

**Université Paris 8**

**Master Création Numérique**

Parcours : Arts et Technologies de l'Image Virtuelle

---

**Étude de l'application des règles biologiques  
et anatomiques dans la conception d'une  
créature hybride**

---

**Andgel André**

**Mémoire de Master 2**

**2015-2016**

## EXTRAIT

Mon mémoire a pour thème la création d'une créature hybride biologiquement et anatomiquement crédible et réaliste. Durant les pages qui vont suivre et à travers les différents chapitres je vais vous exposer certaines lois et classifications des espèces et plus simplement l'évolution de la biologie et des biotechnologies.

Nous verrons aussi les différentes manières de créer un être hybride, à l'aide de l'application de règles biologiques et physiques qui régissent le monde vivant

Ce mémoire n'est pas un mémoire scientifique à proprement parler, il ne fait qu'effleurer le domaine de la biologie, il s'agit en fait d'une vulgarisation des connaissances pour permettre au graphiste 3D de comprendre comment réaliser son premier hybride biologique.

Il s'agit donc d'un point de vue et d'une démarche personnelle basée sur l'observation et l'étude de créatures réelles et imaginaires, afin d'obtenir à la fin de ce mémoire tous les outils et la méthodologie nécessaire pour comprendre la création d'hybrides

## ABSTRACT

My research paper is focused on the creation of a biologically and anatomically realistic and believable hybrid creature. During the following pages and chapters, I am going to present you the laws of species classification and also the laws of biology and biotechnology evolution.

Furthermore I will introduce you some alternative ways to create a hybrid creature, using biological and physical rules that we find in the living world.

The main goal of this paper is not only about the scientific rules and overview of biology, but about the vulgarization of some basic knowledge for the 3D artist in order to help him to understand how to create his first biological hybrid.

This analysis is based on my personal experience and vision, formed by the observation and study of the real and imaginary creatures. Finally, by the end of the paper you will be given all the tools and the necessary methodology to be able to understand how to create a hybrid.

## REMERCIEMENTS

Avant tout je tiens à remercier mon frère Aguirre qui est ma raison de me surpasser, que ce soit dans la 3D ou dans tous les domaines. Je tiens aussi à remercier ma famille qui m'a toujours soutenu dans mes choix et qui m'a toujours été de bon conseil.

Je tiens à remercier ATI au sens large, c'est-à-dire toute l'équipe pédagogique, mais aussi tous les élèves ainsi que les anciens. Plus particulièrement je tiens à remercier Galou, Jess et Vincent pour ces deux derniers projets intensifs riches en émotions et en babyfoot.

Merci à l'équipe de Mikros et à Manu qui a été un super tuteur de stage et aussi un super collègue, qui m'a permis d'aborder la 3D d'un point de vue professionnel et qui m'a appris énormément de choses. Merci aussi à l'équipe de Mathematics avec qui j'ai passé un court, mais super mois de février, où j'ai encore énormément appris auprès des professionnels. et surtout d'Achraf qui était toujours là pour me donner de bons tips sur Houdini et rester pendant les heures supplémentaires.

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans l'aide de mes amis et correcteur Benjamin, Marie et Thomas à qui je voue une reconnaissance éternelle.

Enfin, dans le cadre de mon Erasmus en Grèce, je tiens à remercier toute la classe et l'équipe pédagogique des beaux-arts d'Athènes, qui nous ont accueilli à bras ouverts, ainsi que Simon, Sylvain, Steven et Tristan pour avoir partagé cette expérience avec moi.

Merci aussi à tous ceux que je n'ai pas cités mais qui m'ont aidé dans l'émergence et la réalisation de ce mémoire pas comme les autres.

# SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| EXTRAIT   | 1  |
| ABSTRACT  | 1  |
| REMERCIEMENTS                                   | 2  |
| SOMMAIRE  | 3  |
| I LA BIOLOGIE ÉVOLUTIVE                         | 5  |
| 1 la dynamique de l'évolution des espèces       | 5  |
| 2 morphologie & règles biologiques              | 17 |
| 3 les hybrides                                  | 22 |
| Les hybrides zoocéphale (homme à tête animale). | 25 |
| Les hybrides Thérianthropes.                    | 26 |
| Les hybrides d'animaux                          | 27 |
| II LES HYBRIDES DANS LA FICTION                 | 34 |
| 1 les hybrides de patricia Piccinini            | 34 |
| 2 les hybrides dans l'art et le cinéma          | 40 |
| 3 Le caractère design d'un hybride.             | 46 |
| III EXPÉRIMENTATIONS                            | 52 |
| 1 Procédures et règles de création d'un hybride | 52 |
| 2 application et création d'un hybride          | 56 |
| hybride homme-ours                              | 58 |
| hybride homme-chien                             | 61 |
| CONCLUSION                                      | 67 |
| BIBLIOGRAPHY                                    | 68 |

## INTRODUCTION

À travers ce mémoire, j'ai voulu laisser libre cours à ma curiosité et mon intérêt pour les sciences. Depuis le début, la 3D a été pour moi la voie qui me permet d'apprendre de nouvelles connaissances et ce dans un éventails de domaines presque infini puisque ma définition la 3D, est qu'il s'agit d'une reproduction et d'une réinvention du monde réel. Elle se base sur l'observation et l'application de toutes les lois et les domaines scientifiques que l'on connait, comme ça a été le cas pour la peinture il y a bien longtemps.

Ainsi, lorsque l'on est généraliste dans la 3D, on est amené à aborder de nombreux domaines que ce soit dans la mécanique avec la modélisation de véhicules ou de divers objets, la botanique avec la création d'arbres et de végétation en 3D, la physique lorsque l'on fait des simulations, l'optique lorsque l'on fait des rendus et la biologie et l'anatomie lorsque l'on souhaite reproduire ou créer de nouveaux êtres vivants.

Le sujet de mon mémoire s'est donc imposé naturellement à moi comme étant une expérience à la fois créatrice et instructrice, qui me permettrait de réutiliser plus tard ces connaissances acquises. Étant donné que je souhaitais faire un mémoire qui soit à la fois créatif et technique mais surtout basé sur des faits et des règles scientifiques, et qui me permettent de maîtriser et de toucher toutes les phases de production dans la création d'une créature en 3D. J'ai choisis d'intituler mon mémoire : "Étude de l'application des règles biologiques et anatomiques dans la conception d'une créature hybride".

Ce titre inspire la conception d'un être hybride fictif, se basant sur des règles scientifiques et anatomique, contrairement à beaucoup d'hybride qui sont le produit de l'imagination et qui utilise des stratagème graphique simples et facilement reconnaissable.

Dans ce mémoire je vais tenter d'expliquer de façon simplifier la notion d'espèces et les règles de classification qui en découle dans la création d'hybride. Je souhaite aussi partager, à vous qui allez lire ce mémoire, les connaissances et les règles de créations que j'ai su tirer de toutes ces informations scientifiques. Ce mémoire a donc pour but de vulgariser et de mettre à la portée de tous, une méthodologie qui permet de créer un être hybride biologiquement et esthétiquement crédible.

# I LA BIOLOGIE ÉVOLUTIVE

## 1 la dynamique de l'évolution des espèces

Le monde vivant a la particularité de sembler infini et inépuisable, et pour cause la biodiversité s'est montrée d'autant plus incommensurable que sa connaissance n'a eu de cesse de croître d'années en années, au rythme des avancées scientifiques, chaque expédition et chaque progrès technologique ayant favorisé la découverte de nouvelles espèces.

Pour autant conscients de ne jamais pouvoir découvrir l'intégralité des espèces existantes, malgré les moyens scientifiques dont on dispose à l'heure actuelle, compte tenu de l'ampleur de la tâche, leur recensement et leur classification est le fruit de siècles d'effort, de tâtonnement, d'erreurs et de corrections.

En effet, la biologie est une science relativement jeune puisque contrairement aux autres sciences comme les mathématiques, la physique ou l'astronomie, elle s'est longtemps imprégnée des croyances populaires et divines. Si elle n'était pas pour autant dénuée d'une certaine logique, les moyens scientifiques à disposition des chercheurs de l'époque expliquaient en partie l'ingénuité qui caractérisait ses débuts.



L'entrée des animaux dans l'arche de Noé de Jan Brueghel

Ainsi grâce au travail des botanistes, des biologistes, des zoologistes, et plus largement de la majorité des scientifiques et des passionnés de la nature, on sait désormais estimer un nombre approximatif d'espèces vivantes.

Si la première véritable classification des organismes vivants n'émerge donc qu'au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, avec la création du *systema naturae*, du naturaliste suédois Don Van Linné<sup>1</sup>, la volonté d'établir un système de classement des êtres vivants apparaît dès l'antiquité puisque en 343 avant J.C. le philosophe Aristote (384-322 av. J.C.) dans son traité *Histoire des animaux* tente déjà de les catégoriser.

Ainsi Aristote distingue le **minéral**, le **végétal**, l'**animal** et l'**homme**; mais il classe également les animaux selon deux grands ensembles. Il différencie les animaux qui ont du sang, comme les quadrupèdes et les oiseaux, des animaux qui en sont dépourvu comme les mollusques et les insectes.

Dans son livre *Histoire des animaux*, il dit : “le passage des végétaux aux animaux est continu [...]”. En effet, pour certains êtres qui vivent dans la mer, on pourrait se demander s'ils appartiennent au règne animal ou au règne végétal”. C'est d'ailleurs cette conception du monde vivant qui représentera l'essence de la biologie jusqu'à la renaissance. L'homme va donc penser que la nature est continue et que chaque être découle d'une transformation suivant un schéma de continuité.

Le fait est que jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, le concept d'espèce est défini comme suit : un être vivant ayant une forme donnée et reconnaissable; c'est une définition qui reste encore solidement ancrée dans notre culture puisque la plupart des gens parlent encore de la grenouille comme d'une espèce par exemple, alors qu'il en existe plusieurs centaines<sup>2</sup>.

Si Aristote tente de classer les animaux suivant de nombreux critères, comme les ressemblances anatomiques, ou comportementales, il faut donc prendre en considération le fait que la répartition se fait encore de manière plus ou moins arbitraire, puisqu'elle ne présente pas de logique véritablement défini.

Plus tard, dans les traités de biologie du XVI<sup>e</sup> siècle, comme *Histoire naturelle des reliques d'animaux privés de sang*<sup>3</sup>, qui fait figure d'autorité à son époque, on rencontre encore un des plus grands obstacles à la naissance de la biologie moderne : **le principe de métamorphose**.

Par métamorphose on entend, la possibilité de transformation d'un être vivant adulte d'une espèce en un organisme adulte d'une toute autre espèce. En effet dans cet ouvrage on pouvait lire qu'un arbre lorsqu'il perdait ses feuilles, pouvait donner naissance soit à des poissons, soit à des oiseaux selon si elles tombaient dans l'eau ou sur la terre.

---

<sup>1</sup> dont on expliquera par la suite les travaux et l'apport dans la classification des espèces

<sup>2</sup> On parle de taxon dans ce cas

<sup>3</sup> écrit par le professeur Ulysse Aldrovandi en 1618

L'un des exemples les plus démonstratifs de cette théorie est celui de l'oie et de l'anatife, un petit crustacé cirripède<sup>4</sup> qui se fixe sur des branches de bois à la dérive. La forme de la coquille du crustacé et son pédoncule faisant respectivement penser à la forme du corps et du cou d'une oie, il était admis qu'il suffisait que le crustacé se détache de la branche sur laquelle il s'était fixé pour qu'il se transforme en oie.

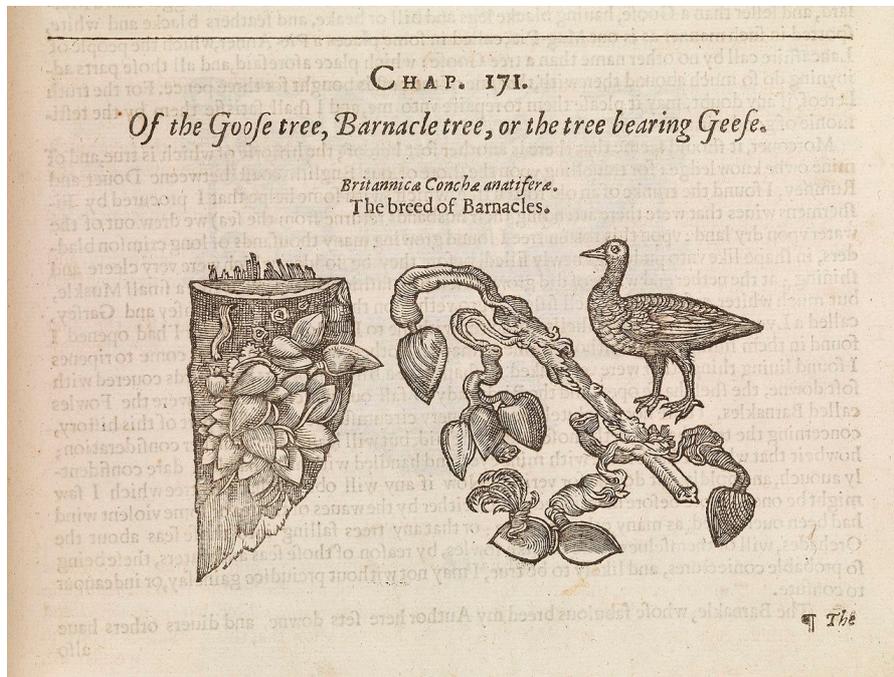


illustration d'un des premiers livres de biologie

La métamorphose était donc quelque chose de courant et d'accepté à cette époque. C'est pourquoi dès le Moyen-âge apparaît la croyance en l'existence de formes de vie hybrides, chimériques, comme la perspective d'un croisement entre l'homme et le loup a donné naissance aux légendes et aux folklores traitant de loups-garous.

Toutefois au XVII<sup>e</sup> siècle une invention majeure va permettre de remettre en cause cette croyance. Le naturaliste hollandais Antonie Van Leeuwenhoek (1632 - 1723), invente le microscope qui va lui permettre d'étudier le contenu de son liquide séminal et de découvrir ses propres spermatozoïdes. Décrits alors comme des "animalcules spermatiques", Van Leeuwenhoek découvre que chaque spermatozoïde contient en fait un homme miniaturisé.



illustration d'animalcule

<sup>4</sup> Les cirripèdes forment une sous-classe des crustacés marins. L'adulte vit fixé sur un support ; le corps est protégé par des plaques calcaires et les pattes sont conformées en filaments capteurs, ou cirres.

C'est grâce à cette théorie qu'on va alors commencer à concevoir que l'homme est "déjà formé", et que la femme n'est rien d'autre qu'un environnement favorable à sa croissance.

Puisque le mythe, encore raconté aujourd'hui aux enfants, de "la petite graine" que le père met dans la mère pour faire un bébé en découle, il est alors facile de comprendre comment de telles croyances ont pu prévaloir à cette époque, d'autant qu'elles étaient scientifiquement vraies.

Par ailleurs c'est de cette découverte que provient le mythe de la mandragore, un hybride homme-plante, qui serait issu de sperme humain tombé dans la terre. La mandragore, ou mandragora officinale, étant une plante qui apprécie l'azote, on la retrouvait souvent sous les pendus, qui éjaculaient lors de la pendaison à cause de la pression sanguine provoquée par la pendaison; la mandragore possédant des racines ayant la particularité d'avoir une forme anthropomorphe, de par la structure de ses ramifications, on comprend que le lien entre les deux idées ait pu être envisagé.

C'est donc au XVIII<sup>e</sup> siècle seulement que pour la première fois on va chercher à organiser la biodiversité selon des critères objectifs; grâce aux travaux du botaniste Carl Von Linné (1707 - 1778) qui va se servir d'une nouvelle science : la systématique, où la science de la classification des taxons<sup>5</sup>, qui permet de créer une nomenclature comprenant des espèces, des genres, des ordres et des classes.

Le botaniste inventera la dénomination binominale; le fait de nommer une espèce par le nom de cette espèce d'une part mais également par le nom de son genre, ce qui va permettre de la qualifier (ex : homo sapiens).

Si le système de classement de Linné, décrit dans *Systema Naturae* en 1758, persiste pourtant dans le créationnisme il n'en reste pas moins révolutionnaire sur bien des plans. Dans son oeuvre il dit : "Toutes les espèces tiennent leur origine [...] de la main même du Créateur tout-puissant, car l'auteur de la nature, en créant les espèces, imposa à ses créatures une loi éternelle de reproduction et de multiplication dans les limites de leur propre type. [...]. Il leur accorde le pouvoir de jouer avec leur aspect extérieur mais jamais celui de passer d'une espèce dans l'autre."

Ainsi les êtres vivants pourraient faire varier leur apparence et se métamorphoser mais il n'appartiendrait plus qu'à une seule et même espèce, comme le têtard et la grenouille.

Une des principales nouveautés apportées par le scientifique est que ce n'est plus la forme de l'être vivant qui va décider de son affiliation à une espèce, mais son appartenance à une catégorie d'individus capables de se reproduire entre eux.

Le terme d'espèce devient alors un concept, non plus basé sur la ressemblance, mais induit par un principe de descendance<sup>6</sup> et le concept d'espèce prend alors un sens temporel.

---

<sup>5</sup> Un taxon est une unité quelconque (genre, famille, espèce, sous-espèce, etc.) de la classification hiérarchique des êtres vivants. Généralement le terme est employé aux rangs spécifique (l'espèce) et subs spécifique (la sous-espèce).

<sup>6</sup> Jusqu'au XX<sup>e</sup> siècle, le principal, voire unique critère pour déterminer l'appartenance à une espèce restera ce critère d'ascendance commune.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, le biologiste et Zoologiste Georges Cuvier (1769 - 1832) fait encore une découverte qui va grandement changer la vision des biologistes. En effet il découvre que certains fossiles, que l'on croyait alors être des vestiges de géants, sont en réalité les ossements d'animaux<sup>7</sup> ancestraux qui ont vécu dans des temps antérieurs et qui ont aujourd'hui disparu. C'est la première fois qu'un scientifique démontre le concept de " mort des espèces ".

Ainsi on va peu à peu disposer de règles et de concepts biologiques qui vont permettre à cette science nouvelle qu'est la biologie de s'éloigner de l'obscurantisme. Grâce aux découvertes d'Antonie Van Leeuwenhoek, qui pose les bases du principe d'ascendance, on sait déjà que la métamorphose au sens Ovidien du terme n'existe pas; mais un autre concept clé de la biologie moderne va également être corrigé, celui de la génération spontanée.

Dans la même lignée que la transformation d'amanite en oie, on pensait, sans preuve du contraire, que certaines espèces comme les mouches pouvaient naître spontanément dans la mesure où les conditions adéquates étaient réunies. On supposait alors que les mouches étaient formées à partir de morceaux de viande laissés en décomposition à l'air libre par exemple, ou encore que pour créer des souris, il fallait un tas de linges sales.

Enfin des scientifiques comme Georges Buffon<sup>8</sup> vont faire une avancée considérable en étudiant le temps nécessaire à l'élaboration des couches sédimentaires présentes dans les alpes et en remettant en cause l'âge de la Terre.

D'après les récits bibliques en additionnant l'âge d'Adam avec celui de tous ses descendants, on estimait l'âge de la terre à environ 4004 ans av. J.C. Buffon a quant à lui aboutit à la conclusion que la Terre aurait de quelques millions à trois milliards d'années.

Cuvier a par la suite repris en partie ce concept en se servant des fossiles présents dans le sol pour dater les couches géologiques de manière plus précise.

Puisque sans ces constats, la théorie de l'évolution ne pouvait pas naître, c'est donc l'établissement de ces nouvelles règles qui ont dans un premier temps permis de définir une approche du concept d'homologie; qui désigne une analogie anatomique entre deux être vivants d'espèces différentes.

Le naturaliste Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772 - 1844) avance le "principe de connexion" qui deviendra ce que l'on appelle aujourd'hui l'**anatomie comparée**. Selon le concept d'homologie si deux espèces présentent le même plan d'organisation, on peut en déduire une logique permettant de comparer leurs organes, leurs structures et leurs caractères. Saint-Hilaire décide donc de prendre des organes qui présentent le même système d'organisation, sans se soucier de leurs

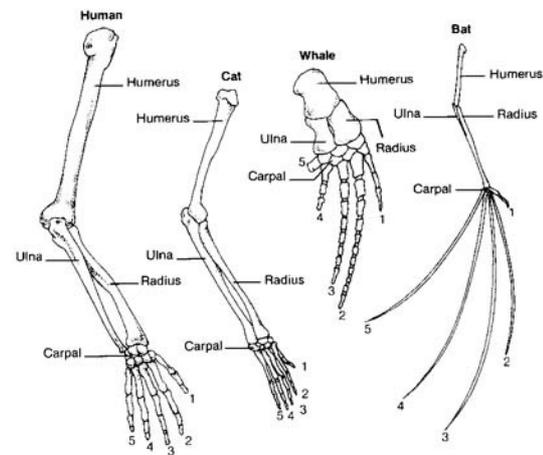
---

<sup>7</sup> Il s'agit d'ossements de mammoth

<sup>8</sup> naturaliste, mathématicien, biologiste, cosmologiste, philosophe et écrivain français de l'époque des lumières qui a entre autres choses contribué à l'élaboration de l'Encyclopédie, principalement par son apport concernant les sciences de la nature

formes ou de leurs proportions. Ces “organes homologues” étant seulement définis par leur emplacement par rapport aux autres, et donc par leurs connexions.

A l'aide de ce procédé géométrique il va comparer les os des vertébrés qui possèdent un tibia, et ce malgré leurs différences de formes, car cet os est toujours situé entre l'astragale et le fémur, eux-mêmes définis selon ce principe de connexion qui est le fondateur de l'anatomie comparée moderne.



Toujours au début du XIXe siècle en même temps que Cuvier, un autre naturaliste Jean-Baptiste de Lamarck (1744 - 1829) va apporter un concept légèrement différent de celui de “la mort des espèces”. Il avance l'idée que les espèces ne s'éteindraient pas mais se transformeraient avec le temps. Lamarck appuie sa théorie sur “ l'hérédité des caractères acquis ”, qui faisait partie des croyances populaire et consistait à penser que les compétences acquises par un être vivant étaient transmises à sa descendance, et donc que les efforts faits au cours sa vie allaient passer de génération en génération. Son exemple le plus parlant est la croyance selon laquelle l'évolution du cou de la girafe serait due, aux efforts qu'elle a fait au fil des générations pour étirer son cou afin de manger les feuilles les plus hautes de l'arbre; permettant au fur et à mesure à sa descendance de posséder des cous de plus en plus grands, jusqu'à donner la girafe que l'on connaît aujourd'hui.

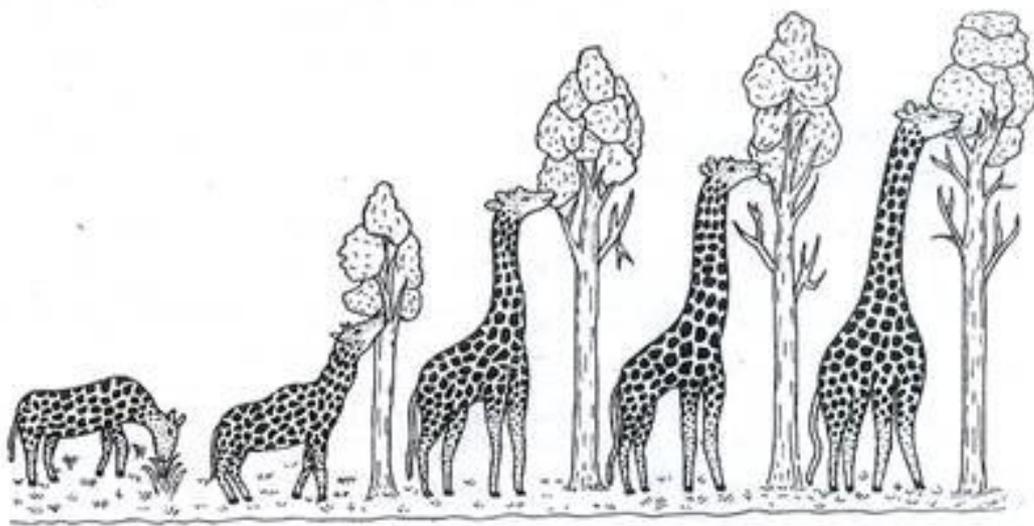
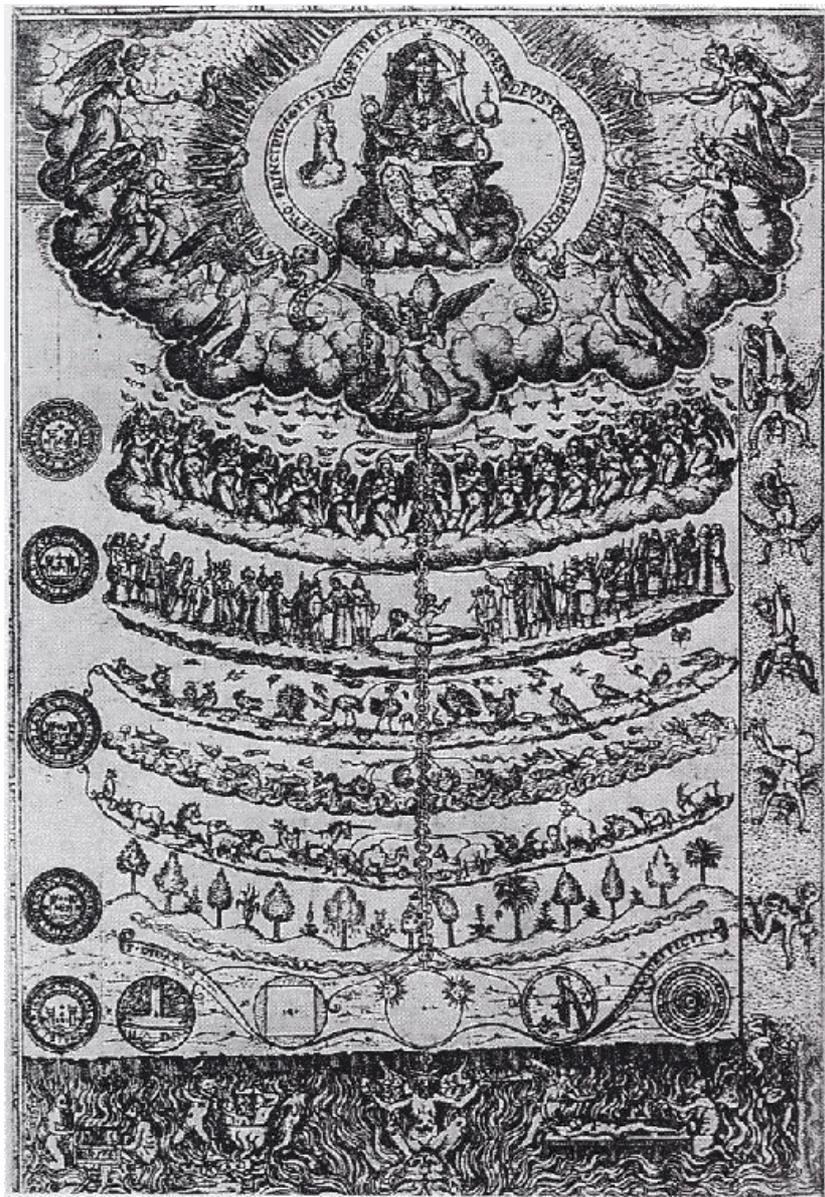


illustration de la théorie de Lamarck avec le cou de la girafe

Dans sa théorie, et ce malgré ses erreurs, Lamarck introduit une notion fondamentale de la théorie de l'évolution. Il place l'homme en suivant un principe d'égalité avec les autres êtres vivants; jusque là l'homme ayant toujours été considéré comme un être supérieur. Pour lui si certains singes quadrumanes se retrouvaient forcés de marcher debout par nécessité, les générations futures verraient leurs mains antérieures devenir des pieds, et leurs pouces opposables se déplacer pour rejoindre les autres doigts.

L'idée de l'existence d'une "échelle des êtres", selon laquelle l'homme a toujours préféré penser qu'il était au sommet du classement des êtres vivants plutôt que de croire qu'il pouvait être même niveau qu'un ver de terre, était également très répandue à son époque, ce que le naturaliste va aussi remettre en question.



échelle des êtres avec dieu au sommet

D'après ce classement, qui passe de "être inerte" à "être", on classe les minéraux au plus bas, suivi des plantes, des animaux, des femmes puis des hommes, au-dessus les démons et les anges, juste avant Dieu qui se trouve au sommet. Bien qu'étant d'accord avec cette idée, Lamarck lui apporte d'importantes modifications en faisant en sorte qu'elle ne soit plus linéaire, mais pourvu de croisements et de bifurcations.

Mais Lamarck redéfinit également le terme d'espèce, en la représentant, non plus comme une création, mais comme un ensemble d'individus qui partagent des caractéristiques communes.

Un peu avant le milieu du XIXe siècle, les théories de Cuvier sur l'extinction des espèces, et celle de Lamarck sur l'idée d'une transformation de celles-ci se retrouvent en constante dualité, ce qui empêchera les deux naturalistes d'aller plus loin.



le naturaliste Charles Darwin

C'est donc un autre naturaliste anglais du nom de **Charles Darwin** (1809 - 1882), qui va réussir à synthétiser ces deux théories en énonçant dans l'ouvrage, *De l'origine des espèces* (1859), la première théorie construite et non réfuté sur l'évolution des espèces.

Darwin base sa théorie de l'évolution sur deux grands axes, qui sont la sélection naturelle et le **principe de divergence**.

Le concept de sélection naturelle selon Darwin repose sur trois critères : la reproduction, la variation et le choix, le tout sur un nombre élevé de générations.

Il veut dire par là que les individus d'une espèce vont chercher à se reproduire pour pérenniser leurs gènes, que de ces individus on va déjà obtenir une descendance où chaque être présente de légères variations, et que la nature, ou d'autres raisons, vont faire en sorte de privilégier certains de ces descendants par rapport à d'autres, introduisant le critère de choix.

Ce processus est facilement illustrable puisqu'il se rapproche de celui utilisé par les éleveurs faisant se reproduire certains animaux avant de sélectionner leurs progénitures selon des critères

de beauté ou de force par exemple, pour les faire se reproduire à leur tour. Cette sélection à l'échelle humaine a donné naissance aux races de chiens ou de boeufs que l'on peut connaît aujourd'hui par exemple.

Cependant c'est sur des millions d'années que Darwin imagine le processus, c'est pourquoi il la parle d'une sélection naturelle qui opère à l'intérieur même de l'espèce.

Un exemple qui permet de comprendre facilement la théorie de l'évolution, est celui "des deux dinosaures" du vulgarisateur scientifique Richard Dawkins, où deux dinosaures qui se promènent se font surprendre par un T-rex; les deux dinosaures se mettant à courir et se faisant petit à petit rattraper par le prédateur, l'un des deux herbivores dit alors "Pourquoi on court comme ça ? De toute façon il n'y a aucune chance que l'on court plus vite que le T-rex.". Ce à quoi le second dinosaure répond "Pour moi, ça n'a pas d'importance de courir plus vite que le T-rex, Je veux courir plus vite que toi !".

Ainsi la nature conserverait les individus qui se débrouillaient mieux que les autres face aux dangers, où qui se démarqueraient grâce à des critères favorables aux autres spécimens d'une même espèce puisque ces critères favoriseraient leur survie.

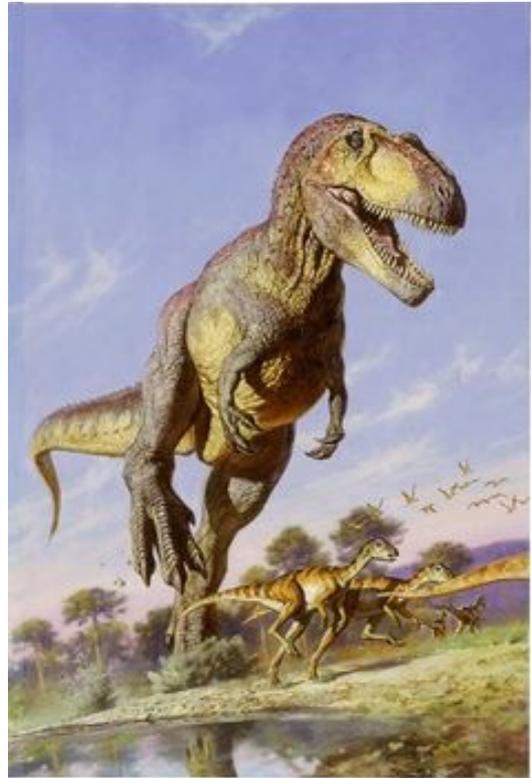


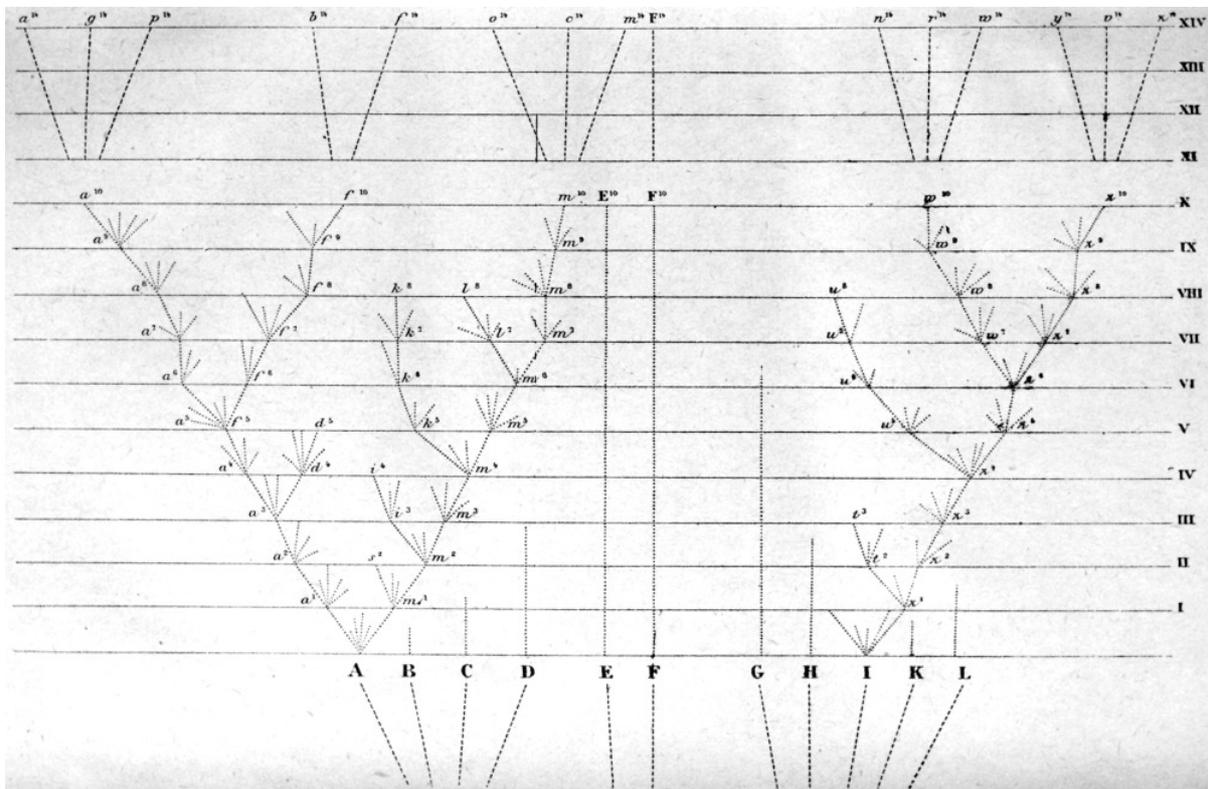
illustration de la sélection naturelle

Darwin va donc déduire qu'à partir d'une même espèce, la sélection naturelle va permettre d'opérer l'émergence de nouvelles espèces en induisant des divergences en fonction de l'environnement dans lequel se trouve chaque groupe d'individus.

Par ailleurs il conclut que la présence des formes de vie actuelles empêcherait la formation de toutes nouvelles forme de vie. En effet si jamais un composé protéique venait à se former, les formes de vie préexistantes le mangeraient ou l'absorbent instantanément, empêchant alors tout développement ou évolution de cette forme de vie émergente.

A partir de ces postulats Darwin établit son "arbre de l'évolution"; un schéma qui représente l'évolution et l'extinction des espèces au cours du temps. Sur ce schéma, chaque embranchement représente la naissance d'espèces divergentes au cours d'un temps T. On se rend compte que certaines espèces vont immédiatement s'éteindre, d'autres vont perdurer un peu plus longtemps pour finalement s'éteindre, et enfin certaines vont évoluer pour arriver jusqu'à la forme qu'on leur connaît aujourd'hui.

Si l'aboutissement de la théorie de Darwin peut paraître anodin, il prouve pourtant que tous les êtres vivants en sont au même stade; l'ours est par exemple au même stade de l'évolution que le coelacanthe, une espèce de poisson panchronique, malgré le fait qu'elle présente une forte ressemblance morphologique avec son ancêtre d'il y a plusieurs millions d'années, ce qui en conséquence l'en différencie.

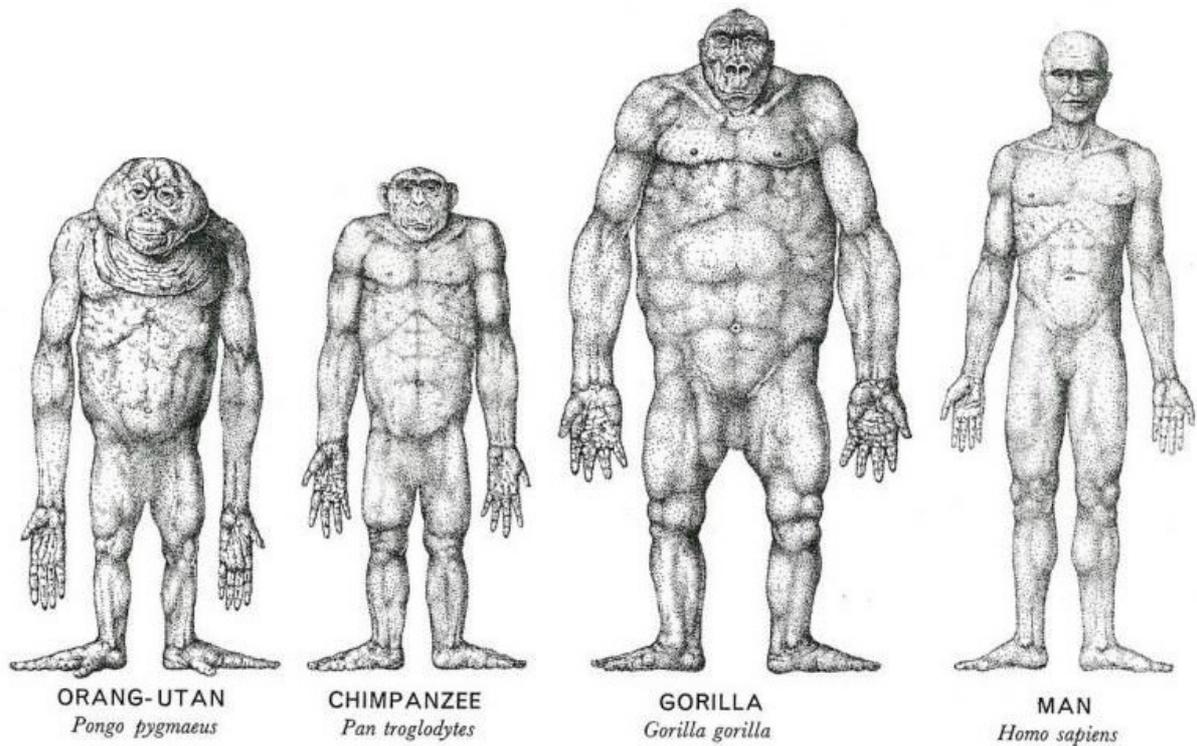


arbre de l'évolution de Darwin

Grâce à Darwin et à la théorie de l'évolution il est également possible d'organiser l'arbre de l'évolution de manière à obtenir un classement de parentés entre l'homme et les grands singes. L'homme est classé parmi le groupe des hominidés, qui comprend les orangs outan, les gorilles, les hommes, les chimpanzés et les bonobos. On comprend alors que l'homme ne descend pas des grands singes comme on a l'habitude de le dire, mais est un grand singe à proprement parler, au même titre que le chimpanzé et le gorille. On parle de la situation Phylogénétique de l'homme.

Même s'il n'est pas l'espèce la plus récente, ce titre revient aux bonobos et aux chimpanzé, dont la lignée s'est séparé de celle de l'homme il y a 5 à 7 millions d'années, on observe, aussi que bien que l'on estime souvent, que l'homme est le plus évolué des primates. Du fait de la séparation de leur lignée, l'homme et le chimpanzé sont anatomiquement différents de leur ancêtre commun. Ils ont tous les deux évolués de manière à posséder des caractères anatomiques propres à chacun, ou automorphes; c'est ce qui fait que l'on a aucune difficulté à différencier un homme d'un chimpanzé.

Les hommes ont donc hérité d'un certain nombre de caractères. C'est pourquoi des personnes comme Francis Galton (1822-1911) vont tenter de montrer que certains d'entre eux, comme le génie, pouvaient être héréditaires, à travers une discipline nommée l'eugénisme, qui est l'ensemble des méthodes permettant l'application d'une " sélection naturelle" arbitraire dans le but d'aller vers un idéal génétique du genre humain.



### morphologie comparée des grands singes

En 1883, Weissman mettra en avant le fait que l'on ne transmet pas les caractères que l'on acquière durant son vivant. L'individu ne fabrique rien, il ne fait que transmettre les caractères dont il a hérité. L'être vivant est en fait un médium, utilisé par les gènes pour se pérenniser.

En conséquence, la transformation des espèces ne s'explique plus par le fait que les individus transmettent des caractères héréditaires, puisqu'alors il n'y aurait pas de transformation, mais parce qu'ils ne transmettent que quelque uns de ces caractères; seule la sélection naturelle permet alors d'expliquer la transformation des espèces.

Gregor Mendel (1822-1884) prouvera par la suite que l'on ne transmet en réalité que la moitié des gènes que l'on a reçu.

Dans son schéma il montre que si l'on croise un individu A avec un individu a, il en résulte un hybride Aa qui possède la moitié du patrimoine génétique de chacun de ses parents; l'autre moitié étant définitivement oubliée. Cet hybride Aa est alors capable en se reproduisant de produire des A et des a.

De plus on découvrira le principe de mutation des gènes. La mutation d'un caractère s'explique par une erreur lors de la répllication des gènes responsables de ce caractère. Il en existe différents types : la suppression, la duplication et l'inversion d'un gène pour ce qui est des plus communes, mais on trouve également des mutations par échange ou insertion de caractère génétique d'une espèce à une autre, comme c'est le cas lors d'une hybridation inter-espèces.

L'année 1906 marque donc le début de la génétique. On va alors penser que la force de l'évolution n'est plus la sélection naturelle comme l'a démontré le darwinisme, mais la mutation, ce qui expliquerait la diversité des espèces.

Jusqu'en 1930 on prime la synthèse de ces deux courants, que l'on nomme **la synthèse néodarwinienne** affirmant qu'on peut définir l'état d'un caractère chez un être vivant, celui-ci étant le résultat d'une moyenne de la population de l'individu, des effets des gènes, de ceux de son environnement, et des interactions.

Si l'on en suit cette théorie il est donc possible de calculer l'héritabilité, c'est-à-dire la part génétique dans la variation d'un caractère donné, qui correspond à la variation des gènes, divisé par les variations phénotypiques.

On constate que des pressions évolutives vont modifier l'être vivant au fil des générations. La mutation va produire de la diversité, et l'évolution de cette diversité va être influencée par la sélection naturelle. On comprend que la sélection est plus forte que la mutation pour prédire la forme de l'évolution, mais qu'elle est incapable de créer des modifications chez les êtres vivants, c'est la mutation des gènes qui s'en occupe.

## 2 morphologie & règles biologiques

Les êtres vivants présentent un grand nombre de divergences, aussi bien dans leurs formes, que dans leurs couleurs ou leurs aspects, si bien qu'aux premiers abords leur apparence pourrait sembler être déterminée selon une absence totale de règles.

Si on a longtemps pensé que ces différences étaient dues à la volonté de Dieu, qui selon les croyances religieuses est à l'origine de la création de chaque forme de vie, on sait désormais que la différence entre les individus s'explique en réalité par des principes scientifiques tels que la sélection naturelle, la mutation des gènes ou d'autres règles comme la dérive génétique ou le phénomène de migration.

Le fait est que la synthèse néodarwinienne n'explique pas à elle seule le spectaculaire éventail des formes de vie qui composent la biodiversité. Comme nous allons le voir dans ce chapitre, les différences morphologiques qui existent entre deux êtres vivants seraient ainsi soumises à des lois que l'on a peu à peu réussi à établir en essayant de déterminer leur nature. Ainsi nous en profiterons pour étudier les lois physiques qui façonnent et modèlent les espèces afin de comprendre de quelle manière la nature opère dans la conception esthétique d'un être vivant et comment cela pourra nous aider à concevoir un individu réaliste et convaincant.

Enfin nous étudierons la façon dont l'environnement peut, dans certains cas, modifier la morphologie ou le comportement d'individus pourtant éloignés dans l'arbre du vivant pour qu'ils se ressemblent, en étudiant le phénomène de convergence des espèces.

En effet si il est aisé de penser que la morphologie des êtres vivants pourrait due aux hasards des évolutions et des mutations tant elle est diverse “il faut prendre conscience qu'en général aucune forme organique ne peut exister à moins d'être conforme aux lois des sciences physiques, mathématiques et aux forces”<sup>9</sup> qui régissent le monde physique.

Par là il faut comprendre qu'à chaque instant la matière qui compose un corps est soumise à une variété de forces non négligeables. Parmi ces forces on peut citer la gravité comme la plus évidente et la plus importante d'entre elles puisqu'elle va “sculpter” le vivant de par sa puissance : l'être vivant va devoir s'y adapter tout en la prenant en compte.

Ainsi les mammifères soumis à la pesanteur rencontreraient des limites dans leurs évolutions. La taille d'une forme organique serait par exemple déterminée par cette pesanteur et les limites de tailles et de poids imposés aux mammifères régies de façon mathématique.

---

<sup>9</sup> D'arcy Thompson

Si on prend un mammifère au hasard, on peut alors se demander quelles seraient les limites de son développement dans la mesure où on garderait une échelle de croissance constante.

Les vertébrés s'appuient sur leurs os pour se déplacer et rester en équilibre. La résistance d'un os équivaut à  $1\text{kg}/\text{m}^2$ .

D'après les lois d'Archimède si on multiplie la taille d'un animal proportionnellement, la section de ses os augmente deux fois plus que leur taille, pendant que le poids de l'individu est multiplié par trois. C'est pourquoi, comme le volume augmente beaucoup plus vite que la section des os et donc que leur résistance, on constate alors qu'un être vivant ne peut pas devenir ni trop gros ni trop lourd, du moins pas avec le système osseux que nous possédons, sous peine de s'écraser sous son propre poids.

Le poids, qui est la force de la pesanteur exercée sur la masse, joue donc un rôle essentiel dans le développement des êtres vivants; ce qui explique par exemple pourquoi chez certains mammifères, comme les bovins ou éléphants, les muscles du cou sont devenus de plus en plus imposants au fur et à mesure de leur évolution. De la même manière que pour les os, la résistance d'un muscle dépend de sa section transversale. Pour réussir à soutenir leurs têtes, le poids de leurs défenses ou de leurs cornes, les muscles de leurs cous se sont donc développés en conséquence.



le bison a un cou massif et court pour pouvoir soutenir le poids de sa tête

La taille d'un animal dépend donc dans un premier temps de la corrélation qui existe entre son poids et la résistance de ses os; mais elle est également déterminée par d'autres facteurs.

En effet un animal imposant aura besoin de beaucoup plus de calories qu'un animal de petite taille puisque mécaniquement les forces nécessaires au déplacement d'une masse augmentent

proportionnellement à son accroissement<sup>10</sup>. Ainsi la taille d'un mammifère dépendra aussi de son environnement et de la quantité de nourriture dont il dispose.

Plus l'apport calorifique issue de la nourriture sera important, plus l'animal pourra être grand. Ceci explique pourquoi à des époques comme le miocène inférieur on pouvait trouver des mammifères nettement plus imposants qu'aujourd'hui.

Les chercheurs ont par exemple pu constater que la taille des mammifères avait rapidement diminuée il y a 20 millions d'années afin de survivre à une réduction de la quantité de nourriture, due à des changements climatiques importants.

Mais on observe ce phénomène plus largement dans le processus d'évolution de différentes espèces, comme le mammoth qui a considérablement réduit sa taille au cours du temps pour donner l'éléphant ou encore chez certaines populations d'hominidés comme les Pygmées qui ont drastiquement réduit leurs tailles au fur et à mesure de l'évolution.



comparaison de la taille d'un mammoth et d'un éléphant d'Afrique

Les mammifères étant des animaux à sang chaud, il leur faut constamment se maintenir à une température constante. Pour cela il faut d'abord que les gains de chaleur permis par leur alimentation soient au minimum égales aux pertes, mais aussi que les déperditions de chaleur restent proportionnelles à la surface du mammifère. C'est pourquoi la loi de Bergmann va montrer que les mammifères d'un même taxon, ont tendance à être plus gros dans des climats froids et plus petit dans des climats chauds et que la déperdition de chaleur explique également la taille d'un animal à sang chaud.

---

<sup>10</sup> Pour pallier à ce phénomène on observe que plus un animal est massif, plus son activité et sa vitesse diminuent. "la vitesse est proportionnelle à la quantité de mouvement ( $x$ ), et inversement proportionnelle, à la masse déplacée ( $M$ ) :  $V = x/M$ ".

Comme nous avons pu le constater précédemment les êtres vivants s'adaptent à leurs environnements en suivant les principes de l'évolution et de la sélection naturelle. On peut alors se demander comment cet environnement peut avoir une incidence sur leur forme.

Si on part du constat que l'évolution est le résultat d'une mutation qui va favoriser un individu par rapport à d'autres et donc opérer une sélection naturelle afin de pérenniser ses gènes à travers les générations futures, il est probable que certaines espèces qui partagent la même niche écologique, aient au fil des générations adopté une forme plus ou moins identique à force d'évoluer dans un environnement analogue.

Ce phénomène de ressemblance entre deux espèces totalement différentes, qui s'adapte à un même milieu s'appelle la convergence évolutive.

On observe alors que l'environnement et les forces qui y règnent, vont peu à peu modeler la forme de l'être vivant afin qu'il soit de plus en plus optimisé pour vivre dans ce même environnement.

Contrairement au milieu terrestre, où la principale force est la pesanteur car l'air n'offre que peu de résistance, dans le milieu aquatique, c'est à la pression de l'eau, qui est incompressible, que les êtres vivants sont constamment soumis. Ainsi plus ils veulent se déplacer vite, plus ils sont soumis à une résistance importante due aux frottements de l'eau sur leur corps.

Les espèces aquatiques ont donc dû s'adapter et devenir de plus en plus hydrodynamiques pour se libérer de la résistance de l'eau lors de leurs déplacements. Un phénomène de convergence évolutive s'observe alors, car des espèces différentes ont indépendamment et à des époques différentes évolué dans ce sens, en obtenant de manière globale toujours la même forme. C'est pourquoi une baleine ou un dauphin, bien qu'étant des mammifères vont avoir une apparence se rapprochant énormément de celle poissons et de leur forme profilée.

Ainsi si on a souvent considéré ces mammifères comme étant des poissons, on remarque qu'ils présentent des différences dans leur manière de se mouvoir; la plupart des poissons avancent en réalisant des mouvements ondulatoires latéraux, tandis que les dauphins et les baleines effectuent des mouvements verticaux avec leurs queues pour se propulser.

La convergence évolutive montre donc que l'environnement a une incidence décisive sur la forme des êtres vivants, qui tendent à évoluer vers une apparence optimale pour la niche écologique qu'ils occupent.

Pour illustrer cette théorie nous allons voir le cas de la taupe. La taupe est un mammifère fouisseur de la famille de talpidé qui vit sous terre et dont la morphologie s'est adaptée à ce milieu. Ses membres supérieurs sont devenus de plus en plus performants, jusqu'à ressembler à des pelles et ses yeux n'étant d'aucune utilité ont peu à peu disparu pour être aujourd'hui pratiquement dégénérés. Cette niche écologique est occupée en Afrique par les taupes dorées de la famille des

chrysochloridés , et en Australie par un marsupial, que l'on appelle communément la taupe marsupial.



taupe marsupial et taupe européenne

Les taupes marsupiales ont la même morphologie que les taupes européennes et africaines, puisqu'elles fouissent comme elles et ont le même régime alimentaire, leurs griffes ont évolué en forme de pelle tout comme les autres taupes. Ainsi on assiste à une triple convergence évolutive puisqu'elles ont évolué indépendamment les unes des autres dans un but particulier qu'est la vie sous terre et qu'elles sont pourtant arrivées au même résultat morphologique.

Mais on peut aussi s'appuyer sur l'exemple de la courtilière, un grillon spécialisé dans le fouissement, qui au fil des évolutions a gagné des caractéristiques lui donnant une morphologie se rapprochant étonnamment de celle des taupes.



courtilière

Dans la course à l'évolution, la notion de déplacement, puisqu'on la retrouve chez tous les animaux, a par ailleurs été une des principales sources de modification. La locomotion étant un élément essentiel dans la survie des espèces, la morphologie des mammifères et plus largement de tous les êtres vivants mobiles a alors petit à petit été adaptée à leurs besoins.

Ainsi on constate qu'il existe différents placements de pattes en fonction de leur utilisation. Chez les reptiles par exemple les pattes sont placées sur le côté du corps, ce qui témoigne d'une des toutes premières réponses au problème de la pesanteur malgré le fait qu'elles ne leur permettent pas d'aller très vite. Les crocodyliens ont ensuite un peu amélioré ce principe en déplaçant l'emplacement des pattes plus encore sous leurs corps. Enfin la plupart des mammifères possèdent des pattes beaucoup plus verticales, ce qui leur permet de se déplacer beaucoup plus vite, mais qui provoque un équilibre plus précaire.

### 3 les hybrides

La biologie moderne montre que les espèces ont tendance à se diversifier et que les branches des espèces divergent et se séparent régulièrement pour créer de nouvelles espèces. L'espèce est définie par des caractères génétiques, mais aussi par une décision arbitraire des biologistes qui estiment que deux groupes d'individus sont assez distants pour les diviser en deux espèces distinctes.

Si le schéma de divergence des espèces semble tout tracé (et il l'est la plupart du temps), il est important de rappeler que la nature n'est pas aussi droite et régulière que l'on voudrait le penser.

Il arrive parfois que des espèces qui se sont séparées il y a des millions d'années et qui ont un code génétique distinct puissent, par hasard, par nécessité ou d'autres conditions spéciales, se combiner et former un hybride. L'hybride est alors un individu qui partage les caractéristiques génétiques, ou morphologiques des deux "parents". On peut définir l'hybridation biologique comme la fusion, ou le mélange de deux entités. Une progéniture est considérée comme l'hybride de ses deux parents à proprement parler. Mais c'est bel et bien l'hybride interspèce qui nous intéresse, et comme nous allons le voir c'est un phénomène assez répandu dans le monde biologique, qui a été indispensable à l'évolution de la vie que nous connaissons actuellement.

Le phénomène d'hybridation interspèce se manifeste dès la création des trois grands groupes d'êtres vivants que sont les bactéries, les archés et les eucaryotes qui sont les cellules qui possèdent un noyau. En effet, on suppose que les cellules eucaryotes sont le résultat d'une hybridation entre une arché et une bactérie. L'hybridation entre les eucaryotes et les bactéries est une chose commune puisqu'au fil des évolutions vers des formes de vie plus complexes, les êtres vivants ont intégré dans leurs cellules des bactéries afin d'absorber les capacités de ces dernières.

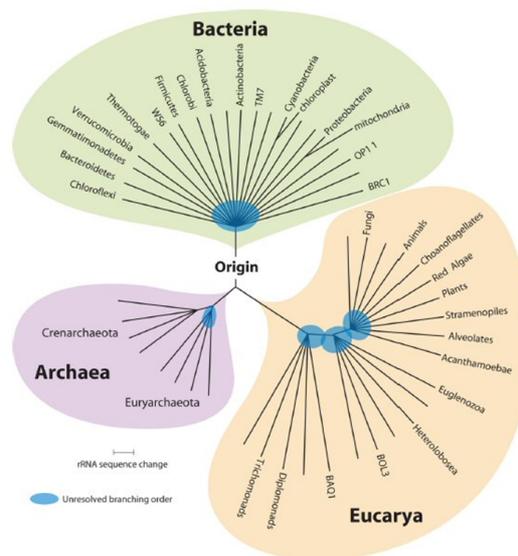
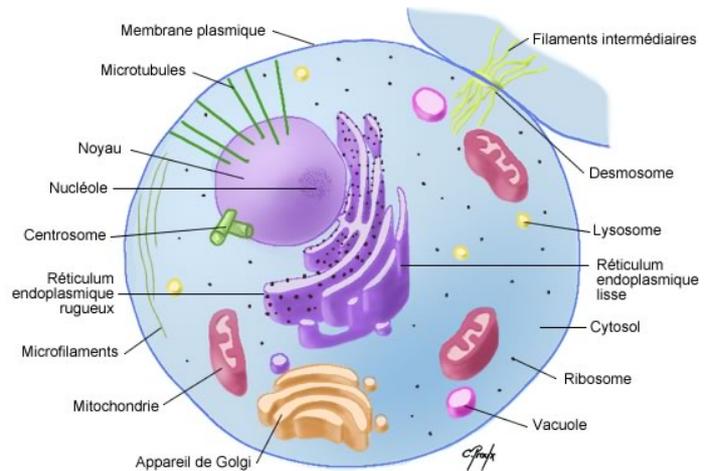


schéma de répartition des êtres vivants

L'homme a dans ses gènes une portion de près de 8 % d'acide désoxyribonucléique (ADN) issue de virus, qui sont vitaux dans son évolution, car c'est ce qui lui a permis à lui et aux autres mammifères, la création d'un organe vital à la reproduction qu'est le placenta. Les êtres vivants sont donc, jusqu'à la plus petite échelle, le résultat de fusions et de cohabitations au niveau cellulaire, que l'on nomme aussi endosymbiose .



endosymbiose d'une cellule

L'hybridation prend donc un nouveau sens puisqu'il s'agit de la fusion de plusieurs individus. Mais on se rend compte que cela comprend aussi l'endosymbiose, puisqu'à partir d'un certain niveau il devient possible de déterminer d'où vient telle ou telle cellule. L'hybride tel qu'on le conçoit aujourd'hui est un organisme issu du croisement de deux individus, mais aussi de deux individus d'espèce différente (inter-spécifique). L'hybride présente donc un mélange des caractéristiques génétiques de chacun des deux individus. Il existe plusieurs types d'hybridation, la plus naturelle est l'hybridation par reproduction sexuée, mais on trouve aussi l'hybridation chirurgicale, ainsi que l'hybridation somatique qui est obtenue par manipulation génétique dans les laboratoires, notamment lors de la création d'Organismes Génétiquement Modifiés (OGM).

Depuis l'Antiquité et bien avant, l'homme a toujours voulu s'approprier les capacités de certains êtres vivants et ce parce que vers -3000 avant J.C, les animaux sont toujours perçus comme étant plus puissant que les humains. C'est cette supériorité qui va être retranscrite dans la représentation des dieux égyptiens qui vont mélanger l'iconographie animale avec les forces et les caractères de chaque animal, avec la forme humaine qui va prendre de plus en plus d'importance. On assiste à une représentation anthropomorphe des animaux pour que le dieu mi-homme / mi-animal se retrouve au sommet de tout et possède des pouvoirs surnaturels. Comme par exemple le dieu céleste égyptien Horus qui a une tête de faucon, ou Anubis le dieu à la tête de chacal qui est le dieu de l'au-delà. Les hommes ont choisi de représenter les dieux égyptiens sous la forme d'hybride avec une tête animale, afin de les reconnaître facilement et que les caractères d'une personnalité soient symboliquement représentés sur son visage. En utilisant une tête animale, les hommes ont voulu montrer symboliquement les qualités et les caractères de chaque divinité.



représentation d'Horus sur un parchemin

La représentation des hybrides est donc une représentation métaphorique que l'on retrouve dans de nombreux mythes et religions, ce qui permet de reprendre facilement les croyances et d'utiliser des images plutôt que des mots.

Le problème de l'utilisation de métaphores comme celles-ci, est que la croyance populaire a tendance à retenir l'aspect physique de l'hybride, plutôt que ce qu'il signifie métaphoriquement. Il transforme alors la métaphore en métamorphose ainsi l'image créée par l'homme prend vie pour s'inscrire et prendre part au réel.

Une fois ce fait établi on peut comprendre pourquoi le principe de métamorphose des espèces a pu se perpétuer jusqu'au XVIIe siècle, avec des créatures hybrides comme les loups-garous, les sirènes qui, dans l'Antiquité grecque, sont passées de femmes oiseaux aux femmes poissons, mais aussi les griffons qui sont constitués de plusieurs parties animales.

Dans toutes les religions et mythes on retrouve des hybrides que l'on pourrait ranger dans plusieurs catégories :

## Les hybrides zoocéphale (homme à tête animale).

Dans cette catégorie on retrouve essentiellement les dieux égyptiens comme Seth et Toth, certains dieux hindous comme Ganesh ( dieu à la tête d'éléphant ) et des créatures mythologiques comme le Minotaure (créature au corps d'homme et à la tête de taureau). Le mythe du Minotaure illustre parfaitement la notion d'hybride et sa création avec une approche "biologique et technique" .



*Dedale et Pasiphae* par Jean Lemaitre XVIIe siècle

Dans l'Antiquité, le roi de Crète Minos, demanda à Poséidon de lui prêter un taureau pour impressionner ses frères. Poséidon (dieu grec des océans) accepta sous l'unique condition que Minos lui rende le taureau. Mais en le voyant, le roi fut tellement admiratif devant cette bête magnifique qu'il décida de le garder et de donner un taureau de substitution à Poséidon. Pour se venger

Poséidon décida de rendre Pasiphaé (la femme de Minos) follement amoureuse du taureau, au point que son amour se transforme en désir brûlant.

Pasiphaé convoqua Dédale ( un ingénieur grec) afin de lui trouver une solution pour qu'elle puisse s'accoupler avec le bovin. " Dédale construisit une vache de bois montée sur des roulettes ; l'intérieur était creux et, elle était recouverte d'une peau de bovidé [...] il la mit dans le pré où le taureau avait l'habitude de paître, et Pasiphaé y entra. Quand le taureau s'en approcha, il la monta, comme s'il s'agissait d'une vraie vache ". De cette union naquit Astérion, un monstre au corps d'homme et la tête de taureau, que l'on nomma le Minotaure.

## Les hybrides Thérianthropes.

Il s'agit d'hybrides que l'on retrouve dans beaucoup de religions et qui étaient très répandus au Moyen Âge puisqu'il s'agit de créatures présentant à la fois des caractéristiques humaines et animales.

Il faut toutefois différencier deux catégories de thérianthropes :

- D'un côté les créatures métamorphes, qui se transforment en animal anthropomorphe comme c'est le cas des loups-garous qui forment les lycanthropes, mais aussi les sinanthropes qui sont des hybrides homme-chien. De nombreux dieux ont la faculté de se transformer en l'animal de leur choix et entrent donc dans cette catégorie.
- D'un autre côté on trouve les créatures hybrides dites "stabilisées", comme les centaures, des créatures mi-homme/mi-cheval que l'on retrouve dans la mythologie grecque, de même que les sirènes qui sont des êtres mi-femmes/mi-oiseaux, ou encore les harpies. Mais le terme sirène désigne aussi les femelles des tritons qui sont des créatures mi-hommes/mi-poissons.



## Les hybrides d'animaux

Dans cette catégorie on retrouve un bon nombre de créatures issues de mélanges entre plusieurs animaux. On retrouve des créatures comme le Griffon, qui est un lion avec une tête d'aigle, une créature hybride qui était considérée comme parfaitement réelle au Moyen Âge et qui était le symbole de nombreux chevaliers. L'hippogriffe est lui aussi une créature hiéracocéphale sauf qu'il ne s'agit pas d'un lion, mais d'un cheval avec une tête et des ailes d'aigle. Le pégase est lui aussi un cheval ailé (sans tête d'aigle) qui dans la mythologie aide Bellérophon un héros grec à vaincre un des hybrides les plus emblématiques qu'est la chimère. La chimère est un animal hybride maléfisant décrit comme un agrégat d'animaux de différentes espèces. Son corps est composé principalement d'un lion, d'une tête de chèvre sur son dos et d'un serpent cracheur de feu à la place de la queue.



hippogriffe dans Harry Potter 3

Les hybrides sont donc des créatures métaphoriques que l'on retrouve dans toutes les civilisations et qui se sont inscrites dans les moeurs, jusqu'à devenir, pour la plupart des personnes, des créatures réelles. Des fossiles et des squelettes d'animaux ont même perçus comme étant des vestiges de ces chimères. Ce qui nous amène aux premières créations artificielles d'hybride par l'homme.

On trouve des tentatives de création de chimère surtout en Chine et en Europe grâce à la science de la taxidermie, à l'époque de la renaissance, surtout avec le développement des cirques et des cabinets de curiosités. Comme l'attrait pour ces créatures hybrides n'a eu de cesse d'avoir du succès, certains taxidermistes ont commencé à créer des squelettes hybrides, avec par exemple un buste d'orang outan et une queue de poisson séché pour créer une dépouille de sirène, créant ainsi une "preuve scientifique" à leurs existences. Cette méthode de "scientification" des mythes sera utilisée par des artistes, mais aussi par des scientifiques au cours de la guerre froide. Ainsi en 1954 en Russie, un chirurgien greffât des têtes de chiens sur plusieurs autres chiens. Vladimir Demikhov (1916-1998) mena de nombreuses expériences sur l'hybridation d'animaux par voie chirurgicale dans un centre de recherche russe. Sur le même principe que la chimère lion avec une tête de chèvre sur le dos, Demikhov greffa des têtes de chiot sur des bergers allemands vivants en connectant les artères du berger allemand à la tête de chiot.

Cet hybride resta en vie près de 29 jours et fut l'un des progrès chirurgicaux les plus importants de l'époque, puisque cela permit à Demikhov d'accomplir la première greffe de cœur quelques années plus tard.



expérience de Vladimir Demikhov

L'homme a donc réussi à créer des hybrides dans le sens que l'on se le représente depuis la mythologie, c'est-à-dire comme un patchwork de différents êtres vivants. Et même si cette opération montre que la création d'hybride est possible par chirurgie, elle nous montre aussi ses limites puisque cet hybride n'est pas viable à long terme et ne peut engendrer de descendance puisqu'il s'agit de chirurgie et non de métissage génétique. La nature et l'homme ont depuis longtemps trouvé un stratagème beaucoup plus simple que la chirurgie, la création d'hybrides par voie sexuée naturelle.

Il arrive que dans la nature ou dans des zoos, la proximité de deux espèces entraîne l'accouplement de deux individus pourtant d'espèces bien distinctes. La plupart du temps cela n'entraîne rien, mais il arrive que cela puisse engendrer la naissance d'un être hybride présentant les caractéristiques de ses deux parents. On trouve des cas d'hybride chez de nombreux mammifères comme les félins, qui sont les plus faciles à hybrider, mais il existe aussi des hybrides chez les canidés (comme les croisements de chiens et de loups) et chez les équidés (avec la mule, hybride créé par l'homme depuis l'Antiquité et encore aujourd'hui).



un lygre et son dresseur

Il est donc possible de voir des hybrides naturels. Cependant, il faut comprendre que l'on ne peut pas connaître à l'avance le résultat d'un croisement entre deux espèces. L'histoire de l'évolution nous a montré que certains animaux, bien que morphologiquement proches, pouvaient appartenir à des genres totalement différents, comme c'est le cas du chien et du loup de Tasmanie qui est un marsupial. L'étude de l'évolution des espèces nous permet de découvrir que certaines espèces que l'on peut penser proches comme l'hippopotame et les rhinocéros, sont en réalité très éloignées dans l'arbre de l'évolution. Il arrive donc que l'espèce la plus proche génétiquement d'une autre se trouve être complètement différente morphologiquement, comme c'est le cas pour l'hippopotame dont l'espèce la plus proche génétiquement se trouve être la baleine.

Il est alors normal de se demander quel est le degré de parenté maximum ou minimum nécessaire à une hybridation naturelle. C'est ce qui différencie la biologie des autres sciences en ce fait qu'il s'agit d'une science empirique, c'est-à-dire qui s'appuie sur l'expérimentation et les observations. On ne peut garantir que deux individus de différentes espèces, puissent créer un hybride. Bien sûr on s'est rendu compte que deux espèces extrêmement différentes ou qui se sont séparées de leur ancêtre commun il y a des millions d'années ne peuvent pas se reproduire, comme un homme et un lapin par exemple. Mais pour des espèces qui sont proches on peut se poser la question, comme c'est le cas avec l'hybridation homme-chimpanzé avec les expériences du scientifique russe Ilya Ivanov (1870-1932).



Cesar dans la planète des singes

Ilya Ivanov était un scientifique spécialisé dans l'hybridation animale et l'insémination artificielle, il fit de nombreux hybrides, il fut le premier à réaliser un croisement entre une antilope et une vache. En 1926, avec l'accord de l'institut Pasteur il décide de tenter une hybridation entre un homme et des femelles chimpanzés par insémination artificielle. Il décida de prendre une femelle chimpanzé, car ce sont avec les bonobos nos parents les plus proches. Notre ancêtre commun daterait d'il y a plus ou moins cinq millions d'années et on partagerait environ 99% de notre ADN avec les chimpanzés. Même si cela paraît énorme, il faut savoir que la différence entre un homme et un de ses semblables n'est que de 0.1%. Cette proximité laisse alors espérer au scientifique une possible réussite. C'est pourquoi il insémine trois femelles chimpanzé avec du sperme humain et malgré le fait que cela n'ai pas fonctionné, Ivanov décide d'inverser le processus. Il décide alors d'inséminer du sperme de chimpanzé chez des femmes volontaires. Cependant, le seul mâle mature dont disposait Ivanov mourut avant le début des premiers tests. L'expérience ne fut pas reconduite à cause des problèmes d'éthiques qu'elle représentait. (note sur le nombre de chromosomes différents homme singe)

On constate alors que l'hybridation sexuée par voie naturelle semble avoir ses limites et au fur et à mesure de l'avancement de la génétique, certains scientifiques parviennent à isoler les gènes d'ADN responsables de telles ou telles caractéristiques. Les scientifiques vont alors chercher à transférer les gènes d'un être vivant à un autre sans toucher le reste du code génétique de l'animal pour que cela s'apparente plus à la mutation d'un gène isolé, ce qui est fréquent dans la nature, qu'au mélange et à la réorganisation du génome entier comme c'est le cas d'hybride entre deux espèces.

Pour comprendre comment on peut transférer des gènes il faut comprendre leurs architectures, qui bien que compliquées, sont facilement explicables.

Chaque être vivant est composé de cellules, qu'il soit unicellulaire comme les bactéries, ou composé de milliard de cellules comme les mammifères. Chaque cellule est complexe et possède un noyau qui contient des molécules compactées que l'on appelle des chromosomes. Chaque être vivant à un nombre défini de chromosomes dans ces cellules, les hommes par exemple en possèdent 22 paires alors que la levure possède cinq chromosomes. L'acide désoxyribonucléique ou ADN est la molécule qui constitue le chromosome. Si on déroule cette molécule d'ADN, on constate qu'elle est composée elle aussi d'un enchaînement de quatre petites molécules que l'on nomme A, G, C et T.

On sait alors que le génome génétique d'un individu correspond à l'ensemble de ses chromosomes. On peut alors traduire l'ADN de chaque chromosome en fonction de l'ordre des molécules. Il en résulte une suite comme par exemple "GAADATGATCCACATAAGGCA" , parmi cette suite il suffit de trouver quelle section correspond à un gène, sachant que la plupart des gènes commencent par ATG et se finissent par TAA. L'avantage de cette traduction est qu'elle est universelle pour tous les êtres vivants. Il est donc assez facile de prendre un gène d'un organisme et de le transférer dans un autre organisme, qui sera capable de le décoder et d'en prendre les nouvelles propriétés, créant ainsi un organisme génétiquement modifié.

Lorsque l'on trouve un gène dans la suite de lettres de l'ADN, il faut trouver à quoi il sert. Pour cela on le désactive chez l'organisme et on regarde ensuite ce qui ne fonctionne plus ou ce qui a changé.

Les OGM sont par définition des organismes vivants dont les caractéristiques génétiques initiales ont été modifiées de façon non naturelle, par addition, suppression, remplacement ou modification d'au moins un gène. L'organisme résultant de cette modification, que l'on appelle plus communément la transgénèse, est appelé organisme transgénique.

Les OGM ont permis une avancée technologique considérable dans le domaine de la médecine, comme cela était le cas avec l'insuline. L'insuline est une protéine qui permet de faire passer le sucre du sang vers les cellules, mais il arrive que certaines personnes n'en produisent pas assez, elles sont diabétiques. La solution à ce problème a d'abord été de prélever l'insuline chez le porc puisque le code génétique du gène de l'insuline du porc ne diffère du nôtre que d'une lettre, mais cette seule différence peut, sur le long terme, créer une allergie à l'insuline de porc. Les chercheurs ont donc isolé le gène de l'insuline et l'ont incorporé dans une bactérie unicellulaire à développement rapide, ce qui a permis d'obtenir une grande quantité de bactéries porteuses du gène de l'insuline humaine en un temps très court. Il suffit alors de détruire la bactérie pour récupérer les quantités d'insuline disponibles.

Les OGM sont alors vus comme des outils, puisque ce sont les résultats produits par l'organisme transgénique qui nous intéressent. Mais il existe aussi des OGM qui sont produits dans un autre but comme c'est le cas dans l'agro-alimentaire.

En 1982 des chercheurs américains ont réussi à isoler le gène de croissance chez l'homme et l'on introduit dans une souris. Cette dernière devint deux fois plus grosse que la souris témoin. Cette expérience ouvrit une porte dans le domaine de l'expérimentation puisque quelques années plus tard, le département de l'agriculture créa un porc lui aussi doté de l'hormone de croissance humaine, mais contrairement à la souris, le porc n'a pas réagi de la même manière, puisqu'il était atteint de différents problèmes comme le strabisme, des pattes disproportionnées qui le rendaient impotent et incapable de se tenir debout et une musculature surdéveloppée pour sa stature.



souris OGM et souris témoin

Actuellement d'autres expériences sur les porcs visent à modifier leurs structures génétiques pour faire en sorte que leurs organes soient compatibles avec les nôtres, ce qui permettrait alors d'avoir des organes transplantables à disposition, tout comme on utilise la peau des porcs dans certaines greffes pour les grands brûlés. La recherche sur les maladies dégénératives a permis un accord, en Grande-Bretagne, entre le gouvernement et les scientifiques pour la création d'embryons d'hybrides humains et animaux dans le but d'avancer plus profondément dans cette recherche.

Ainsi avec les avancées génétiques, on ne considère plus les problèmes de la même façon. On ne cherche plus à changer la technologie pour qu'elle s'adapte au vivant, mais à changer génétiquement les organismes pour qu'ils s'adaptent à la technologie et à nos besoins (comme c'est le cas avec le cas des embryons même s'ils sont détruits sous 14 jours).



saumon OGM et saumon témoin

C'est aussi le cas des saumons transgéniques de la société *AquaBounty Technologies* qui ont été autorisés à être commercialisés et consommés. On s'aperçoit que l'élevage de ces poissons deux à trois fois plus gros et ayant une croissance beaucoup plus rapide présente un risque pour l'environnement, car comme nous l'avons vu, la sélection naturelle peut faire en sorte de privilégier un poisson transgénique. S'il s'échappe, il sera privilégié de par sa taille et sa croissance rapide, ce qui engendrera une prédisposition à la reproduction des poissons transgéniques face aux saumons naturels, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que cet OGM ou autrement dit Organisme Génétiquement Monstrueux .

## II LES HYBRIDES DANS LA FICTION

### 1 les hybrides de patricia Piccinini



surrogate de Patricia Piccinini

La représentation esthétique d'êtres hybrides a toujours fait partie de nos fantasmes iconographiques, les avancées technologiques ont peu à peu permis de modeler des vivants et de se rapprocher des mythes, comme c'était le cas avec les hybrides créés par Ivanov ou les créations d'embryons transgéniques entre des hommes et des animaux. La biologie étant une science empirique et les expériences transgéniques étant gardées secrètes dans les laboratoires, la majeure partie de la population, à l'exception de certains scientifiques, n'a jamais vu ces hybrides, ainsi que les nombreuses tentatives de créations. De plus, le fait de considérer que l'homme peut intervenir dans la création de nouvelles espèces et peut, pour ses propres besoins, modifier le patrimoine génétique du règne animal pose des problèmes d'éthique.

En effet, à force de penser que la vie est une machine et que le vivant n'est constitué que de gènes, on arrive à une pensée cartésienne qui permet de créer de nouvelles formes de vie sans se soucier de ce qu'il en est réellement et du statut de ces nouveaux animaux hybrides.

C'est en voulant illustrer ces questions qu'une artiste australienne du nom de Patricia Piccinini a créée une série de sculptures hypers réalistes pour illustrer à quoi pourraient ressembler les hybrides génétiques entre les hommes et certains animaux ( comme on souhaite le faire dans la génétique ) et surtout qu'elle serait la place de l'homme en tant qu'individu dans ces créations.

Patricia Piccinini part du constat que l'avancée technologique augmente de plus en plus vite et que s'y opposer n'est pas vraiment une bonne solution. C'est pourquoi, elle pense qu'il faut mieux prendre en compte la venue des avancées génétiques dans un futur proche au lieu de se demander si cette avancée est bonne ou mauvaise. L'homme a toujours eu du mal à accepter le changement et les nouvelles techniques, surtout maintenant, ou la question de l'humanité d'une personne devient de plus en plus floue. Un hybride est-il un être humain ? Un grand singe qui ressent des sentiments, est capable de s'exprimer et d'être conscient de soi peut-il être considéré comme un humain ? Et surtout à partir de quand pourra-t-on considérer les intelligences artificielles comme des êtres à part entière.

La définition de ce qu'est un être vivant et son statut évolue avec les avancées technologiques, tout comme notre notion d'implication et de responsabilité vis-à-vis de cet être que nous avons créé. Ainsi à travers ses oeuvres Patricia Piccinini ne cherche pas à porter de jugement sur l'existence et la création de créature transgénique, mais plutôt de faire en sorte que l'on réfléchisse à comment nous percevons ces créatures hybrides génétiquement modifiées.

Une des oeuvres phares de l'artiste, qui se révèle être l'une des plus perturbantes, est la sculpture *The Young Family* qui a été exposée pour la première fois en 2002. Il s'agit d'une sculpture en silicone, cuir, polyuréthane et cheveux humain, qui représente une créature hybride qui semble être une mère avec ses bébés. L'artiste a réalisé cet hybride comme étant la représentation qu'elle se fait des êtres transgéniques destinés à être élevés pour servir de donneurs d'organes et autres transplantations pour les humains. Comme nous avons pu le voir il s'agit d'un sujet d'actualité car certaines recherches ont été menées dans cette direction, même si on n'en connaît pas les avancements et les aboutissants. En effet, les expériences sont souvent menées par des sociétés privées.



the young family de Patricia Piccinini

La mère ses enfants ont donc des aspects porcins, mais à la fois humain, la peau glabre est une caractéristique que l'on retrouve chez ces deux espèces, mais on devine par la translucidité de celle-ci et la vue des veines que la caractéristique humaine semble être plus que présente. L'anatomie de la créature bien que difficile à discerner au premier abord en position latérale, semble correspondre à une anatomie humaine, mais au premier abord seulement, puisque plus on regarde la créature en détails, plus certaines parties du corps semblent changer. Les tibias semblent tassés, la tête bien que différente au niveau de la structure semble plus grosse proportionnellement qu'une tête humaine ce qui entraîne aussi un cou plus long et plus gros, étant donné que les muscles de la nuque doivent pouvoir supporter la masse du crâne. Les mains semblent à la fois plus longues et plus trapues. On note cela notamment avec l'allongement du métacarpe, qui est un phénomène rependu dans l'évolution de nombreux digitigrade et onguligrade comme le cochon.

Les pieds ont des doigts distincts de la même façon que les doigts d'une main. Les oreilles sont les éléments qui s'éloignent le plus de l'aspect humain de l'hybride, elles sont démesurément grande, même par rapport à un cochon, mais elles permettent au spectateur d'identifier rapidement la créature comme non humaine. En ce qui concerne la pilosité, on remarque que l'artiste a placé quelques cheveux sur le crâne, ce qui est spécifique à l'homme.

Pour ce qui est de la structure du visage, on remarque que le nez est soudé à la partie supérieure et que la bouche est dotée de lèvres. Les yeux ont été ramenés sur l'avant du visage comme sur un homme, alors que les cochons ( et la majeure partie des herbivores ) ont les yeux sur les côtés, ce qui leur permet d'avoir une vision panoramique. Deux des bébés se nourrissent aux seins de leur

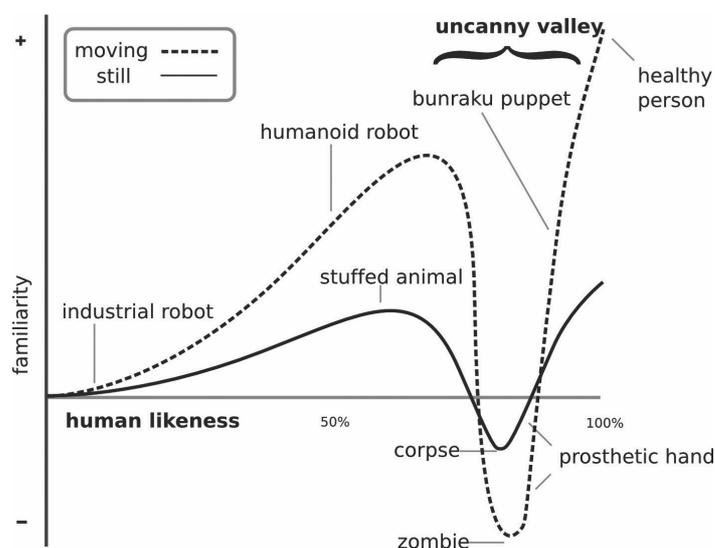
mère, comme le feraient des porcelets, alors que le troisième bébé semble plus humain dans sa position, qui rappelle celle des nouveau-nés humains.

Enfin le visage de l'hybride semble très expressif grâce aux sourcils, au large front ridé, ainsi qu'aux yeux qui permettent d'exprimer les émotions de la créature. On constate alors que l'hybride a un regard profond et semble dans ses pensées. Le spectateur se demande à quel point une créature entièrement créée par l'homme, puisse ressembler à un humain. L'humanité a choisi sa vie à sa place, mais dans cette scène la créature à des enfants, auxquels elle a donné la vie, qu'elle nourrit et qu'elle chérit. La vie reprenant le dessus sur la technique, l'artiste pose ainsi la question de la place des hybrides génétiques et des créatures génétiquement modifiées pour servir les besoins de l'homme, car il est vrai que nous avons besoin d'organes transplantables, mais d'un autre côté on est face à une créature qui possède sa propre conscience et qui a sa propre volonté. Le spectateur, s'il est assez réceptif, éprouve alors une empathie envers les créatures. On est en droit de se questionner sur notre droit de prélever des organes chez des créatures créées dans ce but.

S'il était question de la vie d'un de nos proches, est-ce que l'on ne choisirait pas de prendre la vie d'une de ces créatures pour sauver celle de nos proches ?

Patricia Piccinini, en créant des hybrides réalistes cherche à montrer la place de ces êtres dans notre société et cherche à faire réfléchir le public. Elle montre que la plupart des gens ont peur de la différence et que cela a toujours été le cas. Son travail effraie les spectateurs, mais ce n'est pas le but qu'elle recherche, mais plutôt le questionnement et l'intrigue. Elle cherche à stimuler les spectateurs.

Les créatures hybrides sont tout à fait spéciales puisqu'elles sont très différentes de nous physiquement tout en étant proche et ressemblante. Cela peut devenir inconfortable voire effrayant dans certains cas. Ce phénomène de rejet face à un être qui nous ressemble, sans pour autant être humain est courant dans le domaine de la robotique, on l'a nommée l'Uncanny Valley ou Vallée de l'Etrange en français.



schema de l'uncanny valley

L'Uncanny Valley est une théorie exprimée en 1971 par un roboticien japonais, Masashiro Mori, qui exprime la notion d'empathie ou au contraire de malaise lorsque l'on se trouve face à un robot humanoïde, ou une créature anthropomorphe dans notre cas.

Cette théorie montre que plus un être nous ressemble, plus on éprouve de sympathie pour lui. Cependant, s'il nous ressemble trop mais que certaines différences subsistent, notre cerveau va noter toutes les différences et nous prévenir que ce que l'on a en face de nous n'est pas humain.

Ainsi, bien que les hybrides de Patricia Piccinini nous mettent mal à l'aise de par leur réalisme, elle a essayé de franchir l'Uncanny Valley en présentant ses créatures de manière sympathique, dans des situations naturelles connues de tous ( moments de bonheur par exemple ), pour que le spectateur puisse entrer plus facilement dans l'oeuvre et se questionner sur sa responsabilité en tant qu'humain sur ces créatures.

L'émotivité est ce qui permet le plus facilement de passer outre ce rejet que l'on exprime au premier abord, la présence d'enfants et de bébés dans ces oeuvres permet de ressentir de l'empathie beaucoup plus facilement et donc de nous mettre à la place de cette créature et d'être intrigué parce qu'elle ressent.



the welcome guest de Patricia Piccinini

Dans une sculpture comme *The Welcome Guest* réalisé en 2011, l'artiste montre un hybride qui semble être mi-humain/mi-paresseux et dont la qualité esthétique est son principal atout. Elle montre ainsi que si la nature a pu faire évoluer des animaux pour leurs beautés comme le paon, l'homme peut aussi créer des hybrides dans un but purement esthétique, comme le montre ces griffes disproportionnées. La créature transgénique semble à la fois effrayante, mais aussi fragile. Son équilibre semble précaire. Ce qui fait ses atouts semblent aussi être un handicap.

Elle est face à une petite fille et tous deux semblent sourire, on ressent une complicité et une curiosité chez chacun des deux protagonistes. La petite fille semble autant intéressée par la créature que la créature semble intéressée par la petite fille. Même si les griffes semblent inquiétantes, on se rend compte que c'est la créature qui semble être la plus vulnérable.

Les deux enfants représentent le futur génétique de notre monde et ne portent pas de jugement de valeur sur l'autre, le monde génétique rejoint alors le monde naturel.

La réalisation technique de telles oeuvres est extrêmement importante, puisque c'est le réalisme de ces créatures de fiction qui nous interpelle à ce point. Pour arriver à ces résultats, Patricia Piccinini travaille avec une équipe de professionnels habitués à faire des sculptures en silicone pour le cinéma et les effets spéciaux. L'artiste part avant tout d'un concept, d'une idée qu'elle développe sur le long terme en faisant des croquis et des dessins réalistes avant de dire à ses collaborateurs ce qu'elle souhaite obtenir comme sculpture. Elle travaille avec du silicone, car il s'agit du matériau le plus proche de la peau humaine. Grâce à la superposition des couches on arrive à obtenir une translucidité de la peau, ce qui la rend réaliste.

Grâce à ses sculptures, Patricia Piccinini réussit à créer de nouvelles formes de vie hybrides et à faire en sorte que l'on se questionne sur leurs places dans la nature, dans notre vie et dans l'histoire de l'évolution des espèces. En effet même si cela est plus rapide, l'émergence d'une nouvelle espèce par hybridation semble aussi légitime que les mutations naturelles créant de nouvelles espèces.

La représentation de nouvelles espèces est une chose que l'on a souvent imaginée, mais qui s'est de plus en plus répandue dans le domaine de l'art, avec la peinture, mais surtout avec le cinéma comme nous allons le voir.

## 2 les hybrides dans l'art et le cinéma

La représentation esthétique du monde est l'essence même de l'art. Depuis que l'homme a évolué et qu'il a délaissé la nature pour le progrès, il a cherché à représenter le monde qui l'entoure avec les moyens et les médiums qu'il avait à disposition. La gravure, la sculpture et la peinture font ainsi partie des arts ayant permis aux artistes d'une part de représenter leur imagination, mais également de figurer le monde environnant et ce de façon à être de plus en plus près de la réalité.

Certains peintres comme le Caravage (1571-1610), ont d'ailleurs réussi à représenter des peintures extrêmement réalistes encore aujourd'hui grâce à leur technique et leur observation attentive des éléments.

Les oeuvres de Caravage sont à la fois dérangeantes et trop réalistes pour la majorité des critiques de l'époque. Le mimétisme met l'accent sur les sentiments de la scène représentée en occultant l'âme de la peinture elle même.

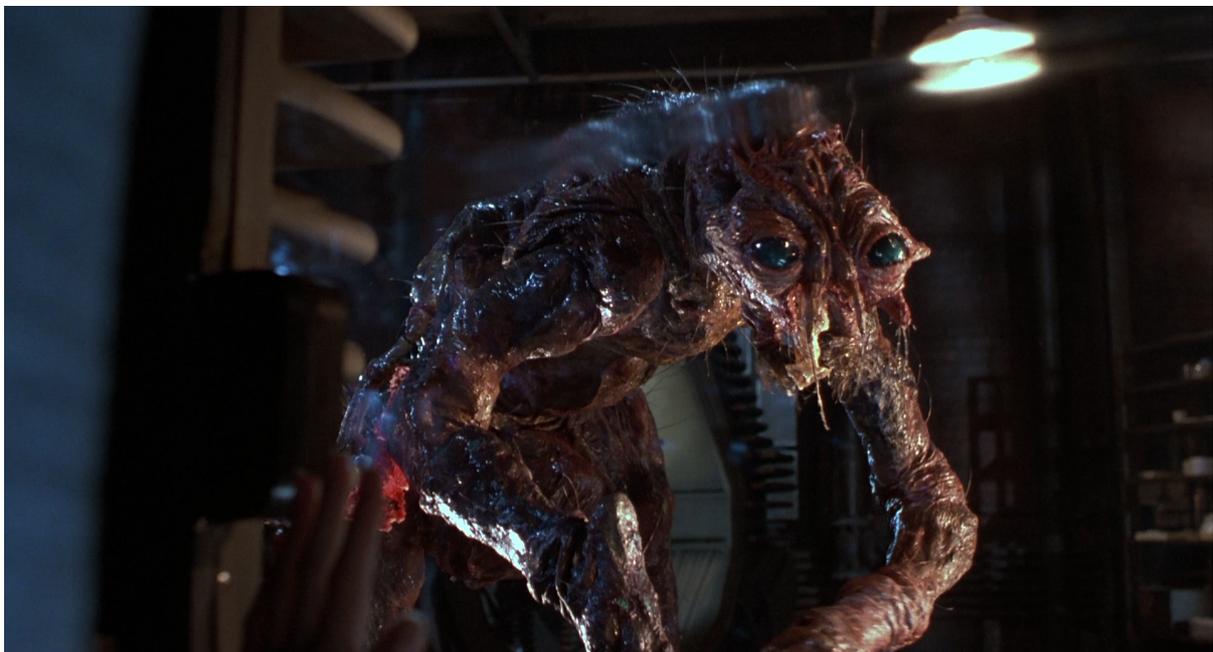


Judith et Colopherine de Caravage 1598

Pour autant le réalisme est devenu peu à peu gage de qualité et de perfection, le cinéma ayant largement contribué à le placer comme un véritable aboutissement artistique. On retrouve cette notion dans le jeu vidéo, qui lui aussi tend vers un réalisme de plus en plus poussé permis par l'avancée de la technique et la puissance croissante des ordinateurs. Dans le cinéma on observe la même progression, plus lente étant donné l'ancienneté de ce médium, mais qui a permis de créer des hybrides de plus en plus convaincants avec des technologies qui n'ont elles-mêmes cessé d'évoluer.

L'un des véritables pionniers dans la représentation des hybrides génétiques au cinéma est David Cronenberg qui réalise le film *La mouche* en 1986, inspiré de *La Mouche noire* de Kurt Neumann réalisé en 1958.

Dans ce film un scientifique, Seth Brun, joué par l'acteur Jeff Goldblum, met au point une technique révolutionnaire : la téléportation. Mais au moment d'essayer lui-même sa machine, une mouche va entrer dans la cabine et l'ADN du scientifique va se retrouver mélangé avec celui de la drosophile. Dans ce film, l'hybride se métamorphose petit à petit. Pour autant il ne s'agit pas de la métamorphose comme on l'entend au Moyen Âge, mais plutôt d'une métamorphose basée sur le cycle de développement des mouches, qui passent de l'état larvaire, ici celui d'homme, à l'état final de mouche en passant par la chrysalide, qui permet aux organes d'évoluer.



hybride homme-mouche du film la mouche

On observe ainsi un semblant de Biomimétisme, adapté au cinéma mais avec une dimension scientifique pour gagner en crédibilité afin de plonger le téléspectateur plus profondément dans le film. Les techniques de l'époque dans le domaine du maquillage et des prothèses de silicone ont permis de créer un hybride déroutant, effrayant mais au final trop éloigné de l'aspect humain pour que l'on éprouve de l'empathie, que l'on réussisse à se mettre dans la peau de cette créature ou pour que l'on comprenne ce qu'elle ressent.

Une autre des créatures emblématiques du cinéma est le loup-garou. En effet le loup-garou est l'un des hybrides les plus connus, mi-homme mi-loup, il a pendant longtemps été considéré comme réel; rappelons nous qu'au Moyen Âge on croyait à la métamorphose des espèces, d'autant que certaines maladies mentales comme la lycanthropie, puisque les personnes qui en sont atteintes se prennent pour des loups, ou la hypertrichose, appelée aussi maladie du loup-garou, qui se caractérise par une pilosité abondante allant du corps au visage compris et qui donne un aspect animal à la personne atteinte, ont largement contribué à la légende.

La première apparition du loup-garou au cinéma date de 1913 avec le film "the werewolf" basé sur une légende amérindienne, mais la véritable apparition du loup-garou au cinéma date de 1935 avec le film " le monstre de Londres " de Stuart Walker, où la légende du loup-garou cinématographique se forme, on y instaure des éléments qui seront repris ensuite comme la transmission de la malédiction par morsure d'un loup, ou la transformation à la pleine lune. La métamorphose de l'homme au loup-garou se fait par ajout de poils et de prothèse au visage entre deux plans en fondu. Le loup-garou ressemble alors à un humain avec une forte pilosité et dont les traits du visage ont été modifiés pour avoir l'air plus animal.



metamorphose en loup-garou dans le loup-garou de Londres

En 1981 le loup-garou de Londres de John Landis marque une évolution dans la métamorphose du loup-garou, avec un hybride anatomiquement évolué et une finalité qui ressemble beaucoup plus à un loup qu'à un homme. le procédé de transformation est quant à lui novateur puisqu'il consiste à agrandir ou à rétrécir les os et donc la morphologie de l'humain pour le faire ressembler petit à un loup. Ce procédé que l'on nomme le morphisme, est constamment repris lors de la transformation d'être hybride méthamorphe, laissant le pourcentage de transformation comme principal choix esthétique restant, outre la pilosité et la taille de la créature.

Une des franchises qui a le plus travaillé sur le concept de loup-garou est la trilogie Underworld. Dans les premiers films le concept de loup-garou repose à la fois sur un souci esthétique et pratique, le réalisateur Len Wiseman souhaitait en effet que les loups-garous, ou lycan dans les films soit des acteurs dans des costumes, avec des extensions aux pieds et des visages contrôlés par des animations. Dans les derniers volets de la saga les gros plans sont toujours des costumes de par leurs réalismes, mais le développement de la 3D a permis de créer des personnages aussi réaliste que les costumes. Ceci a permis de lever certaines frontières et d'obtenir des transformations plus fluides et plus convaincantes..

Underworld est aussi connu pour la création d'un hybride entre un loup-garou et un vampire, cet hybride présente les caractères des deux espèces, sans les poils des lycan. Il est conçu lorsqu'un loup-garou se fait mordre par un vampire. Derrière le principe de propagation des mutations par morsure et donc contact de fluide corporel, Underworld apporte une théorie scientifique pour justifier cet effet. Les vampires et le loup-garou seraient en fait victime de virus, cause du vampirisme et de la lycanthropie, qui serait capable de modifier l'ADN d'un individu pour le faire muté dans une de ces deux espèces. Ces deux virus semblent être issus d'une même souche qui serait une mutation du virus de la peste noire au V ème siècle .

On retrouve donc un fond de vérité scientifique derrière chaque hybridation pour lui donner de la véracité et de la légitimité. Le milieu du cinéma à vite compris qu'il fallait justifier chaque transformation et chaque hybride par des faits scientifiques si l'on veut que le spectateur puisse y croire.



hybride loup-garou/vampire dans Underworld

Jurassic Park par est l'un des films les plus connus à ce sujet, puisqu'il base la création de tous ses dinosaures sur la manipulation génétique à partir de l'ADN contenu dans le sang des dinosaures extrait de moustiques fossilisés dans de l'ambre. Le film explique que l'ADN est une sorte de plan de fabrication d'un être vivant, mais comme il est endommagé de parts son âge et sa conservation particulière, le plan de fabrication est incomplet. Cependant, comme on sait que la structure de l'ADN est un langage universel entre tous les êtres vivants, les scénaristes de Jurassic Park sont partie du fait que si l'on pouvait insérer les gènes d'un animal à un autre et que l'on pouvait utiliser la séquence génétique d'un animal pour compléter la partie manquante dans l'ADN des dinosaures de Jurassic Park.

Les dinosaures des Jurassic Park sont donc des hybrides entre des espèces éteintes et des batraciens. l'hybridation est ici utilisée comme procédé narratif pour justifier la création du dinosaure, mais cela n'entraîne pas vraiment de changement physique, le seul caractère que les dinosaures héritent des gènes de la grenouille est la capacité de se reproduire par parthénogenèse, c'est-à-dire qu'ils peuvent se reproduire sans qu'il y ait de mal dans leur population.

Le principe d'hybridation est poussé encore plus loin dans le film Jurassic World, où cette fois les scientifiques ont décidé de créer un dinosaure hybride en mélangeant les gènes de plusieurs animaux tels que le tyrannosaure, le vélociraptor, le carnataure, la seiche, une espèce rainette tropicale et d'autres animaux. Cette fois l'hybride nommé Indominus Rex présente physiquement les caractères des animaux qui le compose, comme la mâchoire du Giganotosaure, la stature du t-rex, les griffes et l'intelligence du vélociraptor, les chromatophores de la seiche qui lui permettent de se camoufler dans son environnement et la capacité de changer sa température corporelle issue de la rainette tropicale. l'apparence de l'Indominus rex s'inspire d'animaux existants et ayant existé, pour le rendre plus effrayant, ses dents sont constamment apparentes comme chez les crocodiles. La forme des yeux est inspiré des rapaces et de leur vue perçante. Et comme parfois lors de croisements, la santé mentale de l'animal peut être perturbée, on trouve donc une forte agressivité et une forte envie de tuer chez cet animal à cause des modifications génétiques qu'il a subi.



Indominus rex de Jurassic World

Dans le cinéma le caractère d'un hybride et son apparence sont deux points vitaux pour qu'ils soient crédibles, c'est pourquoi dans le quatrième volet d'Alien, Alien résurrection l'hybride, on assiste à la création d'un hybride entre un alien et Ripley, que l'on nomme "newborn". Le "newborn" est un hybride issu de l'accouchement d'une reine alien qui possède elle-même une partie de son ADN issue d'humain. Le design d'un personnage hybride est très important puisqu'il est représenté les caractères des êtres dont il est issu. < ainsi le "newborn" présente l'aspect général d'un alien, mais la peau et la structure du visage sont beaucoup plus proches de l'humain, car il s'agit dans cette situation d'avoir un hybride capable de montrer des émotions. Les yeux, la bouche et les sourcils sont les parties les plus expressives du visage et celles par lesquelles les émotions passent le mieux.



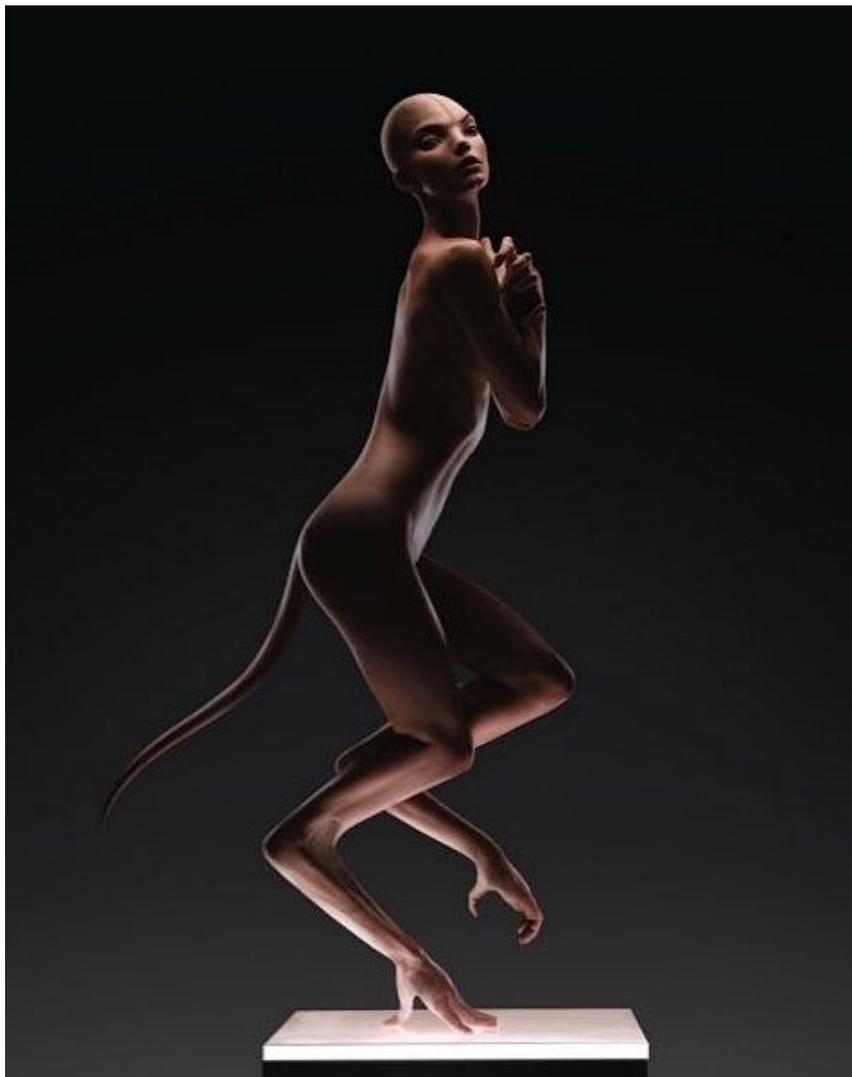
newborn d'Alien Ressurrection

Ainsi le cinéma nécessite certains points dans la création d'hybrides, et c'est aux artistes de créer des hybrides qui remplissent toutes les obligations qui leur sont données, que ce soit le réalisme, l'émotion qu'il exprime, les êtres dont il est issu ou encore la terreur qu'il doit inspirer. Ce travail de recherche et de création est le métier des caractères artistes ou du look dev comme nous allons le voir avec le développement d'un hybride particulier.

### 3 Le caractère design d'un hybride.

La conception d'un hybride pour le cinéma est un processus de plus en plus présent. C'est un sujet récurrent dans les films de sciences fictions, les films fantastiques, les films d'horreur et de monstre. Les spectateurs sont de plus en plus exigeants et de mieux en mieux informés sur le monde qui les entoure, notamment avec les progrès de la science qui au XXI ème siècle est devenu un véritable argument d'autorité.

En effet, la véracité d'une créature, d'un évènement ou d'un phénomène était auparavant dicté par les mythes, les récits religieux, remplacé par la science de nos jours. Si l'on veut que le spectateur puisse s'immerger dans le film et ressentir l'hybride comme étant une créature plausible, il faut appliquer un grand nombre de règles biologiques et scientifiques. La création d'un hybride, ou d'une autre créature dans le cinéma passe généralement par plusieurs étapes. Le caractère designer est une de ces étapes importantes dans le développement du concept recherché. Il illustre à l'aide de croquis les éléments qui vont faire qu'une créature produira l'effet voulu : de l'empathie, du malaise, de la peur. Il permet ainsi d'identifier les différents caractères



Dren du film Splice

de l'hybride tout en respectant les contraintes techniques qui peuvent être liées au tournage d'un film.

On peut citer la création du personnage centrale du film franco-canadien *Splice* de Vincenzo Natali sorti en 2010. Une société pharmaceutique s'intéresse à la création d'hybrides à travers la production de protéines innovantes, dans le but de les commercialiser en tant que médicament. Dans le scénario, un couple de jeunes chercheurs cherche à aller plus loin en incorporant le génome humain à une génome hybride composé de plusieurs animaux. Ils arrivent à créer un embryon hybride viable, mais décident de le garder en vie pour voir son évolution au lieu de le tuer sous 14 jours comme la loi sur les recherches génétiques le régie. Finalement, l'hybride arrive à terme et né sous une forme larvaire, puis évolue vers le stade de la chrysalide d'où sortira un bébé hybride. La créature qui en résulte évolue très vite et passe par différents stades et développe une intelligence et une apparence qui se rapproche de plus en plus de l'humain tout en gardant une apparence déroutante.

La conception de cet hybride qui se nomme Dren est le fruit de 10 années de recherches et d'inspirations. Pour commencer l'idée d'hybride est venu à Vincenzo Natali lorsqu'il a vu pour la première fois la souris de Vacanti, qui bien qu'étant une prothèse et non une véritable expérience d'hybridation. Dren a été imaginé dans le but d'être à la fois biologiquement crédible tout en lui incorporant une humanité afin de lui faire transparaître des émotions.

Vincenzo Natali a appliquer à sa créature des lois biologiques tous en tenant compte de l'environnement qui nous entoure : le biomimétisme.

Rien ne paraît plus réel qu'une chose ou qu'une caractéristique physique issue d'un véritable être vivant. Il peut s'agir de son aspect général, sa morphologie, sa locomotion ou de la texture de sa peau afin de créer l'hybride. Pour créer Dren, il a fallut aussi garder une cohérence entre son évolution physique dans le film et les différents croquis réaliser lors de la recherche du look général. Le comportement et l'animation des mouvements de la créature hybride sont réalistes et crédibles. Les mouvements de la tête et des yeux sont inspirés de ceux des oiseaux, saccadés et très rapides.



Dren dans sa deuxième phase d'évolution

L'absence de bras dans les premiers stades de son évolution permet d'identifier les mouvements de corps de petit mammifère sautillant, comme les écureuils ou certains petits marsupiaux. L'évolution corporelle va entraîner Dren vers un comportement, une morphologie et des déplacements de plus en plus humains, afin de rapprocher le spectateur de l'hybride et d'augmenter son impact sur ce dernier. En tant que réalisateur Vincenzo Natali comme beaucoup d'autres, assure que les effets les plus saisissants sont ceux qui se rapprochent le plus de la réalité. Il a décidé d'utiliser au maximum les shoots réels et par la suite de les compléter partiellement avec des effets spéciaux. Par exemple lorsque Dren est adulte, la créature est jouée par l'actrice française Delphine Chanèac. L'ensemble de son corps est filmé ainsi que son visage, elle ne porte qu'un très léger maquillage et des lentilles qui lui recouvrent la totalité de la pupille. C'est seulement en post-production que ses yeux sont écartés ainsi que le rajout de la démarcation entre les deux hémisphères de son cerveau.



application des effet visuels en post prod

Ses jambes sont recouvertes de bas bleus qui permettent de les remplacer plus tard à la post-production par une version plus articulée, comme pour la queue et les mains. L'hybride dans la version finale est un mélange de 70 % réels et de 30 % d'images de synthèse. Le fait de garder autant d'élément réel du personnage permet au réalisateur de lui donner une beauté étrange, inquiétante, mais aussi intrigante. Comme tout être vivant le but de cette créature est de se reproduire, l'hybride va donc développer une beauté par sa grâce, son comportement et ses phéromones, dans le but de charmer le scientifique.

D'après Vincenzo Natali cette notion d'attraction pour l'inconnu et les hybrides est quelque chose de très anciens et d'universel :

“...cette idée d’être attiré par quelque chose de non-humain est très ancienne. Cela existe depuis des milliers d’années et elle s’est infiltrée dans notre inconscient. Toutes les mythologies ont leur version de la sirène, du centaure ou des anges, des hybrides d’humains et d’animaux, qui finissent par devenir des objets de désir. Ce concept m’intrigue beaucoup et j’étais très intéressé par l’idée que la génétique pourrait donner vie à ces mythes. C’est pour cela que nous ne nous sommes pas gênés pour creuser ce concept.”



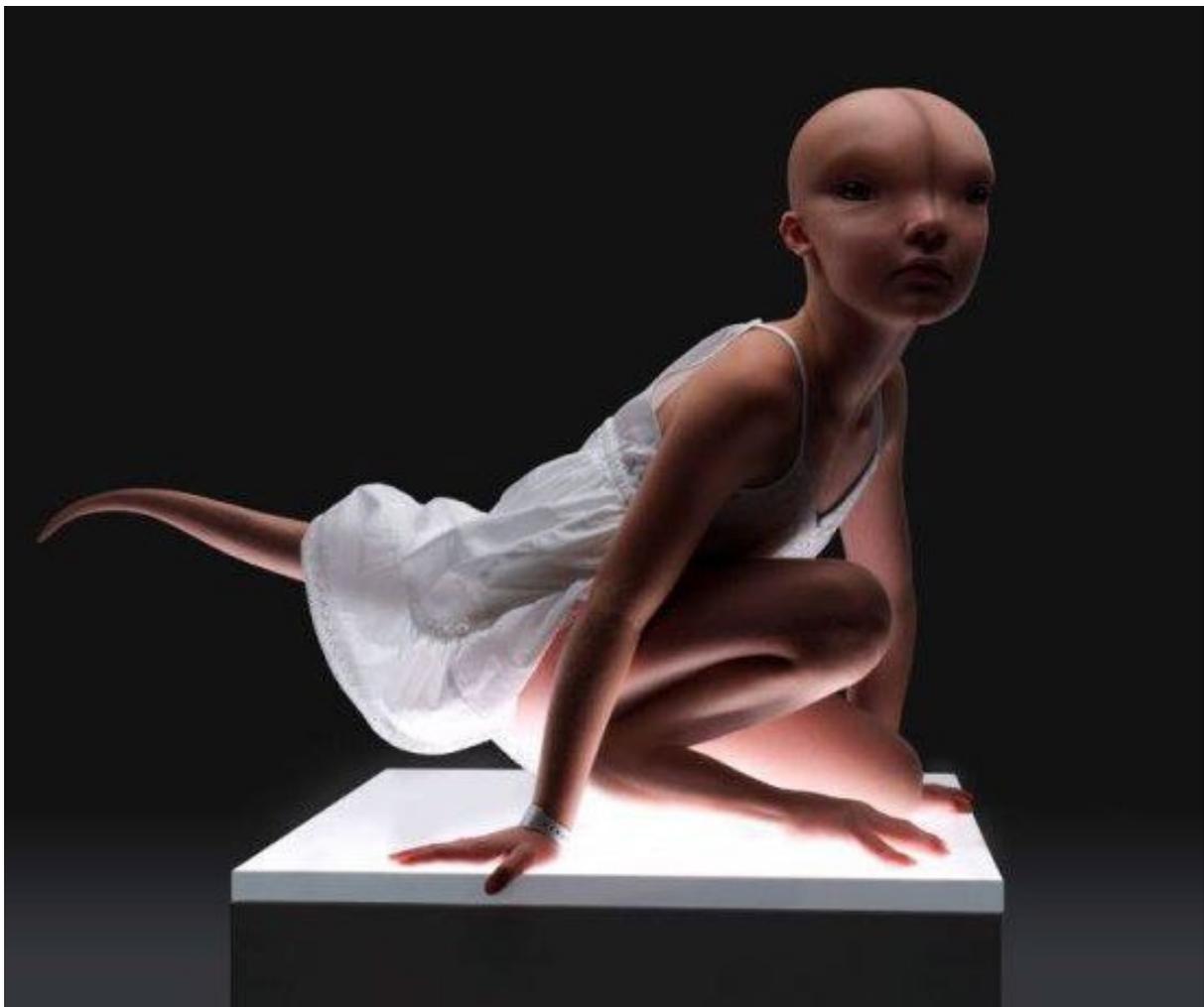
scène de reproduction de Dren avec un humain

Enfin il est intéressant d'observer les caractéristiques de l'hybride, qui se décline dans le film en cinq phases importantes.

La première, la phase embryonnaire même si elle ressemble à une larve est en fait un embryon dans un placenta artificiel, ce qui semble montrer que l'hybride semble être en majorité composée de sang de mammifère. La seconde, celle du bébé ou “toodler” est lui encore bien loin de ressembler à un humain, les jambes à double articulation semblent grandement inspirées des autruches et le pied se rapproche d'une main humaine qui aurait évolué dans ce sens. L'absence de bras fait fortement penser aux oiseaux qui ont perdu l'utilité de leur membre supérieur comme le kiwi. La forme de la tête est aussi fortement animale : la mâchoire est articulée en plusieurs

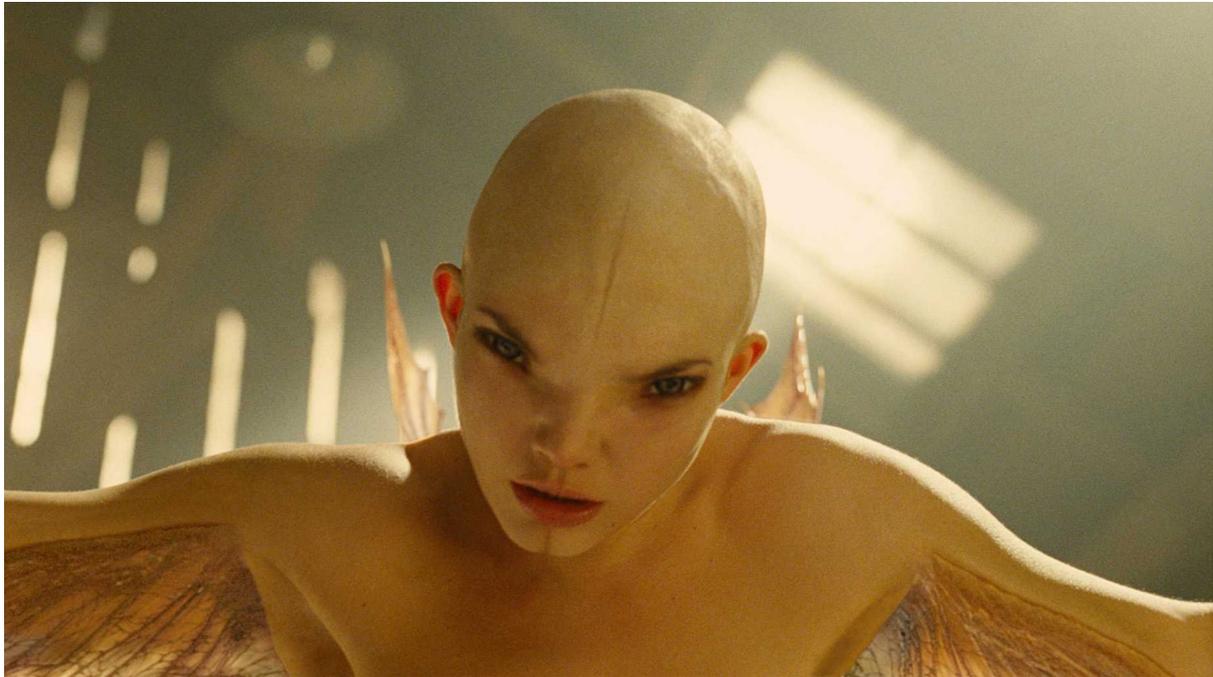
points, le nez s'apparente à un museau et le crâne est divisé en deux hémisphères par une profonde démarcation, comme si les os n'avaient pas encore fini de se souder.

L'apparence va considérablement changer lorsque Dren passe au stade enfant. Pour ce troisième stade, ses yeux se sont rapprochés et sont plus sur l'avant du visage comme un humain. L'ensemble de la tête a aussi pris une forme humaine tandis que la démarcation des deux hémisphères de son crâne s'est réduite. Elle a des bras humains mais seulement trois doigts en plus du pouce opposable. Le physique de ses jambes restent inchangé mais sa bipédie et sa position s'apparentent désormais à celle d'un humain. On apprend aussi lors d'une scène qu'elle est amphibie et qu'elle a besoin d'aller respirer sous l'eau de temps à autre. Elle est aussi dotée d'une queue munie d'un dard empoisonné, qui pourrait venir d'un ornithorynque qui est un des seuls mammifères à posséder ce type de défense.



Dren au stade enfant

Dans sa phase adulte Dren ressemble de plus en plus à une femme et possède le comportement d'une jeune femme débordée par ses émotions et ses gènes. Ce qui la pousse à vouloir se reproduire. Elle dévoile de plus en plus d'attraits de séduction tel que des ailes rétractables que l'on pourrait apparenter au lézard à collerette, ainsi qu'à la libellule pour la structure de ses ailes.



Dren adulte avec ses ailes déployées

Enfin la dernière phase évolutive de Dren se trouve être un changement de genre, c'est-à-dire qu'elle devient un mâle comme c'est le cas chez certains poissons de récifs qui sont des hermaphrodites successif de type protogynie. Au cours de sa vie, une femelle peut devenir un mâle lorsque les conditions l'exigent. Dans cette phase Dren est beaucoup plus agressive et cherche à se reproduire par tous les moyens y compris la force afin de pérenniser ses gènes.

Vincenzo Natali a donc réussi dans son film à créer un hybride inspiré de règles biologiques et évolutives, s'inspirant de comportements et de caractéristiques provenant de différents êtres vivants. Son but étant de créer un hybride qui dérange, qui provoque de l'empathie et même une certaine attirance afin d'éprouver le spectateur et de le faire se poser des questions sur la place et la vie d'un hybride dans notre société.

Le travail d'artistes comme Patricia Piccinini et de réalisateur comme Vincenzo Natali m'ont permis de comprendre la création d'un hybride crédible, notamment à travers leurs processus de création.

Dans le chapitre qui va suivre nous allons voir comment grâce aux connaissances sur la biologie, l'évolution, la génétique et les lois physiques, ainsi que les esthétiques existantes, j'ai cherché à penser, imaginer, dessiner, modeler et donner vie à un hybride convaincant.

## III EXPÉRIMENTATIONS

### 1 Procédures et règles de création d'un hybride

Dans cette troisième partie je souhaite faire part de mon expérience et des connaissances que j'ai acquies dans le cadre de ce mémoire sur la création d'hybrides régi par les règles biologiques et évolutive. En effet grâce à ces connaissances j'ai pu peu à peu cerner certaines règles implicites ou explicites utilisées par de nombreux artistes ou que j'ai moi-même découvert, qui permettent d'encadrer et de faciliter la création d'une créature hybride.

Une des règles qu'il faut impérativement instaurer avant de commencer, est le choix du type d'hybride que l'on souhaite créer. Dans les chapitres précédents, on a vu qu'il existait principalement les hybrides zoocéphales, les hybrides Thérianthropes et les hybrides entre animaux. Il faut aussi choisir si l'hybride sera de type plutôt traditionnel, c'est-à-dire avec une démarcation assez net entre les différents êtres qui le composent, comme c'est le cas pour la plupart des hybrides mythologiques, s'il s'agit d'un hybride naturel comme on trouve dans la nature comme les lygres, ou s'il s'agit d'hybrides génétiques esthétisées, c'est-à-dire un hybride possédant les gènes et les caractéristiques de deux ou plusieurs espèces et de les retranscrire visuellement en respectant une notion de réalisme dans les placements des éléments, des membres, des textures et des éléments qui le composent.

Les règles et remarques qui vont suivre s'appliqueront principalement dans la création d'un hybride génétique issu de deux espèces distincts. Lorsque l'on souhaite créer une créature hybride en CGI il faut faire ce que l'on nomme dans d'autre domaines un cahier des charges, c'est-à-dire qu'il faut définir quels vont être les obligations et les caractéristiques que toi impérativement remplir l'hybride. En effet supposons que l'hybride que l'on veuille créer puisse être joué par un acteur, faut prendre en compte la taille humaine, le maquillage, les transformations possibles à l'aide de prothèses et d'animatronics et les accessoires. Lorsqu'a créé un hybride il faut savoir dans quel but il sera utilisé, la finalité régit la façon dont on va réaliser l'hybride. S'il s'agit d'une créature qui sera utilisée dans un film avec un acteur, s'il s'agit d'une créature entièrement en CG ou s'il s'agit d'un simple concept art.

Lorsque l'on a pris compte de toutes les contraintes à respecter pour créer notre hybride, il faut réfléchir aux caractéristiques que l'on veut introduire dans notre créature, pour cela choisir les animaux, ou les êtres vivants qui vont être mélangés. En fonction du réalisme souhaité il va falloir faire un choix logique ou justifiable dans les éléments à mélanger. Par exemple mélanger deux espèces extrêmement lointaines dans l'arbre de l'évolution sera beaucoup plus dur à réaliser, de

manière crédible étant donné qu'ils partagent peut de caractères semblables, c'est pourquoi j'ai souhaité faire des hybrides d'êtres situés dans la classe des animaux vertébrés, plus précisément de la famille des mammifères.

Comme le réalisme d'un hybride dépend principalement de sa capacité à utiliser des caractéristiques présentes chez les animaux que l'on souhaite hybrider, il est important de se renseigner sur chacun d'eux que l'on souhaite intégrer à notre créature, que ce soit sur leur éloignement génétique, leurs comportements, leurs moyens de se déplacer et la façon dont ils ont évolué. Il est donc intéressant de voir à quelles familles ils appartiennent, car cela va permettre de pouvoir remonter jusqu'à leur ancêtre commun.

En effet il est intéressant de regarder ce à quoi ressemblait l'ancêtre commun de deux individus, car cela peut nous donner un ordre d'idées de ce à quoi il ressemblait avant de se séparer en deux espèces distinctes. Ceci nous permet aussi d'avoir des données scientifiques sur la constitution et la morphologie du squelette et donc sur la forme possible de cet ancêtre commun. L'hybridation de deux espèces consiste en soi à récréer une créature qui fusionne leurs différences. Ainsi ont créé une boucle fermée avec d'un côté l'ancêtre commun et de l'autre l'hybride, on peut donc parcourir cette boucle à différents stades de l'évolution pour s'inspirer de la morphologie des deux espèces à mélanger.

Chaque espèce a une forme qui lui est propre et c'est ce qui va nous permettre de les différencier plus ou moins facilement. Si deux espèces sont proches morphologiquement et qu'elles n'ont pas signe distinctif est extrêmement ardu de les différencier si ce n'est du point de vue génétique. Pour créer un hybride il va donc falloir étudier la forme globale de chacune des espèces choisies et d'essayer de créer une silhouette qui va pouvoir rassembler certaines parties des espèces. Après avoir comparé les deux silhouettes, on va chercher à comparer plus en profondeur leurs ressemblances et leurs différences.

On va donc chercher à trouver quelles sont les formes ou les traits caractéristiques de chacune des deux espèces. En effet l'hybride doit faire ressortir les caractéristiques qui sont propres à l'espèce, si je souhaite faire un hybride entre une espèce et un kangourou par exemple, il est fort probable que l'hybride possédera des pattes à double articulation, ou une poche ventrale plutôt que qu'un museau de kangourou qui n'est pas une partie très distinctive. Il est donc important de lister qu'elles sont les caractéristiques propres à l'espèce qui permettent facilement de l'identifier. Bien sûr en fonction de la subtilité que l'on souhaite représenter dans l'hybride on choisira ou non d'intégrer ces parties facilement identifiables, mais il est important de les connaître, car c'est ce qui définit l'espèce que l'on souhaite hybrider.

Il est aussi important à ce stade d'étudier leurs anatomies ainsi que le placement de leurs os et vers quelles formes ces derniers ont évolués. C'est une partie très importante surtout pour les membres et leurs terminaisons, car ce sont les parties qui présentent le plus de diversités en fonction des environnements dans lesquels elles ont évolué. Par exemple les mains de l'homme ont un pouce opposable pour pouvoir saisir des objets, alors que les gibbons qui sont des singes qui ont évolué vers la brachiation ont une main en forme de crochet pour pouvoir saisir les branches.

A ce stade de la recherche dans la création d'un hybride on commence à connaître et à s'être suffisamment documenté sur les espèces que l'on souhaite hybrider. Il est alors conseillé de faire un état des choses pour ce qui est de la création de notre créature hybride. Il faut donc chercher ce qui a été fait, on peut par exemple prendre le loup-garou qui possède de nombreuses formes et qui est un hybride très documenté et accompagné d'un nombre impressionnant de références. Le but des références n'est pas de copier des concepts déjà existants, mais de réussir à voir ce qui nous plaît et ce qui nous interpelle dans tel ou tel hybride, et au contraire qu'elles sont les erreurs que l'on ne doit pas reproduire, comme des erreurs de proportions, des aberrations dentaires (une mâchoire qui ne peut pas se refermer tellement il y a de dents ou tellement elles sont disproportionnées), ou simplement un parti pris trop important. Si l'hybridation entre les espèces que l'on souhaite réaliser n'existe pas ou est peu documenté, il est intéressant de regarder la façon dont les hybrides sont faits et qu'est-ce qui donne leurs réalismes ou au contraire qu'est ce qui les décrédibilise.

Un point important lorsque l'on souhaite réaliser un hybride c'est de choisir la proportion de chacune des espèces. En effet, il est possible que l'hybride possède une dominante d'une des espèces, comme c'est le cas de Dren dans le film *Splice* qui a une dominante humaine de par sa morphologie, sa peau et sa locomotion (dans ce cas la bipédie). Il convient alors de choisir la proportion de telle ou telle espèce pour l'ensemble des caractéristiques de l'hybride et d'éviter les écarts trop grands pour ne pas retomber dans l'hybride classique avec une démarcation nette entre certaines parties du corps. Pour effectuer ces choix, il est nécessaire de s'aider de croquis et d'annotations qui permettent d'essayer plusieurs combinaisons possibles et de modifier l'aspect général jusqu'à avoir une esquisse grossière de l'aspect de l'hybride.

Pour créer un hybride en 3D, il faut le modéliser et étant donné que l'on souhaite créer un être biologiquement crédible, il faut partir de la base de la forme de tous les vertébrés qu'est le squelette. En effet, modéliser de squelette va permettre de donner une structure directrice pour donner une forme à notre hybride. Si l'on est expérimenté et que l'on possède d'excellentes notions d'anatomie on peut directement modéliser le squelette de notre hybride, mais si ce n'est pas le cas, on peut procéder à une transposition de l'ossature.

La transposition de l'ossature consiste à modéliser le squelette de l'espèce dominante de l'hybride et le plus facile à modéliser, et à le transposer de façon à ce que la position, la taille et la section des os correspondent à la forme de notre hybride, ou de l'espèce de laquelle on souhaite se rapprocher, ce qui est d'autant plus facile avec les études effectuées précédemment sur l'anatomie et l'évolution des espèces à hybrider. La transposition de l'ossature applique la théorie des transformations ou la comparaison des formes apparentées de d'Arcy Thompson, qui est une théorie qui expose les évolutions anatomiques d'un point de vue mathématique. Pour simplifier on part d'un solide donné auquel on attribue des coordonnées cartésiennes sur les trois axes XYZ. On va ensuite déplacer les coordonnées pour modifier la forme et obtenir la forme voulue, dans les logiciels de 3D comme Maya l'outil permettant d'effectuer ces transformations cartésiennes est le Lattice.

Lorsque la modification du squelette est terminée il est important de vérifier que l'ossature est crédible et que les mouvements de l'hybride seront possibles et que les muscles peuvent bien se positionner sur les os. Étant donné qu'il s'agit du dernier stade concernant la structure de notre hybride, il faut vérifier un certain nombre de choses. Grâce à la modélisation en 3D du squelette, il est plus facile de visualiser les éventuels problèmes. Il faut donc vérifier que la structure de la créature garde une certaine proportionnalité dans ses membres ainsi que dans l'échelle des os. En effet si l'on souhaite obtenir un hybride biologiquement crédible il faut garder la bonne proportion dans la taille des os et l'emplacement de joints, car si l'on se base sur l'aspect esthétique, la crédibilité de l'hybride va vite en pâtir.

Enfin il faut vérifier que la structure osseuse dont nous avons modélisée respecte certaines lois physiques et mécaniques, comme la résistance à son propre poids en fonction de sa stature. Pour cela on peut comparer l'hybride avec un animal ayant les mêmes proportions afin de voir quelle est sa posture. On doit aussi commencer à réfléchir aux nécessités musculaires de l'hybride, en effet si le coup est long et près du sol comme les ours, il va falloir que la musculature de la nuque soit plus importante, de même si l'hybride a des cornes ou une tête volumineuse. S'il s'agit d'un bipède, la musculature de ses jambes aura elle aussi tendance à augmenter.

Une fois le squelette complètement modélisé et vérifié on peut alors modéliser l'hybride à proprement parler tout en se servant de l'ossature comme ligne directrice et comme guide. Pour cela on peut modéliser la silhouette dans un logiciel de 3D, puis passer à l'étape de sculpture digitale qui va permettre de créer un hybride réaliste grâce à l'ajout progressif des muscles, puis de plis et enfin des détails de la peau. Durant toute la durée de ce processus il est important de travailler avec les croquis et les notes montrant les références de chaque partie du corps.

Une fois le sculpt terminé, même s'il s'agit du processus le plus long, il faut donner une texture à notre hybride, choisir quelle sera la couleur de sa peau et comment elle réagira à la lumière, pour cela on va peindre la texture et les différentes passes comme la spéculaire, la diffuse, la spéculaire, le bump et les autres pour que notre hybride puisse avoir une apparence digne d'une créature créée dans un laboratoire de recherche génétique.

## 2 application et création d'un hybride

Cette dernière partie a pour but de vous exposer mes expérimentations et les tests que j'ai effectué dans le cadre de la réalisation de ce mémoire. En tant que généraliste je souhaitais faire un mémoire qui me permettrait d'intervenir sur plusieurs aspects dans la création du personnage en 3D. les logiciels de CG sont pour moi une voie vers la digitalisation du monde qui nous entoure vers un nouveau médium, comme l'ont été la sculpture et la peinture.

L'imagerie numérique a évolué au fil des années pour permettre aux artistes et aux cinéastes de se libérer des contraintes du monde réel. On a ainsi pu faire des explosions monumentales, détruire des buildings, créer des créatures titanesques comme Godzilla et donner l'illusion qu'elle interagissait avec de vrais acteurs. On a même pu changer les lois de la physique dans des films comme Inception.



Inception de Christopher Nolan

la 3D permet donc de se libérer de toutes les contraintes possibles, mais on se rend compte qu'avec les progrès, comme ça a été le cas avec la peinture, on tend et à se rapprocher du photo-réalisme en intégrant des moteurs physiques dans les softs d'effets spéciaux, en créant des shaders physiquement juste, comme les BPR, la simulation de contraction musculaire avec les muscles 3D et la simulation de tissus avec les cloths.

La technique dans le domaine tend de plus en plus à se rapprocher des véritables lois physiques, plutôt de les simuler par le biais d'astuces visuelles. Ce rapprochement entre le monde virtuel et le monde réel est aussi le cas dans la création de personnages, de créatures et notamment d'hybrides. Ainsi le biomimétisme semble être la solution aux problèmes de réalisme, que l'on rencontre souvent lorsque l'on crée des créatures imaginaires.

C'est dans cette optique d'utilisation de la science comme règles créatrices que j'ai choisi ce sujet de mémoire un peu particulier, car je souhaitais réussir à mélanger l'art et la science comme de nombreuses personnes avant moi, utilisant cette fois la biologie comme ligne directrice dans la création d'êtres imaginaires.

La notion d'hybrides est venue naturellement, car pour beaucoup de personnes c'est une créature à la fois fantastique et à la fois réelle, tout le monde a déjà cherché à savoir ce que pourrait donner un hybride entre deux espèces. Avec ce mémoire j'ai voulu donner une réponse à cette question rester souvent sans réponse.

J'ai très vite compris que la majeure partie de ce mémoire serait de l'acquisition de connaissances scientifiques, dans le but de me servir d'outils dans ma création artistique. Je voulais aussi que mon mémoire me permette d'expérimenter plusieurs choses comme le caractère design d'une créature pour la 3D, la modélisation, le rig, le skinning, le sculpt et l'animation d'un personnage, afin d'élargir mon domaine de compétence et ne pas me focaliser sur une seule tâche dans la chaîne de production comme c'est souvent le cas.

pour réaliser mon hybride, j'ai commencé par réaliser un état de l'art, le domaine étant large et hétéroclite, ce ne sont pas les exemples qui manquent, j'ai vite été orienté vers des hybrides humanoïdes que l'on retrouve dans plusieurs films comme Alien Résurrection, la mouche, Avatar, Underworld ou Spline qui était pour moi, le film avec un hybride qui se rapprochait le plus du résultat que je voulais obtenir.

Les sculptures de Patricia Piccinini ont aussi été une révélation, car elles représentaient physiquement le thème de l'hybridation génétique, à travers une créature arbitrairement designer. Enfin j'ai parcouru de nombreuses bandes dessinées, comics et mangas, car on y retrouve de nombreuses représentations d'hybrides avec des designs singuliers et inspirants.



the long awaited de Patricia Piccinini

### hybride homme-ours

Ainsi dans le cadre de la réalisation du film de dernière année de master, effectué avec Gaëlle Minisini, Jessica Ferry et Vincent Berra, intitulé "The Other Side", j'ai voulu créer mon premier hybride homme-ours, qui puisse être animé et qui sois biologiquement convaincant.

À ce stade de mon mémoire je ne connaissais pas encore la procédure et toutes les règles requises pour la création d'une créature hybride, mais cela m'a servi de test et d'entraînement pour la création de mon hybride final.

En effet dans ce court-métrage entièrement en 3D, pour des besoins narratifs il fallait que l'hybride soit imposant, menaçant et de couleur sombre. À partir de ces consignes j'ai commencé un travail de documentation sur les ours, les hybrides et les hommes sauvages.

Le comportement des ours est assez typique, ils sont seuls la plupart du temps, possèdent une stature imposante, ils font partie des quadrupèdes, mais ils peuvent aussi se déplacer sur leurs pattes arrière, comme des bipèdes pour sentir une piste ou voir plus loin. Des recherches anatomiques m'ont montré que les ours sont des animaux plantigrades, tout comme les hommes et que leur anatomie et la forme de leurs mains se rapprochent beaucoup de celle des humains. A tel point que lorsque l'on voit un ours debout marcher on peut facilement imaginer un humain avec les épaules rentrées. Cette étrange ressemblance a fait de l'ours un animal présent dans beaucoup de mythe indien.



ours debout nourris par des touristes

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, cette proximité anatomique a été un frein dans la conception de cet hybride, car étant donné qu'il n'y a pas vraiment de signe distinctif entre les deux espèces si ce n'est la pilosité, les griffes et la forme du crâne, il était difficile de mélanger des éléments qui se ressemblent autant. J'ai donc commencé par modéliser un squelette d'ours, j'ai ensuite essayé de lui donner les proportions et la posture d'hommes sauvages, c'est-à-dire à quatre pattes. C'est une position qui s'avère inadaptée aux êtres humains à cause de la longueur de leurs jambes.

Une fois l'ossature, les griffes et le crâne en place, j'ai modélisé grossièrement l'hybride, pour ensuite passer sur un logiciel de sculpt. Dans cette partie j'ai pu donner l'aspect réaliste du personnage, dessinant les muscles épais et trapus caractéristique des ours, des mains humaines quoique beaucoup plus trapues où la dernière phalange ait été remplacée par les imposantes griffes

de l'ours. La forme du visage a été la partie la plus compliquée étant donné qu'il fallait réussir à donner un côté menaçant à l'hybride.



hybride homme-ours du projet The other side

la texture de la peau s'apparente à une peau humaine, noire et luisante, qui permet d'augmenter le côté inquiétant de la créature et de lui donner une certaine discrétion dans les endroits sombres. La création de cet hybride m'a permis d'obtenir un début de méthodologie dans la création d'hybrides et d'observer les erreurs de création à ne pas reproduire. J'ai déduit qu'il ne fallait pas choisir d'espèces partageant trop de similitudes morphologiques et qu'il fallait mieux garder une peau humaine, pour interpeller le spectateur sur le côté humain de la créature.

## hybride homme-chien



Mon mémoire s'illustre par la création d'un hybride génétique entre un homme et un mammifère. J'ai souhaité réaliser un hybride qui me permettrait de mettre en application toutes les connaissances que j'ai accumulées jusqu'ici et de voir si les règles que j'en avais déduites étaient efficaces dans la création d'un hybride.

Suivant les consignes que j'ai énoncé dans le chapitre précédent, j'ai choisi de concevoir un hybride dans le but de pouvoir l'animer ultérieurement dans un court-métrage entièrement en 3D, ainsi que dans une courte séquence vidéo avec une intégration de l'hybride dans un décor réel afin de mettre à l'épreuve le réalisme de la créature.

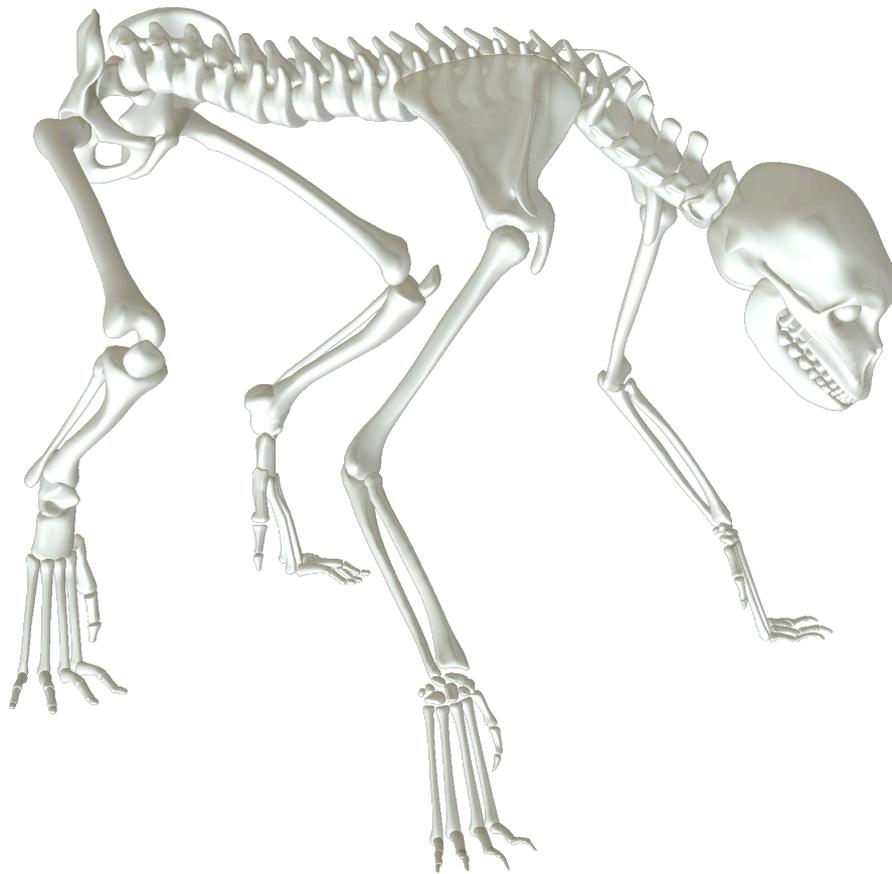
La création de mon hybride a commencé lorsque j'ai choisi de créer un être présentant des caractéristiques humaines et canine. En effet le choix du chien comme créature à hybrider m'est venu assez rapidement pour plusieurs raisons. L'homme s'est toujours considéré comme seul face à une nature et à des animaux qui lui étaient hostiles. L'homme a donc "créé" une nouvelle espèce grâce à domestication dans le but de l'aider et de le protéger de cette nature hostile, le chien. Le chien est une espèce qui a été créé dans le but de servir l'homme et de l'assister, les chiens sont conçus pour servir les humains et pour vivre auprès d'eux. Cela rejoint la pensée d'Aristote qui avançait dans Scala Naturae que dans la nature toutes les choses ont été conçues dans le but de servir l'homme "la nature ne crée rien en vain".

Depuis les néandertals, les chiens font partie de la vie de l'homme, et ont évolué en différentes races pour le servir. Le chien est donc la première création biologique de l'homme, à tel point que les chiens sont parfois considérés comme les membres d'une famille, car le chien est un animal qui vit pour l'homme, il est entièrement dépendant de lui et si les hommes venaient à disparaître, les chiens ou du moins la plupart ne sauraient pas survivre. Puisqu'il s'agit de l'une des rares espèces qui n'ont plus besoin de chasser pour se nourrir. Cette relation fait qu'il est heureux quand son maître est heureux et peut se sacrifier pour la vie de ce dernier. Le chien m'a donc semblé l'espèce la plus intéressante pour l'hybridation avec l'homme, car c'est une espèce créée par l'homme et qui a toujours été à ses côtés et de plus en plus proches.

Enfin les chiens possèdent des caractéristiques physiques comme l'odorat, ou l'endurance que certains scientifiques pourraient chercher à exploiter lors de la création d'un hybride. Le chien est un animal digitigrade, comme la plupart des canidés et des prédateurs. Il se déplace en prenant appui sur ses doigts ce qui diffère de l'homme qui est un plantigrade. Ce mode de locomotion a provoqué un allongement des tarse et des métatarses et une double articulation au niveau des pattes arrière.

Pour la modélisation du squelette j'ai appliqué la transposition de l'ossature à partir d'un squelette humain que j'ai modélisé. Puis j'ai positionné et modifié grâce à la comparaison des formes apparentées, pour se rapprocher de la morphologie d'un squelette de chien. Ces modifications ont entraîné un allongement des carpes et des métacarpes pour coller au mode de placement digitigrade, tout en gardant des doigts humains distincts, ainsi qu'à une remontée de la pousse opposable de la main et de pieds comme c'est le cas chez les chiens, mais sans l'atrophier. J'ai aussi effectué une légère rotation du bassin qu'il se retrouve entre la position d'un bipède et d'un quadrupède.

L'une des parties les plus difficiles lors de la création d'un hybride est la création du crâne, après plusieurs tentatives j'ai décidé d'effectuer une avance de la mâchoire pour lui donner une forme de



squelette de l'hybride

plus allongée sans aller trop loin pour que le crâne se rapproche des crânes canins du type brachycephalic comme les pitbulls. l'écartement excessif des orbites permet aussi de faire en sorte d'avoir un regard humain tout en gardant un côté bestial.

Le but étant de créer un hybride pour l'animation, j'ai modélisé la créature dans maya tout en pensant que je devrais faire une topologie pour que le maillage fonctionne et se déforme correctement. La phase de modélisation est vraiment grossière, elle sert à donner la silhouette générale de la créature, c'est pourquoi il est utile d'avoir des croquis au préalable pour avoir une idée du résultat à atteindre. Cependant, cette étape va permettre de faire plusieurs choix, comme l'apparence des oreilles, qui seront pendantes pour rappeler le côté canin des boxer. Le museau qui sera lui plus ressemblant à un nez, signe distinctif des humains, ainsi que la forme de la bouche qui s'apparente à un mélange de babine et de lèvres.

La partie qui va suivre est celle qui demande le plus de travail et de patience, car lorsque l'on sculpte un hybride il faut à la fois créer quelque chose de nouveau, mais il faut aussi respecter le



forme définitive du visage de l'hybride

placement des muscles des plis et des expressions du visage. Ainsi même en partant du squelette, j'ai dû retoucher à de nombreuses reprises les placements des muscles, la forme de la tête et du nez qui étant composé de cartilage, ne peut être aidé du squelette pour définir sa forme.

Lorsque j'ai enfin réussi à obtenir une sculpture qui me plaisait, j'ai commencé à sculpter des expressions sur le visage de l'hybride. étant donné qu'il s'agit d'une créature créée par le génie génétique et qui possède la capacité de ressentir des émotions que ce soit du côté humain, ou du côté canin. J'ai donc voulu lui donner une expression passive, pensive, voir triste comme s'il s'interrogeait sur son existence comme l'a fait Patricia Piccinini dans the young family.



visage de l'hybride

Pour cela je me suis inspiré des expressions de tristesse que l'on retrouve chez les deux espèces, comme le sourcil relevé au centre, les babines pendantes tout comme les oreilles. Pour donner plus de profondeur dans l'expression de l'hybride j'ai ajouté beaucoup de rides comme chez les personnes âgées ou certains chiens, j'ai aussi ajouté des plis sur plusieurs parties du corps, car c'est un signe caractéristique que l'on retrouve chez les Charpei .



charpei et sa peau plissée

Les doigts bien qu'assez trapus s'apparentent à ceux de l'homme, cependant était donner que l'hybride est un quadrupède et qu'il marche sur ses doigts j'ai choisi de remplacer les empreintes digitales propres à l'homme par des coussinets que l'on retrouve chez tous les digitigrades.



ped de l'hybride

Après avoir fini, la sculpture j'ai effectué une rotopologie sur Zbrush, et j'ai déplié mes uvs sur Maya j'ai commencé à peindre les textures sur Mudbox. Je voulais que la peau s'apparente vraiment à une peau humaine avec un teint rosée, et très translucide et fine comme les peaux de nouveaux nés, qu'on voit les veines en transparences, des rougeurs et aussi tous les détails de la peau. Après avoir fini la texture de la peau j'ai extrait les différentes textures pour les incorporer à mon modèle animable dans Maya. Le skinning du modèle et le rig m'ont rapidement permis de pouvoir donner une nouvelle pose à mon hybride, et aussi de lui donner vie à l'aide d'un cycle de marche inspiré d'un chien.



différente vue de l'hybride

## CONCLUSION

Ce mémoire se termine ici, ainsi que ma vie d'étudiant à ATI qui restera pour moi une expérience décisive dans ma vie. J'ai pu au court de ces trois dernières années, évoluer d'étudiant curieux de tout savoir et de tout maîtriser, à jeune actif dans des studios comme Mathematics ou Mikros. Les connaissances acquises durant mes études ont été aiguisées et étendues lors de mes expériences dans la réalisation de films, de cinématiques de jeux vidéos ou de pubs. Cela m'a aussi permis de choisir un mémoire où j'ai pu exprimer toute ma créativité et ma passion pour l'intégration des sciences dans la création numérique.

Ce mémoire m'a permis tout au long de son évolution, de me rendre compte à quels points l'analyse anatomique de créature et l'étude de leurs biologies et de leurs évolutions, peut nous permettre de mieux les comprendre et donc de mieux les représenter. J'ai voulu vous transmettre un maximum des connaissances et des anecdotes que j'ai appris en faisant les recherches de ce mémoire, et pourquoi pas donner un attrait pour la biologie qui est une science pleine de surprises et en constante évolution.

La rédaction de mon mémoire m'a permis de poser des mots sur des concepts que je me représentais de manière abstraite, et ainsi de donner une base scientifique et ordonnée dans la création d'un hybride fictif. Cela a aussi été une expérience unique sur un sujet assez peu abordé, ce qui m'a permis de sortir des sentiers battus et ce dans tous les sens du terme.

Enfin, je suis fière d'avoir pu mener ce projet à terme, avec les problèmes que cela inclut, mais aussi les bonnes surprises et la satisfaction d'avoir un résultat dont je suis fière, comme c'est le cas à chaque fois que l'on fait son métier avec passion.

## BIBLIOGRAPHY

- "BUF." Splice. Accessed May 10, 2016. <http://buf.com/films/splice/>.
- Coulombel, Laure. "« Clonage Thérapeutique » : De La Théorie à La Pratique." *Med Sci (Paris) Médecine/sciences* 18, no. 6-7 (06 2002): 651-54. doi:10.1051/medsci/20021867651.
- Darwin, Charles, and Yvette Conry. *Théorie De L'évolution*. Paris: Puf, 1969.
- Dawkins, Richard, and Marie-France Desjeux. *Il Était Une Foix Nos Ancêtres Une Histoire De L'évolution*. Paris: R. Laffont, 2009.
- Fleury, Vincent. *Des Pieds Et Des Mains: Genèse Des Formes De La Nature*. Paris: Flammarion, 2003.
- Guyader, Hervé Le. *Classification Et Évolution*. Paris: Le Pommier, 2003.
- HORTVM. "Les Monstrueux Animaux De La Génétique." YouTube. August 07, 2013. Accessed May 10, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=dDr9l8kjHkE>.
- HoaxFactor. "Human Dog Hybrid DNA Mistake? Science Experiment Gone Wrong." YouTube. November 21, 2015. Accessed May 10, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=rvMAnlTySmo>.
- "Is a Dog's Head Shape Related to His Intelligence?" Psychology Today. Accessed May 10, 2016. <https://www.psychologytoday.com/blog/canine-corner/201401/is-dogs-head-shape-related-his-intelligence>.
- "L'héritabilité Et Sa Mesure - Persée." L'héritabilité Et Sa Mesure - Persée. Accessed May 10, 2016. [http://www.persee.fr/doc/bmsap\\_0037-8984\\_1971\\_num\\_7\\_2\\_2016](http://www.persee.fr/doc/bmsap_0037-8984_1971_num_7_2_2016).

- "Revue LISA/LISA E-journal." 'Some Strange Monster of the Isle': L'hybride Dans The Tempest. Accessed May 10, 2016. <https://lisa.revues.org/379>.
  
- "Splice : Interview De Vincenzo Natali." Splice : Interview De Vincenzo Natali. Accessed May 10, 2016. <http://www.fantasy.fr/interviews/view/250/splice-interview-de-vincenzo-natali>.
  
- "Splice: The Evolution of Dren - IGN." IGN. Accessed May 10, 2016. <http://www.ign.com/articles/2010/07/23/splice-the-evolution-of-dren>.
  
- "This Russian Scientist Created A Living, Breathing, Terrifying 2-Headed Dog." RSS. Accessed May 10, 2016. <http://www.viralnova.com/two-headed-dog/>.
  
- Thompson, D'Arcy Wentworth, Dominique Teysié, John Tyler. Bonner, Stephen Jay. Gould, and Alain Prochiantz. *Forme Et Croissance*. Paris: Editions Du Seuil, 1994.
  
- Vsauce2. "The Line Between People And Pets." YouTube. February 23, 2016. Accessed May 10, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=XQVo9jY2f0k>.
  
- [Http://www.youtube.com/channel/UCZRm-WOR1cGWqlvmdRDf1hw](http://www.youtube.com/channel/UCZRm-WOR1cGWqlvmdRDf1hw). "Miraculés De L'évolution : Les Chevaux Qui Voulaien Un Roi - Superbe Documentaire Animalier." YouTube. December 14, 2015. Accessed May 10, 2016. [https://www.youtube.com/watch?v=gXuhYQ\\_e\\_hE](https://www.youtube.com/watch?v=gXuhYQ_e_hE).
  
- [Http://www.youtube.com/channel/UCcvjxE5lFjyYSuJ1VCUT0GQ](http://www.youtube.com/channel/UCcvjxE5lFjyYSuJ1VCUT0GQ). "Une Espèce Éteinte Ramenée à La Vie #23." YouTube. March 22, 2016. Accessed May 10, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=ZOMV-qZfues>.
  
- [Http://www.youtube.com/channel/UCnXzFiNClUXn1f3F1ZhmpA](http://www.youtube.com/channel/UCnXzFiNClUXn1f3F1ZhmpA). "Documentaire Vieux Loups, Jeunes Chiens Arte." YouTube. January 02, 2016. Accessed May 10, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=8-G0dj2HO90>.

- Laroutedurhum. "Pierre-Henri Gouyon - Les Mécanismes De L'évolution (1/2)." YouTube. November 20, 2012. Accessed May 10, 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=kwQHfZgRVBw>.

- Laroutedurhum. "Pierre-Henri Gouyon - Les Mécanismes De L'évolution (2/2)." YouTube. November 20, 2012. Accessed May 10, 2016. [https://www.youtube.com/watch?v=MO6\\_xwT3NQk](https://www.youtube.com/watch?v=MO6_xwT3NQk).

- "Qu-est-ce-qu'une-espece-88.html." Corpus 2014. Accessed May 10, 2016. <https://www.reseau-canope.fr/corpus/video/qu-est-ce-qu'une-espece-88.html>.