futur organite hébergé, leur membrane externe est celle de la Monère hébergeante. Les endophysiotopes des Monères hébergées, juxtaposés et emboîtés, et de leur Monère hébergeante **restent séparés.**

Mitochondries et chloroplastes possèdent encore une partie de leur génome en propre. Mais, la plus grande partie de leurs gènes a été transférée et intégrée au sein du noyau, nouvel organite issu d'une Monère repoussée au centre et délimitée par une double membrane.

Sa membrane externe est celle des protoplastes à l'origine du cytoplasme l'hébergeant et sa membrane interne est celle du protoplaste hébergé, spécialisé dans le stockage du matériel génétique.

Chloroplastes et mitochondries, les PARTIES, sont des organites **semi-autonomes**. Ils possèdent la capacité de se diviser, de se multiplier, indépendamment de la division de la cellule, le TOUT, mais sous son contrôle. Chloroplastes et mitochondries possèdent en propre, leur propre métabolisme, protéique, lipidique et glucidique, leur propre approvisionnement énergétique et nucléotidique.

Le noyau, délimité par une double membrane, le reticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi, délimités par une simple membrane sont des compartiments émergents provenant de la fusion des Monères qui ont donné, **simultanément**, d'une part, le noyau central et, d'autre part, les systèmes réticulaires et golgiens périphériques. Ce qui explique les ressemblances structurales et fonctionnelles entre la membrane plasmique, périphérique, la membrane du reticulum qui lui est continue, la membrane des vésicules de l'appareil de Golgi, les membranes externes des mitochondries et chloroplastes, et la membrane nucléaire externe. Le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi sont les vestiges de la spécialisation dans le métabolisme protéique du conglomérat de Monères à l'origine du hyaloplasme (figure 26).

Flux métaboliques et propriétés émergentes.

L'abondance d'eau, produite par le métabolisme oxydatif, éventuellement stockée dans une immense vacuole dans le cas des cellules végétales photosynthétiques, dont l'eau est la matière première, favorise les réactions enzymatiques d'hydrolyse et non celles de déshydratation. Les diverses chaînes métaboliques, à l'intérieur du hyaloplasme et des organites, sont emboîtées et juxtaposées, dans les espaces et dans les temps des divers compartiments semi-autonomes (figures 3 et 28).

Les organites (ou organelles), hébergé(e)s par le hyaloplasme cellulaire, sont protégés des virus qui pouvaient les atteindre quand ils étaient libres. **Un "fossile" d'un virus** est encore présent dans le hyaloplasme des cellules animales, au voisinage du noyau, c'est le centrosome. Les virus ont des propriétés d'agglutination membranaire et il est possible de penser que la fusion des Monères à l'origine du niveau d'organisation cellulaire peut résulter d'une invasion virale dans le tapis de Monères en mélange, qui ont fusionné. Dans les cellules animales, ce squelette viral rémanent est indispensable à la division cellulaire. Dans les cellules végétales dont l'architecture, en un réseau structuré par une paroi dite squelettique, est différente de celle des cellules animales, ce centrosome est absent mais un territoire est présent en son lieu et place pour contrôler également la division cellulaire et la répartition des organites intra-cellulaires dans les cellules filles issues de la division de la cellule mère.

Des interactions prédateurs-proies ?
Avec quelle dynamique ?

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les cellules animales, libres ou au sein d'un organisme multicellulaire (niveau ***i+1***), sont capables de phagocytose. La phagocytose est une **propriété émergente** associée au niveau d'organisation mono-cellulaire (niveau i), absente chez les Monères (niveau ***i-1***).

L'intégration de la mitochondrie dans l'architecture de la cellule animale est un événement postérieur à l'émergence de la structure cellulaire. Dans un écosystème où survivent en mélange différentes espèce de Monères et différentes espèces de cellules, qui partagent le même écoexotope de survie, **tôt ou tard se met en place un réseau d'interactions du type prédateur(s)-proie(s)**. Survivre c'est manger et ne pas être mangé. Les organismes autotrophes, par photosynthèse ou chimiosynthèse, capables de survivre en l'absence de matière organique pré-existante, sont donc, tôt ou tard, les proies d'organismes hétérotrophes, qui eux doivent consommer de la matière vivante pour survivre et se survivre. **Un processus d'escalade d'attaque-défense** se met en place, à chaque nouvelle attaque, plus intense ou plus efficace, est associée une nouvelle parade, plus robuste ou plus efficace, et ainsi de suite, **sans fin**. Le conflit, et sa résolution ou sa non-résolution, est à l'origine du **processus de sélection naturelle**. Mais l'escalade continuelle des attaques, des défenses et des ripostes, a un coût métabolique, de plus en plus lourd, qui entrave la croissance en masse et en nombre des protagonistes.

Comment **s'échapper de cet emprisonnement** métabolique. Comment (re)trouver un (nouvel) état d'équilibre stable et moins couteux, permettant une survie plus facile ?

Par les contrôles des flux entre le TOUT et les PARTIES !

Une protéine, codée par un gène nucléaire, mais qui provient du génome d'une organelle, est synthétisée dans le hyaloplasme, compartiment méta-monère spécialisé dans la synthèse et la dégradation des protéines. Comme elle est destinée au compartiment dont provient le gène la codant, pour qu'elle y soit transportée et là uniquement, elle contient une séquence signal supplémentaire indiquant sa destination et permettant son entrée dans le compartiment approprié où elle sera fonctionnelle. Un récepteur-transporteur dans la membrane contrôle son passage trans-membranaire. Une protéase intra-organelle enlève la séquence signal et les acides aminés correspondants sont récupérés, même en conditions d'hyper-osmoticité. **Survivre c'est manger**. Les protéines des virus doivent suivre la même voie pour atteindre leur cible, nucléaire, mitochondriale, chloroplastidiale ou peroxysomale.

Les membranes internes de la cellule eucaryote proviennent des membranes des Monères qui la constituent.

La membrane mitochondriale externe, la membrane nucléaire externe et la membrane du reticulum endoplasmique contiennent les mêmes lipides que la membrane plasmique. Elles proviennent d'un ancêtre monéral commun et elles sont en continuité. La membrane interne mitochondriale et celle des formes L des bactéries Gram-, de même, se ressemblent.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les membranes de l'appareil de Golgi et du reticulum ont des ressemblances constitutives. La membrane des lysosomes ressemble à la membrane plasmique des Eucaryotes, elles proviennent aussi d'une Monère, ancêtre commun.

La membrane nucléaire interne des Eucaryotes et la membrane plasmique des Archées se ressemblent, elles ont les mêmes propriétés d'endocytose. La membrane interne mitochondriale et la membrane des vacuoles contiennent les mêmes ATPases et les mêmes récepteurs viraux. La membrane plasmique, la membrane du reticulum et la membrane nucléaire externe contiennent les mêmes protéases ATP dépendantes, qui sont absentes des membranes externes des mitochondries et des chloroplastes (tableaux A1 & B1).

Les acteurs, les PARTIES et le TOUT : le noyau des Eucaryotes.

Le noyau contient au moins 1 nucléole dont la taille peut atteindre celle d'une Monère libre. Le noyau est délimité par une double membrane percée de pores. Chaque pore est un endroit où les membranes externe et interne sont jointives, en continuité, un lieu d'échanges entre l'endophysiotope du noyau et l'endophysiotope hyaloplasmique qui est son écoexotope d'accueil. Les protéines virales d'ancrage, d'adsorption, ont des propriétés d'adhésion et de fusion membranaire. Les pores nucléaires ont une structure et des dimensions proches de celles des capsides virales.

Les interfaces membranaires
entre endophysiotope et écoexotope.

La membrane nucléaire externe, homologue à celle des formes L (protoplaste) des Monères, est continue avec celles du reticulum endoplasmique. L'espace péri-nucléaire, délimité par la double membrane nucléaire, est en continuité avec l'espace intra-reticulum. L'ensemble forme un espace ouvert sur l'écoexotope de survie extra-cellulaire. Cet **espace-temps-action commun, partagé**, cet **écophysiotope inter-actif**, permet la communication entre tous les endophysiotopes des Monères constitutives de la la cellule et les échanges avec leur écoexotope commun de survie (figure 28).

L'origine commune, d'une part de la membrane interne nucléaire avec celle d'une membrane d'une forme L d'une Monère, et d'autre part, l'origine commune de la membrane externe nucléaire, de la membrane du reticulum avec celle d'une autre forme L d'une autre espèce de Monère est prouvée par le fonctionnement de la phase de reconstitution de ces membranes à partir du seul reticulum à la fin de la division cellulaire par mitose. Elles portent **les mêmes récepteurs viraux** (tableau B2). La membrane externe du noyau et la membrane plasmique, équivalente à celle des protoplastes de Monères, réagissent de même lors de la fusion membranaire induite par le virus de l'immunodéficience humaine. Les pores de la membrane nucléaire sont aussi des jonctions spécialisées, ente les membranes, externe et interne du noyau, au travers desquelles passent des filaments d'actine réunissant ainsi les endophysiotopes des compartiments partiellement séparés par la double barrière membranaire nucléaire.

Le nucléoplasme et le hyaloplasme contiennent les mêmes filaments déterminant la structure de soutien (le cyto-squelette).

La tubuline est attachée à la membrane nucléaire externe de la même façon qu'elle l'est à la membrane plasmique des formes L. Cependant, cette interface est mobile, c'est une surface mouvante qui permet à la Monère à l'origine du noyau actuel, c'est-à-dire au noyau délimité par sa seule membrane interne, de tourner sur lui-même comme une sphère dans l'espace délimité par la membrane externe et ouvert sur le reticulum. Les pores sont des structures labiles qui peuvent être construites, déconstruites et reconstruites, ré-assemblées de la même façon que le sont les protéines des capsides virales. L'espace intra-réticulaire est aussi un espace fluctuant. L'émergence simultanée de l'espace nucléaire central et du réseau réticulaire endoplasmique ne peut résulter que d'un phénomène d'agrégation de Monères, avec au moins une Monère pré-archéale à l'origine du noyau initial et un groupe de Monères apparentées à l'origine de la masse hyaloplasmique et de ses membranes réticulaires. **L'effet de position** au sein de l'amas peut être **la cause de l'origine fonctionnelle** différente du noyau (figure 28).

Une bactérie, organisme procaryote, n'est pas une cellule, organisme eucaryote. Ce sont deux niveaux d'organisation différents. La cellule, niveau d'organisation ***i***, a émergé de la fusion, par emboîtements et juxtapositions, de Monères, organismes du niveau d'organisation adjacent inférieur ***i-1***.

Le noyau a aussi une origine polymonère,
Comme la cellule c'est une endosyncénose.

Le noyau des coelomocytes des Échinides contient des inclusions d'origine Monère, avec des centres organisateurs délimités par une double membrane, un réseau protéique squelettique avec une inclusion pseudo-cristalline comme l'amas enzymatique des peroxysomes et de l'ARN qui peut migrer entre le nucléoplasme et le hyaloplasme. Des globules analogues à des pro-mitochondries se forment dans le noyau qu'ils quittent pour le hyaloplasme par des dilatations (bourgeonnements) de la double membrane nucléaire.

Le nucléole avec son noyau nucléotidique à ARN et son hétérogénéité nucléoplasmique a une organisation de type procaryotique, comme une Monère dépourvue de membrane englobée dans une autre Monère. Tout se passe comme si le nucléole était une Éomonère à génome à ARN et le noyau une endosyncénose polymonère de Monères à génome(s) maintenant à ADN.

Ce qui est cohérent avec l'existence de **virus spécifiques du noyau**, virus dont le génome peut être **à ADN ou à ARN**.

L'existence du nucléole, des pores nucléaires et des centrosomes, associés au noyau, n'est-elle pas la conséquence de l'émergence d'un nouveau mode de survie dans un monde à ARN, de prédateurs (virus) et proies (pré-archées, pré-bactéries) ?

TABLEAU A-J #1. L'ORIGINE DE LA CELLULE EUCARYOTE.

Tableaux extraits de : **Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés. L'origine endosyncénotique de la cellule : avantages et inconvénients partagés entre partenaires indissociables et bénéfice global pour le nouveau tout émergeant.** 55 p.
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/pbCellOriginDataParis2005.pdf
Complementary Data & Supplementary References de Bricage P. (19 sept. 2005) The Cell originated through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Associations for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and Disadvantages, between the Partners, with a Benefit only for their Wholeness. 11 p. (Article 28)
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf

Tableau A1. Biodiversité des membranes des monères (systèmes adjacents de niveau i-1).
- Les Mycoplasmes n'ont **pas de paroi**. Le plasmalemme est leur seule limite.
- Les BACT **Gram-** possèdent **une seconde membrane** OMB (Outer MemBrane), doublant le plasmalemme IMB (Inner MemBrane), de même structure, et qui contient **des porines**.

L'espace intermembranaire est rempli par la paroi protéique, 5X moins épaisse que chez les Gram+. Il contient des enzymes d'hydrolyse, des récepteurs et des transporteurs.

Aux glycolipides s'ajoutent des éléments nouveaux, lipidiques et peptidiques.

"La qualité remplace la quantité !"

- Les Spirochètes, de forme hélicoïdale, ont des faisceaux de filaments mobiles, dans leur espace périplasmique, entre leurs OMB et IMB.
- Les BACT **Gram+** n'ont qu'une seule membrane, le plasmalemme.

Seules les Mycoplasmatales, **coloniales**, contiennent **des stérols**.[22]

Les Gram- à génome riche en GC sont pléiomorphes, filamenteuses et **aérobies**.

Celles qui sont à génome pauvre en GC sont anaérobies, sphériques et forment **des spores**.
- Une seule protéine peut contrôler la structure d'une membrane **et** les échanges de gènes.[23]

Tableau A2. Biodiversité de l'ENDO des ARK (systèmes adjacents de niveau i-1).
- Leurs ARN 5S ribosomiques ressemblent, en partie à ceux des BACT, et en partie à ceux des EUK.
- ARK et EUK[30] ont des ADN polymérases très proches.[31]
- La protéosynthèse des BACT est inhibée par le chloramphénicol, mais pas celle des ARK, inhibée par la toxine diphtérique, comme celle des EUK.
- Les gènes contrôlant le métabolisme et la division, d'ARK, BACT et EUK, sont **apparentés**.
- Les ARK se distinguent des BACT par leurs EXO extrêmes (eaux bouillantes ou hyperacides, profondeurs abyssales), **où elles seules peuvent survivre**.[32]

Les ARK halophiles et méthanogènes survivent dans **des milieux très hypertoniques**, grâce à leur très forte concentration interne en sels.
- Les ARK possèdent des cytochromes comme les mitochondries, et des ferredoxines comme les Cyanobactéries. ARK, MIT et cBACT ont un ancêtre commun.
- Le génome des ARK peut être modifié par transcription réverse d'ARN en ADN.[33] Il contient des séquences répétées d'ADN et des introns. Le génome des BACT est structuré en domaines fonctionnels (les opérons) et les parties non codantes (transposons, introns) y sont extrêmement rares.

Tableau B1. Biodiversité des membranes des organites de la cellule EUK.

Compositions lipidiques :
- La **OMB MIT** et la **MB ER** ont la même composition lipidique.[74]
- La **IMB MIT** et la **OMB MIT** se ressemblent.
- La **IMB MIT** et le **L** des **BACT Gram-** (comme E. coli) ont un ancêtre
- La **MB NY** et la **MB ER** ont un ancêtre commun.
- La **MB ER** et la **MB GA** ont un ancêtre commun, plus récent que les précédents
- La **MB LYS** et le **L** des **EUK** ont un ancêtre commun, encore plus récent.[75]

Activités physiologiques :
- La **IMB NY** possède des propriétés d'**endocytose** comme le **L EUK**.[76]
- Les ATPases/synthétases des **MB VAC** ont un ancêtre commun avec celles de la **IMB MIT**,
- Le **L**, la **MB ER**, la **OMB NY** portent **les mêmes protéases** à ATP.[77] absentes de OMB cPLST et OMB MIT.
- Des ATPases VAC sont des **récepteurs VIR**.[78]

creative commons

TABLEAU A-J #2. L'ORIGINE DE LA CELLULE EUCARYOTE.

Tableaux extraits de : **Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés. L'origine endosyncénotique de la cellule : avantages et inconvénients partagés entre partenaires indissociables et bénéfice global pour le nouveau tout émergeant.** 55 p.
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/pbCellOriginDataParis2005.pdf
Complementary Data & Supplementary References de Bricage P. (19 sept. 2005) The Cell originated through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Associations for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and Disadvantages, between the Partners, with a Benefit only for their Wholeness. 10 p. (Article 28)
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf

[9] **termes utilisés : abréviations, définitions & étymologie** d'après
CAILLEUX A. & KOMORN J. (1981) *Dictionnaire des Racines Scientifiques.*, 263 p. CDU-SEDES (Paris, France).
Archaea (**ARK**) du grec : archeo **premier**, archeo **primitif**, **Bacteria** (**BACT**) bacter **bâton,** eu **vrai, véritable**
écoexotope (**EXO**) du grec : tope **espace**, exo **externe**, eco **d'habitat**, d'accueil. **Ibid** BRICAGE P. (2002a),
endophysiotope (**ENDO**) du grec : tope **espace**, endo **interne**, physio **(de) ce qui est engendré et croît**,
écophysiotope (**ECO**) : espace d'interactions entre **éco**EXOtope et ENDO**physio**tope,
(éo)monère (une) (**MON**) du grec : mono **seul, unité**, moner **le plus simple** (Haeckel 1866), eo **aurore, du début**,
hyaloplasme et hyaloplasmique (**HYA**) du grec : plasm **ce qui est façonné**,
intégration du grec : integer **entier, qui ne fait qu'un** avec son écoexotope, **qui est inséparable** de son écoexotope
Procarya procaryotes (**PROK**), **Eucarya** eucaryotes (**EUK**) du grec : pro (ou proto) **avant**, caryo **noyau**, eu **vrai**,
symbiotes : les partenaires unis dans l'association symbiotique (symbiose **SYM**), **symbionte** : le tout, l'association.
avantage(s) : **AVANT**, **inconvénient(s)** : **INCON**, **compartiment(s)** : **CPT**

[10] Other abbreviations of terms in use:
cellular level: apoptosis/tic **APO**, cell/cellular **CEL**, centrosome **CENT**, Cyanobacteria **cBACTs**, cytoskeleton **SQ**, endosome **END**, envelope **ENV**, Golgi apparatus **GA**, glyoxysome **GLY**, lysosome **LYS** , stroma **MAT**, membrane **MB**, outer MB **OMB**, inner MB **IMB**, single membrane **1X MB**, double membrane **2X MB**, membrane of sequestration **SQMB**, mitochondria **MITs**, nucleus/ar **NY**, nucleolus/ar **NU**, skeletal wall **W**, peroxysome **PER**, plasma membrane **L**, vacuolar membrane **T**, microsome **MICR**, microtubule **TUB**, phagosome **PHAG**, plastid **PLST**, amyloplaste **aPLST**, chloroplast **cPLST**, perforine **PERF**, porine **POR**, aquaporine **aPOR**, endoplasmic reticulum **ER** (smooth **LER** or granular **RER**), thylakoïd **THYL**, vacuole/ar **VAC**, virus/al **VIR**
molecular level: amino acid **AA**, calcium **Ca++**, carbon dioxide gas **CO2**, electron **e-**, enzyme/atic **ENZ** (**CAT** catalase, **OXY** oxidase, **PEROX** peroxidase, SuperOxydeDismutase **SOD**), proton(s) **H+**, water **H2O**, hydrogen peroxide **H2O2**, dioxygen gas **O2**, protein/aceous **PROT**.

creative commons

Tableau B2. Traces « fossiles » de l'émergence simultanée du noyau et du reticulum : homologie entre les MB NY et le L et équivalence entre espace périNY et lumière du ER.[81]
- La **OMB NY** porte des ribosomes comme la MB ER[82], et est un lieu de production de PROT de sécrétion, qui s'accumulent dans l'espace interMB NY.
- Des **vésicules** intraNY[83] se forment à partir de la IMB NY, comme à partir du L.
- Leurs phospholipase A et protéine kinase C contiennent le **même domaine conservé** (indispensable à leur adressage dépendant du Ca++),
mais la lipase (qui fixe la phosphatidylcholine) appartient à la MB NY et la kinase (qui fixe la phosphatidylsérine) au L.[84]
- La régulation des canaux ioniques (par le Ca++ ou l'ATP) de l'ENV NY et du L est la même.[85]
- L'**origine commune** de la IMB NY et du L, et de la OMB NY, du RE et du L est indiquée par leur **désassemblage** avant la mitose, et leur **réassemblage**, à partir du même ER[86], après la mitose.[87]
Elles contiennent des PROT avec le domaine fonctionnel de l'endonucléase du phage T4.[88]
- La OMB NY se comporte comme le L du point de vue de sa reconnaissance et de sa fusion syncytiale induite par le HIV.[89]

TABLEAU A-J #3. L'ORIGINE DE LA CELLULE EUCARYOTE.

Tableau C. Dans la CEL EUK, il y a autant d'hôtes potentiels pour un VIR que de CPT.

- Les Bunyaviridés sont les VIR les plus répandus. Leur génome, formé de 3 ARN est réparti dans 3 capsides enveloppées qui bourgeonnent sur le GA.[109]
- Le HYA n'est pas seulement la cible des VIR à ARN, les Iridovirus (à ADN) y forment un agrégosome, un viroplasme périNY, dans la zone du CENT[110] et du GA.
- Le NY est la cible des VIR à ADN ou des Rétrovirus, les VIR de l'herpès, de la varicelle ou du zona acquièrent leur MB par bourgeonnent sur la IMB NY[111], des génomes VIR, modulaires, fragmentés, complémentaires[112] sont présents dans le génome NY.
- Des VIR s'intègrent dans le génome NY grâce à une intégrase[113] de bactériophages.
- Les Rhabdovirus eux sont séquestrés dans les cavités du ER.
- Les organites, comme la MIT, sont la cible, directe ou indirecte, de "phages" (comme les Potyviridés), les MIT peuvent être "recrutées" par un VIR, "en association avec" le CENT[114]...
- Les VIR du zona, de la polyédrose ou de l'herpès induisent la formation d'un syncytium.[115]
- Un support MB, ou des PROT MB, facilitent l'adsorption, la réplication et l'intégration VIR.[116]

Une MB est indispensable à la réplication des VIR à ARN : au moins celle du ER (Bromoviridés), du ER, du GA ou des LYS (Poliovirus), des LYS ou des ENDO (Rubellavirus).

- Un domaine PROT commun aux BACT et aux VIR permet leur attachement à la MB et la fusion avec le HYA.[117]
- Les Deltarétrovirus ont des lieux d'adsorption du phage (la MIT) et d'intégration de leur génome (le NY) différents, car le génome MIT a migré dans le génome NY.[118] L'inhibition[119] de l'APO, induite par la destruction des MIT (phage MIT), est possible grâce à la prise de possession du génome NY... Le VIR doit prendre possession du NY pour prendre possession de la MIT. L'hôte est toujours le même (le génome), mais l'espace-temps d'intégration a changé (le lieu d'intégration du DNA est différent du lieu d'adsorption).[120]
- Les VIR végétaux qui ressemblent à un ARNm sont souvent infestifs de tous les CPT CEL, et se déplacent de CEL en CEL par le réseau de tubules du ER.[121]
- L'herpès simplex induit un stress MIT qui remodèle l'endosyncénose CEL.[122]

Tableau D. Quand il y a 2X MB, la OMB est une SQMB et la IMB est un L.

- La OMB MIT est bien une SQMB avec mise en place d'un système d'échange original périMON, la MIT étant contrainte d'échanger son H2O (déchet de la respiration) contre les déchets de la glycolyse anaréobie et l'O2, toxiques pour le HYA.
- Les activités Ca++ATPasiques du L et du ER, moyen le plus efficace d'excréter le Ca++ toxique, dans l'EXO ou dans l'ECO (où il peut servir de réserve) sont les mêmes.
- Les compositions lipidiques des OMB BACT et OMB MIT, sont différentes.[152]
- La MB du LER est identique à la OMB MIT : même densité 1,13 (la IMB MIT est plus dense 1,21), même teneur en phospatidylinositol (13,5 %) et les 2 contiennent du cholestérol.
- La IMB MIT répond aux chocs osmotiques, comme le L BACT, et est riche en cardiolipides.
- La comparaison des concentrations en phosphatidylcholine et en phosphatidyléthanolamine montre une parenté entre L, ER et MB NY d'une part et entre MB PER et IMB MIT d'autre part.

Tableau E. Le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties.

L'expression interactive des génomes :

- L'expression du génome MIT est contrôlée par celle du génome NY, et réciproquement.[214]
- Le phénotype CEL exprimé dépend à la fois du génome NY, du génome MIT et du contexte de leurs expressions et de leurs interactions.[215]
- La mise en place du protéome MIT d'origine HYA est contrôlée par les génomes MIT et NY et par leurs interactions.[216]
- Le génome MIT contient des gènes cPLST[217], et des introns[218], qui peuvent provenir d'un transfert de gènes, VIR ou/et NY, ou entre organites.

L'ontogénèse récapitule la phylogénèse :

- Le génome des MIT animales est le plus réduit (50X plus petit que celui de Rickettsia, lui-même 6X plus petit que celui de Sinorhizobium).
- Le génome des MIT végétales est 10X à 100X plus grand que celui des MIT animales, il peut être 2X plus grand que celui de Rickettsia.
- Lors de l'imbibition des graines d'arachide, il apparaît 2 types de MIT de densités différentes.[219]
- Les MIT des champignons ont un génome de taille intermédiaire, 2X plus grand que celui des MIT animales.[220]

Architecture MIT et architecture CEL[221] sont interdépendantes :

- L'herpès simplex induit un stress MIT qui remodèle toute l'endosyncénose CEL.[222]
- La dé-structuration de la IMB MIT entraîne la destruction de la CEL qui entraîne la fragmentation de la MIT. Au moins 1 gène MIT, et 1 gène NY gouvernent ces étapes.[223]

TABLEAU A-J #4. L'ORIGINE DE LA CELLULE EUCARYOTE.

Tableau F. La mitochondrie est une MON en situation de plasmolyse.
- In vitro, des MIT ne peuvent être isolées intactes que dans un EXO **hypertonique**, pour éviter leur lyse par entrée d'eau.
- Les MIT gonflent en présence de phosphates, et se contractent avec extrusion d'eau en présence d'ATP.
- Elles possèdent un **pouvoir d'imbibition considérable**, contenu par la OMB/SQMB.. La rupture de celle-ci permet une augmentation en volume, sans rupture, de 10X.
- C'est la condensation de sa IMB et son ENDO qui est à l'origine du métabolisme respiratoire, générateur à la fois d'eau (**pour lutter contre la plasmolyse entretenue** par le HYA) et d'ATP[224] (permettant le contrôle des flux tendus des métabolites **contre le gradient osmotique**).
- La IMB MIT a la même composition que la MB pourpre des **Halo**bactéries.
- La MIT est une ARK thermoacidophile qui survit, **à température ambiante**, dans une MON.

Tableau G. Les phages mitochondriaux sont très nombreux.
Même s'il n'est plus aujourd'hui un CPT d'accueil l'organite est indispensable à la survie de VIF.
- La MIT est indispensable à la réplication du DNA de certains VIR.[250]
- Il existe des bactériophages enveloppés à cardiolipides dont la MB ressemble à la fois à une MB BACT et à une **IMB MIT**.[251]
- **Tous** les Caulimovirus du Pelargonium ont pour cible la MIT.

Des virus s'adsorbent sur la MIT, comme les bactériophages sur une MO.

- La core protéine du VIR de l'hépatite C a pour cible la **OMB MIT** (et la MB du ER,[252] lorsqu'elles sont au contact)
- La OMB MIT est reconnue par les PROT VIR d'un Papillomavirus[253] et d'un Myxomavirus.[254]
- Une protéine du VIR de la grippe s'intègre dans la OMB MIT et induit "comme une perforine" la lyse de la MIT.[255]
- Le génome du VIR de la grippe code pour une protéine spécifique[256] de la **IMB MIT**.
- Le génome des Tombovirus code pour une protéine[257] contenant un domaine signal spécifique de la **OMB MIT** et un domaine d'ancrage dans la **IMB MIT**. C'est une protéine d'adsorption sur l'ENV MIT, dont la fixation altère la morphologie de l'organite. Elle fait partie d'un complexe de contrôle à la fois de la survie du VIR (avec une réplicase[258]) et de survie (provisoire[259]) de la MIT[260], empêchant l'APO de la CEL.
- Le VIR de l'hépatite B se fixe à la POR VDAC de la MIT, protéine qui appartient à un complexe transMB **d'entrée dans la MAT**.[261] Il rompt l'intégrité de l'ENV.
- Les Nodavirus possèdent un domaine protéique transMB d'adsorption[262] sur l'ENV MIT[263] et la **synthèse de leur ARN** a lieu dans la MIT.
- Les Cytomégalovirus animaux et les Potyvirus végétaux, spécifiques de la MIT, ont 2 hôtes :
  1 hôte d'adsorption, la MIT (qui représente un "reliquat" évolutif de leur ancien EXO), et
  1 nouvel hôte d'intégration de leur génome, le NY (leur nouvel EXO).

Cette relation prédateur/proie est très ancienn.

- Dans certains tissus, le génome MIT se réplique par un mécanisme de transcription inverse proche de celui utilisé par les **Rétrovirus**.[264]
- Les VIR à RNA simple brin (**RNA1+**[265]) reconnaissent aussi bien la MB du ER, le L, le T, la MB PER, la MB LYS et les OMB MIT ou cPLST. Ce qui est la preuve de l'origine commune de ces MB (tableau B1.) et de la très grande ancienneté de ce type de VIR.

creative commons

[10] Other abbreviations of terms in use:
cellular level: apoptosis/tic **APO**, cell/cellular **CEL**, centrosome **CENT**, Cyanobacteria **cBACTs**, cytoskeleton **SQ**, endosome **END**, envelope **ENV**, Golgi apparatus **GA**, glyoxysome **GLY**, lysosome **LYS** , stroma **MAT**, membrane **MB**, outer MB **OMB**, inner MB **IMB**, single membrane **1X MB**, double membrane **2X MB**, membrane of sequestration **SQMB**, mitochondria **MITs**, nucleus/ar **NY**, nucleolus/ar **NU**, skeletal wall **W**, peroxysome **PER**, plasma membrane **L**, vacuolar membrane **T**, microsome **MICR**, microtubule **TUB**, phagosome **PHAG**, plastid **PLST**, amyloplaste **aPLST**, chloroplast **cPLST**, perforine **PERF**, porine **POR**, aquaporine **aPOR**, endoplasmic reticulum **ER** (smooth **LER** or granular **RER**), thylakoïd **THYL**, vacuole/ar **VAC**, virus/al **VIR**
molecular level: amino acid **AA**, calcium **Ca++**, carbon dioxide gas **CO2**, electron **e-**, enzyme/atic **ENZ** (**CAT** catalase, **OXY** oxidase, **PEROX** peroxidase, SuperOxydeDismutase **SOD**), proton(s) **H+**, water **H2O**, hydrogen peroxide **H2O2**, dioxygen gas **O2**, protein/aceous **PROT**.

TABLEAU A-J #5. L'ORIGINE DE LA CELLULE EUCARYOTE.

Tableau H. Quel ancêtre commun aux organites ?

- Dans les cPLST jeunes, les THYL s'organisent comme le GA, en saccules aplatis émettant des vésicules, le(s) nucléoïde(s) étant localisé(s) entre leurs empilements.

Le cPLST a une parenté avec MIT et PER.

- Les proPLST ressemblent à des proMIT, et les cPLST dépourvus de chlorophylle à des MIT.[337]
- Les leucoplastes contiennent des globules lipidiques dont la taille atteint celle d'une MIT. Ces cPLST, amiboïdes, se déforment continuellement.
- Les proplastes peuvent renfermer un dépôt granulaire analogue au cristal des PER ou des MIT, qui disparaît au cours de leur différenciation en cPLST.
- À l'obscurité, les proPLST deviennent des étioplastes contenant des THYL en continuité, formant un réseau à géométrie cristalline, comme les PER.

Le cPLST fonctionne à l'inverse de la MIT :

- L'hyperosmolarité (sorbitol 1,0 M) réduit l'activité du cycle de Calvin de la MAT mais pas celle des THYL, qui comme les MIT y résiste.[338]
- Par rapport à l'isotonicité du HYA (0,5 M), extrait dans un environnement hypotonique (0,33 M), le cPLST répond à l'hypertonicité (0,72 M)[339], alors que la MIT extraite dans un environnement hypertonique (0,75 M) répond à l'hypotonicité.
- Le cPLST, turgescent, et hydrophobe (!)[340], est spécialisé dans l'importation d'eau, la MIT, plasmolysée, et hydrophile, l'est dans son exportation (!).

Tableau I. La semi-autonomie du peroxysome.

Croissance en masse et en nombre, morphogénèse.

- Une PROT de sa MB contrôle sa croissance en nombre.[466]
- D'autres PROT du PER contrôlent sa croissance en masse[467] et en nombre.[468]
  Une stimule[469] sa croissance en masse et en nombre. Une autre l'inhibe.[470]
  Il se divise comme le HYA grâce à une dynamine.[471]
- Des PROT du PER contrôlent sa morphogénèse[472] et l'importation[473] de ses PROT.
- Plus de 20 PROT sont indispensables à son assemblage,
  dont 4 seulement sont impliquées dans leur importation.[474]

L'étude du protéome du PER[475] indique

- qu'il possède des ATPases semblables à celles de IMB MIT et L,
- qu'il s'autoassemble, comme un VIR, mais sous contrôle photique, comme un cPLST,
- qu'il est initialement compétent dans le métabolisme anti-oxydant et dans le métabolisme lipidique, comme cPLST et MIT,
- qu'il possède les mêmes PROT chaperonnes que le HYA.

Il a donc un ancêtre commun avec le HYA puis avec MIT et cPLST.

- Sa MB ressemble à la fois à L et ER, comme attendu dans l'hypothèse endosyncénotique de l'origine du NY (et du reticulum)

par agrégation (juxtaposition) suivie de différenciation (emboîtement).

Tableau J. L'origine des membranes de la cellule.

Organites à **1 seule membrane**, sans contenu : réticulum, espace périnucléaire.
Émergences simultanées par accolement membranaire entre monères délimitées par une 1 MB :
juxtaposition et emboîtement, avec mise en place de jonctions et de pores,
à l'origine d'un nouveau compartiment, **interface tampon**, l'écoexotope.
Organites à **1 seule membrane, avec contenu** : peroxysome, lysosome.
Monères envahisseur(s)[503], non séquestrée(s) par déséquestration (ou évasion du phagosome).
Organite **sans membrane** : centrosome, nucléole.
Fusion membranaire entre monères délimitées par une 1X MB,
ou avec un VIR enveloppé.
Organites à **2 membranes**, avec un contenu et un espace intermembranaire sans contenu :
: mitochondrie, plaste.
Prédateur ou proie séquestré(e).

Tableaux extraits de : **Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés. ARMSADA**
L'origine endosyncénotique de la cellule : avantages et inconvénients partagés entre partenaires indissociables et bénéfice global pour le nouveau tout émergeant. Complementary Data & Supplementary References . 55 p.
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/pbCellOriginDataParis2005.pdf
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf

Le *reticulum* endoplasmique, l'appareil de Golgi et le centrosome sont indissociables.

Le réseau de tubules et de canalicules du reticulum endoplasmique peut représenter plus de 50% des surfaces membranaires. Comme la mitochondrie, le réticulum assure la séquestration du calcium (Ca++) et des processus enzymatiques oxydatifs de détoxification. Le reticulum entoure et isole, dans des vacuoles digestives, les organelles sénescentes du reste de l'endophysiotope cellulaire.

L'appareil de Golgi et le réseau réticulaire associé sont des compartiments spécialisés dans la synthèse, la finition fonctionnelle et la distribution, entre compartiments internes ou vers l'extérieur (sécrétion), des protéines, lipo-protéines et glyco-protéines, dans un espace analogue à l'espace inter-membranaire des bactéries Gram-.

L'appareil de Golgi croît par extension et fission à partir d'un Golgi pré-existant. De même les centrosomes, composés de 2 centrioles, croissent à partir d'un centrosome préexistant. Au cours de la fusion de deux cellules, les appareils de Golgi fusionnent en une seule structure. Fusions, croissance et fissions sont la règle.

La membrane nucléaire externe, le reticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi ont **la même dynamique**. L'appareil de Golgi, les peroxysomes et les centrosomes peuvent être **formés *de novo***, les gènes de structure correspondants étant hébergés dans le génome nucléaire. Et ils sont **semi-autonomes** pour leur fusion ou fission (division par scissiparité), comme le sont les mitochondries.

La nature des dangers cellulaires contenus révèlent l'origine des organelles. Chacune a ses propres phages. Des virus peuvent fusionner avec la membrane nucléaire interne ou en émerger par bourgeonnement dans l'espace réticulaire, qui est l'extérieur de la cellule. D'autres le font avec la membrane du reticulum. Une unique protéine permet la fusion membranaire virale et la **fusion de formes L en un syncytium à membrane unique.** Ce qui indique l'origine commune de ces membranes, toutes de type monére. Et, il y a autant de **virus potentiels** que **de compartiments cellulaires** (tableau C).

L'intégrité de l'appareil de Golgi, du centrosome et du noyau dépend d'un cytosquelette commun. Le mouvement, le maintien de la forme, ou la déformation, des organelles et de la cellule est assuré par le même réseau de filaments d'actine et de tubuline. Les filaments du squelette de tubuline sont formés de monomères protéiques fibreux, arrangés en un motif répété, qui délimitent un tube creux. Cette typologie est typique de la structure capsidiale creuse de nombreux virus filamenteux, comme celui de la mosaïque du tabac.

Le centrosome avec ses deux centrioles a une structure analogue, avec ses deux capsides vides, à celles de virus nus à plusieurs capsides.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

LES PARTIES ET LE TOUT - LES ACTEURS ET LE SYSTÈME.

Quelle est l'origine des mitochondries et des plastes ?

Les mitochondries, et les plastes, quelles que soient leurs origines et leurs rôles dans la cellule, possèdent un génome en propre. Leurs membranes, interne et externe, contiennent les mêmes protéines. Mais la membrane externe, moins riche en protéines, est à la fois simplifiée et spécialisée, dans la régulation des flux d'eau et de substances dissoutes, comme la membrane plasmique cellulaire.

Toute membrane est une interface de confrontation et d'échanges réciproques, contraints et contrôlés.

En anaérobiose, l'avantage de l'absorption de sucres pour les Monères, sans paroi, à membrane plasmique nue, est associé à un inconvénient, l'entrée d'un flux délétère de protons, dont le rejet, l'excrétion a un coût énergétique avec la consommation d'ATP.

La mitochondrie est, à la fois, un hôte et un otage, prisonnier du hyaloplasme.

Les activités enzymatiques régulatrices du pH, ATPases-ATPsynthases, des lysosomes, endosomes, vacuoles diverses, et mitochondries, sont toujours orientées en direction de l'endo-physiotope cellulaire qui est leur écoexotope de survie. Quelle que soit la membrane, elle possède cette même activité fonctionnelle réversible. Seuls les facteurs de régulation et les conditions fonctionnelles (pH, température, concentrations en substrats) diffèrent.

Mais si l'activité ATPase des membranes des formes L, régulatrice de la concentration en Ca++, éjecte à l'extérieur du hyaloplasme, dans l'écoexotope, le calcium, toxique pour l'endophysiotope, celle des mitochondries, dont le hyaloplasme est l'écoexotope de survie, est contrainte de pomper, de concentrer, le Ca++ dans l'endophysiotope mitochondrial. C'est **un avantage** pour le hyaloplasme et **un inconvénient** pour la mitochondrie. Mais, en présence d'oxygène (O2), l'excrétion des protons (H+) est associée à une chaîne intramembranaire de transport d'électrons (e-), qui permet, à la membrane interne, de synthétiser de l'ATP pour l'endophysiotope mitochondrial. Deux inconvénients deviennent un avantage. **Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.**

La membrane interne mitochondriale seule permet à l'organelle de survivre dans un écoexotope délétère, à la fois riche en oxygène (toxique), et acide (toxique). Alors à quoi sert la membrane externe ? L'ATP intra-mitochondrial, formé dans l'organelle hébergée, peut être échangé contre des sucres (carbohydrates), des lipides simples, des nucléotides, des acides aminés, voire des peptides, provenant du hyaloplasme hébergeant. L'entrée des protéines destinées au compartiment mitochondrial, à travers les pores mitochondriaux, au niveau des sites de contact entre membranes interne et externe, est consommatrice d'ATP. Mais cet **inconvénient** peut être **compensé par un avantage**, la digestion (l'hydrolyse) ultérieure de ces protéines libère des acides aminés ou de l'énergie.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

L'analyse des structures protéiques indique une parenté de la membrane interne mitochondriale avec la membrane plasmique des formes L des bactéries Gram-. L'analyse des structures protéiques indique une parenté de la membrane externe mitochondriale avec la membrane plasmique des eucaryotes.

Un mécanisme d'attaque-défense est à l'origine des membranes externes des compartiments.

Lors de l'absorption, par un prédateur cellulaire eucaryote, d'une proie procaryote, dans le processus de séquestration à l'origine de la non-destruction de la proie par le prédateur et de la non-destruction du prédateur par la proie, le **futur hôte hébergeant** produit des perforines contre la membrane du **futur hôte hébergé** et le futur hôte hébergé produit des perforines contre la membrane du futur hôte hébergeant. La **membrane plasmique de séquestration**, avec ses pores, est à l'origine de la membrane externe de la future organelle (mitochondrie ou plaste). De même la membrane interne de l'organelle en devenir contient des pores mais d'une autre origine. Ce sont ces pores qui ont permis le transfert plus ou moins complet du génome de l'hôte hébergé dans le compartiment spécialisé correspondant, le noyau, de l'hôte hébergeant. Dans le génome nucléaire sont présents à la fois les gènes eucaryotes codant pour **l'ancien système d'attaque-défense contre les procaryotes** et les gènes procaryotes codant pour **l'ancien système d'attaque-défense contre les eucaryotes**. Dans la double membrane de l'organelle, les protéines mixtes correspondantes forment une structure hybride qui contient **les signaux, les récepteurs,** permettant la communication et **la non-agression réciproque** de l'hôte hébergeant avec l'hôte **hébergé, mais, isolé, séquestré.**

La membrane du reticulum lisse et la membrane externe mitochondriale sont identiques et en continuité. La membrane interne mitochondriale et la membrane plasmique des formes L des bactéries réagissent identiquement aux chocs osmotiques. Les compositions en lipides de la membre externe des bactéries et de la membrane externe mitochondriale sont différentes. La membrane externe mitochondriale est une membrane de séquestration avec un nouveau système d'échanges. Quelle que soit l'organelle, quand il y a une double membrane, la membrane externe est une membrane de séquestration et la membrane interne est équivalente à celle d'une forme L.

Le système moléculaire d'attaque et de défense : porines et perforines.

L'hyperosmoticité accélère l'excrétion des protons. L'acidité favorise leur absorption. Un écoexotope hyper-acide et pauvre en eau disponible va entraîner la sortie de l'eau libre, l'entrée de sucres et la synthèse d'ATP. C'est exactement le mécanisme par lequel l'endophysiotope de la mitochondrie, **hôte et otage, est contraint de fonctionner, habitant prisonnier** du hyaloplasme qui l'héberge.

Toutes les membranes dérivent de la membrane d'un ancêtre commun, une Monère, de type pré-archéen et pré-bactérien.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

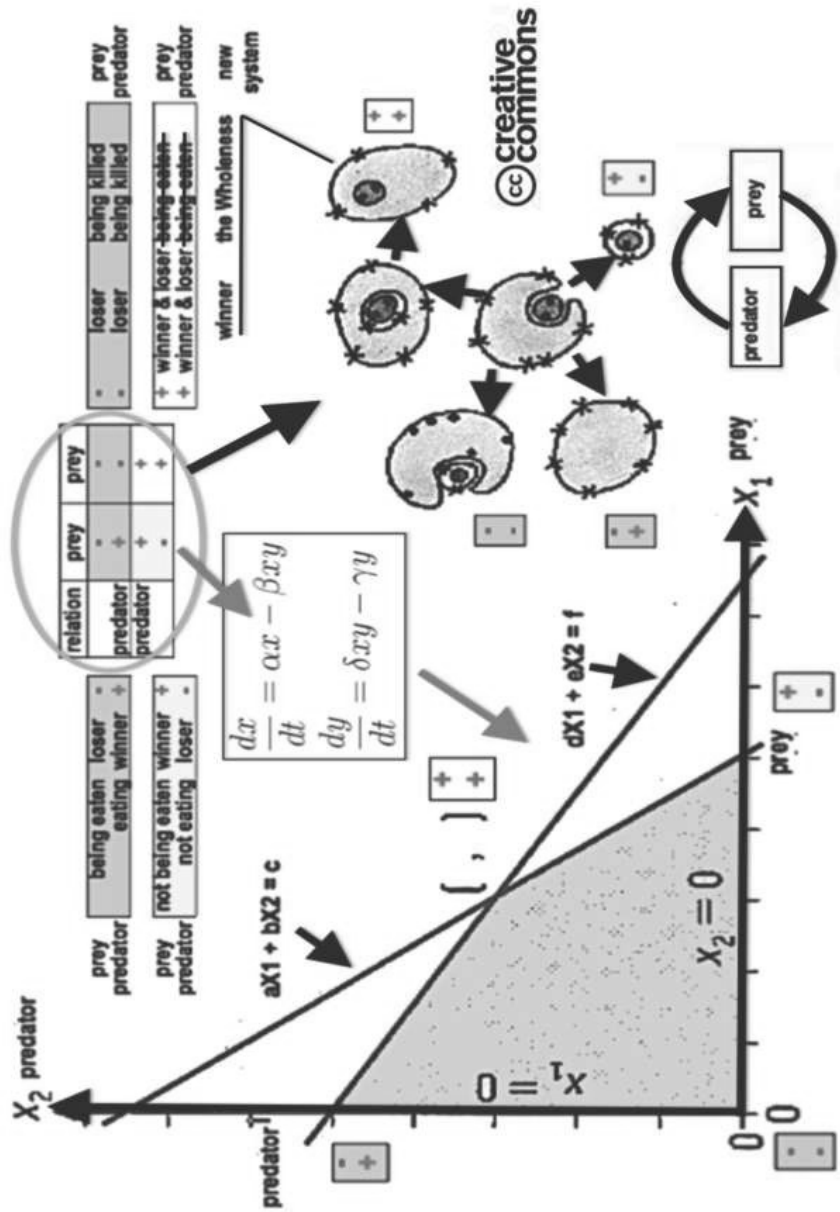
La présence intra-membranaire, universelle, de porines et de domaines protéiques intervenant à la fois dans l'adressage, la protection membranaire et le contrôle de la division cellulaire le prouve. Et cela confirme que **la pléiotropie**, des protéines et des gènes, **est à la base des mécanismes d'exaptation**. Les gènes codant les porines s'expriment préférentiellement dans des écoexotopes extrêmes, soit trop concentrés, soit trop peu concentrés, en substances dissoutes. Toujours extrahyaloplasmiques et excrétées, les porines sont présentes à la fois dans les membranes externes des bactéries Gram-, des mitochondries et des chloroplastes et dans celles des formes L des eucaryotes et dans leur reticulum endoplasmique.

Les membranes simples des glyoxysomes et peroxysomes et la membrane externe mitochondriale présentent les mêmes porines. La membrane externe mitochondriale, dont l'altération est une altération du processus de séquestration, qui déclenche l'apoptose, le suicide, de la cellule entière, contient les mêmes porines que la membrane des formes L. Les protéines déclenchant l'apoptose, comme celles de certains virus ou les protéines anti-apoptose comme celles d'autres virus réagissent avec ce même type de porines. A côté de leur rôle dans le maintien du statut hydrique, chez les bactéries Gram-, les porines interviennent dans les processus d'adhérence et d'invasion. Leur synthèse est accrue en anaérobiose. Les porines de type OmpF interviennent à la fois dans la structure fonctionnelle des pores et dans l'hydrolyse des acides nucléiques (ADN et ARN).

Les lymphocytes tuent les bactéries infectant l'organisme ou les cellules infectées par des virus en libérant des perforines qui créent des pores dans les membranes cellulaires ou bactériennes. L'apoptose est déclenchée par des perforines. Réciproquement, certains virus, en particulier ceux **qui induisent la formation de syncytium par fusions membranaires**, ou certaines Monères, produisent des perforines qui détruisent leurs cibles en jouant le rôle de porines ou en détournant le fonctionnement de porines. Les protéines bactériennes d'apoptose sont des perforines.

L'origine des membranes : <u>modularité, pléiotropie et exaptation</u>.

Les membranes du reticulum endoplasmique et la membrane plasmique des formes L portent les mêmes ATPases. La membrane mitochondriale externe et la membrane plasmique des formes L contiennent les mêmes canaux d'échange des ions Ca++. Les mêmes canaux d'échange d'eau, localisés dans la membrane externe des bactéries Gram- et dans la membrane externe mitochondriale interviennent à la fois dans les processus d'adhérence intracellulaire et dans l'apoptose. **La parenté de ces structures indique une origine commune** de la membrane des formes L et de la membrane interne mitochondriale et confirme que la membrane externe mitochondriale est bien **une membrane de séquestration**. Mais cette membrane externe de séquestration a été modifiée en même temps que l'a été la membrane interne. Le TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses parties.


X_2 predator
predator
X_1 prey
prey
$X_2 = 0$
$X_1 = 0$
aX1 + bX2 = c
dX1 + eX2 = f
$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$
$\frac{dy}{dt} = \delta xy - \gamma y$
relation prey prey
predator - +
predator + -
prey predator
being eaten loser - +
eating winner + -
prey predator
not being eaten winner +
not eating loser -
prey predator
- - loser being killed
- - loser being killed
prey predator
+ + winner & loser-being-eaten-
+ + winner & loser-being-eaten-
winner the Wholeness new system
creative commons
predator prey

The 4 final states of the predator (virus or bacterium)/prey (cell) relationship: Figure 27 the simplex method's solution.

"To survive it is to eat and not to be eaten." (Bricage 2000b, Bricage 2003b FIGURE I.1)
It is a real application of **"the prisoner dilemma"** model (Shermer 2008).

But, soon or late, it is impossible not to be eaten! (Bricage & al. 1991), like in **"the game of life"** (Mitchell 2003), where the result converges to a steady state after a great number of iterations.

1. apoptosis (0,0) the cell's suicide kills **together** the cell and the virus: stable equilibrium but with biodiversity level= 0

2. the prey wins (X2=0), it kills its predator with a product, or it is not eaten because of a wall & the predator dies of hunger: stable equilibrium biodiversity level= 1 (prey only)

3. the predator wins (X1=0), it eats its prey, but when the preys all are eaten, there is nothing to eat, the predator dies: after a delay, stable equilibrium but with biodiversity level= 0

4. the 2 are "eaters" (they are both eating & eaten), like in a plant cell the mitochondria eat the waste products of the chloroplasts and reciprocally the chloroplasts eat the waste products of the mitochondria (Bricage 2000b), like in a lichen organism (Bricage 1998), the algal **parcener** is nourished by the fungal one but reciprocally the algal prey provides its flesh as food for the fungal predator: stable equilibrium (,) depending of the relations (aX1+bX2=c & dX1+eX2=f (Fouilhoux 2008)) of their mutual constraining. The interaction between the 2 species leads to exaptation: biodiversity level= 3 (2 "old" species= 2 new **parceners**, in **1 new** Whole= 1 new species).

Figure's key words: **"predator"** (the virus) the one which is "eating" (usually the winner: probability 0,999999) through its **capacity "to be welcomed"**, **"prey"** the one which is "eaten" through its **capacity of hosting** (playing the role of an ecoexotope), **ARMSADA** : no winner, no loser, both winner and loser.

Figure's key reference: Bricage P. (2001a) Les caractéristiques du vivant biologique et sociétal ? Pour survivre et se survivre, la vie est d'abord un flux, ergodique, fractal et contingent, vers des macro-états organisés de micro-états, à la suite de brisures de symétrie. *L'évolution, du vivant au social.* atelier AFSCET, I.I.A.P., Paris, 11 p., 2 figures.
http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf

Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages: Applicative Insights in Prevention or Cure of AIDS. Complementary Data, Figures & References.

APOCOSIS Associação Portuguesa de Complexidade Sistémica **Faculty of Science & Technology, Lisbon**

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

L'ancestrale Monère, endosymbiote initiale, ne ressemblait pas aux procaryotes actuelles (Archées et bactéries), pas plus que l'ancestrale endosyncénose eucaryote ne ressemblait aux cellules eucaryotes actuelles. La modularité différentielle des Monères, accentuée par les effets de position au sein du tapis de Monères ancestrales fusionnées par une infection virale, est à l'origine **à la fois** de la diversité génétique intra-nucléaire des génomes co-existants et de la diversité phénotypique des compartiments intra-cellulaires, **emboîtés et juxtaposés en un nouveau TOUT**, la cellule.

La modularité moléculaire, résulte de la modularité génétique, **qui résulte de la modularité** compartimentale, et est à l'origine de protéines nouvelles, résultant d'**assemblages par juxtapositions et emboîtements** de séquences peptidiques anciennes. L'accumulation d'erreurs de réplication, d'erreurs de réparation, d'erreurs de codage ou de décodage, ou d'erreurs de traduction, au fil du temps a abouti à la fois à des protéines et à des génomes non-fonctionnels, dont les cellules porteuses ont été éliminées, et à des protéines, et des génomes, fonctionnels, nouveaux, structures qui ont été avantagées et conservées. Les désavantages peuvent être très nombreux, très grands ou très coûteux, pour la survie, **qu'importe si, tôt ou tard, un avantage émerge** qui permet une meilleure survie et accroît la biodiversité des endophysiotopes possibles.

Toute cellule eucaryote actuelle, de niveau d'organisation ***i***, est une mosaïque d'organelles, emboîtées et juxtaposées, de niveau d'organisation ***i - 1*** (et, **aucune Monère n'est une cellule !**). Les endophysiotopes des organelles ont une durée de survie limitée et sont **continuellement renouvelés ou recyclés** au sein de leur éco-exotope cellulaire d'accueil. **L'espace-temps-action** des organelles est celui de leurs Monères ancestrales. Une bactérie peut se diviser toutes les heures. **L'espace-temps-action** de la cellule est un espace-temps-action nouveau, émergeant, incommensurable par rapport à celui des Monères. La durée de vie des cellules est à l'échelle du jour, voire de l'année, voire du siècle pour certaines cellules. En intégrant l'endosymbiose cellulaire les Monères internalisés sont devenues **"éternelles"**, de la même façon que le sont devenus les bactériophages intégrés au sein d'un génome bactérien, de la même façon que le deviendront les virus intégrés ultérieurement au sein du génome de la cellule eucaryote. Quels en sont les avantages ?

Au sein d'un coacervat, d'une Monère ou d'une cellule, il y a une **compétition** pour la synthèse des acides nucléiques, ARN et ADN, pour l'utilisation des nucléotides qui les constituent, qui sont aussi les porteurs des liaisons riches en énergie disponible (particulièrement l'ATP) et des signaux régulateurs hormonaux (particulièrement le GTP). Les concentrations en nucléotides sont les **facteurs limitants**, directement, de la réserve énergétique disponible et de la synthèse des génomes, et, donc, indirectement, de la synthèse des protéines. De même les concentrations en acides aminés disponibles limitent la synthèse des protéines possibles.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les compétitions locales, au niveau moléculaire, au sein des organelles et entre les organelles, dommageables pour les survies individuelles, sont **arbitrées par l'assistance** globale du TOUT aux parties. Pour que le TOUT survive il faut d'abord que les PARTIES survivent, et, pour que les PARTIES survivent il faut d'abord que le TOUT survive.

La survie des uns passe par celle des autres et réciproquement.
Les avantages pour les uns sont des inconvénients pour les autres et réciproquement.

LES MITOCHONDRIES : STRUCTURES FONCTIONNELLES

Toute mitochondrie est une Monère séquestrée, prisonnière d'une association de Monères, la cellule ; **semi-autonome**, la mitochondrie, se déforme, se déplace, se différencie, croit en masse et en nombre, survit et se survit, se divise et fusionne, au sein du hyaloplasme de la structure cellulaire qui l'héberge.

Interactions entre endophysiotope et écoexotope : protéome, génome et membranes.

La membrane mitochondriale interne et la membrane délimitante des formes L des Monères contiennent le même complexe enzymatique à activité réversible ATPase/ATPsynthase, preuve d'une origine commune. Comme la perméabilité de la membrane mitochondriale externe permet le passage de solutés provenant du hyaloplasme, l'espace mitochondrial inter-membranaire remplace et recrée donc en quelque sorte l'écoexotope liquidien de l'ancienne Monère ancestrale, à vie libre, à l'origine de la première mitochondrie.

L'origine de la perméabilité sélective de la membrane interne, de son hyper-concentration en protéines constitutives et de ses replis ou crêtes, est explicable par une seule cause simple[7], un **phénomène de plasmolyse** (tableau F). La déshydratation est à l'origine de l'état de plasmolyse de l'endophysiotope mitochondrial. Les oxydations respiratoires intra-mitochondriales permettent de recréer de l'eau pour compenser les hydrolyses hyaloplasmiques et mitochondriales qui consomment de l'eau. Les flux d'eau et la disponibilité en ATP permettent de réguler les flux tendus de métabolites à l'encontre du gradient osmotique défavorable à la mitochondrie. La matrice mitochondriale est l'endophysiotope d'une Monère halophile, à vie aérobie hyperoxique, à l'état de protoplaste, séquestrée et plasmolysée, qui survit dans un écoexotope acide en produisant, grâce à l'activité de sa chaîne respiratoire intra-membranaire, de l'eau libre **pour lutter contre l'hyperosmolarité qui la contraint**. Et, qui échange des métabolites nutritifs, des déchets et des molécules fonctionnelles, avec le hyaloplasme en payant en ATP les coûts de ce “commerce métabolique“.

[7] Application du **principe dit du rasoir d'Ockham** : il faut privilégier l'explication la plus simple.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Tout se passe comme si les aliments respiratoires étaient oxydés en se combinant avec l'oxygène, mais en fait c'est l'eau qui est la source de l'oxygène utilisé car l'oxygène libre est toxique. Les phosphorylations oxydatives mitochondriales sont “à la fois“ comme **une combustion froide sans oxygène ou une hydrolyse sans eau.**

L'activité de l'endophysiotope mitochondrial à vie aérobie hyperoxique permet la survie de l'endophysiotope hyaloplasmique qui est **maintenu en anaérobiose,** même **dans un écoexotope aérobie** ou oxygénique. L'intégration ultérieure du compartiment chloroplastidial a consolidé le rôle du compartiment mitochondrial, de la même façon que l'intégration de la mitochondrie avait consolidé le rôle du peroxysome, Monère plus anciennement intégrée, maintenant spécialisée dans la détoxification des radicaux libres oxygénés.

La structure fonctionnelle de la membrane mitochondriale interne est **à la fois la cause et la conséquence** des changements des conditions relatives de pH de part et d'autre de la membrane. Les flux d'électrons sont similaires à ceux des Monères photosynthétiques an-oxygéniques. L'espace inter-membranaire est similaire à l'espace inter-membranaire péri-plasmique des Monères Gram-. L'ancêtre du compartiment mitochondrial était une Monère photosynthétique, à vie aérobie, d'eau douce, qui a été piégée dans un écoexotope hyper-osmotique, et non pas une Monère prédatrice ou parasite.

En plus des aquaporines de la membrane externe et des ATPases de la membrane interne, une peroxydase à glutathion, comme dans les chloroplastes, une protéine de la membrane des peroxysomes, au moins une clathrine typique des protoplastes sont présentes. En outre des séquences de génomes rétroviraux et des transposons sont présents dans les génomes mitochondriaux de la mitochondrie et du noyau. L'importation des protéines constitutives de la membrane interne et de la matrice de la mitochondrie est en faveur d'un endophysiotope ancestral ayant vécu dans un écoexotope initialement acide et hypotonique. Les protéines adressées à la membrane interne et celles des membranes des formes L des Monères possèdent le même signal d'adressage hydrophobique. Les protéines sans signal d'adressage, en provenance de l'endophysiotope mitochondrial (la matrice) ou de l'endophysiotope cellulaire (le hyaloplasme), sont excrétées dans l'espace inter-membranaire. Cet écoexotope commun, partagé, d'échange, peut être en continuité avec le reticulum endoplasmique, lui-même **ouvert sur l'écoexotope** de survie du TOUT, hors de l'endophysiotope de la cellule.

Des transferts de gènes ont eu lieu de la mitochondrie vers le noyau, dans les cellules de type animal, hétérotrophes, avant l'intégration du chloroplaste. Après l'intégration du chloroplaste, dans les cellules végétales, autotrophes, des transferts de gènes ont eu lieu entre mitochondrie et chloroplaste. **Le transfert de gènes**, élément clé de la transformation génétique, **est toujours présent** chez les Monères actuelles, et contribue toujours à leur évolution.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Au microscope électronique à transmission, on peut observer des figures de fusion des espaces-temps-actions inter-membranaires entre mitochondries et entre mitochondries et chloroplastes. Lors de ces fusions les morphologies des compartiments séquestrés ensemble changent. La mitochondrie peut devenir turgescente, elle gonfle et les crêtes disparaissent avec le dépliement de la membrane interne. Le génome mitochondrial global contient des gènes, des introns, des plasmides, provenant de virus dont l'invasion d'autres compartiments cellulaires (noyau, plastes, peroxysomes, glyoxysomes) est attestée (tableau E).

Une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés.

La mitochondrie se nourrit des déchets de l'activité du hyaloplasme et du chloroplaste et approvisionne en métabolites utiles le chloroplaste (H_2O, CO_2) et le peroxysome (urée, ammoniaque). La mitochondrie stocke les ions Ca++, dont la concentration doit être maintenue très faible dans le hyaloplasme, car le calcium est toxique. La synthèse de l'hème, indispensable au fonctionnement des pigments héminiques comme la chlorophylle, indispensable à l'activité, catalytique des peroxydases (enzymes des peroxysomes et d'autres compartiments) ou des hémo-protéines (comme la myoglobine), du hyaloplasme et des mitochondries, débute dans la mitochondrie, se poursuit dans le hyaloplasme et se termine dans la mitochondrie.

La survie de l'un des compartiments ou du TOUT a pour **préalable** que tous les autres compartiments survivent et réciproquement. La lésion structurale ou l'hyperactivité fonctionnelle de la membrane mitochondriale interne peuvent provoquer l'apoptose du TOUT, la cellule. Des protéases du hyaloplasme détruisent alors les structures du noyau et de la mitochondrie, les endosymbiotes, habitants étrangers, sont rejetés par le hyaloplasme qui les hébergeait. **Le non-soi, qui était toléré, en situation de détresse létale est rejeté.** Pour que le TOUT, l'endo-syn-cénose, survive, il faut que chaque partenaire, chaque **parcener**, et l'ensemble des symbiotes, survivent d'abord. La membrane mitochondriale externe, membrane de séquestration, est l'interface qui a permis à la cellule, en devenir, de **domestiquer** l'ancêtre de la mitochondrie actuelle et, simultanément, d'**être domestiqué** par lui. Dans toute symbiose stable, tout ce qui est un avantage pour un partenaire, **le TOUT étant un partenaire comme un autre,** est un inconvénient pour un autre, et réciproquement.

Tout se passe comme si la mitochondrie était une Archée thermo-acido-phile autrefois à vie libre, qui survit maintenant, **domestiquée**, à basse température, dans un nouvel écoexotope où elle est protégée de ses anciens prédateurs viraux . Cependant soit la membrane interne, soit la membrane externe, de la mitochondrie sont toujours reconnaissables par la membrane de certains virus enveloppés. Une protéine du virus permet la reconnaissance et l'adsorption sur la membrane appropriée et induit, comme le font les perforines, une lyse partielle et l'entrée du génome viral.

L'existence de protéines virales de reconnaissance de la membrane interne mitochondriale confirme que l'endophysiotope de la mitochondrie est toujours l'écoexotope de survie du génome de certains virus. La mitochondrie est **toujours une Monère qui a ses propres phages adaptés** à partir de ceux spécifiques de la Monère ancestrale (tableau G). La séquestration membranaire ne protège que partiellement de l'atteinte virale (tableau D).

Le génome des Tombovirus code pour une protéine virale d'adsorption qui s'insère dans la membrane mitochondriale externe avec un domaine d'ancrage positionné dans la membrane mitochondriale interne. Cette protéine est un élément d'un complexe protéique de survie virale qui empêche la lyse mitochondriale et l'apoptose de la cellule tant que de nouveaux virus n'ont pas été formés. La mitochondrie est la cible spécifique de virus mitochondrio-**phages**, qui arrivent toujours à l'atteindre, indépendamment du TOUT, cellule animale ou végétale, d'accueil de la mitochondrie. Un même virus peut transférer de l'information génétique, indépendamment du type cellulaire. Les Cytomégalovirus animaux et les Potyvirus végétaux ont maintenant 2 types d'hôtes : toujours un ancien hôte, la mitochondrie et, un nouvel hôte, le noyau. Les Nodavirus, phages mitochondriaux à génome à ARN, possèdent une protéine trans-membranaire d'adsorption sur l'enveloppe mitochondriale. La synthèse de leur génome à ARN a lieu dans la matrice mitochondriale, puis le virus est excrété, libéré, dans l'espace inter-membranaire, par bourgeonnement. Des virus à ARN mono-brin + sont capables de reconnaître à la fois la membrane du reticulum, la membrane des protoplastes de Monères, la membrane des peroxysomes et la membrane externe mitochondriale. Ce qui est la **preuve d'une origine commune, de type Monère, de tous les compartiments cellulaires et de l'ancienneté de ces virus à ARN mono-brin.** L'endophysiotope des Éomonères appartenait à un monde à ARN !

Le déclenchement de l'apoptose par la présence d'un virus résulte d'un mécanisme de rétro-action, un feedback positif, entre la membrane du reticulum, équivalente à la membrane de séquestration, c'est-à-dire la membrane mitochondriale externe et la membrane mitochondriale interne. Le hyaloplasme libère de la cofiline, qui est toxique pour la mitochondrie. En retour, la mitochondrie libère du cytochrome c qui est toxique pour le hyaloplasme. C'est un mécanisme de **rétrogression**, de retour dans le passé évolutif. **Tout se passe comme si** était réveillés les mécanismes d'attaque-défense qui existaient avant que les deux partenaires ne forment plus qu'une entité. La rupture de la membrane de séquestration marque la rupture de la zone intermédiaire qui suspendait le conflit et entraîne la rupture de l'association. **L'empêchement du conflit et le maintien de l'association est un processus actif qui a un coût physiologique.** Des protéines de maintien de l'intégrité membranaire, empêchant la lyse mitochondriale, doivent être continuellement produites.

Les infections virales, qui détournent à leur profit les synthèses protéiques pour fabriquer du virus, **suppriment cette maintenance active du non-conflit** entre les anciennes Monères au sein de la nouvelle entité cellulaire. Pour que la cellule et un virus survivent éventuellement ensemble il ne faut pas que l'intégrité des membranes soit affectée. Ce n'est le cas qu'avec l'intégration, et la répression contrainte, de génomes viraux au sein du génome nucléaire.

Au cours de l'apoptose les mécanismes de défense de l'hôte hébergeant se retourne contre l'hôte hébergé et inversement. L'altération locale du reticulum endoplasmique induit la lyse mitochondriale, qui induit la lyse cellulaire globale. Aucun *parcener* ne peut survivre en détruisant les autres. L'apoptose doit être continuellement empêchée. Pour que l'un survive il faut d'abord que les autres survivent. C'est **un contrat mutuel, synallagmatique, avec semi-autonomie** des partenaires (*parsonniers*).

L'ancêtre des mitochondries est-il une Monère Gram - ?
Ou le conflit a-t-il donné naissance aux bactéries Gram - ?

Les membranes internes mitochondriales de mitochondries différentes peuvent fusionner si leurs membranes externes de séquestration ont fusionné. Au cours de la division des mitochondries, semi-autonomes, capable de se diviser indépendamment entre deux divisions cellulaires, la division n'affecte que le compartiment interne délimité par la membrane interne, puis l'ensemble se fragmente éventuellement. Les membranes externes mitochondriales peuvent fusionner à tout moment comme lors d'un processus d'endocytose. Durant la phase évolutive de lutte, d'antagonisme, entre l'ancêtre de la mitochondrie et la cellule anaérobie qui l'a hébergée ultérieurement, l'association, plus ou moins stable, a pu se faire et se défaire, donnant naissance à une Monère à membrane double, comme les actuelles bactéries Gram - (figures 28 et 29).

LES PLASTES : STRUCTURES FONCTIONNELLES

La taille d'un chloroplaste peut atteindre celle d'une cellule animale. La structure des chloroplastes ressemble à celle des Cyanobactéries du genre *Synechocystis*. Comme les mitochondries les chloroplastes sont des organelles, séquestrées, à double membrane, dont l'origine est endocytique. A la différence des mitochondries les plastes sont riches en glycolipides.

Les trois types de membrane des chloroplastes.

Le chloroplaste, comme la mitochondrie, possède une membrane externe perméable de type hyaloplasmique et une membrane interne spécialisée, à perméabilité plus sélective. Les deux délimitent de même un espace inter-membranaire, typique d'un ancien processus de séquestration. Mais la membrane interne ne contient pas de chaîne de transporteurs d'électrons ni ne porte des sphères d'ATPase. Ces structures fonctionnelles sont fixées dans des saccules, délimités par des ilots de membrane interne modifiée et accumulés dans la matrice, les thylakoïdes.

Dans la matrice ils forment **un réseau**, équivalent topologiquement, à la fois, à celui du reticulum endoplasmique et de l'appareil de Golgi, et fonctionnellement aux crêtes mitochondriales isolées et retournées après lyse membranaire et recollement. L'espace-temps-action intra-thylakoïdien et l'espace-temps-action inter-membranaire mitochondrial sont semblables.

La membrane externe du chloroplaste, comme celle de la mitochondrie, peut fusionner avec celle du reticulum hyaloplasmique, la membrane nucléaire externe, ou celle d'une mitochondrie ou d'un autre plaste, preuve que tous les compartiments cellulaires proviennent de processus de fusion entre des entités initialement délimitées par le même type de membrane, analogue à la membrane des formes L des Monères.

Mitochondries et chloroplastes fonctionnent en sens inverses.

Comme c'est le cas avec la chaîne respiratoire de la membrane mitochondriale interne, les photosystèmes de la membrane des saccules **résultent de la juxtaposition et de l'emboîtemen**t d'unités OXPHOS de même type Monère pour former un complexe supra-moléculaire permettant le transport d'électrons en flux tendu et contraint. Mais les flux sont en opposition. La mitochondrie produit de l'eau (**déchet** de l'activité respiratoire) et consomme du NADH, le chloroplaste consomme de l'eau **(aliment** de l'activité photo-synthétique) et **produit** du NADPH.

Les propriétés osmotiques sont inversées.

Lors de l'extraction des chloroplastes, un choc osmotique qui brise leur double membrane ne rompt pas les thylakoïdes. Seul un choc très hypo-osmotique peut les rompre. La mitochondrie à l'état de plasmolyse permanente est spécialisée dans l'exportation de l'eau. Dans un écoexotope hydrophobe, le chloroplaste turgescent est spécialisé dans l'import d'eau.

Le chloroplaste provient-il lui-même d'une endosyncénose ?

Les membranes externe et interne de sa double enveloppe membranaire ont les mêmes systèmes de transport trans-membranaire (ou translocateurs). La membrane externe comme la membrane des formes L des Monères contient les mêmes aqua-porines. Les membranes internes des mitochondries et des chloroplastes et la membrane simple des glyoxysomes portent les mêmes transporteurs et les enzymes du métabolisme lipidique.

L'analyse du protéome (l'ensemble des protéines présentes dans l'organelle) indique que les protéines ressemblent à celles de la Monère *Rhodobacter capsulatus.* Mais, contrairement aux chloro-plastes, les Cyanobactéries, n'ont pas de site d'adhésion entre leurs membranes et l'espace inter-membranaire est bien plus large. L'ATPase, dépendante au magnésium (Mg++), de la membrane interne est insensible à l'oligomycine et son activité est controlée par la calmoduline et le Ca++, comme l'est celle du reticulum endoplasmique intra-cellulaire. Elle est aussi insensible à l'action du potassium (K+), contrairement à celle des formes L des Monères.

Mais celle des thylakoïdes est différente. La membrane interne chloroplastidiale ressemble à la fois à la membrane des thylakoïdes, à la membrane interne mitochondriale et à celle du reticulum endoplasmique. Mais elle diffère de la membrane externe. La membrane externe n'est pas une membrane de Monère c'est une **membrane de séquestration**. Et la membrane interne délimitant le compartiment chloroplastique provient d'un ré-arrangement membranaire à l'issue de l'ingestion d'un colonie de Monères digérée et réorganisée métaboliquement. Le nouveau TOUT émergeant d'un structure intermédiaire entre procaryotes et eucaryotes.

Un équilibre d'interactions entre quels partenaires ?

Les Cyanobactéries et les chloroplastes ont les mêmes pigments chlorophylliens. Le séquençage de leurs génomes a prouvé leur parenté. Mais les membranes externe et interne du chloroplaste contiennent des canaux typiques d'une Monère pathogène non-photosynthétique et des récepteurs et des canaux d'origine non-procaryotique. La membrane externe, membrane typique de séquestration, d'origine eucaryotique contient au moins une porine bactérienne qui déclenche l'apoptose, une porine à ATP de type eucaryotique, et une porine mixte d'origine intermédiaire.

Les gènes codant les ARN ribosomiques sont localisés dans le génome des chloroplastes, de la même façon qua dans ceux de *Escherichia coli* (une bactérie Gram-) et *d'Anacystis nidulans* (une Cyanobactérie). Les gènes du génome du chloroplaste codant les ARN de transfert des acides aminés contiennent des introns codant analogues à ceux des mitochondries et des Archées. L'ADN bicaténaire circulaire du *Chlamydomonas* contient des séquences virales inversées complémentaires dont la transcription est contrôlée de même par des ARN anti-sens.

Comme celui du *Rhizobium*, le métabolisme des sucres du chloroplaste est conditionné par l'adaptation aux chocs osmotiques et celui de l'azote à l'adaptation aux chocs thermiques.

Les membranes des thylakoïdes et des formes L des Monères ont le même profil de résistance au froid. L'espace-temps-action inter-membranaire n'est pas l'espace péri-plasmique d'une bactérie Gram-, mais une interface nouvelle, émergente, un nouvel écoexotope de survie entre l'endophysiotope du chloroplaste, hôte séquestré, hébergé, et l'endophysiotope cellulaire hébergeant.

Les vésicules granaires, photosynthétiques, sont-elles nées de l'agrégation, après retournement, de membranes internes de Cyanobactéries photosynthétiques, lysées après un choc thermique (peut être à la suite de la lyse d'un mutant thermosensible d'une bactérie thermophile, comme *Anacystis)*, ou après une lyse virale ?

Dans quel type d'association, les coûts et les profits sont-ils mutuellement et réciproquement partagés ?

Certaines des protéines de virus à ARN sont formées en utilisant uniquement le codage génétique du chloroplaste.

Les Tymovirus ont une enveloppe membraneuse, double ou simple, formée à partir des membranes du chloroplaste. Le fait que l'écoexotope de l'endophysiotope viral puisse être à la fois le noyau et le chloroplaste résulte du transfert du génome du chloroplaste dans le noyau et est dû au fait que l'écoexotope initial du virus était l'endophysiotope du chloroplaste. La réplicase virale fait partie d'un complexe protéique appartenant au chloroplaste. La photosynthèse du chloroplaste est indispensable au cycle viral. Le cycle de formation de la particule virale complète passe par la matrice du chloroplaste, le hyaloplasme cellulaire et le plasma du noyau. Comme les Nodavirus, les Tymovirus ont évolué **à partir d'un ancêtre commun viral** qui avait pour cible un ancêtre commun du chloroplaste et de la mitochondrie. Les vésicules contenant la forme réplicative des Closterovirus sont libérées par lyse du chloroplaste.

Le chloroplaste est la proie de prédateurs viraux, de phages, spécifiques. Tôt ou tard, les chloroplastes infectés sont lysés comme le sont les bactéroïdes du *Rhizobium* par une autolyse du hyaloplasme. **Tout se passe comme si** le hyaloplasme était un compartiment d'un prédateur des plastes et mitochondries.

Le chloroplaste est aussi le compartiment des cellules végétales spécialisé dans la réduction des nitrites et des sulfates pour la synthèse des acides aminés. Les nitrites proviennent de la réduction par le hyaloplasme, en situation anaérobie, des nitrates absorbés. L'état réducteur y est maintenu grâce aux peroxysomes et aux mitochondries, qui peuvent être considérés comme des organelles de détoxification de l'oxygène.

Au cours de l'alternance journalière obscurité/lumière, chloroplastes et mitochondries, compensent par leurs effets métaboliques opposés les variations de la concentration en ATP. La respiration (les phosphorylations oxydatives mitochondriales) produit de l'énergie sous forme d'ATP et consomme de la matière organique, la photosynthèse consomme de l'énergie, métabolique et lumineuse, et produit de la matière organique. Ce qui permet de maintenir une concentration minimale d'énergie disponible pour le hyaloplasme.

Pour que chaque partenaire, de ce **réseau alimentaire, de production d'énergie et de recyclage des déchets**, survive il faut que tout les autres survivent d'abord.

LES ORGANELLES CELLULAIRES A MEMBRANE SIMPLE : POLYMORPHISME, PLEIOTROPIE, ORIGINE.

Le peroxysome est limité par une membrane simple qui ressemble à la membrane simple des formes L ou du reticulum et à la membrane interne mitochondriale, comme attendu d'organelles qui ont **un ancêtre commun**. Mais en l'absence de membrane de séquestration, il a **une autre origine, plus ancienne**, que le noyau ou la mitochondrie ou le chloroplaste.

Le peroxysome était présent avant la mitochondrie, internalisé par un autre processus que la phagocytose. Le volume de l'endo-physiotope du peroxysome est proportionnel à la concentration en oxygène de son écoexotope hyaloplasmique.

La diversité phénotypique des peroxysomes : pléiotropie et métamorphoses.

Selon les changements de son écoexotope de survie hyaloplasmique, l'endophysiotope du peroxysome contient des enzymes intervenant soit dans le métabolisme des acides aminés et des purines, comme dans l'endophysiotope des Monères, soit dans la beta-oxydation des lipides, comme dans la matrice mitochondriale (de type monérien), ou des enzymes de la synthèse du cholestérol comme dans les membranes du reticulum lisse et il contribue aussi à la néo-glucogénèse, comme le hyaloplasme.

Mais, c'est le seul compartiment de détoxification de l'eau oxygénée (H_2O_2). L'oxygène étant soluble dans l'eau les ancêtres des peroxysomes sont probablement des Monères qui sont apparues aux premiers temps de l'oxygénation de la biosphère et ont permis la survie de Monères à vie anaérobie pour lesquelles l'oxygène, dissout ou combiné, était toxique, à très faible concentration.

Son activité est réversible. Au lieu d'éliminer l'oxygène et les radicaux libres dérivés, il peut en produire, devenant un compartiment d'attaque, ce qui était sans doute sa fonction première de prédateur à l'état libre. Le peroxysome, multiforme, permet à la fois la résistance à la présence de dérivés de l'oxygène, l'utilisation des déchets des fermentations, et la résistance aux températures élevées. C'est un **acteur clé-de-voûte** dans la survie de l'écosystème cellulaire eucaryote.

Comme la mitochondrie, **son fonctionnement en flux tendus est contraint par l'hyperosmolarité** ; il produit de l'eau mais il ne peut pas l'utiliser, sauf sous sa **forme avatar de lysosome**, spécialisé dans les réactions d'hydrolyse acide.

Peroxysomes, chloroplastes et mitochondries ont un ancêtre commun. Le peroxysome a émergé d'un ancêtre hyperhalophile, une halo-Archée dont le génome résiduel codant pour les enzymes de détoxification (d'attaque/défense) fait aujourd'hui totalement partie du génome nucléaire. Comme son ancêtre archéen il peut toujours consommer des sucres. Les divers “microbodies“ présents dans le hyaloplasme sont **des avatars du polymorphe peroxysome**. L'ontogénie des peroxysomes, endosomes et lysosomes est la même.

Contraint par les changements de son écoexotope de survie hyaloplasmique, le peroxysome, qui permet à la cellule de ne pas être mangée, peut se métamorphoser en glyoxysome, glycosome, nitrogénosome, uricosome, liposome, magnétosome ou lysosome, qui permettent au hyaloplasme de manger. Le peroxysome provient d'une M**onère ancestrale, pluripotente et ubiquiste**, dont la pléiotropie a permis à la fois son intégration dans un ancêtre de la cellule et la métamorphose à l'origine de la cellule.

La genèse du peroxysome : séquestration, semi-autonomie et origine des bactéries Gram -.

Le chloroplaste a encore un nucléoïde, avec de nombreux gènes, qui lui sont en propre. Le nucléoïde mitochondrial est réduit à un génome de la taille d'un épisome bactérien. Le peroxysome ne possède plus de nucléoïde, ni même de système métabolique de transcription-traduction. Plus l'intégration est ancienne plus le nucléoïde a disparu, les gènes conservés ayant été transférés au noyau. Au moins 224 gènes codant pour des protéines (ORF ou Open Reading Frames), indispensables à l'activité et à la versatilité du peroxysome, ont été conservés dans le génome nucléaire et sont toujours transmis de génération en génération cellulaire.

Une de ces protéines conservées stimule sa croissance en masse. Une autre l'inhibe. Plus de 20 d'entre elles contrôlent son cycle de développement intra-cellulaire. Les nouveaux peroxysomes proviennent de division par bourgeonnement d'anciens. Comme les chloroplastes et les mitochondries, les peroxysomes sont des **organites semi-autonomes** (tableau I). Le signal d'adressage des protéines destinées au compartiment du peroxysome a été identifié dans des protéines d'autres Monères libres et dans des génomes de virus d'eucaryotes. Les PPAR, protéines qui contrôlent la prolifération en nombre des peroxysomes interviennent aussi dans la régulation du cycle de reproduction du virus de l'hépatite B. Tous les Tombovirus reconnaissent la membrane simple du peroxysome, où ils bourgeonnent. Le métabolisme lipidique du peroxysome est détourné à leur profit par certains virus à ARN. Le peroxysome a ses propres phages, dangers dont il a été protégés lors de son emboîtement intra-hyaloplasmique. Hébergé, mais non séquestré, le peroxysome est à la frontière d'événements évolutifs vers plus ou vers moins d'autonomie.

Durant le transfert du génome du peroxysome dans le génome nucléaire, des virus endogènes, dangers contraints, introns du génome du peroxysome ancien, ont pu éventuellement être libérés. Une lyse du hyaloplasme hébergeant et un retour génétique en arrière du peroxysome hébergé auraient pu donner naissance à un nouveau genre de procaryote libre avec une enveloppe à double membrane, l'ancêtre des bactéries Gram- ?

Une telle **régression** du hyaloplasme est observable dans la structure de certains chloroplastes qui ont trois membranes, avec une membrane surnuméraire externe de type hyaloplasmique.

Survivre grâce à l'intégration dans une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés.

Partager avantages et inconvénients permet la survie.

Dans les cellules végétales chlorophylliennes, les **contacts étroits** entre peroxysomes, chloroplastes et mitochondries permettent la mise en place d'un cycle métabolique nouveau, le cycle photorespiratoire du glyoxylate. Ce **mécanisme de défense** contre l'excès d'oxygène à **un coût** glucidique, ce qui diminue le bilan énergétique de la photosynthèse. C'est un **inconvénient quantitati**f. Mais les sucres ne sont pas perdus..., leur transformation en acides aminés est un **avantage qualitatif**.

Les chloroplastes fournissent les métabolites que les peroxysomes transforment en glyoxylate puis en glycine, glycine que les mitochondries, en aérobiose, transforment en sérine. Le hyaloplasme contrôle la ré-orientation des déchets qui re-deviennent des aliments en utilisant l'énergie, l'ATP, fournie par la glycolyse, en anaérobiose. Simultanément, les peroxysomes ré-approvisionnent les chloroplastes en glycérate. Si l'écoexotope de survie globale de la cellule et si l'endophysiotope cellulaire, qui est l'écoexotope de survie de toutes les organelles, sont propices, la photosynthèse re-démarre. Le réseau d'interactions entre le TOUT (la cellule) et LES PARTIES (les organelles) fonctionne en **flux tendus**, parce que les **déchets** des uns sont les **aliments** des autres **et réciproquemen**t.

L'oxydation des acides gras par les peroxysomes est insensible à l'action du cyanure (poison respiratoire), cette **voie de secours** prend le relai en cas de dysfonctionnement mitochondrial.

Dans la cellule, comme dans un lichen, comme dans tout écosystème, qui est d'abord un réseau de chaînes alimentaires, **tôt ou tard**, le logeur “mange“ les habitants dont il assure la survie. Au cours de la sénescence ou de l'apoptose, les lipides sont recyclés, par les chloroplastes épargnés, ou transformés en énergie, par les mitochondries survivantes. Les acides aminés, composants des protéines, sont récupérés par le hyaloplasme des cellules survivantes avec les lyses des mitochondries puis des peroxysomes. C'est le côté “sombre“ de la symbiose, **pour le meilleur et pour le pire**...;

il n'ya jamais d'avantages sans inconvénients, plus les avantages sont grands, plus les inconvénients sont grands.

Un danger contraint peut devenir un acteur clé-de-voûte.

La sur-expression des PPAR par le noyau est cancérogène, si la cellule n'est pas auto-détruite par apoptose. Et la cellule cancéreuse ne peut être détruite que par apoptose. Les mitochondries, les chloroplastes et même le hyaloplasme, peuvent produire de l'eau oxygénée (H202) en réponse à une agression virale, bactérienne ou cancéreuse. C'est le mécanisme par lequel, fonctionnant en production, les peroxysomes permettent aux globules blancs de détruire les envahisseurs étrangers à notre organisme.

Mais, seul le peroxysome a la fonctionnalité de détruire H2O2.

Dépendant de son écoexotope hyaloplasmique, un seul acteur, le peroxysome, peut contrôler le devenir du TOUT, la cellule.

L'ancêtre du peroxysome était probablement un prédateur qui pouvait, à la fois, “ne pas être mangé“ mais aussi, “envahir, détruire et manger“. C'est parce que l'ancêtre du peroxysome a perdu son agressivité, à la suite de circonstances écophysiologiques particulières ou/et d'une mutation génétique, en même temps que, simultanément, la cellule, à vie anaérobie, attaquée perdait ses moyens de défense contre lui, que **les 2 belligérants défectifs ont survécu ensembles et conquit un nouvel écoexotope de survie**, aérobie. Comme dans le cas de l'association bactérie-bactériophage, comme dans le cas de l'association champignon-algue, l'union de deux perdants, un prédateur incapable d'attaquer et une proie incapable de se défendre, a permis **un saut évolutif, qualitatif, organisationnel et fonctionnel.**

Lors de l'apoptose, l'autophagie du peroxysome débute par sa séquestration. Au moins 1 gène de l'hôte habité est impliqué dans ce processus de séquestration de l'organelle habitante et la digestion de l'hôte devenu proie. Au moins 1 gène de l'hôte habitant prévient le processus de séquestration. Au cours de l'infection de cellules végétales par un virus ou une bactérie, le processus de défense nécrotique, qui entraîne la mort de la cellule envahie et de ses envahisseurs, -suicide au niveau cellulaire (niveau i) qui permet la survie de l'organisme (niveau adjacent supérieur i+1)-, démarre avec le peroxysome/glyoxysome.

L'ORIGINE DES MEMBRANES : CAPACITÉ D'ACCUEIL et CAPACITÉ D'ÊTRE ACCUEILLI.

Quand un prédateur pénètre à l'intérieur d'une cellule, sans rompre la membrane hyaloplasmique, il est séquestré pour être détruit dans une vacuole digestive, une vacuole de lyse. Survivre c'est manger et ne pas être mangé. L'endophysiotope du prédateur envahisseur est **ainsi séparé** de l'endophysiotope de la proie envahie par une double membrane. Si cet hôte est extrait de la cellule, cette double membrane est conservée. Une membrane supplémentaire du reticulum l'entoure en plus durant le processus d'autophagie. Quand un prédateur envahit la cellule en rompant la membrane plasmique, il n'y a pas de membrane de séquestration. Une organelle dérivée d'une Monère Gram+ ne sera alors délimitée que par une simple membrane. C'est le cas du peroxysome. Si l'envahisseur est un virus, dont l'enveloppe membranaire fusionne avec la membrane plasmique, l'organelle dérivée ne sera pas délimitée par une membrane. C'est le cas du centrosome (tableau J).

Le centrosome est une organelle semi-autonome provenant d'un virus intégré.

Le centrosome peut être échangé entre des cellules d'espèces différentes. C'est un invariant évolutif !

Comme le peroxysome il est recréé avant chaque division.

C'est un organite semi-autonome, comme tous les organites de la cellule animale. Comme pour le peroxysome, tout le matériel génétique nécessaire à sa re-création a été transféré dans le noyau. C'est un organite vide de génome, mais pas sans génome ! Formé de deux centrioles perpendiculaires et inter-connectés, sans structure membranaire délimitante, mais inclus dans **un espace-temps-action** le délimitant fonctionnellement, il est constitué d'au moins 80 protéines qui lui sont propres. En tant que germe de polymérisation des tubulines et du squelette achromatique, le centrosome est indispensable à la division cellulaire, par mitose ou méiose. Toute anomalie de production et de répartition des centrioles, ou du centrosome, aboutit au mieux à une cellule non-viable, au pire, et le plus souvent, à **une cellule cancéreuse**. La recréation des centrioles et du centrosome, composé de 2 centrioles, est un processus d'assemblage analogue à celui des capsides virales. La topologie ressemble à celle de certains virus à ARN. L'ancêtre viral du centrosome a **aujourd'hui disparu, mais il existe maintenant de toute éternité**, tant qu'existeront des organismes cellulaires et méta-cellulaires. Son génome à ARN, **"danger contenu", "domestiqué"** a été rétro-transcrit en ADN et est maintenant intégré au génome nucléaire. Le peroxysome est un **acteur clé-de-voute** pour la survie de l'écosystème cellulaire. Le centrosome est l'**acteur-clé-de-voûte** pour sa reproduction. Toute altération de l'un ou l'autre est délétère.

L'ORIGINE DE LA PREMIERE CELLULE ?

La progénote, Éomonère ancestrale à l'origine de la cellule, était une pré-archée sans paroi, équivalente à une forme L, un **protoplaste**, qui survivait **en anaérobiose**, par fermentation, comme le fait toujours le hyaloplasme, aussi bien celui des myones que celui des neurones. Son génome à ARN, avec des gènes **disjoints**, **en copies répétées**, qu'on retrouve actuellement dans les exons des génomes eucaryotes, codait pour de petits peptides, qu'on retrouvent actuellement dans la **structure modulaire** des protéines.

Un virus à ARN à induit la fusion endo-syn-cénotique d'une population de ce progénote. Cette fusion inter-membranaire a induit, à la fois, l'agrégation des Monères et l'émergence du **réseau de membranes internes** qu'on appelle maintenant le reticulum **endo-**plasmique, typique de la structure cellulaire, et, par effet de position, l'apparition d'un **espace-temps-action nouveau**, typique des **eu-**caryotes, qu'on appelle aujourd'hui le noyau, tout en conservant le squelette protéique du virus, le centrosome.

Comme le centrosome, prédateur défectif associé initialement, chacune des organelles associées ultérieurement, le peroxysome, puis la mitochondrie, et, le chloroplaste a pu être, initialement, un prédateur ou une proie. Des Monères de volumes similaires peuvent difficilement s'ingérer l'une ou l'autre par phagocytose, mais après plasmolyse et réduction de leur volume, certaines peuvent être ingérées par d'autres. C'est ainsi que l'ancêtre des mitochondries a été intégré.

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

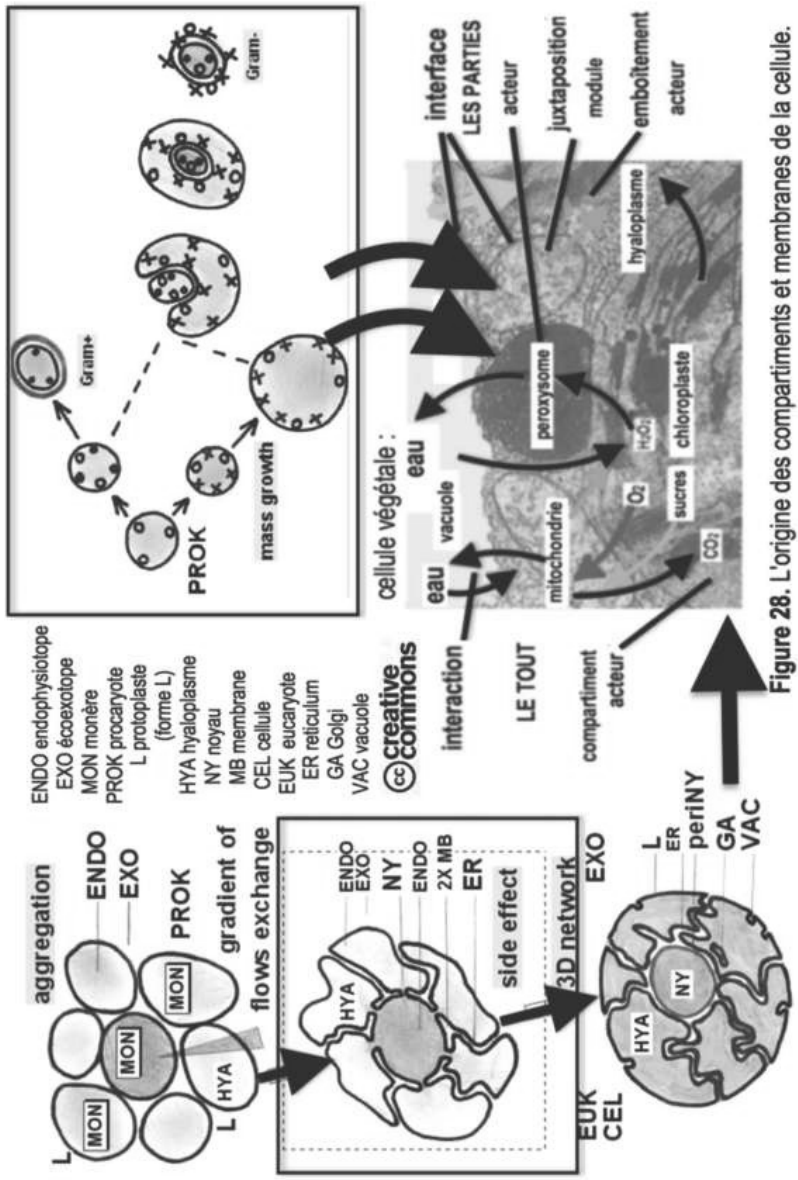


Figure 28. L'origine des compartiments et membranes de la cellule.

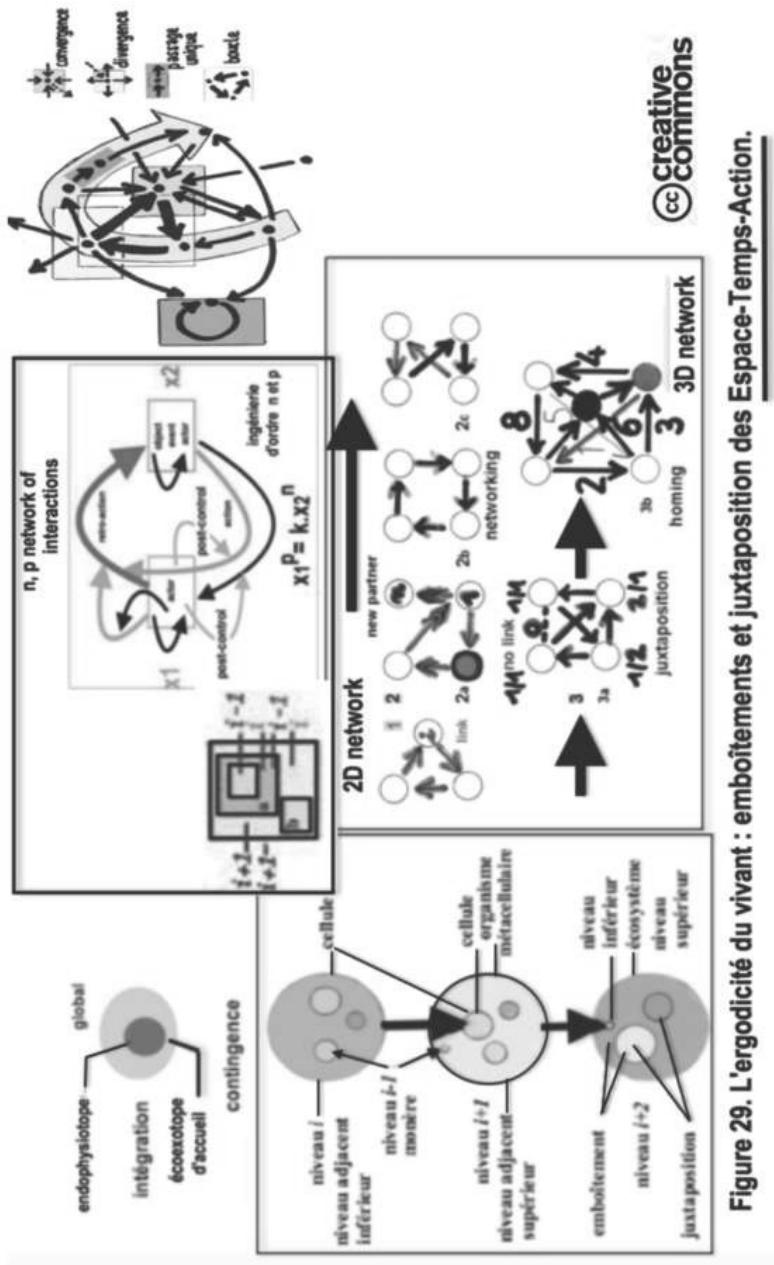


Figure 29. L'ergodicité du vivant : emboîtements et juxtaposition des Espace-Temps-Action.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Une bactérie (niveau d'organisation ***i-1***) n'est pas une cellule (niveau d'organisation ***i***). Ce sont deux niveaux d'organisation **différents, et adjacents**. Une cellule est une organisation **poly**-monères puis **méta**-monère, qui a émergée par percolations et métamorphoses successives (figures 5, 19, 28 et 32).

Quel que soit le niveau d'organisation (…, Monère, cellule, organisme **méta-**cellulaire, écosystème,...), pour tout système-de-systèmes vivant, **le seul critère de sélection et de survie à long terme** a été, et est toujours, la mise en place, sans cesse répétée, par juxtapositions et emboîtements, d'associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA) (figure 29).

Des associations, à partenaires à survies solidaires et réciproques, sans cesse remises en question.

Les cycles métaboliques à l'intérieur de la cellule sont **juxtaposés et emboîtés**, de la même façon que les compartiments **qui les contiennent** le sont (figures 28 et 29). Dans une cellule végétale, le cycle du glyoxylate (qui existe chez les Monères) et celui des acides tricarboxyliques sont **à la fois en compétition** (pour le malate ou le citrate et l'acétylCoA) **et complémentaires** (le succinate déchet de l'un est l'aliment de l'autre et réciproquement). La compétition locale entre les parties, glyoxysomes et mitochondries, est éliminée, dans le cadre de **l'assistance globale à la survie** du cytoplasme d'accueil et **du TOUT** (l'association formée par leurs juxtapositions et emboîtements).

L'hème fabriqué par les mitochondries est indispensable à toutes les protéines héminiques qui se trouvent aussi bien dans la mitochondrie (cytochrome-oxydase) que dans le chloroplaste (peroxydase), le peroxysome (catalase) ou le cytoplasme (hémoglobines, myoglobine, peroxyde dismutase, par exemple).

Pour que l'un survive,
il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement.

C'est un test évolutif, un examen de maintien,
à passage obligé et répété,
que, tôt ou tard, toute forme de vie doit réussir,
d'abord pour apparaître, puis pour ne pas être éradiquée.

QUEL BILAN ÉCOSYSTÉMIQUE ?

Le développement n'est durable pour l'organisme, quel qu'il soit, que s'il est soutenable pour le milieu de survie de cet organisme, c'est à dire s'il est durable, aussi, pour les autres organismes... qui partagent ce même milieu de survie.

Comment disparaissent les associations symbiotiques ?

Pour mettre en place une ASSOCIATION à AVANTAGES et INCONVÉNIENTS RÉCIPROQUES ET PARTAGÉS, un, ou plusieurs hôtes "habitants invités", intégrés à l'hôte "invitant habité", dont l'endophysiotope est devenu leur écoexotope commun de survie, fusionnent ensemble. Au cours de l'union, par métamorphoses simultanées et réciproques, naît une association qui exprime une **fonctionnalité nouvelle** qu'aucun des partenaires ne possédait seul. C'est ainsi qu'est apparue la cellule eucaryote à partir des niveaux inférieurs d'organisation des Monères, **pro-**caryotes dépourvues de noyau. **Équilibre dynamique**, constamment remanié et recréé entre les partenaires, une **coexistence pseudo-pacifique** s'installe, avec répartition de rôles différents et complémentaires. Elle aboutit, à la fois, à **la semi-autonomie** et à **la dépendance totale** entre les partenaires. Aucun ne peut survivre sans LES AUTRES et LE TOUT.

En étant **solidaires, les partenaires sont mieux protégés des agressions** et des variations locales et globales. Les associations symbiotiques augmentent la capacité de survivre aux variations de l'écoexotope, elles rendent, ensemble, les partenaires plus indépendants de leur espace-temps-action de survie. Le nouvel organisme vivant peut ainsi, **dans certaines limites,** rétablir son organisation après des perturbations mêmes très brutales. **Plusieurs ne forment plus QU'UN**. L'avantage est énorme, mais le coût de cette résilience l'est aussi. Chacun pour survivre doit **d'abord permettre la survie de l'autre, éventuellement à l'encontre de sa propre survie**.

Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive.

Les PARTIES et le TOUT fonctionnent **inter-dépendamment :** "**un pour tous et tous pour un**". **Le tout est espaces et temps, le tout est objets et réseaux, le tout est pluri-actions, inter-actions et rétro-actions.** L'aspect vivant des êtres réside à la fois dans les objets eux-mêmes et dans les propriétés des processus, de maintien ou de changement, auxquels ils contribuent, activement, par une succession incessante de changements dans l'activité des compartiments de leur organisation. Ces compartiments, **divers et complémentaires dynamiquement, permettent la mise en place de cycles d'élimination des déchets toxiques. Les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement.** La biodiversité permet à la fois une meilleure survie globale du TOUT et l'optimisation des échanges, en flux tendus, entre les PARTIES. Toute agression qui modifie les conditions de survie de l' UN modifie celles de TOUS.

Si un déséquilibre s'installe, entre les partenaires, au sein du réseau associatif symbiotique (ARMSADA), ses conséquences peuvent entraîner une **rupture de l'association**.

L'apoptose, ou suicide cellulaire, ou mort cellulaire programmée, débute par la destruction, par découpage en morceaux, des protéines et du matériel génétique. Après la condensation du cytoplasme et la fragmentation du noyau, la cellule se scinde en morceaux. Une fois le processus **enclenché, rien ne peut l'arrêter**. Cette mort, rapide, et "douce", est propre. Elle n'aboutit à aucune réaction inflammatoire. Elle ne laisse aucune trace, les morceaux de cellule étant **récupérés et recyclés** par les cellules avoisinantes. La viabilité d'un organisme dépend de ce processus. Il fait partie de la programmation interne des cellules et permet l'élimination des cellules inutiles, sénescentes ou potentiellement dangereuses pour la survie.

L'apoptose intervient à la fois dans la mise en place de l'organisme au cours de son ontogénie et dans l'obsolescence programmée au cours de sa sénescence. L'apoptose permet d'empêcher par exemple la multiplication d'un virus. En se suicidant la cellule entraîne dans sa mort l'envahisseur étranger. Lorsqu'une cellule "refuse" de se suicider en ne répondant plus aux signaux qui déclenchent son **auto-destruction**, elle peut devenir cancéreuse. Une protéine, dite p53, déclenche l'apoptose à la suite d'un stress. Ce qui permet d'éliminer les cellules endommagées ou cancéreuses. Mais, cette même protéine exerce des effets délétères sur les tissus sains lors des radio-chimiothérapies. **L'avantage de sa présence devient alors un inconvénient.** L'absence de cette protéine ou la présence d'une protéine p53 anormale, chez la souris, est à l'origine de tumeurs, mais les souris mutantes déficientes survivent mieux à l'irradiation que les souris normales. **L'inconvénient de son absence devient un avantage.**

Survivre, c'est transformer les inconvénients en avantages, et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.

Le phénomène de nécrose est au contraire une agonie violente et traumatique, lorsque la cellule est **endommagée par un choc** chimique ou physique. La cellule "explose" déversant son contenu alentour. Cette mort accidentelle est très dangereuse pour les cellules environnantes. Elle déclenche de proche en proche une réaction inflammatoire qui entraîne leur mort. Elle peut être la conséquence d'une invasion virale. La mort cellulaire libère alors le virus en quantité, **sauf si le virus est défectif**.

La symbiose est une organisation durable à des échelles de temps et d'espace très supérieures à celles des partenaires constituant l'association. L'avantage est énorme pour l'association. Même s'il se paie d'un coût énorme, tout inconvénient peut être supporté, s'il crée **un avantage inestimable**, le seul pour lequel il vaille de survivre, même difficilement, celui de **se survivre**, de recréer sa forme de vie. *« La vie renaît de la vie. »*

La vache folle : une “folie économique“ par “méconnaissance systémique“.

Avec l’utilisation de farines animales, riches en protéines, l’homme a augmenté le rendement en lait et en viande, des bovins. Mais, ce faisant, il a **transformé qualitativement l’écosystème** de la panse, il a **changé la nature écosystémique** de la vache. Dans le nouvel écosystème artificiel, les chaînes alimentaires ne sont plus initiées par la matière première des producteurs végétaux.

En supprimant le premier maillon de la chaîne alimentaire, et en plaçant les maillons suivants au même niveau, **l’homme met en concurrence les partenaires auparavant complémentaires** et pour supprimer cette concurrence entre eux et l’homme,... et **au seul avantage de l’homme**, qui se nourrit de la vache, l'homme tente d’éliminer les anciens hôtes en utilisant des antibiotiques.

Sans qu'il soit nécessaire de faire appel à *un “hasard sophistiqué“* ou à *une “modélisation complexe de la complexité“* , mais en utilisant **une vision agoantagonistique de la réalité**, il est possible de rendre compte de la complexité du vivant en emboitant et juxtaposant des modèles, certes anciens mais simples, **prédictifs** et qui ont fait leurs preuves. Les systèmes vivants ne sont-ils pas constitués **par emboitement et juxtaposition de modules** anciens, systèmes **pré-existants et remaniés** ?

« Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients. ». Mais, ce qui est un avantage pour un individu, une cellule, une génération de cellules ou d'individus, une société, **dans un contexte qualitatif et quantitatif précis**, peut être, dans ce même contexte (contingence), un inconvénient pour un autre individu ou une autre cellule, ou le groupe dont ils font partie, ou l'écoexotope de survie qu'ils partagent avec d'autres systèmes vivants. Si la capacité d'accueil de l'écoexotope change, la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope du système vivant doit changer, pour permettre au système de survivre, et éventuellement de se survivre. ***“Tout est relatif !“, et, «Tout dépend d'une parcimonie optimisée : ni trop, ni trop peu.»***

La théorie de l’auto-organisation modélise les changements brutaux du comportement d’un système, composé d’un nombre important d’éléments en interaction dynamique, lorsque l'évolution vers **un état critique** a lieu sans intervention extérieure et sans paramètre de contrôle, même si l'écoexotope du système est ouvert. C'est l’amplification d’une petite fluctuation interne de l'endophysiotope qui peut mener à cet état critique, provoquant une réaction en chaîne menant à une “catastrophe“ (-au sens mathématique de changement de comportement du système-).

L’auto-organisation ago-antagoniste est un processus émergent où excepté un principe régulateur, il n’y a ni leader, ni centre organisateur, ni programmation au niveau local d’un projet global.

Cette **auto-**organisation n'est pas le fruit d'une intention pré-déterminée : des agents en interaction, sans but commun pré-défini, peuvent créer, par imitation, une forme particulière d'organisation, **à condition de disposer d'assez de temps !** *Cela signifie que l'on ne peut pas observer les mêmes propriétés aux niveaux micro- et macro-scopiques*. La criticalité est une caractéristique des **systèmes changeant de phase**, tel que le passage de l'eau à la glace, ou de la panique individuelle à la panique collective.

Le système devient critique quand tous les éléments s'influencent mutuellement. Lorsque cet état critique est atteint, le système peut "bifurquer", c'est-à-dire qu'il change brutalement de comportement pour passer d'un attracteur à un autre. Tout état critique est un attracteur du système, atteignable à partir de conditions initiales différentes. Un exemple **modèle** est le tas de sable, auquel on ajoute 1 à 1 des grains de sable, petit à petit la pente augmente vers un état critique où l'ajout d'un seul grain peut provoquer une avalanche. Cette toute petite perturbation donne des avalanches de différentes amplitudes. Dans un système non linéaire, une petite cause peut avoir une grande portée ! Même s'il n'est pas possible de prédire la taille et le moment de l'avalanche, **le modèle renseigne sur l'ensemble des réponses potentielles du système** lorsqu'il atteint l'état critique, où il est globalement métastable tout en étant localement instable. Cette instabilité locale (petites avalanches) peut générer une instabilité globale (grosses avalanches entraînant l'effondrement du tas), ce qui ramène le système vers un nouvel état métastable : une nouvelle base pour le tas de sable. L'une des particularités des systèmes auto-organisés critiques est de posséder une double structure fractale, temporelle et spatiale. Les variables qui décrivent le comportement du système suivent **des lois puissances** (figure 8). Les systèmes auto-organisés critiques construisent **des formes fractales**.

Comment les systèmes vivants prennent-ils des décisions pour l'emporter lors des jeux de stratégie non-coopérative ? La théorie prédit l'atteinte d'un équilibre de Nash si chaque joueur joue au hasard. Lorsque les choix sont limités, et encadrés par les interactions (bounded), elle prédit **la mise en place d'une stratégie persistante périodique, cyclique,** comme dans le jeu "Pierre-Feuille-Ciseaux" ou "ShiFuMi", où la pierre l'emporte sur les ciseaux qui l'emportent sur la feuille qui l'emporte sur la pierre. Est-ce un jeu de hasard ? Oui, statistiquement chacun des choix est équiprobable ! Non, car il existe des techniques pour optimiser ses chances de gagner.

Statistiquement, un joueur non expérimenté commence par jouer "pierre", le geste du "poing", naturel en combat rapproché. Pour prendre l'avantage, au premier coup mieux vaut donc jouer "feuille" ! Si un joueur gagne, il rejoue très souvent le même choix au coup suivant. En cas d'échec, il en change. Un joueur joue exceptionnellement trois fois la même chose de suite. **Tôt ou tard**, la suite temporelle périodique (population-level collective cyclic behavior) "pierre, feuille, ciseaux" **devient une stratégie gagnante** !

Sa mise en place est **indépendante des gains potentiels**. Elle est l'aboutissement au niveau global de la *réponse conditionnelle locale "win-lose-tie"* sans paramètre d'ajustement. L'expérience rend le joueur meilleur et permet *l'exaptation* : la mise en place d'une nouvelle stratégie à partir de modules constitutifs disponibles, validés par des stratégies pré-existantes gagnantes, telle que *"take-make-waste-recycle"* (figure 3).

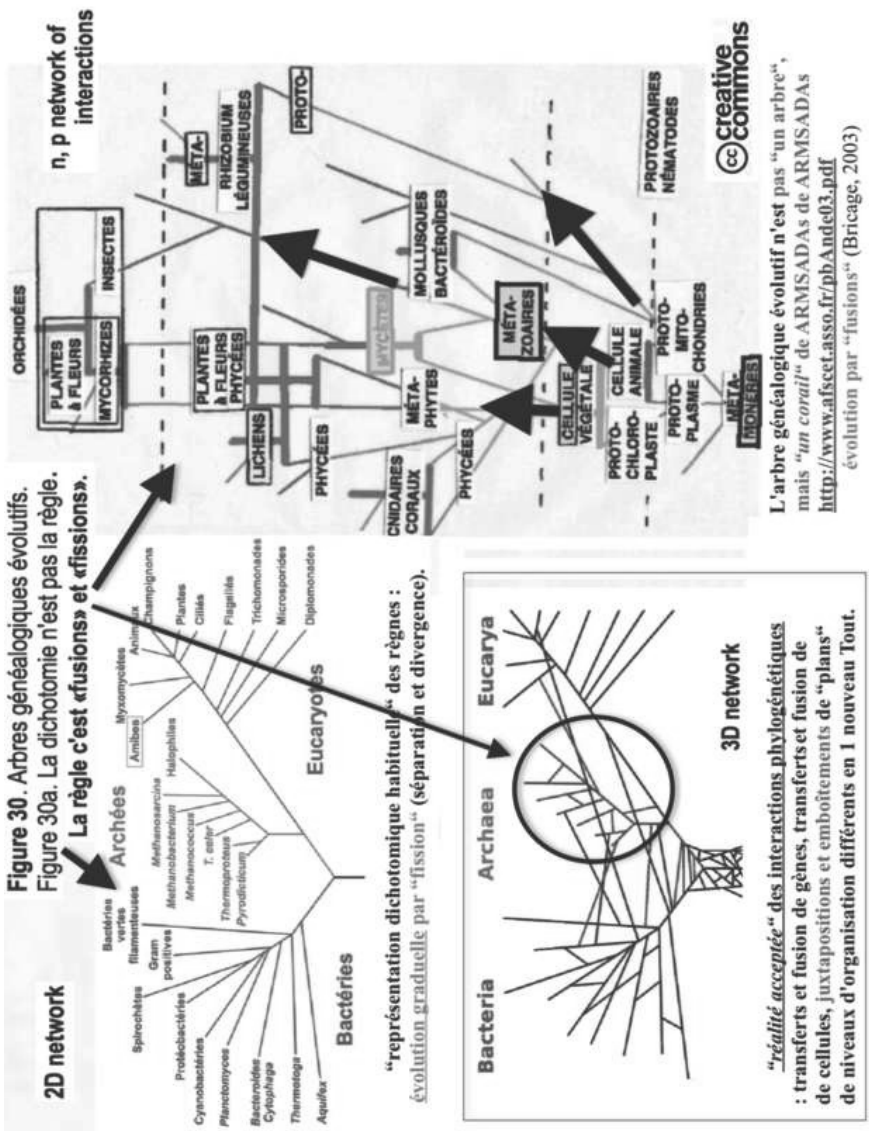
L'endophysiotope d'une bactérie est **toujours, tôt ou tard** en contact, avec du matériel génétique provenant de l'écoexotope de survie qu'elle partage avec des bactériophages (qui peuvent l'infecter, la détruire ou la transformer) et des bactéries ou du matériel génétique exogène (qui peuvent la détruire ou la transformer). Afin de préserver l'intégrité de son génome elle possède un système immunitaire endogène qui repose sur la présence de courtes séquences d'ADN répétées, qui sont des fragments de génomes **invasifs, intégrés et remaniés** au fil des infections passées. Comme la bactérie, la cellule utilise cette "mémoire" de ses agressions passées pour identifier et éliminer ces mêmes envahisseurs si elle les rencontrent à nouveau.

Pour étudier d'un point de vue bio-physique les lois de la morphogénèse du vivant, Alan TURING, père du concept d'Intelligence Artificielle, avait supposé **l'existence d'interactions ago-antagonistes** entre produits chimiques porteurs de sens et d'effets différents. Chaque signe communicant (nucléotide, fonction acide, fonction amine, hormone), chaque assemblage de signes (acides nucléiques, protéines, glucides, antibiotique) et chaque réseau de communication (solutions, surfaces d'interaction) **a des avantages et des inconvénients**. L'émergence de la vie impose **la constitution d'une frontière, d'une compartimentation,** organisation fondée sur la perception-action.

C'est la non-communication **qui sépare le soi et le non-soi**.

À chaque niveau d'organisation du vivant existent des espace-temps-actions différents. Lorsque que les espaces sont semblables, c'est leur temporalité qui est différente. Chaque nouveau niveau d'organisation ne supprime pas les espace-temps-actions des niveaux d'organisation antérieurs qui l'ont précédé. Au contraire, ils sont conservés, plus ou moins modifiés, et **un nouveau système interactif émerge par percolation**, il présente une dimension spatio-temporelle nouvelle, puisqu'il contient, pour sa mise en œuvre, **les systèmes précédents, emboîtés et juxtaposés** (figures 4, 8, 28, 29 et 30).

Tous les systèmes, naturels ou artificiels, sont constitués d'**éléments discontinus et répétés en grand nombre**, **modules** dont l'assemblage permet de générer de nouveaux modules de niveau d'organisation supérieur. **Le discontinu protège, donne de la tolérance entre ces assemblages d'éléments. La progression par niveaux permet d'utiliser les acquis antérieurs**. **La modularité permet de réduire les coûts de l'organisation et facilite l'intégration** (figures 30 et 32).


Figure 30. Arbres généalogiques évolutifs.
Figure 30a. La dichotomie n'est pas la règle.
La règle c'est «fusions» et «fissions».
2D network
n, p network of interactions
Archées
Bactéries
Eucaryotes
Bacteria
Archaea
Eucarya
3D network
ORCHIDÉES
PLANTES À FLEURS
MYCORHIZES
INSECTES
PLANTES À FLEURS PHYCÉES
LICHENS
PHYCÉES
RHIZOBIUM LÉGUMINEUSES
MÉTA-
PROTO-
MÉTA-PHYTES
MYCETES
CNIDAIRES CORAUX
MOLLUSQUES BACTÉROÏDES
MÉTA-ZOAIRES
CELLULE VÉGÉTALE
CELLULE ANIMALE
PROTO-CHLORO-PLASTE
PROTO-PLASME
PROTO-MITO-CHONDRIES
MÉTA-MONÈRES
PROTOZOAIRES NÉMATODES
"représentation dichotomique habituelle" des règnes : évolution graduelle par "fission" (séparation et divergence).
"réalité acceptée" des interactions phylogénétiques : transferts et fusion de gènes, transferts et fusion de cellules, juxtapositions et emboîtements de "plans" de niveaux d'organisation différents en 1 nouveau Tout.
L'arbre généalogique évolutif n'est pas "un arbre", mais "un corail" de ARMSADAs de ARMSADAs
http://www.afscet.asso.fr/pbAnde03.pdf
évolution par "fusions" (Bricage, 2003)
creative commons

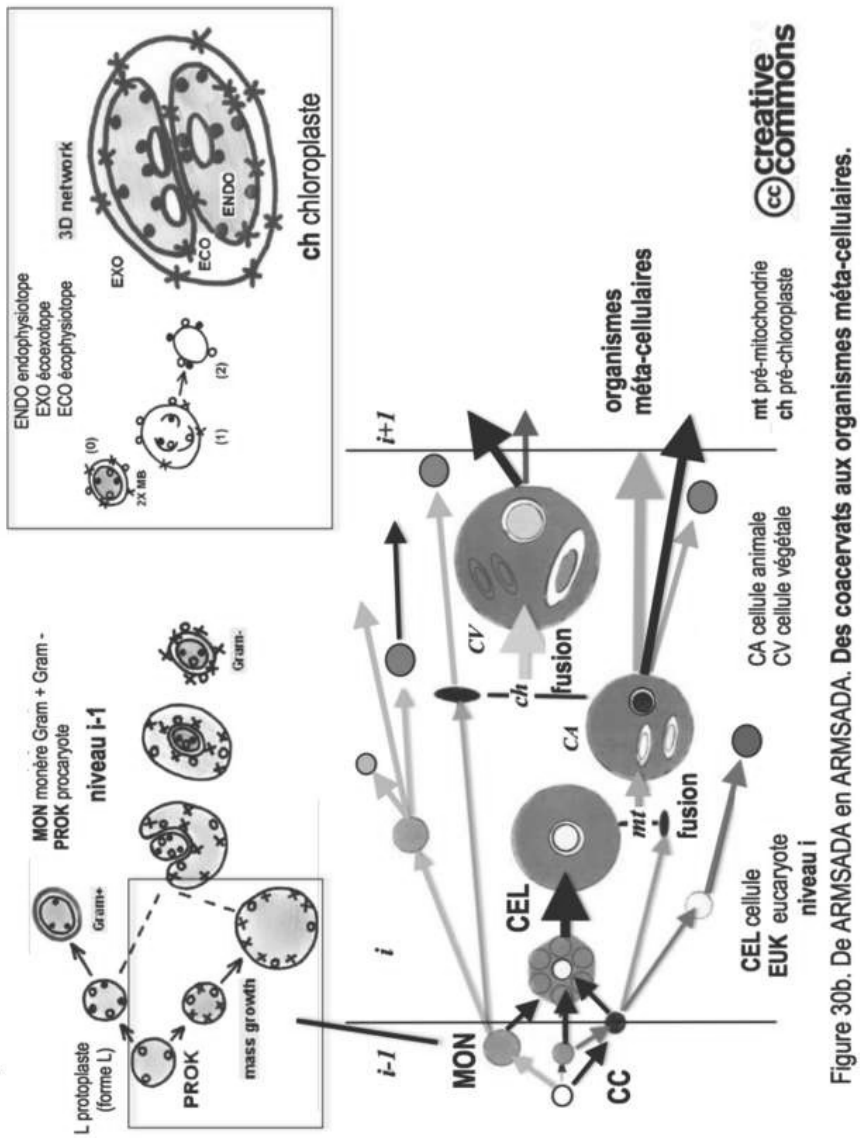


Figure 30b. De ARMSADA en ARMSADA. **Des coacervats aux organismes méta-cellulaires.**

Figure 31. Ecosystèmes sauvage et anthropique dérivé.
Toute forme de vie est **hébergée par un écoexotope qui lui fournit une capacité d'accueil**, à condition que son endophysiotope possède **une capacité d'être accueilli en adéquation**.

CONCLUSIONS

L'homme, animal lui-même, prédateur, mène depuis ses origines une **vie commune avec** d'autres animaux, ce qui n'est **pas sans risque...** Ainsi, les épidémies de grippe émergent des passages de variants viraux nouveaux, apparus chez les canards ou les poulets, vers l'homme, via les cochons. Aussi loin que remontent les vestiges humains et préhominiens dans les sites archéologiques, des ossements animaux leur sont associés. Les Australopithèques, il y a 3 millions d'années, mangeaient de la viande. **Très tôt, l'homme domina** les autres animaux, et ceux-ci lui procurèrent une part importante de ses moyens de survie. **Le développement des sociétés humaines est lié à l'exploitation du vivant**.

C'est **la maîtrise des capacités motrices des animaux domestiques** qui a permis certaines grandes transformations des sociétés. Ainsi en Mésopotamie, dès 3000 avant J.-C., l'usage de la force des bovins pour tirer l'araire transforme l'agriculture (jusque-là pratiquée à la houe), permettant un accroissement des rendements, un surcroît de production agricole, une **augmentation de la capacité d'accueil** de l'environnement, et, ainsi, l'apparition de classes sociales non productrices des seuls produits alimentaires, et le développement d'une civilisation urbaine.

La culture du blé est **liée à la domestication** du bœuf, le développement de l'une ne va pas sans l'apparition de l'autre. De la même manière le développement de la riziculture en Indochine est lié à la domestication du buffle et à son emploi pour le piétinement, et **l'amendement**, des sols inondés. Avant l'expansion de la culture européenne, nombreuses étaient les sociétés humaines qui vivaient en économie **mixte**, c'est-à-dire en pratiquant des formes diverses d'agriculture et d'élevage, associées à **l'exploitation** des populations d'animaux sauvages par la chasse, la pêche et la collecte (figure 11).

Les pasteurs nomades ou l'intégration au milieu de survie.

Des sociétés se sont édifiées autour de l'exploitation de quelques animaux sauvages, qui fournissent nourriture et matières premières. On en trouve une diversité étonnante chez les Indiens d'Amérique : -les Comanches, Cheyennes et Pieds-Noirs des plaines chassaient, à l'aide de chevaux, le bison qui leur fournissait, outre la viande, du cuir pour la couverture des tentes, les habits et les chaussures, des tendons pour le fil, des os pour l'outillage, -les Indiens subarctiques chassent encore le caribou et l'orignal, ceux des régions boisées le cerf, -sur la côte du Pacifique, les Indiens, pêcheurs et ramasseurs de coquillages, ne chassent les mammifères terrestres que pour la stricte fourniture des matières premières (peaux, poils, os et bois) qui leur font défaut !

Ces Indiens, sédentaires, vivent dans de grands villages, possèdent un art plastique remarquable et pratiquent des cérémonies d'échanges rituels aux cours desquelles sont manipulés des objets représentant des richesses considérables. Ce qui prouve qu'il ne faut pas assimiler vie de chasse-cueillette avec primitivisme et vie fruste.

Les actuelles **civilisations des sociétés de pasteurs nomades** dépendent toujours entièrement d'animaux domestiques. Ces éleveurs vivent et se déplacent avec leurs troupeaux. Les éleveurs de rennes (Lapons de Scandinavie, Samoyèdes de Sibérie), de dromadaires du Sahara (Maures, Touaregs), de bovins d'Afrique tropicale (Peuls, Masaïs) et, autrefois, les éleveurs de chevaux d'Asie centrale (Tatars, Scythes) et les éleveurs de yacks du Tibet, tirent, ou tiraient, tous leurs moyens de subsistance de leurs animaux, tant pour l'alimentation (lait, sang souvent, viande) que pour les matières premières (cuir, bois de rennes; os, pelage, poils des chameaux pour le feutre des yourtes; laine des moutons, etc.) et ils les utilisent encore comme moyens d'échange auprès des populations sédentaires qu'ils côtoient. Certains se servent de leurs animaux comme moyen de transport pour le commerce à longue distance.

Pourquoi la civilisation amérindienne a-t-elle disparu ?

bilan: **La survie des uns passe par celle des autres.**
La survie mutuelle dépend d'une limitation...,

d'une limitation des prélèvements par l'homme pour l'homme (**manger... mais pas trop!**) et d'une survie (et d'une production) suffisante(s) des animaux domestiques ou des plantes (**impossible... de ne pas être mangé !**). Le processus de domestication a eu une influence profonde sur les rapports entre l'homme et la nature, **l'homme n'était plus un prédateur, il devenait un allié, un protecteur, un partenaire pour la survie**, et de grandes conséquences quant aux relations interhumaines...

"**... il faut manger pour (sur)vivre et non**
pas (se sur)vivre pour manger ! "
Pour que l'un survive il faut d'abord que l'autre survive
et réciproquement.

Seules survivent, et se survivent, les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés.

La place de l'homme ?
Augmenter la capacité d'accueil de l'écoexotope ou augmenter la capacité d'être accueilli par l'écoexotope ?
L'homme défectif pourrait être un acteur clé-de-voute.

L'appropriation de la force de trait du cheval grâce au collier rigide prenant appui sur les épaules (inventé en Chine au Ve siècle) permit le défrichement de l'Europe au Xe siècle.

Dès que **la domestication** d'animaux est attestée, on trouve des traces de voyages sur de longues distances. Dès le IIIe millénaire avant J.-C., il y avait des caravanes d'ânes entre la Nubie et l'Égypte. À partir de 2000 avant J.-C., des caravanes d'ânes bâtés permettaient le commerce à travers la Mésopotamie et la Syrie. Ces routes commerciales, comme la route de l'Asie, dite **route de la soie**, qui fut parcourue du IIIe siècle avant J.-C. jusqu'au XVe siècle, au moyen de cohortes de chevaux et de chameaux, rapprochèrent culturellement les civilisations de la Méditerranée, de l'Inde et de la Chine.

Certaines sociétés exploitèrent très rationnellement les populations sauvages de quelques mammifères.

Le cas le plus remarquable est celui des Incas avec les vigognes (Camélidés). **La chasse en était interdite**; les troupeaux sauvages étaient rassemblés tous les trois ans, lors d'immenses battues auxquelles participaient de vingt mille à trente mille hommes. Les animaux étaient choisis, tondus, les vieux individus étaient abattus **pour maintenir la qualité du troupeau** (ce qui permettait également de consommer leur viande). La laine, d'une très haute valeur, revenait à la famille royale et aux hauts fonctionnaires. Au cours de ces chasses, 20.000 à 40.000 têtes de "bétail" étaient rabattues et **un compte précis en était tenu**.

Pourquoi la civilisation inca a-t-elle disparu?

A-t-elle disparu parce qu'un événement, extérieur ou intérieur, à son fonctionnement social, a détruit la relation d'intégration symbiotique qui l'unissait avec les partenaires de son écoexotope de survie **Pour exterminer les indiens d'Amérique, les colons européens n'ont eu qu'à détruire les hordes de bisons qui constituaient le partenaire symbiotique, dans l'espace-temps-action de survie des Amérindiens !**

Pour détruire une fourmilière, il est impossible de détruire les fourmis une à une, mais... il suffit de détruire leur écoexotope de survie, en l'inondant ou en l'empoisonnant, par exemple.

BILAN : Augmenter la capacité d'accueil de l'écoexotope pour l'homme seul, c'est accroître la violence entre espèces auparavant associées dans un réseau d'avantages et d'inconvénients réciproques et partagés.

Tout changement des conditions de survie accroît la violence.

En forêt, par ses interventions (plantations ou coupes d'arbres), **l'homme change les rapports au sein des réseaux des relations de survie**, il déplace les équilibres, les compositions optimales globales, qui diffèrent d'un insecte ravageur à un autre et d'une forêt à une autre (figure 6) !

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

En traitant l'écosystème forestier par des **insecticides**, de la même façon qu'il traite par des **antibiotiques** les écosystèmes intestinaux de la vache ou du porc, **l'homme** désavantage les uns et avantage les autres, **à son seul profit, et à court terme !**

Et, il déplace, le plus souvent, la situation présente d'équilibre, à l'avantage des ravageurs, qui mangent, et au désavantage des feuillus, qui sont mangés... et, la forêt, l'écosystème perd sa capacité de résilience, et, est **menacé dans sa survie** !

L'homme moderne a détruit les équilibres dynamiques de partage des avantages et des inconvénients, qui existaient depuis des centaines de millions d'années, pour son seul bénéfice à court terme. Et tout déplacement d'équilibre peut entraîner, à court terme ou à long terme, **un changement imprévisible et irréversible !**

L'homme et la nature : UNE RELATION ago-antagoniste ?

Ni stratégie prudente, ni recherche de l'équilibre, **l'intégration** de l'homme moderne dans la nature est un duel, "un jeu de lutte pour gagner", un jeu à deux joueurs, l'homme, avec ses plantes et animaux domestiques, d'une part, et toutes les autres formes de "vie sauvage", d'autre part, joueurs dont les intérêts sont strictement opposés.

La violence est engendrée par une **inadéquation des référents** humains (que l'homme soit jardinier ou bûcheron...) et des référents écosystémiques de **biodiversité**.

L'homme est-il l'ennemi de la nature ?

Méconnaît-il, par manque d'éducation, les lois de la nature ?

La science politique moderne a oublié l'enseignement des Stoïciens : agir selon la Nature, conformément aux processus que la Nature révèle à l'Homme,

"agir avec la Nature, selon les lois de la Nature !"

Les catastrophes écologiques actuelles, altérations climatiques dues à l'altération de l'effet de serre, trou de la couche d'ozone, épidémies du SIDA, de la vache folle, de la tuberculose, du CoViD19, ... sont là pour nous rappeler que la terre et la Nature, la biosphère terrestre, existaient bien avant l'homme.

Le sage n'est-il pas celui qui qui connaît ses limites ?

L'homme est l'ennemi de l'homme ! Les vrais dangers d'aujourd'hui, ce ne sont pas le lion ou le loup, ni même les moustiques, les bactéries ou les virus qui les font courir à l'homme, mais... l'homme !

Quels choix de régulation ? Quels agents de régulation ?
Quels équilibres dynamiques de régulation ? Quelles limites ?

La violence des interactions au sein de l'écoexotope d'accueil impose à tout endophysiotope accueilli une démarche de la qualité. Mais le choix de **la qualité dépend de la diversité des possibles** donc d'abord de **la quantité**. A tous les niveaux d'organisation du vivant, la croissance (la quantité) précède toujours le développement (l'acquisition de qualités nouvelles).

Survivre, c'est transformer les inconvénients en avantages, et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.

Le quantitatif permet le qualitatif.

Si on veut œuvrer à l'***humanisation de l'humanité par l'éducation***, selon Edgard Morin, il faut effectuer un double pilotage de la planète : à la fois, obéir à la vie et être guidé par la vie, ET accomplir ***l'unité dans la diversité***, à la fois en respectant en autrui la différence d'avec soi et l'identité de son soi. Enseigner l'éthique du genre humain commence à l'école mais ne peut éclore ***qu'avec l'aide des parents***.

Sept principes éducatifs sont à la base d'une éducation éthique, de type systémique (et cybernétique) :

1. Développer la connaissance en apprenant à identifier les erreurs et les illusions, grâce à l'éducation à la systémique.
2. Penser globalement pour agir localement, et inversement.
3. Former à la connaissance **trans-disciplinaire** des aspects physiques, biologiques, psychologiques, culturels, historiques et sociaux de l'humanité, quand qu'elle soit, où qu'elle soit et quelle qu'elle soit.
4. Former à l'écologie fonctionnelle et à la connaissance du fonctionnement, du vécu, de notre (seule) biosphère terrestre.
5. **Apprendre à décider, à l'aide de tableaux de bord, en situation d'incertitude**.
6. Apprendre à tolérer l'autre, le différent, quel qu'il soit, vivant, humain ou pas.
7. Faire émerger, inconsciemment puis consciemment, une **éthique de la vie** planétaire.

C'est comme une échelle de **devoirs** emboîtés et juxtaposés, un labyrinthe de formation, un parcours d'initiation, que chacun ne parcourra probablement jamais jusqu'au bout. Mais le battement des ailes d'un papillon, ici, peut être, **de proche en proche et en cascade**, à l'origine d'une tempête, loin, ailleurs, car tout est en interaction dans l'espace, dans le temps et dans l'action. Les PARTIES sont homologues au TOUT, comme le TOUT est homologue au PARTIES : tout est dans tout.

L'image du monde que nous hébergeons dans notre tête, en pensées et en actions, n'est qu'**un modèle**, un modèle qui ne nous permet que d'appréhender qu'une partie de la réalité, dans laquelle nous ne faisons que passer.

Et, il faut que ce soit un modèle **systémique**, **holistique**.

« Seul l'homme est le remède de l'homme. »
(proverbe sénégalais)

Ecoexotopes & endophysiotopes interactions, Tableau 7. **The Message of Ecology**. Limites et limitations (Krebs, 1985, 2008).

1. Good and Poor Ecoexotopes Exist for Every Endophysiotopes.

De nombreuses capacités d'accueil sont possibles, **des pires aux meilleures**. Mais, quelles qu'elles soient...,

"il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients." Ce qui importe c'est qu'il y en ait une de disponible et qu'une adéquation soit possible entre la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope et la capacité d'accueil de l'écoexotope :

"il faut qu'il y ait un bon endroit et un bon moment".

2. The Distribution of Endophysiotopes is Limited by Barriers and Unfavorable Ecoexotopes.

La capacité d'être accueilli (de l'endophysiotope) est limitée, dans les limitations imposées par la capacité d'accueil (de l'écoexotope). ***"Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement."***

"Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages."

3. No Population Increases Without Limit.

A chaque instant l'activité de l'endophysiotope change la capacité d'accueil de l'écoexotope.

La croissance est limitée par les interactions entre la capacité d'accueil et la capacité d'être accueilli.

"Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement."

"Survivre c'est éviter que les avantages deviennent des inconvénients."

4. Keystone Actors May Be Essential to a System's Community.

La durabilité des systèmes vivants dépend d'espèces clé-de-voûte.

L'homme est une espèce clé-de-voûte pour ses agrosystèmes. Leurs survies n'est plus possible sans lui.

Aucune plante cultivée, aucun animal domestique, ne peut survivre dans la compétition pour la capacité d'accueil disponible, face aux plantes et animaux sauvages.

5. Overexploited Ecoexotopes Can Collapse.

L'augmentation de la capacité d'accueil, **par l'homme seul et pour l'homme seul**, est responsable d'extinction de la biodiversité. Pour qu'une population survive il ne faut pas que son effectif de reproducteurs tombe sous un effectif minimal (seuil). Le facteur limitant de sa survie est le nombre de femelles capables de se reproduire. Pour qu'elle survive il faut que son écoexotope d'accueil survive d'abord, c'est-à-dire que l'espèce clé-de-voûte de l'écosystème, qu'elle partage avec des populations d'autres espèces, survive d'abord.

"Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement."

"Seules survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés."

creative commons

creative commons

"Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement."
"Seules survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés
6. Communities (Actors, links & Whole) Can Rebound from Disturbances.

Tout système vivant est inséparable de son écoexotope. C'est l'intégration.
Son endophysiotope y **peut survivre à des agressions entre 2 limites** fonctionnelles (excès, carences).

7. Communities can Exist in Several Stable Configurations.

Diverses situations d'interaction entre capacité d'accueil et capacité d'être accueilli existent :
"il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients",
"ce qui est un avantage dans un contexte d'interactions peut être un inconvénient dans un autre..."

8. Natural Systems Recycle Essential Materials.

La matière et l'énergie sont limitées, mais elles sont réutilisables.
La durabilité dans l'espace et dans le temps résulte d'un recyclage continuel de la matière et de l'énergie, comme au sein d'une cellule végétale, d'un lichen ou d'un écosystème forestier, ou entre la mère et l'enfant qu'elle porte, provisoirement... car cette capacité, comme toute capacité fonctionnelle, est limitée !

9. Ecoexotopes Change, Systems and Systems of Systems Change.

Les changements des conditions de disponibilité (en qualité ou en quantité) de la capacité d'accueil et de son recyclage (qui se répercutent sur **la croissance**) imposent des changements de l'organisation spatiale, temporelle et fonctionnelle de la capacité d'être accueilli (qui se répercutent sur **le développement**).

"Se survivre est aléatoire et n'est possible qu'un temps..."

10. Natural Systems Are Products of Evolution.

Au cours du temps, des changements locaux (de la capacité d'accueil de l'écoexotope) peuvent induire des réponses globales (de la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope).

Lorsque la diversité est faible, comme dans les **agrosystèmes**, la stabilité dans le temps, la durabilité globale, ne peut être obtenue que par une intervention indéfiniment répétée de l'homme. Pour les plantes et les animaux **domestiques**, la présence de l'homme est un avantage, sans lui ils n'existeraient pas. Mais c'est aussi un inconvénient, car tôt ou tard, ils sont mangés par l'homme, mangeur d'écosystèmes, omnivore.

Peut-il n'y avoir indéfiniment d'avantages que par l'homme et pour l'homme seul ?

Tableau 7. The Message of Ecology. Limites et limitations

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Il y a bien longtemps, des populations humaines ont **co-**signé un contrat synallagmatique avec des populations d'espèces animales et végétales, qu'elles ont domestiquées, “accueillies“ dans la maison de l'homme... Ce qui a permis à celui-ci d'augmenter la capacité d'accueil de son écoexotope. Cependant **augmenter la capacité d'accueil de l'écoexotope n'est pas une solution durable quand elle devient insoutenable**. Ce qui compte ce n'est pas la quantité des ressources disponibles mais la façon dont elles sont utilisées. **La capacité d'être accueilli importe plus que la capacité d'accueil.**

Les symbioses ne sont pas des situations gagnant-gagnant. Les symbioses sont des organisation durables parce qu'elles sont à la fois supportables par chaque partenaire et supportées par chaque partenaire.

Le danger est d'aller trop loin.

Aujourd'hui les systèmes vivants ne sont plus capables de supporter le fardeau de la présence des sociétés humaines modernes. L'espèce humaine moderne n'est apparemment plus capable de réussir l'examen de maintien dans la biosphère terrestre qu'avaient réussi les sociétés traditionnelles qu'elle a exterminées.

Toute espèce qui échoue à cet examen, qu'elle doit sans cesse repasser et réussir, tôt ou tard, est éradiquée.

Seules survivent, et se survivent, les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA).

http://armsada.eu

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Résumé

Tout ORGANISME vivant est **un système organisé**, avec un **endophysiotope[8] indissociable d'un écoexotope[9] de survie.** En permanence, tout ORGANISATION vivante doit re-construire son organisation, structurale et fonctionnelle, ses **interactions** internes (intra), externes (extra) et internes-externes (inter) et **re-créer son autonomie**. Tout organisme est sans cesse dépendant de son écoexotope de survie dans lequel, il s'auto-régénère continuellement. Dans cet écoexotope, il puise de la matière, de l'énergie et de l'information, il est **intégré au sein d'un réseau de chaînes alimentaires.** Avant de pouvoir **se survivre** dans sa descendance, il doit d'abord rester en vie, **survivre**, en prolongeant son existence au-delà des événements insupportables qui peuvent entraîner sa disparition (figures 1, 2 et 3).

Survivre, c'est "manger et ne pas être mangé".

Tôt ou tard, "il est impossible de ne pas être mangé". Tout organisme vivant est **prisonnier d'un réseau** de chaînes alimentaires, au sein duquel il est à fois un **consommateur**, de matière et d'énergie, voire un prédateur (ou un ravageur) **et toujours une proie**. Atteint d'un cancer il est lui-même son prédateur et sa propre proie !

L'homme n'est pas une exception. A la fois consommateur d'écosystèmes, qui disparaissent à cause de lui, et producteur d'écosystèmes nouveaux qui n'existeraient pas sans lui, **l'homme bouleverse les niveaux d'organisation et d'intégration du vivant.**

Un lichen est un **organisme nouveau, né de l'association, indissociable d'organismes différents et complémentaires.**

Des propriétés nouvelles apparaissent dans le nouveau TOUT. Et, il e**st impossible de séparer les partenaires, l'absence de l'un entraîne la mort de l'autre et réciproquement.**

Le TOUT est plus que la somme de ses PARTIES : il y a mise en place d'**un niveau supérieur d'organisation, SURMESURE** du niveau précédent, **et SUR MESURE**... avec des propriétés nouvelles "émergentes" spécialisées. **Mais, simultanément des capacités du niveau d'organisation inférieur sont perdues.**

Le tout est aussi moins que la somme de ses parties

Se cacher, **se montrer, s'échapper, résister, se défendre, ou attaquer,** pour manger et ne pas être mangé, présente toujours **des avantages et des inconvénients.**

---

[8] endophysiotope : compte tenu des limites de la capacité d'accueil de l'écoexotope hôte, l'**endophysiotope** (mot construit à partir des racines grecques, ***tope*** : espace-temps, ***endo*** : interne, ***physio*** : de fonctionnement) de tout organisme, doit posséder une **capacité d'être accueilli** en adéquation. C'est le concept d'**intégration** de tout organisme vivant dans son **espace-temps-action** de survie.

[9] écoexotope : c'est un constat banal, la **capacité d'accueil** de tout **écoexotope** (mot construit à partir des racines grecques, ***tope*** : espace-temps, ***exo*** : externe, ***éco*** : d'habitation) est toujours limitée, dans l'espace, dans le temps et dans l'action.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Quelle que soit la stratégie de survie, elle représente **un coût en matière et en énergie** qui entraîne une réduction des potentialités de croissance, et qui doit être à nouveau **payé à chaque génération**.

Quelle que soit la stratégie de survie, **résister, tolérer, supporter, rejeter, coopérer ou se transformer**, la plus performante est celle qui évite les situations d'escalade de la violence et qui permet de faire d'une pierre deux coups.

Au cours de l'évolution, des avantages sont devenus des inconvénients, inversement des inconvénients sont devenus des avantages. Pour survivre, la meilleure défense n'est, ni la défense passive, ni la défense active. Survivre c'est **TRANSFORMER les INCONVÉNIENTS en AVANTAGES ET ÉVITER que des AVANTAGES DEVIENNENT des INCONVÉNIENTS !** Des équilibres de survies réciproques peuvent s'installer, après plusieurs générations de survie difficile, entre des organismes initialement en conflit.

Entre organismes **antagonistes,** pour avoir une relation durable, permettant la survie réciproque, il ne faut ni lutter, ni coopérer mais "**fusionner"... en un équilibre, partenarial, dynamique... réciproque, où les partenaires ne forment plus qu'UN.** L'organisme nouveau est une **association à avantages et inconvénients réciproques et partagés**, les PARTIES (sous-systèmes) deviennent inséparables dans le TOUT, et le TOUT (système-de-systèmes) est un niveau d'organisation, d'échelle supérieure à celles de ses parties.

Ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour d'autres. Le Tout étant un partenaire comme un autre. **Les inconvénients et les avantages sont mutuels, réciproques et partagés**. Pour mettre en place une **ASSOCIATION à AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS RÉCIPROQUES ET PARTAGÉS**, un, ou plusieurs hôtes, **intégrés à l'hôte qui est devenu leur milieu de survie**, fusionnent avec lui. **Au cours de l'union, par métamorphoses simultanées et réciproques, naît une association qui exprime une fonctionnalité nouvelle qu'aucun des partenaires ne possédait seul. Équilibre dynamique**, constamment remanié et recréé entre les partenaires, une **coexistence pseudo-pacifique** s'installe, avec répartition de rôles différents et complémentaires. Elle aboutit, **à la fois**, à **la semi-autonomie** et à **la dépendance totale** entre les partenaires : aucun ne peut survivre sans l'autre.

En étant **solidaires, les partenaires sont protégés des agressions** et des variations du milieu extérieur : les associations symbiotiques augmentent la capacité de survivre aux variations du milieu extérieur, elles rendent, ensembles, les partenaires plus indépendants de leur milieu de survie. L'organisme vivant peut, **dans certaines limites**, rétablir son organisation après des perturbations mêmes très brutales. **Plusieurs ne forment plus QU'UN**.

L'**avantage** est énorme, mais le **coût** est aussi énorme.

Chacun pour survivre doit **d'abord permettre la survie de tous les autres, éventuellement à l'encontre de sa propre survie**.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les parties et le tout fonctionnent inter-dépendamment**:** ***"un pour tous et tous pour un"***. **Le tout est espaces et temps, le tout est objets et réseaux, le tout est pluri-actions, inter-actions et rétro-actions.**

L'aspect structural et fonctionnel des systèmes vivants réside à la fois dans les acteurs eux-mêmes et dans les propriétés des processus, de maintien ou de changement, auxquels ils contribuent, activement, par une succession incessante de changements dans l'activité des compartiments de leur organisation (figures 3, 4 et 5).

Tous les compartiments du système-de-systèmes, **différents et complémentaires dynamiquement, permettent la mise en place de cycles d'élimination des déchets toxiques. Les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement.** La biodiversité permet à la fois une meilleure survie globale du TOUT et l'optimisation des échanges, en flux tendus, entre les PARTIES. Toute agression qui modifie les conditions de survie de l'un modifie celle de l'autre.

Si un déséquilibre s'installe, entre les partenaires (ou *parsonniers)*, au sein du réseau associatif symbiotique, ses conséquences peuvent entraîner une **rupture de l'association**.

Toute ARMSADA est une **organisation durable à des échelles de temps et d'espace très supérieures à celles des partenaires constituant l'association**. L'avantage est énorme pour l'association. Même s'il se paie d'un coût énorme, tout inconvénient peut être supporté, s'il crée **un avantage inestimable**, le seul pour lequel il vaille de survivre, même difficilement, celui de **se survivre**.

Dans tout écosystème, Il existe une relation entre la biodiversité et la densité. **La biodiversité est un moyen de faire face aux changements.** Mais, plusieurs niveaux de biodiversité aboutissent à la mise en place d'un équilibre dynamique de survie optimale. Comme **les niveaux d'équilibre sont imprévisibles**, tout ce qui change la biodiversité entraîne un déséquilibre (figure 6).

Pour manger et ne pas être mangé, **l'espèce humaine** élimine d'autres espèces qui interviennent dans les mêmes chaînes alimentaires. **Tout se passe comme si, entre les parties du Tout, il y avait un équilibre, de protection solidaire, que l'homme perturbe par ses actions.** Tout ravageur doit **limiter ses exigences** de nourriture **pour sauvegarder durablement** ses sources de nourriture. Toute rupture dans le réseau trophique entraîne un déséquilibre néfaste à celui qui en est à l'origine (figure 10).

Tout système biologique est **un équilibre, partenarial, entre l'indépendance** de plus en plus grande du Tout par rapport au milieu de survie **et l'interdépendance mutuelle** de plus en plus grande de ses parties. Perturber la densité ou la diversité des parties du Tout peut mettre en danger la survie du Tout (figure 13).

La dissociation des réseaux trophiques au sein d'un bio-système peut entraîner sa **désintégration, par libération des dangers qui étaient contenus au sein de l'association à avantages et inconvénients partagés** (figures 15 et 21).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

L'homme, par ses activités déstabilisantes, modifie, à tous les niveaux d'organisation et d'intégration du vivant, la répartition des flux de matière et d'énergie, en équilibres contrôlés... avant sa présence.

La symbiose, association à avantages et inconvénients réciproques et partagés, **est un système tampon, de résistance aux agressions, de défense contre les substances toxiques, de défense contre les virus intégrés dans le matériel génétique.** Sous sa forme intégrée au génome (transmis, de génération en génération, inoffensif, à l'état latent), un virus est indétectable, et il ne s'exprime pas, **sauf si un choc déstabilise l'association avec son hôte**. Alors, il se libère et reconstitue un virus infectieux. La cellule qui le libère est détruite et l'organisme qui la contient est atteint d'une maladie.

Le génome contient de nombreux éléments qui n'ont aucune fonction connue ou qui sont présents en de multiples copies. Ces séquences répétées contiennent des informations nécessaires et suffisantes pour que le cycle d'un virus s'accomplisse. Les virus intégrés dans le matériel génétique des organismes, homme y compris, sont des menaces potentielles, à tout moment, à l'origine de maladies virales ou de cancers : la rupture de l'association à avantages et inconvénients réciproques et partagés entraîne la **libération des dangers qui étaient contenus par l'équilibre symbiotique**.

Pour le virus, hôte hébergé, l'alternative est la suivante: **ou se survivre, à son niveau d'organisation et d'intégration, en détruisant son hôte, et... ne pas survivre, ou... disparaître, en s'intégrant à son hôte, et survivre à un niveau supérieur d'organisation** (figures 17 et 21).

Les cellules sexuelles, capables de survivre un temps limité dans un espace limité, sont incapables de se survivre. Elles sont condamnés à mort dès leurs naissances. Sauf... si elles se rencontrent et fusionnent. Leur union, la fécondation, aboutit à **la mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés, organisation nouvelle, intégrée à milieu de survie nouveau, qui retrouve toutes les capacités du vivant, et est capable de survivre et de se survivre**. Union, sur mesure, et démesure, **elle aboutit à un changement d'échelle** spatiale et temporelle, c'est une **transgression** vers un nouveau niveau supérieur d'organisation et d'intégration. Le tout est **un et multiple** par ce qu'il naît d'**une indissociable union**, d'une hybridation spatiale et temporelle.

La grossesse est aussi une association, temporaire, à avantages et inconvénients réciproques et partagés. L'**équilibre, dynamique,** "entre tolérer, supporter, rejeter", qui s'installe, entre la mère et l'enfant en formation, est de même nature que celui qui s'installe entre les bactéries *Rhizobium* et leur plante d'accueil :

l'hôte hébergé assure la survie de l'hôte hébergeant qui assure la survie de l'hôte hébergé.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

L'organisation sociale, structure de survie de la "horde" humaine ancienne, n'est plus adaptée à une intégration symbiotique dans le milieu de survie actuel, "dénaturé" par l'homme. Plus l'organisation sociale actuelle rend le couple dépendant d'elle pour survivre, et pour se survivre, plus **l'organisme-homme** est semblable à l'organisme-loup, ou à l'organisme-abeille. Demain l'organisme "humain" pourrait-il être un **organisme sociétal, indissociable d'une technologie, de survie et de reproduction ?**

Toute structure fonctionnelle organisée est **maintenue par des interactions opposées**. Le tout est moins que la somme de ses parties, et l'assemblage des parties dans **le tout est irréversible**. Les êtres vivants ne sont ni des machines, ni des matières premières !

L'équilibre, continuellement déconstruit et reconstruit, c'est la rétro-action et la croissance zéro. La survie optimale va à l'encontre d'une stratégie de croissance maximale.

Pour sa seule survie, l'homme détourne à son profit, toute activité vivante ! Tout être vivant, l'homme y compris, peut maintenant être modifié, par l'homme, dans son fonctionnement. En asservissant la nature et toutes les formes de vie... pour la fabrication d'hommes, l'homme libère les dangers contenus dans les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés, agressées par les activités humaines. Des virus, présents dans l'écoexotope ou dans l'endophysiotope humain, bien avant l'émergence de l'homme, se "réveillent" et se propagent, à la suite de la coïncidence de séries de facteurs facilitant l'infection, par des hôtes intermédiaires.

La terre n'appartient pas à l'humanité,

c'est l'humanité qui appartient à la terre...

Un développement durable, permettant de survivre aux hasards du milieu, est impossible, en donnant la force au faible pour anéantir le fort, ou en permettant au fort d'éliminer le faible.

il est impossible de permettre la co-existence en favorisant la lutte... Mais, tout compromis a un coût.

Lorsque l'équilibre des effectifs entre deux populations associées sans concurrence, mais d'exigences sociologiques différentes..., change, habituellement **la population minoritaire est condamnée à mort**. C'est une fatalité qui peut être empêchée.

Quelle que soit la maladie virale, Il existe toujours des individus sains, sans symptôme, et vecteurs du virus.

Tout organisme est indissociable de son écoexotope dans lequel il est accueilli. Sa survie et son ontogénie résultent des **interactions entre son écoexotope et son endophysiotope**.

"Survivre c'est transformer des inconvénients en avantages et éviter que des avantages deviennent des inconvénients."

Quel que soit le mode d'intégration d'un système vivant, seules survivent, et se survivent, les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés (ARMSADA).

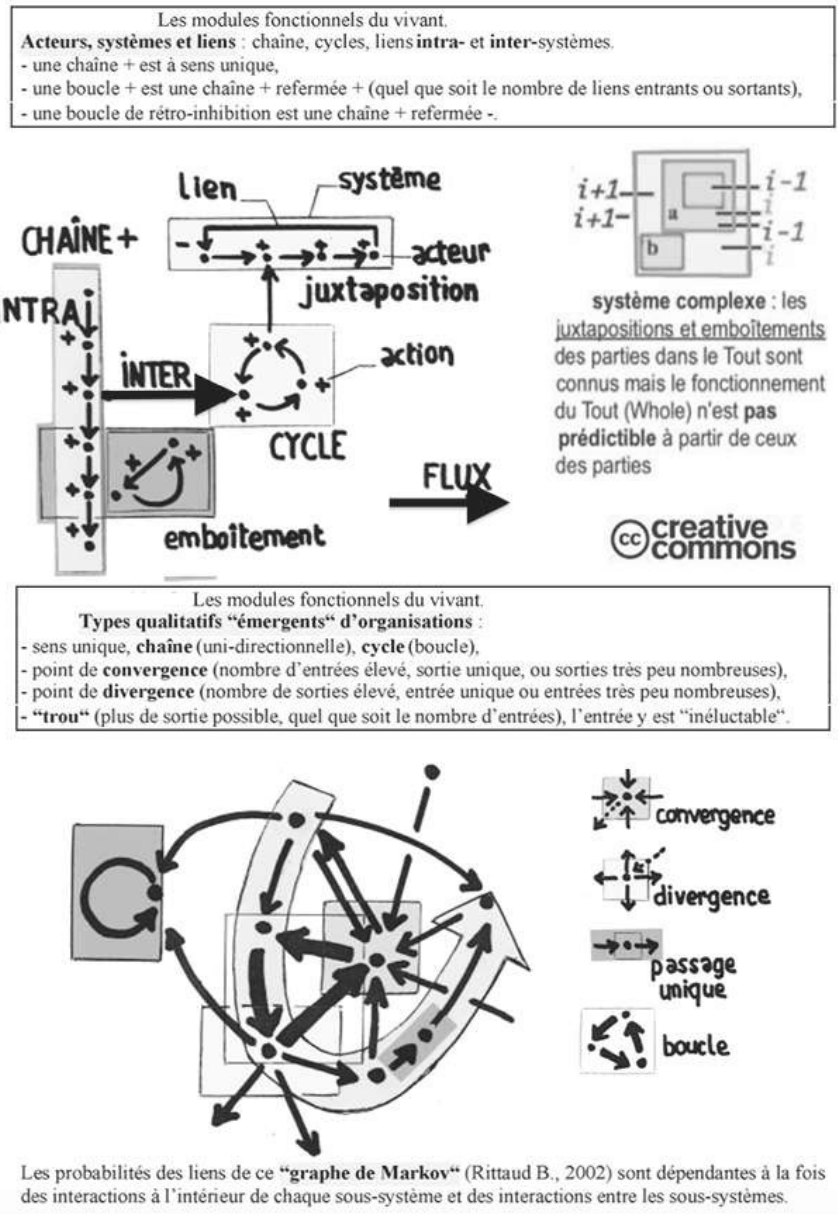


Tableau 8. Tout système vivant est un **système-de-systèmes**.
Quel que soit le niveau d'organisation, les flux de matière, d'énergie ou d'information sont modulaires, et compartimentés, en compartiments juxtaposés et emboîtés.

Leur mise en place **émerge d'une adéquation entre la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope et la capacité d'accueil de l'écoexotope**. Elle est réalisée par la perte simultanée par chaque protagoniste de la capacité de détruire l'autre.

La mise en place de l'organisation spatio-temporelle de la cellule, sa cancérisation, son apoptose ou sa nécrose, son ontogénie par comparaison avec celle des Monères, permettent de retrouver sa phylogénie. L'accolement, puis la fusion hyaloplasmique, mais sans fusion membranaire, de Monères apparentées dont l'endophysiotope devient ainsi continu, est à l'origine, à la fois, de l'enveloppe nucléaire et du reticulum endoplasmique. Leurs espaces internes, en continuité, délimitent un nouvel espace intermédiaire, l'écophysiotope, qui joue le rôle d'un **tampon, amortisseur des violences,** entre le nouvel endophysiotope et le nouvel écoexotope. La fusion résulte de leurs **métamorphoses simultanées**. L'appareil dit de Golgi, structure émergente unique, en constitue le réseau de coordination (figure 28).

Survivre c'est **"manger et ne pas être mangé"** pour se survivre. Tout organite cellulaire descend de Monères à vie libre avec ses phages spécifiques. Délimités par une double membrane, mitochondries et plastes ont pour origine la mise en place d'associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés entre proies et prédateurs, par pertes simultanées par chacun de la capacité de détruire l'autre. Non délimité par une membrane, le centrosome, dont la structure est celle d'une capside virale, provient de la fusion d'organismes délimités par la même membrane. Organites à une seule membrane, lysosomes et peroxysomes proviennent de la fusion de Monères délimitées par la même interface membranaire.

Les cellules d'un organisme sont **semi-autonomes**. Leur survie contribue à celle de l'organisme, qu'elles constituent et qui **en retour** les héberge. L'endophysiotope de l'organisme est l'écoexotope de survie de l'endophysiotope des cellules. Cette **structure ergodique**, récurrente, est apparue au cours de l'évolution du vivant par la mise en place d'associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA) entre partenaires autrefois libres.

La cellule a ainsi émergé de la fusion de Monères et de virus, juxtaposés et emboîtés en un nouveau TOUT (figure 28). Toute cellule contient dans son génome des génomes viraux juxtaposés et emboîtés, **dangers contenus** ("collège invisible"), **indispensables** au bon fonctionnement. À la suite d'une violence ces **dangers contraints** peuvent être libérés. Habituellement la cellule meurt par apoptose. Mais, qu'il soit physique, chimique, physiologique ou psychologique, le choc peut donner naissance à une cellule cancéreuse.

Quand la capacité d'accueil de l'écoexotope de survie ne peut plus assurer durablement la survie, pour survivre, la seule issue d'une cellule est de changer la capacité d'être accueilli de son endophysiotope. Elle devient cancéreuse. Elle récupère une autonomie, de survie et de reproduction, incontrôlée et incontrôlable. Le cancer résulte d'un dysfonctionnement de l'expression d'un "collège invisible".

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Nombre d'acteurs de la cancérisation sont des virus. Or, les mêmes chocs qui sont responsables de la libération de virus endogènes peuvent être utilisés pour tenter de détruire les cellules cancéreuses, transformées par des gènes viraux exogènes auxquels elles ont déjà résisté, alors que les cellules normales y sont sensibles.

Survivre c'est "transformer des inconvénients en avantages et éviter que des avantages deviennent des inconvénients". Au cours de l'évolution, seules se survivent ces associations qui rendent les partenaires plus dépendants les uns des autres mais plus indépendants de leur écoexotope de survie. Elles émergent par la perte simultanée par tous les partenaires de la capacité de détruire tous les autres. Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement.

Le cancer est une **rétrogression**, par déstructuration spatiale ou temporelle du "contrat synallagmatique" établi entre partenaires de niveaux d'organisation différents, "pour le meilleur et pour le pire". À tous les niveaux d'organisation, le cancer est ***«une privatisation des profits et une socialisation des pertes»*** et ***«une captation, par un intérêt particulier, de l'intérêt général»***. La solution au cancer n'est pas dans la destruction, impossible, de toutes les cellules cancéreuses, mais dans la ré-inactivation, par "un choc approprié", des dangers "dé-contenus" lors de la cancérisation, et le retour à un état cellulaire non-autonome, "partagé", et mortel, **un retour salvateur à la soumission à la "dictature" de l'organisme.**

Les concepts d'écoexotope et d'endophysiotope permettent de représenter, à chaque niveau d'organisation[10], les interfaces et les interactions, à l'intérieur (intra) ou à l'extérieur (extra) d'un système vivant, ou entre systèmes vivants (inter).

Il n'y a aucun "sentiment" dans **la gouvernance du vivant** "vivant" et 1 seule loi : ***"survivre c'est manger et ne pas être mangé"***, ce quel que soit le niveau d'organisation considéré. La "sélection", naturelle ou artificielle, agit **simultanément à tous les niveaux d'organisation.** Quel que soit le mode d'intégration, c'est la mise en place d'**associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés** qui permet l'apparition de nouveaux plans d'organisation et le maintien, à la fois, de la diversité et de l'unité des systèmes plus anciens.

Cette **approche systémique de représentation** aboutit à un modèle moins biaisé de la réalité **"bio-psycho-anthropo-sociale"**, et à 1 nouveau paradigme qui a permis des prédictions opérationnelles dans les domaines de la médecine (grippe, SIDA, cancer) et du développement durable.

[10] Tout niveau d'organisation, d'un système-de-systèmes vivant, est **défini** par 7 caractéristiques fonctionnelles : -la capacité de mobilisation de la matière et de l'énergie, -la capacité de croissance, -la capacité de répondre à des stimulations, -la capacité de mouvement, -la capacité de mettre en place une organisation spatiale et temporelle, -la capacité d'intégration, qui permettent de survivre (manger et ne pas être mangé), pour, éventuellement, -se survivre (capacité de reproduction, sexuée ou pas, avec ou sans multiplication).

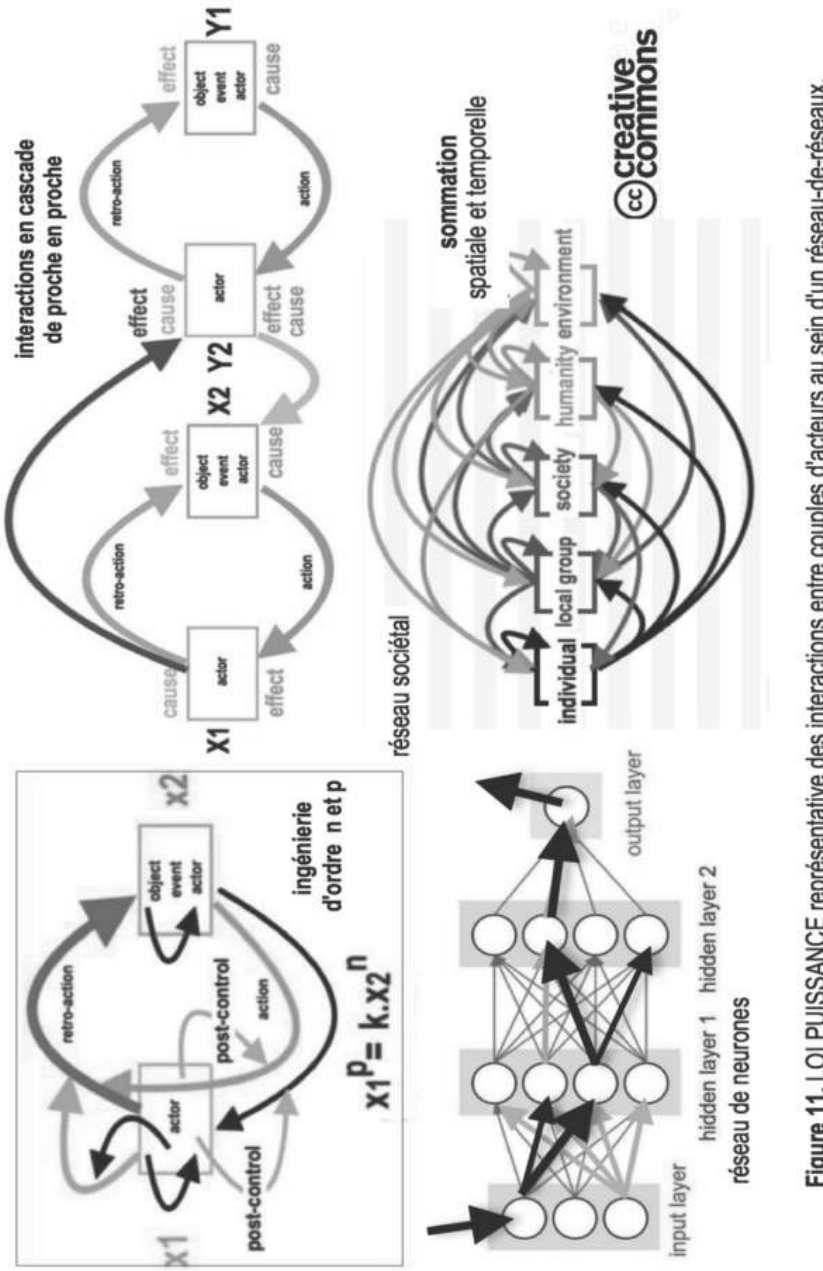


Figure 11. LOI PUISSANCE représentative des interactions entre couples d'acteurs au sein d'un réseau-de-réseaux.

QUELQUES MOTS CLÉS

ABYME (mise en abyme).

Modalité auto-réflexive d'une structure ou d'une situation, procédé consistant à représenter une œuvre dans une œuvre similaire, à mettre dans une image cette image elle-même, comme des poupées russes emboîtées les unes dans les autres.

(l') AGOANTAGONISME ou la conciliation des contraires.

Dire "**oui** à la sélection" c'est ignorer sa très cruelle réalité, la disparition.
Dire "**non** à la sélection" revient à pérenniser un système en échec.
Ces deux démarches ne semblent pas s'exclure l'une l'autre, ...

Le résultat final concilie des interactions à la fois antagonistes et agonistes, complémentaires. Le fonctionnement des neurones est contrôlé par des neuro-médiateurs (ou neuro-hormones) inhibitrices et activatrices. La sommation, spatiale et temporelle, des stimulations correspondantes (activations et inhibitions) détermine le comportement fonctionnel du neurone ou du myone.

La science des systèmes ago-antagonistes est apparue à l'occasion d'une recherche médicale qui concernait un couple d'hormones dont les actions étaient **à la fois de sens opposés et coopératives** : la gouvernance ne s'identifie ni au seul conflit ni à une synthèse entre les parties en cause. Ce nouveau paradigme systémique, **paradoxal** en apparence, est encore difficilement pris en compte dans la pratique scientifique habituellement réductionniste,

CELLULE : semi-autonomie et inter-dépendance.

Le tout et les parties sont toujours indissociables.

Une cellule est un niveau d'organisation (**niveau i**), formée de **compartiments emboîtés et juxtaposés**, provenant de systèmes antérieurs, de niveaux d'organisation inférieurs adjacents (niveau **i-j**), dont ***l'ontogénie récapitule la phylogénie.*** Délimités par une interface fonctionnelle membranaire, simple (vacuoles, peroxysomes) ou double (noyau, mitochondries, plastes) voire triple ou quadruple (chloroplastes), tous les compartiments (les parties, de niveau **i-1**) sont emboîtés dans le hyaloplasme (lui-même délimité par une membrane). Les plastes et les mitochondries sont des **descendants de Monères autrefois libres**, leur nouvel endophysiotope est maintenant hébergé par un nouvel écoexotope, le compartiment d'accueil, lui-même descendant d'une Monère (niveau **i-1**). Leur membrane interne est l'ancienne membrane de l'ancêtre Monère (l'ancienne interface). Leur membrane externe est une membrane de séquestration qui constitue, **une nouvelle frontière**.

Le TOUT (la cellule) est à la fois PLUS et MOINS que la somme de ses PARTIES (les organelles ou organites). Les parties (les Monères ancestrales à l'origine des organelles) ont perdu leur autonomie, leurs nouveaux endophysiotopes ne peuvent plus survivre et se survivre en dehors de leur nouvel **écoexotope partag**é. Mais, pour que chaque partie survive, il faut que le TOUT (et donc toutes les autres PARTIES) survive(nt). Pour que l'un des partenaires survive, il faut d'abord que tous les autres survivent et **réciproquement**. La croissance de l'un est limitée par celle de tous les autres et réciproquement (tableau A-J) :

"**Un pour tous, tous pour un !"** (figure 3).

La modélisation de l'origine de la cellule (eucaryote), à partir des Monères (procaryotes), est une recherche à laquelle **l'approche systémique a apporté une réponse**.

The levels of organization and the location of Man's species. Convergent hierarchical sub-levels.

Man's species' place and Mankind's related societal/economical organizations

"L'homme raisonnable s'adapte au monde, l'homme déraisonnable s'obstine à essayer d'adapter le monde à lui-même.
Tout progrès dépend donc de l'homme déraisonnable". George Bernard SHAW

Living steps levels of organization *L-1, L, L+1, L+2* : - jumping (pink frame) from the level of the Monera species (orange, *L-1*) to the level of Cells species (green, *L*), - jumping (pale green frame) from the level of Cells species to that of MetaCell Organisms (yellow, *L+1*) species (like Man species), from MICROscopic scale to MACROscopic scale, - jumping (violet frame) from "Organisms" species to "ecosystems" species (white, *L+2*).

Societal organisational states of encasing within a level of organization: $a, a+1, \ldots, a+n$. Each species of a *level of organisation, L-1, L or L+1 ...*, can produce groupwares *a+1* of individuals *a* and "groupwares of groupwares" *a+2* (adaptations) and so on... $a+n$, but they are not living steps levels. They are convergent forms of responses of the endophysiotopes to similar constrains of the ecoexotopes and n is depending of both the level of organization and the strength of the constrains. *New Living systems* emerge only from groupwares of different species *a, b, c, d,...* whatever their, different or not, level of organizations. With the domestication of living species, Man species has evolved (exaptation) in a new state of integration in the earth biosphere.

Figure 32. Organisation des systèmes-de-systèmes vivants: niveaux hiérarchiques.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

COMPLEXITÉ (figures 5, 6, 7, 8, 9 et 33)

La complexité est une propriété intrinsèque d'un objet, dont la perception dépend de moyens d'observation et d'expérimentation, objectifs, extrinsèques.

Tant que l'on n'a pas eu de spectrophotomètre pour mesurer des raies d'émission et des spectres d'absorption ou de réémission, la couleur est demeurée "subjective". La couleur en tant que propriété intrinsèque d'un objet ne dépend ni du récepteur, **ni d'un "projet"**.

Avec des objets "**simplexes"** modulaires, on peut construire des objets simplexes d'ordres supérieurs par juxtapositions et emboîtements : des points donnent des lignes, des lignes donnent des surfaces, des surfaces donnent des volumes..., des sous-systèmes donnent des sur-systèmes. Quand, par assemblage, des simplexes (des cordes par exemple) donnent un noeud, celui-ci n'est réductible ni à un segment ni à une surface, non à cause d'une "taille" (aspect quantitatif : nombre de segments, de pas "à faire" ... et/ou nombre d'étapes nécessaires ...) de l'objet, mais à cause de **sa structure topologique (aspect qualitatif)** !

C'est l'étude topologique des structures, géométriques, physiques, biologiques... en des espaces abstraits (états, phases, ...), qui permet de dire si une entité est complexe, ou bien si elle est simplement si vaste qu'elle excède, pour sa description, la connaissance commune ! Des mesures scientifiques expérimentales de la complexité ne peuvent dépendre que de la structure topologique interne des entités à étudier, **à valider, quel que soit l'observateur, quel que soit l'espace et la temporalité ou l'action considérés !** (figures 4, 5 et 6)

Comparer deux systèmes, simplexe ou complexe, peut revenir à comparer 2 algorithmes. L'évaluation **quantitative** se fait en déterminant les types d'opérations (**complexité d'action**) et le nombre d'opérations (**complexité temporelle**) qu'ils requièrent, et la place nécessaire pour garder en mémoire les informations (**complexité spatiale**) (Chabert 2008). Cet **espace-temps-action** dépend de l'état initial du système. On peut donc définir une "**complexité au pire"**, la plus encombrante en espace, en temps et en actions, **qui "délimite" et définit le système-de-systèmes**.

L'évaluation **qualitative** de la complexité est première, c'est le fait que "***tout système complexe est à la fois plus et moins que la somme de ses parties"***. Pour définir la complexité il faut donc d'abord mettre en oeuvre une *approche réductionniste, du Tout au parties*, puis une *approche holistique, des parties au Tout.* La connaissance du système est indissociable de celles du Tout et des parties à la fois. *La complexité est un "objet", "autour duquel il faut tourner comme un géologue tourne autour d'une pierre qu'il sait remarquable, ce afin de montrer en quoi elle est remarquable".*

***Un neurone** (improprement appelé cellule nerveuse) **ou un myone** (improprement appelé cellule musculaire) **n'est pas une cellule**", c'est un assemblage **méta**-cellulaire.*

Un neurone myélinisé se forme à partir de 2 types cellulaires différents qui s'associent : une cellule à l'origine du corps cellulaire du neurone et **une population** de cellules à l'origine de la gaine de Schwann du neurone. La nouvelle organisation **supra-cellulaire**, qui émerge de leur union, possède une propriété nouvelle que ne possédaient pas (et ne possèderont jamais) les 2 types cellulaires précédents : la **co-**synthèse d'une nouvelle substance, la myéline, **à l'interface de leur juxtaposition**. Et c'est cette myéline qui donne au neurone, et aux réseaux de neurones, de nouvelles propriétés. Mais en même temps le neurone a perdu la propriété de se survivre (propriété que possédaient les partenaires avant leur union, et qu'il ne possédera jamais).

Chaque neurone qui meurt doit être **à nouveau recréé** à partir de cellules souches.

33.a. **complexité d'action :** type d'acteurs (couleurs différentes), nombres d'acteurs de chaque type (et nombre total d'acteurs), type d'interactions (couleurs différentes), nombres d'interactions de chaque type (et nombre total), **complexité temporelle** : durée totale de toutes les interactions d'un cycle temporel (Bricage 2013a), **complexité spatiale** : limites absolues, et relatives (interfaces), de l' EXO et de l'ENDO (Bricage, 2003).

33.b. **système complexe** : les juxtapositions et emboîtements des parties dans le Tout sont connus mais le fonctionnement du Tout (Whole) n'est **pas prédictible** à partir de ceux des parties (Bricage 2001d).

33.c. Emboîtements et juxtapositions des acteurs et interactions : types de chaînes d'actions et d'interactions (Bricage 2002a, 2004, 2005c, 2007). La modularité, des acteurs et des actions, est le **"moteur" de l'exaptation**. (Bricage 2001a, 2002b).

Figure 33. Complexité (mot-clé) : emboîtements et juxtapositions .

[*Adapté d'après* les fiches provisoires du groupe de terminologie systémique de l'afscet]

complexe de *plex (tissé) com (ensemble)* [Cailleux A. & J. Komorn (1981) **Dictionnaire des Racines Scientifiques.** CDU & SEDES, Paris, 263 p.] [Lire, pour approfondir et compléter : pp. 103 à 110, articles 0538 à 0568, "complex phenomenon", "complexity versus simplicity" et "complication", *In* François Ch. (2004) **International Encyclopedia of Systems and Cybernetics**. Part I, 2nd Edition, K.G. Saur Editor, München, Germany]

Un myone se forme à partir de nombreuses cellules du même type qui s'associent : **une autre population** de cellules est aussi à l'origine du myone. Comme les cellules à l'origine du neurone, en fusionnant elles créent un niveau d'organisation **supra-**cellulaire. Mais, comme le neurone, le myone ne peut se diviser, alors que les cellules à l'origine de la population des cellules mères du myone le pouvaient. Le myone, comme le neurone, possède une organisation nouvelle de myofibrilles qui lui donne des propriétés nouvelles de contraction qu'aucune des cellules à son origine ne possédait.

Chaque myone doit être créé, et recréé, à partir de cellules souches.

Neurone et myone ne sont pas un nouveau niveau d'organisation **systémique**.

Le TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses parties.

CONTINGENCE

Lorsqu'un nouveau réseau se met en place **par percolation** (figure 5), chaque acteur, chaque module, chaque lien et le TOUT sont construits, déconstruits, transformés, **ensemble et en interaction**, compte tenu de l'ensemble initial (c'est la notion de **contingence**), et de celui incontournable à venir (c'est la notion d'**exaptation**, d'émergence de propriétés nouvelles à partir de propriétés anciennes **réaffectées**, **réaménagées**).

CROISSANCE

La croissance est **l'accumulation, l'augmentation, de masse** (croissance en masse d'un individu, par exemple), ou/et **de nombre** (croissance en nombre d'une population, par exemple), tandis que le développement est **l'acquisition de capacités nouvelles** (comme la capacité de se survivre).

La croissance est une mesure de l'**aspect QUANTITATIF** des phénomènes.

CROISSANCE et DÉVELOPPEMENT :

"un temps pour chaque chose, chaque chose en son temps".

L'évolution de toute **espèce** dans un environnement nécessairement limité commence par une **phase de croissance**. Les ressources du milieu se raréfient, débute alors une **phase de contrainte**. La situation idéale ne peut plus être atteinte.

DÉCISION : manière dont un **acteur** interprète son **rôle** dans un cadre structuré de **règles d'interaction** avec son contexte.

Toute décision est soumise à la **contingence**, elle est tributaire à la fois du hasard (l'incertitude du déroulement des actions) et de la nécessité (l'issue de la partie...).

De "*de-cidere*", la décision exprime l'idée de coupure, de rupture, et donc de tension préalable ("*Keine Wahl ohne Qual*" : Il n'y a pas de choix sans tourment), **la liberté d'action est encadrée au sein d'un environnement structuré et incertain**.

Toute décision se caractérise par :

- l'existence d'objectifs à atteindre et **la nécessité d'effectuer des actions irréversibles**, pour les atteindre, - **l'existence de contraintes** spatiales (la structure de l'espace de choix) et temporelles (les limites de temps), - la liberté offerte par la multiplicité des choix (plusieurs chemins peuvent conduire à l'atteinte d'un même objectif), - **le hasard** et l'incertitude sur l'évolution de la situation, **un risque est attaché à toute action**, - la présence **d'autres acteurs,** qui créent **un réseau d'intérêts**, partiellement, **communs et contradictoires**.

En français, le mot décision désigne à la fois, le résultat et le processus. L'anglais sépare *decision* de *decision-making*.

DÉVELOPPEMENT : C'est l'aspect QUALITATIF des phénomènes.

Le développement est une **acquisition de capacités nouvelles.** A**près une phase de croissance,** d'accumulation, de structures ou de fonctionnalités, suffisante, dans l'espace ou dans le temps, des structures fonctionnelles nouvelles peuvent éventuellement émerger.

DÉVELOPPEMENT (ontogénie) : mise en place d'une organisation.

L'organisation, en biologie (science des êtres organisés), est une notion à multiples facettes, qui désigne à la fois **un état (de structure et de fonction) et un processus**. Dans l'idée d'organisation, se trouvent des propriétés opposées dont l'une ou l'autre a été favorisée suivant les auteurs. D'une part, celle de **complexité, variété, diversité,** richesse potentielle en **possibilités de régulation et d'adaptation**, dont la fonction probabiliste (quantité d'informations, H, de Shannon) peut, sous certaines conditions, constituer une mesure. D'autre part, celle **d'ordre, de régularité, de répétition et de contraintes intérieures**, que la fonction de **redondance** R = 1-(H/Hmax) permet d'exprimer et de quantifier (avec Hmax quantité maximale d'information en absence de redondance, et que la redondance réduit). L'organisation implique **une optimisation, compromis** entre quantité d'information (c'est-à-dire variété) maximale et redondance maximale (variété requise).

Un **processus d'auto-organisation** est une augmentation de quantité d'information (complexification) en l'absence d'action programmatrice de l'extérieur. La source de nouveauté réside dans des perturbations aléatoires d'origine externe (stimulations non programmées **de l'écoexotope**) ou internes (fluctuations dynamiques **de l'endophysiotope**) auxquelles le système réagit par une augmentation de variété. Ces perturbations jouent le rôle de "bruit" dans les voies de communication qui assurent les contraintes organisationnelles, la redondance, à l'intérieur du système. Elles ont pour effet de diminuer ces contraintes.

Sous certaines conditions (redondance initiale élevée, fiabilité), cette diminution n'empêche pas le système de continuer à fonctionner, alors même que son état d'organisation a changé en ce que sa redondance a diminué et que, corrélativement, sa quantité d'information a augmenté (figures 5 et 6).

Ce type de processus, **désorganisation-réorganisation**, connu sous le nom de **principe d'ordre par le bruit** (von Foerster), ou de complexité par le bruit (Atlan), est un des moyens par lesquels on se représente une logique possible de l'auto-organisation.

La redondance apparaît ainsi comme **un potentiel d'auto-organisation** (Atlan) puisque la complexification et la diversification s'effectuent grâce à sa réduction progressive. Ce principe apporte des éléments à la (bio)logique de l'organisation du vivant en niveaux hiérarchisés : **des niveaux d'intégration différents sont emboîtés les uns dans les autres**, du niveau moléculaire à l'écosystème, en passant par la cellule, l'organisme, et l'espèce. Ce qui pose la question de la signification de l'information et de sa transmission à l'intérieur d'un système hiérarchisé, car **l'effet désorganisateur du bruit à un niveau peut être un effet organisateur à un niveau adjacent.**

ÉCOEXOTOPE et **ENDOPHYSIOTOPE**

tope : **espace-temps-action**, EXO : **externe**, ÉCO : **d'habitation**, d'accueil.
tope : **espace-temps-action**, ENDO : i**nterne**, PHYSIO : **de fonctionnement**.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

ÉCOSYSTÈME :

union de **populations** d'acteurs (d'endophysiotopes) **d'espèces différentes qui partagent un même biotope (**écoexotope) de survie. Une cellule, un lichen une forêt sont des écosystèmes caractérisables par leur biovidersité, par un minimum de **variété requise** pour leur survie (figure 12). Une forêt **mono**spécifique est un champ !

ÉMERGENCE

La juxtaposition des neurones, dont les endophysiotopes sont emboîtés et juxtaposés dans l'organisme, qui est leur écoexotope de survie, permet l'émergence d'une **nouvelle interface de codage** entre neurones et l'émergence d'un **nouveau langage** de communication entre neurones et entre neurones et myones.

La mise en place d'un nouveau niveau d'organisation est une "sur-mesure" qui se fait "sur mesure". Mais, les "systèmes" nerveux, musculaires, cardio-vasculaires ou immunitaires ne sont **pas un niveau d'organisation systémique** du vivant "vivant", ils n'existent pas en dehors de l'organisme (niveau **i+1**), qui est le niveau d'organisation auquel ils appartiennent, même si des molécules d'un système participent au fonctionnement d'un autre et si les cellules (niveau **i**) de systèmes différents utilisent des mécanismes de communication quasiment identiques (figures 8 et 32).

Ces **sous-systèmes** et leurs interfaces, au cours de certaines maladies, sont la cible des cellules immunitaires qui entraînent leur désorganisation, maladie auto-immune mortelle pour l'organisme, le TOUT. Pour que le TOUT survive il faut d'abord que les lignées cellulaires qui le constituent survivent. Pour qu'elles survivent, il faut d'abord que le TOUT dont elles sont PARTIES survive.

ÉQUILIBRE DYNAMIQUE

*"Ce qui fait la **stabilité** d'une structure, c'est qu'il y a un **dynamisme** sous-jacent qui l'engendre et dont elle est la manifestation."* (**René Thom**)

ESPÈCE CLÉ-DE-VOÛTE

Dans tout écosystème il existe au moins une **espèce, dont la présence assure le maintien de tout l'écosystème**. Tant que cette espèce, dite clé-de-voûte, survit et se survit, l'écosystème se maintient globalement, même si les acteurs et les interactions au sein du réseau trophiques changent localement. Avec la domestication, l'espèce humaine, était devenue une espèce clé-de-voûte (figure 11).

L'homme jardinier a permis la survie des plantes domestiques qu'il utilise ou consomme. L'homme éleveur a permis la survie des animaux domestiques qu'il utilise ou consomme. Aujourd'hui, face aux plantes sauvages et aux animaux sauvages, aucune plante domestiquée, aucun animal domestiqué, ne peut survivre sans l'homme. L'homme, **industriel de masse du vivant-nourriture ou du vivant-source de produits ou production utiles à l'homme seul**, pour leur survie et la sienne, tente d'éradiquer les formes de vie sauvages en compétition avec les formes de vie domestiques. Ce faisant il détruit la biodiversité de sa biosphère terrestre et est **passé du statut d'espèce clé-de-voûte à celui d'espèce parasite**, tout comme un virus accueilli peut passer du statut de virus intégré défectif à celui de virus cancérigène.

ÉVOLUTION (réussite évolutive).

Survivre c'est mangé et ne pas être mangé pour se survivre.

Tôt ou tard, il est impossible de ne pas être mangé (figure 13).

Pour survivre, puis pour se survivre, redonner sa forme de vie, voire la multiplier, **il faut avoir de la chance** : être au bon endroit, au bon moment et faire la bonne action et ne pas être au mauvais endroit, au mauvais moment, dans la mauvaise action.

EXAPTATION (réussite évolutive) :

adaptation réussie de l'endophysiotope à une nouvelle situation d'interaction avec l'écoexotope, par **changement structural et fonctionnel d'une structure fonctionnelle pré-existante, remaniée ou/et amplifiée**.

GOUVERNANCE (figures 3 et 4)

Il n'y a de réalité qu'à la fois unie et divisée. Le scientifique systémicien doit donc rendre compte de la dynamique sous-jacente au réseau des causes et le gouvernant doit en tenir compte dans sa **prise de décision**, thérapeutique ou politique, car cette décision doit, à la fois, être pragmatique et "prendre soin de l'homme". Est-elle en adéquation avec l'environnement naturel, culturel et sociétal, interne et externe au système ?

Quels sont ses avantages et ses inconvénients ? Ces derniers devant peu à peu être plus supportables avec le progrès et la diffusion des concepts ago-antagonistes. **Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.**

Tout système est définissable par une **capacité d'accueil** et tout acteur d'un système peut y être défini par sa **capacité d'être accueilli**.

Les **réponses appropriées** pour la survie d'un système naissent souvent de modes d'organisation **décalés** par rapport aux habitudes et aux pratiques antérieures. Le "métabolisme industriel" aurait beaucoup à gagner en s'appropriant le **fonctionnement modulaire symbiotique** "artisanal" des associations du vivant, aussi bien dans son organisation, tant de l'espace que du temps, que dans ses processus de production, de consommation et de recyclage.

La gouvernance, **à la fois structure et processus** d'un système, est la conséquence des interactions entre une diversité d'acteurs externes (de l'écoexotope) et internes (de l'endophysiotope). Au cours de l'évolution de nouveaux systèmes ont émergé quand leurs acteurs-auteurs ont "accepté", ou ont été "contraints" pour leur survie, de **partager réciproquement les avantages et les inconvénients de leurs capacités antagonistes**, pour aller de l'avant (figure 30).

Ensemble(s), ils ont brisé ainsi **ce qui faisait obstacle et avait besoin d'être dépassé** pour sortir leur système de son immobilisme délétère.

HÔTE(S)

du latin *hospes*, **celui qui reçoit** un étranger (qui est accueilli et qu'il accueille), il possède une **capacité d'accueil** qu'il met à disposition, et aussi **celui qui est reçu** par lui, et qui possède une **capacité d'être accueilli en adéquation** avec l'accueil disponible,

a donné les mots hospitalier, hôpital et hôtel.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

INTERACTIONS :
CLÔTURES, CIRCULARITÉS, CAUSES ET EFFETS.

- ADÉQUATION entre écoexotope et endophysiotopes : notion de ***"niche écologique"***,
- PARAMÈTRES ***"marqueurs"*** : croissance en masse (endophysiotope), pH (écoexotope).

La CLÔTURE CONSTRUCTIVE, **à la fois** organisationnelle et fonctionnelle, émerge simultanément des INTERACTIONS externes, entre acteurs de l'écoexotope (interactions ***extra-***), des interactions internes, entre acteurs de l'endophysiotope (interaction ***intra-***), et des interactions ***extra-intra-*** (figures 3, 4, 5 et 8).

INTÉGRATION :

action d'intégrer, d'entrer, d'être accueilli, dans un ensemble plus vaste (s'intégrer, ou être intégré, dans un écoexotope, ou un endophysiotope, une organisation de niveau supérieur), du latin *integrare* (recréer), pour **ne faire qu'un avec**, structuralement et fonctionnellement,

- Aussi en relation avec le mot latin *integer* (entier) qui a donné être intègre, être entier, **ne faire QU'UN**, ce qui correspond à un niveau d'organisation d'un **système**,
- En mathématiques, **limite** (niveau supérieur : le TOUT) d'une somme de termes, d'éléments (de niveau inférieur: les PARTIES),
- Les PARTIES d'un TOUT sont intégrées dans ce TOUT, organisation structurale et fonctionnelle avec régulation(s).

LOI SYSTÉMIQUE CONSTRUCTALE
et COMPLEXITÉ SPATIO-TEMPORELLE :

- **toute construction est interactions, toute interaction est construction,**
- **tout SYSTÈME-de-SYSTÈMES est construit par itération**,
  par juxtapositions et emboîtements de systèmes pré-existants.

Tôt ou tard, tout endophysiotope (de *niveau **i***) est un écoexotope de survie, **d'accueil**, d'habitation, pour d'autres endophysiotopes (de *niveaux d'organisation inférieurs ou supérieurs, de **i-j*** à ***i+k***).

Tôt ou tard, tout écoexotope de survie (de *niveau **i***) est **"internalisé"**, intégré, dans un endophysiotope de niveau d'organisation supérieur (de *niveau **i+k***).

La complexité est À LA FOIS qualitative (**Quoi ?, Qui ?, Où ?, Quand ?, Comment ?**) et quantitative (**Combien ?, Combien de combien ?**) (figure 4).

MÉTAMORPHOSE

Toute métamorphose associe 3 types d'événements (figure 5) :

- des disparitions (ou lyses), d'anciens acteurs, de structures et de propriétés fonctionnelles anciennes, contre-sélectionnés, définitivement perdus,
- des apparitions (émergence) de nouveaux acteurs, de nouvelles structures et propriétés fonctionnelles, apparues *de novo*, ou par exaptation
- des remaniements d'acteurs anciens, conservés mais modifiés, de structures et de propriétés fonctionnelles remaniées

MODÈLE(S), MODÉLISATION

De 1945 à 1975, c'est **la modélisation** dans des domaines variés (ingénierie, électronique, économie, psychologie, biologie) qui a permis **l'émergence de la systémique**.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les sociétés modernes sont maintenant conscientes de leurs inextricables et multiples **enchevêtrements**. En 1949, un ingénieur des Bell Laboratories, **Cl. E. Shannon**, publie "la Théorie mathématique de la communication", apportant à "la théorie de la commande et de la communication" élaborée **N. Wiener**, un formalisme efficace rendant compte de la transmission des signaux informationnels (des **feed-backs**) (planche 1).

MODULARITÉ, fractalité, associativité inter- et intra-système(s).

Les niveaux d'organisation du vivant sont **emboîtés** selon un champ morphogénétique fractal, dont les différents **modules** sont homothétiques (**ergodiques**) et dont la dimension fractale est un descripteur de l'état structural et fonctionnel et des comportements émergents (figures 30, 32 et 33).

MONÈRES : une bactérie n'est pas une cellule !

Il est faux de croire qu'une cellule (niveau d'organisation ***i***) est une assemblée de molécules (niveau d'organisation ***i-2***), il est incorrect de parler de cellule bactérienne et de cellule nerveuse. Ces structures correspondent à **des niveaux d'organisation différents** ! À travers les représentations des concepts de cellule (niveau d'organisation ***i***), d'organisme méta-cellulaire (niveau d'organisation ***i+1***), de virus, de comportement collectif, l'approche systémique permet de montrer que quel que soit leur niveau d'organisation, les **systèmes** vivants sont structurés en **espace-temps-actions** qui échangent entre eux, au sein d'un **écoexotope** commun, des flux de matière, d'énergie et d'informations, tout en maintenant, dans leur **endophysiotope**, une organisation, structurale et fonctionnelle, qui leurs est propre.

Les Monères constituent la première frontière actuelle du vivant terrestre.

Les Monères (niveau ***i-1***), les cellules à vie libre (niveau ***i***), les organismes méta-cellulaires (niveau ***i+1***) possèdent tous les mêmes **7 capacités, nécessaires et suffisantes pour définir tout niveau d'organisation du vivant** : la mobilisation de la matière et de l'énergie, la croissance en masse, la capacité de réagir à des stimulations, le mouvement, l'organisation, l'intégration et la reproduction.

Quel que soit le type d'organisation, l'**émergence** d'organisations nouvelles est toujours un dépassement et une transgression à partir de systèmes plus anciens. Les niveaux d'organisation dérivent les uns des autres **par juxtaposition et emboîtement de niveaux pré-existants** qui maintiennent leur **identité** au sein du nouveau TOUT dont ils sont parties. Leur semi-autonomie est garantie par le maintien de **frontières, individuelles et collectives**, qui organisent, spatialement et temporellement, **l'intégration** des parties et du TOUT dans leurs milieux respectifs de survie, écoexotope (externe), endophysiotope (interne).

Le nouveau TOUT est toujours à la fois plus et moins que la somme de ses parties et émerge des **métamorphoses** simultanées des parties dans le TOUT.

Les organites (ou organelles) intra-cellulaires sont des systèmes de même niveau d'organisation que les Monères (niveau ***i-1***), systèmes ancestraux dont ils sont issus par un processus de mise en place d'une nouvelle ARMSADA, la cellule (niveau ***i***) (figure 28).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

L'**identité externe** d'une bactérie est définie par sa membrane (interface de son endophysiotope avec son écoexotope), accompagnée ou non d'autres couches superposées (paroi, capsule). Et, l'information identitaire y est exprimée le plus souvent sous forme de molécules glucidiques.

Les MONÈRES, Bactéries et Archées, possèdent **les 7 capacités nécessaires et suffisantes** pour définir tout niveau d'organisation du vivant : la mobilisation de la matière et de l'énergie, la croissance en masse, la capacité de réagir à des stimulations, le mouvement, l'organisation, l'intégration et la reproduction. Elles représentent le niveau d'organisation le plus simple du vivant, avec un plan unique d'organisation, mais avec de nombreuses variantes.

NIVEAU(X) d'ORGANISATION ET D'INTÉGRATION : local, global, écoexotope, endophysiotope.

Toute forme de vie est **hébergée par un écoexotope qui lui fournit une capacité d'accueil**, à condition que son endophysiotope possède **une capacité d'être accueilli en adéquation**. L'éco-exo-tope (tope : **espace-temps-action**, exo : externe, éco : d'habitation) de survie et l'endo-physio-tope (tope : espace-temps-action, endo : interne, physio : de fonctionnement) sont indissociables.

Paramètres quantitatifs - **facteurs limitants de l'écoexotope** (combien ?) : intensité lumineuse, quantité d'eau physiologiquement disponible, - **biomarqueur de l'endophysiotope** : croissance en nombre (densité) (figures 1 et 3).

Pour l'individu (organisme de niveau ***i***), SURVIVRE, pour SE SURVIVRE et permettre la survie de l'espèce (organisation de niveau supérieur) dépend d'un **équilibre "résilient"** entre densité de l'endophysiotope et capacité d'accueil de l'écoexotope : **"ni trop, ni trop peu"** d'individus, dans ***une "fenêtre" de viabilité***, ***d'interaction*** entre endophysiotope et écoexotope.

Le niveau d'organisation d'un système est défini par son **échelle d'emboîtements, et juxtapositions (niveau *i+j*), de structures et de processus fonctionnels**, des sous-systèmes qui le constituent et dont il est issu (figures 4, 7, 8 et 9).

ONTOGÉNIE et PHYLOGÉNIE :

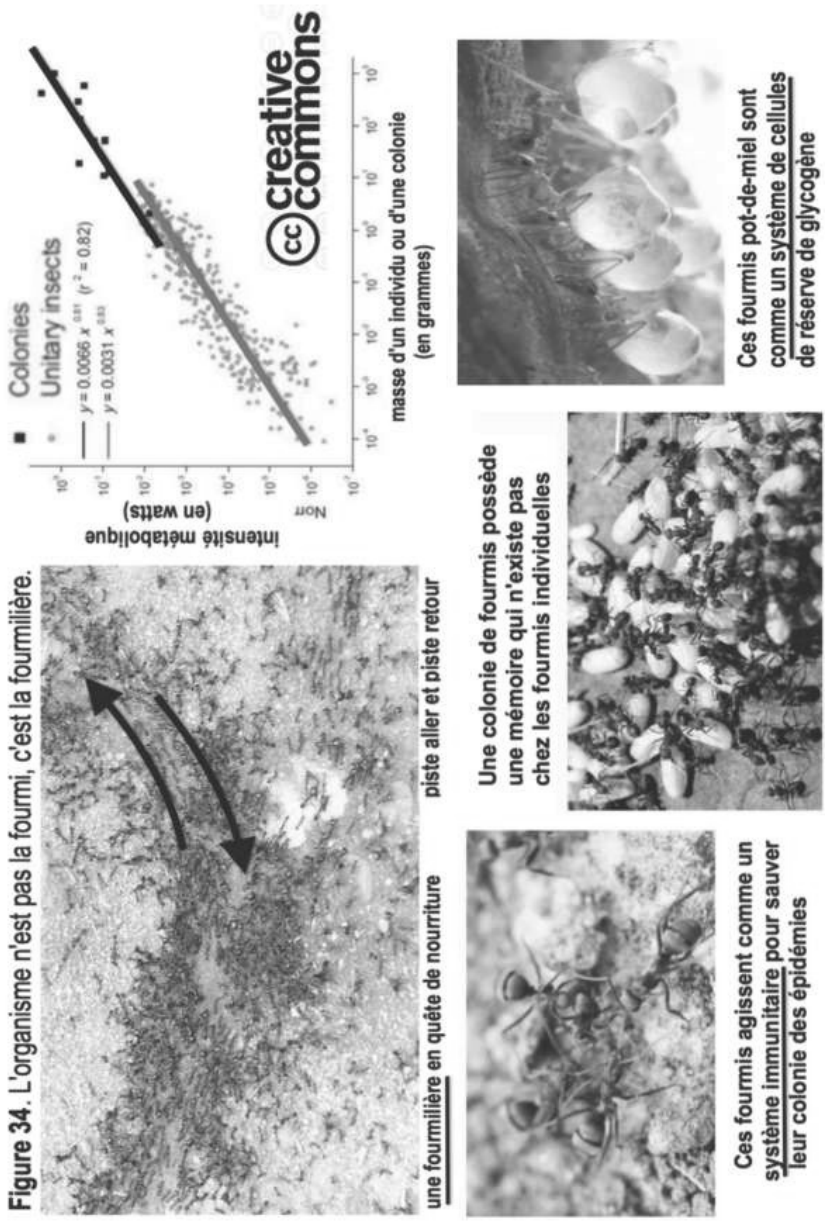
" L'ontogénèse récapitule la phylogénèse. " **Haeckel**

Lors de la mise en place de ses structures fonctionnelles, par l'aspect des étapes structurales et fonctionnelles, par lesquelles il passe, l'individu en devenir (ontogénie) semble revivre, repasser en accéléré par les étapes évolutives (phylogénie) des systèmes vivants qui l'ont précédé et dont il est issu de l'évolution.

ORGANISATION :

association d'éléments regroupés dans un même **but fonctionnel** (par exemple survivre), ensemble de **structures** dont les activités sont coordonnées dans l'espace et dans le temps afin d'établir la répartition de leurs tâches dans des conditions de fonctionnement imposées, et, manière dont sont disposées les structures (les PARTIES) d'un assemblage (le TOUT) pour assurer certaines fonctions propres au **système-de-systèmes**.

A la fois **consommateur d'écosystèmes**, qui disparaissent à cause de lui, et **producteur d'écosystèmes** nouveaux qui n'existeraient pas sans lui, l'homme bouleverse, à son profit, les niveaux d'organisation et d'intégration du vivant.


Figure 34. L'organisme n'est pas la fourmi, c'est la fourmilière.
une fourmilière en quête de nourriture
piste aller et piste retour
intensité métabolique (en watts)
Colonies
Unitary insects
masse d'un individu ou d'une colonie (en grammes)
creative commons
Une colonie de fourmis possède une mémoire qui n'existe pas chez les fourmis individuelles
Ces fourmis pot-de-miel sont comme un système de cellules de réserve de glycogène
Ces fourmis agissent comme un système immunitaire pour sauver leur colonie des épidémies

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

ORGANISME

Un comportement de groupe et la mise en place d'une organisation ne suffisent pas à définir un organisme. Tout organisme est défini par une interface de séparation qui isole l'intérieur de l'organisme, son **endophysiotope**, du milieu extérieur de survie, d'accueil, son **écoexotope**. Tout organisme est formé de PARTIES différentes qui constituent, ensemble, un TOUT **indissociable** et qui sont spécialisées dans des capacités fonctionnelles différentes. C'est un SYSTÈME de SYSTÈMES (figures 1, 2, 8 et 12).

Des propriétés nouvelles apparaissent dans le TOUT.

Le TOUT est PLUS que la somme de ses PARTIES :

il y a mise en place d'un niveau supérieur d'organisation, SURMESURE du niveau précédent, et SUR MESURE...

avec des propriétés morphologiques et physiologiques nouvelles, "émergentes", spécialisées différemment. Mais, **simultanément** des capacités du niveau d'organisation inférieur sont perdues.

Le TOUT est MOINS que la somme de ses parties.

En l'absence de reproduction sexuée, l'organisme, **capable de survivre et de se survivre seul**, est l'individu capable de multiplication végétative. Chez les organismes à reproduction sexuée, **l'INDIVIDU-organisme c'est le couple reproducteur.**

Chez le loup, l'organisme, individu capable de survivre et de se survivre, seul, c'est la meute... Chez l'abeille domestique, et les fourmis, insectes dits "sociaux", l'organisme c'est l'essaim, la société... Bien que de niveaux d'organisation différents, par la complexité **d'organisation** et le **type d'intégration de leur endophysiotope à leur écoexotope de survie**, anatomiquement, physiologiquement et génétiquement, la ruche ou la fourmilière (figure 34) ou la termitière, et la cellule de levure par exemple, présentent un **niveau analogue de complexité fonctionnelle, avec la même structure fractale.**

Les fourmis ont développé des techniques agricoles et des techniques d'élevage qui leurs permettent, en faisant survivre et se survivre d'autres organismes, **qu'elles exploitent à leur profi**t, de survivre. Les différentes castes "d'individus", au sein desquelles sont distribuées les tâches nécessaires à la survie de la fourmilière, sont les tissus de ce super-organisme. L'organisme, apte à survivre et à se survivre, c'est la société des fourmis avec sa technologie.

PERCOLATION (figure 5)

Processus par lequel dans un système, à la suite de l'arrivée d'au moins un nouvel acteur, le réseau des interactions entre acteurs change de structure fonctionnelle. Au moins un nouvel acteur est intégré dans le nouvel état du **système-de-systèmes**. Au moins un ou plusieurs acteurs anciens sont remaniés.

PRISONNIERS (dilemme des)

Coopérer ou trahir dépend des gains potentiels de la coopération réciproque ou de la trahison unilatérale. Tôt ou tard il faut choisir entre coopérer et risquer d'être trahi (être une proie), trahir et rater une occasion de coopérer, ou coopérer ensemble.

Tout organisme vivant est **prisonnier du réseau d'interactions trophiques** (des "chaînes" alimentaires, du réseau des flux de matière et d'énergie) de son écosystème, dans lequel il est parfois prédateur, mais, **toujours, tôt ou tard, une proie** (figures 10 et 21).

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

RÉSILIENCE

La **résilience** est la capacité à absorber une contrainte, à se réorganiser et à continuer de fonctionner comme avant. Alors que **l'émergence**, c'est la mise en place d'une structure fonctionnelle nouvelle. Un arbre, dont l'endophysiotope s'adapte aux contraintes inattendues de son écoexotope, reste le même arbre, il est résilient.

Plus grande est la **capacité** du système à absorber les perturbations, et à revenir à l'équilibre (homéostasie) plus les **changements structurels nécessaires** sont retardés et plus la rupture, face à un choc brutal, est radicale. Le système ne peut alors survivre qu'en devenant AUTRE, grâce à des **processus d'exaptation**.

RÉTRO-ACTION(s) ou feed-back(s)

ASHBY William Ross (1903-1972) Médecin anglais, neurologue, psychiatre et cybernéticien, a établi des analogies entre la structure du cerveau humain et celle des machines, en ce qui concerne **le mécanisme de rétroaction** (ou **feed back**).

En 1948, à partir d'observations relatives aux différentes autorégulations biologiques, il réalise un **homéostat**, appareil destiné à étudier le **processus d'auto-atteinte d'un équilibre** par un système abandonné à lui-même. Au départ, le système est en équilibre. Toute modification extérieure provoque la mise en jeu de rétroactions qui agissent en cascade et permettent au système de trouver un nouvel état d'équilibre (avec 390625 positions possibles), **imprévisible** pour l'expérimentateur.

On peut parler de **comportement :**

Qui ? Quoi ? Où ? Pourquoi ? Quand ? Comment ? (figure 4)

En effet, tout se passe comme si l'appareil était doué de facultés d'adaptation, voire de mémoire (possibilité d'apprentissage). En 1958, il publie Introduction to Cybernetics. Sa cybernétique de premier ordre (**cybernétique des régulations**) propose des modèles fermés de gestion cinématique de flux avec feed-backs informationnels régulateurs (figure 9).

La cybernétique de deuxième ordre (**cybernétique de leurs équilibrations**) privilégie la régulation des transformations internes du système avec des modèles de gestion dynamique sur lesquels se fondent les théories de l'auto-organisation (planche 1).

STRESS

ensemble des perturbations provoquées par une agression.

SURVIVRE : s**e cacher**, **se montrer, s'échapper, résister, se défendre, ou attaquer,** pour manger et ne pas être mangé, présente toujours **des avantages et des inconvénients.**

Quelle que soit la stratégie de survie, elle représente **un coût en matière et en énergie** qui entraîne une réduction des potentialités de croissance, et donc de développement, coût qui doit être à nouveau **payé à chaque génération**.

Quelle que soit la stratégie de survie, **résister, tolérer, supporter, rejeter, coopérer ou se transformer**, la plus performante est celle qui évite les situations d'escalade de la violence et qui permet de faire d'une pierre deux coups : ARMSADA !

Au cours de l'évolution, des avantages sont devenus des inconvénients, inversement des inconvénients sont devenus des avantages pour la survie. La meilleure défense n'est, ni la défense passive, ni la défense active. Qu'elle est-elle ?

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Survivre c'est **TRANSFORMER les INCONVÉNIENTS en AVANTAGES** et **ÉVITER que des AVANTAGES DEVIENNENT des INCONVÉNIENTS ! Des équilibres de survies réciproques peuvent s'installer, après plusieurs générations de survie difficile, entre des organismes initialement en conflit** (figures 6 et 16).

Entre organismes antagonistes, pour avoir une relation durable, permettant la survie réciproque, il ne faut ni lutter, ni coopérer mais **fusionner... en un équilibre, partenarial, dynamique... réciproque, où les partenaires ne forment plus qu'un.**

L'organisme nouveau est une **association à avantages et inconvénients réciproques et partagés**, les PARTIES deviennent inséparables dans le TOUT, et le Tout est un nouveau niveau d'organisation, un SYSTÈME d'échelle supérieure à celles de ses SOUS-SYSTÈMES. **Ce qui est un avantage pour tout partenaire est un inconvénient pour un autre ou le Tout**. **Avantages et inconvénients sont mutuels, réciproques et partagés.**

SYMBIOSE

Les associations symbiotiques, quelles qu'elles soient, ne sont jamais des associations à bénéfices mutuels, mais des associations à avantages et inconvénients réciproques et, plus ou moins, partagés, ou **tout avantage pour un partenaire est un inconvénient pour un autre et réciproquement.**

Pour survivre, et se survivre, il y a toujours pour l'un un coût à payer, pour que l'autre, survive, et se survive, d'abord, et réciproquement..

SYSTÈME (figure 2) : du grec *syn, sys* : ensemble,

ensemble ordonné, structuré, organisé, d'éléments, définis à la fois par leurs rôles propres (structuraux et fonctionnels) et les relations (structurales et fonctionnelles) qu'ils entretiennent, en **réseau**, entre eux (en tant que PARTIES) et avec leur TOUT (le système).

Tout système comporte 3 entités indissociables qu'il faut considérer ensemble dans leur structure fonctionnelle : un tout (**a Whole**), des acteurs, des interactions (des liens entre ces acteurs et avec le tout, **a wholeness**, ce qui est plus complexe qu'une circularité !). On ne peut pas se centrer sur l'une de ces entités en ignorant les autres; il faut toujours les considérer ensemble, globalement (**approche holistique**) (figure 5).,

Tout **ÉCOSYSTÈME** est un niveau d'organisation avec une biocénose intégrée dans un biotope. La biocénose (du grec *bio* : vie et *ceno* : assemblée) est l'ensemble des formes de vie habitant un même biotope. Le **biotope** (du grec topo : lieu) est l'ensemble des conditions (biotiques et abiotiques, spatiales et temporelles, structurales et fonctionnelles) de l'écoexotope.

TOUT (et PARTIES)

Les relations, les **interaction**s, entre le global et le local, sont souvent ignorées, faute d'outils conceptuels appropriés. ? Pourtant, elles sont, tôt ou tard, la clé du fonctionnement et des performances du TOUT émergeant qui seul bénéficie des avantages nés des interactions entre les PARTIES, partenaires indissociables. Les modéliser, en termes de **complexité**, consiste à mettre en évidence -des relations entre "niveaux" d'organisation différents, -des phénomènes d'antagonisme, de complémentarité et de coopération entre acteurs, et -des processus de régulation spatiale et temporelle, inter- et intra-niveau(x), avec cette réserve que les niveaux sont **identiquement structurés par un même processus ago-antagoniste, la mise en place d'une ARMSADA, localement et globalement,** ce qui relativise le paradigme de la hiérarchie dans les systèmes tel qu'il est habituellement envisagé.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Tout nouveau TOUT est toujours, à la fois, PLUS ET MOINS, que la somme de ses PARTIES; il émerge par un processus de percolation, de MÉTAMORPHOSE, par EXAPTATION (figures 3, 4 et 5).

VIOLENCE : **agression brutale**, la violence peut naître d'un **changement** dans les conditions internes (endophysiotope) ou externes (écoexotope) de l'équilibre de survie. **Tout changement des conditions de survie accroît la violence**. Elle est aussi une réponse quand la survie est plus difficile.

violence :

n. f. Vers 1215, depuis "**violare**", **forcer,** "violentus", forcé, emprunté au latin "violentia", impétuosité; **violemment** vers 1538, était d'abord écrit "violenment" (1332).

Agression. Disposition supposée naturelle à l'expression brutale de puissance, en particulier de sentiments. Colère et agressivité.

Vers 1320, acte par lequel s'exerce la force. Caractère extrême de fureur et frénésie. Fait de briser, casser, rompre, démolir. Contrainte par abus de force, sévices et position dominante. Force physique avant tout, mais mentale aussi, et morale par menaces, intimidation, coups.

« ... dans la vie animale, la violence est pourvue de freins individuels. Les animaux d'une même espèce ne luttent jamais à mort : le vainqueur épargne le vaincu. L'espèce humaine est privée de cette protection. » René Girard

Vers 1538, fait d'agir sur quelqu'un, pour contraindre une personne à un acte sans son consentement.

Se dit aussi de choses que l'on regarde comme excessives, exagérées, injustes, voire oppressives, injurieuses, insultantes, contraignantes au sens qu'elles appellent à défenses, voire ripostes, et dont on se passerait. Abus contre la loi et le droit, la morale, voire la simple bienséance, en mépris des personnes et des libertés publiques et collectives et/ou privées et individuelles.

Vers 1586, **violation**. Depuis "violatio", fait d'outrepasser, de transgresser, de pénétration en ce qui devrait être respecté, d'intrusion, outrage, profanation.

Vers 1660, force irrésistible, dangereuse, néfaste, d'une chose, d'un être ou de la Nature. Fureur, calamité et furie catastrophique.

Colloque AFSCET La violence (2000)
http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Violence04/tabledesmatieres.htm

creative commons

violent :

Adj. & N. Dès 1080, et vers 1215, du latin "vis", force, et "violentus", forcé, donc violé.

Violer est de 1080 tandis que violeur vient vers 1320.

Qui s'exprime, qui agit sans retenue, sans modération.

Impétueux et coléreux, brusque et brutal, voire irascible par vive susceptibilité.

« ... les violents, tous ceux qui s'abandonnent à leurs passions, tous ceux qui jugent ingénument d'après leurs désirs, et qui sans cesse forcent les autres ... » Alain

« ... plus les passions sont violentes, plus les lois sont nécessaires pour les contenir. »
Rousseau (De l'inégalité parmi les hommes)

Vers 1640-1660, qui exige de la force, de l'énergie, qui implique un effort soudain.

Vers 1671, excessif, exagéré, outré.

Vers 1750, tout ce qui a des effets intenses sur les sens.

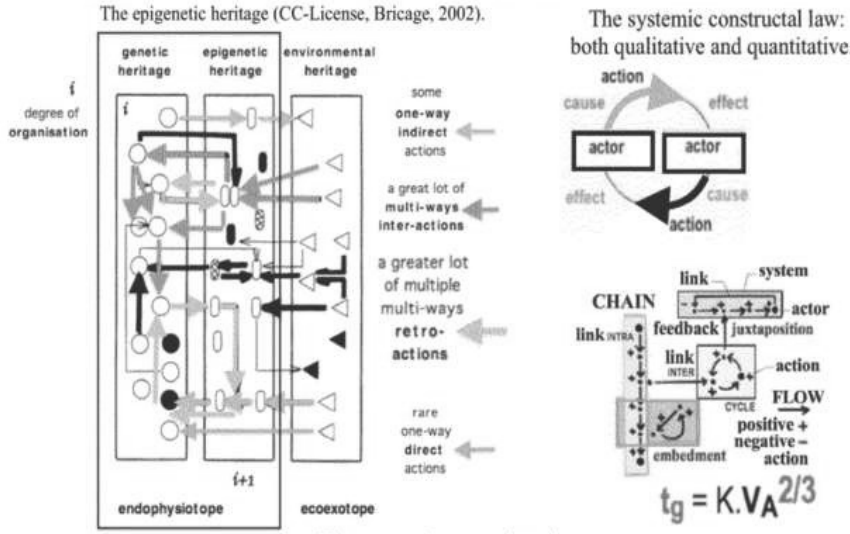
Tableau 9. Violence, violation. (De la résilience à l'exaptation.)

WIN-WIN (gagnant-gagnant)

Situation artificielle, instable, **il n'y a jamais de gagnant sans perdant**.

Figure 35. **L'héritage épigénétique** des système-de-systèmes vivants est décelable dans les **interactions entre endo-physio-tope(s) et éco-exo-tope (partagé).**

creative commons



The system-of-systems iteration processes.

The endophysiotope survival is always limited by the constrained dangers of the **genetic heritage** and the ecoexotope boundaries, barriers, or adverse situations of the **environmental heritage**. The continuous interactions between the capacity to be hosted of the endophysiotope and the hosting capacity of the ecoexotope (figure 6) give birth to an **epigenetic heritage** which is acting both as a buffer and a memory for the survival (figure 1).

tg : temps de génération, temps d'atteinte de l'état adulte **A**, durée de la phase larvaire spécialisée dans la croissance, préalable au développement ; **VA** : volume atteint en fin de croissance au moment de l'acquisition de la capacité de reproduction, caractéristique de l'état adulte ; **K** constante spécifique de la **loi puissance.**

La réduction graphique des figures, en noir et blanc, pour les ajuster au format d'impression, rend parfois certains textes difficilement lisibles. Cependant, tous les documents graphiques sont gratuitement accessibles en ligne, ce qui permet de retrouver aisément les figures originales, avec le texte et les couleurs, en utilisant un moteur de recherche de textes ou d'images et le nom de l'auteur, ou directement, avec les liens URL indiqués en références.

références scientifiques en ligne

Cet ouvrage est aussi le résumé d'une série de conférences réalisées, depuis l'année 2000, dans le cadre des journées, nationales et internationales de l'Association Française de Science des Systèmes Cybernétiques Cognitifs Et Techniques (AFSCET, Paris, France)

https://www.afscet.asso.fr/

- chaque année, au centre culturel du moulin d'Andé (Andé, 27430, France)

https://moulinande.com/

- et lors des congrès internationaux de l'Union Européenne de Systémique (UES-EUS, Brussels, Belgique, Europe), à Paris, France (2005), Lisbonne, Portugal (2008), Bruxelles, Belgique (2011) et Valence, Espagne (2014)

https://www.ues-eus.org/activities.html

Les textes et images sont disponibles sur le site de l'AFSCET,

http://afscet.asso.fr/interventions.html

https://www.afscet.asso.fr/AndeJournees.html

ou dans les revues, internationales, à la fois francophone & anglophone,

- Res Systemica, revue de l'AFSCET

http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/accueil.html et

- Acta Europeana Systemica, revue de l'UES-EUS

https://ojs.uclouvain.be/index.php/AES/issue/archive

(CC licence, en accès libre)

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

ARMSADA -principales références bibliographiques- par ordre chronologique

Bricage P. 1975, Quelques aspects d'une maladie endémique : la lèpre. Bull. AASNS 51: 5-12.

Bricage P. 1978, Le bissap, *Hibiscus sabdariffa*, Malvacée. Aspects biologiques. Bull. AASNS 64: 9-23.

Bricage P. 1979, *Mycobacterium leprae*. Les alcools, métabolites ou facteurs de croissance. Ann. C.R.B. Lèpre, Dakar, 1: 5-12.

Bricage P. 1980, Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, *Hibiscus sabdariffa* L., Malvacées. II. Résistance aux agressions climatiques et biologiques. Bull. IFAN A,42-4: 679-701.

Bricage P. 1982, Pigmentation and soluble peroxidase isozyme patterns of leaves of *Pedilanthus tithymaloides L. variegatus* as a result of daily temperature differences. Plant Physiology 69: 668-671.

Bricage P. 1984, Caractéristiques fonctionnelles des activités peroxydasiques des feuilles et cals d'une plante à métabolisme acide crassulacéen, *Pedilanthus tithymaloides* L. Can. J. Biochem. Cell Biol. 62: 901-907.

Bricage P. 1984, Phytohormones et rythmes de capacité enzymatique : autorégulation des activités peroxydasiques par squatting ? Bull. G.E.R.B. 16: 75-77.

Bricage P. 1984, Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, *Hibiscus sabdariffa* L., Malvacées. IV. Influence des phénotypes parentaux et des conditions stationnelles sur la germination et le développement des individus: compétition entre individus. Bull. IFAN A,46-1/2: 140-166.

Bricage P. 1985, Mise en évidence d'une rétroaction entre activités peroxydasiques et acidité titrable impliquant la fixation membranaire d'un complexe multi-isozymique intracellulaire. Bull. G.E.R.B. 17: 21-22.

Bricage P. 1986, Isoperoxidases, markers of surrounding and physiological changes, *in situ* in leaves and *in vitro* in calli of *Pedilanthus tithymaloides* L: cell compartmentation and polyfunctionality, control of activity by phenols and specific roles. Molecular & Physiological Aspects of Plant Peroxidases, Univ. Genova, Switzerland, pp. 261-265.

Bricage P. 1988, The isoperoxidase pattern changes and the pigment changes of *Pedilanthus tithymaloides L. variegatus* calli as a result of sucrose concentration and phytoregulator content of the culture medium and daily temperature differences. Plant Science 55: 169-173.

Bricage P. 1989, Peroxidases: stimuli, receptors, second messengers and transducers. Signal perception and transduction in higher plants, Proceed. NATO internat. Symp., Toulouse. 1 p.

Bricage P., A. Duverger-Nedellec & D. Larroche 1990, Appraisement of the defoliator *Lepidoptera* associations in a hardwood forest. Ikartzaleak (Acta Entomologica Vasconae 1) 13: 5-26.

Bricage P. 1991, Évaluation des interactions entre les densité et diversité des chenilles de Lépidoptères et les diversité et degré de défoliation des feuillus d'un bois. Mesure de la polyphagie et prédiction des pullulations potentielles. Ikartzaleak (Acta Entomologica Vasconae 2) 14: 5-21.

Bricage P. 1991, Les Caractéristiques des Organismes Vivants. Fac. Sci. Univ. Pau, A.P.I.D.S., 44 p.

Bricage P. 1998, La Survie des Systèmes Vivants. Atelier MCX20, Programme Européen MCX, Pau, 19 oct. 1998, 5 p., **CC licence**

Bricage P. 2000, La Survie des Organismes Vivants. Atelier afscet Systémique & Biologie., 44 p. Fac. Médecine St Pères (Paris, France).
http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf **CC licence**

Bricage P. 2000, La Survie des Organismes Vivants. Atelier AFSCET, Paris, 4 févr. 2000, 33 p., **CC licence**
http://afscet.asso.fr/Ande01/SURVIVRE.pdf

Bricage P. 2000, La nature de la violence dans la nature : Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements aux différents niveaux d'organisation des systèmes végétaux. Journées Annuelles AFSCET à Andé, 6 p., **CC licence**
http://afscet.asso.fr/Ande00/pbviolW98.pdf

Bricage P. 2000, Systèmes biologiques: le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ? Entretiens Annuels de l'AFSCET, Institut International d'Administration Publique, ENA, Paris, 6 p., **CC Licence**
http://afscet.asso.fr/Ande01/JdVie1.pdf

Bricage P. 2001, La nature de la décision dans la nature ? : Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants. Journées Annuelles AFSCET à Andé, 16 p., **CC licence,**
http://afscet.asso.fr/Ande01/Decision.pdf

Bricage P. 2001, A new evolutionary paradigm: the Associations for the Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages., 1 p. The creation of a sustainable society depends on Innovative Systems Thinking (EMCSR, Vienna, Austria).

Bricage P. 2001, Du biologique au social. Les associations à avantages et inconvénients partagés. Atelier MCX20 Ingénierie des systèmes sanitaires & sociaux, L'éthique de la prise en charge sanitaire et sociale. Arcachon, France, 21 p.

Bricage P. 2001, La vie est un flux, ergodique, fractal et contingent, vers des macro-états organisés de micro-états, à la suite de brisures de symétrie., 11 p., Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Institut International d'Administration Publique, Paris, France,
http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf

Bricage P. 2002, The Evolutionary "Shuttle" of the Living Systems., 6 p. 5th ESSC (Heraklion, Creta, Greece).
http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf

Bricage P. 2002, Only sustainable development can ensure both care of the environment and intra-generational equity. 1p. Global Ethics for a Humane World, UNO & IISD globus conference (Utrecht, Netherlands).

Bricage P. 2005, Les Métamorphoses du Vivant : Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés. 6th European Congress on SYSTEMS SCIENCE, 19 Sept. 2005, PARIS ENSAM, 11 p., **CC licence**,
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage.pdf

Bricage P. 2005, The Cell Originated Through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Association for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and of Disadvantages, between the partners, with a Benefit only for their Wholeness. 6th European Congress on SYSTEMS SCIENCE, 19 Sept. 2005, PARIS ENSAM, 11 p., **CC licence,**
http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf

Bricage P. 2005, Le langage du vivant : pluri-linguisme, trans-frontaliérité et associativité. 9 p., Congrès ANLEA, U.P.P.A., Pau, France, http://www.armsada.eu/files/ANLEA05PauPB.pdf **CC licence**

Bricage P. (19 sept. 2005), The Metamorphoses of the Living Systems: The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages. 10 p. with Complementary Data & Supplementary References Les Métamorphoses du Vivant : les Associations à Avantages et Inconvénients réciproques et partagés. 12 p. **CC Licence,** http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Paris05/bricage.pdf

BRICAGE P. (17 dec. 2008), Associations for the reciprocal and mutual sharing of advantages and disadvantages: applicative insights in prevention or cure of AIDS, cancer and leprous diseases. 11 p. **CC Licence,** http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricageCancer.pdf

Bricage P. 2008, Cancer is a breaking of the cell's association for the reciprocal and mutual sharing of advantages and disadvantages through an aggression that results in a lack of non-autonomy. 33 p. **CC Licence,** http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricage1.pdf http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricageWS1.pdf

Bricage P. 2008, La démarche scientifique expérimentale, un langage "systémique" : mise en évidence d'une phase critique d'apprentissage. Journées Annuelles AFSCET à Andé, 30 p., **CC licence**, http://afscet.asso.fr/Ande08/pbAnde08ExpSci.pdf

Bricage P. 2010, Sémiologique graphique de l'espace-temps-action du vivant : bilan épistémologique et praxéologique de sa modélisation systémique, co-déterminisme global, prédictibilité locale et imprédicativité glocale. L'approche systémique des lois systémiques du vivant "vivant"., "Vers une nouvelle systémique." Journées annuelles AFSCET, Andé, France, 34 p., **CC licence,** http://www.afscet.asso.fr/Ande10/pbETAvivant10.pdf

Bricage P. (June 30th, 2011), Balancing Emergence and Variation, Between Union and Breaking, The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages -ARMSADA- are the keystones of the Life's Running (text & slides). Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés "acteurs clés de voûte" de l'évolution créatrice du vivant "vivant" (texte et présentation). System's Evolution Workshop, UES-EUS Systemics Approach of Diversity, Brussels, Belgique, (19 p. & 18 p.). **CC licence,** http://aes.ues-eus.eu/aes2011/afscetWSevolution_bricage_text.pdf http://aes.ues-eus.eu/aes2011/afscetWSevolution_bricage_slides.pdf

Bricage P. (June 30th, 2011) , *La semi-autonomie du vivant : « pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive, et réciproquement ». Balancing between individualism & collectivism, between union & breaking: « for the one to survive, all the other ones must survive first »*. *Crises et réponses systémiques.* UES-EUS Systemics Approach of Diversity, Brussels, Belgique, text 28 p. & slides 19 p. **CC licence,** http://aes.ues-eus.eu/aes2011/uesTBR2_bricage_text.pdf & http://aes.ues-eus.eu/aes2011/uesTBR2_bricage_slides.pdf

Bricage P. 2012, Le Jeu de la Vie. Systèmes vivants : les enjeux du temps, le temps des enjeux. Modélisation des temps internes d'un système vivant. Jeux et Enjeux : Systèmes, Modèles et Jeux. Journées Annuelles de l'AFSCET à Andé, 9 & 10 juin 2012, 44 p. **CC licence**, http://www.afscet.asso.fr/Ande12/pbAnde2012texte.pdf

Bricage P. 2014, Ago-antagonisme et dilemme itéré des prisonniers : équilibres de Nash et de Pareto, modèle de Lotka-Volterra, méthode du simplexe... Quelles réalités ? Res-Systemica, volume 11, article 06, 34 p. [L'Ago-Antagonisme Aujourd'hui. Hommage à Elie Bernard-Weil. **CC licence**]

Bricage P. 2019, Dynamique des systèmes complexes : quelques exemples de réseaux en biologie, écologie, sociologie, médecine et management., 148 p. *Chaire Edgar Morin*, World Conference on Complex Systems, Opening Chair, Ouarzazate, Maroc.

Bricage P. 2019, Living Systems : Multi-Scale Invariance, Variance and Co-Evolution., 89 p. *In* Research, Development and Education in Systems Science and Cybernetics : Paradigms, Models and Applications. Ouarzazate, Morocco.

Bricage P. 2019, Education for Sustainability: Lessons from Living Systems Governance. Journal of Systems Science and Information 7(3): 1-27.

https://www.afscet.asso.fr/pagesperso/Bricage.html

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

La systémique.

Appréhender la globalité.

de Daniel DURAND (2009), **Que sais-je ? n° 1795**, **PUF, Paris** 11ème édition, 127 p.

La systémique foisonne de "célébrités"... Si vous connaissez ces auteurs, vous faites déjà de la systémique sans le savoir :

R. ASHBY (la variété requise), Gregory BATESON (**la communication interpersonnelle**), Henri BERGSON (l'évolution créatrice), Claude BERNARD (l'homéostasie), Elie BERNARD-WEIL (l'agoantagonisme et les stratégies paradoxales), BERTIN (les diagrammes, les réseaux, les cartes : la sémiologie graphique), BOLTZMANN (les lois statistiques de "comportement"), BOOLE (l'algèbre de), BOULDING (**la typologie "économique" des systèmes**), BUNGE (**la typologie générale des systèmes**), CANNON, Noam CHOMSKY (**la syntaxie du langage**), L. COUFFIGNAL, Michel CROZIER (**les systèmes à décideurs multiples**), Joël DE ROSNAY (le macroscope), DE SAUSSURE (**signifiant et signifié, le structuralisme linguistique**), Gérard DONNADIEU & Michel KARSKY (l'approche systémique), J.W. FORRESTER (la dynamique des systèmes), Michel FOUCAULT (l'analogie), Arthur KOESTLER (la globalité), LAVOISIER (l'isomorphisme), Jean-Louis LE MOIGNE, LEIBNIZ, J. LESOURNE (**les systèmes du destin**), Claude LEVY-STRAUSS (**le structuralisme anthropologique**), Edward LORENZ (l'effet papillon), James LOVELOCK (**le système Gaïa**), MAC CULLOCH (la bionique), Benoît MANDELBROT (les systèmes fractaux et l'invariance d'échelle, la théorie des catastrophes), Edgar MORIN (**La méthode**), Blaise PASCAL (le Tout et les parties), Louis PASTEUR, Jean PIAGET (**le structuralisme psychologique**), PRIGOGINE (autonomie, auto-organisation **et structures dissipatives**), PYTHAGORE, Michel SERRES (**communication et interférence**), Claude SHANNON (**la communication & la théorie quantitative de l'information**), SKINNER (**le comportement**), Herbert SPENCER (**le progrès...**), TARSKY (la théorie des modèles), Pierre TEILHARD DE CHARDIN (**l'homme dans le système cosmique**), Paul VALERY (modèles et modélisation), Ludwig VON BERTALANFFY (**la théorie du système général**), VON FOERSTER, (**l'information**), VON NEUMANN & MORGENSTERN (la théorie des jeux), Norbert WIENER (la cybernétique).

Paradoxalement, on peut commencer par la deuxième partie qui décrit différents systèmes : le système atome, le système cellule, le système terre, et différents niveaux d'organisation et d'application : les écosystèmes et l'écologie politique,

La première partie ***"l'approche systémique"*** donne les définitions dans l'ordre historique, les concepts clés et les bases sémiologiques graphiques de la description et modélisation d'un système.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

http://bricage.fr

documents accessibles en ligne par mots-clés -CC licence free-

La nature de la violence dans la nature : **Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements aux différents niveaux d'organisation des systèmes végétaux.**
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2000-violence.pdf

La nature de la décision dans la nature ? Systèmes biologiques: Production, consommation, croissance et survie. Quelles règles ? Quels degrés d'exigence ? Quels bilans ? (Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements et de la survie, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants.) Comparaison entre le fonctionnement écologique du vivant et le fonctionnement économique des sociétés humaines.
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2001-decision.pdf

Héritage génétique, héritage épigénétique et héritage environnemental : de la bactérie à l'homme, le transformisme, une systémique du vivant.
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2002-heritage.pdf

Organisation, intégration et espace-temps des systèmes vivants.
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2003-integration.pdf

Entre local et global, **la gouvernance associative** : quels rôles, quels coûts, quelle éthique ?
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2004-GouvernanceAssociative.pdf

La gouvernance du Vivant : **les Acteurs et les Systèmes.**
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2004-GouvernanceVivant.pdf

Danger des représentations non-systémiques & pouvoir de prédiction des **représentations systémiques en Sciences de la Vie.**
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2006-RepresentationsSystemiques.pdf

Comment les systèmes biologiques mettent-ils en place (team building) des **organisations, juxtaposées et imbriquées en réseaux (networks), "groupwares" robustes et durables** ? Quels sont les facteurs limitants de ces processus ?
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2007-OrganisationNetwork.pdf

La démarche scientifique expérimentale, un langage "systémique" : mise en évidence d'une phase critique d'apprentissage.
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2008-DemarcheScientifique.pdf

Les conditions de l'intégration de l'humanité au sein de la nature terrestre. **Le "message" de l'écologie : la gouvernance du vivant.** The Forgotten Messages of Ecology and Governance. Complementary Data & Supporting Informations.
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2009-CriseEcologie.pdf

Les principes et concepts de base de l'écologie. "Un premier avertissement passé inaperçu..." A First Warning...* for men : 30 years after **The Forgotten Messages of Ecology** and Governance. Principes et applications de l'écologie. 1- Concepts de base.,
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2009-FirstWarning.pdf

La nature vivante, "peu perceptible", "continuellement changeante" et "incomprise", de **l'organisme que l'homme appelle Terre**. Un dernier avertissement... à l'humanité.
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2009-gaia.pdf

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Essai de lecture systémique de la crise écologique mondiale

"Tout était dit il y a trente ans".... Alors "comment faire pour passer du dire au faire"?

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2009-ToutEtaitDit.pdf

Sémiologique graphique de **l'espace-temps-action du vivan**t : bilan épistémologique et praxéologique1 de sa modélisation systémique, co-déterminisme global, prédictibilité locale et imprédicativité glocale. L'approche systémique des **lois systémiques du vivant "vivant".**

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2010-LocalGlobal.pdf

Homère « systémicien sans le savoir ? ». Approche systémique d'un **"système de systèmes"** : l'Odyssée.

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2011-HomereOdysseeTXT.pdf

Le Jeu de la Vie. Systèmes vivants : les enjeux du temps, le temps des enjeux. Modélisation des temps internes d'un système vivant. The Game of the Life. Living Systems Time Management: the Stakes of the Time, the Time to Bet. Modelling of the Internal Time of a Living System.

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2012-TempsJeuxEnjeuxModelisation.pdf

Mobilisation de la matière et de l'énergie, et croissance, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants : LES PRINCIPES ORGANISATEURS d' ÉMERGENCE des SYSTÈMES VIVANTS.

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2013-Thermodynamique.pdf

Mobilisation de la matière et de l'énergie, et croissance, aux différents **niveaux d'organisation des systèmes vivants** : LES PRINCIPES ORGANISATEURS d' ÉMERGENCE des SYSTÈMES VIVANTS, "à propos de la constante 3/2".

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2013-LoiPuissance.pdf

Ago-antagonisme et "dilemme itéré des prisonniers" : équilibre de NASH, optimum de PARETO, modèle de LOTKA-VOLTERRA, méthode du simplexe... Quelles réalités ? Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages ARMSADA

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2014-AgoAntagonismeTXT.pdf

La complexité est une propriété intrinsèque d'un objet (dit complexe), dont la perception dépend de moyens d'observation et d'expérimentation, objectifs, extrinsèques.

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2014-SystemesComplexes.pdf

L'organisation spatio-temporelle des systèmes vivants : atemporalité, temporalité et intemporalité.

Time does not exist..., only clocks and calendars exist !

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2015-EspaceTempsActionTXT.pdf

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2015-TemporaliteRES.pdf

Aspects génétiques des systèmes vivants : **invariances et émergence, limites, limitations et imprévisibilité.** (une modélisation scientifique et un modèle éducatif littéraire)

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2016-genetiqueTXT.pdf

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2016-InvarianceEmergenceRES.pdf

SYSTÈMES vivants.

DATA-VISUALISATION : biais cognitifs innés et acquis.

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2017-biaisRES.pdf

SYSTÈMES vivants. REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES ET CONNAISSANCE DES REPRÉSENTATIONS : **aspects sociétaux et environnementaux** appliqués.

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2017-SystemesRepresentationsTXT.pdf

http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2017-systemesRES.pdf

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Déterminisme et indéterminisme multi-échelle, invariants et variance, des systèmes vivants. **Les lois systémiques de l 'évolution du vivant.**
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2018-InteractionsPowerLawsRES.pdf

Déterminisme et indéterminisme multi-échelle, invariants et variance, des systèmes vivants. Les échelles des systèmes vivants. Les lois systémiques de l'évolution du vivant : **invariance de jauge, ergodicité, lois systémiques constructales.**
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2018-InteractionsPowerLawsTXT.pdf

Systèmes vivants : champs de contrainte et d'interaction, référentiels d'espace-temps-action, lois d'équivalence masse-énergie.

Living systems of systems: field of constraint, interaction field, space-time-action frames, mass-energy equivalency power laws.
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2022-ChampsContraintes.pdf

Quel est le contrat sociétal du vivant ?
What is the societal contract of survival of living systems?
¿Cuál es el contrato social de los sistemas vivos?
生生活的社会契约是什什么?
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2023-ContratSocietalRES.pdf
http://bricage.fr/afscet/Ande/pbAnde2023-ContratSocietalTXT.pdf

bibliographie
pour approfondir et compléter

- A propos des systèmes complexes :
la collection des ouvrages de
- La méthode., d'Edgar Morin
2 ouvrages de vulgarisation scientifique :
- Le MacroScope. Vers une vision globale.,
de Joël de Rosnay (mars 2014)
- La Systémique. Que-sais-je ?,
de Daniel Durand (novembre 2017)

- La collection des ouvrages *Res-Systemica Libri* de l'AFSCET :
- La systémique, penser et agir dans la complexité.
- La gouvernance dans les systèmes.,
disponibles en ligne chez bookelis https://www.bookelis.com

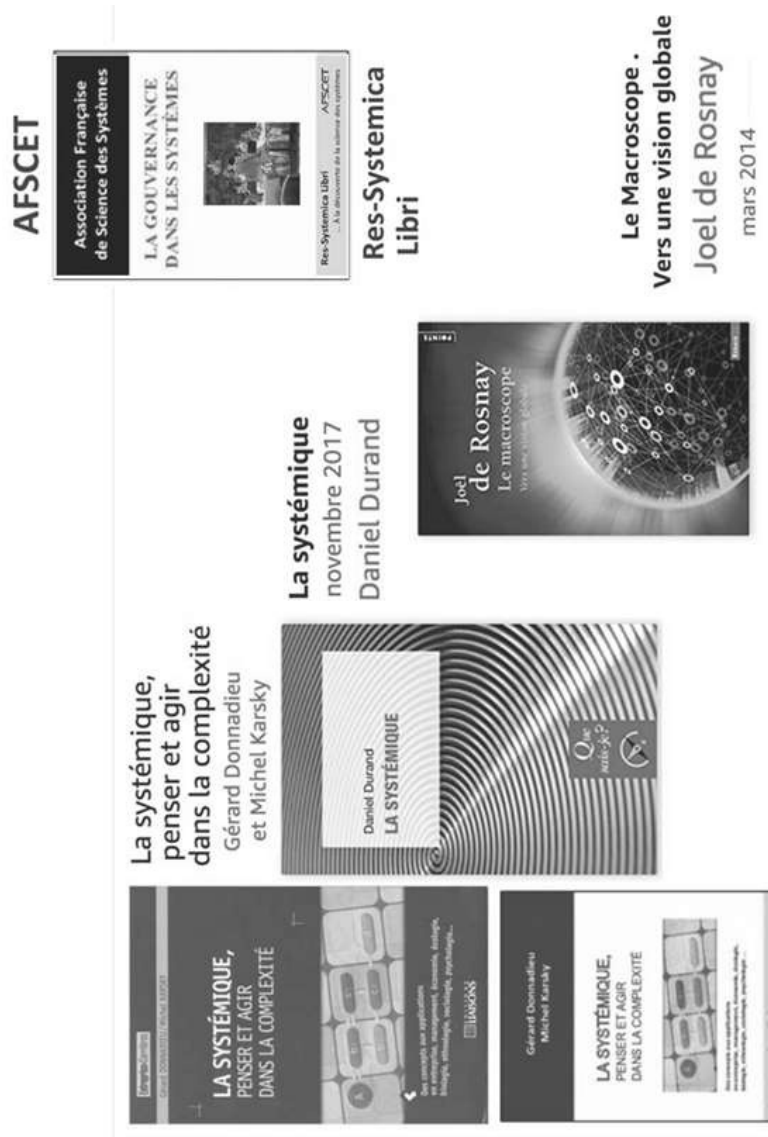
- **Sur Internet, en recherchant par *mots clés*** :
on peut retrouver **les documents originaux**,
à la fois pour les textes et les documents graphiques, à la rubrique **images** de Google.

- Sur internet, sur sites associatifs (Creative Commons) :
- sur le site de **l'AFSCET http://afscet.asso.fr**
accès libre aux thesaurus des journées annuelles de l'AFSCET à Andé, avec des communications, des travaux de recherche, en ligne **depuis l'an 2000**, et, accès au site de
- la revue française de systémique Res-Systemica
http://www.res-systemica.org

- sur les sites de l'auteur http://bricage.fr
http://armsada.eu

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés



Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Approfondissement des FIGURES, PLANCHES et TABLEAUX : compléments de LÉGENDES.

Figure 1. NIVEAUX D'ORGANISATION ET D'INTÉGRATION : **local, global**, écoexotope, endophysiotope (p. 14, p. 38).

Toute forme de vie est **hébergée par un écoexotope qui lui fournit une capacité d'accueil**, à condition que son endophysiotope possède **une capacité d'être accueilli en adéquation**.

L'éco-exo-tope (tope : **espace-temps-action**, EXO : externe, éco : d'habitation) de survie et l'endo-physio-tope (tope : espace-temps-action, ENDO : interne, physio : de fonctionnement) sont indissociables.

Paramètres : -**facteurs limitants** de l'écoexotope (combien ?) : intensité lumineuse, quantité d'eau physiologiquement disponible, -bio**marqueur** de l'endophysiotope : croissance en nombre (densité).

Pour l'individu (organisme de niveau ***i***), SURVIVRE, pour SE SURVIVRE et permettre la survie de son espèce (organisation d'un niveau supérieur) dépend d'un **équilibre "résilient"** entre densité de l'endo-physiotope et capacité d'accueil de l'écoexotope : **"ni trop, ni trop peu"** d'individus, dans ***une "fenêtre" de viabilité*** (figures 5 et 6).

Figure 2. SYSTÈME VIVANT : définition, exemples (p. 15).

LE TOUT, endophysiotope (système interne, de *niveau* ***i***) et écoexotope (système externe, de *niveau* ***i***), système-de-systèmes, d'acteurs **(sous-systèmes), emboîtés et juxtaposés**, est toujours À LA FOIS PLUS ET MOINS que la somme de ses PARTIES. Des capacités anciennes, des niveaux d'organisation inférieurs (*niveaux* ***i-j***), sont perdues, en même temps qu'émergent des capacités nouvelles et que des capacités anciennes sont remaniées ou ré-affectées (**exaptation**).

-Écoexotope, endophysiotope, intégration et organisation.

Un neurone résulte de la juxtaposition d'une cellule (à l'origine du corps cellulaire) et d'une population de cellules (à l'origine de la gaine de Schwann). **Un neurone n'est pas une cellule !**

-Émergence et niveau d'organisation.

C'en est une "**sur-mesure**", un nouveau TOUT, le neurone (niveau d'organisation supra-cellulaire) qui est plus que la somme de ses parties (les cellules, niveau adjacent inférieur **i**), "**sur mesure**", avec des propriétés nouvelles qu'aucun des partenaires ne possédait (synthèse de myéline, émergence d'un nouveau langage de communication). Mais il est aussi moins que la somme de ses parties. Chaque partenaire a perdu son autonomie et, comme "leur TOUT", ne possède plus la capacité de se survivre.

-Réseaux et mode d'intégration.

Une bactérie, compartiment délimité par 1 membrane simple, interface entre EXO et ENDO, est une Monère (de niveau d'organisation **i-1**).

Une bactérie n'est pas une cellule !

La cellule est le niveau d'organisation **i**, adjacent, supérieur, formé de compartiments juxtaposés (les organites). Chacun d'eux équivaut à une Monère, dont l'ancien ENDO est emboîté dans un nouvel EXO. Juxtapositions et emboîtements ont permis la mise en place de nouvelles interfaces membranaires et d'un nouveau mode d'intégration. Le TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses parties. Les organites ne sont plus capables de survivre en dehors de leur nouvel EXO, qui est l'ENDO de la cellule.

L'association est indissociable **"pour le meilleur et pour le pire"**.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Dans cette **endosyncénose**, les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement, la survie des uns passe par celle des autres et réciproquement. Tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour les autres et réciproquement. Des molécules nouvelles sont fabriquées par **le réseau d'interactions, en flux tendus,** entre organites.

-Symbiose :

nouveau mode d'intégration, nouveau type d'organisation.

Un lichen est une **"union indissociable"** entre 2 espèces (une algue et un champignon) **descendant d'ancêtres à vie libre**. L'écoexotope de l'algue est l'endophysiotope du champignon. Cette symbiose, nouveau niveau d'organisation, n'est pas une association à bénéfices réciproques mais une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés, où tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour l'autre, et réciproquement. Les lichens contiennent des molécules qu'eux seuls sont capables de fabriquer. Les 2 partenaires totalement solidaires ne forment qu'un. La croissance de l'un est limitée par celle de l'autre et réciproquement. Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement.

C'est une **association synallagmatique**, un écosystème "pour le meilleur et pour le pire", un TOUT, à bénéfice uniquement global, une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés, entre partenaires indissociables, qui existe depuis 600 millions d'années !

Figure 3. GOUVERNANCE : INTERACTIONS, CLÔTURES, CIRCULARITÉS, CAUSES ET EFFETS (p. 18, p. 50).

- ADÉQUATION entre écoexotope partagé et endophysiotopes, au niveau de populations d'**organismes** (rendement de plantes de grandes cultures) ou au niveau de populations d'**organites** intra-cellulaires :

notion de ***"niche éco-physiologique"***,

- PARAMÈTRES ***"marqueurs"*** :

croissance en masse (endophysiotope), pH (écoexotope).

La CLÔTURE CONSTRUCTIVE, **à la fois** organisationnelle et fonctionnelle, émerge simultanément des INTERACTIONS externes, entre acteurs de l'écoexotope (interactions ***extra-***), des interactions internes, entre acteurs de l'endophysiotope (interaction ***intra-***), et des interactions ***extra-intra-***.

Figure 4. LOI SYSTÉMIQUE CONSTRUCTALE et COMPLEXITÉ SPATIO-TEMPORELLE (p. 19, p. 51) :

- **toute construction est interactions,**
- **toute interaction est construction,**
- **tout SYSTÈME-de-SYSTÈMES est construit par itération**, **par juxtapositions et emboîtements** de systèmes pré-existants.

Tôt ou tard, tout endophysiotope (de *niveau **i***) est un écoexotope de survie, **d'accueil**, d'habitation, pour d'autres endophysiotopes (de *niveaux d'organisation inférieurs ou supérieurs, de **i - j** à **i+k***). Tôt ou tard, tout écoexotope de survie (de *niveau **i***) est **"internalisé"**, intégré, dans un endophysiotope de niveau d'organisation supérieur (de *niveau **i+k***).

La complexité est À LA FOIS qualitative :

Quoi ?, Qui ?, Où ?, Quand ?, Comment ?

et quantitative :

Combien ?, Combien de combien ?

Figure 5. COMPLEXITÉ,
métamorphose du TOUT et des PARTIES. (p. 24)
Le TOUT est PLUS ET MOINS que la somme de ses PARTIES.
- **Processus de percolation.**

Chaque **module**, structural et fonctionnel, chaque **acteur**, et le TOUT, chaque **lien**, chaque **interaction** sont **co-construits, ensemble**, en interaction, par PERCOLATION, en fonction de l'ensemble pré-existant (CONTINGENCE) et de celui, inconnaissable, à venir (EXAPTATION). C'est une MÉTAMORPHOSE, à la fois structurellement et fonctionnellement : des acteurs anciens disparaissent, des acteurs nouveaux sont intégrés, des acteurs anciens sont conservés mais remaniés.

- **Mesure de la complexité.** LOIS puissances.

Comment mesurer la complexité (figure 4) ?

Quel(s) **paramètre(s)** privilégier ? : QUI ?, QUOI ?, OÙ ?, QUAND ?, COMMENT ?, COMBIEN ?, COMBIEN DE COMBIEN ? Les représentations locales des variations d'un paramètre marqueur de la complexité d'un **système-de-systèmes** mettent toujours en évidence un ***"creux de complexité".*** Est-il un lieu d'équilibre stable, instable ou méta-stable, résilient ? Comment prendre en compte plusieurs paramètres globalement ? Quelles **lois puissance** sont-elles, localement et globalement, représentatives d'une **clôture** organisationnelle et fonctionnelle ? (figure 6)

Figure 6. COMPORTEMENT GLOBAL (p. 25, p. 41),
MODÉLISATION des interactions : exemple du bois de Pau.

Quantifier les liens d'interaction locaux entre acteurs, dans l'espace et dans le temps, ne suffit pas pour connaître le comportement global du système. L'analyse factorielle des correspondances et l'analyse factorielle en composantes principales permettent, **éventuellement,** de dégager des tableaux de bord, avec des **attracteurs** de comportement, voire un comportement global **émergent**, **des groupes** d'acteurs caractérisables par leur **capacité de résilience**, leur capacité à rester ensemble, leur capacité d'équilibre fonctionnel ou d'acteurs en danger de déséquilibre. La **fenêtre de viabilité**, de l'**équilibre de résilience** (figures 3 et 8), se situe dans un espace-temps-action de ni trop faible ni trop grande diversité, ***"ni trop, ni trop peu"***, médian, entre efficacité et efficience, entre fermeture et ouverture, entre résistance et sensibilité, entre force et faiblesse (entre *yin* et *yang*).

Figure 7. RÉGULATION AGOANTAGONISTE (p. 28) :
CYBERSYSTÉMIQUE D'UN SYSTÈME-DE-SYSTÈMES.

La démarche analytique réductionniste se limite toujours à la représentation graphique **linéalre (ordre 1)**, statistiquement la plus simple. Mais de nombreux phénomènes, issus d'interactions, sont non-linéaires, probablement d'ordre 2, et certains résultats ne peuvent être négligés. Tout système-de-systèmes est structuré dans l'espace, le temps et l'action. L'organisation temporelle, la structuration dans le temps, la clôture temporelle fonctionnelle, aboutit à l'émergence d'horloges, de calendriers, définis par leur périodicité (leur **rythme**), qui résultent de l'interaction ago-antagoniste d'au moins 2 acteurs (**loi systémique constructale** -figures 4 et 11-). Seuls des ajustements **d'ordre 2** permettent de représenter cette rythmicité endogène, dont la représentation graphique est habituellement une courbe **conique** (comme un cercle ou une ellipse).

Figure 8. LOIS PUISSANCE(S) :
interactions entre acteurs d'un **réseau** (p. 29).

Quel que soit le nombre d'acteurs et la multiplicité des interactions, **tout se passe comme si** le lien fonctionnel entre “entrée“ et “sortie“ obéissait à une loi puissance, ce **sans qu'on puisse avoir une connaissance quelconque du chemin parcouru et du poids relatif de chaque acteur**. Le sytème-de-systèmes des acteurs et des interactions est **inconnu**, voire **inconnaissable**. Comme dans réseau de neurones, seules les entrées (les contraintes imposées au modèle) et les sorties (les décisions prises à l'issue de la simulation) sont connaissables. Comment en tirer une information utilisable en terme de **gouvernance** raisonnable et raisonnée ?

Toute modélisation, toute simulation est **simplificatrice**, **seuls des cas particuliers** peuvent être envisagés. Encore faut-il déterminer des critères de représentation univoques (figures 6 et 7).

Par exemple, la LOI de PARETO est représentative d'un processus d'interactions et de *“tri“* selon une **loi puissance** (XY=K) *“dévoilant“* des contraintes internes, localement, et des limitations des interactions, globalement, **dans l'espace** (emboîtements et juxtapositions), **dans le temps** (fenêtre de viabilité) et **dans l'action** (performances individuelle ou/et collective).

Figure 9. PROCESSUS CYBERSYSTÉMIQUES (p. 32).

La cybernétique (ou GOUVERNANCE) implique un pilotage par la connaissance (observation qualitative et/ou mesure quantitative) d'un ou de plusieurs **paramètres locaux** (plusieurs TABLEAUX DE BORD), séparément ou ensemble, localement représentatifs de l'action à contrôler et à diriger.

La systémique (ou SCIENCE DES SYSTÈMES) fait émerger une représentation **globalement**, par la prise en compte, **simultanément**, dans l'espace-temps de tous les paramètres d'action disponibles. La CYBERSYSTÉMIQUE **re-construit l'espace-temps-action**, et le rend OPÉRATIONNEL en créant un calendrier (une horloge ou un sablier) représentatif de l'évolution des interactions, étape par étape (flèche d'action).

Planche 1. CYBERSYSTEMICS (p. 33).
Les principaux concepts de la science des systèmes,
par auteurs et par mot-clés.

Planche 2. ARMSADA RULE (p. 35).
Survivre c'est manger et ne pas être mangé.
For the one to survive the other one must survive first.

Figure 10. Le **réseau trophique** de la forêt boréale
(pp. 44-45).

Pour que l'homme survive, et se survive, il faut d'abord que le renne et le chien survivent et se survivent. Aucun acteur ne peut survivre sans être dépendant de tous les autres.

Ce sont les acteurs clé-de-voûte qui maintiennent la pérennité du réseau trophique. L'homme a pu être un acteur clé-de-voûte, à condition de s'intégrer sans dommages collatéraux dans ce réseau qui existait bien avant l'apparition de son espèce..

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Figure 11. La domestication :
un contrat synallagmatique (pp. 46-47, p. 93, p. 205).
Survivre c'est manger et ne pas être mangé.
Tôt ou tard, il est impossible de ne pas être mangé.
La croissance est durable tant qu'elle est soutenable, et soutenue, par chaque partenaire.

Figure 12. Systèmes-de-systèmes vivants :
à la fois une ARMSADA et un écosystème (p. 53, p. 140).

Figure 13. Survivre c'est manger et ne pas être mangé :
les flux trophiques. (pp. 54-55)
Figure 13a. Le réseau trophique des chaînes alimentaires structure l'écosystème.
Figure 13b. Le réseau trophique au sein d'un lichen.

Figure 14. LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE EXPÉRIMENTALE ou
démarche OHERIC (Observations-Hypothèses-Expérimentations-Résultats-Interprétation-Conclusion) (p. 60).
Quel que soit l'aspect étudié, pour la modélisation, les étapes qualitatives (analyse causale) et quantitatives sont inséparables. La démarche scientifique mise en œuvre (figure 12) est à la fois analytique, **réductionniste**, **et** systémique, **holistique**.
Tôt ou tard, la quantification est nécessaire pour la simulation.
La conclusion est **toujours provisoire**. Le chemin se construit en cheminant. La *« vérité scientifique »* est toujours relative au chemin suivi. Elle se construit et se déconstruit, elle est **falsifiable**, en cheminant différemment.
La vérité d'aujourd'hui peut toujours être révélée inexacte ou incomplète demain, si, et quand, de nouveaux “chemins“ apparaissent.

Tableau 1. Le modèle ago-antagoniste (p. 74).

Tableau 2. LE DILEMME DES PRISONNIERS (p. 75).
Trahir ou coopérer : **avantages / inconvénients**.

Tableau 3. LE DILEMME DES PRISONNIERS A 2 (p. 78).
“Jouer“ 1 seule fois incite à la trahison.

Tableau 4. LE DILEMME DES PRISONNIERS A 2 (p. 79).
Equilibre de Nash, optimum de Pareto.

Tableau 5. LE MODELE PRÉDATEUR-PROIE
de Lotka-Volterra (p. 80).

Figure 15. ARMSADA : PARTAGE DES DANGERS et
DANGERS CONTRAINTS au niveau cellulaire (pp. 84-85).
-**Avantages/ Inconvénients** des flux métaboliques partagés.
Le recyclage des déchets : les aliments des uns sont les déchets des autres, et réciproquement.
-Le fardeau génomique viral.
Le recyclage des dangers contraints.

Figure 16. La méthode du simplex (pp. 88-89).
Figure 16a. Graphe du simplex et dilemme des prisonniers.
Acteurs et interactions. (p. 88)
Figure 16b. Evolution de la biodiversité. (p. 89)

Figure 17. La vraie nature des virus (p. 91).
Les bactériophages défectifs sont les acteurs moteurs de l'évolution des systèmes vivants.

Figure 18. Le dilemme des prisonniers à 3 (p. 94).

Figure 19. ARMSADA : origine et fonctionnement (p.96).
The prisoners' dilemma method : périodicité temporelle des “combats” itérés, aux niveaux d'organisation du lichen et de la cellule.

Figure 20. ARMSADA : modélisation (p. 97).
contrôle temporel de l'espace-temps-action.
De la lutte à la coopération, de l'antagonisme à l'agoantagonisme.

Figure 21. Les interactions cellule-virus (p. 105).
Les différents devenirs au niveau cellulaire.
La fausse réciprocité dite "gagnant-gagnant" n'est pas systémique, car elle fait abstraction du contexte global, et des autres acteurs, au bénéfice des seuls acteurs “gagnants“ impliqués ! La seule réciprocité systémique est le partage des avantages et des inconvénients***.***

Figure 22. ARMSADA : les interactions d'émergence (p. 106).
Figure 22a. Processus qualitatif,
au niveau d'organisation des Monères et
Figure 22b. Probabilités d'émergence (aspect quantitatif), aux niveaux d'organisation des Monères (niveau ***i-1***) et des cellules (niveau ***i***).

Tableau 6. ARMSADA :
une réponse systémique à une crise systémique (p. 109).

Figure 23. UN VACCIN CURATIF DU SIDA (pp. 117-118).
Figure 23a. Une thérapie génique du HIV par le HIV.
Figure 23b. Probabilités d'émergence d'un génotype résistant.

Planche 3. Principe d'un vaccin curatif du SIDA (pp. 122-123).

Figure 24. Actions létale et mutagène des UV (p. 128).
Fréquences de survie et fréquence des mutations associées : aucun mutant dans la population initiale (témoin), après action des Ultra-Violets, toutes les bactéries survivantes sont porteuses d'au moins 1 mutation.
C'est la même chose après traitement de cellules à la 5-Fluoro-Uracile (5FU), -chimiothérapie habituelle anti-cancéreuse-, les cellules survivantes sont porteuses de mutation(s).

Planche 4. Qu'est-ce qu'un cancer ?
Quelle(s) vaccinations curatives ? Principes (pp. 134-135).

Figure 25. Cancer curative vaccine :
the paradigm and the procedure (p. 136).

Figure 26. Emergence d'un nouveau TOUT (p. 137).

Aspects quantitatifs : probabilités de lyse et de non-lyse (virus défectif) au niveau d'organisation des Monères, probabilités de lyse, de non-lyse (cancérisation) et d'intégration (ARMSADA) au niveau d'organisation des cellules (eucaryotes).

Aspects qualitatifs : processus d'origine de la cellule et du peroxysome à partir de protoplastes de Monères.

TABLEAU A-J. L'origine de la cellule eucaryote (pp. 153-157).
#1. Le niveau d'organisation des Monères : biodiversité.
#2. L'origine du noyau des cellules eucaryotes.
#3. L'origine des organites des cellules eucaryotes.
#4. La mitochondrie : une Monère séquestrée.
#5. La diversité d'origine des membranes de la cellule.

FIGURE 27. The PREDATOR(s)-PREY(S) relationships.
The SIMPLEX METHOD: SOLUTIONS (pp. 162-163).

Figure 28. LA CELLULE eucaryote :
l'origine des compartiments et des membranes (p. 178).
Survivre c'est manger et ne pas être mangé.
- première étape évolutive

Au sein d'un tapis de Monères primitives (MON), formes L ou (protoplastes) à membrane nue dépourvue de paroi, l'accessibilité au flux de nutriments est moins aisée pour les individus prisonniers dans l'intérieur de la masse de la population procaryote (PROK) (sans noyau) (niveau i-1). La fusion des membranes (MB) induite par un virus monéro-phage, par un simple effet de position, est constitutive à la fois des structures des compartiments et de la distribution de leurs rôles (NY noyau, ER reticulum endoplasmique, HYA hyaloplasme, GA appareil de Golgi) et de l'émergence de la structure de la cellule, nouveau niveau d'organisation (niveau i).

- étape évolutive parallèle

Au fil des interactions prédateur(s)-proie(s) entre procaryotes (niveau i-1), des Monères plus évoluées apparaissent qui sont à l'origine des bactéries actuelles (Gram + et Gram -).

- étape(s) évolutive(s) ultérieure(s)

Après l'installation des compartiments nucléaire et (maintenant) CYTOplasmique, d'autres interactions prédateur(s)-proie(s) sont à l'origine, d'une part, des peroxysomes et des mitochondries, caractéristiques de la vie aérobie, et d'autre part des différents types de chloroplastes des cellules végétales (figure 30b).

Figure 29. L'ERGODICITÉ DU VIVANT :
emboîtement et juxtapositions (p. 179).

De nouveaux niveaux d'organisation (niveaux ***i+k***) apparaissent par emboîtements et juxtapositions de niveaux précédents (niveaux ***i-j***). Tôt ou tard, un endophysiotope peut être un écoexotope d'accueil d'autres endophysiotopes. C'est plus qu'un simple assemblage gigogne, c'est la création d'**un nouvel espace-temps-action** de niveau d'organisation supérieur, comme le passage dans un réseau d'interactions (network) d'une dimension 2D à une dimension 3D.

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

La mise en place et le maintien structural et fonctionnel du système-de-systèmes, quel que soit son niveau d'organisation, obéit à une loi puissance, d'ordre n et p.

Figure 30. ARBRES GENEALOGIQUES EVOLUTIFS.
Figure 30a. La dichotomie n'est pas la règle**.**
La règle c'est «fusions» et «fissions» (p. 186).
Figure 30b. De ARMSADA en ARMSADA.
Des coacervats aux organismes méta-cellulaires (p. 187).
CC coacervat(s), MON monère(s), PROK procaryotes, EUK eucaryotes, CEL cellule, CA cellule animale, CV cellule végétale, mt (pré-)mitochondrie(s), ch (pré-)chloroplaste(s),
a 4D networks (with 3 D for systems space, 1D for systems time).

Figure 31. Ecosystème sauvage et écosystème anthropique dérivé : avantages et inconvénients (p. 188).
L'espèce humaine est capable de changer consciemment la capacité d'accueil de son écoexotope de survie, de **l'augmenter pour elle seule** en exterminant les espèces "sauvages" inutiles pour sa survie à court terme et en cultivant, à l'encontre des aléas climatiques, les espèces domestiquées pour **son seul profit à court terme.**
L'espèce humaine est une **espèce clé-de-voûte** pour les seuls écosystèmes anthropiques. Sans elle pour l'entretenir, le système anthropique (ou **anthropisé**) n'est pas compétitif face aux espèces sauvages.

Tableau 7. The Message of Ecology.
Limites et limitations (pp. 194-195).
Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients. Ce qui est un avantage dans un contexte d'espace-temps-action peut être un inconvénient dans un autre. Pour survivre, puis se survivre, **il faut avoir de la chance : être au bon endroit, au bon moment et faire la bonne action.** Etre résilient c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter qe les avantages deviennent des inconvénients.

Tableau 8. Tout système vivant est un système-de-systèmes, défini par ses acteurs, interactions, liens, et propriétés émergentes.
Flux métaboliques : emboîtements et juxtapositions (p. 202).
Le TOUT est toujours à la fois PLUS ET MOINS que la somme de ses parties. Au sein d'une ARMSADA, tout acteur est une entité clé-de-voûte. Pour que l'association perdure, survive et se survive, il faut d'abord que chaque acteur survive et se survive, que ce soit au niveau intra-cellulaire ou au sein d'un écosystème forestier (figure 6).

Figure 32. Organisation des systèmes-de-systèmes vivants : niveaux hiérarchiques (p. 208).

Figure 33. Complexité (mot-clé) : emboîtements et juxtapositions (p. 210).

Figure 34. L'organisme c'est la fourmilière (p. 218).
Aucune fourmi ne peut survivre seule, isolée, hors de la fourmilière. L'organisme résilient, **capable de survivre, et de se survivre**, c'est la fourmilière (ou la ruche, pour l'essaim d'abeilles).

Tableau 9. Violence (mot-clé) (p. 222).

Figure 35. L'éco-physio-tope,
espace-temps-action des interactions entre endo-**physio**-tope(s) et **éco**-exo-tope commun partagé (p. 223).

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

INDEX de 50 **mots clés**

adéquation pp. 16, 42, 83, 99, 147, 192, 197, 203, 214, 215, 217, 237, 238
antagonisme pp. 6-7, 72, 75, 77, 97, 107, 169, 221
ago-antagonisme pp. 6-7, 72, 74, 75, 83, 94, 97, 207, 228, 232, 242
attracteur pp. 184, 239
avantage(s) pp. 21, 26, 34, 40, 48-50, 56, 67-70 73, 75-76, 79, 83, 85, 90-92, 94-95, 98, 100-102, 105, 108, 115-116, 124, 126-127, 129-131, 134, 136, 143-144, 1446-148, 159, 164, 181-185, 192, 198-201, 214, 220-221, 238, 244
bactérie(s) pp. 17, 22, 48-49, 62, 69, 75, 83, 90-91, 94-95, 98, 100-103, 113-116, 124-125, 130, 132, 143, 145-147, 152, 158, 160-161, 164, 169-171, 174-176, 180, 185, 200, 216-217, 237, 242
bactériophage(s) pp. 8-9, 91, 116, 120, 132, 164, 176, 185, 242
boucle de causalité pp. 10, 20, 27, 30, 101, 127
cancer(s) pp. 8-9, 62, 90, 100-101, 104-108, 111, 113-115, 129-135,197, 200, 203-204, 227, 242
capacité d'accueil pp. 8-9, 11-13, 16-17, 26, 39, 43, 68-69, 83, 86, 95, 99-104, 108, 114-117, 120, 129, 134-135, 141-147, 176, 183, 189-192, 196-197, 200-203, 214-215, 237
capacité d'être accueilli pp. 8-9, 16, 26, 83, 99-104, 108, 114-117, 120, 126, 134-135, 141-147, 176, 183, 190, 196-197, 201-203, 237
cellule pp. 6-9, 17, 21, 48-49, 56, 63, 66-69, 75, 83-87, 90, 94-95, 99-106, 113-117, 120-121, 124-127, 130-133, 141-142, 145-152, 158-169, 173-177, 180-183, 200, 203-204, 207, 216, 237, 242-243
circularité(s) pp. 6-7,16, 18-19, 28-29, 32, 44-46, 50-51, 54, 60, 80, 105, 215, 221
clôture(s) pp. 16, 19, 28, 32, 215, 238-239
complex(ité) pp. 6, 11-13, 20-22, 24, 30, 88-89, 179, 183, 202, 205, 209, 215
contingence pp. 23, 63, 88, 107, 115, 183, 211, 239
construction pp. 6, 11, 17, 20-22, 57, 62, 78, 215, 238
croissance pp. 39-40, 48, 56-57, 67-70, 85, 98, 100, 113, 130, 132, 147, 150, 174, 192, 198, 201, 211-212, 238
cybernétique pp. 12, 19, 28-29, 32, 34, 60, 80, 220, 229, 240
développement pp. 10, 37, 57, 61, 67, 90, 113, 117, 126, 142, 174, 181, 189, 192, 201, 204, 211-212
diversité pp. 7-9, 23, 26, 40-42, 79, 85-89, 104, 114-115, 147, 164, 173, 181, 189, 192-193, 199, 213-214, 242-243
écoexotope pp. 13, 16-17, 34-35, 38-39, 43, 57, 65-70, 83-85, 90-91, 98-108, 115-116, 124-131, 134-135, 141-151, 159-161, 164-176, 181-185, 190-192, 196-197, 201-204
écosystème pp. 6-11, 17, 21, 40-43, 67, 85-87, 102, 124, 141-144, 150, 173-177, 183, 192, 197-199, 213-217, 238, 244

endophysiotope pp. 6-8, 16-17, 38-39, 65-70, 83-87, 90-91, 98-103, 106-108, 114-116, 120-131, 134, 141-148, 151, 158-168, 171-176, 181-185, 201-204, 215-217
emboîtement(s) pp. 14-15, 19, 21, 29, 86-87, 99-102, 106-107, 128, 135, 152, 164, 170, 174, 180, 208, 237-238, 243-244
émergence pp. 6, 8, 9, 12,17, 20-23, 34, 49, 77, 82, 87-89, 99, 103-106, 113, 116-117, 147, 177, 201, 213, 216, 232, 237, 242-243
espace-temps-action pp. 6, 13, 16, 43, 48, 65, 67, 90-91, 97, 101, 117, 126, 134-135, 164, 170-171, 177, 191, 212, 217, 227, 232-233, 237
évolution pp. 8-10, 17, 22-23, 30, 49, 61-65, 79, 86-92, 101, 107-108, 113-117, 129, 141, 144, 183, 198, 203-205, 214, 233
exaptation pp. 6, 8-9, 20, 23, 26, 103-105, 116-117, 125-127, 146-147, 161, 185, 211, 214-215, 222, 237, 239
gouvernance (décision) pp. 6-8, 12, 30, 37, 59-66, 69, 72-75, 95, 141-142, 204-205, 211-212, 214, 231, 240
HIV et SIDA pp. 8, 108, 111, 114, 120-121, 132-133, 135, 192, 204, 242
hôte pp. 10, 16, 48, 56, 67-70, 90-91, 94, 98-104, 113-117, 120-121, 124-125, 134, 143-145, 159-160, 168-171, 176, 181, 197-201, 214
inconvénient(s) pp. 9, 21, 26, 34, 40, 46-49, 52-57, 67-70, 75-77, 79, 82, 90-95, 98-101, 105, 109, 115-116, 121, 124, 126-131, 134-135, 144-147, 159, 165-167, 175, 182-183, 191-192, 197-201, 203-204, 214, 220-221, 238, 241, 244
intégration pp. 8-10, 16, 39, 57, 61, 64, 68, 83-85, 90-91, 95, 99-108, 115-117, 120, 125, 141-142, 145, 148-150, 166, 169, 173-175, 185, 189-192, 197, 200-201, 204, 215-217, 231, 237-238
interaction(s) pp. 6-11, 16-17, 20-23, 26-27, 30, 34, 40-42, 49, 57, 66, 69, 77-79, 86-90, 99-106, 115-117, 126-132, 141, 147-150, 165, 171, 184-185, 192-193, 197, 201, 204-205, 215, 219, 221, 233, 238-240, 242-243
interfaces pp. 14-15, 18-19, 83, 100, 103, 125, 131, 146, 151-152, 159, 167, 171, 202-205, 207-209, 213, 217, 219, 237
juxtaposition(s) pp. 10, 21, 83, 86-87, 99-102, 107, 126, 135, 152, 164, 170, 180, 183, 208-209, 237-240, 243-244
limite(s), et limitation(s) pp. 6, 10, 13, 16, 21, 23, 26-27, 30, 38-41, 49, 52, 56-57, 63, 67-68, 83-85, 98-101, 115, 121, 141-142, 146-152, 164-165, 169-172, 176-177, 190, 192, 198-203, 209, 232, 237-240, 244
loi(s) pp. 6, 17, 22-24, 26, 29-30, 32-34, 61, 73, 107,, 184-185, 192, 204-205, 215, 232-233, 238-240
métamorphose pp. 8-9, 17,21-22, 68, 82-83, 87, 91, 99-104, 108, 113, 115-116, 120-127, 145, 147, 173, 180-181,198, 203, 215, 239
Monère(s) pp. 9, 17, 22, 83-86, 91, 100-101, 105-106, 126-127, 146-152, 159-161, 164-177, 180-181, 203, 207, 216-217, 237, 242-243

ontogénie pp. 8, 83, 92, 102, 124, 173, 182, 201, 203, 212, 217
organisme(s), et organisation(s) pp. 6-13, 17, 20-22, 26-27, 30, 34, 39-41, 48-49, 52-53, 56-57, 61-68, 83-87, 90-92, 98-108, 113-117, 124-134, 141, 145-152, 164, 175-177, 180-185, 196-204, 208, 212, 221, 231-232, 237-239, 242-244
percolation pp. 6, 23-24, 180, 185, 211, 219, 222, 239
prisonnier(s) pp. 7-8, 34, 63, 66-67, 72-79, 86-91, 94-97, 159-160, 197, 219, 241-243
régulation(s), dont rétro-action(s) pp. 6, 11, 22, 26, 30-31, 39, 49, 52, 60-62, 65, 101-103, 126-129, 135, 159, 168, 174, 181, 192, 199, 201, 202-204, 212, 216, 220, 239
réseau(x) pp. 7, 11-12, 21-23, 34, 40-43, 63, 98-101, 108, 115, 126-127, 149-152, 158, 175-177, 181-182, 185, 191, 197, 199, 213-214, 219, 237-237-238, 240, 241, 243
risque(s) pp. 9, 23, 43, 63, 69-70, 78, 90, 100, 124, 127, 131, 133, 134, 142, 189, 211, 219
vaccin(ation)s pp. 8-9, 111, 121, 131, 133-135, 242
virus pp. 8, 62, 69, 90-91, 94, 104-105, 113-114, 115-117, 120-121, 126, 129, 132-135, 147-152, 158, 161, 164, 167-169, 172, 174, 176-177, 182, 200-201, 204, 213, 242-243

Étude des systèmes complexes

les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Mots clés principaux : acteur "clé-de-voûte", cancer, "capacité d'accueil", "capacité d'être accueilli", cellule, écoexotope, émergence, endophysiotope, méta-morphose, mode d'intégration, Monère, niveau d'organisation, ontogénie et phylogénie, prédateur, proie, virus.

Terms in use: **abbreviations, definitions**, & **word roots** according to CAILLEUX A. & KOMORN J. (1981) *Dictionnaire des Racines Scientifiques.*, 263 p. CDU-SEDES (Paris, France).

Archaea (ARK) from the Greek: archo first, archeo primitive, Bacterium (BACT) from the Greek: bacter baton, ecoexotope (EXO) from the Greek: exo external, tope space, eco of habitat, of welcome, endophysiotope (ENDO) from the Greek: endo internal, tope space, physio of that grows and reproduces (figure 1) ecophysiotope (ECO): the space of interactions between the ecoEXOtope and the endoPHYSIOtope, (éo)Monère (MON) from the Greek: mono unit, moner the simplest (HAECKEL 1866), eo of the early beginning, hyaloplasm & hyaloplasmic (HYA) from the Greek: plasm what is fashioned, integration from the Greek: integer whole, that makes only one with its ecoexotope, that is inseparable from it,

Prokarya, prokaryotes (PROK), Eukarya, eukaryotes (EUK) *from the Greek:* ***pro*** *before,* ***karyo*** *nucleus,* ***eu*** *true,* ***symbiotes****: the joined partners in a symbiotic association* ***(symbiosis SYM), symbionte****: the whole, the association.* ***advantage: ADV, disadvantage: DIS, compartment: CPT*** .

Étude des systèmes complexes
les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

ISBN :979-10-424-4056-5
Achevé d'imprimer en France
Dépôt légal : février 2025

979-10-424-4056-5

pierre.bricage@univ-pau.fr

« Toutes les pages du livre de la nature sont remplies de phrases dont le moindre caractère de chaque mot est lui-même une nouvelle phrase entière, formant ainsi le grand palimpseste de notre monde. »

John MUIR

« The great progress in every science came when, in the study of problems which were modest as compared with ultimate aims, methods were developed which could be extended further and further. »

John von NEUMANN

« You never change things by fighting the existing reality. To change something, build a new model that make the existing models obsolete. »

R. Buckminster FULLER

Maître-Assistant en **sciences agronomiques** à l'Université de Dakar (Sénégal) puis Maître de Conférences en **physiologie des organismes** à l'Université de Pau (France), Pierre Bricage a enseigné la biochimie, la génétique, la physiologie, végétale, animale et humaine, et l'écologie. Directeur du département des **Sciences de la Nature et de la Vie**, puis du département des **Sciences Sanitaires et Sociales,** il a travaillé sur l'évolution comparée d'écosystèmes naturels et anthropiques (déterminismes bio-chimique, physiologique et génétique, modélisation), il s'est intéressé aux **rythmes biologiques**, aux **interactions entre prédateurs et proies** (cancer, SIDA, SRAS). Professeur invité à l'Université du Sichuan (Chengdu, R.P. Chine), pendant 6 ans, il a contribué au développement de la **science des systèmes**. https://www.afscet.asso.fr/pagesperso/Bricage.html http://bricage.fr

PELLEAS

20 €

ISBN 979-10-424-4056-5

Édité par l'association PELLEAS

9 791042 440565