

dans leur forme ne peuvent se croiser, tandis que le croisement est possible entre d'autres individus moins semblables.

En un mot, l'affinité sexuelle ne marche pas toujours parallèlement au degré de similitude extérieure que l'on constate entre les divers animaux et végétaux.

En dépit du peu de dissemblance qui existe entre *Anagallis arvensis* et *A. cœrulea*, qui ne diffèrent que par la couleur de leurs fleurs, le croisement entre ces deux espèces est stérile. On n'est pas encore parvenu à obtenir des hybrides du Poirier et du Pommier, de *Primula officinalis* et de *Pr. elatior*, tandis que l'on a obtenu des croisements féconds entre des espèces appartenant à des genres différents, par exemple entre *Lychnis* et *Silene*, *Rhododendron* et *Azalea*, etc.

« La variabilité de l'affinité sexuelle et de la parenté systématique, dit SACHS, est démontrée d'une façon surprenante encore par ce fait que des variétés de la même espèce sont complètement ou partiellement stériles entre elles, par exemple *Silene inflata* var. *alpina* avec var. *angustifolia*, var. *latifolia* avec var. *littoralis*, etc. »

Dans le règne animal et dans le règne végétal, il y a certains genres dont les espèces peuvent facilement se croiser, tandis que les espèces d'autres genres résistent opiniâtrément à toute tentative de croisement. Dans le règne végétal, les Liliacées, les Rosacées, les Salicinées, dans le règne animal les Truites, les Carpes, les Pinsons, etc., donnent facilement des hybrides. Des races de Chien très différentes, par la structure de leur corps, comme le Basset et le Chien de chasse par exemple, engendrent des formes métisses.

Pour bien apprécier combien sont nombreux les facteurs qui interviennent dans l'hybridation, il suffira de dire que l'on a souvent observé que les œufs d'une espèce A peuvent être fécondés par le sperme d'une espèce B, alors que le sperme de A ne peut féconder les œufs de B. L'affinité sexuelle entre les cellules sexuelles de deux espèces différentes peut donc exister dans un sens et manquer dans l'autre sens. Il me semble d'ailleurs qu'il faut chercher le facteur décisif dans l'organisation de l'œuf : c'est ce que l'on peut conclure d'expériences que nous allons relater.

Citons quelques exemples de ce croisement unilatéral.

Les œufs du *Fucus vesiculosus* se laissent féconder par les anthérozoïdes du *Fucus serratus*; mais l'inverse n'a pas lieu. *Mirabilis Jalappa* fécondé par le pollen de *Mirabilis longiflora* donne des graines, tandis que le croisement inverse de ces deux espèces reste stérile.

On constate souvent le même fait dans le règne animal, pour des espèces dont on peut opérer la fécondation artificielle en mélangeant les produits

sexuels. Mon frère et moi (VII, 20) nous avons accompli des croisements entre espèces différentes d'Échinodermes, et nous avons constaté que lorsqu'on mélange des œufs d'*Echinus microtuberculatus* avec du sperme de *Strongylocentrotus lividus*, la fécondation commence partout après quelques minutes, la membrane vitelline se sépare du vitellus. En une heure et demie tous les œufs étaient régulièrement segmentés en deux. Le lendemain les blastula ciliées étaient formées; le troisième jour, les gastrula; et le quatrième jour, le squelette calcaire commençait à apparaître. Le croisement inverse nous a fourni des résultats différents. Lorsque, dans un verre de montre, des œufs de *Strongylocentrotus lividus* étaient mélangés à du sperme d'*Echinus microtuberculatus*, la membrane vitelline ne se séparait du vitellus que dans des cas très rares. Presque tous les œufs ne subissaient pas le moindre changement. Deux heures plus tard on voyait çà et là un œuf segmenté en deux. Dans les œufs extrêmement rares qui se segmentaient, la membrane vitelline ou bien n'était que peu séparée du vitellus, ou bien elle était encore assez intimement appliquée contre lui. Le lendemain, on remarquait dans le verre de montre un très petit nombre de blastula ciliées, tandis que la grande majorité des œufs n'avaient encore subi la moindre modification.

PFLÜGER (VII, 50) a constaté un fait semblable pour le croisement de *Rana fusca* par *Rana esculenta*. Les œufs de *Rana fusca* déposés dans le sperme, mélangé d'eau, du testicule de *Rana esculenta* restaient toujours non fécondés. Mais, lorsqu'on mélangeait les œufs de *Rana esculenta* avec le sperme pris dans le testicule de *Rana fusca*, ils se développaient régulièrement, à l'exception de quelques-uns qui se segmentaient anormalement. Toutefois, après le stade blastula, ils mouraient tous sans exception.

Les conséquences de la fécondation hybride, telles qu'on peut les constater dans le développement du produit du croisement, offrent maints points de comparaison avec les résultats de l'autofécondation. Lorsque la fécondation s'accomplit, les embryons meurent souvent précocément ou bien ils conservent une constitution débile.

Lors du croisement de certaines espèces d'Échinodermes, les larves ne dépassent pas le stade gastrula. De même PFLÜGER a vu les œufs croisés de *Rana fusca* par le sperme de *Rana esculenta* mourir dès le stade blastula. Les hybrides animaux, lorsqu'ils arrivent à l'âge de la maturation sexuelle, ont habituellement des organes sexuels faibles et restent eux-mêmes stériles.

Le règne végétal nous fournit de très nombreux exemples du même phénomène. Parfois, à la suite de la fécondation hybride, il se forme des graines; mais elles sont imparfaitement développées et ne sont pas toujours capables de germer. Quand elles germent, les plantules qu'elles

fournissent sont tantôt faibles, tantôt puissantes. « Les hybrides obtenus par croisement d'espèces très différentes sont souvent très délicats, surtout dans le jeune âge, ce qui fait que leur culture est très difficile. Les hybrides ou métis obtenus par croisement entre espèces ou races proches parentes sont au contraire, en général, extraordinairement vigoureux et forts : ils se distinguent le plus souvent par leur taille, leur développement rapide, la précocité et l'abondance de leurs fleurs, la longue durée de leur vie, leur grand pouvoir de multiplication, la taille extraordinaire de leurs organes et quelques autres caractères semblables. »

« Les hybrides issus d'espèces différentes forment dans leurs anthères un plus petit nombre de grains de pollen que les plantes d'origine pure; souvent ils ne produisent même ni pollen ni graines. Les métis de races très voisines ne se distinguent généralement pas par l'affaiblissement de leur reproductivité sexuelle. »

En général, le produit hybride prospère d'autant mieux que la parenté systématique des parents est plus proche et que leur affinité sexuelle est plus grande. Dans certains cas il peut même mieux prospérer que le produit d'un œuf normalement fécondé. C'est ainsi que *Nicotiana rustica* fécondé par le pollen de *N. californica* fournit une plante dont la hauteur proportionnellement à celle des parents est dans le rapport de 228 à 100 (HENSEN, VII, 18).

7) Influence des circonstances extérieures sur l'affinité sexuelle

Les expériences d'autofécondation et d'hybridation nous ont montré que l'affinité sexuelle des œufs et des cellules spermatiques constitue un facteur indéchiffrable, dont les conséquences sont les plus variables : possibilité ou impossibilité de la fécondation ; arrêt précoce du développement ou bien développement affaibli ou puissant, etc. Mais l'affinité sexuelle est un phénomène plus complexe encore, car elle se laisse souvent influencer par les circonstances extérieures.

Les recherches expérimentales entreprises sur les conditions de l'hybridation chez les Échinodermes ont établi des relations extrêmement singulières (VII, 20). Les œufs non fécondés de ces organismes n'ont pas d'enveloppes. Néanmoins il ne s'accomplit généralement pas de fécondation lorsqu'on les mêle à des spermatozoïdes d'espèces très proches parentes, quoique ces spermatozoïdes se fixent à la surface de ces œufs et exécutent des mouvements de pénétration. L'absence de fécondation ne peut ici s'expliquer qu'en admettant que l'œuf, si je puis dire, refuse la pénétration du spermatozoïde qui ne lui est pas équivalent.

Mais ce n'est pas toujours le cas. Lors des croisements entrepris entre

Strongylocentrotus lividus et *Sphærechinus granularis*, parmi des centaines d'œufs il y en avait toujours un nombre plus ou moins considérable qui étaient fécondés par le sperme étranger, tandis que la grande majorité d'entre eux ne réagissaient pas. Les œufs d'un seul et même animal étaient donc différents les uns des autres, de la même façon que parfois les zoospores d'une seule et même espèce peuvent réagir différemment vis-à-vis de la lumière, les unes recherchant le bord positif, d'autres le bord négatif et d'autres encore oscillant entre les deux bords (p. 96). De même que les zoospores montrent un degré différent de sensibilité pour l'excitant lumineux, de même les œufs d'un seul et même animal montrent un degré différent d'affinité sexuelle et, ce qui est plus étonnant encore, ce degré d'affinité sexuelle peut être hautement influencé et modifié par les circonstances extérieures.

La voie à suivre pour s'en assurer est très simple. Les œufs mûrs des Échinodermes peuvent se conserver non fécondés, dans l'eau de mer, sans perdre leur fécondabilité, pendant 24 à 48 heures après avoir été détachés de l'ovaire. Pendant ce temps, il s'accomplit en eux des changements qui se manifestent par leur manière de se comporter vis-à-vis du sperme étranger.

Pour ces expériences, deux méthodes différentes ont été employées : l'une d'elles peut être appelée la méthode de la fécondation par retards successifs (successive Nachbefruchtung). Cette méthode consiste à opérer successivement et à des intervalles de temps égaux la fécondation, au moyen du sperme d'une autre espèce, d'un certain nombre d'œufs provenant d'une même masse d'œufs recueillis simultanément. Voici l'important résultat de cette expérience : *Les œufs qui étaient croisés, hybridés, immédiatement après leur sortie de l'ovaire bien distendu résistaient à la fécondation à l'exception d'un très petit nombre; mais ceux qui étaient hybridés 10, 20 ou 30 heures après leur sortie de l'ovaire résistaient en proportions de moins en moins considérables, se laissaient féconder en nombre de plus en plus grand et donnaient naissance à des embryons absolument normaux.* Le résultat était toujours le même, soit qu'il s'agit d'œufs de *Strongylocentrotus lividus* croisés avec du sperme de *Sphærechinus granularis* ou d'*Echinus microtuberculatus*, soit qu'il s'agit d'œufs de *Sphærechinus granularis* croisés avec du sperme de *Strongylocentrotus lividus*.

Dans ces expériences, la réussite ou la non-réussite de l'hybridation ne dépendaient pas de la variabilité du sperme, attendu que ce dernier provenait chaque fois d'un testicule bien distendu; l'on pouvait donc considérer le sperme comme un facteur relativement constant. Il n'y a pas de doute que seuls les œufs avaient modifié leur réaction vis-à-vis de l'influence du sperme étranger.

Mais, en général, des modifications favorisant l'hybridation peuvent se produire naturellement ou être provoquées artificiellement dans l'œuf. Alors on doit aussi théoriquement admettre qu'il est possible d'hybrider à peu près sans déchet les produits sexuels de deux espèces ayant l'une pour l'autre un certain degré d'affinité sexuelle. Selon les circonstances dans lesquelles on réunit les produits sexuels, on pourra alors obtenir un minimum et un optimum d'hybridation.

Pour fixer ces relations, le mieux est d'expérimenter sur des œufs provenant d'une même femelle, en les divisant en plusieurs portions, que l'on traite à des moments différents. Dans ce cas, on obtient toujours la moindre proportion d'hybrides avec les œufs auxquels on ajoute le sperme étranger immédiatement après leur sortie des ovaires. Plus est tardive la fécondation (5, 10, 20 ou 30 heures après la sortie des œufs hors de l'ovaire), plus augmente la proportion des œufs hybridés, jusqu'à ce qu'elle atteigne un optimum d'hybridation. Par cette expression on désigne le moment où le sperme étranger féconde la plus grande proportion possible d'œufs se développant normalement. La durée de cet optimum est courte, car il s'accomplit sans cesse dans les œufs des changements qui sont invisibles pour nous. A partir de cet optimum, la proportion des œufs se développant normalement à la suite de l'hybridation commence à diminuer de nouveau. Cette diminution est principalement due à ce que la proportion des œufs dans lesquels pénètrent plusieurs spermatozoïdes augmente de plus en plus, que ces œufs se segmentent irrégulièrement et donnent lieu à des monstruosités.

Les résultats obtenus par la fécondation hybride par retards successifs peuvent se traduire par une courbe dont le sommet correspond à l'optimum d'hybridation. Pour fixer les idées, indiquons les résultats donnés par les croisements successifs des œufs de *Sphaerechinus granularis* avec le sperme de *Strongylocentrotus lividus*. Mis en présence du sperme, 15 minutes après avoir été enlevés de l'ovaire, les œufs qui sont fécondés et qui se développent sont extrêmement rares (minimum d'hybridation). Après 2 heures un quart, 10 0/0 d'entre eux se laissent féconder; après 6 heures un quart, environ 60 0/0, et après 10 heures un quart, tous, à l'exception de 5 0/0 environ, se laissent féconder et se développent généralement d'une façon normale (l'optimum d'hybridation est atteint). Quand les œufs sont mis en présence du sperme 25 heures après avoir été enlevés de l'ovaire, un certain nombre d'entre eux se développent normalement; d'autres, très nombreux, se développent irrégulièrement par suite de polyspermie, et quelques-uns restent sans être fécondés.

Ces résultats sur les œufs des Échinodermes me semblent fournir une explication de ce fait bien connu que les espèces animales et végétales

domestiques se laissent généralement croiser plus aisément que les espèces parentes qui vivent à l'état sauvage. La domestication modifie aussi l'ensemble de la constitution de l'espèce et la rend plus souple. Cette transformation touche particulièrement les produits sexuels, l'appareil de la génération s'adaptant par sympathie à tous les changements du corps.

De même que dans les phénomènes d'hybridation, de même aussi dans les phénomènes d'autofécondation l'affinité sexuelle est influencée par les circonstances extérieures. Comme le rapporte DARWIN (VII, 8), *Eschscholtzia californica*, qui n'est pas autofécondable au Brésil, l'est devenu en Angleterre où on l'a importé. Des semences venant d'Angleterre ont été semées au Brésil, où elles ont donné naissance à des plantes qui sont très vite redevenues incapables d'autofécondation. On peut aussi constater une variabilité individuelle dans l'autofécondation. De même que chez les Echinodermes parmi les œufs d'un ovaire un certain nombre se laissent croiser par du sperme étranger, tandis que d'autres ne le font pas, de même l'expérience a prouvé que pour *Reseda odorata* certains individus peuvent se féconder eux-mêmes, tandis que d'autres ne le peuvent pas. C'est aussi à de semblables différences individuelles entre les cellules-œufs d'une même fleur qu'il faut attribuer ce fait que chez beaucoup de plantes l'autofécondation aussi bien que l'hybridation fournissent toujours beaucoup moins de graines que la fécondation normale. Un certain nombre d'œufs ou bien ne se laissent même pas féconder par le pollen étranger, ou bien meurent précocément lorsqu'ils sont fécondés.

δ) Coup d'œil rétrospectif et essai d'explication

Si nous jetons encore maintenant un coup d'œil rétrospectif sur les phénomènes que nous venons de décrire, nous ne pouvons douter que la fécondabilité des cellules sexuelles et l'affinité sexuelle, qui est en connexion si intime avec elle, ne constituent un phénomène de la vie extraordinairement compliqué. Les facteurs qui entrent ici en jeu échappent à nos sens. Mais bien des faits semblent indiquer qu'il faut chercher, dans de faibles variations de l'organisation moléculaire, pourquoi ici les œufs peuvent se développer parthénogénétiquement, tandis que là ils ne peuvent se développer qu'après s'être unis à une cellule spermatique; pourquoi tantôt l'autofécondation et l'hybridation réussissent et tantôt qu'elles ne réussissent pas; pourquoi les cellules-œufs d'un seul et même individu se comportent souvent d'une façon très différente dans l'autofécondation et l'hybridation; pourquoi la fécondabilité et la parthénogenèse, la réussite de l'autofécondation et de l'hybridation peuvent souvent être influencées par les circons-