

évolution

1859: [Charles Darwin](#) *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle, ou la préservation des races favorisées dans la lutte pour la vie*

(The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life)

évolution graduelle des espèces vivantes dans la nature.

Fondation de la [théorie de l'évolution](#) moderne.

[descendance](#) avec modification, [sélection naturelle](#)

1865: le moine autrichien **Gregor Mendel** : existence de « facteurs » responsables de la transmission des caractères héréditaires

« Recherche sur les hybrides végétaux ». Il travaille sur des pois comestibles qui présentent sept caractères (forme et couleur de la graine, couleur de l'enveloppe,...)

Il énonce les lois de transmission de certains caractères héréditaire → peu réactions

Vers la génétique

1879, Walther Flemming : mitose = division cellulaire

1880 : fécondation par fusion du noyau de l'ovule et du spermatozoïde (, Oskar Hertwig et Eduard Strasburger)

1891 : les chromosomes sont indispensables à la vie (Theodor Boveri)

1900, redécouverte des lois de l'hérédité (lois de Mendel) (Hugo de Vries, Carl Correns et Erich von Tschermak-Seysenegg)

1902 : théorie chromosomique de l'hérédité: les chromosomes seraient les supports des gènes. (Walter Sutton)

1909 le danois Wilhem Johannsen proposera le terme de **gène** [Phénotype = l'aspect d'un être ↔ génotype = gènes]

1910 Thomas Morgan démontre l'existence de mutations .

localise les gènes sur les chromosomes riches en nucléine [prix Nobel de Médecine 1933]. → **théorie chromosomique de l'hérédité.**

1913: première carte génétique du chromosome X de la drosophile: ordre et succession des gènes le long du chromosome. (Morgan et Alfred Sturtevant)

1941 : hypothèse qu'un gène code une unique enzyme (George Beadle et Edward Tatum)

Quels sont les supports des gènes ? Protéines (diastases, enzymes) ?

1869: découverte de la molécule **ADN** par médecin suisse Friedrich Miescher. Abondant dans les noyaux des cellules → **nucléine** (Riche en phosphore)
(plus tard : **acides nucléiques**: 2 formes DNA= acide désoxyribonucléique, RNA=acide ribonucléique)

1944 la virulence de certaines bactéries est transmise par l'ADN (Oswald Avery) → on comprend que **ADN** est le support des gènes

1944 **Schrödinger**

Schrödinger

En 1944, Schrödinger écrit *Qu'est-ce que la vie ?*,

le livre donnera à Watson l'inspiration pour rechercher le gène, et le conduit à la découverte de la structure en double hélice de l'ADN.

Les gènes sont les composantes-clé des cellules vivantes
Pour comprendre la vie, il faut savoir comment ils fonctionnent.

Deux grandes questions:

Montrer quel est le support des gènes; toujours ADN ?

Élucider la structure de la mol ADN

Premières recherches sur l'ADN

1943 : diffraction aux rayons X ([William Astbury](#)) → structure de la molécule ADN: régulière et périodique (« comme une pile de pièces de monnaie »)

1950 structure **chimique** de la mol

1952 ([Alfred Hershey](#) et [Martha Chase](#)) renforcent l'hypothèse que les gènes sont faits d'ADN

Années 1950: **Maurice Wilkins** (King's college, Londres, avec Rosalind Franklin)

Il possède des cliché de diffraction aux rayons X de la mol d'ADN (W Asbury)

Linus Pauling s'y intéresse. Il avait montré la structure en hélice d'un élément de base des protéines

Hermann Kalckar à Copenhague

Également gènes dans les virus : la moitié de la masse d'un virus bactérien est constituée d'ADN

Puis **Watson** à Cambridge (avec **Francis Crick**): le gène doit avoir une structure régulière (← cristallisation, diffraction)

Structure de l'ADN

Années 1950

La mol d'ADN contient 4 types de **nucléotides** liés de manière régulière, comprenant des **bases azotées** :

Adénine **A** et guanine **G** (purines)

Cytosine **C** et thymine **T** (pyrimidines)

Et une « **charpente** » régulière : sucres et phosphates

Les clichés de diffraction suggèrent la présence d'**hélices** dans la mol ADN.

Structure de l'ADN

Les nucléotides forment des chaînes

Combien ? Quelles formes (enroulements hélicoïdaux ou non) ? Comment sont elles reliées ?

Watson travaille à partir des résultats de diffraction et de maquettes des molécules.

Nombreux essais non concluants,

étude de la mol ARN dans le virus de la **mosaïque du tabac**.

progrès cristallographique → **Watson** montre une structure hélicoïdale du vmt.

Structure de l'ADN

- **règle de Chargaff**: On découvre que les nombres de molécules $A = T$, Ainsi que $G = C$

(les proportions entre les deux couples variant d'une espèce à l'autre)

→ possibilité de liaisons entre A et T, G et C. De quelle nature ?

- Le gène doit pouvoir être **autorépliqué** → contraintes

→ Idée de la formation d'une **image complémentaire**, comme un négatif, ou un moule pour la synthèse suivante

- la forme **hélicoidale** se confirme. Combien d'hélices?

Idée: bases au centre et charpente à l'extérieur!

Structure de l'ADN



Structure de l'ADN

Finalelement ([prix Nobel](#) de médecine 1962 pour **Watson, Crick et Wilkins**) pour avoir établi que les triplets de bases étaient des codes "la plus grande réussite scientifique de notre siècle".

Les bases planes (épaisses de 3.4 angström) sont posées l'une sur l'autre, perpendiculairement à l'hélice (diamètre 20 angström).

Arranger les bases à l'intérieur d'une structure régulière : deux chaînes « squelettes » hélicoïdales enroulées, les bases à l'intérieur. Par paires complémentaires A-T, G-C, qui maintiennent la structure.

La successions de ces bases constitue le [code génétique](#).

lu par la machinerie cellulaire, qui peut le transcrire en ARN puis en [protéines](#).

génom

= ensemble du matériel génétique d'un organisme: ensemble d'instructions.

Chaque cellule en contient une copie complète, dans le langage à 4 lettres de ADN: enchaînement des nucléotides :

- les séquences codent pour des protéines,
- aussi des séquences non codantes).

Dans l'ADN des cellules (ou ARN pour rétrovirus comme VIH)

La taille du génome varie de quelques milliers à plusieurs millions de paires de bases.

séquençage de l'ADN : cartographie du génome

L'acide désoxyribonucléique (ADN)

- [molécule](#), présente dans toutes les [cellules](#) vivantes,
- renferme l'ensemble des informations nécessaires au développement et au fonctionnement d'un [organisme](#).
- Aussi support de l'[hérédité](#) (transmis lors de la [reproduction](#)); porte donc l'[information génétique](#) (génotype) et constitue le [génome](#) des [êtres vivants](#).
- structure en [double-hélice](#) (deux brins complémentaires). Chaque [brin](#) est constitué d'un enchaînement de [nucléotides](#).
Un nucléotides se compose de [bases azotées](#), d'[oses](#) ([désoxyribose](#)) et de groupes [phosphate](#).
- quatre nucléotides différents dans l'ADN: A, G, C et T (du nom des bases correspondantes). Le génotype est inscrit dans l'ordre d'enchaînement
- l'ADN est contenu dans le [noyau](#) (cellules [eucaryotes](#)) (et [mitochondries](#) et [chloroplastes](#)); ou dans le [cytoplasme](#) (cellules [procaryotes](#)); aussi dans certains [virus](#).
- Transcription [Crick 1960]: ADN est capable d'instruire la synthèse de l'ARN ([acide ribonucléique](#))
- ARN → synthèse des protéines

génome humain

environ 3,4 milliards de nucléotides;

25.000 gènes

Projet génome humain, lancé en 1990 →
séquençage de l'ADN humain

Handwritten symbols arranged in a grid-like pattern, possibly representing a sequence or data points. The symbols are stylized and include characters like 'K', 'P', 'L', 'R', 'H', 'G', 'S', and 'I'.

K	P	L		R	L	
K	H	C	T	H	T	K
L	L	H		H	T	H
	H	H		H	H	S

Suite de l'histoire

1955 : 46 chromosomes humains

1957 : mise en évidence du mécanisme de réplication de l'ADN

1958, premier lien entre un handicap mental et une anomalie chromosomique (Jérôme Lejeune)
un chromosome en trop sur la 21^e paire d'un enfant mongolien : **trisomie 21**,
mécanisme d'autres maladies chromosomiques par la suite → cytogénétique et génétique moderne.

années 1960 :

François Jacob, Jacques Monod et André Lwoff élucident le mécanisme de la **synthèse des protéines**.

code génétique , programme génétique.

→ Beaucoup d'Idées erronées

→ (Certaines séquences d'ADN non traduites ; mais jouent un rôle dans l'expression des gènes.)

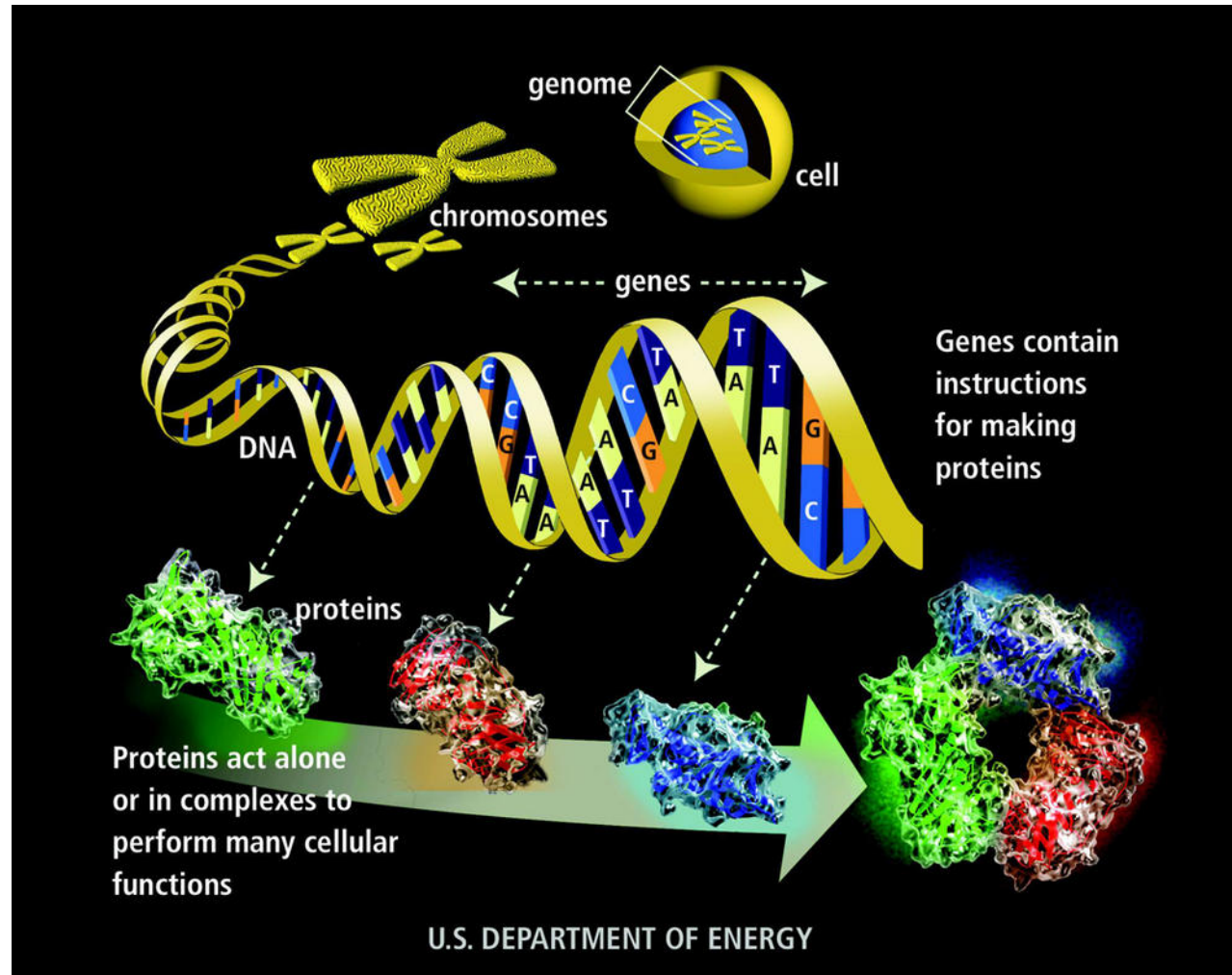
1966:

recherche sur l'évolution moléculaire ; techniques de biologie moléculaire ; recherches sur la génétique des populations.

La génomique devient l'objet d'intérêts économiques très importants.

années 1970: invention du séquençage de l'ADN (par Frederick Sanger)

Structure de l'ADN



séquençage de l'ADN

invention dans les années 1970

progrès technologiques exponentiels: temps de doublement de l'ordre de 15 à 18 mois

Très grand nombre de séquences disponibles de génomés ou d'ADN.

L'interprétation reste à effectuer:

- organiser une énorme masse d'information

- la rendre disponible : bases de données accessibles en lignes

trois grandes institutions en charge de l'archivage

NCBI (USA), EBI (Europe) et DDBJ (Japon).

grandes bases de données de séquences nucléotidiques

(GenBank , EMBL database)

ou de séquences protéiques (UniProt , TrEMBL).

hérédité

Le langage génétique est universel

lois de Mendel.

déterminer le génotype sous-jacent à un phénotype .

ADN ou ARN : support matériel des gènes au sein de la cellule

- la biologie cellulaire étudie leur expression.
- Le génie génétique modifie le génome: implante, supprime ou modifie des gènes dans un organisme. → OGM)
- Les thérapies géniques : introduire de nouveaux gènes dans l'organisme pour pallier une déficience héréditaire.

problèmes éthiques : clonage, eugénismes ; propriété intellectuelle [de gènes], risques environnementaux dus aux OGM.

bioinformatique

au carrefour des mathématiques, de l'informatique et de la biologie.

analyser, modéliser, prédire les informations issues de données biologiques expérimentales.

- **bio-informatique des séquences**: analyse de données issues de l'information génétique (dans ADN ou dans protéines) : identification des ressemblances entre séquences, identification des gènes
- **bioinformatique structurale**: structure 3D et repliement des macromolécules biologiques (protéines, acides nucléiques), au moyen d'outils informatiques.
- **bio informatique des réseaux**: interactions entre gènes, protéines, cellules, organismes; analyses de comportements collectifs.
- **bioinformatique statistique , bioinformatique des populations**
- Aussi, développement d'outils de traitement de l'information basés sur des systèmes biologiques ([ordinateurs à ADN](#) ?)

génétiques

la génétique du développement : acteurs moléculaires et les gènes qui les codent impliqués dans la formation de l'organisme à partir du stade unicellulaire d'œuf fécondé.

espèces (drosophile, nématode , poisson zèbre, une plante du genre Arabidopsis) ;

génétique médicale : hérédité des maladies génétiques humaines: identifier les mutations responsables des maladies → traitements

génomique : structure, composition et évolution des génomes (dans l'ADN organisé en chromosomes),

identifier des motifs (dans l'ADN) pouvant avoir un sens : gènes et autres

génétique de l'évolution : signatures de la sélection naturelle sur le génome des espèces, identifier les gènes essentiels pour l'adaptation et la survie des espèces dans des environnements changeants ;

génétique des populations : origine de la diversité génétique des populations et des espèces : (mutation, dérive, sélection)

maladies génétiques

inscrites dans les gènes : La plupart des maladies congénitales (présentes à la naissance) anomalies sur un ou plusieurs chromosomes (l'information génétique contenue).
→ défaut de fonctionnement de certaines cellules (qui fabriquent des protéines)

dominantes ou récessives

- mucoviscidose [→ insuffisance respiratoire], trisomie, myopathie...
- hémophilie (1 naissance / 10 000); Daltonisme
- 80 % (environ 6 000) sont des Maladies « rares »: fréquence inférieure à un malade pour 2 000 personnes. (ex. *Maladie des os de verre*)
- La mutation d'un gène peut être un facteur de risque plutôt qu'une maladie: Parkinson
Diagnostic *précoce* possible (éventuellement avant la naissance ou l'implantation)

Les thérapies géniques [à l'état d'ébauche aujourd'hui] tentent de modifier le patrimoine génétique (par exemple par l'emploi d'un virus modifié).

<http://www.doctissimo.fr/html/dossiers/maladies-genetiques-congenitales/maladies-genetiques-congenitales.htm>

biothérapies

« biothérapies »,

- [thérapies géniques](#) (= gènothérapies): transfert de gènes, intervention sur les gènes)
- thérapies tissulaires (différentes greffes de tissus vivant),
- [immunothérapie](#),
- [Pharmacothérapies](#) (les [médicaments biologiques](#) issus de substances du corps humain),
biomatériaux,
- [Phagothérapie](#): l'utilisation de virus

développement et transfert de la recherche biomédicale vers les technobiologies et l'industrie du médicament

la thérapie cellulaire (= [cytothérapies](#)): soigner (régénérer) ou créer tissus et [organes](#) par l'apport de cellules, obtenues et modifiées la plupart du temps à partir de [cellules souches](#), pour remplacer ou suppléer des cellules défailantes.

biotechnologies : traditionnelles ou nouvelles

= technologie de bioconversion : Application des principes scientifiques et de l'[ingénierie](#) à la **transformation de matériaux par des agents biologiques** pour produire des biens et services »
Utilisation de micro-organismes [éventuellement génétiquement modifiés] et enzymes dans...
(← [microbiologie](#), [biochimie](#), [biophysique](#), [génétique](#), [biologie moléculaire](#), [informatique](#)...

-Vertes: d'intérêt agricole, agroalimentaire

-rouges : médical et pharmaceutique

-Blanches : *production industrielle* » ([génie biologique](#) appliqué à la [chimie](#)); production d'énergie (méthanisation...), biocarburants, (bioéthanol...), biogaz grâce à des micro-organismes.

-jaunes: traitement des pollutions, recyclage et élimination des déchets

-bleues: exploitation des organismes marins: cosmétiques, médicaments, agroalimentaire...

traditionnelles ou nouvelles

des premières sociétés apparaissent à la fin des [années 1990](#), : [Amgen](#), [Genentech](#), [Decode Genetics](#) et [Genset](#) qui disparaîtront]

biotechnologies : traditionnelles ou nouvelles

traditionnelles (agroalimentaire, cuisine)

fermentation anaérobie : en absence de dioxygène :

alcoolique : sucres → alcool éthylique et dioxyde de carbone : panification) ;

lactique : (→ acide lactique) → yaourts, fromages, charcuteries, choucroute ;

fermentation aérobie : acétique (alcool éthylique → acide acétique = vinaigre)

Nouvelles

génie génétique: séquençage et synthèse de protéines complexes ; génomique et pharmacogénomique ...

génie génétique et transgénèse : intervention sur le patrimoine génétique des espèces pour le décrypter ou le modifier (← décryptage des génomés) -> OGMs (céréales, ...

Nanotechnologies, bio-informatique, Nanobiotechnologies : fabrication programmée de nano ou micro composés, biomolécules (risques sanitaires, environnementaux, géopolitiques ... très élevés)

thérapie cellulaire : cellules souches

capacités de différenciation:

Applications thérapeutiques

Créer des tissus ou cellules spécifiques:

- suppléer les cellules détruites (irradiation, autodestruction, chimiothérapie, ...)
- ou pallier des déficits fonctionnels cellulaires (Parkinson...)

• **Succès aujourd'hui:** cancers du sang : allogreffes et autogreffes : récupérer, cultiver puis réinjecter les cellules souches hématologiques (d'un donneur ou du malade) → colonisation de la moelle osseuse.

Espoirs pour Alzheimer, Parkinson, maladies de la moelle osseuse, maladies de la rétine, crises cardiaques ou cérébrales, brûlures, diabète, leucémie, ...

- faciliter les greffes ou la restauration d'organes (
 - génie tissulaire: fibres musculaires → **tissu cardiaque humain?**
 - cellules nerveuses, sanguines, de cartilage, etc.
- Les cellules-souches sont proches des cellules précancéreuses → **recherche anti cancer**
- Possibilité de tester des médicaments

cellules souches

cellules-souches pour **thérapie cellulaire** :

proviennent majoritairement d'embryons surnuméraires issus des procédures de procréation médicalement assistée (PMA),

(création d'embryons à seule fin de recherche juridiquement prohibée)

- découverte récente d'autres sources possibles: sang de cordon ombilical , tissu adipeux.)
- Expérimentations de clonage thérapeutique pour en fabriquer en grand nombre.

(mais risque d'infection des cellules par le matériel génétique les rétrovirus utilisés.)

tri et contrôle / Adaptation aux besoins, Standardisation, automatisation...

cellules souches

capacités de différenciation:

Les **cellules souches totipotentes** : peuvent être différenciées en tout type cellulaire : ovule fécondé ou cellules issues des premières divisions de cet [œuf](#) jusqu'au quatrième jour (morula). **Permettent le développement d'un individu complet** à condition d'être placé *in-vivo* pour permettre une orientation de l'embryon impossible *in-vitro*. → clonage reproductif (vrais jumeaux) par scission embryonnaire.

Les **cellules souches pluripotentes** : Protégées de tout rejet par le système immunitaire → former tous les tissus de l'organisme, pas de clonage reproductif possible.

Les **cellules souches multipotentes** : (dans l'embryon ou dans l'organisme adulte; peuvent donner naissance à plusieurs types de [cellules](#), mais déjà engagées dans une certaine direction (« déterminées »). → [globules rouges](#), ou neurones ou ...

Les **cellules souches unipotentes** → un seul type cellulaire (tout en s'autorenouvelant) : peau, foie, muqueuse intestinale, testicule...

[un corps [humain](#) normal remplace 100 milliards de [globules rouges](#) et cellules [intestinales](#) chaque jour; 1,5 g de cellules [épidermiques](#).

thérapie génique

(= génothérapie) : Le concept remonte à la fin des années 1960: réparer ou modifier le patrimoine génétique pour traiter une pathologie

idée de départ : traiter des pathologies *héréditaires*

Puis *toutes les affections où un gène est défectueux* : cancers, infections virales, douleur, affections cardiaques, atteintes du système nerveux...:

restauration d'une activité génétique défailante ou production d'une activité supplémentaire

En 2013, près de 2000 essais cliniques ont été proposés.

- faire pénétrer des gènes dans les cellules ou les tissus d'un individu pour traiter une maladie.
- remplacer (ou compléter) un allèle mutant déficient par un allèle fonctionnel
- surexprimer une protéine à l'impact thérapeutique.

- tissus ou organes anormaux par suite de la présence d'un gène muté
- correction d'une anomalie génique portée par les parents et transmise → pour que l'enfant ne présente pas la maladie résultant de l'anomalie génique des parents
- obtenir une guérison définitive par clonage dans l'embryon ayant servi à produire les cellules
→ enfant indemne de l'anomalie.

Sélectionner un gène puis faire pénétrer son information génétique dans l'organisme du patient.

vecteur de thérapie génique → organismes génétiquement modifiés. (vectorologie.)

thérapie génique

Développement de la [biotechnologie](#) :

- amélioration des connaissances concernant les **liens entre gènes mutés et pathologies**
- création de **système de transfert de gènes** à partir de virus sécurisés,
- technologies de **manipulation de l'ADN**

- premier essai clinique (S. Rosenberg , Etats-Unis) à la fin des années 1980.
- **Nombreux** essais cliniques à partir des années 1990 : cancer, maladies cardiaques et vasculaires, infections virales, immunodéficiences héréditaires...
- engouement du public ([Téléthon](#)) et des investisseurs.
- Mais aucun bénéfice réel → désengagement progressif des capitaux, méfiance

Premier succès ([Alain Fischer](#)) sur le traitement des [enfants-bulles](#) (immunodéficiences sévères) mais effets secondaires graves

Aujourd'hui, réelles contributions au traitement de certaines maladies ...

Aujourd'hui *Prochymal* (← [ponction de moelle osseuse](#)) → rejet des greffes

thérapie génique: Vecteurs

Vecteurs viraux: virus modifiés génétiquement, (← efficacité des virus pour transférer leur propre matériel génétique dans les cellules humaines)

sécurisés : éliminer les séquences codant des protéines associées au comportement pathogène
conserver celles qui sont utilisées pour construire la particule virale

reconstruire Le génome du virus pour porter les séquences du gène thérapeutique.

Les **rétrovirus** : insérer la nouvelle information génétique dans le génome de la cellule cible.

Le génome des rétrovirus est composé de molécules d'**ARN** (acide Ribonucléique) et non d'**ADN** (comme dans les cellules humaines).

→ étape de **rétrotranscription** de l'ARN en un fragment d'**ADN**

→ transfert des molécules d'**ADN** et intégration dans le génome de l'hôte.

(rétrovirus de souris, essais cliniques en cours avec vecteurs dérivés du virus **VIH**)

Vecteurs dérivés d'autres virus: virus adéno-associés (ou AAV (pour *adeno associated virus*) pour transférer des petits gènes. / **virus Herpes Simplex** (HSV), **poxvirus** (actuellement en développement clinique) / virus animaux apparentés au VIH, **virus de la grippe**...

Vecteurs non viraux : utiliser directement la molécule d'ADN : voie chimique (pas de caractère pathogène), faciles à produire, à manipuler et à stocker ; utilisation ciblée

((thérapie génique))

Aujourd'hui: immunodéficiences liées à des déficits dans le gène codant

-l'Adénosine Déaminase,

-ou dans celui codant la chaîne gamma-c du récepteur à l'Interleukine-2 (protocole Fischer, voir ci-dessous)

-ou les [béta-thalassémies](#) (premier grand succès en 2010¹³).

-Les hémophilies de type A et B sont respectivement associées à des défauts de production des facteurs VIII et IX de la chaîne de [coagulation](#) qui pourraient être produites par des cellules musculaires ou hépatiques libérant ces facteurs dans le sang. Le

-traitement de la [mucoviscidose](#) (gène codant le [CFTR](#) (*Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator*))

[maladie de Parkinson](#) (lien non clairement établi)

Cancer, maladie à la génétique trop complexe

Le [cancer](#) : insérer dans les cellules cancéreuses des gènes codant des [protéines](#) sensibilisant les cellules cancéreuses à des drogues. (injection des vecteurs [in vivo](#))

Ou utiliser des mécanismes de protection naturelle pour éradiquer les cellules cancéreuses: ex. rétablissement de chaînes biologiques dite de « mort cellulaire programmée » ([apoptose](#))

((thérapie génique))

stratégies de blocage biologique pour **contrer l'infection par le VIH**: interférence entre le cycle de multiplication du virus et une protéine ou un ARN produit par un vecteur exogène.

bloquer les rejets de greffe : expression de protéines impliquées dans les mécanismes immunitaires

inhibition de la douleur avec par exemple l'expression de la pré-proenképhaline.

pour les diabétiques : transformer (quasiment) les cellules hépatiques en cellules pancréatiques → production régulée de l'insuline).

thérapie génique

Très peu de succès aujourd'hui:

traitement des enfants atteints du SCID-X (SCID, *Severe Combined Immunodeficiency* liée au chromosome X) ("bébé bulles"): protocole clinique emblématique de la thérapie génique; mais effets secondaires graves.

transférer dans les cellules sanguines un gène fonctionnel restaurant la fonctionnalité du récepteur à l'interleukine-2.

→ guérison dans un premier temps; mais ensuite (quelques années) [leucémie](#) .

→ Cependant : pertinence du concept de thérapie génique

→ nécessité d'améliorer les stratégies (nouveaux vecteurs ?)

Aujourd'hui : essais cliniques sur des pathologies de la vision (succès partiels, ou des pathologies neuronales infantiles

Espoir de traitement de certains cancers pourrait être effectivement envisagé à moyen-terme par la thérapie génique

biologie de synthèse

- Organismes viables inexistantes dans la nature, capables d'être compétitifs dans l'évolution (vis à vis de l'espèce *sauvage de départ*. (./ Amoidries) ???)
- **Parabiotique**: Conditions sur terre ; plus facile avec d'autres conditions ?
- **Postbiotique** : nouvelles formes de vie à partir de ce qui existe :
- Ex. (Craig Venter) : construction de génome artificiel (molécule ADN « injectable dans cellules vivantes »); reprod complète d'une cellule vivante avec un génome synthétique. « réécrire un génome » (=programmer un génotype).
- Quels nouveaux génotypes auront du sens ? La plupart : non
- Modularité : capacité « à assembler des modules de manière efficace
- Robustesse : vis à vis des perturbations (cas des êtres vivants)
- Portabilité : indépendance du support matériel (pour les « instructions génétiques ») : liberté dans les formats. (« potentiel adaptatif »)
[Plume : évolution d'écaille de kératine/ dinosaures → oiseaux]

Objectifs « vertueux »: substituer la bio synthétique à la chimie [Philippe Marlière, http://www.canal-u.tv/video/universite_de_tous_les_savoirs/pourquoi_et_comment_faire_des_formes_de_vie_nouvelles.3935]: 1) fabriquer des agents pharmaceutiques par catalyseurs biochimiques (plus économique que la pure chimie) 2) optimiser l'utilisation de C ou N. 3) constituer des « habitats », des nouveaux cycles pour l'écologie (ex. fixer CO₂). « metabolic design »

OGM's

- Ex: une bactérie fabrique l'hormone de croissance.
- Faire un gène synthétique coute 1000 euros. On augmente considérablement la génosphère
- **Pollution génétique**: nous pouvons fabriquer des séquences d'ADN qui ne peuvent apparaître sur terre; et qui peuvent être captées par des organismes (→ maladies nouvelles ?)
- (il existe des modes de prolifération très efficaces ./ radioactivité). Le confinement n'est pas suffisant. → rendre les OGM dépendants de catalyseurs inexistantes dans la nature (« **vitamines exotiques** »)
- « **Confinement sémantique** » ? : OGM's illisibles par la nature: réduire les capacités évolutives: « the further the safer »
- Lobby de la transgénése -- altermondialistes

Brevets

Beaucoup d' Idées fausses → idéologie du [déterminisme génétique](#) et [programme génétique](#).

[1980](#), la Cour Suprême des États-Unis admet pour la première fois au monde le principe de [brevetabilité du vivant](#) pour une bactérie génétiquement modifiée (oil-eating bacteria).
[confirmé en 1987 par l'Office Américain des Brevets, qui reconnaît la brevetabilité du vivant, à l'exception notable de l'être humain.]

[1986](#), : premier essai en champ de plante transgénique (un tabac résistant à un antibiotique).

[1989](#): décision de décoder les 3 milliards de paires de [bases](#) du génome humain pour identifier les gènes (comprendre, dépister et prévenir les [maladies génétiques](#)).

première équipe : le [Human Genome Project](#) (coordonné par le [National Institutes of Health](#); 18 pays dont la France avec le [Génoscope d'Évry](#)).

[années 1990](#) (à [Évry](#): méthodologies utilisant des robots sont mises au point pour gérer toute l'information issue de la génomique.

[1992](#), l'Union européenne reconnaît la brevetabilité du vivant: brevet pour la création d'une souris transgénique.

1998 :directive sur la brevetabilité des inventions biotechnologiques : sont désormais brevetables les inventions sur des végétaux et animaux, ainsi que les séquences de gènes.

biopiraterie

- appropriation illégitime de la nature et des savoirs;
- brevetage de ressources nationales
- mise sur le marché des ressources en biodiversité
- copiage des savoirs traditionnels
- Ex. brevet déposé par une entreprise brésilienne sur l'utilisation d'un palmier, *Astrocaryum murumuru*, ou murumuru. Le brevet portait sur la fabrication du savon de murumuru, (l'amande du fruit détient des propriétés hydratantes) alors qu'il s'agit d'un savoir-faire traditionnel des Ashaninkas.
- En octobre 2006, l'entreprise s'est vu obligée de retirer son brevet, suite à l'action judiciaire menée par les Ashaninkas, reconnaissant ainsi leurs connaissances traditionnelles sur cette plante.

- Amazonlink (Brésil, une ONG) renforce les capacités des communautés indigènes à protéger leurs ressources biologiques et savoirs traditionnels.
- Articulação Pacari (réseau de communautés pratiquant la médecine par les plantes traditionnelles) recense les plantes médicinales dans la région du Cerrado (savane, 24 % du territoire brésilien.)
- 10 500 des 70 000 brevets déposés chaque année concernent des organismes vivants.
- Le patrimoine biologique mondial se trouve à 90 % dans les pays « en voie de développement », tandis que 97 % des brevets sont détenus par les pays industrialisés.
- [France, le Collectif pour une alternative à la biopiraterie]
- www.biopiraterie.org
- www.evb.ch
- www.navdanya.org