

1) Espèce et/ou évolution

L'origine des espèces a mobilisé depuis deux siècles à peu près tous les domaines des sciences de la vie pour en écrire l'histoire et pour en comprendre les mécanismes, au point que le mot biologie enveloppe à peu près le même contenu que le mot évolution, si l'on en croit la phrase fameuse de Dobzhansky. Cependant parmi cette foule de questions passionnantes posées par la transformation des espèces il en est une si évidente qu'on l'oublie parfois : les espèces sont extraordinairement **stables**. Stabilité à laquelle on ne prête guère attention tellement elle fait partie de notre quotidien, au point d'être sans doute à l'origine de nos catégories de pensée les plus fondamentales, les Idées éternelles de Platon, et les catégories de jugement d'Aristote, enfin et pire que tout, stabilité suspectée de faire le jeu des créationnistes abhorrés et de l'Intelligent Design sulfureux. A son époque où l'âge de la Terre se comptait en milliers d'années, il faut comprendre le fixisme de Cuvier qui objectait que les chats égyptiens vieux de trois mille ans trouvés dans les tombes ressemblaient parfaitement aux nôtres. Autre exemple fameux, *Drosophila melanogaster* se reproduit depuis 5 MA au rythme de 20 générations par an, soit cent millions. La comparaison avec des espèces apparentées donc partageant un ancêtre commun, montre que les changements survenus depuis la séparation des lignées sont faibles. Ainsi cette espèce emblématique des théories et des expériences sur l'évolution, capable en six mois de répondre aux programmes de sélection les plus inattendus, témoigne envers et contre tous d'une stabilité opiniâtre. On connaît des mollusques stables sur 20 MA, les dentales seraient fixes depuis le lias soit 200 MA ...

L'espèce était donc le pire ennemi des **premiers transformistes**. Toutes les définitions de l'espèce, même les découpages arbitraires et les conventions nominalistes, sans lesquels on ne pourrait même pas la désigner, portent l'indice embarrassant d'une permanence et d'une subsistance, qui se met en travers de l'idée d'évolution. Linné et Buffon, jeunes, avaient placé l'espèce au fondement de la nature et jugé le genre un regroupement arbitraire ; devenus transformistes timides sur la fin de leur vie ils affirment le contraire : le principal requis du «transformisme limité» est un assortiment d'espèces instables et arbitraires découpées au sein d'un genre réel et stable. Lamarck et Darwin pour une fois d'accord n'ont pas de mots assez durs pour montrer que l'espèce n'est rien que conventions changeantes, artifices et caprices de naturalistes – lesquels se sentent bien frustrés puisqu'ils consacrent leur vie à nommer des espèces ! Il faut attendre les années 1920-30 pour que s'imposent les notions d'espèce naissante avec Cuénot et de spéciation avec Dobzhansky. Nous avons aujourd'hui bien intégré cette alternance entre des phases de stabilité souvent longues entrecoupées de crises souvent brèves.

Il est remarquable que la nomenclature linnéenne des espèces, rigoureusement fixiste, ait parfaitement survécu à la révolution darwinienne et que pas un taxonomiste moderne ne la remette en cause¹. La règle de **priorité** est un "principe fondamental de la nomenclature zoologique" (*Code zoologique...* 1999 : préambule), selon lequel le nom le plus ancien (depuis 1758, Titre I) s'applique dans tous les cas où le même taxon est désigné deux ou plusieurs fois. Ce droit d'aînesse est sans doute le seul exemple dans le corpus du savoir scientifique où une certitude l'emporte sur d'autres du seul argument de son antériorité : la règle de priorité de l'identification la plus ancienne est un hommage appuyé à la permanence des espèces.

¹La cladistique s'efforce de mettre en place une classification vraiment évolutive et phylogénétique dont rêvait d'ailleurs Darwin, selon son schéma bien connu.

Une seconde difficulté posée par l'espèce est la fameuse question du **saut de la nature**. En effet Darwin souligne "les degrés de transition infiniment nombreux que requiert sa théorie" (*De l'origine des espèces* : 480). Il suppose une continuité évolutive, un glissement progressif, donc l'absence d'espèces bien tranchées ; mais pourtant les discontinuités et les stabilités sont bien là, qu'il faut justifier, (Huxley à Darwin, 23 novembre 1859 (*Correspondence...*), veille de la publication de *L'origine des espèces* : "nous nous sommes encombrés nous-mêmes d'une difficulté inutile en adoptant sans réserve *Natura non facit saltum*".). Selon ce modèle la variation est continue à l'intérieur de chaque espèce et à leur tour les espèces sont en continuité l'une après l'autre, de sorte que l'espèce nouvelle n'est que le prolongement de l'espèce précédente - le tigre est un chat devenu très gros et qui mange des moutons comme l'autre des souris. Ce modèle a deux défauts : en supprimant les limites entre espèce, c'est l'espèce qu'il supprime, et en instaurant la continuité il supprime l'innovation radicale.

Troisième difficulté : la **sélection** n'est pas l'évolution. Dans l'immense majorité des cas c'est même le contraire. La sélection ne crée pas, elle tue ou protège. Hobbes, Rousseau, Diderot, modernes Spartiates, éliminent sans vergogne les nouveaux nés mal bâtis au nom d'un idéal humain. Leur modèle n'est pas instructif mais destructif, il n'est pas novateur mais conservateur. La variation reste improductive - voire dégradante - car l'écart au type est sanctionné et non pas exploité, la survie du variant est douteuse et non pas prometteuse. Les Buffon, les Maupertuis, sont de faux évolutionnistes, des conservateurs réactionnaires, leur transformisme limité est une dégénérescence. Apparemment l'essence et le type sont bannis, mais ils subsistent sous une présentation rénovée et mécaniste telle que moule intérieur, emboîtement, préformation, etc. Ils goûtent la variation, la diversité, le monstre, comme un jeu, le clou du Cabinet de curiosités. Ce qui leur manque c'est donner une cohérence à l'équation infernale : **variation créatrice + sélection éliminatrice = évolution** , mais pour cela il faudra attendre le génie de Darwin.

Les équilibres ponctués. Des paléontologues tel l'illustre Gould ont tenté de bluffer, annonçant même au passage que la dialectique espèce/spéciation avait, comme disent les journalistes, « dépassé Darwin ». Non sans raison ces auteurs commencent par rejeter le gradualisme de Lamarck et Darwin, jugé peu compatible avec la permanence durable des espèces. Mais ensuite Gould identifie froidement les stases et sauts repérés dans les strates fossilifères comme étant des successions espèces et spéciations. L'étudiant le plus occasionnel sait que les rythmes de l'évolution sont variables, que les fossiles les plus stables choisis comme marqueurs alternent avec des changements qui sont eux-mêmes tantôt rapides tantôt lents – sans parler des lacunes d'échantillons. Comment confondre les mécanismes de formation des couches fossilifères avec les événements génétiques fins qui régissent aussi bien la stabilité des espèces que la naissance des nouvelles, totalement hors de portée des paléontologues. C'est à ce niveau que je place mon exposé.

2) Espèce et spéciation.

Pour servir de guide pendant ma conférence et pour éviter la précipitation à la fin, je livre tout de suite mon idée. Nous partons d'un constat évident, les relations entre individus varient : les uns se ressemblent et d'autres diffèrent, des lignées se confondent et d'autres se partagent, des couples se fécondent et d'autres s'ignorent. Le jeu compliqué de ces variations se modifie au cours des temps, ce qui définit exactement ce qu'on appelle l'évolution. Nous sommes donc en présence de deux séries de questions : comment les espèces changent-elles, et comment ne changent-elles pas ? Je vais proposer une mise en forme conceptuelle selon laquelle les circonstances, les organes et les forces qui maintiennent les relations sont désignés comme **résilience**, tandis que ce qui entraîne l'apparition de nouvelles relations est désigné comme **sérendipité**. Attention, ces termes ne cachent pas une cause *ad hoc* ni une vertu stabilisante ou spécifiante qui expliqueraient comme par diablerie les ressorts secrets de l'évolution, mais forment un jugement qui avec les mots qui parlent le mieux, met en rapport les deux aspects alternatifs des relations. Le premier est très connu au point d'être le titre de ce colloque, le second l'est moins.

2-1) J'appelle **résilience** d'une espèce le maintien indéfini des relations adaptatives et reproductives d'une communauté d'individus entre certaines limites de variation qui lui sont propres. L'espèce offre peut-être le modèle de résilience la plus parfaite de la nature. Au contraire des civilisations humaines, des montagnes et des continents, et jusqu'aux astres qui vieillissent et disparaissent sans espoir de restitution, l'espèce se conserve le plus fidèlement et le plus longtemps, disons même, sans limite assignable.

Comment savoir ce qui maintient l'espèce semblable à elle-même puisque le travail incessant d'une terrible activité de sélection a été interprété dans le sens conservateur au 18^{ème} et novateur au 19^{ème} ?

Diverses notions telles que **viscosité**, **amortissement**, **élasticité**, ne conviennent pas parce qu'elles enferment trop de passivité et d'inaction. Trop de passivité encore dans le concept d'**inertie** évolutive, qui désigne le maintien des structures et des fonctions telles que division cellulaire, réplication, correction, etc. en effet très conservées, au point que nous partageons avec les levures 30% de gènes. L'inertie phylétique du type dans les lignées évolutives, le type oiseau, le type fourmi ou tortue, est certes un trait majeur de l'évolution, mais trop d'inertie réduit l'étape de la découverte évolutive à un ajustement de convenance. L'espèce fait mieux.

Une des propriétés les plus intéressantes de l'espèce est son aptitude à effacer certaines variations et à conserver la **mémoire** des autres. De manière très schématique on distingue trois niveaux de mémoire.

i) La **résilience** de l'espèce est la fonction qui gomme les variations, qui perd la mémoire des accidents, véritable fonction active d'effacement grâce à laquelle cette drosophile reste cette drosophile : des migrants s'éloignent puis reviennent, des adaptations s'installent dans certaines circonstances puis disparaissent, des variants sexuels et du développement surviennent puis sont résorbés, la mémoire des accidents est perdue, seules persistent les relations essentielles. C'est la mémoire fixiste.

ii) Le niveau **adaptatif** tantôt conserve la trace tantôt perd la mémoire de certains événements, par exemple certaines colonisations, certaines mutations : c'est la mémoire élastique et réversible qui suit la vie et l'histoire de chaque espèce, c'est un peu à ce niveau que se situe le darwinisme classique.

iii) Troisième niveau, la dérive **aléatoire**, non sélective, fixe passivement des variations neutres tels que les marqueurs moléculaires, et garde très bien les souvenirs des partages, des

effets fondateurs, au point de servir aux datations, car cette mémoire anecdotique traverse même les espèces.

Au passage ceci tord le cou à une erreur traditionnelle : chaque espèce aurait une vie, espèce jeune et pleine de potentiel, espèce vieillissante à son acmé. Rien n'est plus faux, une espèce peut être récente ou ancienne mais non pas jeune ou vieille. Jusqu'au dernier survivant chaque espèce conserve les mêmes relations, les ressemblances n'ont pas d'âge, ni la descendance ni les rapports sexuels ne s'usent.

La résilience de l'espèce est une des valeurs clés de l'équilibre écologique. L'exemple toujours cité de l'incendie d'une forêt suivi du retour plus ou moins rapide vers l'état initial et la restauration du système, justement appelée cycle des espèces. Cette restauration est progressive et peut-être incomplète car des espèces peuvent manquer ou d'autres auparavant absentes, s'installer, mais une chose est sûre : l'espèce qui revient est exactement celle qui avait disparu. Après un désastre, son retour est plein et entier, on peut toujours faire confiance, il ne reste comme traces de son crash que les marqueurs neutres.

Une espèce est faite de relations en perpétuel retour sur soi. **Canalisation** du développement, adaptation mutuelle des organes et des fonctions au mode de vie et à l'environnement, pour l'individu, et pour la population, échanges géographiques, sélection naturelle et sexuelle.

On peut conclure par une définition bien frappée : l'espèce est un groupe naturellement **homéostatique**.

2-2) Sérendip est un des noms de Ceylan ou Sri Lanka où se récite un conte dans lequel trois frères sont soumis à diverses épreuves dont ils triomphent grâce à leur intelligence. La sérendipité dans son sens le plus commun désigne l'utilisation heureuse et intelligente de l'imprévu ou du hasard : la découverte de l'Amérique ou de la pénicilline étaient imprévues mais les navigateurs ou les biologistes étaient habiles et entreprenants, si bien que leur savoir et leur compétence ont su tirer parti des circonstances. La sérendipité décrit d'abord le mouvement de notre intelligence lorsqu'elle se tend vers la recherche des causes. Elle se fonde sur un raisonnement, elle est donc réservée à la pensée consciente, à la sagacité du chercheur dans ce qu'elle a de plus pointu, elle est donc assez proche l'abduction de Pierce, ou de la rétrodiction. Mais au raisonnement logique s'ajoute l'idée de « hasard » des faits. On connaît la phrase de Pasteur « dans les champs de l'observation le hasard ne favorise que les esprits préparés ». Les scientifiques se méfient à juste titre du mot « hasard », si le mot dérange on parlera alors de concours de circonstances, ainsi C. Colomb n'a pas rencontré l'Amérique par hasard car elle barrait sa route, mais cette rencontre était indépendante de son projet. A la rigueur on peut dire tout de même que le hasard a réparti les poissons de part et d'autres lors de la surrection de l'isthme de Panama.

L'espèce nouvelle est en rupture avec les états précédents mais elle n'est pas le saut dans l'inconnu. D'abord elle doit l'essentiel de ses traits à l'espèce précédente et ensuite ses innovations ne sont pas quelconques, ce que justement la sérendipité prétend apporter dans le mot « intelligence ». Certes, la sérendipité pas plus que l'intelligence ne sont des fonctions présentes et actives dans la nature, et c'est évidemment par métaphore que nous les rapporterons à l'évolution des espèces. Dans ce sens la sérendipité des espèces est leur capacité à exploiter (plutôt que comprendre ou inventer) des circonstances atypiques rapidement et créativement. Elle est une disposition, une capacité, une habileté, qui est productive quoique sans but préalable. Active, elle est donc le contraire de la dérive passive, et novatrice, elle est aussi le contraire du retour à l'ordre initial, la résilience. Elle n'est pas non plus une **puissance**, concept issu de la logique d'Aristote qui analyse la réalisation finale d'un acte : parce qu'il est issu d'un chêne en acte le gland a un chêne en puissance selon une

causalité linéaire sans hasard ni relation extrinsèque. Or il n'est pas vrai qu'une espèce en ait une autre en puissance – précisément à cause du hasard.

Deux mille ans plus tard, plusieurs concepts prestigieux importés de la physique, de la théorie de l'information, des mathématiques et autres sciences dures, vers la biologie, font toujours illusion. Ce que l'espèce n'est pas : un attracteur stable, un oscillateur, un réseau complexe, un graphe à boucles de rétroaction positives ; la spéciation n'est pas une rupture de robustesse, ni une catastrophe, ni une variation non dérivable ; l'évolution n'est pas le chaos, ni un îlot de néguentropie, ni une résonance stochastique. Tous ces concepts et simulations restent terriblement en-deçà des besoins des naturalistes. Qu'en pense la biologie théorique ?

Même objection contre l'**émergence**, qui ne fait pas suffisamment place à l'imprévu. Quand je dis par exemple que les propriétés de l'eau émergent de celles de l'oxygène et de l'hydrogène, je suis certain du résultat, qui est enveloppé dans les données initiales quoique non lisible. Il n'y a pas d'évolution en chimie ou en physique car c'est toujours le même résultat qui émerge. Tout au contraire est la sérendipité, par nature créatrice et relationnelle et qui amène par hasard à chaque fois une solution nouvelle. C'est pourquoi on peut énoncer des lois en physique mais jamais pour l'évolution. Si l'évolution recommençait, ou sur une autre planète, avec la même chimie pourtant, elle produirait un monde totalement différent. Le maître mot de la spéciation est : comment des relations nouvelles surviennent. Enfin c'est aussi ce qui donne à l'évolution une certaine parenté avec la **création artistique**, et peut-être sa valeur, mais je ne parlerai pas de l'espèce comme œuvre d'art.

L'oeil primitif est composé de cellules photosensibles disposées évidemment vers l'avant de l'animal, et comme ces cellules sont fragiles et que l'avant est exposé, elles sont en général concentrées et abritées dans une cupule. Par ailleurs l'animal, ver, mollusque, etc. est souvent porteur d'un mucus protecteur qui se concentre naturellement dans ces cupules : il en résulte un effet de lentille qui focalise la lumière au fond de la cupule précisément sur les cellules sensibles. Ce n'est pas tout : la cupule est souvent fermée par un sphincter dont la fonction est purement protectrice, mais qui devient un diaphragme plus ou moins ouvert régulant le passage de la lumière. On a ici deux exemples d'un dispositif mécanique devenu un organe optique, lentille et diaphragme, de manière très simple et qui témoigne d'une utilisation imprévue et intelligente des lois de la physique. On pourrait encore ajouter les cristallines qui sont des enzymes transparentes dont la fonction optique est aussi un réemploi. Bien entendu ce qu'on désigne par exaptation, réemploi, bricolage, et qui offre l'apparence d'une finalité et d'une intelligence naturelle, ne s'écarte jamais du strict modèle matérialiste pur et dur. Darwin (*La fécondation des orchidées*²) avait d'ailleurs bien compris cette notion de réemploi opportun.

La sérendipité est un saut qualitatif, elle ne prolonge pas l'évolution adaptative graduelle et continue, au contraire elle instaure un régime nouveau qui par nature – et ce point est essentiel - ne pouvait pas exister auparavant donc ne pouvait pas être objet de sélection. Edison n'a pas inventé l'ampoule électrique en cherchant à perfectionner les bougies.

² p. 329 de la traduction française (1870, rééd. 1999) : " si un homme construit une machine dans une fin déterminée, mais emploie à cet effet, en les modifiant un peu, de vieilles roues, de vieilles poulies et de vieux ressorts, la machine, avec toutes ses parties, pourra être considérée comme organisée en vue de cette fin. Ainsi dans la nature, il est à présumer que les diverses parties de tout être vivant ont servi, à l'aide de modifications légères, à différents desseins, et ont fonctionné dans la machine vivante de plusieurs formes spécifiques anciennes et distinctes".

3) Exemples

3-1) Les races domestiques

L'origine des espèces s'ouvre par un chapitre fondateur consacré à l'origine des races domestiques sous l'effet de la sélection artificielle, que je ne suis pas loin de considérer comme l'un des textes les plus importants de Darwin. Ensuite il étend le modèle de la sélection artificielle à la sélection naturelle, et l'origine des races domestiques devient tout bonnement l'origine des espèces.

i) La résilience des races domestiques

La première objection opposée à Darwin porte précisément sur le comportement des races domestiques : abandonnées à elles-mêmes toutes sans exceptions retournent à leur état primitif sauvage ou naturel, sous l'effet d'une « force de rappel » à vrai dire assez mystérieuse mais qu'il faut bien considérer comme adaptative et sélective sous peine de contradiction insupportable. Les traits économiques améliorés par des générations de sélection ne se maintiennent pas mais au contraire les animaux retournés à l'état libre (marronnage) retrouvent ou conservent les caractères primitifs de l'espèce, notamment la rusticité. Par exemple les mouflons de Corse sont des chèvres domestiques retournées à l'état sauvage. La résilience de l'espèce est cette capacité à récupérer son statut initial. Nous avons évoqué la drosophile qui n'est pas classée comme domestique, et qui est soumise aux exercices de sélection les plus extraordinaires depuis un siècle : aucune lignée livrée à elle-même n'a jamais réussi à maintenir ses caractères, toutes les divergences évolutives amorcées en laboratoire ont échoué et les lignées qui ne sont pas éteintes sont toutes redevenues normales, en particulier aucun isolement sexuel même éphémère n'a réussi – sauf à confondre isolement avec stérilité. Il faut l'avouer, le modèle de la sélection graduelle d'une lignée en vue de produire une espèce nouvelle donne de la spéciation une image insuffisante, partout la résilience l'emporte

ii) La sérendipité des races domestiques

La domestication fait un usage intelligent d'aptitudes animales ou végétales qui à l'état naturel restaient sans emploi. L'homme qui mange un mouton n'innove pas car il y a longtemps que les loups et bien d'autres savent le faire, et un écologiste pourrait dire non sans cynisme que c'est sa fonction naturelle de maillon dans la chaîne alimentaire depuis les végétaux jusqu'aux carnivores. Le pasteur qui se borne à élever de la viande sur pied n'a donc pas une idée mirobolante. En revanche tondre un mouton pour tricoter un pull-over ou traire une brebis pour fabriquer un fromage, c'est une idée radicalement neuve qui n'était pas présente dans le concept ou les aptitudes ou les fonctions naturelles du mouton. La laine ou le lait ne sont pas « faits » pour l'homme, mais l'homme a su en « faire » du tissu ou du fromage. On pourrait en dire autant du ver à soie ou du cheval de labour. De ce point de vue la domestication n'est ni un simple hasard ni le résultat d'une évolution naturelle, c'est la rencontre imprévue et heureuse de certaines espèces avec certains hommes compétents qui a ouvert une niche profitable pour tous puisque les animaux domestiques sont désormais des milliards. Parce qu'il est câlin le chat de salon pullule mais le sauvage, tout aussi vigoureux mais très agressif, disparaît : la sérendipité des mémères à chats a joué en faveur du premier.

Pour évoluer les espèces doivent trouver « quelque chose » de neuf pour le soumettre à la sélection. La domestication chère à Darwin nous offre donc un modèle intéressant, celui du génial zootechnicien, de l'agronome ingénieux, mais il n'est pas facile de lui trouver une présence naturelle.

3-2) Le mimétisme passable

Si un papillon d'une espèce comestible ressemble à un autre d'une espèce amère que les oiseaux ont appris à ne pas manger, il est à son tour protégé : c'est le mimétisme batésien. Pour réussir dans la vie le mime doit surveiller son patron, sa mise et sa conduite, ressembler le mieux possible au modèle y-compris s'il existe des variants géographiques, naître quelques jours ou semaines après lui pour laisser aux oiseaux naïfs le temps d'apprendre, visiter les mêmes sites aux mêmes heures, etc. On admet comme allant de soi que la sélection améliore et conserve toutes ces adaptations, punit les écarts, et perpétue le patron coloré le mieux protégé. Le mélanisme industriel est d'ailleurs la tarte à la crème des vulgarisateurs de la sélection naturelle.

Il y a cependant une difficulté à laquelle on ne prête guère attention : comment peuvent apparaître à la fois toutes ces adaptations puisqu'elles ont des bases génétiques indépendantes, mais surtout comment peut s'initier, quelle est l'origine du rapport de protection ? On comprend que la sélection rende plus exacte une ressemblance jusque là imparfaite, mais avant, quand aucune ressemblance n'existe on ne comprend pas comment tel papillon devient le mime de tel autre avec lequel n'existe *a priori* aucune relation. C'est bien un hasard heureux qui instaure cette relation nouvelle – comme le sosie d'une célébrité n'a pas choisi son modèle. C'est la raison pour laquelle il faut distinguer deux étapes : l'origine du mimétisme et son perfectionnement. i) Une mutation du patron d'un papillon lui fait par hasard ressembler de façon approximative à un autre qui justement est protégé, c'est le mimétisme passable qui impose seulement que la mutation porte sur un trait précis par lequel les oiseaux reconnaissent l'espèce amère ; d'ailleurs le polymorphisme partagé montre que de telles mutations ne sont pas si rares. ii) Ensuite d'autres mutations surviennent ou sont recrutées et sélectionnées, selon un processus qui améliore le taux de protection. La première étape du mimétisme passable dans laquelle un hasard non adaptatif devient une trouvaille, est sérendipiteuse puisqu'elle récompense l'inventeur, tandis que la seconde qui ajuste et corrige est adaptative et résiliente puisqu'elle punit le négligent. Admirons l'intelligence de ce papillon chanceux qui doit sa réussite non à ses talents, non à un processus sélectif et adaptatif, mais parce qu'il profite par chance, sans rapport de causalité, de sa ressemblance fortuite à un autre .



3-3) Les insectes phytophages spécialisés. Deux insectes s'accouplent, la femelle dépose ses oeufs, les larves mangent tant qu'elles peuvent, les adultes se recherchent et s'accouplent, eux aussi tant qu'ils peuvent. Les trois étapes du cycles font appel à des fonctions bien distinctes : manger, s'accoupler et pondre ; et étroitement précises : la chenille d'un spécialiste ne consomme qu'une seule plante, les signaux de reconnaissance des conjoints sont très discriminants, et l'oviposition est minutieuse (choix du site, tarière adaptée, etc.). Or ces fonctions qui sont génétiquement indépendantes sont sélectivement très coordonnées. La femelle pond sur la plante qui servira d'aliment des larves, les larves se métamorphosent au site où les adultes se rencontrent, et les conjoints s'accouplent là où la femelle ira pondre. Tout écart est puni. La femelle qui pond sur une plante non comestible, ou les larves qui se métamorphosent loin du site d'accouplement, ou l'accouplement loin du site de ponte, sont peu productifs -sauf si un miraculeux changement de cycle survient La mouche *Rhagoletis* qui vivait en Amérique sur l'aubépine *Crataegus* a découvert en 1864 les pommiers importés d'Europe, auxquels elle n'était évidemment pas adaptée, mais comme les pommes sont abondantes et nourrissantes elle a réussi son coup - comme Christophe Colomb a découvert l'Amérique alors qu'il cherchait la Chine. Cela s'appelle un glissement d'hôte. Comment les trois relations de fidélité à l'hôte, site d'appariement, de ponte et d'alimentation larvaire, ont-elles évolué ? On constate que la ségrégation des races d'hôte semble surtout soumise aux conditions d'existence, aux habitudes acquises, au sens lamarckien du mot, par exemple les mâles tendent à se rassembler sur les fruits de l'hôte où ils sont nés, et les femelles isolées dès leur naissance préfèrent pondre aussi sur le fruit dont elles proviennent. Les essais de capture et relâchement sur des hôtes croisés ne montrent aucun obstacle éthologique à l'accouplement ni à l'oviposition. les larves des deux formes prolifèrent mieux sur l'aubépine, l'hôte ancestral, et moins bien sur le pommier. Un isolement reproductif partiel dû à leur adaptation à l'hôte est apparu car la race du pommier entre en pupaison 16 jours et éclôt 10 jours plus tôt que celle de l'aubépine dont le fruit est plus tardif, ainsi l'hybridation entre eux est donc restreinte, de plus l'ovipositeur n'a pas la même longueur. Ce décalage adaptatif des races en deux profils de ponte aurait donc une base génétique, mais les distances génétiques entre ces races sont faibles et les hybrides prospèrent en élevage, sans défaut de développement ni de fécondité. Une centaine de générations c'est peu pour une spéciation, mais dans un tel modèle, une évolution génétique profonde n'est pas nécessaire, car la résidence sur un même site - ils habitent le même appartement et avec leurs enfants - constitue une adaptation durable et transmissible presque au sens lamarckien, pour une fois légitime. Il est tout de même déconcertant que sur un exemple d'adaptation digne du darwinisme élémentaire les chercheurs utilisent le mot « magique » comme devant une énigme indéchiffrable : *Magic traits in speciation : 'magic' but not rare ?* Servedio M.R. & al. 2011 : Trends Ecol Evol. 26-8 : 389-397.

3-4) Polyploïdes

Il existe une définition de la sérendipité légèrement différente de la précédente. Cette fois le résultat est attendu et même vivement « souhaité », mais les moyens manquent ou sont inaccessibles ou improbables : surgit alors une solution miracle qui résout la difficulté comme par magie cette fois encore.

Des plantes mutantes **tétraploïdes** apparaissent accidentellement au sein des populations diploïdes. Ces variants sont grands, robustes, se développent bien et sont féconds, mais comme ils sont rares et dispersés leur fécondation s'opère massivement avec les diploïdes parentaux voisins, donc leurs produits sont triploïdes donc stériles ; il en résulte que les tétraploïdes s'éteignent sans laisser une descendance féconde et l'essai évolutif échoue. On peut classer comme une forme de résilience cette épreuve de la méiose qui rejette les triploïdes et donc maintient la forme diploïde. Pour faire souche il faudrait que les tétraploïdes se fécondent entre eux, mais comment deux tétraploïdes nés par hasard chacun dans son coin, peuvent-ils se reconnaître et se choisir parmi la masse des diploïdes, comment porter précisément le pollen d'une rare fleur tétraploïde sur une autre aussi rare ? Cette fois encore le hasard intelligent va jouer en leur faveur. Les fleurs tétraploïdes sont plus grandes et puisque les insectes pollinisateurs visitent en général les fleurs à leur taille certains vont préférer les tétraploïdes et réaliser une fécondation sélective de ces fleurs entre elles, justement ce qu'on souhaitait ! D'emblée un isolement sexuel se met en place et la reproduction des rares variants tétraploïdes est assurée. C'est bien une sérendipité heureuse et imprévue qui utilise ces insectes dès qu'on a besoin d'eux. Notons que la survenue des pollinisateurs ne se fait pas attendre : la polyploïdie détermine la taille des fleurs qui à son tour sélectionne la taille des pollinisateurs, en général très communs. La fécondation choisie qui semblait un défi est résolue de manière simple, immédiate et disons même, élégante. On peut dire que les tétraploïdes font un usage « intelligent » du hasard.

4) Le modèle général de la spéciation

A chaque instant de la vie d'une espèce des variations surviennent et perturbent les relations, deux stratégies alternatives s'affrontent alors : soit stabilité des relations, la résilience agit en rappel, soit relations nouvelles, la sérendipité invente un nouveau standard.

- **La résilience ou la mort.** La résilience est la fonction de maintien des relations propres et habituelles à une espèce, de résistance aux changements, de retour en arrière et de réversibilité ou d'effacement des écarts. Les colonies de migrants s'éteignent, les adaptations locales et temporaires s'annulent, les fantaisies reproductives sont stériles, les écarts sont résorbés et les relations ancestrales l'emportent. La perte des relations est une privation qui ne produit rien, qui élimine sans créer, qui ne propose aucune nouveauté et donc n'est jamais en soi la cause de l'apparition d'une espèce nouvelle. C'est pourquoi la spéciation est si rare. Les modèles de spéciation fondés sur l'isolement, ou pire encore, sur la fameuse barrière, sont vides.

- **La sérendipité.** La perte de résilience, la perte des relations habituelles, est aussi une mise en condition. En bousculant, en forçant la résilience le hasard peut s'introduire, et permettre de réutiliser les relations de manière nouvelle et irréversible, c'est-à-dire la naissance rarissime d'une nouvelle espèce.

Un des mythes de l'évolution est de croire que la spéciation serait une aptitude comme marcher ou respirer, et qu'il existerait des fonctions, programmes, organes, transposons, gènes, chromosomes, au rôle décisif dans la production d'espèces nouvelles, comme par un effet prévisible et répétitif. Il n'en est rien. Chaque spéciation est un événement radicalement nouveau, unique, imprévisible, qui n'est réductible à aucun autre. D'une espèce à une autre les nombreuses et subtiles modifications qui affectent l'ensemble des relations ne se répètent jamais. Les événements qui font passer de l'espèce A à l'espèce B n'ont rien à voir avec ceux qui font passer de B à C – pas plus que la découverte de l'Amérique ne ressemble à celle de la pénicilline.

Malgré ces réserves il est pédagogique de distinguer **quatre étapes** ordonnées : géographique, écologique, de cour et sexuel. Chacune est plus ou moins la condition des suivantes, aucune n'est absolument nécessaire et certaines peuvent manquer totalement. Par exemple l'isolement géographique est tout relatif, les moules de deux étangs sont isolées, mais pas les oiseaux, et même l'isolement reproductif, une poule peut couvrir des œufs de cane et une chienne allaiter un agneau, etc. Les premières étapes de rupture des relations, tels que migrants ou variants écologiques, sont fréquentes et réversibles ; au contraire l'isolement sexuel irréversible, étape ultime de la spéciation, est rarement atteint. La sous-espèce désigne justement cet état intermédiaire où les relations géographiques et écologiques sont déjà modifiées tandis que la fécondation reste potentiellement possible.

Résilience

variation réversible

Sérendipité

spéciation irréversible

Continuité géographique

Les populations échangent, panmixie,
les dérives aléatoires sont résorbées

Morcellement

Des populations perdent le contact
les dérives se fixent

Ecologie, sélection naturelle

Polymorphisme réparti,
diversité et continuité adaptatives

géographiquement structuré,
adaptations nouvelles et spécialisées
sous-espèces géographiques

Cour, sélection sexuelle

Signal universel, reçu de tous

Signal nouveau et discriminant
Nouvelles relations de cour

Fécondité-développement

canalisation, méiose équilibrée

Nouvelles relations génétiques

Y-a-t-il une loi de l'évolution ?

Sans doute la question la plus physique, expliquant d'un coup l'ensemble du monde vivant, et la plus métaphysique, l'origine et la place de l'homme sur Terre et donc ailleurs. Et bien la réponse est non. Si l'on pouvait à la rigueur parler de loi, ce serait la stabilité des espèces, la résilience d'un système fermé – depuis cent millions de générations pour la drosophile. Mais il n'y a aucune loi d'apparition ni d'extinction des espèces car l'évolution est l'ouverture aux causes externes, la meilleure façon d'utiliser le hasard.

Le mot évolution désignait pour Descartes et jusqu'à Delage en 1903, le développement mécanique de l'embryon en adulte ; la même mécanique s'étendait selon Malebranche à la série emboîtées des individus de chaque espèce ; enfin Lamarck a généralisé le raisonnement à la suite des espèces, chacune grosse de la suivante, toujours selon un déroulement quasi mécanique – on appelait cela l'escalier roulant. Nous affirmons au contraire que la nouvelle espèce apporte une innovation qui n'est jamais contenue dans la précédente. La fameuse loi de récapitulation et la moderne **évo-dévo** cèdent à la même analogie entre embryogenèse et histoire de la vie. C'est que le mot évolution est un faux ami qui masque la différence essentielle entre évolution de l'individu et évolution des espèces. L'embryogenèse canalisée et la phylogenèse ouverte sont deux causalités irréductibles l'une à l'autre, puisque la première est une lutte permanente contre le hasard, et la seconde l'utilisation non répétable du hasard. Conséquence, l'évolution au sens moderne est une histoire, et si la vie repartait sur la Terre ou ailleurs, elle produirait un autre monde.

Ce qui manque aux modèles déterministes, c'est l'innovation, le fait que d'une manière rare, imprévue et heureuse - une *happenstance* – de nouvelles relations adaptatives et reproductives s'instaurent non pas en continuité mais en rupture avec les précédentes. La sérendipité pointe l'apparition imprévisible et quasi mystérieuse d'un nouveau périmètre de fonctions, d'un nouveau profil de résilience. La nouveauté d'une mutation est parfois insignifiante, elle a pu survenir maintes fois sans être retenue, jusqu'au jour où des circonstances vont l'exploiter; la réemployer dans un usage radicalement inédit. La modification qui donne leur forme tellement singulière aux phasmes serait probablement nuisible pour des milliers d'espèces mais devient une adaptation chez ceux qui savent se positionner sur des brindilles. On comprend mieux mon rejet un peu provocateur des concepts issus des sciences dures.

Ayant montré comment l'espèce actionne à la fois la stabilité et l'évolution du monde vivant, terminons par le contre-exemple des **procaryotes** qui depuis trois milliards d'années n'ont jamais connu d'essor évolutif, et chez lesquels l'espèce est notoirement équivoque. La simplicité de l'organisme évite les contraintes de canalisation du développement, ce qui permet le libre accueil de gènes, d'éléments transposables, ou de blocs (opérons, intégrons). Du fait des échanges « horizontaux » parasexuels (conjugaison, transduction et transformation) des entités larges et diffuses produisent un réseau complexe doué d'une variabilité démesurée et qui nous semble désordonnée : changements écologiques (souches) innombrables, pas de relations sexuelles délimitées, pas de lignée pure. Des lignées séparées depuis 100 MA, *Salmonella* et *E. coli* conjuguent très facilement. La sérendipité exploite la circulation presque illimitée des modules tels par exemple ceux qui contrôlent la fixation d'azote, la photosynthèse, les vésicules de gaz. En revanche les procaryotes n'ont pas su stabiliser leur dynamique sous la forme de génomes régulièrement intégrés : pas de structure agissant en rappel, pas de résilience donc pas d'espèce, pas d'espèce donc pas de spéciation, pas de spéciation donc pas d'évolution.

L'évolution est donc l'utilisation intelligente d'événements fortuits. On comprend et pour un peu on excuserait les doctrines du anti-hasard et sa version moderne **l'intelligent**

design, qui traduisent naïvement ce que pensent tout bas bien des naturalistes : l'évolution est intelligente. Pourtant la sérendipité n'est pas une propriété ni une fonction, le phasme n'est pas intelligent, l'intelligence dont nous parlons n'est pas une « chose » présente dans la nature (ni au-dessus) , la résilience et la sérendipité ne sont la cause de rien ni n'expliquent rien, c'est au contraire à nous de trouver leur cause, à nous de les expliquer. Elles sont des catégories épistémologiques de notre pensée par lesquelles nous jugeons certains faits particulièrement dignes d'attention. Loin d'en appeler au miracle c'est à notre intelligence qu'elles parlent.

L'espèce entre résilience et sérendipité

Lherminier

RESUME

De toutes les questions que pose l'évolution des espèces l'une des plus insolites est celle de leur stabilité. En général les relations qui unissent les membres d'une espèce se perpétuent inchangées pendant des durées immenses. Il arrive que les limites de l'espèce soient franchies mais pour ces égarés et transgresseurs la mort est la solution habituelle. La **résilience** d'une espèce est l'ensemble des propriétés anti-aléatoires ou homéostatiques qui maintiennent l'ordre des relations, donc l'unité et la stabilité. Cependant il arrive qu'un nouvel ordre de relations se substitue au précédent, non pas en continuité avec l'espèce initiale mais en rupture. L'isolement de l'espèce nouvelle survient en quatre étapes : barrière géographique s'opposant au brassage et produisant une dérive aléatoire, divergence adaptative et écologique majeure, mutations affectant la cour sexuelle, et accidents génétiques, la fécondité. La **sérendipité**, définie comme l'usage intelligent du hasard, s'applique à cet ensemble de hasards et de rencontres imprévues et si lourdes de conséquences appelé spéciation. L'espèce nouvelle est une « invention » qui émerge par le réemploi inattendu et opportun des aptitudes ancestrales – peut-être l'essence de l'évolution. Le rapport résilience conservatrice / sérendipité novatrice est illustrée par plusieurs exemples : les animaux domestiques, le mimétisme, les insectes phytophages, les polyploïdes, puis étendu à un modèle général de spéciation. Enfin les rapports avec l'*intelligent design* doivent être clarifiés : la sérendipité comme la résilience ne sont pas des vertus ordonnatrices présentes et à l'oeuvre dans la nature (ni au-dessus), ce sont des catégories de jugement.