



HAL
open science

Les bases de données ADN grand public pourraient-elles être exploitées en France à des fins médico - légales ?

Thomas Hémon

► To cite this version:

Thomas Hémon. Les bases de données ADN grand public pourraient-elles être exploitées en France à des fins médico - légales ?. Histoire. 2022. dumas-04080606

HAL Id: dumas-04080606

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04080606>

Submitted on 25 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

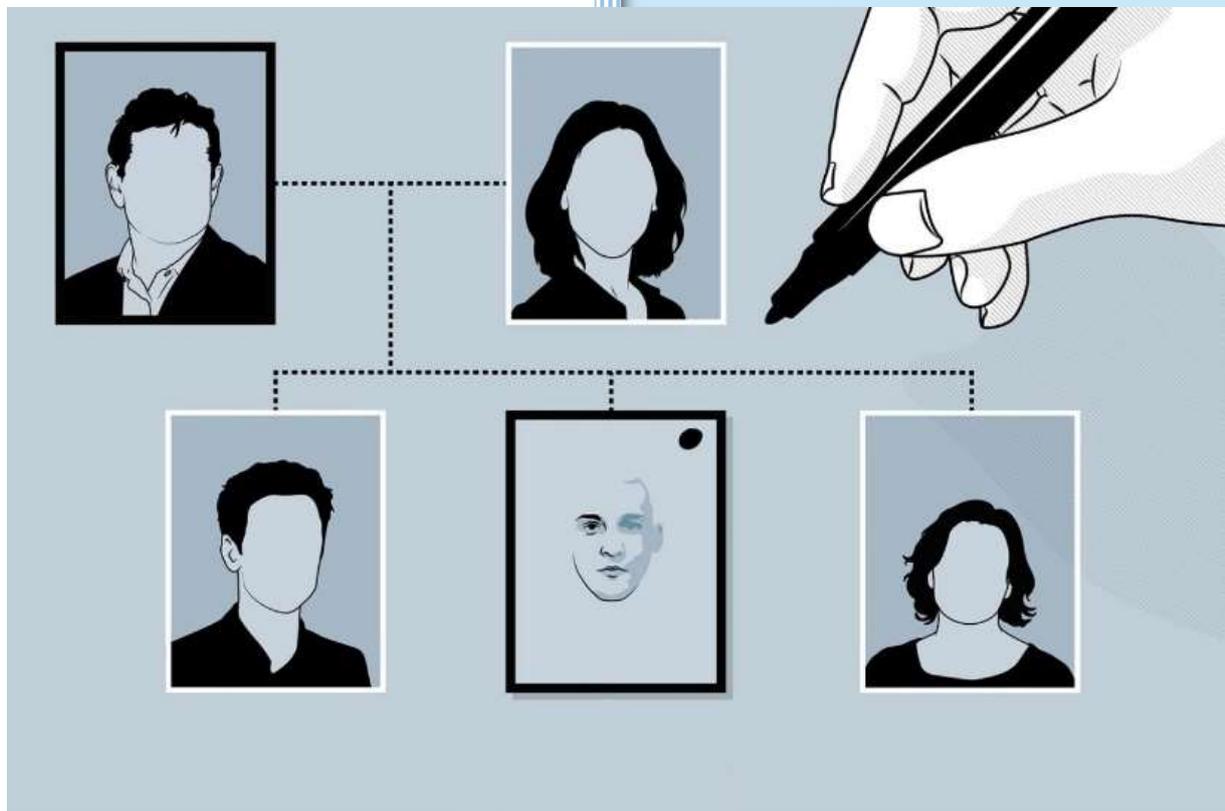
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Thomas HEMON

Les bases de données ADN grand public pourraient-elles être exploitées en France à des fins médico - légales ?



D.U. Approfondissement en
Généalogie

Directeur de recherche :
Stéphane COSSON

Promotion 2022

« On ne sait jamais ce que le passé nous réserve »
Françoise Sagan

« Je, soussigné Thomas HEMON certifie que le contenu de ce mémoire est le résultat de mon travail personnel. Je certifie également que toutes les données, tous les raisonnements et toutes les conclusions empruntés à la littérature sont soit exactement copiés et placés entre guillemets dans le texte, soit spécialement indiqués et référencés dans une liste bibliographique en fin de volume. Je certifie enfin que ce document, en totalité ou pour partie, n'a pas servi antérieurement à d'autres évaluations, et n'a jamais été publié »

Illustration de couverture¹ : Clara Dealberto et Jules Grandin (novembre 2020)

¹ Source : <https://lesjours.fr/obsessions/science-crime-gendarmes/ep2-elodie-kulik-adn/> (consultée le 07 avril 2022)

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
INTRODUCTION	3
CYNTHIA « CECE » MOORE	5
COLD CASE ET ENQUETE	8
LA TECHNIQUE DU PHENOTYPAGE	14
L'EXPLOITATION DE LA GENETIQUE EN GENEALOGIE MEDICO-LEGALE	19
CONDITIONS D'UTILISATION ET POLITIQUE DE CONFIDENTIALITE DE GEDMATCH	22
LE FICHIER FNAEG ET LA TECHNIQUE DE PARENTELE EN FRANCE	25
LOI BIOETHIQUE	29
CONCLUSION	34
REMERCIEMENTS	37
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE	38

INTRODUCTION

Après une première année au sein du D.U. en Généalogie et Histoire des Familles à l'Université de Nîmes, il m'est venu très naturellement l'envie de m'inscrire au D.U. d'Approfondissement en Généalogie. Les matières enseignées ont suscité chez moi beaucoup de curiosité, que ce soit dans le domaine du successoral, de la psychogénéalogie, de la généalogie génétique, du médical etc. Pour notre promotion 2021-2022, une nouveauté a été proposée par la rédaction d'un mémoire de recherche sous forme de réflexion. Le thème étant libre, j'ai dans un premier temps hésité à aborder le thème de la généalogie génétique car j'avais peu de connaissances dans ce domaine.

16 millions de tests génétiques vendus par la société Ancestry, 12 millions par son concurrent 23andMe et près de 4 millions sur le site MyHeritage... les recherches génétiques ont le vent en poupe ! Nous avons souvent abordé le sujet des tests ADN avec mes collègues de promotion. N'y ayant pour ma part jamais fait appel, je me suis dit qu'aborder cette thématique me permettrait de me faire mon propre avis en y soulevant les problématiques et les questionnements sous-jacents.

Etant amateur de faits divers, j'étais à cette période en plein visionnage de la série américaine « Mindhunter ». Inspirée des livres éponymes écrits par John E. Douglas et Mark Olshaker, l'histoire se déroule en 1977 et traite de l'émergence de la psychologie criminologique et du profilage criminel au sein d'une unité d'analyse comportementale du FBI. En s'entretenant avec plusieurs tueurs en série à travers les Etats-Unis, les enquêteurs tentent de cerner la personnalité des meurtriers afin d'acquérir les connaissances nécessaires à l'avancée de la recherche en sciences comportementales et en criminologie. Lors de mes premières recherches sur les différents types de tests ADN grand public existants, j'ai lu un article présentant les travaux d'une généalogiste génétique américaine prénommée Cynthia « CeCe » Moore. Cela m'a passionné : sa persévérance, ses recherches, sa méthodologie révolutionnaire dans la résolution d'enquêtes criminelles... Le lien venait d'être fait avec mon mémoire : les bases de données des tests ADN peuvent-elles être utilisées à des fins médico-légales ?

Ce processus d'investigation très récent a été utilisé pour la première fois aux Etats-Unis en 2018 et n'est que très peu abordé pour le moment dans des ouvrages littéraires. Je me suis donc appuyé sur des interviews, des articles de presse, des articles scientifiques et articles de loi. Je vais vous présenter les différents fondements de cette

méthodologie, le rôle central de l'ADN dans les nouvelles technologies employées. Il s'agira ici de comparer les autorisations différentes à l'échelle mondiale et française, pour soulever des considérations éthiques indéniables et la nécessité d'un cadre légal adapté.

CYNTHIA « CECE » MOORE



Cette ancienne actrice de théâtre² a commencé à s'intéresser à la généalogie génétique avec l'arrivée des premiers kits d'analyse ADN en 2003³. Fascinée par la généalogie traditionnelle depuis son enfance, elle y voit un moyen de percer le mystère entourant la lignée ancestrale finlandaise de sa grand-mère maternelle.

En 2009⁴, elle persuade les dirigeants de FamilyTreeDNA de l'embaucher pour leur publicité. Lors d'un tournage, elle rencontre la généalogiste Katherine Borges, directrice de la Société Internationale de Généalogie Génétique (ISOGG). Cette dernière lui montre le site web d'un concurrent, 23andMe, et lui parle surtout de leur technologie de comparaison de mutations ADN permettant de donner des estimations de parenté. Ce fût un déclic pour CeCe Moore. Son hobby devenu une obsession, elle abandonne sa carrière d'actrice et y consacre tout son temps en commençant par reprendre le forum web de l'ISOGG destiné aux « débutants » curieux d'en savoir plus sur l'ADN.

Au bout de quelques années, elle acquiert une très forte expérience dans ce domaine. Elle travaille en parallèle en tant que bénévole pour retrouver des centaines de parents de personnes adoptées. Elle comprend que ces techniques de recherches sont applicables pour tout type d'identification humaine. Elle contacte en suivant, en 2012, différents sites de généalogie et d'analyse d'ADN en ligne et leur demande de l'aider à résoudre des affaires criminelles. Tous ont refusé.

² Source portrait : <https://learn.familytreedna.com/news/cece-moore-genetic-genealogy-interview/> (consultée le 18 mai 2022)

³ Source : <https://learn.familytreedna.com/news/cece-moore-genetic-genealogy-interview/> (consultée le 18 mai 2022)

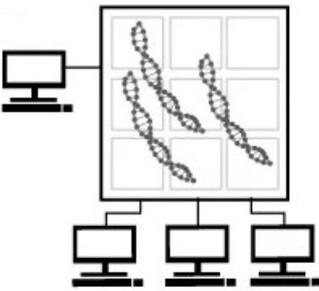
⁴ Source : <https://www.newyorker.com/magazine/2021/11/22/how-your-family-tree-could-catch-a-killer> (consultée le 18 mai 2022)

En 2015, elle fonde « The DNA Detectives » un groupe Facebook de généalogie génétique comptabilisant plus de 170.000 membres à ce jour et qui se concentre sur l'aide aux adoptés et aux personnes qui sont à la recherche de leurs familles biologiques. Elle collabore chez FamilyTreeDNA sur le projet Adopted DNA.

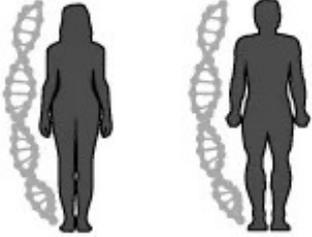
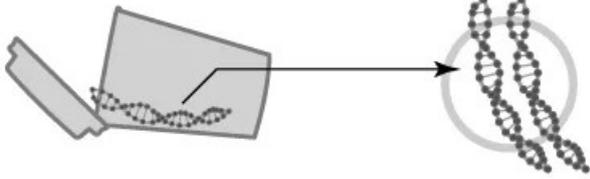
En avril 2018, Parabon NanoLabs, une société d'ADN médico-légal basée à Reston en Virginie, embauche Cece Moore afin de transposer sa méthode à la recherche de criminels. Elle est nommée responsable de l'unité de généalogie génétique, le premier au monde dans ce domaine. Grâce à ses techniques d'investigations, elle a aidé les forces de l'ordre à identifier des suspects dans plus de 50 affaires non élucidées en un an seulement (près de 200 cas depuis le début de ses activités).

Considérée comme une pionnière dans ce domaine, elle enseigne au sein de la communauté de la généalogie génétique dans les principaux instituts de généalogie et organise des conférences à travers tous les Etats-Unis. Ses résultats lui ont valu une médiatisation sans précédent aussi bien à la télévision que dans la presse américaine.

Cette méthodologie est aussi appelée « généalogie d'investigation » ou « généalogie inversée ». Elle a suscité une énorme attention médiatique dans le monde tant pour son côté novateur que pour ses méthodes controversées. Ce processus se déroule en quatre étapes distinctes⁵ :

	<p>1. Une analyse ADN est faite en laboratoire. Elle consiste à procéder à l'analyse d'un ADN trouvé sur une scène de crime.</p>
<p>2. Ces données brutes sont déposées sur un site de généalogie génétique grand public et comparées avec un ADN « commun » déjà présent sur la base de données.</p>	

⁵ Source : <https://www.seattletimes.com/seattle-news/law-justice/investigators-use-dna-genealogy-database-to-id-suspect-in-1987-double-homicide/> (consultée le 20 mai 2022)

	<p>3. S'il y a une correspondance ou « match », un arbre généalogique est réalisé en s'appuyant sur divers types de supports pour remonter à l'ancêtre commun. Une étude est ensuite faite de toute la descendance pour retrouver, en bout de branche, le criminel inconnu.</p>
<p>4. Une fois cette piste scientifique aux mains des enquêteurs, ils doivent recueillir l'ADN du suspect pour le confondre en le comparant avec celui du criminel inconnu.</p>	

Cette méthode est imparable : tous les hommes qui ont été arrêtés grâce aux enquêtes de la généalogie génétique ont avoué, même 40 ans après les faits ! Malgré son succès indéniable, ce processus nécessite de se poser toutes sortes de questions/réflexions quant aux moyens utilisés par les différents services en charge de résoudre ces « cold case ». Dans quelles conditions peut-on réellement exploiter ces données dites « privées » ? Quelles responsabilités tiennent les sites de données ADN grand public dans ce genre de contexte ?

A l'échelle de la France, quels types de fichiers sont actuellement autorisés et comment sont-ils utilisés ? La pratique de la généalogie inversée ou d'investigation pourrait-elle être un jour adoptée malgré l'interdiction des tests génétiques en vigueur actuellement ?

COLD CASE ET ENQUETE

A. LES ELEMENTS DE L'ENQUETE



Photo de Jay Cook et Tanya Van Cuylenborg⁶

Le 18 novembre 1987, Jay Cook âgé de 20 ans, originaire de Saanich en Colombie-Britannique, doit partir sur Seattle afin de récupérer des pièces de fournaise pour l'entreprise familiale. Il propose à sa petite amie Tanya Van Cuylenborg, 17 ans, fan de photographie, de l'accompagner à bord de la camionnette de son père. Ils seront vus pour la dernière fois à bord du ferry qui relie la ville de Bremerton à Seattle dans l'Etat de Washington.

Le 24 novembre, le corps de Tanya est retrouvé dans un fossé près d'une route dans le comté de Skagit. Elle a reçu une balle dans la nuque. Elle est partiellement vêtue et a les mains attachées dans le dos. Leur camionnette est retrouvée le lendemain près d'une taverne et d'un terminal de bus à une vingtaine de kilomètres de là. A l'intérieur de celle-ci, la police découvre la carte d'identité de Jay et différents objets comme des attaches zippées en plastique (les mêmes qui ont été utilisées pour attacher les mains de Tanya). Un portefeuille avec la carte d'identité de Tanya, les clés de la camionnette, un capuchon d'objectif d'appareil photo, une paire de gants chirurgicaux, une boîte contenant des balles de calibre .380 (qui correspondent à celles trouvées sur la scène de crime de Tanya) sont quant à eux retrouvés derrière la taverne. A propos des éléments découverts à la taverne, le détective en charge de cette affaire déclare : « Il les laisse derrière lui comme pour

⁶ Source : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1101967/adn-protrait-robot-meurtres-cuylenborg-cook-saanich> (consultée le 29 janvier 2022)

signaler à la police qu'il n'est pas nécessaire de chercher des empreintes digitales parce qu'il portait des gants. Il est convaincu qu'il n'y a rien qui va le relier à ces crimes. ». Le jour suivant, le corps de Jay est découvert par un chasseur sous un pont au sud de la ville de Monroe à environ 100 kms du corps de sa petite amie Tanya. Il est à moitié recouvert d'une couverture bleue, il a subi de violents coups à la tête et a été étranglé à l'aide d'attaches plastiques.

Dans un premier temps, le service en charge de l'enquête tente alors d'investiguer dans le milieu carcéral car non loin de là se trouve une ferme où des détenus s'occupent d'un cheptel bovin pour fournir des produits laitiers au système pénitentiaire d'Etat. Cette piste et d'autres investigations ne donnèrent aucun résultat.

B. UNE LUEUR D'ESPOIR GRACE AUX AVANCEES TECHNOLOGIQUES

Au début des années 1990, l'analyse médico-légale de l'ADN vient révolutionner les services judiciaires suite à la création en 1994 de la base CODIS⁷ (Combined DNA Index System) par le DNA Identification Act. Après un programme expérimental testé dans quatorze Etats, ce fichier devient actif à partir de 1998. Divisé en 3 structures distinctes (locale, étatique et fédérale), son architecture reste cependant identique :

- un fichier « Convicted Offender Index » qui regroupe les profils ADN d'auteurs d'actes délictueux pour lesquels une condamnation a été prononcée (délits sexuels et autres délits avec violence) ;
- un fichier « Forensic index » qui regroupe les profils ADN de traces biologiques indiciaires relevées sur les lieux des infractions.

Le FBI gère alors une base de données ADN nationale grâce au National DNA Index System (NDIS) qui centralise les profils ADN et permet aux Etats participant au système d'échanger des données, d'établir des comparaisons et de coordonner leurs recherches en mettant en commun leurs informations.

Dans le cadre de notre enquête Cook / Van Cuylenborg, la police va pouvoir comparer l'ADN du suspect retrouvé dans la camionnette avec cette base CODIS. Aucune correspondance n'est faite.

⁷ Equivalent américain du Fichier National Automatisé des Empreintes Génétiques (FNAEG) en France.

En 2005, l'affaire est confiée à un détective nommé Jim Scharf. En juillet 2016, le supérieur hiérarchique de Scharf a écho d'un nouvel outil nommé « Snapshot », développé par l'entreprise Parabon NanoLabs localisée dans l'Etat de Virginie. Leur technique, par phénotypage de l'échantillon d'ADN, permet de créer un portrait-robot du suspect et de mettre en évidence des caractéristiques morphologiques : structure du visage, couleur des yeux, des cheveux, teint, origine et estimation de l'âge de la personne. Parabon NanoLabs est donc sollicité et plus de 800.000 marqueurs génétiques vont être analysés dans l'ADN.

Le rapport indique que le suspect a des origines d'Europe du Nord et a probablement un teint clair, des yeux verts ou noisette, les cheveux blonds voire roux et quelques taches de rousseur.



Portrait-robot fait à partir de l'ADN du suspect par le logiciel Snapshot⁸



Trois représentations du suspect à 25, 45 et 65 ans⁹

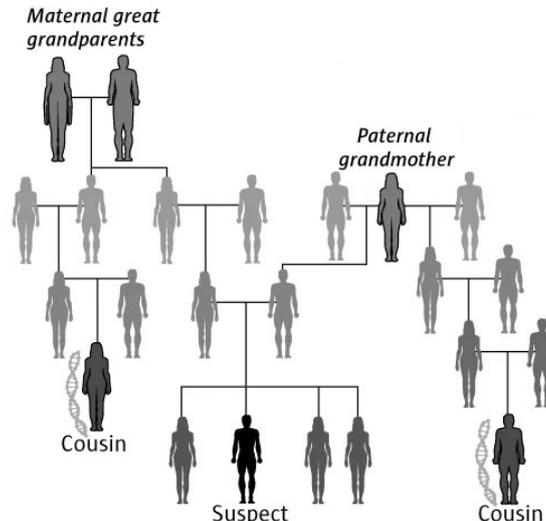
⁸ Source : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1101967/adn-protrait-robot-meurtres-cuylenborg-cook-saanich> (consultée le 29 janvier 2022)

⁹ Source : <https://www.heraldnet.com/news/suspect-arrested-in-1987-deaths-of-young-couple-from-bc/> (consultée le 30 janvier 2022)

C. LES TRAVAUX DE LA GENEALOGISTE GENETIQUE CECE MOORE

Malgré l'emploi d'un important dispositif de recherche, ce portrait-robot n'aura pas permis aux forces de police d'avancer sur l'enquête. CeCe Moore, alors en charge de l'unité de généalogie génétique de Parabon NanoLabs, contacte les enquêteurs de Snohomish et leur propose ses services. Une enquête criminelle (« Golden State Killer ») ayant été résolue dans les semaines précédentes par Barbara RAE-VENTER avocate à la retraite et généalogiste génétique, les services de police acceptent.

En téléchargeant les données brutes ADN du suspect sur le site public GEDmatch¹⁰, deux correspondances apparaissent approximativement au cinquième degré. Ces deux correspondances n'avaient pas d'ADN en commun, ce qui signifie qu'elles étaient probablement liées au suspect à partir de différentes branches. La généalogiste génétique CeCe Moore développe de ce fait deux arbres généalogiques à partir des deux cousins germains qui ont « matché ». Un mariage est trouvé entre une petite fille des arrière-grands-parents de la cousine en question et un fils de l'arrière-grand-mère du cousin correspondant. De l'union du couple William et Patricia Talbott, quatre enfants sont nés, trois filles et un fils :



Arbre généalogique de William Earl Talbott II¹¹

¹⁰ Ce site de généalogie génétique grand public gratuit et open source permet aux personnes qui ont fait des tests ADN dans des laboratoires différents de les comparer dans une même base de données.

¹¹ Source : <https://www.seattletimes.com/seattle-news/law-justice/investigators-use-dna-genealogy-database-to-id-suspect-in-1987-double-homicide/> (consultée le 20 mai 2022)

L'homme soupçonné d'être le responsable du meurtre de Tanya Van Cuylenborg en novembre 1987 est identifié. Il s'agit de William Earl Talbott II, un chauffeur routier alors âgé de 55 ans sans casier judiciaire, habitant à SeaTac une ville située dans l'agglomération de Seattle.

Les détectives mettent alors Talbott sous surveillance. Le 08 mai 2018, Talbott est en service, il se penche hors de son véhicule pour vérifier quelque chose et ne remarque pas qu'un gobelet est tombé sur la route. Après analyse, le laboratoire confirme que l'ADN de Talbott trouvé sur la tasse correspond au profil ADN de la scène de crime.

Le 18 mai 2018, les sheriffs du comté de Snohomish et du comté de Skagit, dans l'Etat de Washington, annoncent que William Earl Talbott II est arrêté et accusé du meurtre au premier degré de Tanya Van Cuylenborg. Le 16 juin 2018, une deuxième accusation pour meurtre aggravé au premier degré a été rajoutée pour le meurtre de Jay Cook.

Il est reconnu coupable en juin 2019 de deux meurtres aggravés au premier degré et condamné à deux peines de prison à perpétuité sans condition de libération. Ce fût le tout premier procès pénal impliquant la généalogie génétique.



Comparaison portrait-robot et photo réelle de William Earl Talbott II¹²

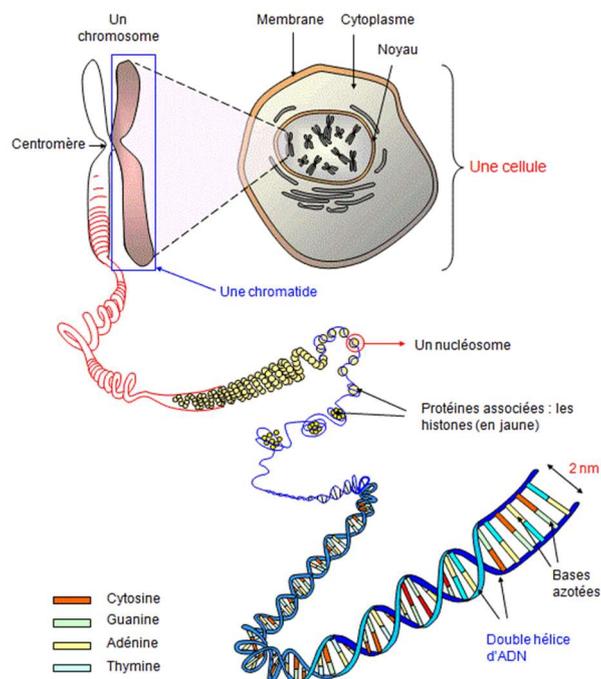
¹² Source : <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/washington-jurors-hear-final-days-young-bc-couple-killed-1987-1.5176304> (consultée le 30 janvier 2022)

Le PDG de Parabon NanoLabs, Steve Armentrout a déclaré que les problèmes de confidentialité qui ont été soulevés sur l'utilisation du site GEDmatch sont infondés. Il a aussi précisé que le profil ADN de Talbott n'avait jamais été rendu public sur le site et que la société s'était conformée aux directives d'utilisation du site : celles-ci permettant uniquement de comparer l'ADN entre deux personnes et d'évaluer le degré de leur relation génétique.

LA TECHNIQUE DU PHENOTYPAGE

Le génotype est le patrimoine génétique d'un individu. Le phénotype est la façon dont le génotype se manifeste selon certains facteurs environnementaux, il constitue l'ensemble des caractères observables d'un individu. Le phénotypage fait référence à la prédiction de l'ascendance et/ou apparence physique à partir de l'ADN.

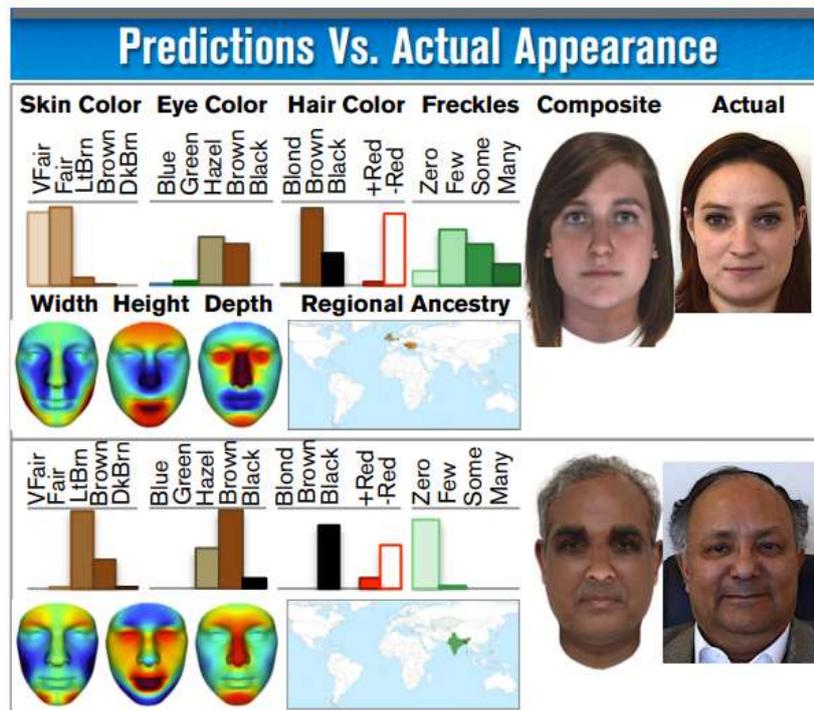
Le mot *ADN* est un sigle formé à partir des mots *acide désoxyribonucléique*. Il désigne une molécule présente dans les cellules de tout être vivant, et constitue le support de l'information génétique. L'ADN est formé de deux brins complémentaires enroulés en hélice (double hélice) et constitue une longue chaîne de nucléotides reliés entre eux. Ces nucléotides sont composés d'une base azotée (Adénine, Guanine, Thymine ou Cytosine), liée à une molécule de sucre et à un groupement phosphate. A noter que ces bases azotées se divisent en deux groupes distincts, d'un côté les purines (A) et (G) et de l'autre les pyrimidines (T) et (C), une purine s'associant toujours avec une pyrimidine.



Constitution d'un chromosome d'une cellule¹³

¹³ Source : <https://sites.google.com/site/svtblaye/cotten/ac2-0/chapitre-2---pour-en-savoir-plus> (consultée le 21 juillet 2022). Illustration de Georges Dolisi.

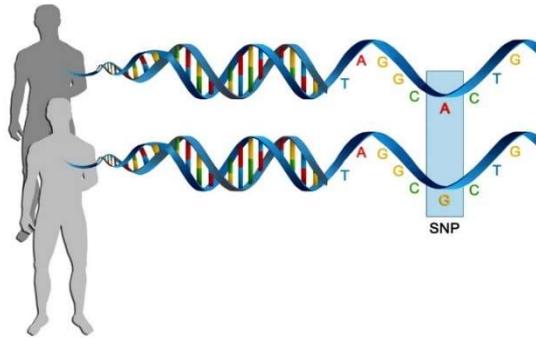
En criminalistique, ces prédictions de l'ascendance et/ou apparence physique permettent de générer de nouvelles pistes aux enquêteurs lorsque l'ADN ne correspond pas à un suspect connu ou n'est pas enregistré sur une base de données. Le processus de phénotypage ADN de Snapshot développé par Parabon NanoLabs prédit avec précision l'origine géographique, la pigmentation et la morphologie du visage chez les personnes de toute origine ethnique, même les personnes d'ascendance mixte.



Exemple de résultats apportés à partir d'échantillons tests par le logiciel Snapshot¹⁴

Ce résultat a été obtenu grâce à l'analyse de plus de 800.000 marqueurs SNP contenus dans l'ADN. Les marqueurs SNP sont des variabilités ponctuelles de la séquence ADN. Par exemple, ci-dessous la base azotée Adénine (A) a muté en base azotée Guanine (G), c'est ce qu'on appelle une mutation SNP. Le taux de mutation d'un marqueur SNP étant extrêmement faible et stable, il est de ce fait un marqueur idéal pour la recherche en génétique.

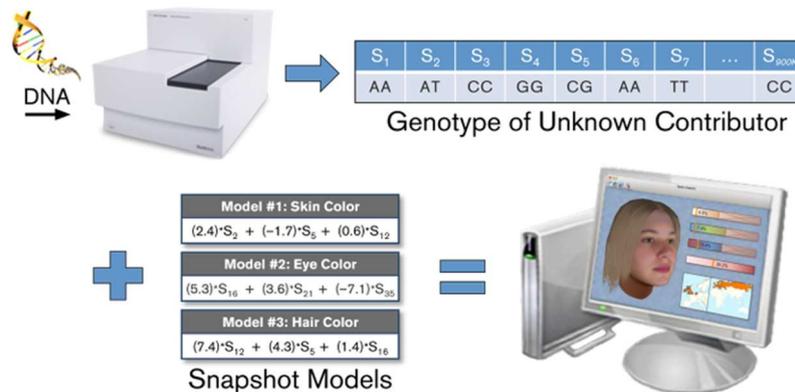
¹⁴ Source : <https://pub.parabon.com/Parabon-Snapshot-Scientific-Poster--ISHI-2016--Blind-Testing-and-Evaluation-of-a-Comprehensive-DNA-Phenotyping-System.pdf> (consultée le 26 février 2022)



Exemple de mutation SNP d'une séquence ADN¹⁵

Les morceaux d'ADN, même d'une petite quantité d'échantillons, capturent une grande partie de la variation génomique entre les personnes et contiennent donc une grande partie de l'empreinte génétique. Ces génotypes SNP peuvent ensuite être associés aux phénotypes de milliers de sujets pour créer un ensemble de données génotype et phénotype (GaP) à analyser. En exploitant ces données GaP, Parabon NanoLabs effectue une analyse statistique à grande échelle sur des centaines de milliers de SNP individuels et des milliards de combinaisons de SNP pour identifier les marqueurs génétiques associés à un trait.

Pour sa phase de modélisation, les scientifiques du laboratoire utilisent des algorithmes d'apprentissage automatique pour combiner l'ensemble des SNP sélectionnés en une équation mathématique complexe. Les nouvelles données SNP d'un individu inconnu peuvent ensuite être intégrées à cette équation pour en produire une prédiction du trait.



Processus du phénotypage¹⁶

¹⁵ Source : <https://atlasofscience.org/single-nucleotide-polymorphisms-as-genomic-markers-for-high-throughput-pharmacogenomic-studies/> (consultée le 26 février 2022)

¹⁶ Source : <https://snapshot.parabon-nanolabs.com/#phenotyping-how> (consultée le 26 février 2022)

Ce procédé de portrait-robot génétique était encore interdit en France il y a quelques années. Il a été introduit en droit français par un arrêt rendu par la chambre criminelle de la cour de cassation le 25 juin 2014.

Au niveau juridique, la brèche a été ouverte en 2012¹⁷. Allant à l'encontre de la position du Ministère de la Justice, un magistrat a fait appel aux services d'un laboratoire d'hématologie médico-légale de Bordeaux afin d'établir un portrait-robot, ceci dans le but de relancer une enquête d'agressions sexuelles en série à Lyon. La Cour de cassation, la plus haute juridiction de l'ordre judiciaire français, a donné son accord car elle a estimé que l'expertise était valable puisqu'elle « consistait exclusivement à révéler les caractères morphologiques apparents » du suspect.

Avant cet arrêté du 25 juin 2014, seule était autorisée l'exploitation de l'ADN « non codant » c'est-à-dire les marqueurs génétiques se trouvant dans les parties de l'ADN qui régulent par exemple l'activité de nos gènes soit 98% du génome humain. C'est notamment avec ces marqueurs que sont créées les empreintes génétiques conservées dans le FNAEG¹⁸. Aucun élément déterminant, parmi les caractéristiques physiques de l'individu, ne pouvait être exploité car la caractérisation du phénotype de l'individu était interdite par loi.

Par cet arrêté, la Cour de cassation a donc jugé conforme au droit français la technique de l'exploitation de l'ADN « codant » permettant de dresser un portrait-robot génétique. Cet ADN détermine la production de protéines dont est fait notre organisme, il permet l'exploitation de traits morphologiques comme le sexe, la couleur des yeux et des cheveux ou encore des marqueurs physiques tels que la taille, la distance entre les deux yeux ou la longueur du nez. Ecartant les arguments invoqués par l'avocat général, la Cour de cassation avait conclu que l'analyse de l'ADN de l'individu ne correspondait pas en l'espèce à une procédure « d'identification » en tant que telle, mais constituait en réalité un examen des « caractéristiques » de l'individu, procédure que le juge d'instruction peut actionner conformément à l'article 81 du Code de procédure pénale. Ces résultats ne sont toutefois pas autorisés comme mode de preuve mais peuvent seulement permettre l'orientation des poursuites afin de limiter le nombre de suspects.

¹⁷ Source : <http://site.lookatsciences.com/wp-content/uploads/2017/12/Police-scientifique-NG.pdf> (consultée le 20 mai 2022)

¹⁸ Conformément aux engagements internationaux de la France, tels qu'ils résultent de la recommandation R(92)1 du Comité des Ministres du Conseil de l'Europe et de la résolution du 09 juin 1997 du Conseil de l'Union européenne, les segments d'ADN analysés ne doivent en aucun cas être codants : les analyses ne peuvent donc s'effectuer sur les segments spécifiques permettant, par exemple, de déterminer l'existence d'anomalies génétiques. Le nombre et la nature de ces segments (sept au total) sont fixés par l'article A38 du Code de procédure pénale, résultant d'un arrêté du Garde des Sceaux, du Ministre de l'Intérieur et du Ministre de la Défense en date du 18 mai 2000. Source : https://www.assemblee-nationale.fr/rap-oecst/empreintes_genetiques/r3121-1.asp#P263_43128 (consultée le 20 mai 2022)

En autorisant la technique du portrait-robot génétique, cet arrêt impose de repenser un nouveau cadre législatif qui s'adapterait à la nouvelle technique d'exploitation de l'ADN nécessaire à une enquête judiciaire. Ceci est d'autant plus nécessaire aujourd'hui, qu'avec l'autorisation de l'expertise génétique à des fins de détermination des traits morphologiques apparents, nous assistons à la fois à l'amélioration prédictive de l'identification de l'individu mais aussi à l'émergence de nouvelles questions éthiques et juridiques liées aux risques potentiels d'atteinte à la vie privée. La Commission Nationale Consultative des Droits de l'Homme (CNCDH) souhaite des garanties fortes sur ce sujet¹⁹ :

- La définition claire des caractéristiques génétiques faisant l'objet d'investigations à savoir exclusivement les traits extérieurs. Cela permet d'être attentif aux risques de discrimination, en portant connaissance aux dossiers aux catégories ethniques d'un suspect ou prédispositions d'un individu à une maladie congénitale déterminant des anomalies physiques extérieures (albinisme, trisomies etc) ;
- A l'image d'un projet de loi allemand, présentation des données en termes de probabilités statistiques, détails objectifs du procédé utilisé et estimation de la marge d'erreur des résultats obtenus ;
- Analyse des données uniquement sur les traces des personnes inconnues repérées sur la scène de l'infraction et/ou sur/dans le corps de la victime d'un crime ;
- Utilisation des expressions suivantes « marqueurs distinctifs » (permettant d'identifier la personne) et « marqueurs prédictifs » (permettant d'établir les traits morphologiques), pour se conformer à la loi bioéthique de 1994 ;
- Restreindre ces analyses aux crimes les plus graves (meurtres, viols, crimes visant des victimes mineures). Cela limiterait également le risque d'un surinvestissement économique, compte-tenu du coût élevé de ces analyses.
- Résultats de l'expertise utilisés et conservés dans une durée limitée pour les seuls besoins de l'enquête conformément à la Loi informatique et liberté. A coupler avec la mise en place de formations pour les enquêteurs pour habilitation au traitement. Cela permettrait également d'éviter la surestimation des résultats d'analyses.

Il ne faut donc pas sous-estimer le risque d'une banalisation de la technique dans le cadre judiciaire au regard des atteintes potentielles aux droits fondamentaux. L'encadrement législatif constituerait donc un premier pas vers la « normalisation » de ce dispositif.

¹⁹ Source : https://www.cncdh.fr/sites/default/files/16.03.17_avis_portrait-robot_genetique_3.pdf (consultée le 23 mai 2022)

L'EXPLOITATION DE LA GENETIQUE EN GENEALOGIE MEDICO-LEGALE

En généalogie génétique, notamment en criminalistique, l'identification des marqueurs SNP d'ADN autosomal²⁰ (ADNa) est utilisée pour étudier un génotype ADN afin de déterminer le lien entre deux individus.

Contrairement à d'autres marqueurs génétiques, tels que l'ADN mitochondrial (ADNmt) ou l'ADN du chromosome Y (ADN-Y), respectivement transmis uniquement par la mère et le père, l'ADNa est hérité de toutes les lignées ancestrales et peut donc être utilisé pour comparer deux individus, quelle que soit leur parenté. Grâce à la quantité massive d'informations contenues dans les données SNP, il est possible de calculer précisément le degré de parenté entre deux bases de données déposées sur les sites dédiés même si la relation est très éloignée.

Ce calcul s'opère en étudiant la longueur des segments partagés et est mesurée en centimorgans²¹ (cM). Plus le nombre de cM est élevé, plus le degré de parenté est important.

²⁰ Tout le monde (à de rares exceptions près) naît avec un ensemble de 23 paires de chromosomes. Une de ces paires est constituée des chromosomes sexuels (XX chez les femmes et XY chez les hommes), les 22 paires de chromosomes restantes sont dits autosomiques ou autosomes.

²¹ Unité utilisée en génétique pour évaluer la distance entre deux gènes liés sur un même chromosome.

Quantité approximative d'ADN partagé (en centimorgans):	Lien de parenté possible
3 475	Parent, enfant, ou jumeau ou jumelle monozygote
2 400 - 2 800	Frère ou soeur (y compris les jumeaux dizygotes)
1 450 - 2 050	Grand-parent, tante, oncle, demi-frère ou soeur
680 - 1 150	Cousin germain, arrière-grand-parent
200 - 620	Cousin issu de germain
90 - 180	Petit-cousin
20 - 85	Arrière-petit-cousin
6 - 20	Cousin éloigné: arrière-arrière-petit-cousin, 5 fois arrière petit-cousin

Tableau de correspondance proposé par Ancestry²²

Cependant dans le cas d'implexe (mariage entre cousins partageant les mêmes grands-parents) les résultats seront faussés. Du fait de l'héritage des gènes, un petit cousin potentiel pourra apparaître comme plus proche dans la lignée.

Quantité approximative d'ADN partagé (en centimorgans):	Lien de parenté possible
3 475	Parent
1 450 - 2 050	Grand-parent sans implexe
3 475	Grand-parent avec implexe

Tableau de correspondance dans le cas d'implexe

²² Source : <https://www.chroniquesdantan.com/adn-et-genealogie-genetique/retrouver-une-branche-familiale-inconnue-grace-a-ladn-6> (consultée le 12 février 2022)

Il faudra également prendre en compte les cas d'endogamies²³ qui se manifestent par un grand nombre de correspondances. Chacune d'elles partageant de nombreux petits segments, indiquant qu'ils ont été hérités d'ancêtres lointains.

De façon générale, pour être considérés comme exploitables, ces segments doivent compter un nombre minimum de mutations SNP (généralement 500) et dépasser une certaine longueur (5 à 7 cM) ce qui permet d'éliminer la plupart des segments partagés dû à un pur hasard (appelé aussi fragment d'ADN IBC pour « Identifal By Chance ») plutôt qu'en raison d'une réelle descendance commune.

En s'appuyant sur ces données génétiques et en procédant par triangulation²⁴, le généalogiste procède à la construction de l'arbre généalogique à l'aide de sources communément utilisées pour une recherche généalogique traditionnelle telles que les registres d'état civil, recensement, chroniques nécrologiques, archives de presse.... En remontant jusqu'aux ancêtres communs qui apparaissent sur les arbres des correspondances, les mariages entre les descendants sont identifiés comme ce fût le cas pour cette enquête. Au cours de ces phases, d'autres sources peuvent aussi être exploitées tels que des bases de données publiques de recherches de personnes, les annuaires inversés ou même les réseaux sociaux qui vont permettre d'identifier et de localiser les utilisateurs qui se sont inscrits sur GEDmatch car ils ont tout aussi bien pu le faire à partir d'un pseudonyme, complexifiant ainsi les recherches.

²³ Obligation, pour les membres d'un groupe social défini (tribu, lignage...), de contracter un mariage à l'intérieur de ce groupe (opposé à exogamie).

Source : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/endogamie/29337> (consultée le 13 avril 2022)

²⁴ Méthode servant à valider des fragments d'ADN significatif partagés avec une personne et hérités d'un ancêtre commun.

CONDITIONS D'UTILISATION ET POLITIQUE DE CONFIDENTIALITE DE GEDMATCH

Comme nous l'avons vu précédemment, le site de généalogie génétique GEDmatch permet une comparaison avec toutes les données brutes obtenues sur les autres sites du même type (FamilyTreeDNA, MyHeritage, 23andMe, Ancestry, Living DNA, tellmeGen). La plateforme compte actuellement environ 1.4 millions de profils génétiques provenant du monde entier.

Le site GEDmatch s'est retrouvé sous le feu médiatique en 2018 pour avoir accepté, sans l'accord des déposants, de partager ses données à des fins médico-légales. Sa charte de confidentialité a subi en suivant une première mise à jour en 2019 pour permettre de recueillir le consentement de chaque utilisateur et ainsi éviter toute atteinte aux données personnelles.

Le 09 décembre 2019, Verogen, Inc a fait l'acquisition du site Web GEDmatch. Cette société, fondée en 2017 et basée à San Diego en Californie, est spécialisée dans les technologies de séquençage de nouvelle génération (NGS). Elle se donne pour mission de faire évoluer l'analyse des données ADN notamment dans l'identification humaine à des fins médico-légales et biométriques. Leur collaboration avec le FBI est très clairement affichée sur leur site internet²⁵.

Voici les détails de la charte GEDmatch²⁶, en date du 30 décembre 2021, en termes de conditions d'utilisation et de politique de confidentialité :

❖ Collecte et utilisation des informations :

Lors d'une première connexion sur GEDmatch, un nom (ou un pseudonyme) et une adresse mail sont nécessaires pour valider l'inscription. D'autres informations personnelles telles que le sexe ou des données généalogiques peuvent être également complétées mais seulement au bon vouloir de l'utilisateur. Des informations sur les habitudes d'utilisation ou encore l'adresse IP des visiteurs du site sont collectées mais seulement à des fins statistiques.

²⁵ Source : <https://verogen.com/company/> (consultée le 12 mars 2022)

²⁶ Source : https://app.gedmatch.com/Documents/tos_20211230.html (consultée le 12 mars 2022)

❖ Données ADN brutes fournies :

Les données brutes d'ADN téléchargées sur GEDmatch.com restent la propriété de la personne qui les a téléchargées. Lors du téléchargement de ces données, un numéro de kit lui est attribué et une option de confidentialité y est associée. Il existe 4 classes d'options différentes :

- « Privés » : le kit ADN ne sera pas disponible pour les comparaisons avec d'autres personnes.
- « Opt-in » : Le kit ADN sera comparé à tous les autres kits pour trouver des parents génétiques correspondants. Les kits incluent ceux soumis par les utilisateurs effectuant des recherches généalogiques personnelles, des recherches d'adoptés, des utilisateurs (y compris les forces de l'ordre) tentant d'identifier des restes humains non identifiés et des forces de l'ordre tentant d'identifier les auteurs de crimes violents. Le kit déposé par l'utilisateur sera comparé aux kits soumis par les forces de l'ordre pour identifier les auteurs de crimes violents. A noter que les opérateurs de GEDmatch encouragent tout le monde à sélectionner cette option.
- « Opt-out » : Le kit ne sera pas comparé à ceux soumis par les forces de l'ordre pour identifier les auteurs de crimes violents.
- « Recherche » : Le kit ne sera pas affiché dans les rapports de résultats de « match » générés pour d'autres kits.

Un portail, nommé GEDmatch Pro²⁷, dédié aux forces de l'ordre, a été créé par Verogen pour qu'elles puissent chercher à identifier les auteurs d'un crime violent (meurtre, homicide involontaire coupable, viol aggravé, vol qualifié ou voies de faits graves) ou pour identifier des restes humains. Le portail sépare les comparaisons policières des données GEDmatch des activités de généalogie standard et offre une gamme d'outils plus pertinents pour les recherches. Toutes les données des utilisateurs de GEDmatch sont disponibles pour la mise en correspondance à des fins d'identification des restes humains. En revanche, pour identifier les auteurs des crimes violents, les forces de l'ordre n'auront accès qu'aux données des utilisateurs qui y ont autorisés l'accès. Sur les 1.4 millions de données partagées sur le site, environ 200.000²⁸ utilisateurs auraient accepté de collaborer avec les forces de l'ordre.

Alors à la lecture de ces éléments, peut-on croire en une réelle efficacité de protection des données par GEDmatch ? Après les déboires rencontrés par le site en 2018, peut-on toujours leur faire confiance ?

²⁷ Source : <https://pro.gedmatch.com/about> (consultée le 12 mars 2022)

²⁸ Source : <https://www.parismatch.com/Actu/Sciences/Cold-cases-la-Sherlock-Holmes-de-l-ADN-1679167> (consultée le 30 janvier 2022)

Cela resterait insuffisant à en croire l'incident technique²⁹ qu'a subi le site GEDmatch en juillet 2020. Suite à des failles de sécurité, toutes les autorisations des utilisateurs ont été réinitialisées, rendant tous les profils publics et ce pendant trois heures. Les bases de données des utilisateurs qui n'avaient pas opté pour la correspondance avec les forces de l'ordre étaient donc disponibles, et inversement. Dès lors, le site a été fermé le temps de remédier à ce dysfonctionnement. A noter également que sur sa charte, GEDmatch alerte sur l'obligation légale de divulgation des données des utilisateurs pour se conformer par exemple à une citation à comparaître ou un mandat. Ce fut le cas en 2019³⁰ lorsque le détective Michael Field a obtenu un mandat signé par un juge du neuvième tribunal judiciaire de Floride, pour accéder aux informations génétiques détenues par le site, sans le consentement des utilisateurs. Selon les experts juridiques, il semblerait que ce soit la première fois qu'un juge ait approuvé un tel mandat.

En 2018, les membres du département de bioéthique du National Institute of Health (NIH) se sont interrogés sur les questions juridiques et de confidentialité soulevées par la pratique employée par les forces de l'ordre mais Il est certain que depuis, les utilisateurs du site ont vu évoluer les conditions d'utilisation et la politique de confidentialité de GEDmatch dans le bon sens. Le site précise cependant qu'en cas de fusion avec d'autres personnes ou entités, le personnel d'exploitation peut autoriser l'accès aux données (brutes, généalogiques, renseignements du profil et renseignements personnels) aux nouveaux intervenants. Cela inclut donc des tiers qui ne participent pas actuellement aux activités de GEDmatch : ce constat n'est pas rassurant.

²⁹ Source : <https://techcrunch.com/2020/07/22/gedmatch-investigating-dna-profile-law-enforcement/> (consultée le 12 mars 2022)

³⁰ Source : <https://binyamin.net/un-detective-obtient-lacces-une-base-de-donnees-de-test-adn-privee-gedmatch-19110798> (consultée le 13 mars 2022)

LE FICHER FNAEG ET LA TECHNIQUE DE PARENTELE EN FRANCE

Le Fichier National Automatisé des Empreintes Génétiques (FNAEG) a été créé en 1998 suite à l'adoption par l'Assemblée nationale et le Sénat de la loi Guigou (loi n° 98-468³¹) du 17 juin, relative à la prévention et la répression des infractions sexuelles. Il a pour finalité de permettre des rapprochements entre les empreintes génétiques prélevées sur un individu ou sur une scène d'infractions avec des profils déjà enregistrés dans la base de données.

Ce fichier national était destiné à l'origine à recueillir les empreintes génétiques des personnes impliquées dans les infractions à caractère sexuel. Il a ensuite été étendu par des lois successives entre 2001 et 2007 (loi n° 2001-1062 du 15 novembre 2001 relative à la sécurité quotidienne, loi n° 2003-239 du 18 mars 2003 pour la sécurité intérieure, loi Perben II, etc...) à de nombreux autres crimes et délits tels que meurtres ou trafics de stupéfiants. En 2005 notamment, le FNAEG connaît un changement majeur grâce au traité de PRÛM³² signé par sept Etats membres de l'Union Européenne visant à approfondir la coopération policière et judiciaire par des échanges de fichiers d'empreintes génétiques. En 2011, ces échanges ont été élargis à tous les pays de l'Union ainsi qu'à des pays non membres ayant signé des accords de même type que ceux du traité. Le décret de mise en service du FNAEG a été publié le 18 mai 2000, deux ans après sa création.

Le catalyseur de la création de ce type de fichier est l'affaire Guy Georges « le tueur de l'Est parisien » qui sera reconnu coupable de sept meurtres. Enfant né de la relation entre George Cartwright un soldat noir américain reparti au pays et d'Hélène Rampillon, il est abandonné dès sa naissance par celle-ci et se retrouve placé à la DDASS. A l'âge de six ans, dans la perspective de son adoption, la DDASS changea le nom de Guy Rampillon³³ et le transforma en « Georges » en référence au prénom de

³¹ Source : <https://www.senat.fr/leg/lois/1997-1998/l98468.html> (consultée le 06 avril 2022)

³² Source : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISSUM%3Aji0005> (consultée le 07 avril 2022)

³³ Source : <https://www.tueursenserie.org/guy-georges/> (consultée le 06 avril 2022)

son père. Selon un enquêteur³⁴ de la brigade criminelle de l'époque en charge du dossier « SK1 » (Serial Killer 1): « l'existence d'un fichier tel que le FNAEG aurait permis de sauver plusieurs vies en repérant plus rapidement la signature ADN du criminel ».

Cette base de données, alimentée, consultée et mise en œuvre par la Direction centrale de la police judiciaire par l'intermédiaire de la sous-direction de la police technique et scientifique, comptabilisait en 2020³⁵, 3,5 millions de profils génétiques d'individus condamnés ou mis en cause et 700 000 traces ADN non identifiées. Cela représente près de 5% de la population française. Elle comprend également les empreintes génétiques de délinquants condamnés, de personnes simplement suspectées, décédées sans identité, de victimes de catastrophes naturelles et de personnes disparues (sous réserve de leur accord, des ascendants et descendants de ces personnes disparues et sous certaines conditions celles des collatéraux). Les empreintes génétiques sont complétées par des informations administratives (noms, prénoms, date et lieu de naissance, filiation et sexe), par le nom du service ayant procédé à la signalisation, par la date et le lieu d'établissement de la fiche signalétique, par la nature de l'affaire et la référence de la procédure.

Personnes concernées	Durée maximale de conservation	
	Personne majeure	Personne mineure
Personne définitivement déclarée coupable ou ayant fait l'objet d'une décision d'irresponsabilité pénale	De 25 à 40 ans selon la gravité des faits	De 15 à 25 ans selon la gravité des faits
Personne mise en cause pour certaines infractions Exemples : infraction de nature sexuelle, meurtre, vol, extorsion, escroquerie aggravée, destruction, acte de terrorisme.	De 15 à 25 ans, selon la gravité des faits	De 10 à 15 ans, selon la gravité des faits
Personne inconnue	De 25 à 40 ans	
Personne décédée non identifiée	Jusqu'à l'identification de la personne décédée ou pendant 40 ans	
Personne disparue	Jusqu'à la découverte de la personne disparue ou pendant 40 ans	
Ascendant, descendant ou collatéral d'une personne disparue ou d'une victime de catastrophe naturelle	Jusqu'à la découverte de la personne disparue ou pendant 40 ans	

La durée de conservation de ces empreintes varie selon la nature de l'affaire et l'âge de la personne³⁶

³⁴Source : <https://www.lefigaro.fr/actualite-france/2018/08/17/01016-20180817ARTFIG00008-aux-origines-du-fichier-d-empreintes-genetiques-guy-georges-le-tueur-de-l-est-parisien.php> (consultée le 06 avril 2022)

³⁵Source : https://academiesavoie.org/images/discours/communication_j_hebrard.pdf (consultée le 08 avril 2022)

³⁶ Source : <https://www.demarches.interieur.gouv.fr/particuliers/fichier-national-automatise-empreintes-genetiques-fnaeg> (consultée le 07 avril 2022)

Trois grands types de comparaison pourront ainsi être effectués :

- Traces/traces : des empreintes génétiques ont été laissées par un même individu en des lieux différents. Les enquêteurs peuvent ainsi établir des liens entre des affaires ;
- Individu/traces : on détermine si un individu est à l'origine du profil de la trace non résolue auquel il est comparé ;
- Individu/individu : les profils génétiques susceptibles d'appartenir à un même individu (emprunt d'identité).

Ce qui nous intéresse plus particulièrement ici, c'est l'exploitation de cette base de données à travers une technique appelée « recherche en parentèle », mise au point par le commandant de gendarmerie Emmanuel Pham-Hoai, chef du département de biologie de l'Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale (IRCGN). Inventée en 2011 et utilisée en France pour la première fois en 2012 dans l'affaire « Kulik » sous permission spéciale du ministère de la Justice, elle consiste, dans le cas où une empreinte génétique n'est pas enregistrée dans le FNAEG, à trouver dans ce même fichier une personne qui soit suffisamment proche, en procédant à l'analyse de partage des marqueurs.

Le profil génétique d'un individu est composé pour moitié de marqueurs provenant du père et pour l'autre moitié, de la mère. L'idée est de chercher celui d'un parent correspondant à seulement 50 % : ainsi, les profils génétiques comportant au moins un allèle³⁷ identique avec le profil recherché seront retenus. Il s'agira donc d'un ascendant ou d'un descendant. Une fois les résultats obtenus, les enquêteurs suivront la filiation et procéderont à des tests ADN sur les proches de la personne fichée pour découvrir l'identité de l'auteur du crime. Les profils les plus intéressants seront examinés en tenant compte de plusieurs paramètres, comme l'âge ou la zone de résidence. Cette méthode à la française a déjà permis de résoudre plusieurs affaires, mais à chaque fois, l'utilisation de la généalogie a été anecdotique. En effet, les suspects identifiés ont toujours été soit les parents soit les enfants des personnes figurant au FNAEG.

Profitant d'un vide juridique, cette technique de recherche a été utilisée pendant plusieurs années de manière informelle. Par la suite, elle a été inscrite dans le code de procédure pénale, par la loi n° 2016-731 du 03 juin 2016³⁸.

³⁷ Se dit d'une variante d'un gène, résultant d'une mutation et héréditaire, assurant la même fonction que le gène initial mais selon ses modalités propres. Source : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/all%C3%A8le/2350> (consultée le 07 avril 2022)

³⁸ Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000032627231> (consultée le 17 mai 2022)

Le législateur consacre ainsi les recherches en parentèles en leur imposant une triple limite :

- Tout d'abord, cette technique peut être utilisée pour rechercher des personnes « apparentées en ligne directe » avec la personne recherchée. Il s'agit donc d'identifier uniquement un ascendant ou un descendant de l'individu, les frères et sœurs sont ainsi exclus de la disposition.
- De plus, le législateur français a choisi de limiter la recherche en parentèle à certaines infractions. Elle peut donc être effectuée pour certaines infractions graves, qui sont néanmoins définies de manière relativement large (infractions de nature sexuelle, des crimes contre l'humanité et des crimes et délits d'atteintes volontaires à la vie de la personne, de violences volontaires, d'atteintes aux libertés de la personne, de traite des êtres humains, de crimes relatifs à une atteinte aux intérêts fondamentaux de la Nation,...) mais aussi aux infractions moins graves telles que le recel, ou les menaces d'atteinte aux personnes.
- Enfin, le législateur confie à l'autorité judiciaire, procureur ou juge d'instruction, le soin d'ordonner une recherche en parentèle.

En vingt ans, le FNAEG a permis de faire avancer des affaires non résolues, à l'image du meurtre de la petite « martyre de l'A10 ». Cette petite fille a été retrouvée enveloppée dans une couverture au bord de l'autoroute A10 le 11 août 1987. En 2017, trente ans plus tard, un homme est arrêté à Villers-Cotterêts dans l'Aisne à la suite d'une bagarre. Comme le veut la loi³⁹, son prélèvement ADN est incorporé à la base de données du FNAEG et une correspondance s'affiche. Son profil génétique est le même que celui d'un cheveu retrouvé dans la couverture au moment du crime (ADN trace). Il s'agit en réalité du petit frère de la fillette, alors âgé de quelques mois à l'époque. Si cette découverte n'a pas révélé aux enquêteurs l'identification de l'auteur de crime, elle a cependant permis de pouvoir donner un nom à cette petite fille : Inass TOULOU. En 2018, ses parents ont pu être mis en examen et seront jugés courant de cette année 2022.

L'extension de l'utilisation des fichiers permise par la technique de la parentèle va de pair avec l'extension des fichiers eux-mêmes. Plus le nombre de profils génétiques est important plus la technique est supposée être efficace. Le développement de cette technique découle ainsi directement de l'extension que connaissent les bases de données ADN.

³⁹ En vertu de l'article 706-56, alinéa II, du code de procédure pénale, « Le fait de refuser de se soumettre au prélèvement biologique est puni d'un an d'emprisonnement et de 15.000 euros d'amende. Lorsque ces faits sont commis par une personne condamnée pour crime, la peine est de deux ans d'emprisonnement et de 30.000 euros d'amende ».

Source : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000038313865 (consultée le 17 mai 2022)

LOI BIOETHIQUE

Le mot bioéthique est constitué de deux racines : « bio » signifiant « vivant » et « éthique » « ce qui est bon pour l'homme ». Les premières lois de bioéthique ont été adoptées en France en 1994. Ces textes, de nature législative et réglementaire, fixent un cadre juridique officiel qui évolue en fonction des découvertes scientifiques et des réflexions éthiques.

En 1994, les premières lois apparaissent afin d'établir des normes dans la pratique des sciences du vivant. Elles visent à garantir le respect du corps humain⁴⁰ dans le cadre des pratiques médicales et à encadrer le don (organes, tissus, cellules souches,...), ainsi que l'assistance médicale à la procréation et le diagnostic prénatal⁴¹. La loi du 1er juillet 1994⁴² concerne le traitement des données nominatives ayant pour finalité la recherche dans le domaine de la santé (création des fichiers nominatifs, droits individuels...).

En 2004⁴³, la science ayant beaucoup évolué grâce aux progrès de la technologie, la voie a été ouverte vers des recherches plus poussées notamment dans le domaine de la génétique humaine. Cela a conduit à la révision d'une majorité d'articles. De nouvelles lois sont votées, notamment, l'interdiction du clonage (à visée reproductive et thérapeutique), l'interdiction de la recherche sur l'embryon et les cellules embryonnaires (sauf dérogation), et la création de l'Agence de la biomédecine (ABM) qui remplace l'établissement français des greffes.

En 2011⁴⁴, une deuxième révision des lois est effectuée. Elle concerne notamment les modalités du don d'organes, et de l'assistance médicale à la procréation.

⁴⁰ Loi n° 94-653 du 29 juillet 1994.

Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000549619> (consultée le 25 mai 2022)

⁴¹ Loi n° 94-654 du 29 juillet 1994.

Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000549618> (consultée le 25 mai 2022)

⁴² Loi n° 94-548 du 01 juillet 1994.

Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000547135> (consultée le 25 mai 2022)

⁴³ Loi n° 2004-800 du 06 août 2004.

Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000441469> (consultée le 25 mai 2022)

⁴⁴ Loi n° 2011-814 du 07 juillet 2011.

Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000024323102> (consultée le 25 mai 2022)

Avant chaque révision de la loi, et ce depuis 2011, un grand débat public sous forme d'états généraux⁴⁵ est organisé, faisant appel à des spécialistes de nombreuses disciplines médicales, mais aussi à des philosophes ou des historiens. Ces débats sont organisés par le Comité Consultatif National d'Ethique (CCNE) et ont pour objectif de fournir un éclairage utile aux décideurs et au débat public sur les enjeux éthiques. Pionnière en matière de législation dans le domaine de la bioéthique, la France a été le premier pays à se doter d'un comité éthique de dimension nationale.

La loi bioéthique s'est vue révisée à plusieurs reprises, en moyenne tous les 7 ans, depuis sa première loi du 29 juillet 1994 mais les recours à l'étude génétique restent pour le moment les mêmes. Selon l'article 16-11⁴⁶ de cette même loi : « l'étude génétique des caractéristiques d'une personne ne peut être entreprise qu'à des fins médicales ou de recherche scientifique ». La loi du 07 juillet 2011 et son article 226-28-1⁴⁷ apporte la précision suivante : « le fait, pour une personne, de solliciter l'examen de ses caractéristiques génétiques ou de celles d'un tiers ou l'identification d'une personne par ses empreintes génétiques en dehors des conditions prévues par la loi est puni de 3750 € d'amende ».

Mais alors pourquoi ces tests ADN font-ils autant débat en France ? Les arguments avancés lors des débats à l'assemblée nationale sont-ils réellement recevables ?

A l'heure actuelle, les tests ADN sont autorisés partout en Union européenne, sauf en France et en Pologne. Pour toute une partie de la population, adoptés, nés sous X, issus d'un don de gamète, ils permettent de répondre à leurs attentes dans le cadre du Droit aux origines (droit internationalement reconnu par les institutions mondiales et par le Ministère de la Santé français qui a créé en 2002 le Conseil Nationale d'Accès aux Origines Personnelles).

Ce fut le cas pour Arthur Kermalvezen⁴⁸, né d'un don de gamète anonyme, et militant pour le maintien de l'anonymat lors du don mais avec la possibilité pour l'enfant de connaître l'identité du donneur à sa majorité. A la fin de ses recherches, son père biologique lui a appris qu'il était porteur d'une anomalie génétique rare, qui pouvait le prédisposer, lui et ses enfants, à certaines maladies.

⁴⁵ Les Etats généraux concernant les sujets de bioéthique sont une forme de consultation citoyenne prévue pour recueillir l'avis de la population avant de modifier les lois de bioéthique existant en France. Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89tats_g%C3%A9n%C3%A9raux_\(bio%C3%A9thique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89tats_g%C3%A9n%C3%A9raux_(bio%C3%A9thique)) (consultée le 25 mai 2022)

⁴⁶ Source : https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000001006892 (consultée le 25 mai 2022)

⁴⁷ Source : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000024324189 (consultée le 23 mai 2022)

⁴⁸ Source : https://www.lemonde.fr/societe/article/2018/01/16/comment-arthur-kermalvezen-ne-d-un-don-de-gamete-anonyme-a-retrouve-son-geniteur_5242544_3224.html (consultée le 13 juin 2022)

Il est important de rappeler que l'article L1131-1-1⁴⁹ du Code de la santé publique, modifié par la loi du 02 août 2021, stipule : « Lorsqu'est diagnostiquée chez un tiers donneur, au sens de l'article L. 2143-1, une anomalie génétique pouvant être responsable d'une affection grave justifiant de mesures de prévention, y compris de conseil génétique, ou de soins, le médecin prescripteur saisit le responsable du centre d'assistance médicale à la procréation afin qu'il procède à l'information, dans les conditions prévues au II de l'article L. 1131-1, des personnes issues du don, des parents investis de l'exercice de l'autorité parentale ou, le cas échéant, du tuteur, si ces personnes sont mineures. ».

Aussi en 2020, lors des débats liés à la législation des tests ADN à des fins généalogiques dans le cadre de la loi bioéthique, des députés et sénateurs ont justifié le maintien de l'interdiction de ces tests sous prétexte du risque d'utilisation des résultats par des assureurs ou employeurs alors même que la non-discrimination génétique le leur interdit. En effet dès 1997, l'Unesco publiait une « Déclaration universelle sur le génome humain et les droits de l'homme », interdisant la discrimination génétique (déclaration appliquée dans de nombreux pays et notamment la France). La loi du 04 mars 2002, dite « loi Kouchner », relative aux droits des malades et à la qualité du système de santé, rappelle dans son article 4⁵⁰ que la discrimination en raison des caractéristiques génétiques est interdite. Cette notion de non-discrimination génétique est également reprise dans l'article 16-13 du Code civil⁵¹ et dans le premier alinéa de l'article L. 122-45 du Code du travail⁵². En conséquence, la peine encourue pour discrimination génétique par une personne physique ou morale, via ses représentants légaux, est de trois ans d'emprisonnement et 45 000€ d'amende.

Le 04 octobre 2019, devant l'assemblée nationale, Agnès Buzyn alors Ministre des Solidarités et de la Santé de France, affirmait : « Imaginez que tous les membres d'une même famille envoient leur ADN : cela provoquerait bien des mauvaises surprises – qui se produisent déjà puisque 15% des français n'ont pas le père biologique qu'ils croient avoir ». Or selon une étude publiée dans le journal *Trends in Ecology and Evolution*, les chiffres officiels concernant les événements non filiatifs sont de l'ordre de

⁴⁹ Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000043895848/2021-08-04> (consultée le 13 juin 2022)

⁵⁰Source : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000227015/#:~:text=%C2%AB%20Le%20m%C3%A9decin%20doit%20respecter%20la,d%20accepter%20les%20soins%20indispensables> (consultée le 13 juin 2022)

⁵¹Source : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006070721/LEGISCTA000006136513/#LEGISCTA000006136513 (consultée le 13 juin 2022)

⁵²Source : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006646195/1982-08-06#:~:text=Aucun%20salari%C3%A9%20ne%20peut%20%C3%AAtre,est%20nulle%20de%20plein%20droit (consultée le 13 juin 2022)

1% en Europe et non pas de 15% (englobant les cas d'enfants adultérins, mais aussi d'adoptions cachées, d'échange de bébé à la maternité...)53.

Cependant à l'heure actuelle, il y a un élément essentiel qui fait consensus et qui concerne la confidentialité des données personnelles. Le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD), imposé par l'Union européenne, encadre le traitement des données personnelles mais ne permet pas de protéger celles-ci lorsqu'elles sont stockées sur des serveurs à l'étranger. Ces informations se retrouvent aussi exposées à toutes formes d'exploitations non consenties. Des sociétés bien implantées sur le marché ont d'ailleurs déjà commencé à commercialiser leur base de données en matière de recherches prédictives54, à l'instar de FamilyTreeDNA et sa maison mère Gene By Gene, rachetées en janvier 202155 par MyDNA, une société australienne spécialiste des tests ADN de santé pour le grand public. Nous pouvons citer également 23andMe qui, en 201856, avait été pointée du doigt pour son partenariat avec le géant pharmaceutique GlaxoSmithkline, après un investissement de 300 millions de dollars57 auprès de 23andMe. A noter cependant que ces reventes se font avec l'accord des clients selon l'entreprise, soit 80% des profils actuels.

La Commission européenne, qui a le pouvoir de déterminer sur la base de l'article 45 du règlement UE 2016/679 si un pays hors de l'Union européenne offre un niveau adéquat de protection des données, a reconnu que les données à caractère personnel peuvent circuler de l'Union européenne vers certains autres pays, dont Israël, sans qu'aucune autre garantie ne soit nécessaire. En d'autres termes, les transferts vers ce pays sont assimilés à des transmissions intra-UE de données58. L'activité de MyHeritage, société basée en Israël, pourrait-elle être considérée comme légitime si l'on prend en compte cet avis de la commission européenne ?

Les toutes premières compagnies proposant des tests ADN sont apparues sur le marché au début des années 2000 (2002 pour FamilyTreeDNA, 2006 pour 23andMe, 2012 pour AncestryDNA et 2016 pour MyHeritage). Un grand nombre de français a déjà effectué ce type de tests : estimé entre 100.000 et 200.000 français par an59 !

⁵³ Source : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2016/05/09/enfant-illegitime-a-l-ere-genomique_4916036_1650684.html (consultée le 13 juin 2022)

⁵⁴ Liées aux informations relatives à la santé des individus et de leurs familles

⁵⁵ Source : <https://www.rfgenealogie.com/infos/familytreedna-rachete-par-un-australien-specialiste-des-tests-de-sante> (consultée le 13 juin 2022)

⁵⁶ Source : <https://www.leparisien.fr/societe/loi-bioethique-cinq-questions-sur-les-tests-adn-genealogiques-30-07-2020-8361003.php> (consultée le 13 juin 2022)

⁵⁷ Source : <https://investors.23andme.com/news-releases/news-release-details/23andme-announces-extension-gsk-collaboration-and-update-joint> (consultée le 13 juin 2022)

⁵⁸ Source : https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/international-dimension-data-protection/adequacy-decisions_en (consultée le 13 juin 2022)

⁵⁹ Source : « Quoi de neuf dans la famille ? », Jean-louis Beaucarnot et Nathalie Jovanovic-Floricult, Ed. Buchet-Chastel, 2021.

La généalogie génétique est considérée comme la 3^{ème} révolution généalogique, après la numérisation des archives, qui a su s'imposer comme une méthode de recherche révolutionnaire. Quelle est la position des deux grands sites de généalogie français, Filae et Geneanet, sur ce sujet à l'heure actuelle ? Et comment préparent-ils l'avenir ?

Filae, qui a misé sur l'avenir des recherches en généalogie génétique, a ouvert en avril 2020 une filiale dans le but de commercialiser des tests ADN à destination du grand public (investissement en 2018 de plus d'un million d'euros pour son programme de recherche et de développement). Cette filiale baptisée Origenes Europe OÜ⁶⁰ est basée à Tallinn en Estonie. Ce pays étant membre de l'Union européenne depuis 2004, le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) s'y applique pleinement, y compris pour la commercialisation des tests ADN au grand public qui y est autorisée. En Juillet 2021, le groupe MyHeritage a racheté environ 90% de la société française Filae. Selon son fondateur Toussaint Roze : « l'appui financier et technologique de MyHeritage va permettre de développer plus rapidement et efficacement les services et les données de Filae ». Cela laisse présager un avenir certain et une concurrence de taille dans ce domaine.

Seulement un mois après le rachat de Filae par MyHeritage, Geneanet s'est vu racheté à son tour par l'américain Ancestry. Il s'agit du n°1 mondial de la généalogie avec 120 millions d'arbres généalogiques hébergés, il dispose de la plus grande base ADN généalogique grand public au monde avec 20 millions de profils. Ancestry attachant un soin particulier au respect des lois des pays dans lesquels il opère, la société s'interdit la commercialisation de ses tests ADN en France. Mais depuis mars 2020 et constatant l'intérêt grandissant des français pour la généalogie génétique, Geneanet a développé un service de comparaison ADN permettant l'identification de cousins génétiques. Le principe est le même que celui de Gedmatch, il suffit de transférer les données génétiques brutes obtenues par un test effectué auprès de n'importe quels laboratoires étrangers et de le télécharger sur le site. L'abonnement premium permet d'obtenir l'affichage automatique de l'ancêtre commun des deux cousins qui ont « matché ». Ne s'agit-il pas d'un astucieux moyen de contourner la loi française ?!

⁶⁰ Source : <https://www.rfgenealogie.com/infos/filae-a-ouvert-une-activite-adn-en-estonie> (consultée le 24 mai 2022)

CONCLUSION

Depuis une dizaine d'années, nous constatons une réelle détermination du pôle judiciaire de la gendarmerie nationale à vouloir élucider des affaires non résolues en s'appuyant sur les nouvelles techniques de recherche génétiques. Rappelons la création en octobre 2020 de la division Cold Case renommée, au printemps 2021, la Division des Affaires Non Elucidées ou DiANE. Mais il est indéniable que la méthodologie de la parentèle ne rivalise pas avec celle pratiquée outre-Atlantique au regard du degré de parenté exploité. De plus une loi encadre cette recherche depuis 2016 en la réservant uniquement aux affaires les plus graves pour lesquelles toutes les autres procédures ont été épuisées. Interrogée sur la technique de la parentèle en 2019⁶¹, Déborah Donadille, alors adjointe à la direction génétique de l'Institut de Recherche Criminelle de la Gendarmerie Nationale (IRCGN) déclarait : « Depuis l'affaire Kulik, cette technique a été utilisée dans cinquante à soixante-dix affaires environ, sans que je puisse dire dans combien de cas elle a fait avancer l'enquête ». On peut ainsi naturellement s'interroger sur la pertinence du peu d'outils de recherche génétique mis à la disposition des enquêteurs !

Cette technique de recherche se révèle trop limitée par les cadres légaux actuels, manquant ainsi d'efficacité. Son utilisation soulève d'autres problématiques. En France, le Code pénal prévoit, par son article 434-1⁶², une immunité familiale. Les parents en ligne directe et leurs conjoints, les frères et sœurs et leurs conjoints, ainsi que le conjoint de l'auteur ou du complice qui ont connaissance d'un crime commis par un proche, ne seront pas poursuivis si elles ou ils ne le dénoncent pas. Or, avec la technique de la parentèle, il est tout à fait possible d'identifier dans le FNAEG une personne (en l'occurrence un ascendant ou un descendant) qui, de ce fait, ne pourra pas exercer son droit de dénoncer ou non son proche.

Après la médiatisation de l'affaire du « Golden State Killer » aux Etats-Unis, le premier pays européen à avoir appliqué cette technique de « généalogie d'investigation » a été la Suède. Après une enquête juridique initiée en mai 2018, elle a été rendue légale à partir du 01 janvier 2019. La première condamnation remonte à 2020, il s'agit de celle de Daniel Nyqvist⁶³ un suédois atteint de troubles

⁶¹ Source : <https://www.la-croix.com/France/Justice/LADN-familial-coeur-enquetes-criminelles-2019-11-21-1201061792> (consultée le 21 juillet 2022)

⁶² Source : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000032207673 (consultée le 21 juillet 2022)

⁶³ Source : <https://www.rfgenealogie.com/infos/suede-premier-cold-case-resolu-par-la-genealogie-genetique> (consultée le 02 juillet 2022)

comportementaux reconnu coupable d'un double meurtre commis dans la ville de Linköping en 2004. Malgré l'exploitation de l'ADN retrouvé sur l'arme du crime, de son bonnet découvert dans un kiosque à journaux de la ville et des traces de sang qu'il avait laissées dessus, il n'avait pas pu être identifié à partir des bases de données officielles. C'est seulement, seize ans plus tard, lorsque son ADN fut intégré sur les sites Verogen-GEDmatch et FamilyTreeDNA qu'une correspondance a pu être faite avec l'un de ses frères. Ce dernier ayant autorisé, inconsciemment ou non, l'exploitation de ses données brutes à des fins médico-légales.

Comme nous l'avons vu précédemment, les utilisateurs des sites ADN grand public semblent assez réticents sur ce sujet : sur les 1.4 millions de données partagées sur le site GEDmatch, environ 200.000 utilisateurs auraient accepté de collaborer avec les forces de l'ordre. Début 2020⁶⁴, la société 23andMe a dû licencier 14% de son effectif (soit 100 salariés) dans un contexte de baisse des ventes des tests ADN destinés aux particuliers. Le grand public a-t-il été effrayé par les révélations sur les nouvelles méthodes de recherches policières pour résoudre des crimes non résolus ? Ces bases de données confèrent en effet aux forces de l'ordre de vastes pouvoirs de surveillance du public. Selon Anne E. Wojcicki, cofondatrice du groupe, ces craintes de débordement sont à l'origine des baisses des ventes de kits ADN.

La réserve du grand public peut apparaître comme légitime compte tenu du rythme des révolutions numériques et technologiques que vit notre monde. Nous pouvons prendre pour exemple l'opération de sensibilisation écologique intitulée *The Face of Litter* (le visage des détritrus), montée par l'agence de communication Ogilvy & Mather basée à Hong Kong⁶⁵ en partenariat avec Parabon NanoLabs. Pendant 6 semaines, 4000 tonnes de déchets ont été collectés dans les rues de la ville et ont ensuite été envoyés aux Etats-Unis pour analyse. Les échantillons d'ADN recueillis ont permis de créer, via Snapshot, le phénotypage de chaque individu. Les portraits-robots se sont vu être placardés sur des panneaux d'affichages dans des lieux à forte fréquentation (centres commerciaux, couloir du métro...). Leur portrait-robot accompagnant le type de déchet sur lequel l'ADN a été prélevé.

Cependant, l'utilisation de la généalogie d'investigation a fait ses preuves dans la résolution d'enquêtes en particulier outre Atlantique, et a permis aux familles de faire leurs deuil.

⁶⁴ Source : <https://www.rfgenealogie.com/infos/baisse-des-ventes-de-kits-adn-23andme-licencie> consultée le 02 juillet 2022

⁶⁵ Source : https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/hong-kong-traque-les-responsables-de-detritrus-par-leur-adn_35916 consultée le 21 juillet 2022

Interrogée sur une potentielle utilisation de sa méthode pour résoudre les cas en France, Cynthia « CeCe » Moore se montre optimiste⁶⁶ : « Statistiquement, comme votre population est beaucoup moins importante que celle des Etats-Unis, il vous faudrait une base de données bien plus petite. Avec Gedmatch et ses 1,4 million de profils, nous arrivons à identifier près d'un américain blanc sur deux. Un fichier français avec quelques milliers d'empreintes génétiques serait suffisant pour identifier la majorité des personnes en France. ».

Et si, nous interrogeons directement les bases de données américaines ? En effet, on ne sait pas précisément quelle est la part de Français dans les 32 millions de personnes qui ont effectué ces tests ADN dans le monde en 2020⁶⁷. Mais cette part existe bel et bien !

Selon François-Xavier Laurent de l'Institut National de la Police Scientifique : « contrairement aux Etats-Unis, la France encadre de très près l'utilisation des bases de données génétiques. Mais il y a un flou juridique sur l'utilisation par les forces de l'ordre des bases de données étrangères. Si un jour un magistrat en faisait la demande, il faudrait qu'il obtienne un avis de la Commission nationale consultative des droits de l'homme ». Un avis qui, selon la Commission, n'a encore jamais été demandé...

⁶⁶ Source : <https://www.parismatch.com/Actu/Sciences/Cold-cases-la-Sherlock-Holmes-de-l-ADN-1679167> consultée le 30 janvier 2022

⁶⁷ Source : « Quoi de neuf dans la famille ? », Jean-louis Beaucarnot et Nathalie Jovanovic-Floricourt, Ed. Buchet-Chastel, 2021.

REMERCIEMENTS

Je tenais tout d'abord à saluer tous les membres de l'Université de Nîmes qui m'ont accordé leurs confiances pour cette seconde année de formation : Madame Isabelle Ortega, responsable du pôle de Généalogie, le service UNIFOP, tous les professeurs pour leurs enseignements, leurs envies de partager leurs passions respectives lors des cours à distance et leurs disponibilités et bienveillances lors de notre rencontre durant la semaine d'examen sur le site de l'Université. Une pensée particulière envers Monsieur Stéphane Cosson, notre directeur de recherche, qui nous a laissé libre choix sur notre mémoire et qui a très vite validé ma thématique de recherche en début d'année.

Je voudrais mettre en avant toutes les personnes de notre promotion. Les « anciens » de l'année précédente comme les « nouveaux », avec qui le dialogue reste toujours ouvert et bienveillant. Grâce à cela et à notre passion commune, nous restons en contact via les réseaux sociaux. De belles amitiés se sont créées durant ces deux années, peut-être même que des relations professionnelles se créeront dans l'avenir.

Pour finir, je tenais à remercier ma famille et ma belle-famille qui ont cru en moi et tout particulièrement ma conjointe, Alexia, qui m'a soutenu tout au long de ces derniers mois et qui m'encourage chaque jour à entamer ma reconversion professionnelle dans la généalogie.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

« Quoi de neuf dans la famille ? », Jean-louis Beaucarnot et Nathalie Jovanovic-Floricourt, Ed. Buchet-Chastel, 2021.

<https://www.seattletimes.com/seattle-news/law-justice/investigators-use-dna-genealogy-database-to-id-suspect-in-1987-double-homicide/>

<https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/washington-jurors-hear-final-days-young-bc-couple-killed-1987-1.5176304>

<https://lesjours.fr/obsessions/science-crime-gendarmes/ep2-elodie-kulik-adn/>

<https://learn.familytreedna.com/news/cece-moore-genetic-genealogy-interview/>

<https://www.newyorker.com/magazine/2021/11/22/how-your-family-tree-could-catch-a-killer>

<https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1101967/adn-protrait-robot-meurtres-cuylenborg-cook-saanich>

<https://www.heraldnet.com/news/suspect-arrested-in-1987-deaths-of-young-couple-from-bc/>

<https://www.chroniquesdantan.com/adn-et-genealogie-genetique/retrouver-une-branche-familiale-inconnue-grace-a-ladn-6>

<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/endogamie/29337>

<https://sites.google.com/site/svtblaye/cotten/ac2-0/chapitre-2---pour-en-savoir-plus>

<https://pub.parabon.com/Parabon-Snapshot-Scientific-Poster--ISHI-2016--Blind-Testing-and-Evaluation-of-a-Comprehensive-DNA-Phenotyping-System.pdf>

<https://atlasofscience.org/single-nucleotide-polymorphisms-as-genomic-markers-for-high-throughput-pharmacogenomic-studies/>

<https://snapshot.parabon-nanolabs.com/#phenotyping-how>

<http://site.lookatsciences.com/wp-content/uploads/2017/12/Police-scientifique-NG.pdf>

https://www.assemblee-nationale.fr/rap-oecst/empreintes_genetiques/r3121-1.asp#P263_43128

https://www.cncdh.fr/sites/default/files/16.03.17_avis_portrait-robot_genetique_3.pdf

<https://verogen.com/company/>

https://app.gedmatch.com/Documents/tos_20211230.html

<https://pro.gedmatch.com/about>

<https://www.parismatch.com/Actu/Sciences/Cold-cases-la-Sherlock-Holmes-de-l-ADN-1679167>

<https://techcrunch.com/2020/07/22/gedmatch-investigating-dna-profile-law-enforcement/>

<https://binyamin.net/un-detective-obtient-lacces-une-base-de-donnees-de-test-adn-privée-gedmatch-19110798>

<https://www.senat.fr/leg/lois/1997-1998/l98468.html>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISSUM%3Ajl0005>

<https://www.tueursenserie.org/guy-georges/>

<https://www.lefigaro.fr/actualite-france/2018/08/17/01016-20180817ARTFIG00008-aux-origines-du-fichier-d-empreintes-genetiques-guy-georges-le-tueur-de-l-est-parisien.php>

https://academiesavoie.org/images/discours/communication_j_hebrard.pdf

<https://www.demarches.interieur.gouv.fr/particuliers/fichier-national-automatise-empreintes-genetiques-fnaeg>

<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/all%C3%A8le/2350>

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000032627231>

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000038313865
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000549619>
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000549618>
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000547135>
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000441469>
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000024323102>
[https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89tats_g%C3%A9n%C3%A9raux_\(bio%C3%A9thique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89tats_g%C3%A9n%C3%A9raux_(bio%C3%A9thique))
https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000001006892
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000024324189
https://www.lemonde.fr/societe/article/2018/01/16/comment-arthur-kernalvezen-ne-d-un-don-de-gamete-anonyme-a-retrouve-son-geniteur_5242544_3224.html
<https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000043895848/2021-08-04>
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000227015/#:~:text=%C2%AB%20Le%20m%C3%A9decin%20doit%20respecter%20la,d'accepter%20les%20soins%20indispensables>
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006070721/LEGISCTA000006136513/#LEGISCTA000006136513
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006646195/1982-08-06#:~:text=Aucun%20salari%C3%A9%20ne%20peut%20%C3%AAtre,est%20nulle%20de%20plein%20droit
https://www.lemonde.fr/sciences/article/2016/05/09/enfant-illegitime-a-l-ere-genomique_4916036_1650684.html
<https://www.rfgenealogie.com/infos/familytreedna-rachete-par-un-australien-specialiste-des-tests-de-sante>
<https://www.leparisien.fr/societe/loi-bioethique-cinq-questions-sur-les-tests-adn-genealogiques-30-07-2020-8361003.php>
<https://investors.23andme.com/news-releases/news-release-details/23andme-announces-extension-gsk-collaboration-and-update-joint>
<https://www.rfgenealogie.com/infos/filae-a-ouvert-une-activite-adn-en-estonie>
https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/international-dimension-data-protection/adequacy-decisions_en
<https://www.la-croix.com/France/Justice/LADN-familial-coeur-enquetes-criminelles-2019-11-21-1201061792>
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000032207673
<https://www.la-croix.com/France/Justice/LADN-familial-coeur-enquetes-criminelles-2019-11-21-1201061792>
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000032207673
<https://www.rfgenealogie.com/infos/suede-premier-cold-case-resolu-par-la-genealogie-genetique>
<https://www.rfgenealogie.com/infos/baisse-des-ventes-de-kits-adn-23andme-licencie>
https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/hong-kong-traque-les-responsables-de-detritus-par-leur-adn_35916
<https://www.parismatch.com/Actu/Sciences/Cold-cases-la-Sherlock-Holmes-de-l-ADN-1679167>