

Des gènes et des Hommes

Une exposition d'Agora des Sciences, le C.C.S.T.I. de Marseille
du 6 avril au 2 septembre 2006

Depuis ces dernières années, les développements de la recherche sur les gènes sont spectaculaires. Ils concernent tous les domaines, de l'agriculture à l'environnement, de la santé humaine à l'alimentation... Si les bénéfices envisagés semblent importants, les applications soulèvent de nombreux questionnements car elles touchent profondément l'homme.

Structurée en quatre îlots et un parcours parallèle de questions, la scénographie de l'exposition **Des gènes et des Hommes** accompagne le public au cœur d'une cellule pour mieux percevoir les concepts fondamentaux de la génétique et répondre aux interrogations que se posent les citoyens partagés entre espoir pour la santé et craintes de dérives.

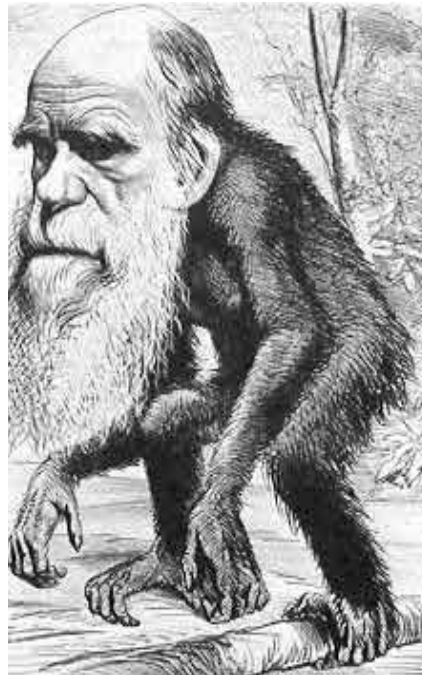
La naissance de la génétique

D'où viennent les espèces ? Pourquoi se transforment-elles ? Pourquoi les enfants ressemblent-ils à leurs parents ? Mais pourquoi ne leur sont-ils pas identiques ? ...

A partir de la fin du XIX^e siècle, ces questions se trouvent au cœur de deux concepts, l'évolution et l'hérédité. Menées simultanément, ces recherches vont alors ouvrir la voie à une nouvelle discipline, la génétique.

La théorie de l'évolution

En 1859, Darwin achève son œuvre capitale *L'origine des espèces*. Dans toute l'Europe, sa publication provoque un extraordinaire déchaînement de passions, mené le plus souvent par les autorités religieuses. Dans ce fameux livre, il expose sa théorie de l'évolution. Il postule que les espèces du monde vivant ne sont pas apparues telles qu'on les connaît aujourd'hui, mais qu'elles résultent d'une très longue évolution.



Caricature de Darwin, en 1871

Bien que basée sur la logique et l'observation, la théorie de Darwin n'est pas complètement satisfaisante. En effet, il n'a aucune idée de la façon dont les caractéristiques, c'est-à-dire, chacune des particularités physiques ou biologiques d'un organisme, se transmettent d'une génération à une

autre, autrement dit, les principes de l'hérédité.

Pourtant en 1866, un jeune moine, Gregor Mendel, publie dans la *Gazette Naturaliste des Carpates de l'Ouest*, une explication du mécanisme de l'hérédité dont la théorie de l'évolution a tant besoin. Mais Charles Darwin et la plupart des éminents biologistes de l'époque, passent à côté de l'article.

Gregor Mendel, le fondateur de la génétique

Dans les années 1860, au fin fond des Carpates, Gregor Mendel (1822-1884) cherche à comprendre comment les caractéristiques d'un être vivant peuvent se transmettre d'une génération à l'autre. Sans le savoir, il est en train d'écrire le premier chapitre de la génétique moderne.

De 1854 à 1863, il s'adonne, dans le jardin de son monastère, à ses fameuses expériences sur des pois comestibles. Il aurait utilisé près de 28 000 plants, un échantillon colossal qui révèle son œuvre de pionnier dans l'application de méthodes statistiques en biologie.

Après dix années de travaux minutieux, Mendel expose que les caractéristiques des êtres vivants sont gouvernées chacune par une double commande (que les généticiens appelleront une paire d'allèle) et que seule une sur deux est transmise au descendant par chaque parent.

Les premiers pas de la génétique

Dès 1880, sur la base d'observations faites au microscope et sur des raisonnements théoriques, les biologistes allemands Oskar Hertwig et Eduard Strasburger déduisent que le noyau des cellules est le siège de l'hérédité.

En 1888, un anatomiste allemand Wilhelm Von Waldeyer, remarque que le noyau de la cellule contient parfois des corps filamenteux qui absorbent bien les colorants. Il les appelle les chromosomes. Chromos signifiant en grec « couleur » et soma, « corps ou objet ».

En 1902, deux biologistes américains, Théodor Boveri et Walter Sutton observent dans les noyaux de cellules de criquets que chaque chromosome existe en deux exemplaires.

En 1909, le botaniste danois Wilhelm Johannsen invente le mot gène pour décrire la particule indéniablement discrète du matériel héréditaire qui se comporte suivant les lois de Mendel.

En 1915, Thomas Hunt Morgan (1866-1945) est professeur de zoologie expérimentale à l'Université de Columbia (Etats-Unis). il publie une démonstration complète sur *la théorie chromosomique de l'hérédité* prouvant que la totalité de l'information génétique est fragmentée en milliers de gènes.

Quand la génétique rejoint la théorie de l'évolution

Thomas Morgan démontre également que les mutations, modifications brutales de caractères, sont à l'origine de l'évolution et de l'apparition de nouvelles espèces.

Voilà pourquoi l'homo sapiens, bien que très différent des singes actuels, possède un ancêtre commun avec eux. Ce concept de mutation est essentiel. Sans lui, L'origine des espèces de Darwin ne peut pas être expliquée. Ainsi, grâce

à Morgan, la génétique et la théorie de l'évolution se rejoignent enfin, après plusieurs décennies d'ignorance réciproque.

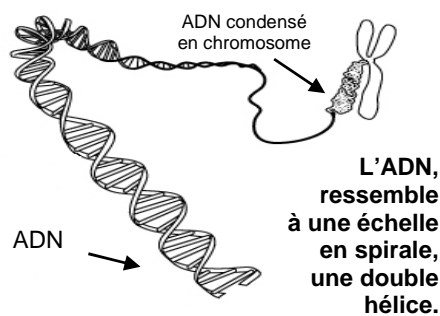
La découverte de l'ADN

A partir des années 1940, la relation est établie entre les gènes et les protéines. Une seconde étape est franchie en 1944, lorsque trois biologistes américains, Oswald Théodore Avery, Mac Leod et Mac Carthy, découvrent dans tous les gènes un acide particulier qu'ils appellent désoxyribonucléique (ADN).

Ils prouvent que des modifications de l'ADN, contrairement aux protéines, peuvent faire apparaître un caractère transmissible à la génération suivante. Ils en déduisent que l'ADN, est le support de l'hérédité.

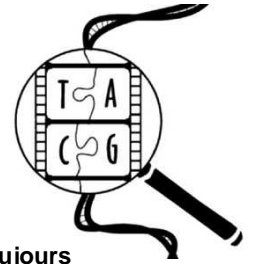
Élémentaire mon cher Watson !

James Watson (1928-), un brillant étudiant en biologie débarque dans les années 1950 dans le prestigieux laboratoire de physique de Cambridge. Il convainc le physicien Francis Crick (1916-2004) de réfléchir avec lui à la structure de l'ADN. Leur collaboration s'avère extrêmement féconde. Sur des clichés aux rayons X, Crick montre que les molécules d'ADN peuvent s'interpréter à partir d'une structure en hélice mais double. Les deux scientifiques commencent alors à construire un modèle ayant la forme d'une double hélice.



En 1961, les mêmes scientifiques, Watson et Crick, établissent que l'ADN est composée de 4 bases chimiques fondamentales A, T, C, G, initiales de Adénosine, Thymine, Cytosine, Guanine, et qui sont

complémentaires 2 à 2. Une thymine T fait toujours face à une adénine A, et une cytosine C à une guanine G.



Les 2 brins d'ADN sont toujours complémentaires 2 à 2

En 1961, les biologistes français François Jacob (1920-) et Jacques Monod (1910-1976), montrent que l'ADN ne quitte jamais le noyau, alors que les « usines » à protéines se trouvent à l'extérieur, dans le cytoplasme.

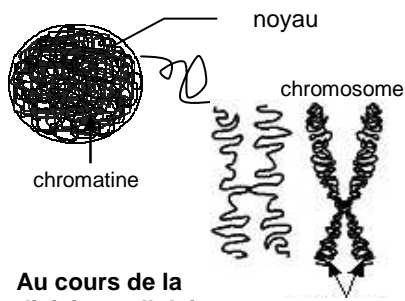
Les deux chercheurs de l'Institut Pasteur démontrent l'existence d'un messager. Il s'agit d'une molécule très semblable à l'ADN, l'ARN (acide ribonucléique) qui copie un segment d'ADN, avant de traverser la membrane du noyau.

Enquête au cœur du noyau

Tous les organismes vivants, du plus simple au plus perfectionné, sont constitués de cellules. Le corps humain, par exemple, en compte plus de 70 000 milliards, mesurant moins d'un dixième de millimètre. Chaque jour, 200 milliards de ces cellules meurent. Leur remplacement nécessite la création de nouvelles cellules dont les plans de construction sont conservés dans l'ADN.

L'ADN : une banque de données dans chaque noyau

Le noyau de la cellule renferme les plans de constructions. Ils sont portés par l'ADN, l'acide désoxyribonucléique. Le plus souvent, l'ADN se présente sous la forme un enchevêtrement de fils appelé la chromatine. Chaque cellule possède près de 2 mètres d'ADN. Au moment de la division cellulaire, cet ADN se condense en petits bâtonnets, les chromosomes.



Au cours de la division cellulaire, les filaments d'ADN se condensent en chromosomes

Chaque cellule humaine renferme dans son noyau 23 paires de chromosomes. 22 paires sont communes aux deux sexes et une paire, correspond aux chromosomes sexuels :

chez l'homme XY ;
chez la femme XX.

La molécule d'ADN ressemble à une double hélice. Ces hélices sont reliées entre elles par des éléments chimiques, les bases azotées qui s'imbriquent les unes dans les autres. C'est dans cette succession de bases que se trouvent les gènes. Les gènes sont les plans de constructions de l'être vivant. L'ensemble des gènes constitue le génome humain. Chaque cellule composant les êtres vivants, contient l'ensemble des plans de constructions.

Du noyau à l'usine de protéines

L'ADN est contenu dans le noyau de la cellule alors que la synthèse des protéines indispensables à la création de nouvelles cellules se déroule dans le cytoplasme, c'est-à-dire à l'extérieur du noyau. Il faut donc un intermédiaire pour sortir du noyau les informations contenues par l'ADN.

Pour transporter les plans de fabrications du noyau au cytoplasme, une copie de l'ADN est réalisée. Cette copie est l'ARN, l'acide ribonucléique. La copie de l'ADN en ARN s'appelle la transcription.

L'ARN se rend ensuite à l'extérieur du noyau dans les ribosomes, véritables usines à fabriquer les protéines.

La synthèse des protéines

Le ribosome lit et décode l'ARN afin d'assembler, dans l'ordre indiqué, les acides aminés. Le collier d'acides aminés forme ensuite la protéine voulue.

La synthèse des protéines à partir de l'ARN est appelé la traduction. Sur le brin d'ARN, les successions de bases se lisent et se décodent 3 par 3. Chaque groupe de 3 bases est appelé codon et correspond à un acide aminé. Par exemple, le codon UCC correspond à la serine et le codon GCA correspond à l'alanine.

Le code génétique traduit n'importe quel gène en protéine. Ainsi que l'on soit vache, cochon, homme ou pissenlit, c'est toujours ce même code universel qui permet la fabrication des protéines.

Ces maladies au cœur des gènes

Les plupart des maladies chromosomiques sont dues à la présence d'un chromosome supplémentaire sur une des paires (trisomie), ou à l'absence d'un chromosome (monosomie). Elles sont le plus souvent accidentelles et elles ont des traductions cliniques variables. Par exemple, le syndrome de Down, plus communément appelé trisomie 21 ou mongolisme est du à la présence d'un troisième chromosome sur la 21^{ème} paire.

Il existe plus de 5 000 maladies génétiques. Elles sont héréditaires. Beaucoup sont dites orphelines, car elles ne touchent qu'un très faible nombre de personnes.

Grâce à la génomique, l'étude de l'ensemble des bases A, T, C, G, constituant notre ADN, il est maintenant possible d'identifier les gènes défectueux à l'origine de ces maladies. Les scientifiques pourraient alors être en mesure de ralentir la progression de ces maladies ou même de créer des médicaments sur mesure correspondant au profil génétique des patients.

La révolution génétique

Les progrès fulgurants dans le domaine de la biologie et en particulier de la génétique ouvrent la porte à de nombreuses applications légitimes dans le domaine de la médecine, de l'agriculture, de la police... mais font émerger aussi de nouveaux risques et de nouvelles dérives : eugénisme, discriminations génétiques, bébés sur mesure, brevetabilité du vivant...

La connaissance des applications de la génétique par les citoyens constitue un enjeu majeur dans le sens où ils doivent participer aux réflexions qui aboutiront à des décisions susceptibles de bouleverser leur quotidien.

La génétique et la médecine

La thérapie génique, méthode thérapeutique encore expérimentale, consiste à introduire un gène, appelé gène médicament, dans les cellules d'un organisme pour y corriger une anomalie (mutation, altération...) à l'origine d'une maladie.

La thérapie cellulaire consiste, d'une part à utiliser les propres cellules souches du malade. Ces cellules sont capables, par divisions successives, de produire soit un être vivant complet, soit des cellules spécialisées (cellules de rein, de foie...) ce qui permettrait de réaliser des auto-greffes.

D'autre part, elle peut utiliser, grâce à la technique du clonage thérapeutique, des cellules souches issues d'embryons, ce qui soulève des problèmes éthiques. Les travaux de recherches s'orientent actuellement de plus en plus vers l'utilisation de cellules souches adultes.

Les O.G.M. : du médicament à nos assiettes

Obtenir un O.G.M. pour la thérapeutique consiste à modifier génétiquement un organisme, animal, végétal ou une bactérie, en insérant dans son génome une séquence d'ADN provenant d'une autre espèce. Le but est de faire exprimer à cet organisme "génétiquement modifié", une protéine codée par cette séquence. Cette protéine sera alors extraite et purifiée pour un usage thérapeutique.

L'utilisation d'O.G.M. thérapeutique

Des animaux transgéniques sont aussi utilisés dans la recherche contre les maladies et dans les essais de médicaments et de thérapies. Il est envisageable que des cellules ou même des organes d'animaux transgéniques, comme les porcs, puissent être, un jour, transplantés à l'homme.

Des O.G.M. dans nos assiettes

Depuis des millénaires, l'homme sélectionne les espèces végétales et animales, les croise et les reproduit pour en améliorer les rendements, la résistance, l'aspect ou le goût.

Aujourd'hui, les nouvelles techniques du génie génétique ouvrent des perspectives immenses dans le domaine de l'agroalimentaire. Les généticiens sont capables, par exemple, de créer des fraises résistantes au gel, des tomates résistantes aux moisissures, du maïs développant son propre insecticide résistant à la larve de pyrale, des plantes rendues tolérantes à certains herbicides, d'autres au déficit en eau, des pommes de terre produisant plus d'amidon...

Quels sont les risques potentiels réels des O.G.M. ?

- La protéine codée par le gène introduit peut se révéler toxique pour le consommateur.
- L'introduction d'un gène peut activer le fonctionnement d'autres gènes et déclencher des réactions imprévisibles.
- La dispersion incontrôlée d'O.G.M. dans la nature.
- La dispersion des gènes sélectionnés dans la nature, notamment par hybridation avec des espèces proches.
- Des risques collatéraux, comme la disparition en même temps que l'insecte « nuisible », d'insectes « utiles ».
- Une sélection systématique de gènes uniquement utiles, peut amener à une perte de biodiversité et donc un appauvrissement des solutions « naturelles ».

La « gène-éthique » ou la nécessité de moraliser la science

Les applications des thérapies géniques et cellulaires amènent très légitimement les citoyens vers des questions essentielles qui concernent la bioéthique. Ce terme, apparu aux Etats-Unis dans les années 1970, désigne les recherches qui portent sur les problèmes moraux suscités par l'emploi des nouvelles techniques biomédicales.

La procréation médicale assistée a été l'un des premiers objets de réflexion de la bioéthique, à cause de son potentiel de dérives eugénistes.

Ainsi, en France, le comité consultatif d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (C.C.N.E.) a été créé après la première naissance par F.I.V.E.T.E. (Fécondation *In Vitro* et Transfert d'Embryon), en 1982.

Aujourd'hui, les principales questions sont soulevées par les possibilités qu'offrent les dernières technologies (diagnostics préimplantatoire et prénatal, clonage reproductif, création de cellules souches embryonnaires, utilisation des embryons surnuméraires) et concernent tout particulièrement le statut de l'embryon et de la dignité de la vie humaine.

Une loi bioéthique très attendue

Très attendue par les scientifiques, la révision des lois bioéthiques de 1994 a été votée le 6 août 2004. Pour 5 ans, les généticiens français, sont autorisés à développer des recherches sur les embryons surnuméraires congelés. Le clonage reproductif reste « un crime contre l'espèce humaine ». Le clonage thérapeutique est également proscrit et la non brevetabilité du génome humain est réaffirmée.

En guise de conclusion

En déchiffrant les secrets du vivant, au cœur de la cellule, l'homme bouscule, comme il l'a fait avec l'atome et la chimie, les frontières du « naturel ». A lui de s'en servir pour améliorer sa condition et ne pas céder aux caprices égoïstes et aux dérives eugénistes ou capitalistes.

La loi relative à la bioéthique du 6 août 2004 accompagne tant bien que mal les avancées spectaculaires du génie génétique. Ces cadres juridiques seront amenés à évoluer rapidement. Il importe donc que les citoyens se réapproprient les choix scientifiques et technologiques. Ils doivent pouvoir débattre avec les chercheurs et avec les responsables politiques.

Document réalisé par l'équipe médiation de la Galerie Eurêka

Galerie Eurêka - C.C.S.T.I. de la Ville de Chambéry
Hôtel de Ville BP 1105
73 011 CHAMBERY cedex

tel : 04-79-60-04-25
e-mail : galerie.eureka@ccsti-chambery.org

Site Internet : www.ccsti-chambery.org