



Université d'Evry

Préparer la France au déploiement de la médecine génomique par la formation et l'éducation

Mesure 7 : Disposer des nouvelles compétences et des personnels capables de relever le défi de l'exploitation et de l'interprétation des données

Mars 2019 – version 5.1.2

Table des matières

I.	Préambule	4
A.	Cadre structurel et stratégie pour atteindre les objectifs à terme	4
B.	Le Plan Formation « FMG2025 » en 5 axes de déploiement	5
C.	17 mesures à initier en 2019	7
1.	Caractérisation & labellisation des formations – 2 mesures.....	7
2.	Formations à dispenser – 6 mesures.....	8
3.	Financements & partenariats – 2 mesures	9
4.	Carrières & mobilité – 4 mesures.....	10
5.	Communication et information – 3 mesures	11
II.	Introduction.....	12
III.	La formation, une des clés du succès du plan FMG2025	13
A.	Des besoins complémentaires.....	13
B.	Former les professionnels et le grand public	13
1.	Besoin d’une diversité de compétences	13
2.	Besoin de rapprocher des cultures et de créer un label « formation FMG2025 »	14
3.	Besoin de rendre lisibles les formations et les parcours pour les apprenants et les acteurs du Plan.....	14
4.	S’assurer de l’attractivité du secteur Santé pour certains emplois critiques.....	14
5.	Adapter les formations à la typologie des professionnels en lien avec la médecine génomique.....	15
6.	Former le grand public pour assurer un socle de la confiance au sein de la population en s’articulant avec le monde associatif et la société civile.....	16
C.	Sécuriser et protéger les données de la médecine génomique.....	17
1.	Besoin d’une confidentialité de la donnée.....	17
2.	Besoin d’une filière nationale.....	17
D.	Mettre en conformité.....	18
E.	Transformer les connaissances générées par la médecine génomique en usages innovante .	18
IV.	Etat des lieux des formations au regard des besoins du plan FMG2025	19
A.	Méthodologie	19
B.	Résultats	19
1.	La chaîne de valeur de la médecine génomique	19
2.	Les sept catégories de métiers	21
3.	Les composantes principales des formations	22
4.	Les acteurs à former	23
5.	L’offre de formation	24

C.	Le retour des professionnels du secteur sur les besoins et satisfactions (soin et industrie)	32
D.	Le retour des rapports sectoriels	34
V.	Annexes	35
A.	METIERS DE LA MEDECINE GENOMIQUE (EN COURS)	35
B.	CARTOGRAPHIE 2018 DES FORMATIONS « MEDECINE GENOMIQUE	36
C.	QUESTIONNAIRE DE QUALIFICATION DES FORMATIONS « MEDECINE GENOMIQUE	36
D.	ANALYSE DU QUESTIONNAIRE DE QUALIFICATION 2018 DES FORMATIONS « MEDECINE GENOMIQUE » 37	
E.	BIBLIOGRAPHIE DES RAPPORTS ET TRAVAUX CONSULTES	37

Index des illustrations

Figure 1 - Place proposée pour le Comité de la Formation et de l'Education FMG2025 au sein de l'écosystème Médecine génomique en France	5
Figure 2 - Les 5 axes de déploiement du plan d'action « Formation FMG2025 ».....	6
Figure 3 – Les 4 domaines de formation complémentaires pour un déploiement réussi de la médecine génomique en France	13
Figure 4 – Méthodologie d'étude du groupe de travail « Formation FMG2025 ».....	19
Figure 5 – Chaîne de valeur de la médecine génomique	20
Figure 6 - Composantes principales de formation en lien avec les catégories « cœur de métier » de la médecine génomique.....	22
Figure 7 - Composantes principales de formation en lien avec les catégories « Transverses » de la médecine génomique.....	23
Figure 8 - Acteurs de la médecine génomique devant bénéficier des actions de formation et d'éducation.....	24
Figure 9 - Processus de qualification des formations de Médecine génomique	27
Figure 10 - Catégorie des compétences acquises au travers des formations de médecine génomique	29

Index des tableaux

Tableau 1 - Les 2 mesures pour la caractérisation et la labellisation des formations	7
Tableau 2 - Les 6 mesures pour les formations à dispenser	8
Tableau 3 - Les 2 mesures pour les financements & partenariats	9
Tableau 4 - Les 4 mesures pour les carrières et la mobilité	10
Tableau 5 - Les 3 mesures pour la communication et l'information.....	11
Tableau 6 - Activités d'exercice par famille de métiers constituant la médecine génomique	21
Tableau 7 - Type de formation par région (n=)	25
Tableau 8 - Composante principale de formation en lien avec les catégories « cœur de métier » et « transverses » et Type de formation (n=)	26
Tableau 9 - Comparaison des distributions des composantes principales de formation de la cartographie 2018 et des réponses au questionnaire de qualification.....	28
Tableau 10 - Liste des 10 enseignements les plus et les moins représentés	28
Tableau 11 - Matrice des forces, des faiblesses, des risques et des opportunités de la formation en lien avec la médecine génomique en France	33

Le groupe de travail « Formation »

Le Groupe de travail en charge de la Mesure 7 a été placé sous l'égide de la Conférence des Présidents d'Université. Il est animé par le Dr Patrick CURMI, Président de l'Université d'Evry Val-d'Essonne et s'appuie sur les compétences de Pierre TAMBOURIN, ancien Directeur général de Genopole et conseiller de l'Université et de Ronan BOULME, consultant en santé numérique. Il est enrichi par les responsables formation des deux premières plateformes de séquençage, du CReFIX et des représentants des ministères de la santé et de l'enseignement supérieur. Le groupe a mené ses travaux en s'attachant à ce que la France puisse disposer de formations apportant l'ensemble des compétences répondant à ces enjeux et défis.

I. Préambule

[La cartographie que nous avons réalisée en 2018](#) démontre qu'il existe en France une offre riche et diversifiée de formations en lien avec la médecine génomique, avec une redondance certaine autour de quelques thématiques.

[Néanmoins l'analyse pour qualifier les formations cartographiées](#) met en évidence le besoin de caractériser plus avant le contenu détaillé de nombre d'éléments de formation initiale ou continue afin d'identifier au mieux les éventuels manques au regard des besoins du Plan FMG 2025.

Ce travail de cartographie et de qualification doit aussi être pensé en considérant l'évolution des métiers, eux-mêmes contraints par l'évolution des technologies omiques et les découvertes scientifiques, mais par l'organisation du parcours de soin et du contexte de l'emploi qui peuvent également évoluer rapidement. Cela oblige à prévoir d'emblée une bonne adaptabilité et mobilité des personnels, en place et ceux à recruter.

Nous proposons de plus la mise en place d'un label « *FMG2025* » pour les formations de spécialité liées à la médecine génomique pour les grandes composantes « Métier » de la chaîne de valeur. Cela représenterait une réelle plus-value par sa capacité à apporter une visibilité aux acteurs du secteur et une plus grande réactivité pour adapter les contenus de ces formations.

A. Cadre structurel et stratégie pour atteindre les objectifs à terme

Notre vision est que pour assurer une structuration pérenne et évolutive des formations nécessaires au succès du plan, il faut constituer un Institut (*hors murs*) des Formations et des Carrières de la Médecine Génomique dont la charge sera d'animer et de faciliter le déploiement des mesures proposées selon les cinq axes décrit dans la partie B ci-après.

De plus nous recommandons de mettre en place un « *Comité de Formation et de l'Education FMG2025* » constitué de personnalités venant d'horizons transverses, se réunissant régulièrement et doté de moyens pour agir sur les volets suivants :

- Coordonner les missions et tâches des différents acteurs de formation d'intérêt à l'échelon local, national voire international
- Définir des parcours professionnels en considérant des passerelles pour faciliter les conversions et la mobilité des personnels déjà en poste. Cette démarche aiderait dans un premier temps à faire face aux tensions pour le recrutement dans les premières années de déploiement du Plan
- Optimiser et proposer des mutualisations de ressources (*y compris RH pour recruter correctement sur les métiers en tension*), avec une vision inter-établissements sur la base de parcours établis conjointement avec le Plan. Il en serait de même pour faciliter les échanges et les enseignements inter-programmes nationaux de médecine génomique
- Réviser à intervalle régulier (*ou au fil de l'eau en cas de besoin imminent*) les besoins de formation visant les compétences, les métiers en devenir, les réglementations à respecter ou les évolutions technologiques à maîtriser.

Le Comité aura un rôle facilitateur pour faire émerger et diffuser avec les partenaires d'enseignements existants (CPU, CTI, CGE) :

- ➔ *Les formations initiales dites de spécialité ou de cœur de métier*
- ➔ *Les formations continues pour l'acquisition des compétences mixtes et transverses sur des segments spécifiques de la chaîne de valeur de la médecine génomique*

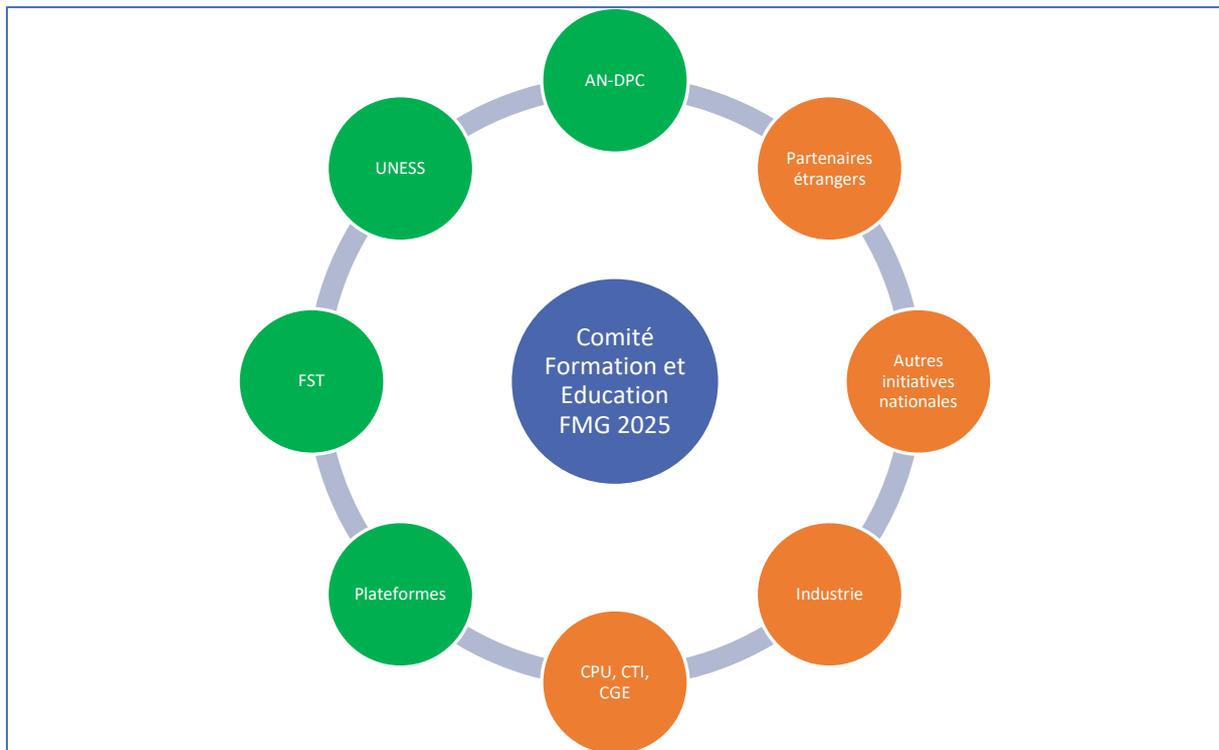


FIGURE 1 - PLACE PROPOSEE POUR LE COMITE DE LA FORMATION ET DE L'ÉDUCATION FMG2025 AU SEIN DE L'ÉCOSYSTEME MEDECINE GENOMIQUE EN FRANCE

B. Le Plan Formation « FMG2025 » en 5 axes de déploiement

A ce jour, notre groupe appelle à un effort de formation, d'éducation et de support des carrières à travers cinq axes de déploiement complémentaires nécessaires et indispensables au succès du plan.

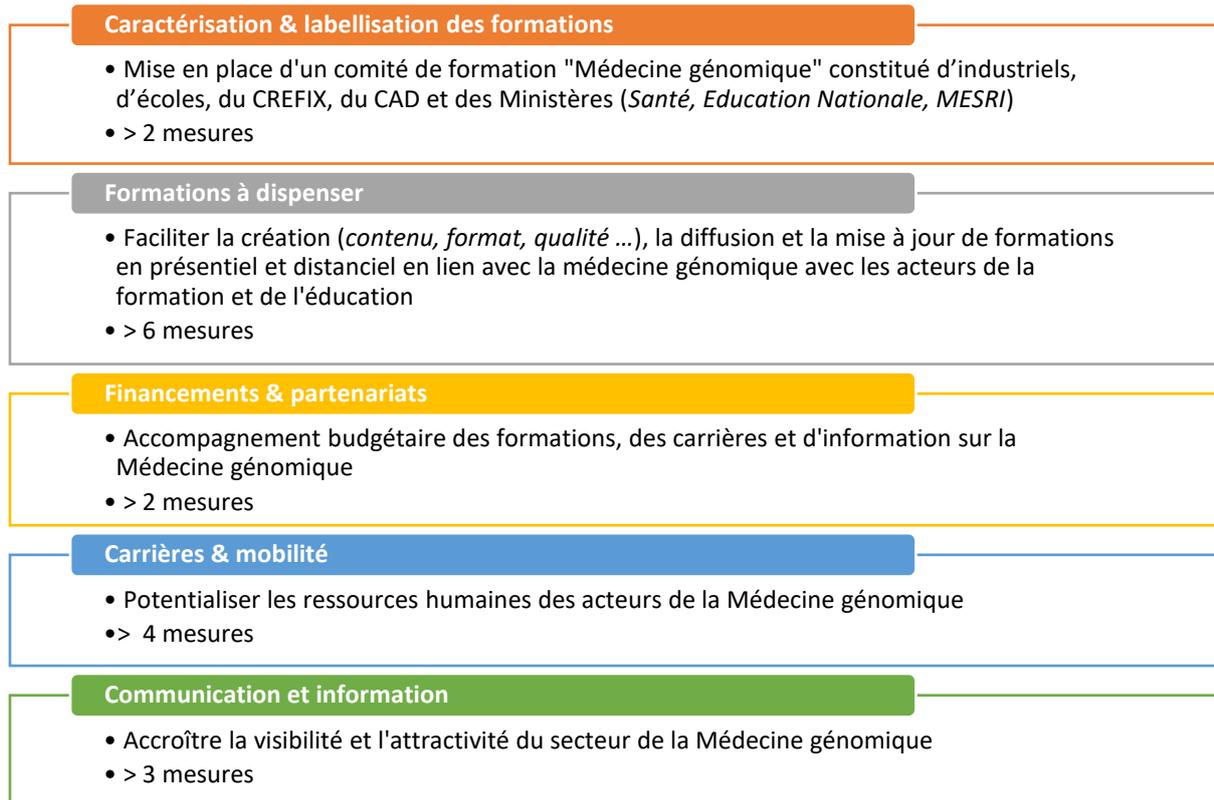


FIGURE 2 - LES 5 AXES DE DEPLOIEMENT DU PLAN D'ACTION « FORMATION FMG2025 »

C. 17 mesures à initier en 2019

1. Caractérisation & labellisation des formations – 2 mesures

Coordonner, Labelliser, Certifier les formations "Médecine génomique"

- *Créer un " Comité des formations et de l'éducation FMG2025 " en charge de coordonner les acteurs de l'enseignement et professionnels du secteur pour la cancérologie, les maladies rares, la biologie moléculaire, la génétique humaine, la statistique inférentielle, l'intelligence artificielle*
- *Attester par un Label " FMG 2025 - Education " la conformité des formation Médecine génomique à une charte et des critères définis par le Comité des formations*
- *Le Label "FMG 2025 - Education" sera certifié par un tiers de confiance, gage d'impartialité et de transparence*

Mettre en œuvre un registre dynamique des formations "Médecine génomique". Déclarer dans le DNPC la médecine génomique comme " Orientation prioritaire ".

- *Le registre référencera l'ensemble des formations disponibles en France et apportera les détails sur leurs composantes principales, techniques, fonctionnelles et transverses ainsi que le nombre d'étudiants formés afin de répondre aux besoins de la médecine génomique à l'instant t, tout en anticipant les besoins pour un temps +1 ou t+n*
- *La notion d'orientation prioritaire sera déclaration se fera auprès de l'Agence Nationale DPC (Développement Professionnel Continu)*

TABLEAU 1 - LES 2 MESURES POUR LA CARACTERISATION ET LA LABELLISATION DES FORMATIONS

2. Formations à dispenser – 6 mesures

Accroître le vivier de médecins pour dispenser la médecine génomique	<i>Faciliter la formation des médecins étrangers notamment francophones à la médecine génomique</i>
	<i>Apporter des notions de génétique, d'oncogénétique et d'onco-hématologie aux médecins de famille et aux accompagnants</i>
	<i>Formation Continue des professionnels du privé de biologie moléculaire pour accompagner le secteur public dans le rendu et validation des comptes-rendus biologiques afin de répondre à la montée en charge du pipeline</i>
Mutualisation des ressources d'enseignement	<i>Pour les doubles compétences bio et informatique, labo et informatique, clinique et informatique, génétique et informatique</i>
	<i>De même en dehors de toute double compétence (master et études médicales ou pharmaceutiques par exemple)</i>
	<i>Dupliquer la formation de Conseiller génétique de l'Université d'Aix-Marseille (seule formation en France aujourd'hui)</i>
Renforcer les compétences techniques et fonctionnelles des Masters. Développer des formations d'ingénieurs biologie-informatique	
Créer des formations à bac +2 et 3	<i>BTS "Dry-Wet Lab" : Techniciens de labo pour prendre en charge les échantillons du NGS pour un premier niveau de support dans les labo</i>
	<i>Licence pro "Bio-Analyse" un enseignement plus poussé en bio-info complétant la formation BTS "Dry-Wet Lab"</i>
Développer des formations affaires réglementaires de santé numérique (DMDIV, pipelines bioinfo., IA)	
Encourager et favoriser la reconnaissance des formations au niveau Européen en vue d'un CE des diplômés	

TABLEAU 2 - LES 6 MESURES POUR LES FORMATIONS A DISPENSER

3. Financements & partenariats – 2 mesures

Prévoir un budget annuel "Alternance" pour favoriser l'attractivité de la médecine génomique en

- **Bioanalyse** (bio-informatique, biostatistique, curation des données),
- **Informatique** (big data, DevOps, ingénieurs en programmation, cyber sécurité ...),
- **Mathématiques appliquées** (algorithmie, cryptographie, calculs répartis, recherche opérationnelle, cloud computing ...) et
- **Conseil en génétique**

Financer au niveau national les formations de médecine génomique

Mettre en place un fond d'amorçage pour de nouvelles formations "médecine génomique" (notamment contributions "in-kind" des industriels

Développer une société coopérative d'intérêt collectif (SCIC) pour la formation et l'alternance et pour assurer des tâches requérant des personnels hautement qualifiés à travers du mécénat de groupes industriels (détachement de personnels en informatique (programmation, big data ...), mathématiques, physique, data science ...)

- >> *permet de ne pas grever le budget des plateformes et structures de soin*

TABLEAU 3 - LES 2 MESURES POUR LES FINANCEMENTS & PARTENARIATS

4. Carrières & mobilité – 4 mesures

Faciliter l'exercice de la génétique médicale

- *Ne pas fixer un nombre de postes ouverts pour la formation de spécialité de génétique médicale voire de biologie médicale des médecins (idem pour l'onco-hématologie).*
- *Faire reconnaître les plateformes de séquençage pour l'accueil des stages d'internes (DES, FST) (avec financement par les ARS)*

Standardiser l'évaluation des compétences et d'orientation des personnels (idem APEC pour les cadres)

- *Assurer la captation des personnels avec un potentiel de compétences en médecine génomique et exclus de la Loi Sauvadet*

Mettre en place des plans de carrières sur la base d'une modularisation des compétences (GPEEC)

- *>> facilite le déploiement et la mobilité des personnels au sein des structures publiques et privées*

Faire reconnaître l'ensemble des métiers de la médecine génomique au répertoire des métiers de la fonction publique hospitalière (en indiquant les métiers en tension) et au sein des structures hospitalières

TABLEAU 4 - LES 4 MESURES POUR LES CARRIERES ET LA MOBILITE

5. Communication et information – 3 mesures

<p>Attirer les futurs étudiants vers la médecine génomique</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Accroître la visibilité du secteur et des filières professionnelles auprès des lycéens et des collégiens</i> • <i>Valoriser les partenariats établissements scolaires / labo pour accueillir les élèves de 3^{ème}, 2^{nde}</i>
<p>Acceptation de la médecine génomique auprès de la population française</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sonder la population française sur la médecine génomique (1X/an pendant 5 ans)</i> • <i>Etudier la compréhension des facteurs qui influencent l'opinion des patients pour l'utilisation des données génomiques en recherche ou pour leur prise en charge médicale génomique</i> • <i>Mettre en œuvre des contenus d'information sur la médecine génomique et les diffuser à travers des partenaires proches du public (musées liés aux sciences, médias ...)</i> • <i>Favoriser des actions sur l'ensemble du territoire qui feront le lien avec le secteur extrahospitalier - Intégrer les associations de malades et usagers du système de santé</i>
<p>Renforcer l'image "FMG2025 Education"</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Mettre en place d'un site web dédié et outils de communication connexes (App smartphone/tablette - réseaux sociaux via channels « santé », « formation »)</i> • <i>Organiser des hackathons internationaux (génétique et bio-informatique génomique)</i>

TABLEAU 5 - LES 3 MESURES POUR LA COMMUNICATION ET L'INFORMATION

II. Introduction

Le 17 juillet 2017, le Premier Ministre, Mr Edouard Philippe, proclamait officiellement¹ le nom des deux premiers consortiums, SeqOIA et AURAGEN, à qui étaient confiés la gestion des premières plateformes de séquençage à très haut débit.

Les enjeux et défis principaux du plan France Médecine Génomique 2025 (*FMG 2025*) furent rappelés lors de cette annonce (*voir note de bas*) :

- Adjoindre à la recherche classique et de manière inédite, la médecine génomique dans la démarche clinique et le parcours de soins,
- Répondre à quatre défis principaux engendrés par l'avènement de la médecine génomique : i) défi sanitaire permettant une prise en charge plus personnalisée diagnostique et thérapeutique, ii) défi scientifique et clinique pour rendre fluide et cohérente la chaîne allant de l'exploration des pathologies au bénéfice pour le patient, iii) défi technologique nécessitant le rapprochement des sciences de la vie et de la santé aux NTICs² et enfin iv) défi économique appelant à structurer toute une filière industrielle,
- Tenir compte de la dimension éthique, garante du respect absolu de l'usage et de l'intégrité des données tirées de l'étude du génome de chaque patient.

¹ <https://www.gouvernement.fr/partage/9345-plan-france-medecine-genomique-2025-discours-d-edouard-philippe>

² NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

III. La formation, une des clés du succès du plan FMG2025

A. Des besoins complémentaires

Réussir la formation pour réussir le plan suppose de couvrir les besoins de quatre domaines complémentaires :

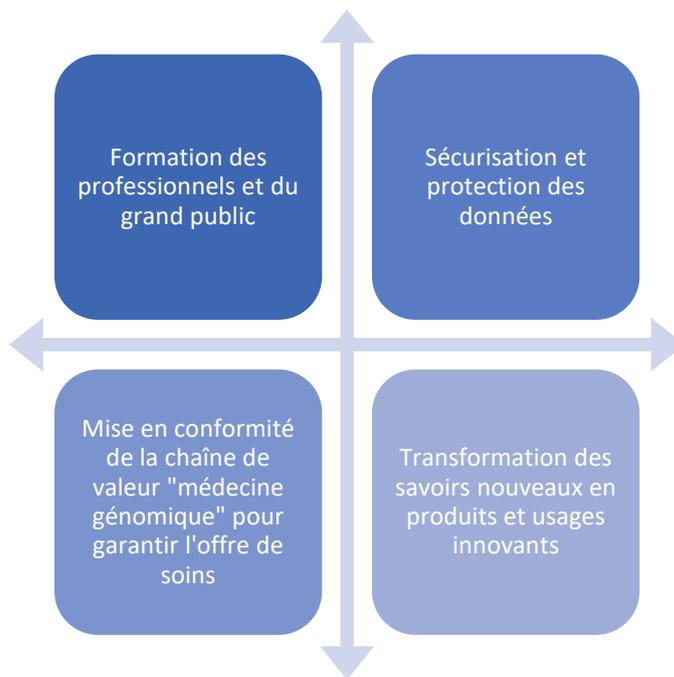


FIGURE 3 – LES 4 DOMAINES DE FORMATION COMPLEMENTAIRES POUR UN DEPLOIEMENT REUSSI DE LA MEDECINE GENOMIQUE EN FRANCE

Réussir la formation est un enjeu critique. Certains aspects concernent directement l'État, car ils relèvent de la souveraineté nationale. Ils sont identifiés dans ce document par cet icône 

B. Former les professionnels et le grand public

Cette mission s'appuie sur un certain nombre de fondamentaux propres au caractère transversal de cette nouvelle offre de soins. Ces fondamentaux se traduisent en besoins tels que présentés ci-dessous.

1. Besoin d'une diversité de compétences

La mise en place d'une nouvelle offre de soin appuyée par la connaissance des génomes individuels, de leurs expressions, et de leurs modifications, sources de pathologies immédiates ou futures, suppose de disposer au-delà des compétences « cœur de métier » liées au prélèvement et au traitement des échantillons patients, d'un panel d'autres compétences indispensables au fonctionnement de la chaîne de valeur qui débute par la prescription d'un séquençage et aboutit aux conseils prodigués en retour par le médecin au patient et comportant des mesures préventives ou des traitements curatifs spécifiques, le tout enrichi ou non d'un accompagnement sur la durée.

2. Besoin de rapprocher des cultures et de créer un label « formation FMG2025 »

Les personnes ayant les compétences ou exerçant les métiers nécessaires au bon fonctionnement du plan FMG2025 n'ont pas toujours la culture, le langage ou la proximité appropriés et propices au fonctionnement fluide que ce plan appelle.

Il nous est clairement apparu qu'un enjeu propre à cette mesure 7 est de rapprocher les cultures de celles et de ceux qui devront contribuer au succès du plan. À notre sens, un des moyens est de créer un label « Formation FMG2025 » qui permettra à la fois d'apporter un gage de confiance aux recruteurs qui opèrent les plateformes et toutes les activités connexes et de créer un forum pour que les porteurs de formation se rencontrent à échéance régulière pour actualiser ou faire évoluer leur offre. Cette façon d'opérer existe ailleurs pour les formations en cybersécurité qui ont créé le label « *SecNumEdu* » mis en place par l'Agence Nationale de Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI) et les professionnels du secteur³.

3. Besoin de rendre lisibles les formations et les parcours pour les apprenants et les acteurs du Plan

L'offre de formation FMG2025 doit être présentée comme un outil pratique pour répondre aux intérêts des lecteurs présents et à venir venant de différents horizons, qu'ils soient apprenants, fournisseurs de formation, opérateurs de plateforme, praticiens hospitaliers ou de ville, acteurs public ou porteurs de solutions industrielles.

L'objectif est que chacun y trouve des éléments permettant de mesurer sa maturité sur les technologies et les concepts de la médecine génomique et de faciliter l'adoption de cette nouvelle médecine par le public et les opérateurs français.

L'offre de formation initiale (*Licence, Master, diplôme d'ingénieur, DUT...*) ou continue (*acquisition de certificats, blocs de compétences, DU*) doit ainsi être claire pour les étudiants, quel que soit leur statut quant aux prérequis, aux compétences acquises et aux débouchés, notamment au sein de la chaîne de valeur FMG2025.

De la même façon, pour les recruteurs, il est essentiel de présenter pour chaque diplôme ou certificat, la nature et l'étendue des compétences acquises, majeure et éventuellement mineure.

- Dans un domaine en évolution rapide, une modularisation des diplômes par bloc de compétences et la mise en place de plans de carrières sont à considérer pour offrir la lisibilité aux étudiants.

4. S'assurer de l'attractivité du secteur Santé pour certains emplois critiques

Pour assurer le succès du plan FMG2025, il faudra disposer de personnes formées et hautement compétentes dans les secteurs de l'informatique, de l'analyse des données, de la sécurité et de la conformité.

Ces métiers étant d'ores et déjà en tension, cela pose la question des moyens à mettre en œuvre par l'État ou en partenariat pour s'assurer que le secteur Santé a la capacité d'attirer ces

³ <https://www.ssi.gouv.fr/entreprise/formations/secnumedu/>

collaborateurs. Cela devra passer par des plans de carrière, l'assouplissement des règles de recrutement et de rendre attrayantes les rémunérations au regard de ce que peut offrir la concurrence pour des projets d'autre nature.

❖ **L'attractivité du secteur Santé pour certains emplois un enjeu critique pour l'État**



5. Adapter les formations à la typologie des professionnels en lien avec la médecine génomique

Pour les professionnels de santé, les formations devront répondre à l'émergence de nouveaux métiers dans les domaines du laboratoire, de la clinique, des conditions du remboursement de l'offre de soin et de la recherche.

Pour les industriels les besoins se feront dans deux cercles distincts, ceux des domaines life sciences, diagnostic et pharmaceutique d'une part et ceux touchant aux questions de transport sécurisé des données, du logiciel et de l'IA, de la conformité et de la standardisation des procédures.

a. *S'assurer de l'existence de formations dédiées aux personnels en charge du cœur de métier*

La médecine génomique requiert des personnels formés aux dernières technologies à haut-débit dites « omiques » (*séquençage, transcriptomique, protéomique*), en complément de ceux formés aux autres outils de biologie moléculaire plus classiques qui sont eux plus adaptés à l'exploration à petite échelle du fonctionnement des systèmes biologiques et leurs dérèglements pathologiques.

Ces formations aux technologies omiques doivent être dispensées de manière standardisée pour appuyer le fonctionnement des plateformes sur l'ensemble du territoire tout en s'assurant également que les personnels de santé aient accès à une offre de formation continue leur permettant de s'adapter à la constante évolution des connaissances et des technologies.

b. *Former un nombre adéquat de personnels de santé compétents pour la médecine génomique dans un contexte de tension sur certains métiers critiques*

La médecine génomique repose pour beaucoup sur la génétique et l'informatique - bio-informatique incluse.

Informatique et bio-informatique sont déjà des métiers en tension alors même que nous ne traitons aujourd'hui que quelques milliers de génomes. Cela est également vrai pour les médecins généticiens ou pour certaines compétences (*par exemple l'unification du développement logiciel et de l'administration des infrastructures informatiques, notamment l'administration système*⁴).

⁴ Définition du DevOps : Désigne une communauté réunie autour de pratiques visant à réduire l'écart entre les personnes qui développent un produit ou un service, et celles qui sont chargées de l'héberger, l'opérer, le surveiller, etc. Par exemple, les équipes de développement sont alertées et mobilisées sur tous les incidents de production. Source : <https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2018/11/guide-securite-numerique-agile-anssi-pa-v1.pdf>

- Une attention particulière doit être portée au nombre de personnes à former dans ces domaines. La connaissance de ce nombre ne peut s'appuyer que sur une remontée des besoins des plateformes et de toute la chaîne de valeur aujourd'hui et demain.

c. *Des compétences pour rendre compatible l'écosystème d'information médicale avec le big data et l'intelligence artificielle pour une interprétation des données de qualité*

Les technologies « omiques » produisent des volumes massifs d'informations. Pour leur donner du sens et s'assurer de la qualité des préconisations qui en découlent ou en découleront (*les solutions peuvent arriver bien après la découverte de marqueurs associant un état pathologique ou un risque à d'éventuelles mesures préventives ou thérapeutiques*), elles doivent être mises en perspective avec les autres données du système d'information de santé et les bases de connaissance existantes. Cette mise en perspective requiert au préalable une structuration informatique et technique des données « omiques » avant toute analyse par les méthodes usuelles d'inférence statistique mais aussi avec les nouvelles technologies d'intelligence artificielle.

- L'analyse des données de santé par des spécialistes du Big data et d'IA pour être de qualité, doit être réalisée par des personnes ayant aussi une expérience de la recherche clinique, et une connaissance de ce qu'est la biologie/médecine pour concevoir et mettre en place des systèmes informatiques adaptés.

6. *Former le grand public pour assurer un socle de la confiance au sein de la population en s'articulant avec le monde associatif et la société civile*

S'agissant d'un nouveau parcours de soins dont les fondamentaux peuvent être source de confusion (*confusion génome/OGM*) et touchant au moi intime des individus, de leurs ascendants et descendants et de surcroît susceptible de déboucher sur des révélations non attendues (*origines, paternité...*), il est critique que la population française se familiarise dès le collège avec la notion de médecine génomique.

Ces formations doivent aussi exposer très clairement les notions de consentement éclairé, les termes que recouvre la notion de sécurisation des données et aborder la question des moyens mis en œuvre pour prévenir toute discrimination qui pourrait être fondée sur la présence de caractères génomiques particuliers (*voir à titre d'exemple les dispositions prises par le congrès américain au titre du « Genetic Information Non-discrimination Act of 2008 »*⁵).

- La formation et l'éducation de la population à la notion de médecine génomique doit faciliter l'adoption de cette nouvelle discipline médicale en tant que parcours de soin usuel.
- Il s'agit aussi d'instaurer une confiance, prévenant les barrières socio-culturelles, envers la recherche clinique qui doit s'appuyer sur ces données génomiques
- Il semble utile de considérer associer en tant que force de proposition les « usagers du système de santé » notamment ceux représentés par les associations de malades. Cela passera nécessairement par une formation didactique sur la médecine génomique, ses usages et ses bénéfices.

⁵ <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-122/pdf/STATUTE-122-Pg881.pdf>

❖ **La formation du grand public est un enjeu critique pour l'État**



C. Sécuriser et protéger les données de la médecine génomique

1. Besoin d'une confidentialité de la donnée

La protection des données personnelles issues des omiques est un enjeu majeur au même titre que l'éthique de la donnée pour instaurer une confiance des patients et de la population en général.

- Les besoins organisationnels et techniques en sécurité de l'information, incluse la cybersécurité, sont primordiaux pour accompagner le déploiement de la médecine génomique tout comme les initiatives nationales d'intelligence artificielle et de big data.

2. Besoin d'une filière nationale

Il faut séquencer en France et stocker les données en France pour asseoir la souveraineté nationale dans les domaines du soin et de la recherche.

En effet, le déploiement de la médecine génomique ne se fera qu'en conjuguant les moyens directs de traitement des échantillons avec des capacités conséquentes de traitement des données. Le résultat en sera une offre de soin radicalement nouvelle ouvrant la possibilité de s'enquérir à l'échelon individuel du passé d'un patient (*hérédité ou trait acquis au cours de sa propre histoire*) ou de son futur pour éventuellement en modifier le cours prédictible et éviter des accidents de vie par des mesures préventives ou des traitements ad hoc.

Il faut néanmoins avoir à l'esprit que ces perspectives, qui sont crédibles tant les technologies sont matures et que les cohortes conséquentes, nécessitent encore pour nombre d'affections des recherches intenses avant d'aboutir aux « applications patient ». Ces recherches devront s'appuyer sur des analyses en génomique comparée faisant appel, hormis les cas les plus simples d'affections monogéniques, à l'évaluation en parallèle de milliers voire de dizaines ou centaines de milliers de génomes. La maîtrise de la propriété intellectuelle dans le domaine de la médecine génomique ne sera possible que si l'on a la capacité de séquencer, d'analyser et stocker l'ensemble des échantillons et des données « *patient* » en France.

- Il est ainsi du devoir de la nation de constituer ces banques d'échantillons et ces bases de données génomiques structurées. Elles auront la double utilité de servir les patients avec ce que l'on sait à un instant donné et d'alimenter le portefeuille de savoirs source des applications de demain. À défaut, c'est non seulement une offre de soin que nous devrions aller acheter chez nos voisins les plus avancés, mais cela serait également se couper de ce qui nourrit la recherche fondamentale et appliquée dans le domaine.

❖ **Séquencer et stocker les données en France est un enjeu pour l'État**



Pour mémoire, le socle de la médecine génomique s'appuie sur l'analyse de volumes de données de plus en plus conséquents. Ainsi, en Angleterre, le projet « 100'000 genomes » a été finalisé⁶ et l'annonce d'un nouvel objectif de cinq millions de génomes sur les cinq prochaines années a été faite⁷. Aux Etats-Unis, le projet « All of Us » du NIH vise quant à lui la mise en place d'une cohorte de plus d'un million de participants⁸ pour développer la médecine de précision (*PMI, precision medicine initiative*).

D. Mettre en conformité

La médecine génomique attendue par ce Plan doit être intégrée dans la démarche clinique et le parcours de soins, comme le furent les précédentes évolutions technologiques. Cela entend d'accréditer aux normes ISO en vigueur le résultat délivré aux patients pour cette nouvelle médecine issue d'une discipline (la génétique et sciences connexes) encore très axée sur la recherche. Deux volets sont à considérer :

- La mise en conformité de la médecine génomique par des personnels à former aux référentiels d'accréditation (*ISO 15189*⁹) adaptés à cette nouvelle discipline médicale et devant disposer d'un socle commun de connaissances en informatique, sur l'analyse des données et la biologie.
- Cela nécessite également de disposer de personnes capables d'auditer et de certifier les outils d'analyse des données génomiques en tant que dispositifs médicaux à part entière dans le cadre de la nouvelle réglementation européenne¹⁰.

E. Transformer les connaissances générées par la médecine génomique en usages innovante

Au-delà du service direct aux patients ouvert par cette possibilité inédite de prédire très en amont de toute pathologie et le cas échéant de prévenir puis de guérir, les données générées par la chaîne de valeur « médecine génomique » vont constituer un corpus propre à faire émerger de nouvelles connaissances qui seront utiles au développement de futures méthodes prédictives, préventives ou thérapeutiques qui élargiront son socle de pertinence et d'application.

- La formation d'ingénieurs et de techniciens possédant une double compétence en biologie et en informatique, ayant la capacité à interagir avec des médecins et des biologistes permettra le développement d'une filière nationale associant les services de soins, de recherche et de développement, des secteurs public et privé.

⁶ <https://www.genomicsengland.co.uk/the-uk-has-sequenced-100000-whole-genomes-in-the-nhs/>

⁷ <https://www.genomicsengland.co.uk/matt-hancock-announces-5-million-genomes-within-five-years/>

⁸ <https://allofus.nih.gov/>

⁹ <https://www.iso.org/fr/standard/56115.html>

¹⁰ [https://www.ansm.sante.fr/Activites/Mise-sur-le-marche-des-dispositifs-medicaux-et-dispositifs-medicaux-de-diagnostic-in-vitro-DM-DMIA-DMDIV/Nouveaux-reglements-europeens-pour-les-dispositifs-medicaux/\(offset\)/0](https://www.ansm.sante.fr/Activites/Mise-sur-le-marche-des-dispositifs-medicaux-et-dispositifs-medicaux-de-diagnostic-in-vitro-DM-DMIA-DMDIV/Nouveaux-reglements-europeens-pour-les-dispositifs-medicaux/(offset)/0)

IV. Etat des lieux des formations au regard des besoins du plan FMG2025

A. Méthodologie

Pour réaliser cet état des lieux, nous avons déployé une méthode articulée en quatre phases, décrite ci-dessous.

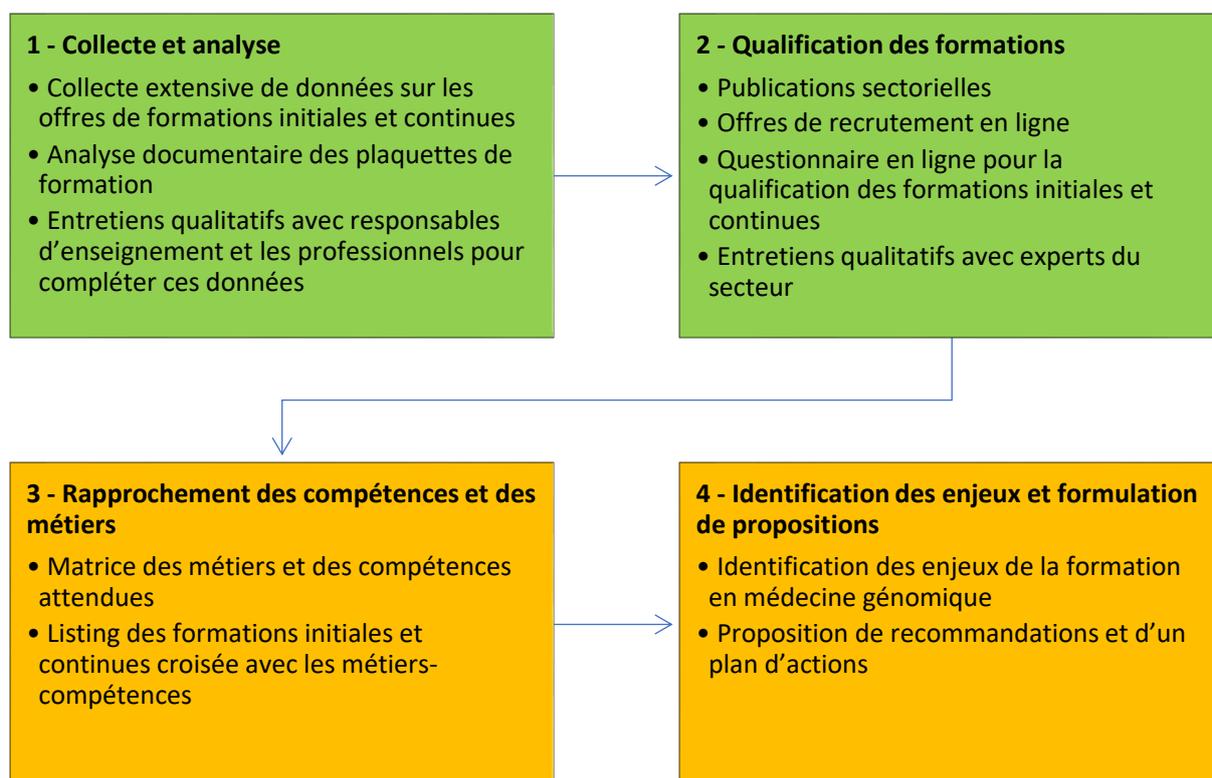


FIGURE 4 – METHODOLOGIE D'ETUDE DU GROUPE DE TRAVAIL « FORMATION FMG2025 »

B. Résultats

1. La chaîne de valeur de la médecine génomique

Afin d'identifier les formations en lien avec la médecine génomique, nous nous sommes appuyés sur sa chaîne de valeur en notant à chaque étape les catégories de métiers, leurs composantes et les acteurs. Cela nous permet de proposer une organisation lisible des actions et l'identification d'étapes-métiers sous-jacents. Le schéma suivant est utile également pour planifier et implémenter l'accréditation et l'automatisation de la médecine génomique. Le but à atteindre est une offre duale de services à la clinique (diagnostic et offre de soins) et à la recherche.

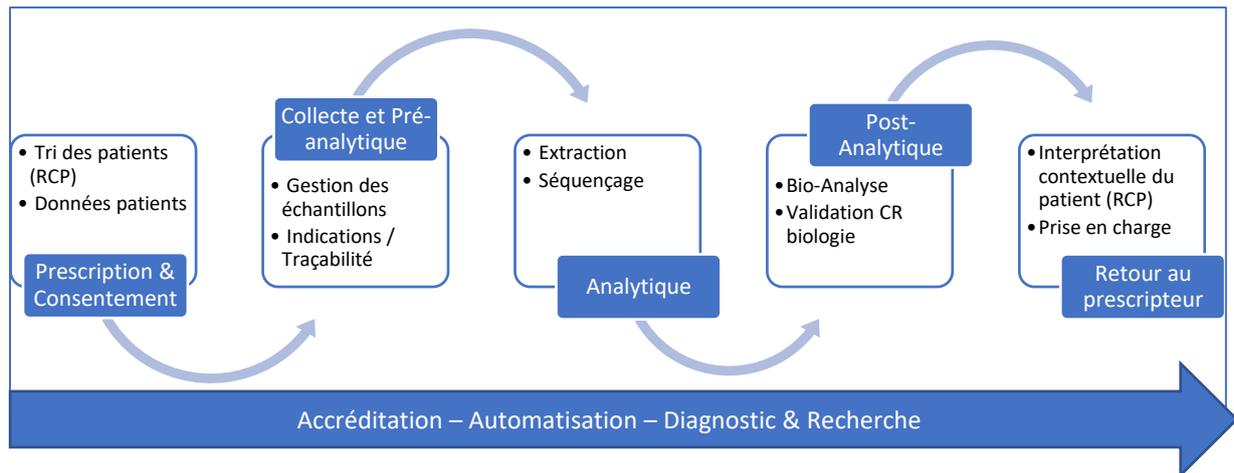


FIGURE 5 – CHAÎNE DE VALEUR DE LA MÉDECINE GÉNOMIQUE

La chaîne de valeur de la médecine génomique comporte comme le montre ce schéma une série d'étapes séquentielles :

- *Inclusion d'un patient* - Cela consiste à sélectionner les patients éligibles à un test génomique, au travers d'une revue de leur dossier médical par une équipe pluridisciplinaire (Réunion de Concertation Pluridisciplinaire (RCP¹¹)), leur information et le recueil du consentement préalable à la réalisation d'un test génomique.
- *Collecte d'échantillon et son traitement* - Après cette étape se pratiquent, la collecte, la logistique et le traitement pré-analytique des échantillons recueillis. Les échantillons sont ensuite analysés à l'aide des technologies omiques. Les données générées vont alors être traitées à l'aide d'algorithmes de bio-analyse pour mettre en évidence, en s'appuyant sur des bases de connaissances, les variations génomiques présentes. Ces données sont validées techniquement et biologiquement par des généticiens et des biologistes médicaux puis agrégées aux autres données médicales du patient par une nouvelle RCP qui acte alors une stratégie de traitement la plus adaptée au patient.
- *Retour au patient* - Les résultats et la proposition de traitement sont présentés au patient et à ses référents si besoin lors d'une consultation avec un médecin et un conseiller en génétique. Le patient qui accepte les conseils préventifs ou thérapeutiques est alors inclus dans une cohorte de suivi d'efficacité. Les données de suivi permettent d'adapter les conseils préventifs ou les traitements préconisés et peuvent apporter des éléments supplémentaires de connaissance sur la réponse au traitement et l'évolution de la pathologie. Il est possible de considérer qu'un nouveau test génomique soit prescrit pour évaluer la disparition ou l'émergence de nouveaux variants génétiques (cas des cellules tumorales par exemple).
- *Connexion de la chaîne de médecine génomique à la recherche* - L'ensemble des données des patients, tant cliniques que génomiques, est aussi utilisé dans une démarche

¹¹ https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_2806878/fr/reunion-de-concertation-pluridisciplinaire

de recherche selon des critères stricts de confidentialité, de protection et de sécurité des données tels que définis par la Loi et les règles éthiques.

2. Les sept catégories de métiers

Nous avons dénombré sept catégories de métiers qui permettent de couvrir l'ensemble du cadre d'exercice de la médecine génomique, telles que présentées dans le tableau ci-dessous.

Catégorie de Métiers	Cadre d'exercice
Clinique	<ul style="list-style-type: none"> • Consultations • Dossier clinique • Sélection des patients • Réunion de Concertation Pluridisciplinaire (RCP) • Décision et conseil génomique • Mise en œuvre de thérapies personnalisées
Laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> • Collecte, réception, stockage, traçabilité et préparation des échantillons • Séquençage et production des données brutes
Bio-analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Alignement et contrôle de qualité des données brutes produites • Analyse bio-informatique automatisée (pipelines) • Analyse bio-informatique spécifique (curation) • Validation technique et biologique des résultats (compte-rendu biomoléculaire)
Traitement des données	<ul style="list-style-type: none"> • Modélisation simple (statistique/biostatistique, épidémiologie) • Intelligence artificielle (machine learning, deep learning) • Analytics (Data visualization, Big Data)
Informatique	<ul style="list-style-type: none"> • Architecture et maintenance du système d'information • Dossier médical informatisé • Interfaçage des données de laboratoire dont les données de séquençage (LIMS) • Sécurisation des données et gestion des accès • Architecture des bases de données pour données massives • Sauvegarde des données • Programmation, intégration, mise en production, surveillance et maintenance des analyses de bio-informatique • Environnement pour Analytics
Conformité	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité et bonnes pratiques • Affaires règlementaires dont la réglementation de la biologie médicale et le marquage CE • Protection des données • Sécurité de l'information • Bioéthique
Gestion	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de projet à visée technique • Gestion de projet de recherche clinique • Logistique (optimisation du transport des échantillons) • Gestion et maintenance des matériels biomédicaux • Management

TABEAU 6 - ACTIVITES D'EXERCICE PAR FAMILLE DE METIERS CONSTITUANT LA MEDECINE GENOMIQUE

Les métiers de catégorie « Clinique », « Laboratoire » et « Bio-analyse » sont au cœur de la médecine génomique.

Ceux des catégories « Informatique », « Traitement des données », « Conformité » et « Gestion » sont transverses mais indispensables à l'implémentation de cette médecine.

Il existe entre certains métiers des chevauchements de compétences. Du fait de la spécificité du cœur de métier de la médecine génomique et de sa complexité, des postes requièrent des personnels ayant un minimum de double compétence pour favoriser l'intégration et la communication entre les métiers.

3. Les composantes principales des formations

Une fois cette catégorisation « métier » établie, nous avons créé une matrice permettant de rapprocher métiers et compétences en s'attachant, pour chaque formation, à identifier sa ou ses composante(s) principale(s) (c'est-à-dire le/les domaines majeur(s) d'acquisition de compétences).

Cette mise en relation s'est faite au travers d'entretiens qualitatifs avec des responsables de formations, des experts et des professionnels du secteur (public et privé).

Parallèlement une revue du Répertoire National des Certifications Professionnelles, des offres d'emplois sectorielles et des plaquettes de formation (initiale et continue) a été réalisée.

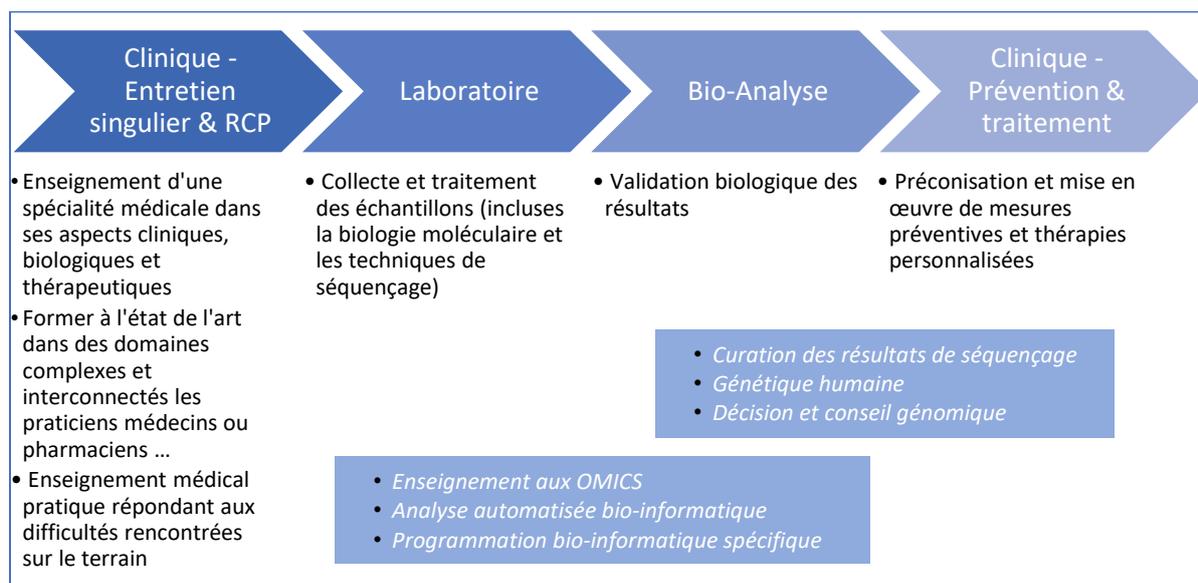


FIGURE 6 - COMPOSANTES PRINCIPALES DE FORMATION EN LIEN AVEC LES CATEGORIES « CŒUR DE METIER » DE LA MEDECINE GENOMIQUE

Informatique	Traitement des données	Conformité	Gestion
Programmation Calculs à Hautes Performances (HP) Réseaux & cybersécurité Architecture Data / Base de Données	Analytics (Big data, Data Viz) Modélisation simple (statistique/biostat.) Intelligence artificielle (machine learning, deep learning, autres)	ISO / QSE (qualité, sécurité, environnement) Règlementaire biologie médicale, inclus le marquage CE Protection des données (Informatique et Liberté, NIS, RGS ...)	Gestion de projet à visée technique Gestion de projet à visée recherche clinique Logistique (optimisation transport d'échantillons) Gestion des matériels biomédicaux Management

FIGURE 7 - COMPOSANTES PRINCIPALES DE FORMATION EN LIEN AVEC LES CATEGORIES « TRANSVERSES » DE LA MEDECINE GENOMIQUE

4. Les acteurs à former

Les professionnels du secteur sont les premiers acteurs concernés par la formation. Il faut s'assurer qu'ils disposent de la formation initiale et de l'expérience nécessaires à accomplir les tâches liées à leur fonction et leurs responsabilités.

Une première mise à niveau peut-être à considérer.

La médecine génomique est une discipline pour laquelle il faut également prévoir des formations continues pour que les personnels soient au fait des évolutions et des innovations technologiques, scientifiques mais aussi organisationnelles.

Une analyse des besoins en formation dans chaque service, pour chaque personnel employé, est à établir.

Autour du cœur formé par les personnels en poste du secteur de la médecine génomique, les étudiants en formation initiale à l'un des métiers de la médecine génomique reçoivent des enseignements spécifiques selon les spécialités auxquelles ils se destinent.

Le second cercle d'acteurs est constitué des personnels de santé chargés d'accompagner la mise en œuvre des mesures actées par les professionnels de la médecine génomique. Celle-ci étant par nature complexe et faisant appel à une variété de spécialités, il convient de penser des formations de sensibilisation et de généralisation de ses concepts clés pour faciliter son intégration et son acceptation dans le parcours de soins.

Enfin, le troisième cercle est celui des patients et de leurs référents, et plus largement la population générale. Ce groupe doit recevoir une éducation plus généraliste, dédiée à la médecine

génomique, dès le plus jeune si possible, pour en connaître les objectifs et les moyens comme nous l'avons exposé plus haut. Cette éducation devrait également permettre de sensibiliser les plus jeunes aux métiers de la santé numérique et la rendre plus attractive en décrivant son importance sociétale et économique.

Une liste détaillée des métiers-acteurs de la médecine de précision est donnée en [Annexe A](#).

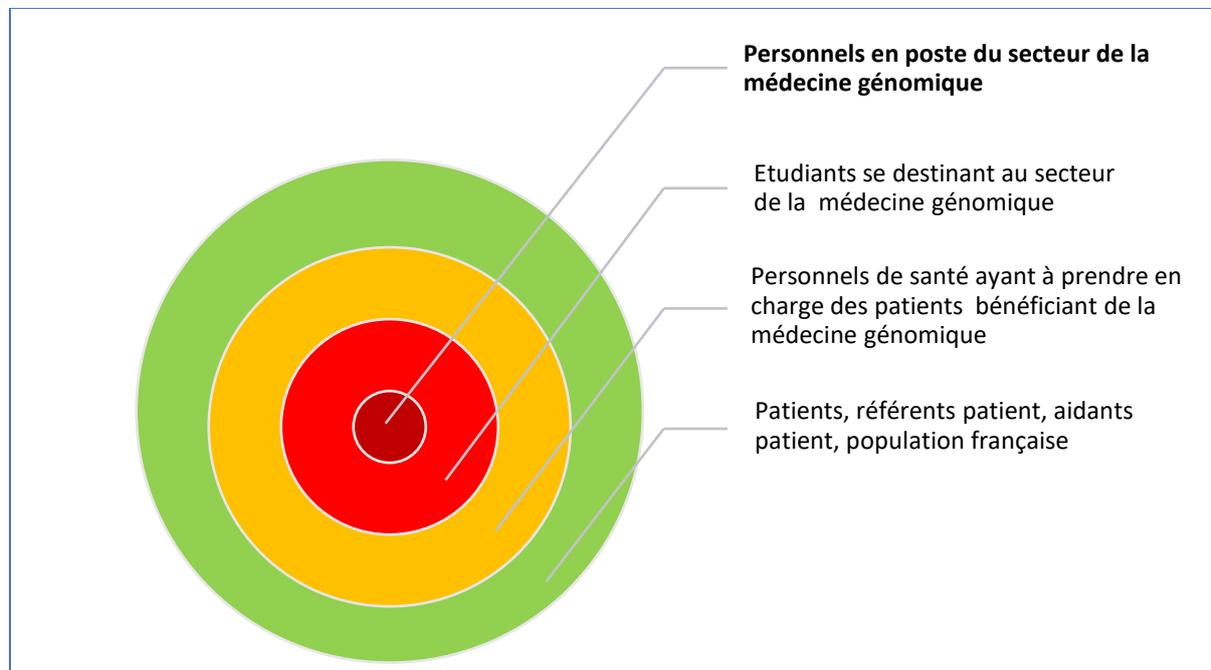


FIGURE 8 - ACTEURS DE LA MEDECINE GENOMIQUE DEVANT BENEFICIER DES ACTIONS DE FORMATION ET D'EDUCATION

5. L'offre de formation

L'offre de formation décrite ci-après regroupe les formations, initiale et continue, en relation avec la chaîne de valeur de la médecine génomique. Les formations liées aux activités transverses comme l'informatique, le traitement des données, la conformité, la gestion de projets ont été incluses au même titre que les formations de cœur de métier de type laboratoire, clinique et bio-analyse.

a. Cartographie 2018

Une cartographie des formations dispensées en France a été menée d'octobre 2017 à février 2018¹², par une revue systématique de tous les sites internet des universités (incluses les UFR de médecine et de pharmacie) car le RNCP n'était pas exploitable et qu'il n'existe pas, à ce jour, de fichier national des formations universitaires depuis l'autonomie des universités.

Principalement, les formations revues et sélectionnées sont celles délivrant un diplôme avec une finalité d'insertion professionnelle à l'issue d'un cursus :

¹² Des formations ont été ajoutées à ce premier recensement au cours de l'été 2018 avec l'apport des écoles d'ingénieurs via la Conférence des Directeurs des Ecoles Françaises d'Ingénieurs (CDEFI) qui a rejoint le groupe de travail « Formation » FMG 2025.

- Diplôme Universitaire (D.U), Diplôme Inter-Universitaire (D.I.U)
- Bac +3 : Licence Professionnelle
- Bac +5 : Master 2 et Titre d'Ingénieur

Quelques 700 formations initiales et continues ont été dénombrées sur le territoire français.

Quelques Diplômes Universitaires de Technologies (DUT) ont été ajoutés à titre d'information. Le listing actuel des formations de ce premier recensement ne contient pas les Brevets de Technicien Supérieur (BTS) car cette information n'était pas accessible aisément.

La cartographie ne contient pas les Masters 2 dispensés par les écoles d'ingénieurs ni les Mastères Spécialisés. Un travail complémentaire avec la CDEFI et la Conférence des Grandes Ecoles (CGE) serait à mener pour être plus exhaustif.

Région	Autres (DU, DIU ...)	Ingénieur	Licence Pro	Master	Total
Alsace Lorraine Champagne Ardennes (ALCA)	9	8	8	24	49
Aquitaine Limousin Poitou Charentes (ALPC)	15	7	6	18	46
Auvergne Rhône Alpes (ARA)	11	20	14	42	87
Bourgogne Franche Comté (BFC)	5	4	4	7	20
BRE (Bretagne)	14	13	8	21	56
Centre Val de Loire (CVL)	3	3	2	6	14
France	7				7
Hauts de France (HDF)	3	10	3	18	34
Ile de France (IDF)	54	37	22	85	198
Languedoc Roussillon Midi Pyrénées (LRMP)	7	9	12	36	64
Normandie (NOR)	3	5	4	20	32
Provence Alpes Côte d'Azur (PACA)	18	9	7	29	63
Pays de la Loire (PLO)	4	8	3	16	31
Total	153	133	93	322	701

TABLEAU 7 - TYPE DE FORMATION PAR REGION (N=)

Le premier constat est qu'un grand nombre de formations existent sur le territoire avec une représentation plus importante sur les régions Ile-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées. Les deux premières étant celles qui hébergent les deux plateformes sélectionnées pour FMG2025, SeqOIA et AURAGEN, respectivement.

Composante principale des formations des catégories de métiers	Autres (DU, DIU ...)	Ingénieur	Licence Pro	Master	Total
Clinique	56			9	65
Laboratoire	1	8	3		12
Bio-analyse	18	10	17	90	135
Traitement des données	27	18	10	91	146
Informatique	11	73	32	67	183
Conformité	33	8	21	28	90
Gestion	7	16	10	37	70
Total	153	133	93	322	701

TABLEAU 8 - COMPOSANTE PRINCIPALE DE FORMATION EN LIEN AVEC LES CATEGORIES « CŒUR DE METIER » ET « TRANSVERSES » ET TYPE DE FORMATION (N=)

i. Quelques leçons peuvent être tirées de ce recueil

Certaines formations prennent déjà en compte la médecine génomique et ses composantes comme la bio-informatique, la biostatistique, le big data et l'intelligence artificielle pour les données omiques issues du séquençage à haut-débit.

- Les formations de composante principale en lien avec les catégories de métiers « *Bio-analyse* », « *Informatique* » et « *Traitement des données* » sont celles qui sont les plus enseignées.
- Les Masters 2 sont les formations les plus représentées.

ii. Le fichier des formations

Ce fichier, disponible en [Annexe B](#), contient pour chaque formation :

- Nom de la formation
- Type de formation
- Composante principale de formation en lien avec une catégorie de métier, déterminée a priori sur la base de son intitulé
- Région d'appartenance
- Ville de formation
- Indications complémentaires :
 - Participation à l'étude de qualification
 - Formation partenaire des plateformes SeqOIA ou AURAGEN

- Label « SecNumEdu » (ANSSI)
- Listing REBIF 2018 (*Rencontre autour de l'Enseignement de la BioInformatique en France*)
- Lien internet du site institutionnel

b. *Qualification des formations (étude 2018)*

Une fois l'identification et le regroupement des formations par composante principale par catégories de métiers, nous avons procédé à leur qualification.

Cela consiste à mettre en avant les compétences acquises par les étudiants au terme de la formation en distinguant les compétences principales et les compétences techniques, fonctionnelles ou transversales.

i. *L'adéquation des compétences acquises*

Nous avons mené une première qualification des formations identifiées lors de l'étape de cartographie. L'objectif ici fut de mettre en évidence plus finement l'existence de composantes principales pour chaque formation ainsi que les compétences techniques, fonctionnelles et transversales acquises.

Un questionnaire de qualification fut défini et mis en ligne. Le groupe de travail diffusa les détails de l'étude de qualification en mai 2018 aux responsables pédagogiques et administratifs des 526 formations identifiées à cette date via un mailing réalisé à l'aide d'un système professionnel de newsletter (*MailJet*). Deux rappels furent faits en juin et juillet 2018. Le questionnaire fut disponible en ligne jusqu'à la fin août 2018.

En parallèle, une société mena entre mai et juillet 2018, sous l'égide du groupe de travail, des contacts téléphoniques afin de motiver le plus grand nombre de responsables de formations de répondre au questionnaire de qualification ([Annexe C](#)).

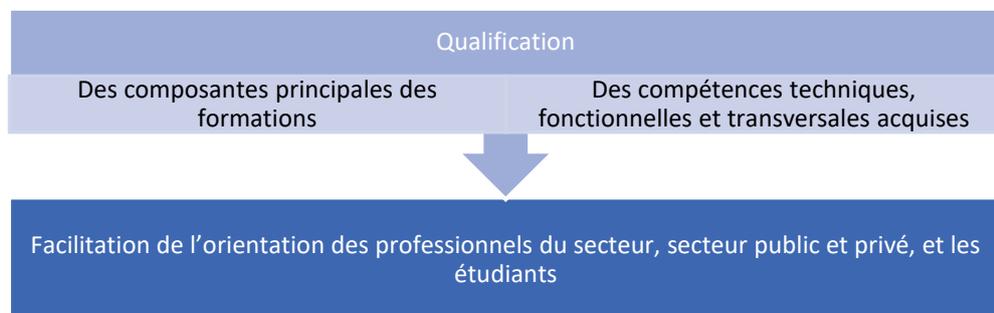


FIGURE 9 - PROCESSUS DE QUALIFICATION DES FORMATIONS DE MEDECINE GENOMIQUE

ii. *Portée de l'analyse*

L'analyse des réponses a porté sur **les 107 questionnaires obtenus**, ce qui représente un **taux de réponse de 20%**. Il faut considérer ces chiffres avec un certain recul car il n'est pas assuré que les répondants soient représentatifs de la population étudiée. De même, il faut aussi avoir à l'esprit qu'il s'agit d'un retour des porteurs sous une forme déclarative, sans double vérification des réponses obtenues ni sans aucune forme d'aide pour les guider à correctement formuler leurs réponses.

Parmi les formations ayant répondu au questionnaire, il faut noter que celles liées à une composante principale de formation de catégorie métier « **Bio-analyse** » sont **surreprésentées** quand celles de catégorie « **Informatique** » sont **sous-représentées**,

alors que toutes deux sont majoritaires dans la [carte de distribution des formations effectuée au préalable](#). Toutes conclusions pour les formations d'informatique seraient à prendre avec mesure.

Composante principale de formation a priori en lien avec les catégories de métiers	Représentation des composantes a priori ayant répondu au questionnaire de qualification (n=107)	Distribution des formations de la cartographie (n=526)
Bio-analyse	45%	19%
Clinique	10%	9%
Conformité	9%	13%
Gestion	5%	10%
Informatique	9%	26%
Laboratoire	1%	2%
Traitement des données	21%	21%

TABEAU 9 - COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS DES COMPOSANTES PRINCIPALES DE FORMATION DE LA CARTOGRAPHIE 2018 ET DES REPONSES AU QUESTIONNAIRE DE QUALIFICATION

c. Enseignements et les compétences acquises

Nous avons conduit un premier travail d'analyse qui portait sur les enseignements prodigués au sein des formations questionnées pour déterminer d'une part leurs composantes-métiers en général et d'autre part celles de spécialité.

Ainsi, nous pourrions avoir par exemple une formation dispensant des enseignements de composante-métier « informatique » avec deux spécialités d'enseignements « Programmation » et « Architecture Data » et aucun enseignement sur « Réseaux et cybersécurité ».

Le tableau suivant liste les enseignements les plus approfondis dans les enseignements et ceux les moins enseignés.

Les +	Les -
<ul style="list-style-type: none"> • Collecte et traitement des échantillons • Validation biologique des résultats • Génétique humaine • Analyse automatisée bio-informatique • Architecture Data / Base de Données • Programmation • Analytics (Big data, Data Viz) • Enseignement aux OMICS • Modélisation simple • Gestion de projet à visée technique 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des matériels biomédicaux • Logistique (optimisation transport d'échantillons) • Enseignement médical pratique • Mise en œuvre de thérapies personnalisées • Réglementaire biologie médicale, inclus le marquage CE • Gestion de projet à visée recherche clinique • Enseignement d'une spécialité médicale dans ses aspects cliniques, biologiques et thérapeutiques • Réseaux & cybersécurité • Décision et conseil génomique • ISO / QSE (qualité, sécurité, environnement) • Calculs à Hautes Performances (HP)

TABEAU 10 - LISTE DES 10 ENSEIGNEMENTS LES PLUS ET LES MOINS REPRESENTES

Nous avons ensuite tenté de déterminer la liste des compétences normalement acquises à l'issue des formations en les catégorisant en :

- Compétences fonctionnelles : savoir ou savoir-faire maîtrisé pour un secteur professionnel (i.e. programmation informatique)
- Compétences techniques : savoir ou savoir-faire maîtrisé par un seul métier (i.e. bio-informatique médicale)
- Compétences transversales : savoir ou savoir-faire maîtrisé par un ensemble de métiers (i.e. gestion de projet)

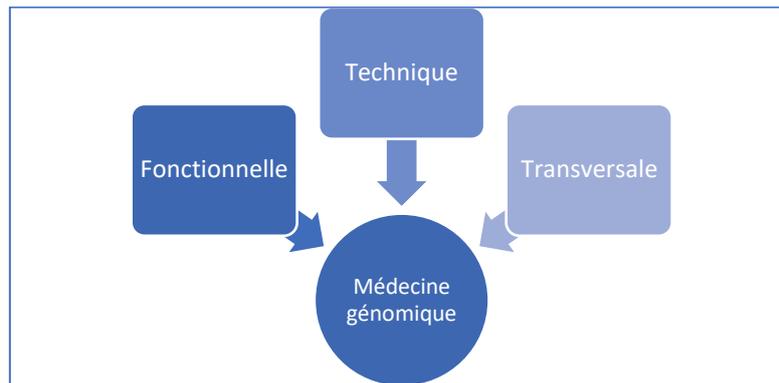


FIGURE 10 - CATEGORIE DES COMPETENCES ACQUISES AU TRAVERS DES FORMATIONS DE MEDECINE GENOMIQUE

L'analyse de qualification des formations est présentée comme un document à part entière, en sus de ce rapport ([Annexe D](#)). Des éléments de cette analyse sont néanmoins insérés à différents niveaux de ce rapport.

d. Formations « Cœur de métier »

La médecine génomique est exercée depuis de nombreuses années à petite échelle et principalement dans le cadre de recherches cliniques guidées par la connaissance et les variations d'un panel limité de gènes cibles. Il existe néanmoins d'ores et déjà un réseau de centres, ceux du plan Cancer, ceux des Maladies Rares, qui utilisent déjà ces technologies en routine et qui participent quotidiennement à l'innovation scientifique et organisationnelle. Ces centres et experts pionniers ont naturellement structuré à l'aide de partenaires académiques des formations permettant de former les nouveaux arrivants.

Le plan FMG 2025 vise à aller bien au-delà, en changeant d'échelle, en standardisant les méthodes et en sondant quand cela est justifié l'ensemble du génome pour faire de cette médecine une pratique médicale usuelle dans une perspective à long terme au bénéfice des patients et du système de santé français.

C'est ainsi tout un ensemble de professionnels au cœur du métier de la médecine génomique qui devra avoir accès aux personnes formées sur tout le territoire national.

i. Intérêt des FST

Le constat du besoin de personnels possédant une double compétence (*dominante biologie et informatique, dominante informatique et biologie, dominante médicale et informatique, dominante mathématiques et biologie ...*) a déjà été pris en compte par le secteur de la Santé avec la réforme menée des études médicales du 3^{ème} cycle¹³.

Désormais, les internes pourront effectuer deux semestres de spécialisation en suivant une Formation de Spécialité Transversale (FST) avec un premier semestre plus théorique et le second, plus orienté vers la pratique. Suivre une FST¹⁴ ajoute une année d'internat aux étudiants.

Pour cette phase pratique, la reconnaissance, par la direction générale de l'offre de soins (DGOS) et les agences régionales de santé (ARS) concernées, comme lieux de stage agréés pour la validation du parcours des étudiants en FST, des plateformes SeqOIA et AURAGEN, est nécessaire à deux égards :

- Le besoin de personnels au sein des plateformes qui sont en cours de structuration
- La possibilité pour les internes de mettre en œuvre les connaissances et d'acquérir les doubles compétences

SeqOIA et AURAGEN étant les deux seules plateformes actuellement actives nationalement, cette reconnaissance comme terrains de stage proposés par la commission de subdivision et agréés par la commission d'évaluation des besoins de formation et (*article R. 632-30 du Décret n° 2016-1597 du 25 novembre 2016 relatif à l'organisation du troisième cycle des études de médecine et modifiant le code de l'éducation*¹⁵) doit l'être pour tout interne en France.

Un étudiant de Toulouse devrait par exemple avoir son stage, au sein de la plateforme AURAGEN ou SeqOIA, reconnu et validé.

Les FST d'intérêt pour le plan FMG 2025 sont a priori :

- Bio-informatique médicale
- Cancérologie déclinaison hémato-cancérologie pédiatrique
- Cancérologie traitements médicaux des cancers, déclinaison cancérologie de l'adulte
- Génétique et médecine moléculaire bioclinique

¹³ <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid118182/reforme-du-3e-cycle-des-etudes-de-medecine-une-formation-renovee-modernisee-et-simplifiee.html>

¹⁴ Détail sur les FST : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000034502881>

¹⁵ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000033479390>

ii. S'inspirer de l'exemple de l'UNESS

Dans le domaine des études de Santé, la mutualisation des ressources pédagogiques se fait à travers son université numérique thématique, l'UNESS¹⁶ (*Université Numérique En Santé et Sport*).

Il est déjà prévu que les contenus pédagogiques des FST mentionnées dans la section précédente y soient disponibles pour les étudiants en médecine concernés. Un travail de coordination entre les responsables des FST sur des contenus similaires est envisagé, par exemple l'enseignement de la statistique inférentielle.

La modularisation des enseignements de ces FST pourraient être utiles également pour les activités de formation continue des personnels en charge des plateformes mais aussi pour l'éducation des personnels de santé étant en contact avec les patients et leurs référents et aidants.

L'UNESS a déjà entrepris la création d'une filiale dédiée pour la formation continue des professionnels de santé dont le lancement est prévu début 2019. Un comité scientifique validera les enseignements qui seront dispensés via la plate-forme. Une accréditation de cette structure par l'Agence Nationale du Développement Professionnel Continu¹⁷ (AN-DPC) est un objectif à court terme.

Notre groupe de travail préconise de continuer les discussions de collaboration, de coordination et de mutualisation des tâches avec l'UNESS tant pour la formation initiale que continue. La médicalisation des profils techniques et organisationnels des métiers « Informatique », « Traitement des données », « Conformité » et « Gestion », mais aussi « Bio-analyse profiterait au plus grand nombre.

iii. Contacts en cours

A l'initiative de l'INSERM, nous collaborons au groupe « La bio-informatique de santé et de recherche » qui vise à définir le profil du bio-informaticien de Santé sur les compétences attendues et d'identifier les filières qui faciliteraient leur formation (*initiale et continue*) qualitativement et quantitativement. Les travaux d'analyse et de qualification menés par notre groupe y seront utiles.

Une association de professionnels de la bio-informatique¹⁸ (*Réseau Français de Bioinformatique pour le Diagnostic*) s'est constituée en 2018. Nous projetons de prendre contact avec ce groupe en structuration pour définir, si besoin, des initiatives communes liées à la formation en bio-informatique à destination diagnostic.

Nous visons également à nous rapprocher des réseaux de formation sur les maladies rares et le cancer, là encore pour comprendre l'offre existante, faciliter sa diffusion et son évolution.

¹⁶ <https://www.uness.fr/>

¹⁷ <https://www.agencedpc.fr/>

¹⁸ <https://bioinfo-diag.fr/accueil/>

iv. Collaboration Inter-programmes nationaux

Internationalement, quelques projets nationaux de génomique de population sont en cours. Ils présentent des similarités et des différences avec le Plan FMG2025. Les actions menées par ces projets, avec leurs particularités nationales, pour la formation et l'éducation sont à considérer pour au moins 2 raisons :

- Comprendre leur stratégie globale de formation et d'éducation, le rationnel de cette stratégie comme les besoins identifiés, leur financement, leur implémentation (*Quoi-Comment-Où-Qui-Pour qui et Combien*)
- Partager et mutualiser des enseignements

Des premiers contacts ont été établis fin 2018 avec Genomics England Education¹⁹ et seront poursuivis en 2019. Leur programme de formation est en place depuis quatre ans. Il visait à accompagner le projet « 100'000 genomes ». Avec l'accroissement du plan britannique à cinq millions de génomes réalisés à l'horizon 2024²⁰, la formation des professionnels du NHS pour la médecine génomique va s'étendre des 13 centres de référence dédiés au projet « 100'000 genomes » à l'ensemble des services de biologie médicale du pays afin que la médecine génomique soit une commodité du parcours de soin.

Genome Quebec a également une initiative distincte quant à la formation²¹. Du fait, de l'utilisation du français comme langue commune, des modules d'enseignement, de formation et d'éducation pourraient être partagés plus aisément.

C. Le retour des professionnels du secteur sur les besoins et satisfactions (soin et industrie)

Depuis la fin 2017, nous avons conduit régulièrement des entretiens qualitatifs avec les professionnels du secteur, public et privé, soin et industrie, recherche et diagnostic, mais aussi avec les professionnels de l'enseignement. Il s'agit d'un travail régulier et itératif.

La démarche est d'obtenir la vision et le ressenti de ces professionnels sur les points forts et les points faibles du secteur de la médecine génomique en France mais aussi d'anticiper leurs besoins, immédiats et à venir, afin que l'offre de formation y réponde de manière adaptée.

Le tableau suivant dresse un état des forces, faiblesses, des menaces et opportunités exprimées au cours de ces entretiens.

¹⁹ <https://www.genomicseducation.hee.nhs.uk/about-the-programme/>

²⁰ <https://www.genomicsengland.co.uk/matt-hancock-announces-5-million-genomes-within-five-years/>

²¹ <http://www.genomequebec-education-formations.com/>

	Positif	Négatif
Origine interne	<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none"> • Offre conséquente de formations au niveau national • Existence de formations accompagnant l'évolution technologique « omique » • Existence de formations spécifiques à la clinique et au diagnostic pour compléter les parcours médicaux • Structuration des formations transverses en médecine (Formations Spécialisées Transversales) • Digitalisation réussie des enseignements via l'UNESS 	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manque marqué de professionnels clés : <ul style="list-style-type: none"> – Généticiens – Conseillers en génétique – Bio-informaticiens – Professionnels ayant une double compétence dans les domaines de l'informatique, la biologie, la statistique, les mathématiques • Définition du métier de bio-informaticien clinique peut être claire • Manque d'attractivité de la filière santé par le manque de reconnaissance des responsabilités et de la rémunération en vis-à-vis • Manque de plans de carrière dans le secteur public pour accompagner la médecine génomique
Origine externe	<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> • Développement d'une filière réglementaire (certification, accréditation) dédiée à la médecine génomique et plus largement à la médecine numérique (intelligence artificielle, big data) • Développement d'une école française de la médecine génomique à travers la bio-informatique, la statistique inférentielle, l'oncologie et la génétique humaine • Mise en relation des industriels et le secteur public autour de projets communs de formation et d'alternance, d'échanges technologiques pour consolider le secteur et l'offre de soins de qualité en médecine génomique • Renforcement des liens entre les universités, les facultés de médecine, les écoles d'ingénieurs et les grandes écoles 	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compétition entre les organisations publiques ou privées pour le recrutement des personnels en tension • Attractivité financière et captation des personnels par les secteurs externes à la Santé • Dépendance à l'offre technologique étrangère pour la production des données omiques et leurs traitement et analyse • Incapacité à suivre budgétairement l'évolution technologique et acquérir les compétences pour sa maîtrise et son application en clinique • Incapacité à former des personnels ayant une double compétence entraînant une incapacité à rendre les soins

TABLEAU 11 - MATRICE DES FORCES, DES FAIBLESSES, DES RISQUES ET DES OPPORTUNITES DE LA FORMATION EN LIEN AVEC LA MEDECINE GENOMIQUE EN FRANCE

D. Le retour des rapports sectoriels

Notre mission ne peut pas se développer en vase clos car les besoins de formation et d'éducation sont complémentaires, allant des métiers propres au secteur de la Santé à d'autres qui sont techniques et transversaux.

Il existe actuellement une mutation de la Santé avec l'arrivée des technologies digitales qui impacte les usages et les professionnels du secteur, tant sur la mise à niveau des compétences que sur les profils nécessaires à recruter.

Enfin, le secteur de l'emploi change avec, entre autres, la réforme de la formation continue.

Aussi, nous avons pris le parti, dès le début de nos travaux, de consulter les résultats d'études et de rapports déjà menés dans les métiers de la biotechnologie, de la cyber sécurité mais aussi les systèmes d'information de santé en France, les futurs métiers de l'IT, tout cela pour structurer notre réflexion et contextualiser la formation et l'éducation à mettre en œuvre pour *FMG2025*.

Une liste des références est donnée en [Annexe](#).

V. Annexes

A. METIERS DE LA MEDECINE GENOMIQUE (EN COURS)

Le tableau suivant liste les métiers identifiés au sein de la chaîne de valeur de la Médecine génomique.

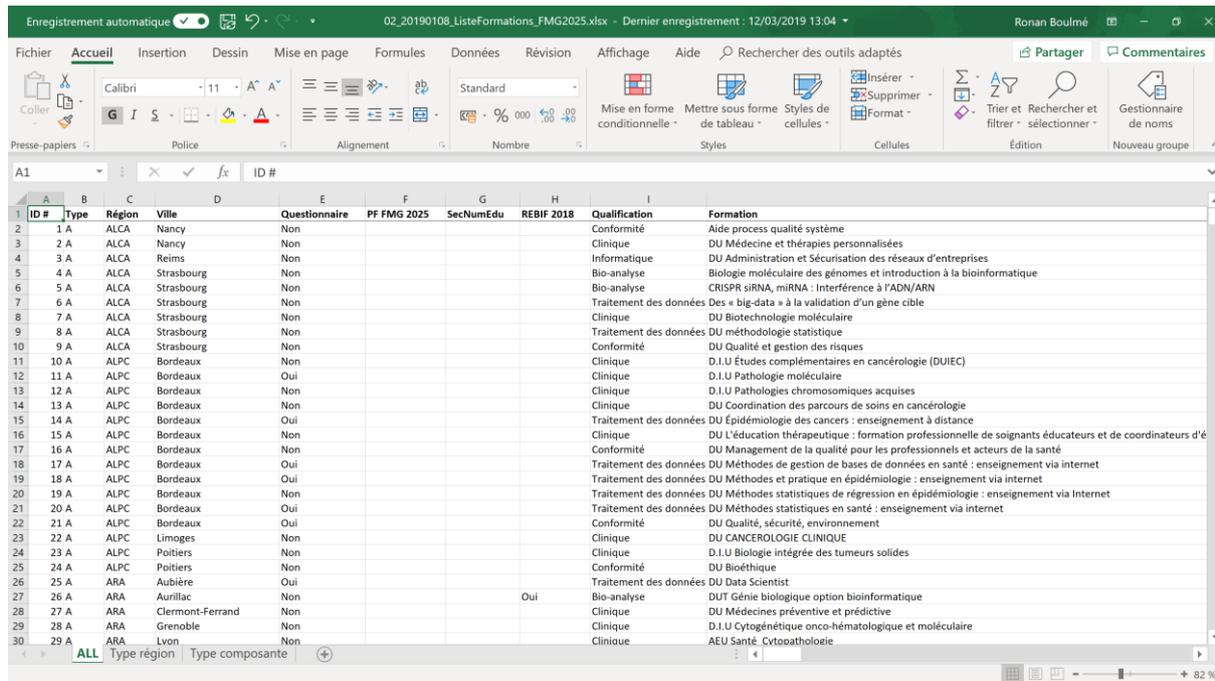
Un lien est fait avec les métiers déjà présents dans le répertoire de la fonction publique hospitalière (FPH), faisant fonction de « cœur de métier », et ceux de la fonction publique interministérielle (FPIM), à destination « transversale » et « technique ». Il y est également indiqué les métiers qui relèveraient du parcours de soins uniquement ou de la recherche, voire des deux. Ce travail doit permettre d'identifier les métiers qui ne seraient pas encore répertoriés et aussi de vérifier la mise à jour des fiches existantes tant sur les compétences listées que les passerelles existantes entre les métiers. Ce dernier point permettrait de définir des plans de carrière pour les personnels recrutés.

	Les métiers	Soins	Recherche Clin.	FPH	FPIM
1	Assistant médical				
2	Assistant de recherche clinique (ARC)			15L10	-
3	Assistant d'études clinico biologiques				
4	Technicien d'études cliniques (TEC)			15F10	-
5	Chef de projet scientifique				
6	Responsable qualité			30C10	-
7	Technicien de laboratoire qualifié			05L10	-
8	Technicien de laboratoire hautement qualifié				
9	Assistant ingénieur				
10	Ingénieur en biologie médicale			05L70	-
11	Chef de projet technique				
12	Bio-informatique Process			05L80	
13	Bio-informatique Clinique			05L80	
14	Informaticien				
15	Data manager			15D80	
16	Biostatisticien			15D60	
17	Analyste big data				
18	Annotateur				
19	Curateur				
20	Médecin (clinicien)				
21	Biologiste				
22	Anatomo-pathologiste				
23	Radiologue				
24	Généticien				
25	Conseiller en génétique			05M20	-
26	Infirmière clinicienne				
27	Directeur des données (cliniques)				
28	Directeur informatique				
29	Directeur sécurité du système d'information				
30	Directeur de la qualité et gestion des risques			45C55	
31	Délégué à la protection des données				

B. CARTOGRAPHIE 2018 DES FORMATIONS « MEDECINE GENOMIQUE »

Nous listons ici un extrait du fichier de la cartographie 2018 des 703 formations « FMG2025 » (*dernière version le 8 janvier 2019*).

La direction du Plan FMG2025 devrait définir les conditions d'usage et de diffusion de la totalité de la cartographie.



ID #	Type	Région	Ville	Questionnaire	PF FMG 2025	SecNumEdu	REBIF 2018	Qualification	Formation
1	A	ALCA	Nancy	Non				Conformité	Aide process qualité système
2	A	ALCA	Nancy	Non				Clinique	DU Médecine et thérapies personnalisées
3	A	ALCA	Reims	Non				Informatique	DU Administration et Sécurisation des réseaux d'entreprises
4	A	ALCA	Strasbourg	Non				Bio-analyse	Biologie moléculaire des génomes et introduction à la bioinformatique
5	A	ALCA	Strasbourg	Non				Bio-analyse	CRISPR siRNA, miRNA : Interférence à l'ADN/ARN
6	A	ALCA	Strasbourg	Non				Traitement des données	Des « big-data » à la validation d'un gène cible
7	A	ALCA	Strasbourg	Non				Clinique	DU Biotechnologie moléculaire
8	A	ALCA	Strasbourg	Non				Traitement des données	DU méthodologie statistique
9	A	ALCA	Strasbourg	Non				Conformité	DU Qualité et gestion des risques
10	A	ALPC	Bordeaux	Non				Clinique	D.I.U Études complémentaires en cancérologie (DUIEC)
11	A	ALPC	Bordeaux	Oui				Clinique	D.I.U Pathologie moléculaire
12	A	ALPC	Bordeaux	Non				Clinique	D.I.U Pathologies chromosomiques acquises
13	A	ALPC	Bordeaux	Non				Clinique	DU Coordination des parcours de soins en cancérologie
14	A	ALPC	Bordeaux	Oui				Traitement des données	DU Épidémiologie des cancers : enseignement à distance
15	A	ALPC	Bordeaux	Non				Clinique	DU L'éducation thérapeutique : formation professionnelle de soignants éducateurs et de coordinateurs d'é
16	A	ALPC	Bordeaux	Non				Conformité	DU Management de la qualité pour les professionnels et acteurs de la santé
17	A	ALPC	Bordeaux	Oui				Traitement des données	DU Méthodes de gestion de bases de données en santé : enseignement via internet
18	A	ALPC	Bordeaux	Oui				Traitement des données	DU Méthodes et pratique en épidémiologie : enseignement via internet
19	A	ALPC	Bordeaux	Non				Traitement des données	DU Méthodes statistiques de régression en épidémiologie : enseignement via Internet
20	A	ALPC	Bordeaux	Oui				Traitement des données	DU Méthodes statistiques en santé : enseignement via internet
21	A	ALPC	Bordeaux	Oui				Conformité	DU Qualité, sécurité, environnement
22	A	ALPC	Limoges	Non				Clinique	DU CANCEROLOGIE CLINIQUE
23	A	ALPC	Limoges	Non				Clinique	D.I.U Biologie intégrée des tumeurs solides
24	A	ALPC	Poitiers	Non				Conformité	DU Bioéthique
25	A	ARA	Aubière	Oui				Traitement des données	DU Data Scientist
26	A	ARA	Aurillac	Non			Oui	Bio-analyse	DUT Génie biologique option bioinformatique
27	A	ARA	Clermont-Ferrand	Non				Clinique	DU Médecines préventive et prédictive
28	A	ARA	Grenoble	Non				Clinique	D.I.U Cytogénétique onco-hématologique et moléculaire
29	A	ARA	Lyon	Non				Clinique	AEU Santé. Cytopathologie

C. QUESTIONNAIRE DE QUALIFICATION DES FORMATIONS « MEDECINE GENOMIQUE »

Le fichier inséré ci-après est une impression du questionnaire qui fut mis en ligne via « Google Forms » et qui permis de collecter les 107 réponses de responsables d'enseignement.



20180524_Questionnaire qualification de

Nous listons ici un extrait du fichier des 107 réponses qui ont été ensuite traitées et analysées. Les principales conclusions figurent dans l'annexe suivante.

Enregistrement automatique Upload_Qualification.xlsx - Enregistrement en cours... Ronan Boulmé

Fichier Accueil Insertion Dessin Mise en page Formules Données Révision Affichage Aide Rechercher des outils adaptés Partager Commentaires

Coller Arial 10 A A+ Standard Mise en forme conditionnelle Mettre sous forme de tableau Styles de cellules Insérer Supprimer Format Trier et Rechercher et filtrer Sélectionner Gestionnaire de noms

Presses-papiers Police Alignement Nombre Styles Cellules Édition Nouveau groupe

A1	ID de la formation	Nom de la formation	Chaîne	Accessible en V	Distanciel 10%	Nbre Pr	Existence Form	Durée stage	Dominante	Programmation bio-inf	Enseignement aux OI	Validation bio
1	3	Algorithmique de la bio informatique	Oui	Non	25	15	0	Dominante technique	Spécialité	Peu	Peu	
2	7	Certificat d'Etudes Supérieures Universitaires C.E.	Oui	Non	15	16	150	Dominante organisation	Peu	Peu	Oui	
3	9	Certificat de compétence Bio informatique	Oui	Non	25	13	0	Dominante technique	Spécialité	Oui	Peu	
4	10	Certificat de spécialisation Analyste de données m	Oui	Oui	100	4	0	Dominante technique	Peu	Peu	Peu	
5	20	Datavisualisation pour tous	Non	Oui	30	4	0	Dominante technique	Peu	Peu	Peu	
6	29	Diplôme de qualification en physique radiologique	Non	Non	40	21	3000	Dominante technique				
7	51	DIU de Pathologie Fostale et Placentaire	Oui	Non	20	34	125	Dominante technique	Peu	Peu	Peu	
8	52	D.I.U. Diagnostic de précision et médecine perso	Non	Non	40	1	0	Dominante technique	Peu	Oui	Spécialité	
9	65	DIU Pathologie moleculaire	Non	Oui	88	9	160	Dominante organisation	Spécialité	Oui	Spécialité	
10	86	Diplôme Universitaire Data Scientist	Oui	Non	10	1	0	Dominante organisationnelle (managériale, méthodologique...)				
11	96	DU Epidémiologie des Cancers	Non	Oui	15	7	0	Dominante organisationnelle (managériale, méthodologique...)				
12	99	DU Gestion des données cliniques Clinical data m	Oui	Non	20	5	0	Dominante technique	Peu	Peu	Peu	
13	101	DU juriste digital et Data protection Certified Educ	Non	Non	30	1	140	Dominante technique				
14	105	DU 58 DU Maladies osseuses constitutionnelles	Non	Non	25	8	0	Dominante organisation	Peu	Oui	Oui	
15	111	Diplôme d'Université « Méthodes de gestion de ba	Non	Oui	30	13	0	Dominante organisation	Peu	Peu	Peu	
16	112	DU Méthodes et pratique en épidémiologie : ensej	Non	Oui	150	17	0	Dominante organisation	Peu	Peu	Peu	
17	114	DU Méthodes statistiques en santé enseignement	Non	Oui	90	14	0	Dominante technique				
18	121	DU Qualité Sécurité Environnement	Non	Non	10	2	700	Dominante organisation	Peu	Peu	Peu	
19	124	Sequençage haut débit et maladies génétiques	Non	Non	20	5	0	Dominante technique	Spécialité	Peu	Oui	
20	128	NGS - RNA-seq/Chip-seq/Microarray	Oui	Non	12	5	0	Dominante technique	Oui	Oui	Oui	
21	129	NGS - RNA-seq/Chip-seq/Microarray	Oui	Non	12	5	0	Dominante technique	Oui	Oui	Oui	
22	130	NGS - RNA-seq/Chip-seq/Microarray	Oui	Non	12	5	0	Dominante technique	Oui	Oui	Oui	
23	131	NGS - RNA-seq/Chip-seq/Microarray	Oui	Non	12	5	0	Dominante technique	Oui	Oui	Oui	
24	132	NGS - RNA-seq/Chip-seq/Microarray	Oui	Non	12	5	0	Dominante technique	Oui	Oui	Oui	
25	133	NGS - RNA-seq/Chip-seq/Microarray	Oui	Non	12	5	0	Dominante technique	Oui	Oui	Oui	
26	134	NGS - RNA-seq/Chip-seq/Microarray	Oui	Non	12	5	0	Dominante technique	Oui	Oui	Oui	
27	139	Maîtrise Spécialisée Management et Protection des A partir de 2019	Non	Non	25	11	609	Dominante organisation	Peu	Peu	Peu	
28	140	Méthodes statistiques et épidémiologiques en sant	Oui	Oui	15	3	0	Dominante organisation	Non	Non	Non	
29	144	Utilisation et applications de la bio-informatique	Oui	Oui	08	15	0	Dominante technique	Oui	Spécialité	Oui	

Reponses au formulaire 1 Feuillet

D. ANALYSE DU QUESTIONNAIRE DE QUALIFICATION 2018 DES FORMATIONS « MÉDECINE GENOMIQUE »

Le fichier inséré ci-après est l'analyse du questionnaire qui a été diffusée auprès des membres du Groupe de Travail « Formation FMG2025 » lors du comité de pilotage du 19 décembre 2018.



20181219_Analyse_Qualification_FMG20

E. BIBLIOGRAPHIE DES RAPPORTS ET TRAVAUX CONSULTÉS

Détails des références
Les besoins et l'offre de formation aux métiers du numérique /// Mission Gouvernement Français /// 02-2016 /// https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/Rapports/2016_04_12_2015-10.pdf
Les formations et les compétences en France sur la cybersécurité /// Observatoire Paritaire de l'Informatique, de l'Ingénierie, des Etudes et du Conseil (OPIIEC) et Ernst & Young /// 05-2017 /// https://syntec-numerique.fr/sites/default/files/Documents/CP_Etude_OPIIEC_cybersecurite_pour_diffusion_210617.pdf
Life Sciences Industrial Strategy – A report to the Government from the life sciences sector /// UK life sciences industry /// 08-2017 /// https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/650447/LifeSciencesIndustrialStrategy_acc2.pdf
L'impact des données sur les métiers, compétences et besoins en formation dans les secteurs de la communication, de la culture et des médias /// Cap Digital, Afdas /// 09-2017 /// https://www.afdas.com/images/capdigitalafdasimpactrapportsynth-final2109.pdf
Guide pratique de modularisation des diplômes par bloc de compétences et développement d'une offre de certification à destination des universités /// Direction des affaires sociales et industrielles du Leem (Les entreprises du médicament) /// 11-2017 /// https://www.leem.org/sites/default/files/2018-03/GUIDE%20MODULARISATION%20DIPLOME%20-%20Leem.pdf
Obtenir les bonnes compétences: France /// OCDE /// 01-2018 /// https://dx.doi.org/10.1787/9789264284227-fr

A systematic literature review of individuals' perspectives on privacy and genetic information in the United States /// Clayton et al., Plos One /// 10-2018 /// https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0204417
Stratégie de transformation du Système de santé (STSS) - « Accélérer le virage numérique » /// Ministère des Solidarités et de la Santé /// 10-2018 /// https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/masante2022_rapport_virage_numerique.pdf
Découvrir de nouveaux métiers liés aux données de la recherche en 3 points /// CIRAD /// 01-2019 /// https://coop-ist.cirad.fr/content/download/6133/44681/version/17/file/CoopIST-metiers-donnees-recherche-20190124V3.pdf
Genomics Salary Survey and Workforce Insights Report 2019 /// Front Line Genomics Team - Paramount Recruitment /// 01-2019 /// https://www.pararecruit.com/wp-content/uploads/2019/01/Genomicsreport2019vfinal.pdf
Contrat de la filière Industries et Technologies de Santé /// Conseil national de l'industrie /// 02-2019 /// https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/conseil-national-industrie/Contrats_de_filieres/ITS_Contrat_de_filiere-industries-technologies-sante.pdf
Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future /// The Topol Review - on behalf of the UK Secretary of State for Health and Social Care /// 02-2019 /// https://topol.hee.nhs.uk/wp-content/uploads/HEE-Topol-Review-2019.pdf