

# LA THEORIE DE L'INFORMATION ET CYBERNETIQUE

## I- Généralité :

Les avancées théoriques dans le domaine de la **cybernétique**, mettant en place des conceptions de nature **physique** et **mathématique**, offrent des outils aux écologistes pour comprendre les mécanismes à l'œuvre dans les **écosystèmes**.

La cybernétique est la science concernée par les processus de **communication** et de **contrôle** de l'**information**.

Selon **Engelberg** et **Boyarsky (1979)**, l'essence même des systèmes cybernétiques réside dans l'existence d'un réseau de communication qui assure une connexion entre les différentes parties du **système** pour en faire un ensemble intégré.

Les **fonctions** de ce réseau sont de **piloter** et de **réguler** le système, et de contrôler les **flux** de matière dans l'espace.

La cybernétique ou « théorie de la commande et de la communication chez l'animal et dans la machine » a été inventée par **Norbert Wiener** en **1948**. Le terme cybernétique provient d'un mot grec, **kubernesis**, qui signifie « l'action de manœuvrer un navire » et, au sens figuré, l'action de diriger, de gouverner (**Durand, 1996**).

Cependant, pour **Patten** et **Odum (1981)** les écosystèmes sont de nature cybernétique : l'interaction entre les cycles de matière et le flux d'énergie, sous le contrôle d'un réseau d'information, génère une auto-organisation. Ce sont les transmissions d'informations qui assurent, dans un système cybernétique, une part importante des **interactions** et des **couplages** des parties constitutives entre elles et avec l'**environnement**. Elles participent à l'édification de l'ensemble en assurant sa **cohésion**.

C'est à partir de la cybernétique et de la théorie de l'information qu'émerge peu à peu la théorie générale des systèmes dans les **années 1950**. Cette théorie va intégrer, par la suite, le concept d'**auto-organisation** tel qu'il a été mis en exergue par Nicolis et Prigogine (1977) avec les **systèmes dissipatifs**.

## II- Réseaux d'information dans les écosystèmes :

La principale fonction d'un écosystème est d'assurer la pérennité de la **vie**. Il s'agit en particulier de **nettoyer** les **résidus** issus des précédents **cycles biologiques** et de les convertir sous une forme qui permette leur réutilisation.

En conséquence, fonctionnel de base dans un écosystème est celui qui concerne les flux d'énergie (les **relations trophiques**) et le **recyclage** de la **matière** (les processus de **reminéralisation**).

Mais pour Patten et Odum (1981) il existe également un réseau d'informations qui se surimpose au précédent et qui contribue à sa régulation. Sans un tel réseau, affirment-ils, la **nature** serait **chaotique** et désordonnée. Les fils invisibles de la nature qui constituent cet autre réseau (Odum, 1971) sont tous les facteurs, processus et interactions qui participent au contrôle des flux de matière et d'énergie. Ce sont, par **exemple**, tous les modes d'utilisation du **milieu physique** (**air, eau, sol, sédiment**) ainsi que les nombreux signaux visuels, **mécaniques, auditifs, olfactifs, gustatifs**, etc. qui contribuent à réguler les flux de substances et d'énergie dans la **biosphère**.

Une autre propriété des systèmes d'information est l'**amplification** : de petites causes peuvent être à l'origine d'effets importants. De nombreux agents de nature biochimique sont actifs à des doses faibles, voire à l'état de traces.

Ainsi, le **comportement** des organismes, les **colorations** du corps, les **phéromones** et de nombreux autres signaux peuvent susciter des réponses directes ou indirectes de différentes composantes du système.

La mise en évidence du vaste réseau de communication qui structure l'écosystème est probablement un enjeu des prochaines **décennies**.

### III- Réseaux de communication dans les écosystèmes :

La communication peut être définie simplement comme la transmission de **signaux** entre un **émetteur** et un **récepteur**.

Pour cela, l'émetteur doit posséder un mécanisme spécifique de production de **stimuli**, et le receveur doit avoir des récepteurs spécialisés lui permettant de capter les signaux et d'y répondre de manière spécifique.

**Message de reconnaissance** entre individus de même espèce ou d'espèces différentes, messages d'**agression** ou de **coopération**, de **soumission**, de **peur** ou de **colère**, messages de **séduction** en rapport avec la reproduction, ou message contribuant à structurer la vie sociale.

Le monde vivant, on le sait maintenant, est fortement structuré par un système de communication qu'on a pendant longtemps ignoré. La mise en évidence de ces nombreuses communications entre espèces (Darnet et Tordjman, 1992) donne maintenant du corps aux propos de Patten et Odum (1981) sur la nature cybernétique des écosystèmes.

Les quelques exemples ci-dessous sont simplement destinés à illustrer les avancées récentes en la matière.

## A- La communication intra et interspécifique dans les systèmes aquatiques :

Dans les systèmes aquatiques, il existe une grande variété de signaux de communication.

- Les signaux visuels sont utilisés dans les eaux suffisamment claires pour qu'ils soient perçus.

Chez de nombreuses espèces de poissons, les **parades nuptiales** emploient par exemple, le canal visuel, incluant le **mouvement**, la **couleur**, la **position** des partenaires.

- Les signaux chimiques nécessitent une grande variété de substances mais sont relativement lents et non directionnels. On pense que la communication utilisant des **médiateurs chimiques** fut le **premier** moyen d'échanges entre espèces et individus (Saglio, 1992).

- Les signaux électriques particulièrement développés chez certaines espèces de poissons appartenant, notamment, à la famille des **Mormyridae** emploient un riche répertoire de signaux (Kramer, 1990). Il permet à ces espèces vivant dans des eaux, en général, turbides de maintenir des **relations sociales** élaborées.

- L'utilisation de **signaux sonores** et de **vibrations** a été mise en évidence chez les **vertébrés** et les **invertébrés**. Les **sons** se propagent plus rapidement dans l'**eau (1 500 m/s)** que dans l'**air**, ce qui constitue un bon moyen de communication à distance lorsque la vision n'est pas possible.

- Des **substances d'alarme** produites par les tissus des poissons blessés alertent les **congénères** et provoquent des réactions de peur (Carr, 1988 ; Smith, 1992) et des phénomènes similaires ont également été mis en évidence chez les invertébrés (Hazlett, 1990). Des **organismes benthiques** peuvent changer de **microhabitat** dans les **rivières** lorsqu'ils perçoivent des signaux chimiques émis par les **prédateurs** (Carr, 1988).

- Des **répulsifs** peuvent également être utilisés par les **proies** pour repousser les prédateurs.

De nombreuses **algues** sont **toxiques** pour le **zooplancton** mais ce dernier peut apparemment reconnaître les algues toxiques et éviter de les intégrer (Larsson et Dodson, 1993). Ces réponses sont

susceptibles de modifier l'efficacité des transferts d'énergie entre les **producteurs primaires** et les **consommateurs**.

- Des **kairomones**, produites par les prédateurs, provoquent en réaction des modifications dans le **comportement**, la **morphologie** et les caractéristiques biologiques des espèces proies (**Dodson et al., 1994**). Par **exemple**, les substances émises par les **Daphnia** entraînent des réactions morphologiques chez les algues vertes du genre **Scenedesmus**, avec la formation de colonies de 4 à 8 cellules et l'apparition d'épines plus longues et plus rigides (**Hessen et van Donk, 1993**).

- Des substances sélectionnent l'habitat : de nombreuses espèces d'invertébrés aquatiques sont **sessiles** à l'état adulte mais possèdent un stade planctonique permettant la dispersion des populations. On a montré que les larves de **coelentérés**, de **bryozoaires**, d'**annélides**, d'**échinodermes**, etc. utilisaient des signaux chimiques pour sélectionner les habitats propices aux adultes (Carr, **1988**).

## **B- La communication chez les Végétaux terrestres :**

Chez les végétaux comme chez les animaux, les individus peuvent être interconnectés et peuvent communiquer entre eux de diverses manières :

- Par les systèmes racinaires ;
- Par des organismes médiateurs tels que les **champignons mycorhiziens** qui peuvent établir

des liaisons entre les plantes, les mettant ainsi en communication les unes avec les autres. Les contacts ne se limitent pas aux relations **conspécifiques**, mais des plantes de différentes espèces peuvent être interconnectées. Dans les **deux cas**, des transports de substances (**nutriments, minéraux, hydrates de carbone**) ont été mis en évidence ;

- L'air ou l'eau peuvent également assurer le transfert des éléments chimiques d'une Plante à l'autre. On connaît en particulier le rôle de substances volatiles telles que l'**éthylène** (**Mattoo et Suttle, 1991**) qui induit une série de changements physiologiques chez les plantes.

Les relations entre plantes ont surtout été étudiées dans le contexte de la **nutrition** et de la **compétition**. Mais des travaux récents ont également démontré que des communications liées à des

substances volatiles d'origine végétale pouvaient amener des plantes, non infestées, à déclencher des mécanismes de défense quand elles sont à proximité de plantes infestées (Bruin et al., 1999).

Il reste à comprendre dans le détail **pourquoi et comment des substances volatiles peuvent être émises par des plantes stressées et comment les plantes saines utilisent ces informations ?**

On peut penser que les plantes seraient susceptibles d'anticiper certains risques grâce à ces signaux qui informent le receveur d'une menace proche. Dans le cas des interactions plantes-prédateurs, par **exemple**, les plantes réceptrices peuvent consacrer une partie de leur énergie à des mécanismes **substances répulsives...ou à des défenses indirectes.**