

LES BIOTECHNOLOGIES
AVANCENT AVEC
GENOPOLE

GENOPOLE, C'EST QUOI ?



CAMPUS 1

- 1 Genopole Siège, hôtels d'entreprises
- 2 AFM-Téléthon, Généthon, Génocentre, centre de conférences
- 3 YposKesi, centre de production de thérapies innovantes
- 4 Cytopolis, I-Stem
- 5 Pôle de vie

CAMPUS 3

- 8 Hôtels d'entreprises
- 9 Pépinière Genopole
- 10 Entreprises - CCI Essonne
- 10 Centre hospitalier sud francilien



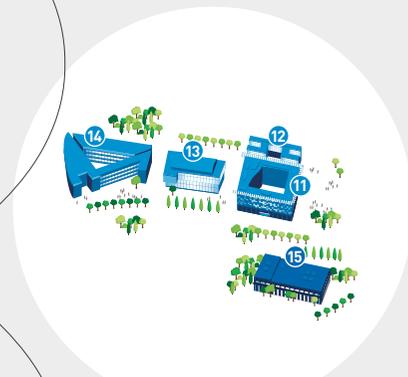
CAMPUS 5

Hôtels d'entreprises
en construction



CAMPUS 2

- 6 Institut de biologie génétique et bio-informatique
- 7 Genoscope, Centre national de recherche en génomique humaine



CAMPUS 4 • UNIVERSITÉ D'ÉVRY

- 11 Bâtiment Maupertuis (enseignement, laboratoires)
- 12 Bâtiment Île-de-France
- 13 Bibliothèque universitaire
- 14 Bâtiment 1^{ers} cycles
- 15 Université d'Évry Site du Pelvoux

QU'EST-CE QUE GENOPOLE ?

Genopole a la particularité de rassembler recherche, entreprises innovantes, formation universitaire et médecine sur un même lieu appelé "biocluster".

Situé à Évry-Corbeil (Essonne), à 35 km de Paris, c'est un site de référence national et international pour la génomique et les biotechnologies. Renommé pour ses activités en santé, Genopole s'investit aussi dans les biotechnologies pour l'industrie et l'environnement.



1^{ER} BIOCLUSTER FRANÇAIS

Dès 1998, Genopole a façonné un modèle sans équivalent en France en associant à un environnement scientifique de pointe les conditions de création et d'accueil d'entreprises de biotechnologies. Genopole, c'est aujourd'hui près de 20 laboratoires publics de recherche et 90 entreprises au sein d'un biocluster associant l'Université d'Évry-Val-d'Essonne et le Centre hospitalier sud francilien. C'est aussi 2 500 personnes travaillant au quotidien dans cette vallée de la génétique.

UN ÉCOSYSTÈME QUI ACCÉLÈRE LA RÉVOLUTION DES SCIENCES DU VIVANT

Les biotechnologies valorisent les propriétés remarquables du vivant pour élaborer des traitements médicaux ou les produits de notre quotidien. Le formidable bond en avant des sciences du vivant grâce aux technologies moléculaires et l'émergence de la biologie à grande échelle, née en partie à Évry, annoncent une ère nouvelle : les sciences du vivant intéressent désormais tous les domaines, elles apportent des solutions industrielles plus respectueuses de l'environnement et créent une nouvelle forme d'économie, la bioéconomie.

La révolution industrielle du XXI^e siècle sera celle des sciences du vivant. Les laboratoires et entreprises de Genopole participent à cet essor des biotechnologies.

LES BELLES HISTOIRES DE GENOPOLE

L'histoire des sciences du vivant s'écrit en partie dans les laboratoires de Genopole. Des découvertes, dont certaines sont des premières mondiales, fondent les progrès à venir en biotechnologies pour la santé, l'environnement et l'industrie.

SOIGNER GRÂCE AUX GÈNES

Le laboratoire Généthon créé par l'AFM-Téléthon réalise une première mondiale en 2004 en « réparant » les muscles de souris atteintes de la myopathie de Duchenne grâce à la thérapie génique. Le laboratoire connaît aujourd'hui les premiers succès chez l'homme pour une maladie rare du système immunitaire, Wiskott-Aldrich, dont l'essai clinique débuté en 2010 révèle des résultats très prometteurs.

L'ÉPOPÉE DU GÉNOME HUMAIN

En 2000, contredisant toutes les estimations alors avancées, le directeur de Genoscope, Jean Weissenbach, annonce lors d'une conférence que le génome humain comporte seulement 30 000 gènes, voire moins ! La surprenante prédiction, fondée sur l'étude du génome d'un poisson tropical originaire d'Asie, le tétraodon ou poisson-ballon, s'avérera exacte. Un an plus tard, Genoscope publie la séquence du chromosome 14 de l'homme, prenant ainsi part à la grande aventure du projet international « Génome humain ». L'épopée aboutit en 2003 à la publication de la séquence complète des 23 chromosomes, quinze ans avant les prédictions les plus optimistes.

L'EXPLORATION DES GÉNOMES DES ESPÈCES

Genoscope - Centre national de séquençage - contribue à des programmes ambitieux de déchiffrement du génome de diverses espèces - végétales, animales et micro-organismes. Citons par exemple l'imposant génome du blé, céréale parmi les plus consommées dans le monde, la truffe noire du Périgord ou encore le moustique. Genoscope conduit également l'exploration génomique d'écosystèmes complets, comme notre flore intestinale (2010), dont le rôle s'avère capital pour notre santé et le monde du plancton dans le cadre de l'expédition Tara Oceans (2015).

IMPULSER LA BIOLOGIE DE SYNTHÈSE EN FRANCE

Genopole se distingue en 2010 en créant l'iSSB, premier laboratoire en France dédié à une discipline scientifique émergente, la biologie de synthèse, persuadé de son potentiel pour comprendre le vivant et construire une nouvelle industrie plus écologique. En 2012, l'iSSB participe, avec Genoscope, à un groupe international qui réussit pour la première fois au monde à concevoir une bactérie viable dans laquelle une des quatre bases de l'ADN a été remplacée par un composé synthétique.

DES CELLULES À HAUT POTENTIEL

En 2005, Genopole s'engage sur la voie des cellules souches en soutenant la création d'un institut spécialisé (I-Stem), convaincu de l'espoir qu'elles représentent pour comprendre et soigner des maladies encore incurables. I-Stem s'illustre dès 2009 en reconstituant pour la première fois un épiderme à partir de cellules souches embryonnaires. En 2011, le laboratoire démontre le potentiel exceptionnel de ces cellules pour dévoiler les mécanismes des maladies (myopathies, progéria...) et fournir des modèles cellulaires aptes à tester des milliers de candidats médicaments. I-Stem prépare le lancement de trois programmes d'essais cliniques de thérapie cellulaire pour l'œil, la peau et une affection neurodégénérative.

DES PRODUITS POUR LA SANTÉ, L'AGRONOMIE, L'ENVIRONNEMENT...

L'année 2008 voit le lancement du premier produit issu d'une entreprise de Genopole, destiné au traitement de la sécheresse oculaire. Aujourd'hui, près de 200 produits sont commercialisés ou en phase avancée de développement pour diverses applications. En 2015, la société Global Bioenergies produit son premier lot d'essence renouvelable synthétisée par des bactéries à partir de sucres végétaux et en 2018 avec Butagaz les premières bouteilles de biogaz. C'est la seule société en Europe et l'une des rares au monde à développer un procédé biologique de production d'hydrocarbures. Ils seront convertibles en carburants, plastique, caoutchouc et autres polymères pour divers usages.



NOTRE ADN, C'EST L'ADN



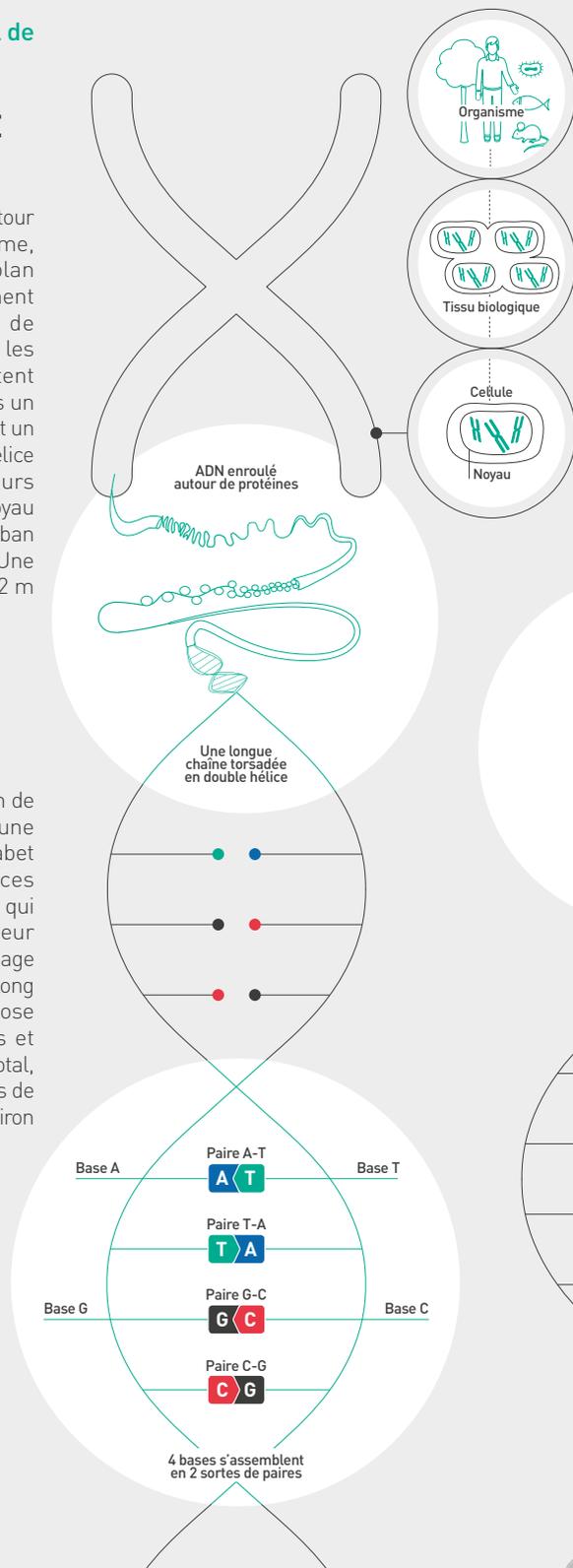
Genopole explore le potentiel de l'ADN depuis 20 ans.

L'ADN EST LA MÉMOIRE DU MONDE VIVANT

Toute vie sur Terre est organisée autour de l'ADN. Des bactéries à l'Homme, chaque organisme vivant a un plan d'organisation et de fonctionnement gravé dans une ou plusieurs de ces longues molécules. Ce sont les chromosomes, qui se transmettent de génération en génération. Dans un chromosome, la molécule d'ADN est un immense et fin ruban en double hélice qui peut mesurer jusqu'à plusieurs centimètres. Pour tenir dans le noyau microscopique d'une cellule, ce ruban est replié et enroulé à l'extrême. Une cellule humaine contient en tout 2 m d'ADN !

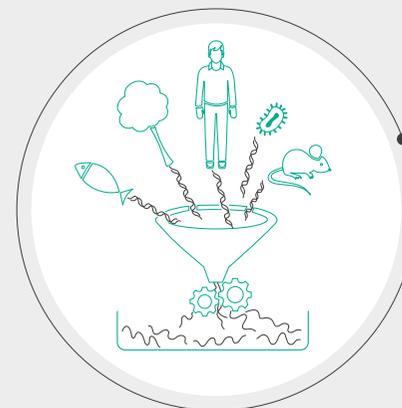
L'HOMME QUI VALAIT 3 MILLIARDS... D'INFORMATIONS

L'ADN est constitué de la répétition de 4 sortes de bases, A, T, C, G chacune représentant une lettre de l'alphabet génétique. L'enchaînement de ces bases forme des mots, les gènes, qui se succèdent sur toute la longueur d'un brin d'ADN, et portent le message génétique. Chez l'Homme, le plus long ADN, le chromosome 1, se compose de 245 522 847 paires de bases et contient plus de 2 000 gènes. Au total, ses 23 chromosomes comptent plus de 3 milliards de paires de bases et environ 22 000 gènes.



LE CHROMOSOME

Tout organisme vivant abrite un jeu complet de chromosomes dans chacune de ses cellules, présent souvent en deux exemplaires.



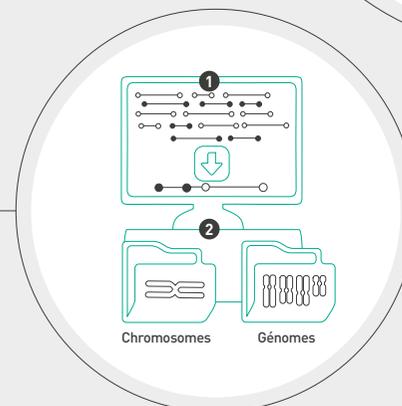
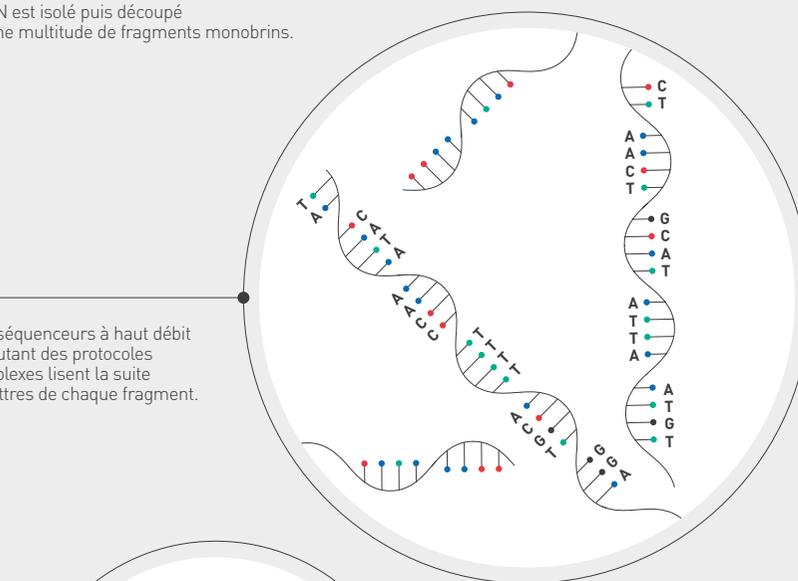
L'ADN est isolé puis découpé en une multitude de fragments monobrins.

LES MACHINES DE GENOPOLE DÉCRYPTENT L'ADN EN MASSE...

La **génomique** explore tout l'ADN d'un organisme : son « génome ». Cela consiste en premier lieu à lire le génome, c'est le « séquençage ».

Le **séquençage** est la méthode la plus fine pour décrypter le génome d'un organisme. Il consiste à déchiffrer, pour chacun des chromosomes, l'enchaînement spécifique des quatre lettres A, T, G, C. La technique de lecture n'est disponible que depuis le milieu des années 70.

Des séquenceurs à haut débit exécutant des protocoles complexes lisent la suite de lettres de chaque fragment.



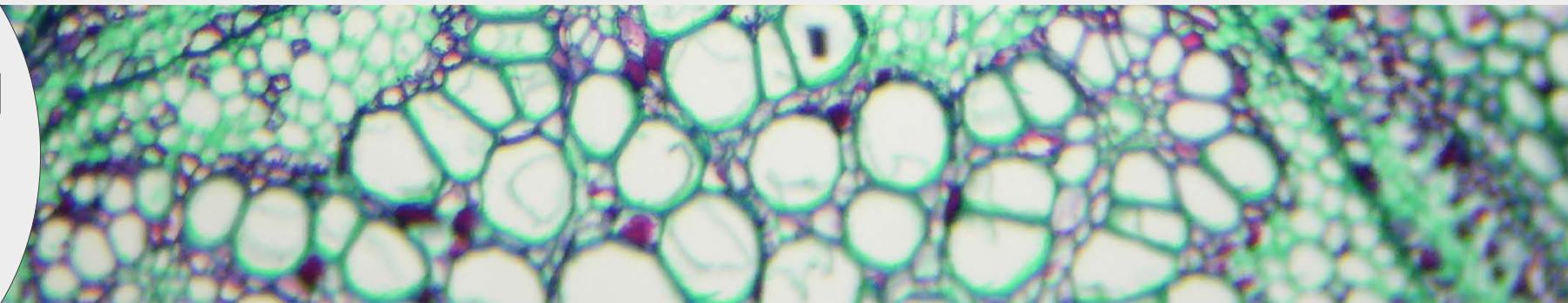
... POUR CONSTITUER UNE BASE DE DONNÉES GÉNÉTIQUE DU VIVANT

L'ère de la biologie à grande échelle a commencé. Des milliers d'organismes, animaux, plantes, champignons et surtout bactéries, ont déjà été séquencés. Pourtant, lorsque le programme de séquençage du génome humain a débuté en 1990, ce n'était pas une mince affaire ! Le projet a abouti seulement en 2003, avec un coût total de 3 milliards \$. Depuis, les techniques ont fait des progrès remarquables : il ne faut plus que quelques jours et environ 1 000 € pour séquencer un génome humain, une durée et un coût qui baissent encore régulièrement.

- 1 Les fragments d'ADN lus sont réassemblés par analyse informatique.
- 2 L'ordinateur reconstitue les génomes et les stocke dans de grandes bases de données.

3

METTRE L'ADN AU CŒUR DU PROGRÈS



Connaître la structure complète du génome ne suffit pas, il faut découvrir ce qu'il commande pour le comprendre. Il s'agit alors d'identifier les gènes et de déterminer leur fonction.

50 ANS DE BOULEVERSEMENTS AUTOUR DE L'ADN

NAISSANCE DE LA GÉNÉTIQUE MOLÉCULAIRE ET DU GÉNIE GÉNÉTIQUE

Grâce à la découverte d'enzymes aux fonctions étonnantes, la biologie fait de remarquables bonds en avant. Elle exploite les propriétés de ces outils du vivant, pour agir au niveau des molécules : la biologie devient moléculaire et peut s'ouvrir à tous les domaines d'application.

1960
1980

APPLICATION LA BIOLOGIE DEVIENT SCIENCE D'INTÉRÊT INDUSTRIEL ET ÉCONOMIQUE

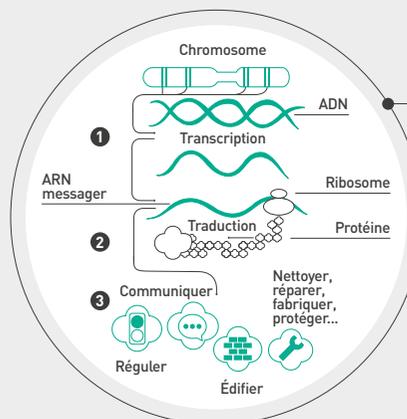
Des start-up de petite taille mais de haute technologie naissent, surtout aux États-Unis. Certaines deviennent de grandes entreprises pharmaceutiques.

1980
1990

APPARITION DE LA BIOLOGIE À GRANDE ÉCHELLE

En faisant appel à la robotique et l'informatique, la biologie connaît une révolution méthodologique : les technologies de la biologie moléculaire s'industrialisent. Le séquençage pour tous et le big data se profilent à l'horizon.

1990
2010



Chacun de nos gènes contient toutes les instructions pour produire une protéine.

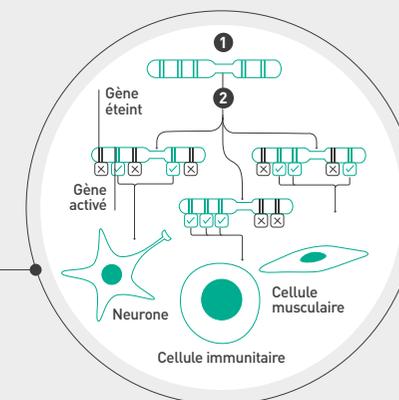
- 1 Les gènes sont copiés en ARN messagers
- 2 ...puis traduits par des ribosomes en protéines
- 3 ...qui ont chacune un rôle précis dans la cellule.

PUIS SAVOIR COMMENT CES GÈNES S'EXPRIMENT

La fonction d'un gène est étroitement dépendante de sa régulation. Ainsi la cellule organise l'expression de tel ou tel gène en fonction des besoins grâce à des mécanismes de régulation. De ce fait, les cellules n'ont pas toutes le même aspect ou se comportent différemment dans le temps. Autant d'informations qu'il faut obtenir pour réellement connaître le rôle d'un gène.

DANS CETTE IMMENSE SÉQUENCE IL FAUT REPÉRER LES GÈNES

Pour chaque gène répertorié, il faut identifier la protéine qu'il contrôle. Les protéines sont les ouvrières de la cellule, ce sont elles qui déterminent le vrai rôle d'un gène. Les protéines enzymatiques, véritables catalyseurs du vivant, activent les réactions chimiques nécessaires au fonctionnement de nos cellules. Les protéines de structure édifient la charpente de nos tissus. D'autres protéines permettent aux cellules de communiquer entre elles (hormones), d'autres encore comme l'hémoglobine servent au transport de l'oxygène dans les tissus.



- 1 Chaque cellule d'un organisme a les mêmes chromosomes.
- 2 Son destin change suivant les gènes qu'elle exprime.

POUR ENVISAGER DE NOUVELLES THÉRAPIES...

Notre santé dépend étroitement de nos gènes. Ainsi, une anomalie sur un gène peut provoquer la fabrication d'une protéine anormale incapable de remplir son rôle. Nos gènes conditionnent aussi notre prédisposition à une maladie, ou notre réponse à un traitement. Autant de raisons qui font de l'ADN un candidat de choix pour révolutionner la médecine.



- Thérapie génique**
Réparer ou remplacer les gènes mutés
- Thérapie cellulaire**
Régénérer avec des cellules souches
- Médecine personnalisée**
Soigner avec les médicaments adaptés à chacun

... OU INNOVER POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La nature offre un catalogue énorme de fonctions dans lequel l'homme peut puiser pour réaliser quantité de tâches utiles. En valorisant cette richesse ou en utilisant les gènes liés à ces fonctions, les chercheurs parviennent à des applications écologiques et industrielles inédites.



- Biologie de synthèse**
Inventer des biomécanismes produisant des composés d'intérêt
- Environnement**
Surveiller et dépolluer grâce aux propriétés d'organismes
- Nutrition**
Valoriser de nouvelles ressources et contribuer à une alimentation durable

LES BIOTECHNOLOGIES POUR LA SANTÉ



L'homme bioréparé ne sera bientôt plus un concept de science-fiction. Au cœur des laboratoires, les chercheurs mettent au point de nouveaux traitements : thérapie génique, thérapie cellulaire, médecine personnalisée, médicaments issus des biotechnologies (biomédicaments, anticorps monoclonaux...) portent l'espoir de guérir des maladies encore incurables.

1

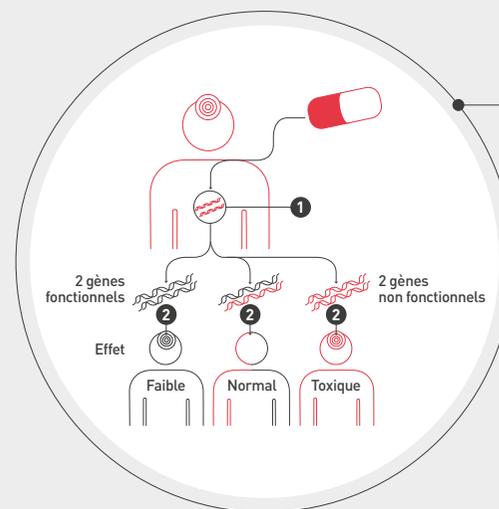
LA GÉNOMIQUE MÉDICALE

2

LA THÉRAPIE GÉNIQUE

3

LA THÉRAPIE CELLULAIRE



L'ADN conditionne notre sensibilité aux maladies mais aussi aux médicaments.

- 1 Face à un médicament, chacun a deux exemplaires des gènes en capacité de le dégrader.
- 2 Selon que ces gènes sont efficaces ou pas pour dégrader le médicament, il n'aura pas le même effet. D'autres gènes, ceux qui contrôlent la structure de la cible du médicament dans notre organisme, déterminent aussi son efficacité.



UNE MÉDECINE GÉNOMIQUE ET PERSONNALISÉE, EST-CE POSSIBLE ?

En donnant accès aux caractéristiques propres à chaque maladie et à chaque personne, la génomique construit progressivement une médecine personnalisée.

Le séquençage du génome humain a permis d'identifier environ 22 000 gènes chez l'Homme. Nos gènes gouvernent tous nos traits individuels et parmi eux notre sensibilité aux médicaments, notre risque de développer telle ou telle maladie...

La possibilité d'identifier ces gènes dans le génome humain a immédiatement soulevé l'espoir d'améliorer la connaissance des maladies, de réaliser des diagnostics pertinents et de développer des traitements plus efficaces et moins toxiques pour toutes les pathologies humaines. Ainsi, les gènes responsables ont été identifiés pour environ 4 500 maladies génétiques rares parmi près de 8 000 dénombrées aujourd'hui. Même si le chemin à parcourir jusqu'à leur traitement est encore long, ces découvertes marquent un pas décisif. Grâce au séquençage aussi, nous explorons petit à petit les multiples mécanismes des maladies fréquentes comme les cancers, maladies cardiovasculaires, maladies chroniques...

Une nouvelle médecine naît, à même de choisir le traitement approprié et sans effets secondaires dangereux en tenant compte du mécanisme pathologique et de la sensibilité de chacun aux médicaments.

i

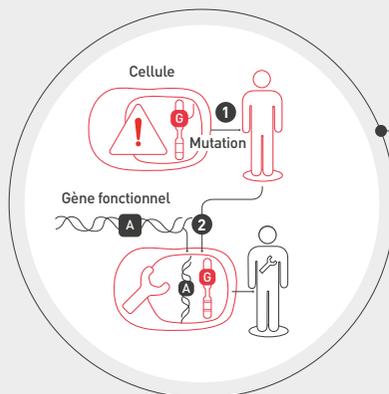
COUP DE PROJECTEUR SUR GENOPOLE

- Le CNRGH (Centre national de recherche en génomique humaine), situé à Genopole, est le 1^{er} centre français et dans le Top 3 européen en capacité de séquençage.
- Le centre chargé d'harmoniser les procédés de séquençage pour mettre en place la médecine génomique en France s'installe à Genopole (CREFIX, Centre de référence, d'innovation, d'expertise et de transfert).
- La société génopolitaine IntegraGen spécialisée dans le décryptage du génome humain, a mis en place la 1^{re} plate-forme de séquençage haut-débit en cancérologie. L'objectif est d'adapter le traitement au profil génétique de la tumeur du patient.



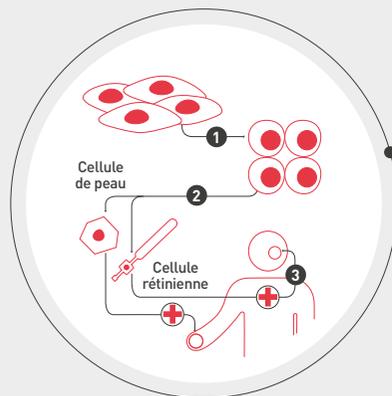
LES BIOTECHNOLOGIES POUR LA SANTÉ

Les biothérapies sont parvenues au stade des premiers succès. La prochaine étape sera de passer d'une thérapie dédiée aux maladies rares à une médecine étendue aux maladies communes et applicable à des millions de malades.



Un gène défectueux peut être compensé par un gène fonctionnel.

- 1 Quand un gène est muté, toutes les cellules sont affectées et l'organisme peut alors souffrir d'une maladie génétique.
- 2 En ajoutant le gène fonctionnel dans les cellules, il est envisageable de guérir ces maladies.



Des cellules cultivées en laboratoire vont guérir nos maladies dégénératives.

- 1 Des cellules adultes spécialisées sont reprogrammées en cellules souches par activation forcée de 4 gènes
- 2 ...puis différenciées de façon contrôlée
- 3 ...pour être implantées et réparer un tissu malade.



LA THÉRAPIE GÉNÉTIQUE OU « QUAND LE GÈNE DEVIENT MÉDICAMENT »

Les maladies génétiques rares sont dues à une anomalie de l'ADN, généralement dans un gène. Elles sont le plus souvent invalidantes, évolutives et mortelles. La thérapie génique vise à apporter aux cellules malades le gène fonctionnel, produisant la protéine manquante ou déficiente pour pallier le dysfonctionnement. Le « gène-médicament » est amené dans les cellules grâce à des vecteurs, dont les plus efficaces actuellement sont des virus modifiés et sécurisés.



LA MÉDECINE RÉGÉNÉRATIVE DES TISSUS OU ORGANES ENDOMMAGÉS

La thérapie cellulaire apporte l'espoir de traiter des maladies dégénératives dues à l'altération ou la mort de certaines cellules, comme Parkinson, Alzheimer, l'arthrose, la dégénérescence de la rétine..., mais aussi des affections cardiaques, le diabète ou encore les lésions de la moelle épinière. Traiter par thérapie cellulaire, c'est effectuer des greffes de cellules visant à restaurer les fonctions de ces tissus ou organes altérés par la maladie, l'âge ou un accident. Cette médecine « régénérative » utilise les propriétés particulières des cellules souches, ces cellules non spécialisées de notre corps capables de produire les différentes cellules qui composent nos tissus.

Les cellules souches les plus extraordinaires sont celles présentes dans l'embryon de quelques jours. Qualifiées de « pluripotentes », elles ont la faculté de se diviser à l'infini en laboratoire et de donner naissance à n'importe quel type cellulaire de l'organisme alors que les cellules souches que nous portons ultérieurement ont atteint un certain stade de différenciation et n'ont qu'une capacité limitée de multiplication. Pour répondre aux questions éthiques posées par l'utilisation des cellules embryonnaires, les chercheurs testent les potentialités de cellules souches pluripotentes induites (« iPS »). Ces cellules sont produites en laboratoire par reprogrammation génétique de cellules adultes, par exemple des cellules de la peau. Elles retrouvent ainsi des singularités très proches des cellules souches embryonnaires.

APPLICATIONS

Le pouvoir des cellules souches embryonnaires et iPS étend le champ des possibles de la médecine régénérative. Des essais sont ainsi en cours ou en préparation pour traiter l'insuffisance cardiaque suite à un infarctus, des atteintes de la rétine, des ulcères de la peau ou encore des myopathies ou maladies neurodégénératives. Puisqu'elle s'applique à un tissu, une thérapie cellulaire mise au point pour une pathologie pourra s'étendre à d'autres indications touchant le même tissu. C'est ainsi que la méthode de pansement cellulaire mise au point par l'Institut des cellules souches I-Stem sur les rétinites pigmentaires d'origine génétique pourra soigner une forme fréquente de DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge).



COUP DE PROJECTEUR SUR GENOPOLE

L'AFM-Téléthon et son laboratoire Généthon sont les pionniers de la thérapie génique en France. Leurs 25 ans de recherche sont couronnés aujourd'hui par les premiers essais cliniques :

- Des essais sont en cours chez l'homme pour des déficits immunitaires sévères (maladie de Wiskott-Aldrich, granulomatose septique chronique), une maladie de la vision (neuropathie optique de Leber), une maladie neuromusculaire (myopathie myotubulaire), une maladie du foie.
- Un essai est en préparation pour la myopathie de Duchenne.



APPLICATIONS

En France, la thérapie génique connaît son premier succès marquant dans les années 2000 avec la guérison de « bébé-bulles », des enfants atteints d'un déficit immunitaire sévère les contraignant à vivre confinés, protégés du monde extérieur dans une bulle stérile. Aujourd'hui, des perspectives voient le jour pour d'autres maladies génétiques rares : des pathologies sanguines comme la bêta-thalassémie et l'hémophilie B, des maladies rétinienne comme l'amaurose congénitale de Leber, des maladies neurodégénératives ou neuromusculaires. Le champ d'application de la thérapie génique s'élargit aussi aux maladies fréquentes comme les cancers, maladies cardio-vasculaires, infectieuses (sida...), inflammatoires ou encore neurologiques et ophtalmologiques.



COUP DE PROJECTEUR SUR GENOPOLE

- L'Institut des cellules souches I-Stem est le plus grand laboratoire français de R&D sur les cellules souches pluripotentes humaines.
- La banque française de cellules souches pluripotentes, qui regroupe une grande part de la diversité humaine, s'installe à Genopole (cellules souches pour le criblage de médicaments et pour la médecine régénérative).
- YposKesi est le 1^{er} centre en Europe de production de médicaments de thérapie génique et cellulaire.

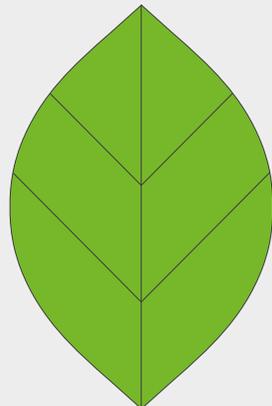


CELLULES SOUCHES PLURIPOTENTES HUMAINES



LES BIOTECHNOLOGIES POUR L'ENVIRONNEMENT, L'AGRO-ALIMENTAIRE ET L'INDUSTRIE

L'homme a désormais conscience que la diversité génétique présente sur notre planète est une richesse inestimable qu'il faut à tout prix conserver. Elle représente le potentiel d'adaptation des espèces à leur milieu et la source de l'équilibre des écosystèmes. Mais en développant ses activités, l'homme perturbe cet équilibre. Les biotechnologies ont le pouvoir de rendre plus « vertes » les activités industrielles humaines. Elles offrent une alternative aux énergies fossiles en tirant partie des ressources renouvelables, fournissent des procédés de production non polluants ou encore trouvent des voies durables pour assurer l'alimentation de tous. Des biotechnologies naissent des solutions aux grands défis planétaires et une nouvelle forme d'économie, la bioéconomie, qui bouscule le modèle actuel.



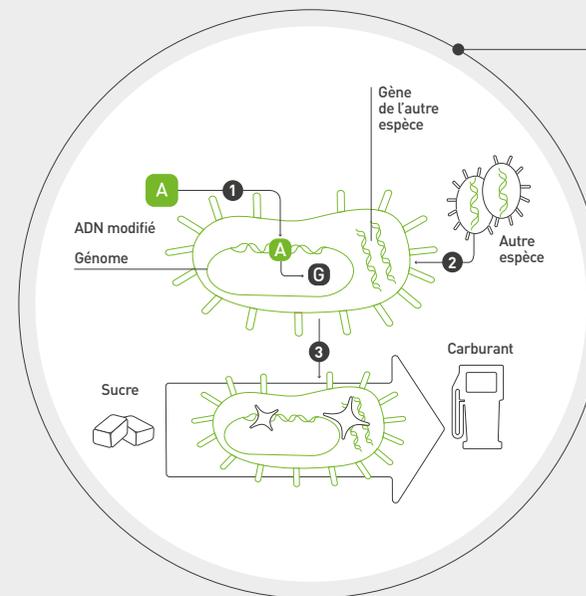
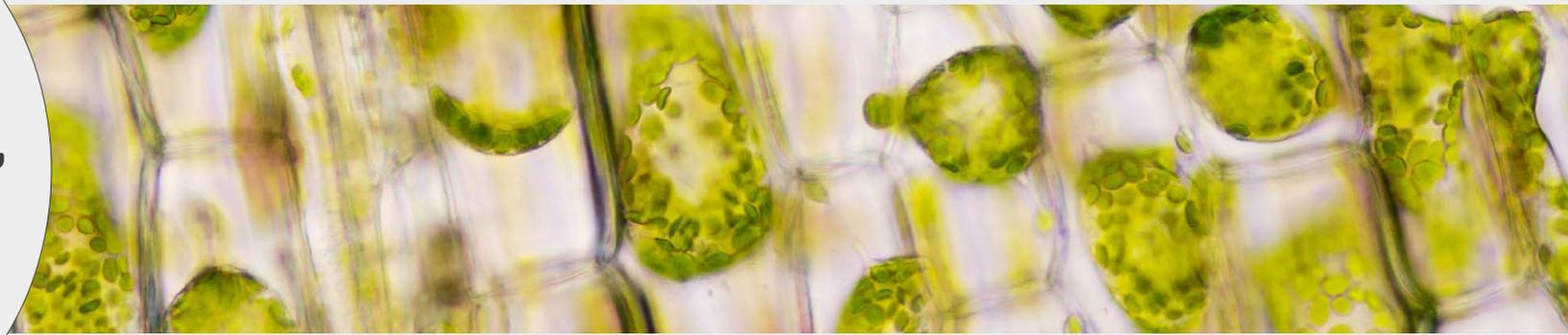
1

PRODUCTION BIOLOGIQUE

2

AGRICULTURE ET ALIMENTATION DURABLES

3

BIOCAPTEURS BIODÉPOLLUTION


Les bactéries sont équipées de propriétés nouvelles.

- 1 Certains gènes sont améliorés par mutation et sélection.
- 2 D'autres gènes repérés dans d'autres espèces sont utilisés.
- 3 Les bactéries acquièrent ainsi des propriétés nouvelles, par exemple, convertir du sucre en carburant.

CONTRIBUER À UNE AGRICULTURE DURABLE


La sélection variétale bénéficie déjà des connaissances des génomes. En évaluant précisément le potentiel génétique des plantes et des animaux d'élevage, les sélectionneurs peuvent obtenir des cultures plus résistantes aux maladies, à la sécheresse, au froid... ou de meilleure qualité nutritionnelle. Pour mieux détecter les maladies des cultures, des outils de diagnostic moléculaire issus des biotechnologies sont aussi mis au point. Ils participeront à réduire les pertes agricoles, mais aussi les pesticides en optimisant leur usage.


PRODUIRE AUTREMENT GRÂCE À LA BIOLOGIE DE SYNTHÈSE

L'exploration des génomes, en particulier ceux du monde très riche des bactéries, découvre des enzymes nouveaux aux fonctions inconnues. Elle ouvre la voie à une « chimie verte », utilisant ces biocatalyseurs naturels comme alternative à la chimie de synthèse, souvent polluante. La biologie dite « de synthèse » va plus loin encore en concevant des systèmes biologiques dotés de fonctions programmées, souvent nouvelles. Il devient alors possible de produire des molécules chimiques complexes par voie biologique, en consommant peu d'énergie et des ressources renouvelables.

Médicaments, carburants, matériaux issus actuellement de la chimie du pétrole comme les plastiques, les ingrédients alimentaires, les pigments... pourraient très prochainement être « bioproduits » grâce à des micro-organismes aussi efficaces que des usines et peu polluants. Des procédés biologiques de production d'hydrocarbures à partir de biomasse végétale (sucres, déchets agricoles ou forestiers) sont actuellement en développement pour faire face à l'épuisement des énergies fossiles (pétrole, charbon et gaz).

LES BIOTECHNOLOGIES POUR L'ENVIRONNEMENT, L'AGRO-ALIMENTAIRE ET L'INDUSTRIE



DES INNOVATIONS BIENTÔT DANS NOS ASSIETTES

Pour répondre au défi d'une alimentation alternative à faible impact sur l'environnement, de nouvelles sources d'aliments sont actuellement explorées. Ainsi les larves d'insectes fournissent une farine à haute valeur protéique et riche en lipides, tout en produisant très peu de déchets et en favorisant la lutte contre le gaspillage, car ils peuvent se nourrir des produits écartés de l'alimentation humaine (pour des critères de forme ou de goût par exemple). Les micro-algues, dont le potentiel est évalué à des milliers d'espèces, sont aussi une source de nouveaux produits alimentaires. La spiruline et la chlorelle sont déjà connues pour leur richesse en protéines, minéraux, vitamines. La spiruline est l'organisme qui contient le plus de protéines assimilables (65%), loin devant la viande (25%).



LES EXPLORATIONS DE LA MÉTAGÉNOMIQUE PARTICIPERONT AUX GRANDES DÉCOUVERTES DU XXI^e SIÈCLE

Quand la génomique ne s'applique pas à un seul, mais à une communauté d'organismes dans son environnement naturel, on parle de « méta » génomique. La méthode permet d'étudier en une seule analyse l'ADN de tous les micro-organismes présents dans un milieu comme l'eau, le sol, notre propre corps... Elle découvre alors un univers entier au fonctionnement complexe et jusqu'alors inconnu, car une grande part de ces organismes était inaccessible par les méthodes biologiques classiques. C'est le cas du plancton océanique prélevé par l'expédition Tara Oceans, qui régule entre autres l'équilibre du climat, ou encore de notre flore intestinale, gage de notre santé.



PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT



Détecter, limiter et traiter la pollution sont devenus des préoccupations majeures. La réaction naturelle de certains organismes aux polluants peut servir de bio-indicateur environnemental. C'est le cas des larves aquatiques particulièrement sensibles aux perturbateurs endocriniens, ou de bactéries capables de stocker des métaux lourds. Les biotechnologies peuvent traduire cette sensibilité par une réponse visible comme l'émission d'une lumière en présence des polluants, transformant ces petits organismes en biocapteurs efficaces pour surveiller par exemple les eaux des rivières ou les eaux industrielles. D'autres études portent sur l'optimisation des capacités de décomposition des acteurs microbiens pour une utilisation en biodépollution de sites ou traitement de déchets dangereux.



COUP DE PROJECTEUR SUR GENOPOLE

- Genopole représente le 1^{er} groupement français de scientifiques et industriels en biologie de synthèse et a contribué à la création de la 1^{re} formation supérieure créée en France (Master mSSB de l'Université d'Évry).
- La société Global Bioenergies est parvenue à la phase d'industrialisation de son procédé biologique de production d'hydrocarbures. Elle travaille sur 3 molécules phares de l'industrie pétrochimique, l'isobutène, le propylène et le butadiène.
- Grâce à la recherche menée dans son Centre R&D à Genopole, Ynsect a construit la 1^{re} unité au monde d'élevage et de transformation d'insectes à grande échelle.
- Anova-Plus a créé le 1^{er} test ADN de terrain pour détecter une grave maladie de la vigne hors laboratoire.
- La première méthode normée (Afnor) pour mesurer les effets perturbateurs endocriniens repose sur la technologie du laboratoire Watchfrog utilisant des larves translucides de grenouilles ou de poissons.



6

LES HOMMES ET LES FEMMES DE GENOPOLE



Les sciences et technologies du vivant sont le cœur de métier des hommes et des femmes de Genopole. Mais pour que leurs recherches mènent à des développements scientifiques rigoureux, puis à des innovations qui entreront dans notre quotidien, toute une panoplie de professions sont représentées dans les laboratoires et les entreprises.

7 MÉTIERS EXERCÉS DANS LE VASTE DOMAINE DES BIOTECHNOLOGIES

CHERCHEUR



INGÉNIEUR
DE RECHERCHE



TECHNICIEN
DE LABORATOIRE



TECHNICIEN
DE MAINTENANCE



BIO-INFORMATICIEN



ENTREPRENEUR
EN BIOTECHNOLOGIE



RESPONSABLE
QUALITÉ



CHERCHEUR

À l'origine de tout travail de recherche : une question. Trouver de nouvelles voies à explorer, formuler des hypothèses. Le chercheur est en quête permanente d'innovation. Un métier de passion pour scientifique de haut niveau.

FORMATION

Prérequis : bac général scientifique

Bac +8 : doctorat suite à un master (bac +5) en biologie.

QUALITÉS REQUISES

- Rigueur et précision
- Habileté manuelle et méticulosité
- Créativité scientifique et esprit d'initiative

QUELLE RÉMUNÉRATION ?

En moyenne 25 k€ par an au début, plus de 50 k€ pour les confirmés

EXEMPLES DE MISSIONS

- Imaginer, réaliser, reproduire et analyser des expériences
- Rédiger des synthèses scientifiques
- Gérer des projets de recherche
- Diriger une équipe, un laboratoire
- Résoudre des problèmes de nature scientifique

ET AUSSI

Le métier d'enseignant-chercheur : enseignant titulaire qui partage son activité entre l'enseignement supérieur et la recherche scientifique. Il n'est pas seulement un érudit passionné par sa discipline mais aussi un bon pédagogue.



INGÉNIEUR RECHERCHE
& DÉVELOPPEMENT

Les produits de demain sont dans vos mains ! Inventer de nouveaux produits, médicaux, cosmétiques, agro-alimentaires... résulte de plusieurs années de recherche. Le métier d'ingénieur Recherche & Développement conjugue innovation scientifique de haut niveau et production industrielle.

FORMATION

Prérequis : bac général scientifique

Bac +5 : diplôme d'ingénieur (industries agricoles et alimentaires, biologie, biotechnologie) ou master universitaire spécialisé en biologie ou en biotechnologie

QUALITÉS REQUISES

- Rigueur, méthodologie
- Aptitude à travailler en équipe
- Capacité à résoudre des problèmes
- Force de proposition

QUELLE RÉMUNÉRATION ?

En moyenne 30 k€ par an au début, plus de 50 k€ pour les confirmés

EXEMPLES DE MISSIONS

- Conception et développement d'un produit
- Analyse et compréhension du positionnement produit
- Phase de tests et de validations
- Correction et optimisation du produit
- Soutien à la mise en production et au lancement

LES HOMMES ET LES FEMMES DE GENOPOLE



TECHNICIEN DE LABORATOIRE

Pour créer un nouveau médicament, optimiser un test de diagnostic ou encore améliorer le procédé de fabrication d'une nouvelle mayonnaise, de nombreuses manipulations en laboratoire de recherche sont nécessaires. Le technicien de laboratoire est responsable du bon déroulement d'une expérimentation ou de la fabrication d'un produit. Il effectue les analyses biologiques ou les contrôles lors des étapes de fabrication. Il assure également la mise au point des protocoles.

FORMATION

Prérequis : bac général scientifique

Bac +2/3 : BTS, BTSA, DUT ou licence professionnelle en biologie ou en biotechnologie

QUALITÉS REQUISES

- Habileté et organisation
- Maîtrise des techniques de laboratoire
- Maîtrise des risques
- Intérêt pour les évolutions technologiques

QUELLE RÉMUNÉRATION ?

En moyenne 17 k€ par an au début, plus de 35 k€ pour les confirmés

EXEMPLES DE MISSIONS

- Réaliser des tests et des contrôles sur des produits
- Analyser les composants du produit
- Vérifier et contrôler toutes les étapes du protocole expérimental ou de la fabrication d'un produit
- Valider les analyses auprès de sa hiérarchie



TECHNICIEN MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS

Les mains habiles du laboratoire ! Son travail est essentiel au bon fonctionnement du laboratoire. Le technicien responsable de la maintenance des équipements des laboratoires organise les étapes d'intervention, suit des processus conformément aux consignes et aux normes de sécurité.

FORMATION

Métier accessible au niveau Bac : Bac Pro maintenance des équipements ou Bac technologique STI2D

Bac +2 : BTS maintenance ou DUT génie maintenance

QUALITÉS REQUISES

- Minutie et précision
- Organisation et réactivité
- Goût pour les techniques
- Connaissances en informatique et en électronique

QUELLE RÉMUNÉRATION ?

En moyenne 19 k€ par an au début, plus de 33 k€ pour les confirmés

EXEMPLES DE MISSIONS

- Contrôler, surveiller et entretenir régulièrement les équipements
- Détecter l'origine d'une panne
- Proposer des solutions pour optimiser sécurité et performance des matériels
- Organiser et programmer les activités et opérations de maintenance



BIO-INFORMATICIEN

Un sérieux appui à la recherche ! Le métier de bio-informaticien, qui possède une double compétence en biologie et en informatique, est promis à un bel avenir compte tenu des progrès de la génomique et de la quantité considérable de données issues des génomes, qu'il va falloir ordonner, analyser, comparer. Les sciences du vivant ne peuvent plus se passer de l'informatique.

FORMATION

Prérequis : bac général scientifique

Bac +5 : master professionnel ou de recherche en bio-informatique, après un cursus en biologie, chimie ou informatique ou école d'ingénieurs avec une spécialisation en bio-informatique

QUALITÉS REQUISES

- Esprit d'analyse et de synthèse
- Intérêt pour le domaine de la recherche
- Rigueur et méthode
- Aptitude à travailler en équipe

QUELLE RÉMUNÉRATION ?

En moyenne 30 k€ par an au début, plus de 60 k€ pour les confirmés

EXEMPLES DE MISSIONS

- Comprendre le biologiste et interpréter ses travaux informatiques
- Aider le biologiste en trouvant des solutions informatiques
- Créer des logiciels et des bases de données pour recueillir et analyser les informations du vivant



RESPONSABLE QUALITÉ

La qualité avant la quantité ! Dans l'industrie pharmaceutique, cosmétique, agro-alimentaire, le zéro défaut est essentiel car la moindre erreur peut entraîner de lourdes conséquences. Pour cela, le responsable qualité est chargé de la mise en place de bonnes pratiques et du contrôle de la fabrication.

FORMATION

Prérequis : bac général scientifique

De Bac +3 à Bac +5 : licence pro, master ou école d'ingénieurs en sciences de la vie, chimie ou agro-alimentaire. Spécialisation en contrôle qualité appréciée pour travailler dans les grands groupes.

QUALITÉS REQUISES

- Rigueur et méthode dans le travail
- Capacité d'analyse et de synthèse
- Qualité relationnelle
- Maîtrise des procédures de contrôle

QUELLE RÉMUNÉRATION ?

En moyenne 28 k€ par an au début, plus de 57 k€ pour les confirmés

EXEMPLES DE MISSIONS

- Effectuer des études garantissant la qualité des produits
- Élaborer des plans d'action
- Assurer la conformité des produits par rapport au cahier des charges
- Concevoir et mettre à jour le système qualité

LES HOMMES ET LES FEMMES DE GENOPOLE



ENTREPRENEUR EN BIOTECHNOLOGIE

Les pionniers du monde de demain ! Les entrepreneurs en biotechnologie souhaitent développer économiquement une innovation issue du domaine des biotechnologies.

FORMATION

Il n'est pas nécessaire d'être scientifique pour devenir entrepreneur en biotechnologie. Les entrepreneurs ont parfois une formation initiale de chercheur, médecin ou ingénieur, mais sont aussi issus de formations économiques, de design...

QUALITÉS REQUISES

- Savoir prendre des initiatives
- Ne pas compter son temps
- Oser prendre des risques
- Être curieux
- Savoir être meneur et gérer une équipe
- Savoir gérer les situations de crise

QUELLE RÉMUNÉRATION ?

La rémunération varie en fonction de la taille de l'entreprise et du chiffre d'affaire. Elle peut aller de 30 k€ à 250 k€.

EXEMPLES DE MISSIONS :

- Anticiper les évolutions de l'entreprise
- Rechercher des financements
- Assurer au quotidien la gestion des revenus et des charges
- Élaborer des stratégies marketing et/ou commerciales

[Source Onisep]



L'ENTREPRENEURIAT EN QUELQUES CHIFFRES

24%
des créateurs ont moins de 30 ans

x 3
la création par les jeunes a triplé en 10 ans

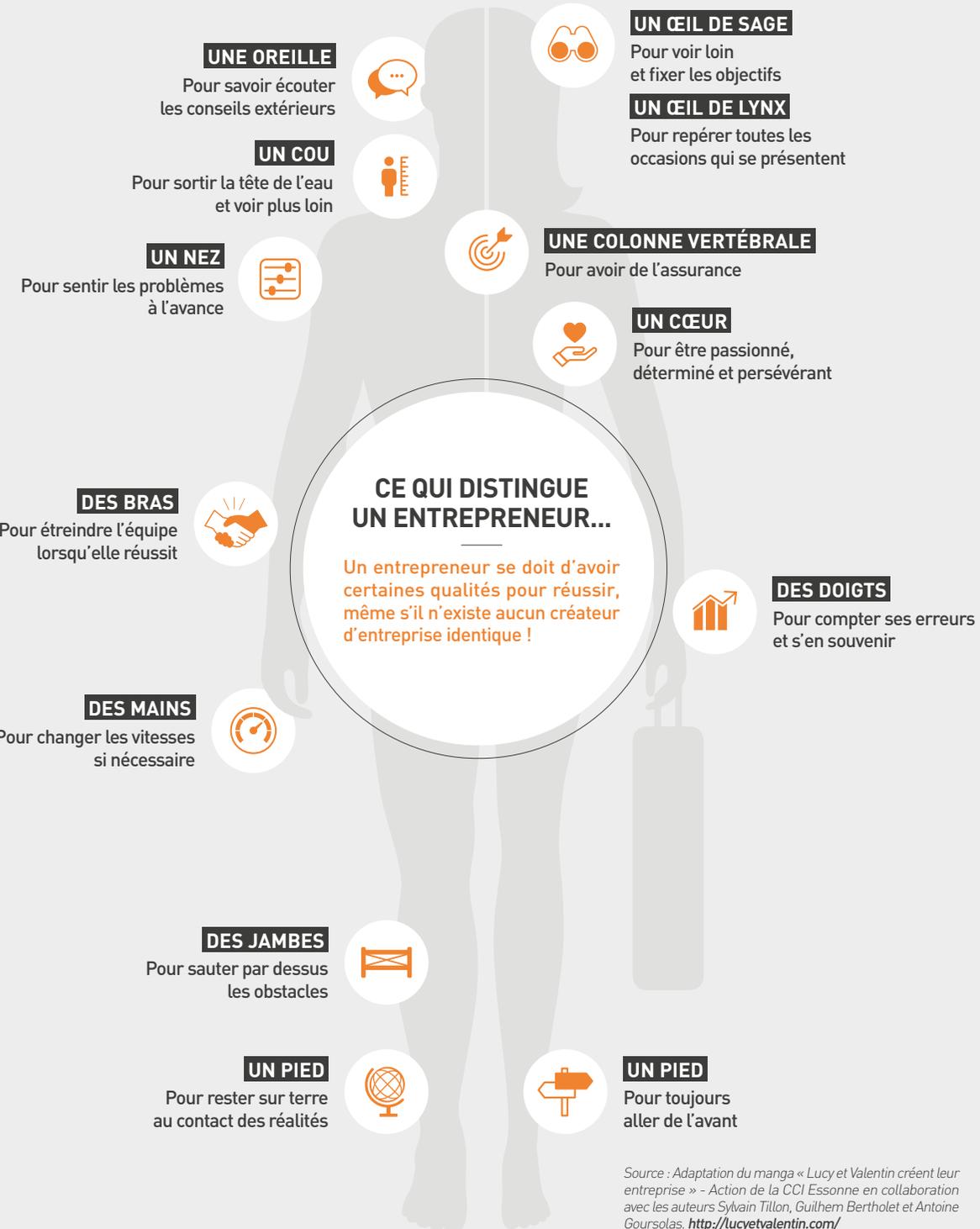
40%
des créations d'entreprises
sont le fait de femmes

[Source : CCI Essonne]



VISITE GUIDÉE

Pour d'autres informations sur les professions de la recherche : partez pour une immersion 3D dans le « Labo des métiers » de l'Inserm.



Source : Adaptation du manga « Lucy et Valentin créent leur entreprise » - Action de la CCI Essonne en collaboration avec les auteurs Sylvain Tillon, Guilhem Bertholet et Antoine Goursolas. <http://lucyvalentin.com/>

7

À VOUS DE JOUER

RECETTE POUR EXTRAIRE L'ADN À LA MAISON

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

1 banane
(l'expérience peut être réalisée avec d'autres végétaux, kiwi, pomme, oignon... ou des tissus animaux)



du sel



du produit vaisselle



de l'alcool à 70° froid
(mis au réfrigérateur)



1 entonnoir



1 filtre à café



1 fourchette



1 grande cuillère



1 cure-dent



1 tube (ou 1 récipient transparent et allongé pour une observation optimale)



1

Écrasez la banane avec la fourchette.

On obtient un « broyat » dans lequel le tissu végétal est détruit et les cellules de banane sont libérées.



2

Ajoutez une cuillère à soupe de sel puis mélangez.

Le sel permettra à l'ADN de se détacher des protéines qui l'accompagnent au sein des chromosomes.



3

Ajoutez 10 cuillères à soupe d'eau et mélangez.

Le but est de liquéfier l'ensemble et faciliter la dissolution du sel.



4

Ajoutez 1 cuillère à soupe de liquide vaisselle, mélangez puis laissez agir pendant 5 minutes.

Toutes les membranes cellulaires sont formées de lipides. Le liquide vaisselle, connu pour ses propriétés dégraissantes, détruit les membranes des cellules végétales présentes dans le broyat, ainsi que les membranes des noyaux : l'ADN sort des noyaux et des cellules. Il est libéré.



5

Filterez une partie de la bouillie obtenue à l'aide de l'entonnoir et du filtre à café afin d'obtenir quelques centimètres de liquide dans le tube.

Les débris cellulaires sont retenus par le filtre, tandis que l'ADN, les protéines et autres petites molécules passent à travers et se retrouvent dans le tube.



6

Versez délicatement l'alcool froid dans le tube incliné.
L'ADN est soluble dans l'eau, mais insoluble dans l'alcool.



7

Observez...

L'ADN apparaît tout d'abord sous la forme d'une substance laiteuse visible à l'interface entre le liquide filtré et l'alcool, puis d'un amas plus important. L'ADN « précipite » : il devient visible. C'est ce qu'on appelle la « pelote » ou « méduse » d'ADN.



ALCOOL

EAU



8

Vous pouvez vider très précautionneusement une partie de l'alcool, puis prélever la pelote d'ADN avec un cure-dent.

Vous venez d'extraire l'ADN d'un organisme, portant toutes les informations génétiques qui le définissent et déterminent ses caractéristiques !

En laboratoire, un protocole perfectionné permet d'obtenir un ADN pur. Complètement débarrassé des protéines qui l'entourent, il est utilisable pour diverses analyses, comme le séquençage.



PELOTE D'ADN

GENOPOLE ET VOUS

Genopole a à cœur de partager les savoirs et répondre aux questions sociétales qui accompagnent les progrès des sciences et des technologies.

WWW.GENOPOLE.FR

Visitez le site Genopole et consultez notre rubrique « **Comprendre** » pour de plus amples informations sur la génétique, les biotechnologies, la thérapie génique, les cellules souches, la biologie de synthèse, la bioéthique.



...

?



FACEBOOK

Bienvenue sur notre page d'actualité « Genopole Réussir en biotechnologie ». www.facebook.com/genopole.reussir.en.biotechnologies

Consultez la page « Les Cafés du gène » pour vous informer des animations grand public à venir et partager les savoirs. www.facebook.com/pages/Les-Cafés-du-Gène/172168977373



TWITTER

Suivez-nous sur Twitter : @Genopole twitter.com/Genopole



YOUTUBE

Regardez nos vidéos sur YouTube : www.youtube.com/user/Genopole ou dans notre vidéothèque : www.genopole.fr/-Vidéotheque-.html



À LA RENCONTRE DES GÉNOPOLITAINS

Chaque année, à l'occasion de la **Fête de la Science**, des laboratoires et entreprises de Genopole ouvrent leurs portes pour des visites, animations ludiques, expositions, conférences, ateliers interactifs... L'occasion pour tous, petits et grands, de découvrir la richesse des recherches menées à Genopole.

www.facebook.com/FeteDeLaScienceEvry2012

Les questions éthiques liées à la génomique et aux biotechnologies vous interpellent ? Deux fois dans l'année, **les Cafés du gène** de Genopole vous accueillent dans un lieu convivial (restaurant, bar...) pour un débat ouvert sur un thème en lien avec les travaux de Genopole. Un moment de dialogue où vos préoccupations sont le cœur des interventions.



« LE GÉNIE DES GÈNES » VOUS EST CONTÉ

Un ouvrage très pédagogique et richement illustré, publié au Cherche-Midi, retrace les formidables progrès des connaissances en génomique et l'histoire du développement de Genopole à Évry.

« *Le génie des gènes* » écrit par Laurianne Geffroy et Pierre Tambourin en collaboration avec Jean-François Prud'homme.



À L'ÉCOLE DE L'ADN

Animée par le laboratoire Généthon, l'École de l'ADN rend la science de l'ADN accessible au plus grand nombre en proposant des ateliers dans les établissements scolaires, des formations pour les associations de malades et les enseignants, des ateliers pour adultes dans les entreprises et des animations ludiques pour le grand public : jeux, exposition interactive sur les technologies et les métiers scientifiques, parcours sonore et lumineux dans une cellule géante...

www.genethon.fr/qui-sommes-nous/ecole-de-ladn



UN JEU GENOPOLE AMGEN

UNE AVENTURE EN TOTALE IMMERSION DANS L'UNIVERS DES BIOTECH

Jouez à **Biotech Lab** pour découvrir l'immense potentiel des biotechnologies et leurs métiers. Vous partirez pour une visite virtuelle à 360°, à la recherche d'indices disséminés dans quatre laboratoires et sociétés de Genopole illustrant chacun une thématique, l'environnement, la santé, l'énergie et l'alimentation.





GENOPOLE

Campus 1 • Bât 8
5 rue Henri Desbruères
91030 Évry Cedex • France

WWW.GENOPOLE.FR
JOIN-THE-BIOCLUSTER.GENOPOLE.FR