

## Systemes biologiques: le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ?

Pierre BRICAGE

Sciences Biologiques & Sciences Sanitaires et Sociales, Faculté des Sciences,  
Université de Pau & des Pays de l'Adour, avenue de l'Université, 64000 PAU, France,  
[pierre.bricage@univ-pau.fr](mailto:pierre.bricage@univ-pau.fr)

### mots clés :

**organisation** : **association** d'éléments regroupés dans un même but, 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, manière dont sont disposées les structures (les parties) d'un assemblage (le tout) pour assurer certaines fonctions propres au système.

**intégration** : **action** d'entrer dans un ensemble plus vaste, s'intégrer dans une **organisation** de niveau supérieur, s'intégrer dans un milieu **externe** de survie.

**système** (du grec syn, sys: ensemble): ensemble ordonné, organisé, d'éléments, définis à la fois par leurs rôles propres et par les relations qu'ils entretiennent, en réseau. Un écosystème, qui comporte une biocénose intégrée dans un biotope, est un **niveau d'organisation**.

**hôte(s)** : du latin hospes, qui reçoit un étranger et éventuellement qui est reçu par lui, en **réciprocité**.

**jeu** : manière dont un **acteur** interprète un **rôle**, le jeu est un **contrat** aléatoire.

### introduction

#### Qu'est-ce qu'un jeu ?

Un jeu est une **situation** artificielle, mais le comportement des joueurs, lui, est bien réel.

La **prise de décision** exprime l'intervention d'un joueur dans le cadre structuré **des règles** du jeu.

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 (15•, 19•).

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 (11•). Sur un **réseau**, chaque "cellule" peut se trouver dans **2 états possibles**: mort ou vivant. (raison pour laquelle, l'informaticien J. Conway avait choisi ce nom.) 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** (MAD: en français, Destruction Mutuelle Assurée, en anglais, jeu de mot avec mad: fou) place les joueurs dans une situation connue sous le nom de **dilemme du prisonnier** (14•): 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 (12•).

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 vie, en plus, l'espace est limité, la durée est limitée, la matière et l'énergie sont limitées, la durée de survie est limitée.

Pourtant, le Jeu de la vie est "toujours vivant" (10•), 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", **différant par les types d'organisation et d'intégration au milieu de survie**.

(voir une liste des sites http en bibliographie !)

**Si la vie est un jeu... Quelles sont les règles du jeu biologique ? Quels en sont les enjeux ?**

## 1. Quelles règles pour quel jeu ?

Dans la partie terrestre de leur milieu de survie, les manchots n'ont aucune raison de marcher vite, ils en sont d'ailleurs totalement incapables. Dans la partie marine de leur milieu de survie, par contre, ils ont au moins deux raisons de nager très vite: **manger et ne pas être mangé !**

C'est la première règle: **pour survivre, il faut manger et ne pas être mangé**.

Leur **organisation interne** et leur capacité de mouvement leur permettent une **intégration dans leur milieu externe de survie** très difficile.

La mobilisation de la matière et de l'énergie permet au manchot de **recréer constamment son organisation interne fonctionnelle**, de survivre, pour éventuellement se survivre. L'organisation n'est que "l'image", d'un flux de matière et d'énergie, fixée à un instant donné. L'homme, comme le manchot, doit **atteindre un état de croissance minimal avant** d'acquérir la capacité supplémentaire de se survivre.

C'est la deuxième règle: **la croissance est le préalable à la reproduction**:

**il faut survivre, pour croître, et croître pour se survivre, voire se multiplier.**

Face aux changements aléatoires du milieu de vie, quelles actions décisives, l'organisme doit-il réaliser pour répondre à ces **2 impératifs, survivre et se survivre** ? Comment survit-il **face aux autres** organismes, présents dans le même milieu de survie, qui sont en compétition avec lui parce qu'ils mangent la même chose que lui, qui sont ses proies parce qu'il les mange ou qui sont ses prédateurs parce qu'ils le mangent.

Tout organisme vivant est un système organisé indissociable de son milieu de survie (4•).

En permanence, tout être vivant doit **re-construire** son organisation et **re-crée** son autonomie, il est sans cesse dépendant de son environnement externe de survie dans lequel, il **s'auto-régénère** continuellement (6•). Dans ce milieu, il puise de la matière, de l'énergie et de l'information (4•), il est **intégré** au sein d'une chaîne alimentaire (5•).

**Survivre c'est d'abord manger et ne pas être mangé** (4•, 5•, 6•).

Dans la lutte pour survivre, **la croissance est le facteur limitant**. L'individu, au cours de sa phase de croissance, doit atteindre une masse critique avant d'acquérir la capacité de se survivre (4•). Tout organisme vivant doit d'abord survivre, mais, pour, éventuellement, se survivre (avoir une descendance), et permettre la survie de sa forme de vie (6•):

**Survivre pour se survivre.**

## 2. Quelles décisions pour survivre et croître ?

a. 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 (4•, 5•).

Si la **capacité d'accueil de son milieu de survie** lui permet de trouver suffisamment de proies, elle croît puis se survit (13•).

**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.

*"La meilleure défense c'est l'attaque."*

**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.**

b. Comment manger et ne pas être mangé ? : **le système de relations hôte-parasite.**

*"Qui veut voyager loin ménage 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 (3•).

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

Au niveau cellulaire, elles sont les mêmes que dans un système prédateur-proie.

Pour survivre, au niveau individuel, il y a d'abord la **défense passive**. Une armure, obstacle physique, comme la paroi squelettique des cellules végétales, permet d'établir une barrière protectrice pour empêcher la pénétration du parasite. 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.**

Une barrière peut être rompue, physiquement ou chimiquement, par l'agresseur. Mais, un 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).

C'est le début de l'escalade des défenses et des attaques, c'est l'escalade de la violence, dont les coûts physiologiques deviennent de plus en plus lourds pour chacun des protagonistes. (20•)

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 (9•). **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.

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

#### **Survivre:**

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

a. **Les associations à avantages et inconvénients partagés.**

Une observation au microscope électronique à balayage de **l'organisation** d'un lichen met en évidence plusieurs compartiments fonctionnels, juxtaposés et emboîtés. Le lichen (le tout) est formé de l'assemblage des filaments d'une espèce d'un champignon, qui forment une boîte, et d'une population de cellules d'une espèce d'algues vertes, hébergées par le champignon (7•).

On trouve à l'état libre des espèces voisines d'algues vertes. Mais celle présente dans le lichen ne survit pas à l'état libre hors du lichen. On trouve à l'état libre des espèces voisines de champignons. Mais celle présente dans le lichen ne survit pas à l'état libre hors du lichen (1•, 7•, 8•).

**Les parties sont indissociables du tout.**

Les compartiments ne sont pas disposés de façon aléatoire dans l'espace de survie à l'intérieur de l'organisme. Le champignon **construit un espace** interne de protection, d'échanges et de communication, englobant le partenaire algue verte. Par son organisation, il recrée le milieu de survie, d'intégration, de l'algue.

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, incapable de survivre en l'absence de matière organique préexistante. Certains lichens englobent en plus une population de bactéries bleues (1•).

Le champignon, **espace** de réserve d'eau et de sels minéraux, est au contact des algues vertes, qui consomment de l'eau (matière première de la photosynthèse). **Consommateur(s)** d'oxygène (aliment respiratoire) et de sucres (sources de matière organique), le champignon (et la bactérie) sont **au contact** des algues vertes. **Producteur** de sucres (aliments de l'organisme lichen) et d'oxygène (déchet de la photosynthèse), le compartiment algal est à l'origine de la matière organique de l'organisme.

Les algues vertes (ou les bactéries bleues) descendent, génétiquement et physiologiquement, d'anciennes algues (ou d'anciennes bactéries), autrefois à vie libre (16•, 18•). Elles ont "colonisé" le corps, du système ancestral d'accueil, à l'origine du lichen. Ainsi s'est mise en place **une association à avantages et inconvénients partagés** dans laquelle les algues produisent de la matière organique pour l'ensemble des 2 partenaires (5•). **En contrepartie**, le champignon héberge, protège et nourrit les algues.

Cet **inconvénient** pour "l'habité" est le **coût dû pour l'avantage** de sa nutrition par "ses habitants".

Association symbiotique, fonctionnant à la fois comme un végétal et un animal (1•), le lichen représente un **niveau d'organisation plus élevé** que ceux de l'algue ou-et du champignon, de même que la cellule eucaryote représente un niveau d'organisation plus élevé que ceux du cytoplasme et des chloroplastes (et des mitochondries) qui la constituent (6•, 16•, 18•).

Comme le cytoplasme de la cellule, le champignon du lichen, 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. Pour manger, les filaments du partenaire champignon digèrent une partie des cellules de la population d'algues hébergées dans le milieu interne du champignon constituant leur milieu externe de survie.

Cette capacité de prédation est **un avantage pour la survie** du champignon, qui construit sa matière à partir de celle, prélevée, puis transformée, de l'autre être vivant (2•).

Cet **inconvénient** pour "l'habitant" est le **coût dû pour l'avantage** de sa protection par "l'habité".

Si on détruit artificiellement les algues, le champignon meurt. **L'avantage** de la prédation **devient un inconvénient** (5•). Le champignon est complètement dépendant de l'algue pour sa survie. De même les algues ne survivent pas à la destruction du champignon. Le milieu interne du lichen est devenu le milieu externe, d'intégration et de survie de l'algue verte (et de la bactérie bleue). **L'inconvénient** de la prédation supportée par l'algue **est devenu un avantage** pour sa survie, à l'intérieur du lichen. Mais, elle ne peut plus survivre à l'extérieur, dans son milieu initial de survie. Elle a **changé d'espace d'intégration**.

b. Organisation et survie: le hasard et la nécessité, la contingence.

### **Comment s'établit l'équilibre entre l'hôte habité et ses hôtes habitants pour que la survie de l'un passe par celle de l'autre et réciproquement ?**

L'inconvénient de **la perte par chacun de la capacité de détruire l'autre** est devenu un avantage réciproque pour la survie de chacun. La survie mutuelle dépend d'une limitation de la prédation du partenaire champignon (manger... mais pas trop!) et d'une survie (et d'une production) suffisante(s) du partenaire algue (impossible... de ne pas être mangé !). Les deux partenaires, indissociables, forment un **nouveau système biologique de niveau d'organisation plus élevé**.

**Le partenaire** champignon fonctionne comme la partie racinaire des plantes supérieures, il élabore "la sève brute". **Le partenaire** algue fonctionne comme les feuilles des plantes vertes, il élabore "la sève élaborée". Et **les deux se nourrissent réciproquement**, il n'y a pas de différence systémique entre le minuscule lichen de nos toitures et le gigantesque séquoia de Californie.

Pour survivre, le partenaire champignon doit **limiter son agression sur l'associé** algue, comme les chenilles d'un bois 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 (5•).

**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.**

c. **Avec qui avoir une relation durable ? Comment ?**

La symbiose est "habituellement" considérée comme une association à bénéfices réciproques.

Seuls les avantages sont pris en compte (2•, 8•, 16•) ..., les inconvénients sont oubliés !

La symbiose est une association, à **avantages et inconvénients, réciproques, et partagés** (5•).

**La croissance est réciproque et partagée.**

Le champignon doit **limiter ses exigences** de croissance vis-à-vis de l'algue et réciproquement, l'algue ne peut 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 **et une forme nouvelle d'intégration** au milieu (externe) de survie, est né de cette association, avec **un changement d'échelle, spatial et temporel** (5•). Le système peut survivre des siècles !

Comme tout système symbiotique, à avantages et inconvénients partagés, il 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 (6•).

Les avantages pour l'association sont énormes. Les lichens peuvent coloniser des terres vierges de toute vie. Organismes pionniers, ils sont **très peu dépendants des fluctuations du milieu de survie**. Mais, inconvénient énorme, ils y sont la seule nourriture organique et sont mangés.

La symbiose, association, indissociable, à avantages et inconvénients partagés, est une réponse "naturelle" qui a fait de nombreuses fois ses preuves au cours de l'évolution (5•, 6•, 8•, 17•).

Le phénomène de symbiose est à l'origine de la cellule eucaryote (16•, 18•).

Et, à la question " **Avec qui puis-je avoir une relation durable ?** ", il donne comme réponse :

**Seules perdurent les associations à avantages et inconvénients partagés.** (5•)

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 fonctionnement de survie des uns est limité par celui des autres et réciproquement.** L'endo-symbiose intra-cellulaire résulte de l'émergence d'un système de recyclage des déchets, qui permet d'éviter la violence toxique réciproque des déchets de fonctionnement (6•) :

**les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement.**

**Les avantages pour les uns sont des inconvénients pour les autres, et réciproquement.** (5•)

d. contingentement et limites: **intégration.**

Entre un lichen et une cellule végétale chlorophyllienne, il n'y a pas de différence systémique.

C'est **la même réponse au même problème**:

Survivre, c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients. Et, ce sont les associations à avantages et inconvénients partagés qui perdurent, qui survivent et se survivent, **avec la plus grande "réussite" spatiale et temporelle.**

La symbiose est habituellement considérée comme une association à bénéfices réciproques. Seuls les avantages sont pris en compte, les inconvénients sont oubliés ! (8•). Ceci est révélateur du fait que, souvent, la façon de poser un problème détermine le type de modèle auquel on se propose d'aboutir !

La symbiose est une association, à avantages **et** inconvénients, **réciproques, et partagés.**

## conclusions

### La vie n'est pas un jeu...

Car, le jeu est aussi la manifestation d'une liberté, celle du choix ! Le jeu est une activité libre, il n'est jamais obligatoire d'y participer (19\*), et il est même possible aux participants d'un jeu de "tricher" .

Ce n'est pas le cas du "jeu biologique", il est obligatoire pour chaque être vivant, il n'y a **pas de choix !**

Ce "jeu" n' a **qu'une obligation**: il est obligatoire pour l'individu de survivre et il est obligatoire pour chaque forme de vie de se survivre. Le jeu biologique n'est pas un jeu !

La seule façon de le quitter est de "quitter la vie". Ce qui est aussi "le gain de celui qui perd" à ce jeu !

Et il est impossible de ne pas entrer dans la vie pour ne pas y participer. La vie naît de la vie et l'individu ne choisit pas de naître, son seul choix c'est de ne pas se survivre, de quitter le jeu !

L'acquisition d'énergie et de substances est une nécessité. **La vie naît et renaît du flux** de matière et d'énergie **qui la traverse**. (13\*). Tous les organismes de la biosphère sont interdépendants.

Pour survivre, l'homme n'a qu'une alternative: connaître et respecter "les règles du jeu" des processus de survie, dans le type de milieu de survie auquel son espèce appartient, **ou**, perdre au jeu.

Au cours de l'évolution, toujours, **c'est l'intégration au milieu de survie qui "actualise" des choix, d'organisation, et d'intégration, temporairement durables.**

L'homme, pour survivre et se survivre, ne peut être une exception ! **La vie n'est pas un enjeu !**

La tricherie est impossible à ce jeu-là ! **Le jeu est-il la vie ? La vie est en jeu !**

## bibliographie

- 1• Boullard B. (1990) **La symbiose lichénique: un défi... : 1+1=1**. pp.191-206. (*In* Guerre et paix dans le règne végétal. Ellipses, Paris, 336 p.)
- 2• Boullard B. (1990) **Guerre et paix dans le règne végétal**. Ellipses, Paris, 336 p.
- 3• Bourguet D. & al. (1995) **Les parasites ménagent-ils toujours leurs hôtes ?** La Recherche n°272, p. 90-91.
- 4• Bricage P. (1991) **Les caractéristiques des organismes vivants**. A.P.I.D.S. Fac. Sci. Univ. Pau 44 p.
- 5• Bricage P. (1998) **La Survie des Systèmes Vivants**. MCX Programme Européen Modélisation de la Complexité, Atelier MCX20, Pau, 19 oct. 1998, 3 p.
- 6• Bricage P. (2000) **La Survie des Organismes Vivants**. Atelier AFSCET, Paris, 4 fév. 2000, 31 p.
- 7• Collectif (1998) **Lichens**. Encyclopedia Universalis France, 2 CD-ROM, 5 pp.
- 8• Collectif (1998) **Symbiose**. Encyclopedia Universalis France, 2 CD-ROM, 8 pp.
- 9• Combes C. (1992) **Être un parasite et transmettre ses gènes**. Pour La Science n° 174, p. 71.
- 10• Delahaye J.-P. (1996) **Le jeu de la vie**, toujours vivant... Pour La Science n° 221, mars 1996, p. 100-104.
- 11• Dewdney A. (1987) **Les descendants à trois dimensions du Jeu de la vie**. Pour La Science avr.1987, p. 12-17.
- 12• Dewdney A. (1987) **Le jeu de la guerre totale**. Au-delà de la destruction mutuelle assurée. Pour La Science, déc. 1987, p. 154-158.
- 13• Dutuit J.-M. (1995) **Théorie de l'évolution de la biosphère et établissement de nouvelles frontières**. Fusion n° 54, p.24-39.
- 14• Le Cardinal G. & J.-F. Guyonnet (1984) **Les mathématiques de la confiance**. Pour La Science n° 81, juillet 1984.
- 15• Le Cardinal G., J.-F. Guyonnet & B. Pouzoulic (1999) **La dynamique de la confiance**. Construire la coopération dans les projets complexes. Dunod, Paris.
- 16• Margulis L. (1981). **Symbiosis in Cell Evolution. Life and its environment on the early earth**. W.H. Freeman & Co, San Francisco, 419 p.
- 17• Margulis L. & R. Guerrero (1991) Kingdom in turmoil. New Scientist, 23 march 1991, p. 46-50.
- 18• Margulis L. & D. Sagan (février 1985) **L'origine des cellules eucaryotes**. La Recherche n° 163, p. 200-208.
- 19• Pingaud F. (1999) **Le jeu comme modèle de l'activité projective**. Pragmatique de la communication, Média & Complexité. Rencontre MCX "Pragmatique & complexité", Aix-en-Provence, 17-18 juin 1999, 2p.
- 20• Rennie J. (1992) **Parasites et évolution**. Pour La Science n° 174, p.68-77.

### quelques sites http, en français, sur le Jeu de la vie :

(obtenus par Lycos, avec les mots clés: jeu & vie)

- Vie artificielle - Jeu de la vie. --> [http://www.webdo.ch/hebdo/hebdo\\_1996/hebdo\\_01/viart\\_01\\_jeu.html](http://www.webdo.ch/hebdo/hebdo_1996/hebdo_01/viart_01_jeu.html)
- Le Jeu de la Vie. --> <http://polya.u-strasbg.fr/~alain/DUTI/Projets/node1.html>
- Introduction au Jeu de la Vie. --> [http://www.infini.fr/~tmorin/jdlv\\_intro.htm](http://www.infini.fr/~tmorin/jdlv_intro.htm)
- Le jeu de la Vie: logiciels & programmation. --> [http://www.infini.fr/~tmorin/jdlv\\_logprog.htm](http://www.infini.fr/~tmorin/jdlv_logprog.htm)
- Le terrible jeu de la vie. --> [http://bat710.uni-lyon1.fr/~fouet/Dir\\_lic\\_mai/TP/sjeuv](http://bat710.uni-lyon1.fr/~fouet/Dir_lic_mai/TP/sjeuv)