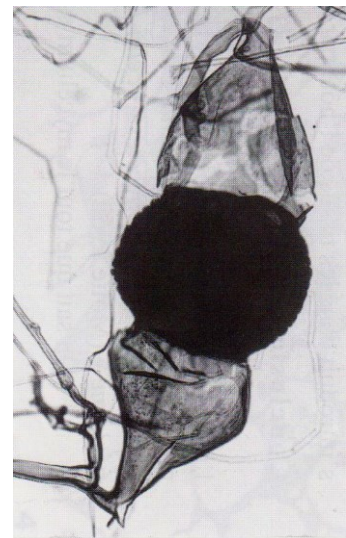
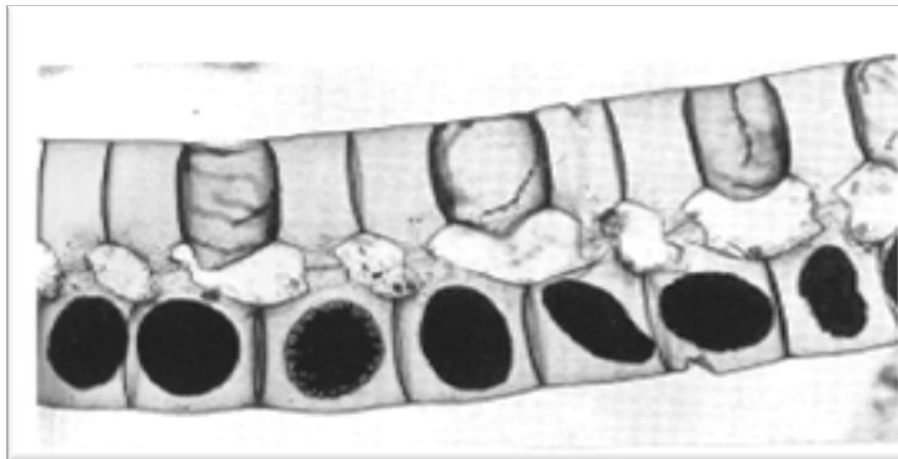


À PROPOS DE LA GAMIE

MAURICE REILLE



Photos de couverture :

En haut : image de deux filaments de Spirogyra en fin de conjugaison scalariforme. On voit bien les ponts de conjugaison caractéristiques de cette cystogamie. Tous les zygotes se trouvent dans les cellules du même filament, alors que les cellules du filament antagoniste sont vides. Les contenus des cellules d'un filament ayant valeur de gamètes nus à potentialité mâle se sont déplacés vers celles dont les contenus ayant valeur de gamètes femelles nus sont demeurés immobiles.

C'est un exemple de cystogamie anisogame.

En bas : images de différents stades de la reproduction sexuée chez une Mucorale homothallique. Le thalle est siphonné : il n'y a pas de cloisons autres que celles qui isolent les éléments reproducteurs.

L'image de gauche montre un stade précoce où les gamétocystes (qui sont cénozytiques) sont en contact. Les parties des siphons qui les portent sont un peu renflées, on les appelle les suspenseurs.

L'image du milieu montre nettement que les gamétocystes (devenus indistincts à cause de l'opacité de la paroi du zygote en formation) sont issus du même thalle (il y a autofécondation). Les suspenseurs ont nettement grossi et leur paroi est ornementée.

L'image de droite montre un zygote sphérique à la paroi opaque, déjà séparé de l'un des suspenseurs. On sait que ce zygote contient plusieurs noyaux diploïdes et que son épaisse paroi le contraint à une vie ralentie : c'est un céno-chlamydo et hypnozygote (du grec koinos = commun, khlamys = manteau, hypnos = sommeil et zygos = couple). On sait aussi que sa germination sera précédée par la réduction chromatique (=méiose).

La fécondation a été une cystogamie isogame.

À PROPOS DE LA GAMIE

La **gamie** (du grec *gamos* = mariage), c'est la fécondation ou reproduction sexuée. Elle met en jeu des cellules qui sont des gamètes, communément désignés sous le terme de "cellules sexuelles".

Le mot gamie est utilisé comme suffixe pour créer des mots "utiles" en biologie. J'en ai réuni quelques-uns dans la liste suivante (qui n'est probablement pas exhaustive) et l'objet du présent article est de mettre un peu d'ordre dans cet inventaire à la Prévert¹.

Allogamie, Anémogamie, Anémochorie, Anisogamie, Aplanogamie, Apogamie, Autogamie, Caryogamie, Chalazogamie, Cléistogamie, Cystogamie, Cytogamie, Entomogamie, Geitonogamie, Herchogamie, Hétérogamie, Hologamie, Isogamie, Mérogamie, Oogamie, Périttogamie, Planogamie, Plasmogamie, Porogamie, Siphonogamie, Somatogamie, Trichogamie, Xénogamie, Zoïdogamie, Zoogamie.

Qu'est-ce qu'un gamète ?

La définition de ce mot du langage courant peut d'abord être recherchée dans les dictionnaires banals:

- **Larousse illustré**, édition de 1970: "*Cellule reproductrice mâle ou femelle dont le noyau ne contient que n chromosomes (toutes les autres cellules du corps en ont $2n$)*".

- **Petit Robert**, édition de 1993 : "*du grec gametê, gametês = épouse, époux, et gamos = mariage). Cellule reproductrice sexuée possédant la moitié des chromosomes des autres cellules de l'organisme, et qui en s'unissant à une cellule reproductrice de sexe opposé, forme l'œuf d'où sortira un nouvel être vivant*".

Dans ces deux définitions, **ce qui est vrai** c'est de souligner le caractère haploïde (= à n chromosomes) des gamètes. **Ce qui est faux**, c'est de soutenir que les autres cellules de l'organisme ont le double de chromosomes ($2n$, état diploïde). Cette assertion dogmatique n'est que le résultat d'un anthropocentrisme toujours très répandu, comme si les auteurs de ces définitions ne pensaient qu'à l'Homme ou tout au moins aux Mammifères... Mais chez l'algue verte *Ulva lactuca* (celle-là même dont le pullulement est une conséquence désastreuse de l'agriculture et de l'élevage en Bretagne), toutes les cellules de l'organisme qui produit les gamètes, (tout le thalle), sont haploïdes (cf. Images de la reproduction des végétaux [= I.R.V.], page 18).

Si on s'adresse à des ouvrages plus spécialisés on découvre ceci :

- Dans **Le dictionnaire de Botanique** de B. Boullard, édition 2008, chez Ellipses : "*Du grec gamos= mariage. Cellule sexuelle vouée à s'unir à un gamète de l'autre sexe*". L'auteur oublie même d'indiquer le caractère haploïde de tous les gamètes... un comble ! ou plutôt un oubli navrant de la part de ce professeur de biologie végétale à l'Université de Rouen-Haute-Normandie, aujourd'hui retraité.

¹ Le lecteur aura d'abord relu les quatre premières pages de l'article "Images de la reproduction des végétaux et notions fondamentales associées"(= I.R.V.).

- dans l'inénarrable "**Dictionnaire de botanique illustré**" d'Alain Jouy, 2011 chez Ulmer: "*Cellule reproductrice haploïde issue de la méiose*". C'est faux, les cellules issues de la méiose, ce sont les spores...

- dans le glossaire de la "**Flore forestière Française**" de Rameau et al. 2008 : "*Cellule reproductrice, mâle et femelle, à n chromosomes, s'unissant à un gamète opposé pour former un œuf, à 2n chromosomes*".

On peut résumer cette courte revue par la synthèse suivante qui est usuelle et probablement enseignée par tous les professeurs de biologie (... sauf ceux qui, comme moi ont été à Montpellier les élèves de Jean Motte !) : "**Le gamète est une cellule haploïde servant à la reproduction sexuée**".

En effet dans cette définition, seul le caractère haploïde de la cellule gamète a une valeur universelle. Son implication dans la **reproduction** est, à l'inverse, vraiment exceptionnelle et il n'est pas besoin de recourir à de nombreux exemples pour s'en persuader. Il suffit de comparer la descendance d'un homme (issue de gamètes impliqués dans la reproduction) avec le nombre des gamètes mâles qu'il a pu produire au cours de son existence. Cette remarque est vraie pour tous les types de gamètes qui sont généralement produits en grand nombre. Qui n'a vu les images fascinantes de la "ponte" (= émission des gamètes) des massifs coralliens ou la fertilisation par les mâles des "œufs" (= gamètes) des saumons du Pacifique arrivés au bout de leur périple ...

Bref, la référence à la reproduction ne doit pas intervenir dans la définition du mot gamète. **Le caractère universel des gamètes, c'est l'aptitude à copuler.**

C'est l'un des pièges les plus pernicious de l'enseignement de la biologie : confondre comportement sexuel et reproduction... et le plus fort c'est qu'on arrive à le faire admettre à des générations d'adultes généralement guéris d'un catéchisme de gourous à la Vojtila, Ratzinger et autres, mais qui acceptent pour gamète une définition fallacieuse tout en sachant eux-mêmes faire la différence entre sexualité et reproduction.

Nous adopterons pour gamète la définition professée par Jean Motte :

"Haplocyte (= cellule haploïde) apte à copuler".

La notion de gamète (mise à part le caractère nécessairement haploïde de ces cellules) est exclusivement associée à un comportement. "*Tout haplocyte, s'il acquiert cette aptitude copulative, peut donc se comporter en gamète. Les cellules végétatives, les haploconidies, les spores, peuvent être dans ce cas*" (Motte 1962).

Cette définition ne figure pas dans mon Dictionnaire visuel de Botanique parce que le mot gamète n'intervient jamais dans la Botanique descriptive des végétaux vasculaires. Elle figure au glossaire du Dictionnaire visuel des arbres et arbustes.

Qu'est-ce qu'un zoïde ?

On donne le nom de zoïde (du grec *zoon* = animal) à toute cellule pourvue d'un appareil cinétique (cils ou flagelles) qui lui assure une mobilité propre, en raison de sa ressemblance avec certaines Protistes animaux (Protozoaires). Dans la conscience populaire, si bien traduite par les enfants, seuls les animaux sont mobiles, les végétaux sont fixes ... et parfois même considérés comme non-vivants.

Chez les zoïdes, la disposition des cils et flagelles est variée ainsi que leur signification biologique. Chez les Thallobiontes (Algues et Champignons) tous les éléments du biocycle peuvent être représentés par des zoïdes (cf. I.R.V. page 14).

Dans le cadre de cet article, nous nous intéresserons aux seuls zoïdes ayant valeur de gamètes. On les nomme généralement **spermatozoïdes** chez les animaux (du grec *sperma* = semence et *zôon* = animaux) et **anthérozoïdes** chez les végétaux (du grec *antheros* = fleur et *zoon* = être vivant). Ils sont à l'origine d'une **zoïdogamie** qui est effective lorsque l'un d'eux au moins est nageur. Celle-ci existe dans tous les groupes de végétaux sauf les Angiospermes. Parmi les Gymnospermes, elle est limitée aux Natrices (du latin *natrix* = nager) représentées par les Cycadales et le Ginkyo. Chez ces Gymnospermes qualifiées de zoïdogames, le gamète mâle cilié nage dans le liquide émis par le nucelle qui baigne la chambre archégoniale creusée au sommet de l'ovule. C'est à cause - entre autres- de cette particularité archaïque rappelant chez ces végétaux terrestres la dépendance vis à vis du milieu aquatique, que Louis Emberger a créé en 1960 avec les Natrices vivantes (et d'autres végétaux fossiles), l'embranchement des Préphanérogames.

Pour Alain Jouy, ces Natrices ne sont pas zoïdogames puisque pour lui "*la zoïdogamie est une fécondation par union de deux zoïdes*" alors que cette situation est celle que tous les biologistes désignent par **planogamie**.

Une fâcheuse tendance est celle qui consiste à désigner aussi par anthérozoïdes, les gamètes mâles des Gymnospermes non zoïdogames (que l'on qualifie de Vectrices) et des Angiospermes et qui rassemblent toutes les Gymnospermes vivantes en dehors des Cycadales et du Ginkyo, c'est-à-dire toutes les Coniférales. C'est ce que fait implicitement l'inénarrable Alain Jouy en donnant pour anthérozoïde, l'amusante définition "*gamète mâle chez les végétaux, correspond au spermatozoïde des êtres animés*".

Terminologie issue de la forme des gamètes

Isogamie (du grec *isos* = égal et *gamos* = mariage)

C'est une situation dans laquelle la fécondation fait intervenir des gamètes absolument identiques. Cela ne se rencontre que chez les Thallobiontes.

* Chez l'algue verte *Chlamydomonas* (cf. I.R.V. page 7) toutes les cellules (sauf le zygote) sont identiques : ce sont des zoïdes à deux flagelles antérieurs. Ainsi sont les gamètes. Mais alors, comment fait-on pour les reconnaître ? On les observe, on les suit et on désigne comme gamètes ceux qui sont pris en flagrant délit de copulation. Cette isogamie est aussi une **planogamie**.

* Chez les levures du genre *Saccharomyces* (levure de bière), le thalle est dissocié en éléments unicellulaires tous identiques sans appareil locomoteur. Ainsi sont les gamètes à l'origine d'une isogamie qui est dans ce cas une **aplanogamie**. Lorsqu'il y a isogamie, il est impossible de distinguer les sexes.

Anisogamie (du grec *a* = privatif, *isos* = égal et *gamos* = mariage).

On emploie parfois ce mot pour désigner une situation dans laquelle les gamètes sont de même type mais de tailles légèrement différentes.

C'est ce que l'on voit par exemple chez l'algue verte *Ulva lactuca* (cf. I.R.V. page 18) où les gamètes sont des zoïdes biflagellés. On attribue la potentialité mâle à ceux nés du même thalle qui sont plus petits et plus actifs que les autres nés aussi d'un même thalle (il y a dioécie). La fécondation dans ce cas est une **planogamie anisogame**.

Hétérogamie (du grec *heteros* = autre et *gamos* = mariage).

Désigne une situation dans laquelle les gamètes sont de formes vraiment différentes, c'est le cas chez les Mammifères, par exemple, où le gamète mâle est un zoïde (spermatozoïde) et le gamète femelle une grosse cellule immobile gorgée de

réserves. C'est aussi le cas chez tous les végétaux autres que les algues.
Pour Boullard, anisogamie et hétérogamie sont synonymes.

Terminologie issue des modalités de la fécondation

* Gamètes non différents du corps végétatif

Hologamie (du grec *holos* = entier et *gamos* = mariage).

Dans cette situation, c'est l'individu tout entier qui tient le rôle de gamète. Cette modalité ne peut évidemment se rencontrer que chez les Thallobiontes unicellulaires.

C'est le cas chez les levures du genre *Saccharomyces* où toute cellule haploïde peut devenir apte à copuler. Cette hologamie est aussi une **isogamie** et une **aplanogamie**.

Cystogamie (du grec *kustis* = vessie et *gamos* = mariage).

C'est une modalité qui réunit le contenu de deux cellules dont chacune joue le rôle de gamétocyste et dont les noyaux ont chacun valeur de gamète nu.

La cystogamie que l'on appelle aussi **conjugaison**, est une modalité générale dans l'ordre de Conjugales qui sont des Algues vertes à thalle filamenteux ou unicellulaire. Mais même dans le cas de thalle unicellulaire comme l'est celui des Desmidiées, la cystogamie ne peut pas être confondue avec l'hologamie. En effet la cystogamie suppose que le contenu d'au moins une cellule est transféré par un pont de conjugaison. La gamie une fois terminée, il reste alors une cellule vide, mais aucune dans le cas de l'hologamie. C'est pourquoi B. Boullard se trompe en donnant ce mot comme synonyme d'hologamie.

La cystogamie des filaments de *Spirogyra* (cf. I.R.V. page 17) est anisogame en ce sens que le contenu mobile (potentialité mâle) des cellules d'un filament passe, par un pont de conjugaison dans des cellules d'un filament voisin dont le contenu est resté immobile (potentialité femelle).

La cystogamie des Champignons du genre *Mucor* est isogame (cf. I.R.V. page 30). Chez les champignons septés, une modalité fréquente désignée sous le nom de **périttogamie** ou **somatogamie** (du grec *soma* = le corps et *gamos* = mariage) n'est pas autre chose qu'une variante de la cystogamie : les cellules de deux filaments haploïdes issus chacun de la germination de spores de signes différents entrent en contact par des ponts de conjugaison et fusionnent leurs contenus ; mais la plasmogamie seule à lieu, la caryogamie est différée.

* Gamètes différents du corps végétatif

On qualifie cette situation de **mérogamie** (du grec *meros* = partie et *gamos* = mariage). C'est bien sûr la situation, la plus fréquente, celle qui existe chez tous les animaux et les végétaux autres que les algues à thalles unicellulaires ou filamenteux.

Oogamie

C'est probablement le mode de fécondation le plus fréquent. Chez les animaux, c'est le seul chez tous les vertébrés et chez les végétaux il est présent dans tous les groupes, sauf les Angiospermes. Il met en jeu un gamète femelle immobile, de grande taille, ayant accumulé des réserves et un gamète mâle petit qui est un zoïde.

* Chez les *Fucus* qui sont des algues marines tous ces gamètes sont libres, émis dans la mer (cf. I.R.V. page 26). C'est sur ce matériel que le biologiste Français Thuret a observé la première fécondation in-vitro en 1854.

* Chez le champignon phycomycète *Monoblepharis*, le gamète femelle reste prisonnier de son gamétocyste.

* Il en est de même chez tous les végétaux tissulaires où le gamète femelle (= oosphère) reste prisonnier de son gamétange qui est l'archégone. Chez les Thallobiontes (algues et champignons) où il n'existe que des cellules (**cystes**) mais ni tissus, ni organes, toute la terminologie est formée avec le suffixe "cyste". Chez tous les autres végétaux où les gamètes (et les spores) sont produits dans des organes entourés d'une paroi stérile, la terminologie est formée avec le suffixe "ange". On parle alors de sporanges et de gamétanges. On a donné le nom d'anthéridie (n.m.) au gamétange mâle et d'archégone (n. f.) au gamétange femelle.

Trichogamie (du grec *trichos* = poil et *gamos* = mariage).

Elle n'existe que chez les Thallobiontes. C'est une modalité dans laquelle les gamètes mâles, petits et nombreux, mais sans appareil locomoteur (aplanogamètes), viennent s'accoler au hasard sur un long prolongement terminal du gamétocyste femelle, le trichogyne (du grec *trichos* = poil et *gunê* = femelle). Les trichogynes mucilagineux ont un rôle captateur. Le contenu du gamète mâle capté passe dans le trichogyne et rejoint ainsi le gamète femelle. Il y a **hétérogamie** et **aplonogamie**. Cela ne marche pas mal : pour s'en rendre compte il suffit de plonger le doigt — figurant le trichogyne — dans un bocal d'eau contenant des confettis — figurant les gamètes mâles.

* La trichogamie est fréquente chez les algues rouges (Rhodophytes) chez lesquelles les zoïdes n'existent pas (cf. I.R.V. page 20). Elle s'observe aussi chez de nombreux champignons Ascomycètes et aussi chez des Basidiomycètes tels que la Rouille du blé *Puccinia graminis* (cf. I.R.V. page 38).

Siphonogamie.

Dans la siphonogamie, les gamètes mâles réduits à l'état de noyaux sont acheminés vers le gamète femelle à travers un siphon. Cette modalité procure au gamète mâle une indépendance complète à l'égard du milieu aquatique, c'est probablement pourquoi cette modalité de la fécondation n'existe pas chez les algues, végétaux essentiellement aquatiques.

On la rencontre chez les champignons Phycomycètes tels que les mildious.

Elle est la règle chez les Coniférales (Gymnospermes Vectrices) et toutes les Angiospermes chez lesquelles les gamètes mâles sont conduits jusqu'au gamète femelle (= oosphère), prisonnier dans son archégone, au centre de l'ovule, par le tube pollinique.

Chez les Gymnospermes où le pollen tombe directement sur l'ovule, le tube pollinique s'introduit le plus souvent à travers le nucelle par le micropyle (cf. I.R.V. page 80) : on dit qu'il y a **porogamie**.

Chez les Angiospermes le pollen tombe sur le stigmate et le tube pollinique doit cheminer à travers les tissus du style, parfois sur plusieurs dizaines de centimètres si le style est très long (cf. Style page 27, Dictionnaire visuel de Botanique). Ce cheminement s'apparente à la croissance d'un hyphé de champignon parasite. Arrivé dans la cavité ovarienne où se trouvent le ou les ovules, le tube pollinique pénètre dans l'un d'eux soit par le micropyle, situation la plus fréquente (porogamie) soit par la chalaze (comme chez *Casuarina* et quelques Fagacées), on dit alors qu'il y a **chalazogamie**, soit encore, rarement, par n'importe où à travers la paroi de l'ovule (modalité encore non nommée... on se demande presque pourquoi ?).

La fécondation proprement dite

Après que les gamètes eurent copulé (Thuret dans son observation de la première fécondation *in vitro* a appelé ça "la danse des gamètes") la fécondation proprement dite s'accomplit en deux étapes qui se suivent toujours dans cet ordre : **plasmogamie** puis **caryogamie**.

Plasmogamie (du grec *plasma* = formation et *gamos* = mariage)

C'est l'union des cytoplasmes des deux gamètes. On l'appelle parfois **cytogamie**.

Caryogamie (du grec *karuon* = noyau et *gamos* = mariage)

Elle survient généralement tout de suite. Elle consiste en l'union des noyaux gamétiques mâle et femelle qui conduit à un appariement des chromosomes homologues. L'état diploïde se trouve rétabli et cette première cellule est l'œuf ou **zygote**.

Elle est parfois médiate comme chez les Mucorales (cf. I.R.V. page 30).

Chez certains Champignons, il peut se faire que la caryogamie soit longuement différée. C'est le cas de tous les champignons à carpophores (ceux-là même que nous recherchons pour notre plaisir). Les mycéliums primaires de signes (= de sexes) différents fusionnent par une **somatogamie** qui s'arrête au stade de la **plasmogamie** et qui aboutit à un mycélium secondaire dont toutes les cellules ont un cytoplasme mixte et deux noyaux côte à côte, de signes différents. Ces cellules à deux noyaux sont justement nommées **dicaryons**. Ce mycélium secondaire peut s'allonger et croître par division simultanée des deux noyaux puis cloisonnement (c'est ce que l'on nomme allongement par crochet en retour, ou crochet de Dangeard parce que c'est lui qui a élucidé ce phénomène étonnant). C'est avec ce mycélium secondaire constitué d'hyphes à segments dicaryotiques que se forme toute la partie visible (pied et chapeau) du champignon. Ce n'est que dans l'hyménium qui tapisse les lamelles ou les pores qui se forment à la face inférieure du chapeau que s'accomplira la caryogamie, longtemps après que la **plasmogamie** aura eu lieu. On donne parfois le nom de dicaryophase à l'ensemble de tout le mycélium secondaire. Les zygotes ainsi formés subissent aussitôt la méiose (= réduction chromatique) et ce qui tombe du chapeau ce sont les **spores** qui, en germant, engendreront des mycéliums primaires haploïdes.

Les dégradations de la sexualité

Dans un biocycle de type normal, fécondation et méiose (=réduction chromatique) qui en sont les moments-clés, se suivent régulièrement : le zygote inaugure la phase à $2n$ chromosomes (le sporophyte) qui finit au moment de la méiose. Celle-ci inaugure par les spores qui en résultent la phase haploïde (le gamétophyte) qui finit avec la fécondation.

" Dans un certain nombre de cas, la régularité de ce cycle peut être perturbée par suite de comportement anormaux abolissant plus ou moins la sexualité. Ces comportements sont groupés sous le terme général d'**apomixie** (du grec *apo* = sans et *mixis* = union).

Deux types de reproduction apomictique peuvent être distingués selon le point où se situe l'anomalie : l'absence de fécondation ou **apogamie** correspond à la formation d'un sporophyte sans union de gamètes, en principe ce sporophyte est donc haploïde ; l'absence de méiose ou **apoméiose** = **aposporie** conduit à l'édification d'un gamétophyte sans qu'il y ait eu de méiose (en principe ce gamétophyte est donc diploïde)" (Gorenflot 1982).

Dans tous ces cas, il y a disparition de la reproduction biparentale donc de la recombinaison génétique dont c'est la principale signification.

Apogamie (du grec *apo* = loin et *gamos* = mariage) et **apomixie** proprement dite (du grec *apo* = loin et *mixis* = union).

C'est une situation dans laquelle les gamètes eux-mêmes peuvent se développer pour donner des embryons viables mais haploïdes;

Chez les Angiospermes, non seulement l'oosphère (qui est le gamète femelle) mais aussi d'autres cellules du sac embryonnaire (qui est le gamétophyte femelle) (cf. I.R.V. page 92) peuvent être à l'origine d'un embryon qui est dit **parthénogénétique** (du grec *parthenos* = vierge). Assez souvent ces faits surviennent dans un sac embryonnaire où l'oosphère a été normalement fécondée. On observe alors dans la graine, la formation de deux embryons dont l'un haploïde est généralement non viable. Ceci se voit chez *Lilium martagon*, *Ulmus americana*, *Plantago lanceolata*.

L'androgenèse (du grec *andros* = mâle) est le développement d'un embryon à partir du seul gamète mâle. Cette situation est utilisée pour la création rapide de nouvelles variétés de blé. On peut faire germer du pollen de blé jusqu'à la formation d'une plante haploïde viable. L'action de la colchicine sur ces plantes les conduit à doubler le nombre de leurs chromosomes obtenant ainsi des plantes normalement diploïdes et parfaitement homozygotes, dont il suffit (après un an de culture) de tester les qualités.

Aposporie (du grec *apo* = loin et *spora* = semence)

" Chez certaines phanérogames, la méiose est supprimée et c'est une cellule du nucelle [qui est le sporange femelle de ces plantes] qui est, sans réduction chromatique, à l'origine d'un gamétophyte (sac embryonnaire) diploïde et vierge (parce que non fécondé), qui se développe en embryon de type normal. De tels faits qui sont à peu près équivalents à une parthénogenèse diploïde, sont fréquents chez les nombreuses plantes de la famille des Composées (*Taraxacum*, *Crepis*, *Heiracium*) et chez *Alchemilla* qui est une Rosacée.

Le cas des embryons adventifs est à rapprocher du phénomène précédent. Il s'agit d'embryons développés directement à partir d'une cellule (ou d'un groupe de cellules) du nucelle ou du tégument interne de l'ovule, c'est-à-dire dans des tissus sporophytiques de l'ovule. La fécondation ou tout au moins la pollinisation sont souvent nécessaires à la formation de tels embryons.

Un exemple classique d'embryons adventifs est donné par de nombreux embryons produits par le nucelle dans des ovules fécondés du genre *Citrus* (*Citrus trifolia*). Dans ces ovules, en voie de transformation en graines, on observe : un embryon normal diploïde, issu de la fécondation et pourvu d'un suspenseur, et de nombreux embryons adventifs, d'origine nucellaire et par conséquent diploïdes, mais on notera que le génotype de l'embryon normal, qui résulte d'une fécondation, est différent de celui des embryons adventifs car le génotype de ces derniers est identique à celui de la plante-mère. Les embryons adventifs sont viables ; ils participent avec les embryons normaux à la constitution de graines polyembryonnées.

Sur le plan pratique, l'apomixie équivaut à la formation de clones, donc génétiquement, à la conservation des variations individuelles, d'où la multiplicité de petites espèces décrites par certains systématiciens dans les genres où l'apomixie est souvent la règle (*Taraxacum*, *Hieracium*), mais qui n'ont pas la signification biologique de l'espèce telle qu'on l'entend habituellement et qui encombrant inutilement la systématique d'où l'intérêt capital de la connaissance des systèmes reproducteurs en cause pour expliquer la variation des taxons et parvenir à une systématique valable." Gorenflot 1982

Terminologie faisant référence au transport

En se limitant à l'emploi du suffixe grec *chor* qui veut dire disséminer, toutes les fois qu'il est fait référence à un transport, du pollen, du fruit, de la graine, ou de n'importe quelle autre diaspore, on reste dans un vocabulaire intelligible et correct en faisant l'économie de quelques belles absurdités.

Y-a-t-il **entomogamie** chez les Orchidées et le Figuier parce que leur biologie florale est liée aux insectes ? Quel rôle les insectes jouent-ils dans la gamie (= fécondation) de ces végétaux : assurément aucun !

Anémochorie (du grec *anemos* = vent et *chor* = disséminer).

Transport de la "masse disséminée" par le vent.

À éviter : **anémophilie** (du grec *anemos* = vent et *philos* = ami)

À proscrire : **anémogamie**.

Hydrochorie (du grec *hydrôr* = eau et *chor* = disséminer).

Transport de la "masse disséminée" par l'eau. Exemple : chez *Vallisneria spiralis*, le transport du pollen est assuré par l'eau.

À éviter : **hydrophilie** (du grec *hydrôr* = eau et *philos* = ami).

À proscrire : **hydrogamie**.

Entomochorie (du grec *entomos* = insecte et *chor* = disséminer). Transport de la "masse disséminée" (souvent le pollen) par les insectes.

À éviter : **entomophilie** (du grec *entomos* = insecte et *philos* = ami).

À proscrire : **entomogamie**.

Zoochorie (du grec *zoon* = animal et *chor* = disséminer). Transport de la "masse disséminée" par un animal.

À éviter : (pour une raison hygiénique) **zoophilie**.

À proscrire : **zoogamie**.

Chiroptérochorie (du grec *kheir* = main et *pteron* = aile). En Afrique les baobabs sont pollinisés par les chauves-souris (Chiroptères).

Ornithochorie (du grec *ornithos* = oiseau et *chor* = disséminer). De nombreux oiseaux-mouches (Colibris) sont des agents pollinisateurs.

Malacochorie (du grec *malakos* = mou et *chor* = disséminer). On connaît une plante pollinisée par un Gastéropode (Mollusque).

Anthropochorie : (du grec *anthropos* = homme) L'homme (et la femme) peut être volontairement l'agent pollinisateur, comme pour la Vanille en dehors du Mexique ou existe à l'état naturel l'hyménoptère *Melipona*.

Autofécondation et fécondation croisée

Autogamie (du grec *autos* = soi-même et *gamos* = mariage).

L'autogamie est une situation dans laquelle les deux gamètes en cause proviennent du même individu. Étant donné le très grand nombre de gamètes mâles libérés dans l'eau chez tous les organismes aquatiques, tant animaux que végétaux, cette modalité qui s'accomplit au hasard des rencontres doit être très fréquente.

Chez les Mucorales, les champignons Phycomycètes dont l'aplanocytie est totale, des images convaincantes d'autogamie illustrent ce phénomène (cf. I.R.V. page 31).

Chez les Phanérogames, même lorsque les fleurs sont unisexuées, le pollen (qui est le vecteur des

gamètes mâles puisque c'est précisément le gamétophyte mâle) souvent produit en grand nombre, est dispersé partout. Quand on observe l'abondante pollinisation des Gymnospermes (pins, cyprès, genévriers, cèdres, sapin, épicéa) comment ne pas admettre que l'autofécondation y est très fréquente.

Dans toutes les fleurs hermaphrodites où les étamines surplombent le pistil, cette simple disposition favorise l'autofécondation. Chez l'épine-vinette (*Berberis vulgaris*) et *Mahonia aquifolium* (une autre Berbéridacée) des mouvements spéciaux des étamines, provoqués par un choc fortuit ou la visite d'un insecte, appliquent les anthères et par conséquent le pollen contre le stigmate.

Même chez les fleurs qui ont acquis une différenciation très poussée dans le sens de l'entomochorie, l'autofécondation est fréquente. Le meilleur exemple est celui des Orchidées dont la stupéfiante adaptation à l'attraction des insectes, fascine tant d'orchidophiles. Tout le monde a vu ces images d'Hyménoptères emportant sur leur tête les pollinies d'une fleur pour les amener sur une autre. Mais lorsqu'on regarde agir les insectes autour d'un épi d'orchidée (qui contient plusieurs dizaines de fleurs dans des états de maturité très variés) on voit bien que l'insecte explore d'abord les fleurs du même épi (c'est-à-dire du même individu) avant de passer à un autre, occasionnant ainsi de nombreuses autofécondations. On donne parfois le nom de **geitonogamie** ou **geitogamie** (du grec *geiton* = voisin et *gamos* = mariage) à cette pollinisation entre fleurs de la même inflorescence. Ce mot est bien inutile puisqu'il est tautologique avec autogamie.

Dans tous les exemples précédents, l'autogamie est certes dominante mais la fécondation croisée reste possible.

Elle est rendue impossible dans le cas de fleurs cléistogames qui sont des fleurs qui ne s'ouvrent jamais et qui, de ce fait ne peuvent échapper à l'autofécondation. On dit alors qu'il y a **cléistogamie** (du grec *kleistos* = fermé et *gamos* = mariage). De telles fleurs sont visibles chez les violettes et chez *Lamium amplexicaule* (cf. Dictionnaire visuel de Botanique, page 99). Mais la plupart du temps, ces fleurs ne jouent, chez les végétaux qui les forment, qu'un rôle accessoire parce qu'elles cohabitent sur la même plante avec des fleurs **chasmogames** (du grec *kasma* = ouverture) qui s'épanouissent normalement (un adaptationniste acharné pourrait s'interroger sur leur valeur adaptative puisqu'elles forment des graines peu différentes par leur génome de simples propagules).

Fécondation croisée ou allogamie (du grec *allos* = autre et *gamos* = mariage).

C'est une situation dans laquelle les gamètes en cause sont issus d'individus différents. Elle est parfois (rarement) qualifiée d'hétérogamie (du grec *eteros* = différent) mais ce mot est celui que nous avons retenu pour qualifier une fécondation mettant en jeu des gamètes de formes différentes. On rencontre parfois aussi en synonyme le terme de xenogamie (du grec *xenos* = étranger et *gamos* = mariage). Je récuse ce terme formé à partir d'un préfixe grec qui ne convient pas : les deux plantes ne sont pas étrangères puisqu'elles appartiennent nécessairement à la même espèce.

Cette situation est beaucoup plus fréquente que l'autogamie parce qu'elle oblige une recombinaison chromosomique qui est le principal moteur de la variabilité évolutive : elle présente un avantage que la pression de sélection a fini par imposer. Elle est réalisée à coup sûr chez les espèces dioïques où gamètes mâles et femelles sont issus de pieds différents. C'est le cas chez l'algue verte *Ulva lactuca* (cf. I.R.V. page 18) et chez les Phanérogames dioïques qui représentent environ la moitié des Gymnospermes et 13% des Angiospermes vivantes.

À part la dioécie qui impose une allogamie, celle-ci est favorisée par de nombreuses autres modalités au premier rang desquelles est la monœcie.

Monœcie (du grec *monos* = seul et *oïkos* = habitat).

S'agissant des Phanérogames, c'est une situation dans laquelle des fleurs unisexuées des deux sexes cohabitent sur le même individu. Cette disposition n'interdit pas l'autofécondation (cf. remarque page 9). Parmi les Gymnospermes, la moitié environ sont monoïques, tels les pins, sapins, cyprès. Parmi les Angiospermes 17 % environ sont monoïques tels les chênes, noisetiers, aulnes, bouleaux, noyer...

Dichogamie (du grec *dicho* = deux et *gamos* = mariage).

C'est une situation dans laquelle gamètes mâles et femelles en sont pas fonctionnels en même temps.

Chez les Angiospermes, cela se traduit par le fait qu'étamines et pistil arrivent à maturité successivement, de sorte que, même si la fleur est hermaphrodite, elle est physiologiquement unisexuée.

Cette situation qui a les mêmes conséquences que la monœcie peut revêtir deux modalités :

* **Protandrie** ou **Protérandrie** (du grec *prosteros* = le premier et *andros* = mâle).

Dans la fleur hermaphrodite ce sont les étamines qui sont mûres en premier et le pistil ne devient réceptif qu'après le flétrissement de celles-ci. De tels faits s'observent sur les fleurs de betteraves, de certaines campanules et scabieuses, des sauges.

"Les composées présentent un cas remarquable de protérandrie. On sait que les anthères y sont soudées entre elles, par un revêtement de cutine et forment le tube étroit au centre duquel se trouve le style. Quand les étamines s'ouvrent, le pollen peut tomber directement sur les stigmates. On se trouve donc en présence d'un cas où la pollinisation directe paraît assurée. Mais, à ce moment, les deux stigmates sont étroitement appliqués l'un contre l'autre et non réceptifs, aussi cette disposition ne sert de rien. Plus tard le style va s'allonger et traverser tout le tube staminal. Ses poils collecteurs, situés sous les stigmates, balayent les anthères à la manière d'un goupillon et se chargent du pollen. Puis les stigmates, arrivés enfin à l'air libre, s'épanouissent et leurs lobes deviennent réceptifs. À ce moment les mouvements du capitule, ou mieux ceux qui sont provoqués par les insectes butineurs, répandent le pollen dont les poils collecteurs sont chargés sur les stigmates des fleurs voisines"

(Masgré et Deysson, 1955). Mais si le pollen ne va pas plus loin que les fleurs voisines du même capitule, il y a autofécondation puisque toutes les fleurs du capitule appartiennent au même individu. Chez les Corymbifères qui groupent la majeure partie des Composées, les capitules, tous au même niveau, représentent une large surface de butinage issue du même individu. Un insecte qui va d'un capitule à l'autre ne fait qu'assurer l'autofécondation. Pour qu'il y ait fécondation croisée, il faut que le pollen soit transporté sur un capitule appartenant à un autre individu. Ainsi, même si l'autofécondation directe d'une fleur est rendue impossible par la protandrie, elle doit être fréquente dans la famille des Composées.

La protandrie peut survenir aussi chez les plantes monoïques : ceux qui ont cultivé des courgettes, des courges ou des cornichons, savent que ces plantes forment d'abord des fleurs mâles et que les fleurs femelles n'apparaissent que plus tard.

* **Protogynie** ou **Protérogynie** (du grec *prosteros* = le premier et *gunê* = femelle).

C'est la situation inverse de la protandrie : les organes qui produisent les gamètes femelles sont mûrs les premiers. Chez les Angiospermes, cela se traduit par le fait que le pistil des fleurs est réceptif avant la déhiscence des anthères. C'est ce qui se passe chez le Lys martagon et les Plantains, la Belladone. Parmi les plantes

monoïques de nombreuses Aracées sont dans ce cas ; les fleurs femelles qui se trouvent à la base du spadice sont mûres avant les fleurs mâles qui les surmontent.

Herchogamie (du grec *herkhos* = barrière et *gamos* = mariage). C'est une situation dans laquelle une barrière anatomique empêche le rapprochement des gamètes mâles et femelles. L'exemple classique est celui de la fleur de nombreuses Orchidées chez laquelle les deux surfaces stigmatiques sont surmontées par une avancée, le rostellum, qui les protège du pollen de l'unique étamine située au-dessus du rostellum et légèrement en retrait. Si l'on ajoute que le pollen reste aggloméré sous la forme de pollinies qui ne peuvent être extraites de l'étamine, puis dispersées que par un insecte, la possibilité d'autofécondation est très faible (on voit dans le film *Microcosmos* des images fascinantes de cette entomochorie). Comme le fait remarquer G. Mangenot "*ce transfert en masse des pollinies est certainement très adapté à des fleurs dont l'ovaire contient de très nombreux ovules, comme le sont précisément, celles des Asclépiadacées et beaucoup plus encore des Orchidées*". Un autre exemple d'herchogamie concerne la fleur des Iris chez lesquels "*les stigmates sont divisés en trois grands lobes pétaloïdes qui se recourbent à l'extérieur et viennent coiffer les trois étamines. Comme la surface stigmatique fertile est située à la face supérieure du stigmate, il ne peut y avoir de transport de pollen sur le stigmate sans l'intervention des insectes*". (Mascré et Deysson, 1955).

Un exemple d'herchogamie artificielle probablement connu de tous est l'usage du préservatif masculin comme moyen de contraception²... un simple rappel à la réalité destiné à ceux qui dans leur définition du mot gamète confondent sexualité et reproduction.

L'autostérilité ou auto-incompatibilité.

C'est une situation très différente des situations antérieures. C'est un phénomène chimique qui empêche la fécondation d'avoir lieu entre gamètes issus de la même plante. Ce phénomène qui selon la théorie de l'immunité proposée par East en 1929, s'apparente à une réaction de type antigène-anticorps conduit à une obligation de fécondation croisée (= allogamie) même dans le cas des fleurs hermaphrodites. Le résultat est le même que celui de la dioécie mais s'applique à des fleurs toutes productrices de graines.

Dans ces conditions, on comprend pourquoi beaucoup d'Angiospermes sont autostériles et pourquoi elles se sont imposées si rapidement au Tertiaire au sein de populations de Gymnospermes chez lesquelles l'autostérilité n'existe pas. L'autostérilité est parfois soulignée par des faits morphologiques tels que l'hétérostylie. C'est C. Darwin qui a montré en 1877 qu'il existe chez *Primula officinalis* deux types d'individus dont l'un a des fleurs à style court et l'autre des fleurs à style long et que les fleurs des premières ne peuvent être fécondées que par le pollen des secondes et vice-versa. Chez *Forsytia* et *Armeria* c'est la forme des grains de pollen qui est différente entre les deux types de plantes qui ne peuvent être fécondées que par le pollen du type qui n'est pas le leur.

² Dans le film de Woody Allen "*Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le sexe sans jamais oser le demander, 1972*", l'une des scènes montre des spermatozoïdes humains, en collant blanc avec une longue queue, serrés au coude à coude dans la carlingue d'un avion, et l'un d'eux (à grosses lunettes) dit à un autre "*il paraît qu'on peut se faire très mal en se cognant contre un mur de caoutchouc*".

Conclusion :

Il n'y a que deux situations qui chez les Angiospermes imposent l'allogamie (fécondation croisée) c'est la diœcie et l'autostérilité. Même si l'autofécondation est fréquente chez les Végétaux et réalisée avec succès dans beaucoup de groupes (Céréales, Papilionacées) la fécondation croisée reste toujours possible.

TABLE DES MATIÈRES

À propos de la gamie	2
Qu'est-ce qu'un gamète ?	2
Qu'est-ce qu'un zoïde ?	3
Terminologie issue de la forme des gamètes	4
Terminologie issue des modalités de la fécondation	5
La fécondation proprement dite	7
Les dégradations de la sexualité	7
Terminologie faisant référence au transport	9
Autofécondation et fécondation croisée	9
Table des matières	13