

# Interactions

Les animaux pluricellulaires, mais aussi les végétaux, possèdent une communication interne qui permet de contrôler et de réguler le fonctionnement des organes. Cette communication existe sous deux formes chez les animaux : la première, de nature électrique donc rapide, est la communication nerveuse. Elle concerne principalement les organes de la motricité et les organes sensoriels. Cette voie permet une adaptation rapide de l'animal aux changements extérieurs. La seconde forme de communication, de nature chimique, est la communication hormonale. Tous les organes sont ainsi en relation et ajustent leur fonctionnement en fonction des autres. Chez les végétaux existe seulement la voie chimique qui concerne plus particulièrement le développement.

Le comportement d'un individu dépend aussi de son interaction avec son environnement. Nous sortons ici du cadre stricte de la physiologie pour s'intéresser brièvement aux relations intraspécifiques, comme la formation de sociétés, et aux relations interspécifiques. Si celles-ci sont souvent des conflits, il existe cependant des relations bénéfiques (ou neutre) entre espèces différentes.

Par exemple, une plante dépend énormément de son environnement. Elle a certaines exigences climatiques, et ne pourra pas vivre dans un milieu pour lequel elle n'est pas adaptée. Par exemple la température diminue d'un degré tous les deux cent mètres environ. Un arbre préférant les milieux froids comme le sapin pourra être rencontré aussi bien en plaine, mais sous de hautes latitudes (scandinavie), qu'en pleine montagne (remarquez le jeu de mots) mais au sud (l'atlas marocain par exemple qui borde le désert saharien). Un végétal subit également l'influence des autres êtres vivants qui peuvent être des associés ou au contraire des agresseurs. En cas d'agressions une plante sait se défendre.

Les animaux possèdent un système immunitaire efficace face aux agressions de microorganismes et de parasites. Ils vivent fréquemment en relation avec d'autres animaux sans animosité, voire en retirant un certain avantage de cette association. Ils subissent tous la prédation (excepté l'Homme ?) mais entrent aussi souvent en compétition lorsqu'il s'agit de partager une même ressource.

## Les relations interspécifiques

Bien qu'elles concernent principalement les relations animales, certains types de relations sont possibles chez les végétaux. Si le classement des relations en différents types simplifie la compréhension des interactions entre êtres vivants il faut retenir que ces relations peuvent évoluer au cours du temps et peuvent également être associées à d'autres comportements.

Les relations pacifiques

▶ neutralisme et commensalisme

protocoopération et mutualisme

Les relations conflictuelles

## Les relations pacifiques

Toute relation n'est pas conflictuelle (heureusement !). Cela peut aller de la simple ignorance jusqu'à une relation plus passionnée où il devient difficile de se séparer !

### **D) Le neutralisme**

Les espèces en présence s'ignorent superbement ! C'est généralement le cas quand l'habitat, la nourriture, l'espace occupé ou la période d'occupation sont différents, il n'y a donc pas de conflits d'intérêts ! Donc deux espèces neutres entre elles ont un biotope différent ou une zone du biotope bien différenciée.

On peut observer ce type de relation dans une forêt où les passereaux sont très nombreux mais où il est rare d'observer des différents. Chaque oiseau occupe une strate spécifique, dans les buissons, dans les arbustes, au sol... Si la strate occupée est la même, la nourriture sera différente (vers, graines...).

### **E) Le commensalisme**

Dans ce cas seule une espèce tire un bénéfice de l'association, l'autre n'en est pas accommodée. C'est par exemple le cas des transports "gratuits" comme les ongulés pour les hérons garde-boeufs. Cela ne gêne pas le bovin tandis que l'oiseau peut apercevoir des proies s'échappant à l'approche du mammifère. On peut considérer aussi le cas des insectes ou d'autres animaux transportant le pollen, ou des graines au profit de végétaux. Ce type de relation (transport) est appelée phorésie ou épizoïtie.

Certains animaux "squattent" les terriers d'autres espèces. Ce sont généralement des insectes qui profitent des abris et des restes de mammifères terricoles (on parle dans ce cas de pholébiose ou endoécie).

Il y a aussi des microorganismes (ou de petits organismes) qui peuvent vivre à l'intérieur d'autres organismes sans le gêner mais aussi sans lui apporter grand chose (on appelle cela l'inquilinisme). Le cas le plus frappant est celui d'une petite espèce de poisson vivant à l'intérieur d'une holothurie. Ces cas d'inquilinisme sont à la frontière des relations de type mutualisme ou parasitisme.

### **F) La protocoopération**

C'est le cas quand deux espèces s'associent pour en tirer chacune un bénéfice. L'exemple le plus connu est celui du bernard l'hermite (pagure) qui transporte sur sa coquille des anémones de mers. Ces dernières protègent et camouflent le crustacé tandis que celui-ci les fait circuler ce qui facilite la prédation (à noter que cette relation peut aboutir à une relation de type

mutualisme chez certaines espèces). On peut citer aussi le cas des animaux (poissons, oiseaux) nettoyeurs qui enlèvent et se nourrissent des parasites trouvés sur les animaux qu'ils nettoient.

Ce type d'association peut être interrompu sans dommage à tout moment.

## **G) Le mutualisme**

C'est une relation plus poussée que l'inquilinisme. Ici les deux espèces protagonistes tirent avantages de la relation qui devient obligatoire. On parle aussi de symbiose. Ainsi la flore intestinale correspond à un ensemble de microorganismes vivant en symbiose avec leur hôte. Tout en se nourrissant dans un milieu agréable (chaud et stable), ils permettent la digestion des aliments ingérés. C'est plus particulièrement le cas chez les ruminants qui ingèrent une grande quantité de cellulose, normalement non assimilables, dégradées par les bactéries du tube digestif. On peut citer aussi le cas des termites et des flagellés qui leur permette de digérer les fibres de bois ingérées. Les poissons amphiprion qui vivent dans les anémones sont immunisés contre le venin des tentacules, ils sont protégés par l'anémone et nourrissent en échange celle-ci des proies qu'ils attrapent.

Au niveau des végétaux, une symbiose importante a lieu chez les légumineuses avec des bactéries leur permettant de fixer l'azote atmosphérique.

Les relations conflictuelles

## **Les relations conflictuelles**

Ce sont les plus courantes.

### **H) La prédation**

C'est le fait de se nourrir d'un être vivant. Les proies peuvent être diverses, ou au contraire très spécifiques. Le choix des proies dépend de plusieurs facteurs (lieu, période, âge du prédateur..) mais il s'agit le plus souvent d'individus affaiblis (malade, blessé, jeune ou âgé). On observe généralement un décalage dans les densités de population entre proies et prédateurs : quand le nombre de proies augmentent, le nombre de prédateurs suit de façon linéaire ou plus ou moins amortie.

### **I) Le parasitisme**

C'est une association, obligatoire, d'un individu avec un autre, ne profitant qu'à un seul protagoniste qui vit au dépens de l'autre. Il peut s'agir d'un ectoparasitisme (extérieur) ou d'endoparasitisme. Pour le parasite, il faut établir une rencontre avec son futur hôte, celle-ci peut se faire au hasard (avec notamment la dissémination d'une très grande quantité d'oeufs) ou être favorisée (rythme biologique, biotope). Les végétaux sont aussi victimes du parasitisme et certaines plantes sont des parasites vis à vis d'autres végétaux.

### **J) La compétition**

Il s'agit de la lutte de deux ou plusieurs espèces pour une même ressource (niche écologique, nourriture...). Cette relation est souvent liée à celle de la prédation. La compétition peut avoir

des effets bénéfiques en favorisant les adaptations. Elle concerne également les végétaux : le port d'un chêne est bien différent quand celui-ci est isolé au centre d'une prairie que quand il est situé dans une forêt. C'est la compétition pour la lumière qui entraîne ce port en hauteur en forêt.

## Interactions de la plante avec son milieu

K)

### La plante face aux agressions

- ▶ Les agresseurs
- Mécanismes
- Moyens de défenses

Comme tout organisme une plante subit des agressions extérieures au cours de sa vie. Elle possède des moyens de défenses plus ou moins spécifiques en fonction de son agresseur

### L) Les agresseurs

Les maladies peuvent avoir une origine biotique, où c'est un organisme vivant qui intervient, mais il y a également des maladies d'origines abiotiques où ce sont des facteurs du milieu, en excès ou en carence qui modifient le développement de la plante.

Les organismes qui s'attaquent aux végétaux sont très variés. La majorité sont des champignons (près de 50% des pathologies). Ils peuvent être parasites obligatoires ou le devenir en cas de diminution de leur alimentation d'origine, les déchets organiques (ce sont des saprophytes). On trouve ensuite les bactéries. Bien que beaucoup le nombre d'espèces pathogènes soit beaucoup moins important que chez les champignons, elles ont des effets bien plus graves. Le feu bactérien, la pourriture molle, la galle du collet ont pour origine des bactéries. Deux familles de bactéries sont plus représentées parmi les pathogènes : les *Pseudomonas* et les *Agrobacterium*. Cette dernière famille intéresse particulièrement les agronomes en raison de son mode d'action.

Les virus jouent un rôle important également (mosaïque du tabac, de la canne à sucre). Ce sont généralement des virus à ARN. Les viroïdes (simples brins d'ARN, présents aussi bien chez les végétaux que les animaux) provoquent des troubles de croissances, de régulation hormonale et l'activation de gènes normalement inactifs. Viennent ensuite les parasites plus imposants comme les nématodes, minuscules vers qui mangent les racines, les protozoaires et les insectes ravageurs. On peut rajouter les plantes parasites telles que le gui, les cuscutes et les orobanches.

Le parasitisme effectué par d'autres plantes est de deux types : un hémiparasite, comme le gui, est capable de photosynthèse mais puise la sève brute à partir d'un autre végétal. un holoparasite dépend entièrement de la plante hôte.

La compétition entre les plantes peut être considérée une agression. Cette compétition peut avoir lieu pour la lumière, pour la nutrition. En ce qui concerne la compétition pour la lumière, les espèces en compétition vont croître en hauteur le plus rapidement possible pour

capter le plus de lumière. C'est pourquoi le port d'un chêne seul au milieu d'un près ou serré dans une forêt n'est pas du tout le même. Seul, il peut s'étaler et croître en épaisseur, en forêt il doit pousser rapidement en hauteur. Cette compétition permet la distribution de plante sciaphiles (d'ombres) sous les espèces héliophiles suffisamment hautes. Pour la compétition vis à vis de la nutrition on retrouve cette distribution entre les espèces. Chaque espèce occupe certains niveaux du sol avec ses racines. En fait le phénomène de compétition est négatif pour une même espèce. Certaines espèces possèdent une toxicité racinaire et foliaire. Le caféier lors de l'émission des graines produit des composés toxiques qui empêche le développement d'autres individus. Le mimosa, l'eucalyptus sont capable de télétoxie : leurs exsudats racinaires empêchent le développement d'autres espèces. Enfin l'association de certaines espèces entre elles empêchent le développement d'autres espèces.

La plupart de ces agresseurs sont nuisibles à la plante, donc à l'homme, toutefois il arrive que dans des conditions particulières ils soient très utiles. Ainsi avec le raisin, une moisissure, *Sclerotinia fuckeliana*, qui se développe à la surface du grain, entraîne une concentration du sucre dans le grain en absorbant l'excédent d'eau. C'est la pourriture noble qui permet la formation de grands vins comme le Sauterne. Par contre cette pourriture est difficile à maîtriser. En effet si elle apparaît en juillet/août elle va faire pourrir le grain (le champignon prend le nom de *Botrytis cinerea*), il faut qu'elle apparaisse en septembre, comme ça elle aura juste le temps d'absorber l'eau sans faire pourrir le grain.

## Interactions de la plante avec son milieu

M)

### La plante face aux agressions

Les agresseurs  
Mécanismes

► Pénétration et enzymes

Toxines et autres  
Moyens de défenses

N)

### Les mécanismes d'attaques

Une plante possède plusieurs barrières naturelles que le pathogène devra franchir : la cuticule, la paroi cellulaire et la turgescence des cellules.

En ce qui concerne le parasitisme, les plantes agresseurs pénètrent au sein des racines (orobanche) ou des tiges (cuscute, gui) et détournent le contenu des vaisseaux conducteurs à leur profits.

### Pénétration en force et utilisation d'enzymes

La présence de blessures facilite la pénétration des agents pathogènes comme les champignons et les bactéries. Présents dans les gouttes d'eau ils germent et pénètrent par

l'ouverture causée par la blessure. Mais les stomates et les lenticelles sont également employés. Certains champignons présentent la particularité de modifier leur mycélium en contact avec les tissus végétaux. Il font gonfler l'hyphe entre les cellules végétales. Cet appressorium exerce une pression considérable sur les parois cellulaires qui cèdent. L'action mécanique de ce mycélium est complétée par l'emploi d'enzymes hydrolytiques.

Produites par la plupart des agents pathogènes (excepté les virus et viroïdes) ces enzymes désintègrent la paroi cellulaire mais aussi la cuticule. C'est la présence du substrat qui active la synthèse de ces enzymes. L'emploi de cutinases permet de passer la barrière de la cuticule. Les cellulases, pectinases et lignases permettent la dégradation de la paroi cellulaire. Les produits de ces dégradations constituent une source d'alimentation pour l'agresseur. Les protéases, amylases et lipases vont permettre ensuite de dégrader les molécules organiques contenues dans la cellule.

Mais en plus de l'utilisation d'enzymes, la plupart des pathogènes sécrètent des toxines, des substances de croissance et des polysaccharides.

Les parasites végétaux utilisent un suçoir ou haustorium qui va entrer en contact avec les vaisseaux du xylème (très rarement du phloème) et établir une zone de continuité. Ce suçoir pénètre par action mécanique puis enzymatique. C'est par l'établissement d'un potentiel hydrique favorable au parasite que la sève brute passe de la plante hôte à son agresseur. Ce potentiel hydrique est généré par une forte transpiration pour les hémiparasites ou par un phénomène d'osmose pour les holoparasites.

## Interactions de la plante avec son milieu

0)

### La plante face aux agressions

Les agresseurs  
Mécanismes

▶ Pénétration et enzymes  
▶ Toxines et autres  
Moyens de défenses

#### Les toxines et autres sécrétions

Les toxines, plus particulièrement sécrétés par les bactéries et les champignons, agissent à de très faibles quantités sur les cellules qu'elles peuvent tuer. Elles peuvent être spécifiques d'une espèce ou avoir un spectre plus large.

Leurs actions se situent principalement sur la perméabilité membranaire, l'inhibition ou l'inactivation de certaines enzymes et la perturbation des phénomènes de croissance. Une des toxine les plus courantes est la fusicooccine, produite par les champignons. Cette toxine inhibe une ATPase membranaire, les pompes à protons. Cela à pour effet principal l'ouverture des stomates. L'équilibre hydrique de la plante est alors rompu. Les champignons produisent aussi

la tentoxine qui inhibe la phosphorylation (ADP  $\rightarrow$  ATP) au niveau des chloroplastes. On observe une chlorose des feuilles (perte de la couleur verte). Les bactéries comme *Pseudomonas* produisent la tabtoxine qui inhibe les transports membranaires entre H<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> ainsi que la Glutamine Synthétase, ce qui entraîne une accumulation de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> toxique. La conséquence est également une chlorose en raison d'un blocage de la photosynthèse. Les toxines à large spectre permettent une meilleure propagation de la maladie.

Les substances de croissance produite en quantité importante par les intrus vont perturber l'équilibre hormonal et entraîner des troubles de la croissance (élongation anormale, chute des feuilles, croissance anarchique). C'est le plus souvent l'auxine qui est sécrétée par les agresseurs, mais toutes les hormones végétales peuvent être produite par l'agent pathogène.

Un excès d'auxine produit généralement des tumeurs. C'est ce que l'on observe lors de la pénétration d'*Agrobacterium tumefaciens*. Cette bactérie est intéressante car son mode de pénétration permet actuellement d'inoculer de nouveaux gènes aux plantes. La bactérie est attirée par les blessures de la plante. Une fois qu'elle a pénétré dans le végétal, elle transfère une portion de son plasmide dans l'ADN cellulaire, l'ADNt. Il s'ensuit une production par la plante de molécules particulières, les opines, dont la bactérie se nourrit, et une synthèse importante d'auxine et de cytokinine qui provoque la multiplication anarchique des cellules, d'où la tumeur. Pour introduire de nouveaux gènes dans une plante (dicotylédone uniquement) il "suffit" de remplacer la portion d'ADNt de la bactérie par le gène que l'on désire incorporé. Un excès de gibbérellines provoque des élongations anormales tandis qu'un excès de cytokinine inhibe la dégradation des protéines. L'excès d'éthylène provoque des chloroses, l'abscission des feuilles et augmente la perméabilité cellulaire. Enfin l'excès d'acide abscissique provoque la fermeture des stomates et limite donc les échanges gazeux et est impliquée dans le rabougrissement.

Les bactéries et les champignons produisent également des polysaccharides, grosses molécules, qui obstruent les vaisseaux conducteurs ce qui diminue la capacité de circulation des métabolites et affaiblit la plante. En plus des bactéries, les virus et certains champignons détournent le matériel génétique pour synthétiser des molécules pour leur propre compte. Il y a aussi une hydrolyse de l'ARN, ce qui diminue les synthèses de la plante.

## Interactions de la plante avec son milieu

P)

### La plante face aux agressions

Les agresseurs  
Mécanismes  
Moyens de défenses

► Protection

Défenses actives

## Q) Les moyens de défenses

La plante possède des moyens de défenses, déjà présents avant l'attaque, mais sait réagir à une agression selon plusieurs stratagèmes. Ce sont des molécules produites par le pathogène, les éliciteurs, qui sont reconnus par la plante et qui déclenchent chez elles les réactions de défense. Ces éliciteurs sont des molécules indispensables aux organismes pathogènes.

### La protection d'abord !

Il s'agit principalement d'une protection structurale. La cuticule imperméable, la présence de cires sur cette cuticule favorisent l'écoulement de l'eau et évite ainsi la germination des spores de champignons ou de bactéries. L'épaisseur de la paroi cellulaire constitue également une barrière physique. Les agresseurs sont obligés de dépenser de l'énergie à franchir ces différentes protection. On peut également noter que la turgescence des cellules exerce une pression contre la pénétration des micro-organismes. Pour empêcher la pénétration des organismes par les blessures, la plante isole la zone lésée en la compartimentant par la formation de nouvelles parois plus épaisses, et en produisant tout autour des molécules toxiques, les phénols. Enfin la plante essaye de recouvrir rapidement la zone lésée.

Des substances chimiques préexistantes permettent également de défendre passivement le végétal. La plante sécrète des inhibiteurs et des substances toxiques (phénols, tanins) à la surface de ses organes (y compris les racines). Au niveau cellulaire des facteurs essentiels à la reconnaissance de la plante par les micro-organismes sont absents. La plante produit également une enzyme qui attaque la paroi des champignons, la chitinase.

# Interactions de la plante avec son milieu

## R)

### La plante face aux agressions

- Les agresseurs
- Mécanismes
- Moyens de défenses

- Protection
- ▶ Défenses actives

## S) Moyens de défenses

### Les défenses actives

Après la pénétration de micro-organismes ou de parasites la plante va d'une part essayer d'isoler la zone d'attaque et d'autre part de repousser ou de détruire l'agresseur.

Quand un mycélium a pénétré dans le cytoplasme cellulaire, la plante réagit. Le sucoir fongique est rapidement enduit de sécrétions de la cellule hôte. En plus des phénomènes de résistances locales contre l'agresseur, des signaux sont envoyés à la plante entière. On parle

alors de résistance systémique. De l'acide salicylique (l'aspirine) et de l'éthylène sont produits. Ils interviendraient dans la synthèse des protéines PR et dans les phénomènes de nécroses :

Une zone contaminée peut ainsi être isolée par lignification des cellules saines environnantes. Du liège se forme autour de la région sensible et peut entraîner sa nécrose en bloquant les échanges avec le reste du végétal. Un autre moyen similaire est de créer une zone d'abscission pour amputer l'organe atteint si cela est possible. Généralement il y a lignification d'une rangée de cellule, et élongation de la rangée voisine, ce qui entraîne la fragilisation de la région à supprimer. Pour bloquer la possible propagation des pathogènes par les vaisseaux conducteurs, beaucoup de végétaux obstruent le xylème par fabrication de tyles. Mais cette réaction peut être fatale au végétal en limitant trop fortement la circulation de la sève.

Au niveau cellulaire on peut également observer une augmentation générale de l'épaisseur de la paroi. Un dépôt de callose et de cellulose supplémentaire mais aussi de composés phénoliques toxiques permet de limiter la pénétration des micro-organismes. Le cytoplasme se densifie, le noyau augmente de taille (à cause de synthèses d'ARNm plus importantes ?). Des enzymes peuvent permettre la lyse des corps étrangers mais cela est très rare. On observe plus souvent une lyse de la cellule. Cette défense par nécrose des cellules contaminées permet une bonne résistance de la plante à l'agression (ce phénomène est très proche de l'apoptose des cellules animales). La turgescence de la cellule diminue, il y a accumulation de composés phénoliques puis mort cellulaire provoquée par la plante. La plante peut également produire des inhibiteurs spécifiques des enzymes du pathogène, libérer du cyanure et détoxifier les toxines par dégradation. Le cyanure, non toxique, se transforme en cyanure au contact de certaines enzymes, ce qui provoque la mort cellulaire.

Les cellules produisent des inhibiteurs de croissances et des composés toxiques contre les agresseurs.

Le végétal sécrète des molécules spécifiques aux agressions, les phytoalexines, les protéines PR et des radicaux libres.

- La production de **phytoalexines**, des antibiotiques végétales, est induite par des molécules de grands poids moléculaires qui constituent la paroi et les enveloppes des micro-organismes.
- **Les protéines PR** sont des protéines de défenses qui interviennent en cas de stress, activent des enzymes contre les pathogènes, inhibent la réplication de virus, stimulent la production de phénols et favorisent la formation de lignine. Leurs rôles est donc très important pour la plante.
- **Les radicaux libres** ( $O_2^-$ ,  $H_2O_2$ ,  $NO$ ) inhibent la germination des spores, participent à renforcer la paroi, activent les gènes de défense, interviendraient dans les nécroses et stimulent la production de phytoalexines et de protéines PR.

## Symbioses et associations

De nombreux végétaux vivent en association.

Les cyanobactéries sont ainsi en symbiose avec la plupart des embranchements du règne végétal. Les algues unicellulaires vivent en symbiose avec les champignons dans les lichens. C'est avec les champignons et les arbres que la symbiose est la plus spectaculaire.

Le mycélium souterrain du champignon (le plus souvent un basidiomycète) s'enroule autour des jeunes racines de l'arbre, cela forme un manchon mycorhizien ou mycorhize. Selon les espèces de champignons les hyphes mycéliens pénètrent simplement entre les cellules de la racine, c'est un champignon ectotrophe. Il provoque toutefois une élongation cellulaire. L'hyphe est protégé par un ciment glycoprotéique qui renforce les échanges nutritionnels. Certains mycéliums pénètrent dans les cellules. En fonction des espèces la forme du mycélium à l'intérieur de la cellule est différente (arbuscule, pelote, vésicule..). Dans un premier temps l'hyphe est isolé du reste du cytoplasme cellulaire puis il y a mixtion des cytoplasmes.

Les graines d'orchidées ne peuvent germer que sous l'action d'un champignon endotrophe, *Rhizoclonia*.

Il existe également des mycéliums agissant selon ces deux types : ectotrophe pour les premières rangées cellulaires puis endotrophe dans une seule cellule.

L'arbre fournit des glucides au champignon qui alimente, lui, l'arbre en eau, sels minéraux.

En ce qui concerne les Lichens, les mycéliums (essentiellement des ascomycètes) fournissent à l'algue unicellulaire (ou aux cyanobactéries) l'humidité et la protection nécessaire à leur bon développement. Ces organismes, en retour, fournissent au mycélium les molécules carbonées indispensables à la croissance du champignon.

Une autre symbiose importante est celle des légumineuses avec des bactéries, les *rhizobium*, qui leur permet de pouvoir utiliser l'azote atmosphérique à la place de l'azote minéral du sol.

On pourrait parler aussi de la relation insectes et angiospermes qui dans certains cas relève d'une véritable symbiose. Le mode de reproduction est lié à une espèce particulière d'insecte, qui y puise des éléments nutritifs vitaux.

## Interactions de la plante avec son milieu

### Les adaptations

Toutes les régions du globe possèdent une végétation. Même les milieux les plus durs sont habités (déserts, pôles). Chaque plante a des exigences climatiques particulières et est adaptée à vivre dans ces conditions. Sous nos latitudes, en France, le climat tempéré, avec un hiver marqué et un été pouvant être très sec, n'est pas des plus accueillant pour les plantes. Celles-ci sont adaptées au froid, et à la sécheresse pour certaines d'entre-elles. En fait la distribution des plantes est fortement liée aux conditions climatiques mais aussi du milieu (qualité du sol, disponibilité en eau...) car chacune est adaptée à des caractéristiques particulières.

- ▶ milieux arides
- le froid
- milieux

humides

## T) Les milieux arides

Un milieu aride est un terrain où la disponibilité en eau est très faible. Généralement ceci est dû au fait d'une sécheresse, mais en bordure des océans, la marge littorale est considérée comme un milieu aride. En effet les embruns, chargés de sels, augmentent la pression osmotique du milieu extérieur, l'eau devient alors très difficile à absorber pour la plante. Seules les plantes halophiles sont capable de survivre dans ces milieux.

Vis à vis de la chaleur il y a plusieurs stratagèmes :

- **les plantes dites poïkilohydres.** Ce sont des végétaux primitifs, lichens et mousses, qui sont capables de survivre à une forte dessiccation. En période chaude, la plante est desséchée mais peut rapidement redevenir active en présence d'eau par un phénomène de reviviscence. C'est la stratégie employée dans les déserts. Une simple brume permet à ces plantes de s'activer et de se reproduire rapidement (par spores). Les plantes supérieures capables de ce phénomène, produisent un grand nombre de protéines LEA lors de la phase de déshydratation. Ces protéines protégeraient les autres protéines et les membranes de la dénaturation. Elles possèderaient également un rôle osmotique.
- **les autres plantes, ou xérophytes,** sont de plusieurs types : elles privilégient la lutte contre la dessiccation, ce sont les sclérophytes ou, au contraire, favorisent la prévention par des réserves d'eau, ce sont les succulentes (cactées...). Il y a également les végétaux temporaires (annuelles ou géophytes) qui ne sont actifs que pendant la période favorable.
  - Les sclérophytes présentent généralement un appareil racinaire pivotant, pour puiser l'eau en profondeur, ou au contraire superficiel pour récupérer l'humidité du matin, ou bien un système mixte. Leurs graines, dont la dormance n'est levée qu'en présence d'une certaine quantité d'eau, favorisent le développement racinaire à celui de l'appareil aérien lors de la germination. Pour réduire leur perte en eau, les feuilles sont très réduites (nanophyllie), généralement riche en cuticule imperméable (sclérophyllie), et leurs stomates, nombreux mais petits, sont souvent protégés par une forte pubescence qui maintient une microatmosphère humide (trichophyllie). Des phénomènes de photonasties peuvent également provoquer l'enroulement des feuilles sur elles-mêmes, permettant ainsi le maintien des stomates dans une atmosphère protégée (c'est le cas des graminées en particulier). Il y a fermeture des stomates pendant la période la plus chaude de la journée.
  - Les succulentes présentent également une nanophyllie. Leur feuilles sont généralement transformées en aiguilles (au grand malheur de nos doigts !). Ces plantes mettent en réserve beaucoup d'eau, un cierge de 15 mètres de haut contient une dizaine de tonnes d'eau ! Les coussins de belle-mère ou Echinocactus qui pèsent jusqu'à 50 kg contiennent 45 kg d'eau. Ces réserves contiennent également beaucoup de sucres. Elles ont lieu dans différents organes selon l'espèce végétale au sein d'un parenchyme aquifère : La tige, écorce ou moelle (cactées), les racines, mais aussi les feuilles (qui dans ce cas ne sont pas réduites !) pour les agaves ou les griffes de sorcières (Aizoacées) par exemple.

Les adaptations sont aussi métaboliques chez les plantes C4 et CAM.

# Interactions de la plante avec son milieu

## Les adaptations

- milieux arides
- ▶ le froid
- milieux humides

### U) Les plantes et le froid

Les végétaux ne peuvent pas se mettre à l'abri lorsque les températures diminuent. Elles vont ainsi se modifier à l'approche de l'hiver. Selon la classification de Raunkiaer on distingue :

- **Les phanérophytes**, leurs bourgeons sont au-dessus de la neige l'hiver. Ce sont les arbres et arbustes.
- **Les chamérophytes**, leurs parties aériennes sont enfouies dans la neige. Ce sont les petits buissons.
- **Les hémicryptophytes**, la plus grande partie de leur appareil végétatif aérien disparaît l'hiver. Seuls persistent une rosette de feuilles ou des bourgeons à la surface du sol. Ce sont la plupart des herbacées pérennes.
- **Les géophytes**, seule la partie souterraine persiste (bulbe, tubercule, rhizome). Ce sont généralement des bisannuelles.
- **Les thérophytes**, elles disparaissent totalement, et ne laissent que des graines dans le sol. Ce sont les annuelles.

Certaines plantes sont adaptées au froid. On peut même observer un effet d'acclimatation au froid : il y a augmentation de la concentration en sucres et de beaucoup d'autres molécules, synthèse d'acide abscissique et de protéines antigels (qui possèdent également un rôle contre les agents microbiens).

Pour lutter contre le gel les plantes peuvent perdre leurs feuilles à la mauvaise saison. Certains possèdent une bactérie glacogène qui empêche la cristallisation des liquides.

Il ne faut pas oublier le rôle du froid dans la dormance et la vernalisation.

# Interactions de la plante avec son milieu

## Les adaptations

- milieux arides

le froid  
▶ milieux  
humides

## V) **Les milieux humides**

Pour les plantes submergées, les feuilles sont laciniées; c'est à dire qu'il ne reste que les nervures et que le reste du limbe a disparu. Les vaisseaux conducteurs sont très réduits. Quelque soit l'organe submergé, il possède de nombreuses lacunes aérifères et aquifères.

# Les Animaux

Le règne animal se différencie du règne végétal par deux points principaux :

Aucun animal n'est autotrophe. Il a besoin de se nourrir de matière organique déjà existante pour fabriquer la sienne.

Les cellules animales ne possèdent pas de paroi.

L'évolutivité des animaux est assez grande, le nombre d'embranchements est bien supérieur à celui des végétaux. Pour mieux comprendre comment l'évolution a pu avoir lieu nous allons étudier les différents groupes, du plus primitif au plus évolué. A l'intérieur de chaque groupe nous verrons où se situent les évolutions.

Une partie de la description sera consacrée aux formes fossiles en raison de la richesse d'informations qu'elles peuvent nous apporter.

### **Pour en Savoir plus**

Tree of Life - Site très complet sur l'évolution animale - En anglais -

Coccinet - Un site qui nous explique l'origine des mots scientifiques

## **Les Sociétés animales**

Les êtres vivants sont en constantes interactions, entre différentes espèces ou entre individus de même espèce. Mais font-ils pour autant partis d'une société ?

## Les rassemblements

### ▶ Les interattractions

Les groupements temporaires

La relation mère - enfants

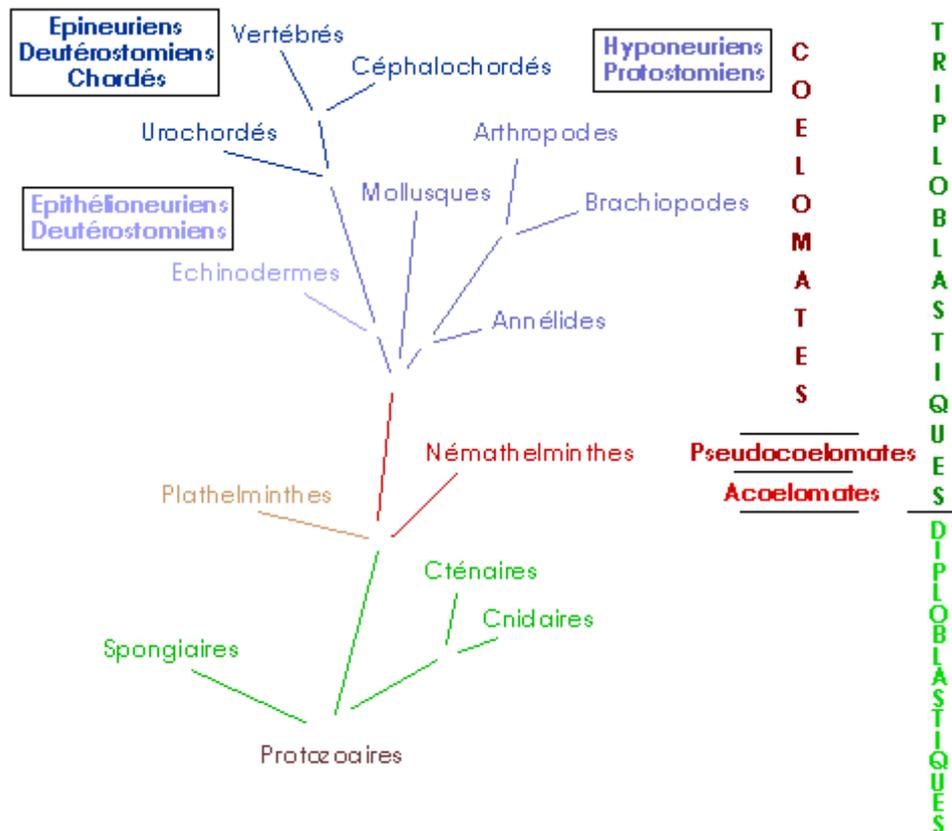
Les vraies sociétés

## Les rassemblements

Beaucoup d'animaux ne vivent pas en société, mais ils ne sont pas pour autant totalement isolé de leurs congénères. On peut ainsi observer des phénomènes d'interattraction ainsi que des regroupements, prémices d'une société. Il ne faut pas non plus oublié la relation mère - enfant qui est également une forme de groupement.

### **W) Les interattractions**

Lors des périodes de reproduction, il y a attirance, et donc rapprochements d'individus. Il existe d'autres cas d'attraction. Par exemple les jeunes blattes ont tendance à se regrouper (c'est un grégarisme), les poissons (loup, maquereaux) se regroupent en banc. Ces rassemblements peuvent augmenter les capacités des individus (le métabolisme est augmenté le plus souvent : un groupe est plus vorace, plus mobile qu'un individu isolé). Chez l'homme, il a été constaté un retard de croissance des enfants vivant à la ferme (pourtant bien nourri !) de ceux des villages où le groupement est plus fort. De même il y a effet boule de neige, plus le groupe est important, plus il attire les individus isolés. Ce peut être simplement un stimulus visuel, mais c'est souvent suite à l'émission de phéromones par les individus du groupe. Par exemple les charançons attirent leurs compères quand ils trouvent une source de nourriture, il en est de même des scolytes, ces insectes se nourrissant dans les arbres blessés.



## L'arbre de l'évolution des Invertébrés

Les êtres vivants sont en constantes interactions, entre différentes espèces ou entre individus de même espèce. Mais font-ils pour autant partis d'une société ?

Les rassemblements

► Les interattractions

Les groupements temporaires

La relation mère - enfants

Les vraies sociétés

## Les rassemblements

Beaucoup d'animaux ne vivent pas en société, mais ils ne sont pas pour autant totalement isolé de leurs congénères. On peut ainsi observer des phénomènes d'interattraction ainsi que des regroupements, prémices d'une société. Il ne faut pas non plus oublié la relation mère - enfant qui est également une forme de groupement.

## D) Les interattractions

Lors des périodes de reproduction, il y a attirance, et donc rapprochements d'individus. Il existe d'autres cas d'attraction. Par exemple les jeunes blattes ont tendance à se regrouper (c'est un grégarisme), les poissons (loup, maquereaux) se regroupent en banc. Ces rassemblements peuvent augmenter les capacités des individus (le métabolisme est augmenté le plus souvent : un groupe est plus vorace, plus mobile qu'un individu isolé). Chez l'homme, il a été constaté un retard de croissance des enfants vivant à la ferme (pourtant bien nourri !) de ceux des villages où le groupement est plus fort. De même il y a effet boule de neige, plus le groupe est important, plus il attire les individus isolés. Ce peut être simplement un stimulus visuel, mais c'est souvent suite à l'émission de phéromones par les individus du groupe. Par exemple les charançons attirent leurs compères quand ils trouvent une source de nourriture, il en est de même des scolytes, ces insectes se nourrissant dans les arbres blessés.

## X) Les groupements

Il est difficile de séparer la notion de groupement de celui d'interattraction, l'un résultant généralement de l'autre. Toutefois on peut définir un groupement comme un rassemblement, plus ou moins temporaire, qui n'est pas lié à la reproduction des individus.

On peut distinguer :

- **des groupements incoordonnés.**  
Les animaux ne se développent pas en groupe, et leur rassemblement ne semble pas avoir un but précis. Par exemple certains grillons se regroupent sous les pierres, les coccinelles peuvent s'accoller en hiver, peut-être pour échapper aux prédateurs.
- **des groupements coordonnés.**  
Le développement se fait en commun, mais il n'y a pas d'oeuvre commune. C'est ainsi le cas de beaucoup d'espèces migratrices (libellules, oiseaux, les lemmings et bien sûr le criquet migrateur). Ces animaux ont une phase solitaire mais migrent ensemble. Pour les criquets migrateurs (*locusta migratoria*) la migration est déclenchée à la suite d'une période humide, où les formes solitaires se rapprochent suite à la densification de la végétation. Ainsi en contact, ces formes produisent de nombreux oeufs qui donneront les formes migratrices (ou grégaires) après une étape intermédiaire.
- **des groupements obligatoires.**  
On y observe une certaine organisation, et il y a une production commune. Par exemple les chenilles processionnaires participent toutes à l'élaboration du cocon, et du fil d'ariane qui les relie lors de leurs pérégrinations.

## Y) La relation mère - enfant

Si une société est avant tout un groupement permanent d'individus c'est aussi la protection et la prise en charge des jeunes. Ce rôle est généralement dévolu à la mère. Certaines espèces non sociale présentent également ce type de relation.

*Chez les invertébrés*

Beaucoup d'invertébrés marins libèrent leurs gamètes dans le milieu. C'est la quantité de semences en jeu qui permettra, d'une part l'apparition de nombreux oeufs fécondés, et d'autre part de permettre à un petit nombre de ces oeufs de survivre jusqu'à l'âge adulte. Toutefois

certaines invertébrés s'accouplent, ou bien seuls les spermatozoïdes sont émis. La femelle conserve donc les oeufs et assure le développement des jeunes (Echinodermes, mollusques). Chez les invertébrés terrestres, les Forficules ont un comportement subsocial : les femelles s'occupent des oeufs fécondés en les enduisant d'une salive nécessaire à leur développement. Elles assurent ensuite leur nutrition en ramenant des proies et des végétaux. Les femelles scorpions portent leurs petits pendant quelques semaines. Elles assurent ainsi leur protection.

#### *Chez les vertébrés*

Chez les poissons, certaines espèces ont un comportement parental, notamment celles qui construisent un nid. Les parents protègent les alevins des prédateurs potentiels. Pour les oiseaux ce comportement est beaucoup plus généralisé. C'est généralement la femelle qui construit le nid, aidée par le mâle. C'est également la femelle qui couve l'oeuf, relayée quelquefois par le mâle. En plus de la protection assurée par les parents, ceux-ci participent à la nutrition des poussins en cherchant et ramenant des proies. C'est bien sûr chez les mammifères que le rôle de la mère est le plus important. En effet le développement de l'oeuf est interne à la mère, ce qui permet une protection et une nutrition très complète. La femelle allaite ensuite ses petits durant une période assez longue. Elle participe également à leur apprentissage et les protège.

### **Les sociétés vraies**

Une société est un groupement d'individus, de leur naissance à leur mort, participant à une oeuvre commune ou à une construction et élevant leurs jeunes au sein du groupe. Aucune espèce aquatique n'est organisée en société. Seule une espèce terrestre sur 1000 est sociale.

Les insectes sociaux sont organisés en castes. Au minimum il y en a 2, mâles et femelles, le plus fréquent est 3 castes, mâles, femelles fécondes et individus stériles (ouvrières). La caste femelle est le plus souvent la plus importante mais les femelles fécondes peuvent n'être représenté que par une reine. Des castes supplémentaires sont possibles, comme chez les termites (roi, reine, ouvriers, ouvrières, petits soldats, grands soldats, jeunes...). Un polymorphisme peut dépendre de ces castes.

La trophallaxie est très fréquente. C'est un échange de nourriture, ou de matière, entre les membres de la société. Une entraide est possible également.

Les phéromones jouent un rôle important dans ces sociétés car c'est un des moyens de communication principal.

### **D) Les guêpes sociales**

Ce sont toutes les espèces de la famille des Vespidae. Elles vivent dans un nid constitué de fibres de bois maché. Ce nid est soit caché soit visible et de taille variable. La société est saisonnière, les individus disparaissant avec l'hiver. D'ailleurs à l'arrivée de la saison froide, ou d'un déséquilibre climatique ou nutritionnel, les ouvrières peuvent détruire les larves (c'est le massacre du couvain). Seule une femelle féconde subsiste pour engendrer une nouvelle société au printemps suivant. Chez les polistes, la reine est l'individu le plus actif, elle s'occupe des loges et de la nutrition des larves. Les *Vespa* ont une reine qui se distingue par sa taille et sa coloration des autres membres de la société. L'espèce *Vespa vulgaris* est plus connu sous le nom de guêpe tandis que *Vespa crabio* l'est sous le nom de frelon.

Les ouvrières participent à la ventilation du nid. Elles battent des ailes à l'entrée du nid pour recycler l'air. Si la température est trop chaude, elles peuvent cracher de l'eau sur les fibres du nid pour le refroidir.

## **Z) Les sociétés d'abeilles**

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, seules 6% des abeilles vivent en société, les autres espèces étant solitaires.

Les Apis sont les plus évoluées des abeilles (où l'on trouve aussi les bourdons, halictus, melopones). Le nid est organisé en rayons dont les cellules sont spécialisées (provisions, ouvrières, mâles, reine).

### *Les ouvrières*

Les ouvrières sont nombreuses (jusqu'à 80 000 !) et plus petites que la reine (15 mm contre 20 mm). Leurs ailes sont de la même longueur que l'abdomen. Leurs ovaires sont atrophiés mais dans certaines circonstances ils peuvent produire des ovules (qui donneront exclusivement des mâles). De leur naissance à leur mort (un mois à trois mois) les ouvrières changent d'activité selon un calendrier planifié :

- Nettoyeuse, pendant 3 à 4 jours juste après l'éclosion, l'ouvrière nettoie la ruche.
- Nourrice, pendant 10 jours. Les larves des futures ouvrières sont nourries pendant 3 jours avec de la gelée royale (6 jours pour les loges royales qui sont plus grandes) puis avec du miel et du pollen.
- Magasinière, puis cirière pendant 10 jours. Elle répartit les provisions dans les alvéoles et produit de la cire.
- Gardienne, pendant 2 à 4 jours. L'ouvrière chasse alors les parasites, prédateurs ou simple égarés. Ce sont les premières abeilles à attaquer lorsque l'on dérange une ruche.
- Butineuse, pendant 1 à 4 semaines. Elle récupère pollen et nectar et les transforme. Le nectar est ainsi déshydraté dans le tube digestif de l'abeille, le saccharose hydrolysé en glucose et levulose, ce qui forme le miel nouveau (qui continuera sa transformation dans les alvéoles). Le pollen sert lui d'aliment azoté en raison de sa richesse en protéine.

A tout moment, l'ouvrière peut aller ventiler le nid. Ce phénomène a lieu lors d'un excès de température mais l'hiver on peut observer également une activité similaire pour réchauffer le nid. Les abeilles sortent de leur hibernation si la température est trop froide (moins de 13°C) et s'agitent. Elles consomment ensuite jusqu'à 20 g de miel et de provisions puis retournent dans leur état ralenti quand la température est remontée vers les 20°C).

Pour les jeunes ruches les ouvrières sont toutes cirières. La cire est en effet utilisée dans la construction du nid. Insoluble, suffisamment solide mais très malléable, elle donne aussi une certaine stabilité thermique aux parois des loges. Le miel en plus de réserve nutritive peut servir à la fabrication de cires. Une autre substance, le propolis, sorte de résine récupérée sur des bourgeons sert à colmater les fissures ou à enduire des corps étrangers au nid.

### *Les mâles ou faux-bourdons*

Ils ne représentent que peu d'individus (une à deux centaines au maximum) dans une ruche et ne naissent que pendant l'été et peuvent vivre un an. Bien qu'aussi gros que la reine, leurs ailes

sont longues et ils ne possèdent pas d'aiguillon. Seuls quelques-uns ont la faculté de s'accoupler lors du vol nuptial. Les mâles sont formés par parthénogenèse. L'absence de larve dans les loges conduit au développement des ovaires des ouvrières qui pondent alors des oeufs mâles.

### *La reine*

Elle possède des ailes réduites et n'a pas d'organes de récolte comme les ouvrières sur ses pattes postérieures. Durant sa vie (jusqu'à 6 ans) elle pond environ 2 millions d'oeufs. Elle peut être fécondée par plusieurs mâles et au cours de plusieurs vols nuptiaux. La ponte est continue, sauf en hiver, et se fait dans les loges centrales du nid (les loges périphériques servant aux provisions car elles sont plus exposées au froid). Les oeufs placés dans les loges royales donneront des femelles fertiles. Si la reine rencontre une loge vide (grâce à ses pattes avant) elle y pond un oeuf non fécondé qui donnera un mâle.

La reine émet, en temps normal, des phéromones au niveau de glandes céphaliques proches des mandibules. C'est en léchant la reine que les ouvrières deviennent sensible à ces substances. Elles seront transmises aux autres individus par trophallaxie. Une phéromone inhibe le développement ovarien. Le manque de gelée royale lors du développement (3 jours au lieu de 6) est aussi un facteur d'atrophie des ovaires des ouvrières. D'autres phéromones contrôlent le comportement des ouvrières. Ainsi la substance royale, une phéromone, maintient l'activité et la stabilité de la ruche. Son absence indique que la reine est malade et induit les ouvrières à lui chercher une remplaçante. La gelée royale, donnée pendant les six jours où la larve est nourrie, est la seule responsable de la transformation de l'oeuf en futur reine et non pas en ouvrière.

### *La communication*

En plus des phéromones, les abeilles communiquent par des gestes. Ainsi pour indiquer à la ruche où se trouve un superbe champ de fleur, l'abeille possède toute une technique :

- Les fleurs sont à moins de 100 m : La butineuse exécute une danse circulaire et rapide (8 à 10 tours en 15 secondes) dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. L'odeur du nectar ramené par l'abeille suffit à indiquer la direction.
- Les fleurs sont à plus de 100 m : La butineuse exécute une danse frétillante en dessinant un huit écrasé. La vitesse est plus lente (2 à 7 tours en 15 secondes) et ici le nombre de tours détermine la distance (selon une relation inversée : plus le nombre de tours est grand, plus la distance est courte). L'abeille agite vivement son abdomen lorsqu'elle croise le huit. L'angle formé entre cette course et le soleil indique la direction du champ de fleurs.

## **AA) Les sociétés de termites**

Elles font parties des sociétés les plus évoluées, les nids y sont complexe et très peuplés. Ces isoptères sont des animaux à corps mous, exceptés pour la caste des soldats.

La termitière peut atteindre fréquemment 5 m, le record étant de 12 m ! Le volume du nid avoisine donc les 10 m<sup>3</sup>. De nombreuses galeries parcourent la termitière mais peuvent aussi rayonner jusqu'à 300 m. Les loges royales sont situées à la base. Certaines termitières possèdent des meules à champignons, véritables cultures. Pour digérer la cellulose du bois ingéré, les termites possèdent des microorganismes symbiotiques dans leur tube digestif (rectum). Ce sont des flagellés (dont hypermastigines spécifiques aux termites et aux blattes

sud-américaines), des spirochètes et des bactéries moins spécifiques. Une particule de bois d'1 mm est digérée par une centaine de termites qui se la transmettent par trophallaxie anale. A chaque mue ces microorganismes sont perdus. Là également la trophallaxie permet aux termites de récupérer leurs précieux convives !