

**PROPOSITION DE COMPETENCES RELATIVES
A LA CONSTRUCTION DES SAVOIRS
(EPISTEMOLOGIE) AVEC APPLICATION A
L'ENSEIGNEMENT DE LA GENETIQUE**

Document réalisé dans le cadre des recherches n° 40/97 et 40/98
par
Véronique Englebert – Lecomte, Gérard Fourez, Philippe Mathy
Facultés universitaires Notre-Dame de la paix - Namur

Document 8 : Un peu plus sur la « préhistoire » de la génétique

Diffusé par
Direction de la recherche en éducation et du pilotage interréseaux
Ministère de la Communauté Française
Site internet <http://www.agers.cfwb.be>

UN PEU PLUS SUR LA « PREHISTOIRE » DE LA GENETIQUE

Véronique ENGLEBERT-LECOMTE

(en collaboration avec Gérard
FOUREZ, Philippe MATHY et
Valérie DENTANT)

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION AU DOCUMENT	1
Introduction	1
Chapitre 1 L'origine historique de la génétique ou Science de l'hérédité.....	3
1.1. Le questionnement sur l'hérédité	3
1.2. L'émergence d'une science de l'hérédité.....	4
1.2.1. L'apport des hybrideurs dans leur contexte historique	5
1.2.1.1. De facteurs économiques généraux.....	5
1.2.1.2. À l'économie de la Moravie.....	5
1.2.1.3. Mendel et la lignée des hybrideurs	6
1.2.1.4. Le modèle de Mendel.....	9
1.2.1.5. À quoi peut servir le modèle de Mendel aujourd'hui ?.....	13
1.2.2. L'apport des cytologistes	13
1.2.3. 1900-1910 : entre hybridation et cytologie, la naissance de la génétique classique	14

INTRODUCTION AU DOCUMENT

L'outil à l'usage de l'enseignant proposé dans le document n°5 a été rédigé dans un langage simple, compréhensible pour un élève. Son objectif était de familiariser l'enseignant avec l'épistémologie et la manière dont on peut l'introduire dans un cours de sciences. Nous nous proposons, dans ce document-ci, de montrer à l'enseignant la démarche que nous avons suivie et pourquoi. Nous mettons également en évidence les compétences en épistémologie auxquelles nous nous référons.

Notre stratégie consiste à :

- soit proposer des lectures supplémentaires ou des références d'ouvrages, d'articles ou de sites Internet intéressants ;
- soit développer certains points parce qu'ils nous semblent propices pour développer l'une ou l'autre compétence en épistémologie ;
- soit faire part des difficultés que l'on peut rencontrer lors de l'élaboration d'un tel manuel de l'élève qui tienne compte d'épistémologie et ce, pour aider l'enseignant qui souhaite étendre l'apprentissage de la construction des savoirs à d'autres cours.

Pour cet exercice, nous nous en tenons au premier chapitre de l'outil, mais un travail identique pourrait être réalisé pour la seconde et la troisième partie. La présentation qui suit se fait dans l'ordre des points proposés dans l'outil destiné à l'enseignant.

Introduction

Nous abordons dans l'introduction l'idée de « bifurcation ». La bifurcation, c'est le moment où un acteur social (dans notre cas, il s'agit des scientifiques appartenant à la communauté des biologistes) est amené à choisir une stratégie plutôt qu'une autre. Pour la génétique, nous qualifierons de bifurcation toute étape où le modèle ou la théorie scientifique en place est remis en question suite à des « anomalies » dans des résultats expérimentaux ; c'est-à-dire les

fois où les scientifiques sont amenés à décider d'améliorer, d'affiner ou de changer leur manière d'interpréter les événements.

La comparaison entre la génétique et une maison en construction permet de faire déjà entrevoir qu'une discipline scientifique n'est pas figée, qu'elle évolue et se transforme avec le temps. Cette idée est renforcée dans le point 1.1. et permet d'aborder une première compétence épistémologique : les disciplines scientifiques sont construites par et pour les humains. Enfin, cette comparaison peut déjà aussi montrer que pour comprendre un phénomène, il nous arrive souvent (aux scientifiques aussi) d'utiliser une métaphore, une image qui nous permet d'appivoiser ce phénomène neuf en partant de quelque chose que nous connaissons déjà.

Pourquoi avoir choisi une approche historique de la génétique ? Parce qu'il nous semble important de voir d'où viennent les théories et les modèles auxquels nous croyons aujourd'hui et comment naît, se construit et s'institutionnalise une discipline.

Par cette approche, nous voudrions aussi éviter l'habituelle présentation de Mendel comme un génie méconnu, en avance sur son temps. Cette légende qui voudrait que Mendel n'ait pas été compris par les scientifiques de son temps donne une vision un peu courte de ce qui s'est passé et contribue à renforcer une image un peu mythique de l'entreprise scientifique souvent présente, comme nous le verrons plus loin.

Par approche historique, nous ne prétendons pas effectuer une recherche telle qu'un historien aurait pu la mener. Nous tentons simplement de mettre en évidence divers éléments du contexte de l'époque ayant amené les scientifiques à s'interroger sur les phénomènes d'hérédité, d'hybridation, etc., de manière plus approfondie. Nous nous attarderons notamment sur les éléments qui ont entraîné Mendel à entreprendre ses recherches.

Il est vrai qu'aujourd'hui, les petits pois de Mendel ne passionnent plus les élèves et certains proposent de ne plus s'attarder à la génétique mendélienne et chromosomique et donc de commencer directement le cours par la génétique moléculaire et ses techniques. Pourtant, l'approche historique de la génétique n'est pas dénuée d'intérêt si l'on s'intéresse à l'épistémologie. Elle va permettre d'aborder la construction d'une discipline scientifique, la

valeur d'un modèle théorique, la standardisation des connaissances, l'intérêt des tests expérimentaux ou théoriques, etc.

Chapitre 1 L'origine historique de la génétique ou Science de l'hérédité

1.1. Le questionnement sur l'hérédité

- ✓ Pour approfondir, dans les grandes lignes, différentes théories de l'hérédité qui ont coexisté jusqu'à l'époque de Mendel, nous proposons la lecture d'un article de V. Orel extrait d'un ouvrage intitulé : *Gregor Mendel : the first geneticist*, paru chez Oxford University Press en 1996. Cet article compose en fait le second chapitre de l'ouvrage et peut être trouvé sur internet, dans un site appelé « Mendelweb »¹. L'auteur aborde rapidement les premières conceptions de l'hérédité chez les grecs et les romains. Ensuite, il analyse l'évolution des idées entre le 16^{ème} et le 19^{ème} siècle. Il montre comment divers éléments se mettent en place qui conduisent à s'interroger de manière plus pointue sur la transmission des caractères héréditaires.

- ✓ ce premier paragraphe met en place les éléments qui vont nous permettre d'introduire la compétence : comprendre qu'une discipline scientifique — que ce soit en sciences humaines ou naturelles — est une approche construite et standardisée au fil du temps. Elle se définit par ses présupposés, ses objectifs, ses choix théoriques, ses concepts, ses méthodes, ses démarches et ses terminologies. Elle évolue sous la pression *de forces économiques, sociales et culturelles*².

● _____

¹ <http://www.stg.brown.edu/MendelWeb/Mworel.html>

² G. Fourez (promoteur), Rapport de la Recherche en éducation n°40/97 : Les compétences terminales dans l'enseignement secondaire général relatives à la construction des savoirs et celles liées à la gestion des technologies, Août 1998, Communauté Française de Belgique. Ce rapport de recherche est disponible à la cellule EMSTES, département Sciences, Philosophies, Sociétés, FUNDP, rue de Bruxelles, 61, 5000 Namur.

1.2. L'émergence d'une science de l'hérédité

- ✓ La compétence épistémologique précédemment citée est plus explicitement abordée dans ce point. En effet, on peut dire que, avant 1905, la génétique n'existait pas, du moins pas dans le sens où nous l'entendons aujourd'hui. Si beaucoup de scientifiques se préoccupaient de savoir comment se transmettaient les caractères au fil des générations, ils n'étaient pas des généticiens au sens actuel du terme.

Les gens qui s'intéressent aux vivants au 19^{ème} siècle sont en gros, de deux types : des théoriciens qui tentent de trouver des théories explicatives au développement des organismes, à leur organisation, à leur évolution, etc., et des hybrideurs (nous dirions aujourd'hui des agronomes) qui utilisent les techniques de sélection et d'hybridation, bien connues des éleveurs et des cultivateurs, pour améliorer la productivité.

Philippe Mathy a analysé ces deux tendances ainsi que le lien entre la génétique et l'agronomie dans un article paru dans la revue « Courrier du CETHES » (n°41, décembre 1998) et intitulé : *Former à la génétique en montrant les liens Sciences-Technologies-Société : le cas de l'agronomie*. Nous proposons l'intégralité de cet article en annexe.

- ✓ Pour comprendre que les sciences sont une entreprise créée par les humains et pour les humains en vue d'expliquer le monde dans lequel ils vivent, il nous semble important de d'abord prendre conscience que la chimie, la biologie, la psychologie, la génétique, la géographie, etc. n'ont pas toujours existé. Il a fallu les inventer et se mettre d'accord sur leur objet d'étude, leur façon d'aborder cette étude, la mise au point de techniques d'investigations, le choix de critères d'observation pertinents, le choix de méthodes, etc. Les disciplines doivent aussi se mettre d'accord sur l'utilisation d'un langage compris par tout ses adhérents. Petit à petit, les termes se standardisent, c'est-à-dire que le champ de leur signification est assez clairement circonscrit et qu'ils posent moins de problèmes de compréhension. Les scientifiques vivent dans une société et celle-ci influence leur manière de travailler. Elle peut imposer — et c'est souvent le cas — des thèmes de recherche ou influencer la direction que prennent les recherches parce que « économiquement », les scientifiques dépendent de la société.

Percevoir l'entreprise scientifique comme une entreprise humaine évite également une certaine « sacralisation » des sciences et une confiance aveugle en ce qu'elles peuvent dire. C'est en quelque sorte déjà une ouverture à un esprit critique. Pourtant, il s'agit aussi de reconnaître que les disciplines scientifiques sont très performantes pour interpréter le monde et que leur langage spécifique permet de communiquer à travers le monde en faisant l'économie de longues explications.

1.2.1. L'apport des hybrideurs dans leur contexte historique

1.2.1.1. De facteurs économiques généraux

- ✓ Ce paragraphe donne quelques éléments importants et généraux du contexte historique et économique de cette époque. Avant de s'attacher à la société dans laquelle se situe Mendel, il nous semble intéressant de montrer à un niveau plus général que ce contexte est aussi celui de l'Europe du 19^{ème} siècle.

1.2.1.2. À l'économie de la Moravie

- ✓ Moravie, première moitié du 19^{ème} siècle. Cette province du vaste Empire Autriche-Hongrie vit au rythme des mutations de société qui transforment l'Europe depuis au moins trois siècles. En voici quelques aspects.

L'intérêt pour les sciences est déjà ancien. Leur enseignement pénètre, dès le 16^{ème} siècle, les universités de Vienne, Prague et Olomouc. Des intellectuels influents tels Comenius (17^{ème}) ou Dobrovsky (fin du 18^{ème}) militent pour la culture scientifique. Des académies savantes sont créées en Moravie, comme ailleurs en Europe, par des intellectuels gagnés à la philosophie des Lumières et à l'initiative des autorités politiques de l'Empire qui veulent promouvoir dans le pays le progrès scientifique et technique pour stimuler l'économie et notamment les activités agricoles et industrielles.

À la jonction des 18^{ème} et 19^{ème} siècles, la Moravie amorce une triple révolution : industrielle, agricole et commerciale. À l'origine, l'économie est surtout rurale. Quelques dizaines de familles et le clergé possèdent environ 70 % des exploitations. Or la demande de consommation s'accroît. La population double au 18^{ème}, une classe moyenne solvable se

constitue, la vente de produits agricoles permet au clergé de bâtir des églises (la construction de style baroque explose au 18^{ème} et forme la première industrie intérieure). Le pays ayant perdu la Silésie industrielle après la guerre entre la Prusse, la France et l'Autriche-Hongrie, les entrepreneurs moraves en profitent pour développer l'industrie, en particulier l'industrie textile de la laine qui fournit des uniformes à l'armée³. À la tête de l'industrie textile, le comte Salm fait de la ville de Brno un centre important dans ce domaine. Le développement industriel implique de nourrir les travailleurs éloignés de la terre. Par ailleurs, l'Autriche-Hongrie, par sa position centrale, exporte vers les pays voisins alors même que le commerce s'intensifie.

Ce contexte pousse à accroître la production agricole commercialisable et les rendements. Une voie sera d'accroître l'élevage du bétail dont les déjections amendent les sols. Une autre voie sera d'améliorer les performances des végétaux cultivés et des animaux d'élevage en exaltant par sélection ou hybridation leurs « caractères » économiquement intéressants. Ainsi, sur le plan technologique, le 19^{ème} siècle sera celui des « hybrideurs agronomes ». Partout, en Angleterre d'abord puis en France, en Allemagne et en Autriche-Hongrie, s'affairent des hybrideurs.

1.2.1.3. Mendel et la lignée des hybrideurs

- ✓ Ce paragraphe essaie de montrer brièvement quels éléments historiques sont à la base des recherches de Mendel, dans quelle société il vit, où en sont l'économie, l'industrie, l'agriculture, etc. Quelles questions se pose-t-on à propos d'hérédité ? Quelle est la « culture » de Mendel ? Quelle stratégie expérimentale utilise-t-il ? Quelles connaissances a-t-il ? Etc.

À l'époque, il n'y a pas de science instituée pour étudier les phénomènes d'hérédité. Généralement, les biologistes (théoriciens) étudient les vivants qui les entourent et essaient d'expliquer, d'interpréter ce qu'ils observent. Ils expérimentent peu avant le 19^{ème} siècle. Plusieurs hybrideurs ont remarqué : le phénomène de réversion, qu'il existe des caractères

- _____

³ Jusqu'à la fin de la première guerre mondiale, cette région de l'Europe a été dans un état de guerre quasi perpétuelle.

que l'on peut identifier sans équivoque, etc. Mais, si les techniques d'hybridation peuvent théoriquement aider à améliorer les rendements, elles fonctionnent souvent par tâtonnement : on croise des individus porteurs des caractères que l'on souhaite exalter mais on n'est pas sûr d'obtenir l'individu souhaité dans la descendance. Comment fonctionne l'hérédité ou qu'est-ce qui est transmis et comment ? Ce sont des questions que l'on aimerait beaucoup éclaircir.

Il est probable que son milieu d'origine (origine paysanne), son éducation (formation universitaire), sa « profession » (moine et enseignant) influencent la manière de raisonner de Mendel. Ce qui fait son originalité et le rend inégalable par rapport aux biologistes de son époque, c'est d'avoir utilisé une démarche hypothético-déductive qui combine un modèle théorique mathématisé avec des observations portant sur un grand nombre d'individus. Il y a aussi le choix qu'il fait de donner au père et à la mère une importance égale dans la fécondation et donc d'accepter une théorie encore très controversée à cette époque.

✓ Dans quel contexte et avec quel projet Mendel travaille-t-il ? Qu'allons nous appeler « contexte de la recherche » dans ce cas ? Est-ce :

- le contexte général de société dans lequel vit Mendel, en entendant par là les facteurs économiques, industriels, agronomiques, commerciaux, culturels, etc., qui expliquent l'émergence de sa recherche et qui conditionnent cette dernière ?
- la biographie plus personnelle de l'auteur, ses origines paysannes, son savoir-faire horticole précoce, l'enseignement qu'il suit, le fait qu'il soit religieux ?
- la tradition plus particulière des hybrideurs agronomes dans laquelle il s'insère ?
- la configuration singulière des éléments qu'il retient de la culture ambiante, de ses lectures ou de sa formation, pour élaborer son programme de recherche (une telle configuration est appelée un **paradigme**, c'est-à-dire une façon particulière de se représenter un problème avant de l'étudier plus à fond) ?

Il n'existe pas de réponse simple. Il faut bien voir que parler de contexte, c'est utiliser une catégorie théorique pour situer, ancrer un projet dans une histoire. Généralement, on choisira des éléments historiques qui éclairent le projet que l'on poursuit.

Nous voudrions confier aux professeurs qui désirent mettre leurs exposés « en contexte » – soit écrire autrement le contexte de Mendel que nous évoquons s'ils n'en sont pas satisfaits, soit transférer à d'autres enseignements une telle mise en contexte –, les difficultés que nous avons nous-mêmes rencontrées du fait de notre inexpérience des débuts, et les façons que nous avons trouvées de négocier ou de lever ces difficultés.

Formés d'abord aux sciences naturelles, nous nous sommes lancés dans le traitement des questions historiques avec des présupposés inadéquats. En sciences naturelles, le mode d'explication qui consiste à distinguer – c'est-à-dire à décider théoriquement – entre cause, effet et condition, fonctionne souvent assez bien. Par exemple, en altitude (condition), l'organisme s'adapte à la raréfaction d'oxygène (cause) par une augmentation des globules rouges (effet). Or un tel schéma explicatif, mécaniste, impliquant des causalités linéaires, fonctionne mal en histoire. En effet, on ne peut dire : il y eut d'abord une révolution industrielle qui a entraîné une révolution agricole puis une révolution commerciale ; ou : la révolution scientifique a entraîné une révolution industrielle. De tel schémas linéaires sont trop simples pour rendre compte de l'évolution historique. À les utiliser, on tombe vite dans des exposés caricaturaux. Il vaut mieux préférer un schéma de causalité systémique à un schéma de causalité linéaire : il ne paraît pas convaincant de vouloir repérer pour expliquer l'évolution historique de cause première ou unique. Il est plus pertinent d'examiner, sans trop les hiérarchiser, comment divers éléments entretiennent entre eux des rapports de causalité réciproque systémique qui rendent possible ou au contraire s'opposent à telle ou telle évolution. (Remarquons d'ailleurs que de telles analyses systémiques peuvent aussi être très appropriées en sciences).

- ✓ Dans le texte, on se demande à un moment « quelles observations font les hybrideurs lors d'un tel croisement » (entre deux lignées pures pour un caractère donné). À cet endroit, on pourrait s'étendre un peu plus longuement sur ce qu'est une observation et comment elle se réalise : Comprendre que réaliser une observation ne consiste pas à recevoir passivement une série d'informations préexistantes. Au contraire, c'est interpréter, se construire une représentation de ce que l'on voit en fonction d'un projet et d'un contexte et avec des critères. On le précise d'ailleurs dans la suite du texte : ce qui intéresse les hybrideurs, c'est de regarder ce qui concerne le caractère qu'ils ont choisi d'étudier. Autrement dit, c'est un peu comme s'ils ne voyaient de la plante que les petits pois et leur couleur, le reste, ils s'en fichent puisque cela ne fait pas partie de ce qu'ils ont projeté d'observer.

1.2.1.4. Le modèle de Mendel

- ✓ Comprendre que se donner une représentation de l'état du monde c'est toujours simplifier. La représentation n'est pas le « réel » mais un objet artificiel (fait par les humains) qui, dans les réflexions et les discussions, peut tenir la place du réel. Elle est valable, dans certains contextes et en vue de certains projets, dans la mesure où, comme une bonne carte géographique, elle peut tenir la place du terrain et permettre de se frayer un chemin et de parler du réel sans devoir sans cesse être sur le terrain. Cette compétence épistémologique est abordée dans ce paragraphe sur le modèle de Mendel. Mendel imagine un modèle qui lui permet d'éliminer de sa représentation de la réalité tous les éléments qui ne l'aident pas dans sa recherche. Ainsi, il ne va prendre en compte que sept paires de caractères que l'on peut distinguer sans équivoque et il va admettre l'idée que ces caractères ont une probabilité équivalente de se retrouver dans les cellules ovulaires et polliniques (comme Mendel les appelle).
- ✓ Il existe différents types de modèles qui vont du modèle simple au modèle plus complexe. Quel que soit leur degré de complexité, les modèles sont tous des représentations simplifiées de la réalité. Ils sont inventés pour tenir la place d'une situation et pouvoir en discuter avec d'autres. Généralement, les modèles ne prennent en compte que ce qui intéresse le projet de la personne : ainsi, Mendel et les hybrideurs en arrivent à parler de lignée pure à pois verts ou jaunes, de lignée pure à pois lisses ou ridés. Tout ce qui caractérise un plant de petit pois est réduit à un seul caractère, on omet délibérément de parler de la taille de la plante, de sa couleur, de la forme des fleurs, etc. Tous ces éléments ne sont pas intéressants dans le cas qui occupe les hybrideurs. Modéliser, c'est donc choisir de décrire une situation sous un certain angle. Arriver à faire prendre conscience aux élèves de ce qu'est une représentation, une modélisation cela correspond, entre autres, à la compétence épistémologique citée au paragraphe précédent.

Il nous semble aussi important de faire comprendre aux élèves qu'en fait, nous modélisons pratiquement tout le temps, en tout cas, à chaque fois que nous essayons d'expliquer une situation à quelqu'un.

- ✓ **Mendel : génie méconnu ?** Il serait naïf de faire croire aux élèves que Mendel est une sorte de « génie » qui a découvert presque par hasard les principes de la génétique, qui a été

ignoré de ses contemporains qui n'avaient rien compris et redécouvert seulement 35 ans plus tard. Mendel est un scientifique parmi d'autres qui poursuit un objectif : essayer de comprendre comment se transmettent les caractères à la descendance. Le choix de son matériel d'expérience et de la méthode qu'il poursuit ne lui sont pas tombés du ciel, il a longuement réfléchi et préparé sa recherche. Il pense qu'il serait intéressant d'étudier les croisements d'un point de vue statistique et il espère trouver des résultats qui confirment, valident, corroborent son modèle théorique. Pour cela, il s'inspire de la littérature scientifique sur le sujet et utilise une démarche expérimentale déjà éprouvée par d'autres avant lui et qui permet un contrôle relativement efficace d'un maximum de variables, ce qui rendra l'interprétation de ses résultats plus fiable. Dans son esprit, comme il l'indique d'ailleurs dans l'introduction de son mémoire, il souhaite établir un rapport numérique (probablement suite à l'intérêt qu'il porte aux statistiques et aux calculs de probabilité) entre les différents hybrides résultants des croisements.

« On n'a pas pu encore parvenir à dégager, pour la formation des hybrides, une loi s'étendant à tous les cas sans exception ; cela ne saurait étonner quiconque connaît l'étendue du problème et sait apprécier les difficultés que l'on a à surmonter dans des essais de cette nature. Une solution définitive ne pourra intervenir qu'à la suite d'expériences détaillées faites chez les familles végétales les plus variées. Si l'on jette un regard d'ensemble sur les travaux accomplis dans ce domaine, on arrivera à la conclusion que parmi ces nombreux essais, il n'en est aucun qui ait été exécuté avec assez d'ampleur et de méthode pour permettre de fixer le nombre des différentes formes sous lesquelles apparaissent les descendants de ces hybrides, de classer ces formes avec sûreté dans chaque génération et d'établir les rapports numériques entre ces formes. »⁴

Le compte-rendu des deux conférences que donna Mendel pour présenter les résultats de ses recherches fut publié en 1866 et, selon plusieurs historiens des sciences, cette

• _____

⁴ Mendel G., Recherche sur les hybrides végétaux., Traduit en français par A. Chappelier, *Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique*, t. 41, 1907, pp. 371-419.

publication ne fut pas ignorée pendant 35 ans comme on l'a prétendu à une époque. Son article aurait été cité une douzaine de fois durant ces années. Finalement, il était considéré comme un hybrideur parmi d'autres et les connaissances de l'époque ne permettaient pas de voir la puissance de son raisonnement. En effet, en 1866, on n'a pas encore distingué les cellules somatiques des cellules germinales, l'idée de la participation pour moitié du père et pour l'autre moitié de la mère dans le processus de fécondation est encore débattue, le concept de chromosomes n'a pas encore été inventé ainsi que les modèles de la mitose et de la méiose qui date des années 1880, etc. Mendel ne propose pour décrire ses races pures qu'une seule lettre, celle qui caractérise le caractère visible. Pour les hybrides, il utilise la lettre de chaque parent (double lettrage) mais, il est manifeste qu'il n'avait pas en tête les notions de chromosomes, d'allèles et de gènes. (Sur la fin de sa vie, il a d'ailleurs tenté d'élaborer une théorie explicative de la couleur de certaines graines en postulant, selon les termes actuels, un caractère à trois versions alternatives, ce qui est résolument rejeté par la biologie moderne puisque l'on considère qu'un gène ne peut être présent que sous deux allèles dans un même individu). Il écrit à la fin de son article qu'il y a probablement des éléments cellulaires à la base des processus de l'hérédité, mais il ne s'aventure pas plus loin et aurait eu du mal à le faire étant donné l'état des théories cellulaires à ce moment.

- ✓ **Mendel a-t-il fraudé ?** R.A. Fischer aurait constaté après une analyse approfondie de l'article de Mendel que « *ses résultats étaient trop beaux pour être vrais* ». Les chiffres obtenus approchent de trop près les proportions théoriques. À ce sujet, lire l'encart de l'article de Marcel Blanc (La recherche n°151, Janvier 1984, page 53) et de G. Rhumelard (Les cahiers de Science et vie, Hors série n°15, Juin 1993, page 62). On propose aussi comme explication que Mendel était un observateur expérimenté (il aurait compté quelques 300 000 graines) capable de distinguer des détails que ne verrait pas un novice du comptage.

Plusieurs historiens des sciences donnent aussi une autre théorie intéressante : Si Mendel est arrivé à tirer ces proportions de ses expériences, c'est parce qu'il savait ce qu'il cherchait. Il semblerait que contrairement à beaucoup de scientifiques de son époque qui « observaient la nature » et élaboraient des théories sur elle d'après ces observations, Mendel, lui avait son hypothèse en tête avant de procéder à ses expérimentations. Ces

dernières lui servant à confronter sa théorie, son modèle, avec l'expérience. Il serait un des premiers à avoir utilisé le modèle hypothético-déductif.

Finalement, on en revient à la question de savoir comment travaillent les scientifiques. À ce propos, il nous semble intéressant de mettre en évidence la partie de la démarche scientifique qui consiste à produire un rapport de recherche. Les élèves devraient percevoir que quand un scientifique rédige un article ou un rapport de recherche, il ne fait pas un récit qui est une reproduction exacte de la démarche qu'il a suivie. Au contraire, généralement, il présente ceux de ses résultats qui permettent de confirmer (corroborer) ou d'infirmer une hypothèse. Il arrive qu'il néglige certains résultats parce qu'il ne vont pas dans le sens qu'il cherche ou parce qu'il suppose qu'il y a dû y avoir erreur de manipulation ou mauvais contrôle des variables de l'expérience au cours de l'expérimentation. Cela conduit-il à taxer tous les scientifiques de « fraudeurs » ? Non, cette « omission » de certains résultats douteux fait partie intégrante de la démarche scientifique.

- ✓ Ici, on pourrait aussi introduire à des compétences qui traitent de l'utilité des modèles dans le travail des scientifiques : *Comprendre qu'un modèle, une représentation, une classification, une lecture à l'aide d'une grille de lecture, un concept, une théorie, une loi scientifique, etc., sont des manières de se représenter le monde qui nous entoure pour nous permettre d'en parler et d'y agir. Généralement, ils ont des champs d'application limités ; et*

Comprendre que se donner une représentation de l'état du monde c'est toujours simplifier. La représentation n'est pas le « réel » mais un objet artificiel (fait par les humains) qui, dans les réflexions et les discussions, peut tenir la place du réel. Elle est valable, dans certains contextes et en vue de certains projets, dans la mesure où, comme une bonne carte géographique, elle peut tenir la place du terrain et permettre de se frayer un chemin et de parler du réel sans devoir sans cesse être sur le terrain).

- ✓ Finalement, si Mendel a eu peu d'influence sur les théoriciens qui étudiaient l'hérédité à son époque, c'est sans doute parce que le programme de recherche de ces derniers était surtout organisé autour de l'idée de l'évolution par la sélection naturelle selon Darwin. Cette théorie suppose que des variations individuelles peuvent être à l'origine d'espèces

nouvelles alors que les travaux de Mendel semblaient davantage soutenir l'idée de la fixité des espèces. De plus, les travaux qu'il a ensuite entrepris sur le genre *Hieracium* ne lui permettent pas de retrouver les proportions que prévoient son modèle.

1.2.1.5. À quoi peut servir le modèle de Mendel aujourd'hui ?

- ✓ Avec le modèle de Mendel, tel qu'il a été élaboré, il est difficile d'expliquer comment peuvent se transmettre des maladies autosomiques récessives ou dominantes puisque les concepts de « chromosomes », « gène », « allèle », etc. n'existent pas à l'époque où Mendel élabore son modèle. Trop souvent, en biologie, on mélange le modèle de Mendel et le modèle mendélien (celui auquel on aboutit après relecture des travaux de Mendel) : Mendel ne raisonne que sur une hypothèse théorique et il n'a aucune idée précise de l'endroit où se trouve le matériel héréditaire, ni de sa nature.

Pourtant, il nous semble intéressant de faire entrevoir dès maintenant à l'élève, qu'avec quelques aménagements et aussi quelques efforts de sa part pour entrer dans le monde de la biologie, il pourra posséder un modèle simple qui lui permettra de comprendre assez facilement comment les maladies autosomiques peuvent se transmettre à la descendance.

1.2.2. L'apport des cytologistes

- ✓ Fin du 18^{ème} et début du 19^{ème} siècle, la biologie va peu à peu apparaître comme une science à part entière, science qui a pour but la connaissance du vivant et qui a pour objet l'étude de l'organisation du vivant. On se met progressivement à chercher si, comme en physique (théorie corpusculaire de la matière), il n'existerait pas une composition élémentaire des êtres vivants (Haller, Buffon, Maupertuis, etc.) qui déterminerait leurs propriétés et leurs formes.

Entre le milieu du 19^{ème} et le début du 20^{ème} siècle, la biologie devient une science expérimentale : on ne se contente plus d'observer (comparaisons, analogies, différences entre les organismes, les organes, etc.), on commence à expérimenter, à essayer de perturber les fonctions, à essayer de comprendre le fonctionnement de la cellule, etc. À cette époque sont proposées différentes théories importantes pour le développement de la biologie moderne comme celle de l'évolution, la théorie cellulaire, l'étude de l'hérédité, etc.

Ce foisonnement d'idées et de recherches vont entraîner une évolution importante des théories explicatives du vivant et de son origine.

Voir F. Jacob, *la logique du vivant : une histoire de l'hérédité* ; chapitre 4 : le gène ; pp. 197-266 (Gallimard, 1970).

1.2.3. 1900-1910 : entre hybridation et cytologie, la naissance de la génétique classique

- ✓ Ouvrons une petite parenthèse. Ce premier paragraphe qui parle de l'institutionnalisation de la génétique permet de compléter l'approche de la compétence *Comprendre qu'une discipline scientifique — que ce soit en sciences humaines ou naturelles — est une approche construite et standardisée au fil du temps. Elle se définit par ses présupposés, ses objectifs, ses choix théoriques, ses concepts, ses méthodes, ses démarches et ses terminologies. Elle évolue sous la pression de forces économiques, sociales et culturelles.*

D'une manière qui peut paraître excessive, on pourrait dire comme Olby⁵ que « ...les disciplines scientifiques, comme les organisations commerciales, emploient une variété de stratégies pour asseoir leur autorité, clamer leur légitimité et pour protéger leurs intérêts...Vu sous cet aspect, les disciplines semblent émerger et se maintenir par l'exercice du pouvoir et la conscription d'un appui. La motivation d'une telle action est le désir d'indépendance institutionnelle et financière ». Cet auteur développe aussi l'idée qu'un tel désir n'est pas sans risque : on pourrait avoir tendance à voir l'histoire à la lumière du caractère ultérieur de la discipline. C'est un peu ce qui se passe avec Mendel que beaucoup ont relu avec en tête l'idée de chromosomes ou plus tard, celle de gènes et d'allèles. Mais le facteur dont parle Mendel n'est pas le gène trouvé beaucoup plus tard. Mendel suppose que des éléments cellulaires sont responsables de la transmission des caractères à travers les générations mais **il n'en dit pas plus**. Il ouvre une porte sans entrer dans la pièce. Évidemment relue avec en tête les idées de la génétique classique, il n'y a

● _____

⁵ R.C.Olby, Mendel, Mendelism and Genetics, 1997 trouvé sur internet dans le site : <http://swanson.sts.brown.edu/MendelWeb/MWOlby.html>

qu'un pas à franchir pour dire que Mendel avait pressenti l'existence des chromosomes et des gènes...

Olby souligne aussi que « ...les disciplines ne surviennent pas seulement par la force des armes. Elles doivent avoir quelque objet et quelque nouveauté - soit elles doivent se construire à partir de la découverte ou construction d'une entité que ne s'était pas encore appropriée une autre discipline existante ou elles doivent déployer une nouvelle stratégie ou instrument avec lequel chercher la nouveauté... ». Alors, elles peuvent relire l'histoire et identifier leur naissance avec un seuil : pour la génétique, les expériences de Mendel. L'analyse expérimentale de l'hérédité par Mendel était « l'accomplissement significatif » constituant le seuil pour la cristallisation de la discipline de la génétique.

- ✓ **Précurseur ou fondateur** (R. Olby, *Mendel, comment naquit la génétique*, Les Cahiers de Science et Vie, Hors série n°15, Juin 1993, pp.70-75)

Le mythe d'origine selon l'historien américain Paul Forman consiste dans certains cas à créditer « l'ancêtre fondateur » d'une clairvoyance hors normes et d'une dimension de génie incompris. C'est bien ce que prétend la légende de la génétique. Ainsi, si on a voulu faire dire à Mendel ce qu'en aucun cas il ne pouvait envisager dans le contexte de sa recherche, n'était-ce pas pour doter la discipline naissante d'un texte fondateur et clore l'éventuelle querelle sur l'attribution de la primeur de la découverte aux trois « redécouvreurs » de Mendel ?

- ✓ Comprendre qu'il n'existe pas de preuves scientifiques absolues. Les tests expérimentaux et les confrontations à des théories assez solides permettent seulement d'éprouver (mettre à l'épreuve) la fécondité et la fiabilité d'un modèle, d'une théorie ou d'une hypothèse. Le premier encart du point 1.2.3. rejoint cette compétence en épistémologie. Il est effectivement important, même si c'est parfois déstabilisant pour les élèves, de bien faire comprendre qu'une théorie, un modèle scientifique n'est jamais ni donné, ni vérifié une fois pour toutes. On va les tester pour voir jusqu'où ils résistent et, quand leur pouvoir explicatif semble épuisé, les réaménager ou les remplacer par de nouveaux qui sont plus efficaces pour expliquer les résultats observés.

✓ L'approche de la génétique par le biais historique peut mettre en évidence cette naissance d'une discipline. Avant 1905, la génétique n'existait pas, même si de nombreux scientifiques théoriciens et de nombreux praticiens « les hybrideurs » cherchaient, les uns, à expliquer le mécanisme de l'hérédité, les autres à améliorer les races animales et végétales (pour des raisons économiques et sociales⁶) par le biais des croisements et d'ailleurs, sans vraiment se soucier des mécanismes.

C'est en 1905 que Bateson propose à ses contemporains le terme de génétique qui, selon lui, « ...indique suffisamment que leurs travaux sont voués à l'élucidation du phénomène de l'hérédité et de la variation : en d'autres mots, à la physiologie de la descendance en tenant compte des problèmes théoriques de l'évolutionniste et du systématicien et des applications aux problèmes pratiques des hybrideurs, sur les animaux ou les plantes... ».

● _____

⁶ Différents facteurs sont à l'origine de cette soif d'améliorer les espèces végétales et animales dont produire davantage de nourriture pour une population de plus en plus nombreuse, améliorer la qualité de la laine pour les filatures et donc la qualité des tissus, etc.