

# One Health

**Enjeux du monitoring au service de la santé et du vivant  
Comprendre, anticiper, décider**



## DÉCEMBRE / 2025

**Président du groupe de travail :** Professeur Jean-Philippe Verhoye, chef du service de chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire, CHU de Rennes

**Vice-présidents :** Bénédicte Poumarède, adjointe à la Direction des Programmes, responsable du domaine santé numérique, CEA-List ; Michel Rochette, directeur de recherche pour les applications médicales, Ansys ; Maxime Sermesant, directeur de recherche, IHU Liryc, 3IA Côte d'Azur, Inria

**Rédacteurs :** Amélie Loriot, doctorante en sciences de gestion, Université Paris Dauphine – PSL ; Violette Nemessany, directrice de projet, ANRT  
Avec la contribution de Salim Alami, chargé du développement et relations extérieures, ANRT

**Directrice de publication :** Clarisse Angelier, déléguée générale, ANRT



# **One Health**

**Enjeux du monitoring au service de la santé et du vivant**  
**Comprendre, anticiper, décider**

## Ces travaux sont soutenus financièrement par les souscripteurs FutuRIS :

AIR LIQUIDE - AMPIRIC-AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ - ANR - BERGER-LEVRAULT - BOUYGUES - CEA - CNRS - COMITÉ ROBOTIQUE FRANCE 2030 - DECATHLON - EDF - ENGIE - FRANCE UNIVERSITÉS - GENERAL ELECTRIC - INRIA - INSTITUT MINES TELECOM - INSTITUT PASTEUR - MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE ET DE L'ESPACE - RÉGION PAYS DE LA LOIRE - RENAULT - SCHNEIDER ELECTRIC - SNCF - UDICE - VINCI

Le contenu n'engage que la responsabilité de l'ANRT en tant qu'auteur et non celle des institutions qui lui apportent leur soutien.



Life Is On



## Remerciements

L'ANRT, le président et les vice-présidents remercient chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué au groupe de travail One Health.

## Intervenants

- **Sarah Amrani**, responsable de projet garantie humaine, **ETHIK-IA**
- **Emmanuel Bacry**, directeur scientifique, **Health Data Hub**
- **Michèle Barbier**, experte en sciences marines et éthique auprès de la Commission Européenne, manager de projets européens, **Centre Inria de l'Université Côte d'Azur**
- **Halim Benhabiles**, maître de conférences, **IMT Nord Europe**
- **Jean-Philippe Bertocchio**, CEO, **SKEZI**
- **François-Henri Boissel**, conseiller de la stratégie et du développement commercial, **Nova in Silico**
- **Alexandre Boulanger**, cofondateur, **Metyos**
- **Marc Brevot**, directeur, Centre de Recherche Robert-Jean De Vogüé, **Moët Hennessy**
- **Faten Chakchouk**, professeure et responsable adjointe de l'axe de recherche, **EFREI**
- **Lucie Cocquempot**, coordination de systèmes d'observation, **Ifremer**
- **Simon Duraffourg**, digital human and product modeling team leader, **Decathlon**
- **Christian Duriez**, directeur de recherche, Inria et CEO, **Compliance Robotics**
- **Vincent Falgaïrou**, responsable département santé internationale, **Croix-Rouge**
- **Lionel Fournier**, directeur de l'Impact et de la Santé Durable, **Harmonie Mutuelle**
- **Olivier Fuchs**, responsable santé, **DRT CEA**
- **Amandine Goubert**, directrice de la recherche et de l'innovation, **Cosmetic Valley**
- **Xavier Guchet**, professeur de philosophie, **Université de technologie de Compiègne**
- **Paul Herent**, CEO, co-fondateur, **Radium**
- **Thibault Honegger**, PDG et CEO, **Netri**
- **Olivier Horbowy**, responsable des affaires publiques et du marketing stratégique pour les systèmes avancés, **STMicroelectronics**
- **Vincent Jaouen**, maître de conférences, **IMT Atlantique**
- **Yassine Kriouile**, docteur, **EFREI**
- **Riadh Lakhmi**, maître-assistant, **École des Mines de Saint-Étienne**
- **Guillaume Lemetais**, cofondateur et CEO, **Usense**
- **Laura Magro**, directrice du développement scientifique, **Ceebios**
- **Etienne Memin**, directeur de recherche et responsable de l'équipe Odyssey, **Centre Inria de l'Université de Rennes**
- **Djeri Amani Molamba**, responsable adjoint département santé internationale, **Croix-Rouge**
- **Nicolas Nguyen Van Long**, responsable recherche innovation, **ADRIA**
- **Robert Picard**, délégué général, **Filière Santé Numérique**
- **Anne Pitkowski**, directrice de la recherche et des applications, **Groupe Bel**
- **Bénédicte Poumarède**, adjointe à la Direction des Programmes, responsable du domaine santé numérique, **CEA-List**
- **Michel Rochette**, directeur de recherche pour les applications médicales, **Ansys**
- **Fabrice Ruiz**, CEO, **ClinSearch**
- **Maxime Sermesant**, directeur de recherche, IHU Liryc, 3IA Côte d'Azur, **Inria**
- **Blaise Sola**, directeur Méthodes & Innovation, **Artelia**
- **François Terrier**, directeur du PEPR IA et directeur des programmes, **CEA-List**
- **Charlotte Thevenet**, présidente, **ArGil**
- **François Torney**, directeur des affaires scientifiques, **Limagrain**
- **Nicolas Vayatis**, professeur **ENS Paris-Saclay**, et directeur du **Centre Borelli**
- **Jean-Philippe Verhoye**, chef du service de chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire, **CHU de Rennes**
- **William Zanotti**, vice-président, **Filière Santé Numérique**, et président de **Digilence**
- **Marie Zins**, directrice de l'Unité « Cohortes en Population » UMS11-**Inserm** ; responsable de l'Infrastructure Nationale de Recherche Constances, **APHP – Cohorte Constances**

# Sommaire

---

Note de positionnement .....	4
Résumé .....	6
<b>I. Contexte et fondements de l'approche <i>One Health</i> .....</b>	<b>7</b>
1. Les enjeux d'une approche globale de la santé du vivant.....	7
2. Une transformation anthropologique du rapport au vivant .....	9
<b>II. Technologies de monitoring au service de <i>One Health</i>.....</b>	<b>12</b>
1. Les données comme fondement : qualité, interopérabilité, gouvernance .....	12
A. La gestion de la surabondance des données .....	12
B. L'accèsibilité des données .....	13
C. L'interopérabilité et la commutabilité des données.....	14
2. Capteurs et dispositifs de surveillance embarqués .....	15
A. Un potentiel infini ... .....	15
B. ... Mais des contraintes qui posent des limites .....	16
3. L'intelligence artificielle : opportunités et défis .....	18
A. Les obstacles à surmonter .....	18
B. Les conditions d'usage et de sûreté .....	20
4. Les jumeaux numériques .....	21
A. Le rôle stratégique des jumeaux numériques .....	21
B. L'intégration des jumeaux numériques dans la conception et la production .....	22
C. Les conditions de réussite, modèles économiques et ancrage <i>One Health</i> .....	25
<b>III. Recommandations pour une stratégie française de santé globale monitorée .</b>	<b>29</b>
Axe 1 : Faire de la prévention pilotée par le monitoring un pilier de la santé globale .....	29
Axe 2 : Structurer un écosystème <i>One Health</i> cohérent et compétitif .....	30
Axe 3 : Développer une recherche partenariale et interdisciplinaire à impact opérationnel .....	33
Axe 4 : Adapter le cadre réglementaire pour accélérer le passage à l'échelle .....	34
Axe 5 : Renforcer l'éducation, la formation et la responsabilité collective .....	35
Bibliographie .....	38
Participants au groupe de travail .....	39

# Note de positionnement

---

## **Approche globale et monitoring, une vision renouvelée de la santé du vivant**

La société française interroge les fondements de son modèle de santé, car notre système actuel atteint ses limites :

- la santé, bien commun essentiel, stagne ;
- les dépenses, elles, continuent de croître, sans que les résultats en matière de bien-être, de prévention ou de longévité ne progressent au même rythme.

À ces tensions structurelles s'ajoutent les conséquences du changement climatique, qui affectent la santé humaine, animale et environnementale. Les usages et les comportements doivent évoluer vers une approche englobante. Dans ce contexte, la digitalisation apparaît non comme une menace, mais comme une opportunité majeure pour transformer notre rapport à la santé globale et réinventer des modes de prévention, de suivi et de décision publique.

L'ANRT propose ici un véritable changement de paradigme. La santé doit être appréhendée comme un bien collectif et un moteur économique à part entière, à la croisée de multiples domaines : la santé humaine bien sûr, mais aussi l'agriculture, l'agroalimentaire, le numérique et l'assurance. Il s'agit de passer d'une logique centrée sur la maladie à une logique centrée sur la bonne santé — une approche inspirée de la médecine traditionnelle chinoise mais réactualisée par la science, la recherche et l'innovation. Ce renversement suppose une R&D forte, guidée par des priorités collectives, et l'exploitation d'un nouveau levier d'action : la numérisation et les possibilités qu'elle ouvre en matière de monitoring au service de la prévention, des pratiques et des enjeux de sobriété.

## **Trois piliers d'action...**

Le premier enjeu, celui de la frugalité, consiste à limiter le gaspillage sous toutes ses formes, un thème devenu central dans les débats publics actuels, dans un contexte de tensions économiques et environnementales. La logique assurantielle repose sur l'idée que la première source de valeur, avant la performance ou la croissance, réside dans ce que l'on évite de perdre. Cela passe d'abord par la réduction du gaspillage économique, c'est-à-dire par la réduction des sur-prescriptions, des actes redondants, des traitements inutiles et du manque de coordination entre les acteurs. Il s'agit également de lutter contre le gaspillage de la bonne santé, en investissant davantage dans la prévention, la prédition et l'anticipation. Enfin, il convient de combattre le gaspillage des talents, en permettant à ceux qui le souhaitent – notamment les seniors – de continuer à contribuer à la vie de la cité par le partage de leur expérience et leur engagement. Cette triple logique s'inscrit dans une dimension générationnelle. La sobriété résonne avec les attentes de la jeunesse et la sagesse des aînés. Lutter contre le gaspillage, et ce dans tous les secteurs d'activité, implique de remettre de la sagesse dans les pratiques professionnelles. L'objectif est de créer de la valeur en réduisant la sinistralité par l'anticipation, plutôt que de se concentrer uniquement sur la réparation ou la compensation a posteriori.

Le second pilier, celui de la vigilance, repose sur le développement d'un monitoring responsable et efficient. Introduire du suivi et de la mesure dans la santé globale – humaine, animale, environnementale – permet de mieux prévenir, prédire et contrôler les risques sanitaires. Ce monitoring doit être juste – *good enough* – c'est-à-dire abordable, rassurant et fondé sur la confiance. Il s'agit de préserver un bien commun, non de renforcer un contrôle

liberticide. Chacun doit rester maître de ses données. Le monitoring ne doit pas devenir une source de profit au détriment d'un tiers, ni un outil coercitif, mais un moyen concret de réduire le gaspillage en améliorant la gestion collective de la santé globale.

Enfin, le troisième pilier est celui de la littératie. Il tient à l'éducation et à la transmission. Il s'agit de valoriser l'expérience des générations précédentes, de renforcer l'éducation à la santé globale et de promouvoir les comportements favorables à la prévention de notre capital environnemental, alimentaire et sanitaire. La santé globale, dans cette approche, devient une responsabilité partagée et un facteur de cohésion sociale.

### **... au service d'un enjeu de société**

D'abord, la santé humaine est un secteur à part. Elle ne peut être régie uniquement par des logiques capitalistes. La lutte contre le gaspillage constitue un levier politique et économique majeur, au même titre qu'une éducation à la bonne santé qui valorise la prévention et la sobriété. L'approche *One Health* offre, à cet égard, une véritable vision de société : impliquer chacun et la société tout entière dans la préservation de la bonne santé du vivant par une économie de la prévention, plutôt que de la réparation.

Ensuite, le monitoring doit être reconnu comme un créateur de valeur. Il s'agit d'un outil d'appui à l'analyse objective de l'état de situation, à l'aide à la décision dans un objectif avant tout de prévention, de prédiction et de régulation. La logique est simple : moins de curatif grâce à plus de préventif, moins de dépenses par moins de gaspillage.

Enfin, le monitoring représente une opportunité économique et technologique unique pour la France. Capteurs non-invasifs, jumeaux numériques, intelligence artificielle : autant de domaines d'excellence sur lesquels la France dispose déjà d'atouts solides qui n'ont pas encore été appréhendés comme un ensemble cohérent et porteur d'un projet national en devenir. Si la France n'a pas pu prendre le leadership dans l'imagerie médicale, les dispositifs implantables ou les médicaments, elle peut encore devenir leader dans le domaine du monitoring. Elle en possède déjà les clés, il lui faut désormais une vision systémique soutenue politiquement. L'actuelle crise démocratique, qui se nourrit notamment de l'absence de monitoring systémique en dehors des seuls référentiels capitalistiques et comptables, doit être l'occasion pour la France à la fois de donner au pays les moyens de pouvoir refaire nation autour d'informations partagées, et de pouvoir valoriser un savoir-faire dans le monitoring.

### **La santé globale, voie de convergence pour faire société**

Pour l'État et les décideurs publics, il s'agit d'abord d'établir une gestion maîtrisée et standardisée des bases de données et de l'accès à la donnée. La France doit se doter d'une gouvernance claire du monitoring à venir, afin de garantir sa pertinence industrielle, sa cohérence, sa transparence et la confiance des citoyens. Il s'agit, ensuite, de repositionner les financements publics et les incitations économiques vers un système plus coordonné et plus préventif. Finalement, il convient d'œuvrer tant au niveau national qu'europeen à des changements et des simplifications réglementaires, notamment pour ce qui touche à l'accès au marché dans un contexte de compétition internationale où l'Europe n'est pas à son avantage.

Pour les acteurs socio-économiques, l'enjeu est de développer des modèles d'affaires centrés sur la prévention et la prédiction, et d'investir dans des technologies accessibles, sobres et inclusives.

Pour les citoyens, s'approprier les enjeux et les avantages concrets de cette vision renouvelée est essentiel à l'acceptabilité d'un tel pivot dans l'approche du modèle de santé.

**La bonne santé constitue un point, si ce n'est le point, de convergence pour faire société. Cette approche offre une voie pour repenser collectivement notre rapport à la santé, à l'environnement et à l'économie. En faire un projet partagé, c'est contribuer à « faire nation » autour d'un objectif commun : améliorer durablement la santé de tous, préserver nos ressources et renforcer la cohésion sociale à travers une vision renouvelée du progrès.**

# Résumé

---

Face à la multiplication des crises sanitaires, environnementales et alimentaires, l'approche *One Health* s'impose comme un cadre scientifique, industriel et politique majeur. Elle vise à dépasser les cloisonnements entre santé humaine, animale et environnementale pour mieux comprendre les interdépendances du vivant et agir de façon coordonnée. Cette vision globale suppose un changement profond : considérer la santé non plus seulement comme la lutte contre la maladie, mais comme un état de bien-être durable, à protéger tout au long de la vie, grâce à des systèmes cohérents, résilients et préventifs.

Le monitoring – entendu comme l'ensemble des dispositifs de production, de collecte, d'analyse et de partage des données, au service de la décision individuelle et collective, constitue la clé de voûte de cette transformation. Capteurs embarqués, intelligence artificielle (IA), jumeaux numériques et infrastructures de données permettent de suivre en temps réel l'état de santé des humains, des animaux et des écosystèmes. Ils ouvrent la voie à la détection précoce des menaces, à l'anticipation des crises, à une meilleure coordination entre acteurs et à la mise en place de politiques publiques adaptées. Ces technologies soutiennent un modèle de prévention pilotée par la donnée et contribuent à l'émergence d'une culture partagée de la santé du vivant dans toutes ses dimensions. Il s'agit de conditions indispensables pour construire une santé globale durable et renforcer notre positionnement à l'échelle européenne et internationale.

Le déploiement de ces technologies se heurte toutefois à plusieurs obstacles majeurs. La qualité, l'accessibilité et l'interopérabilité des données restent insuffisamment assurées, en raison de bases fragmentées, de standards hétérogènes et d'enjeux sensibles de souveraineté et d'éthique. Les capteurs doivent gagner en fiabilité, en robustesse et en sobriété environnementale afin d'être aisément appropriés par la population et ainsi largement déployés à grande échelle, tandis que l'intelligence artificielle doit devenir plus frugale, explicable et encadrée par un contrôle humain effectif. Les procédures réglementaires européennes, plus lentes et plus opaques que celles mises en place aux États-Unis, freinent l'innovation et compliquent le passage à l'échelle. L'adoption sociale constitue un autre défi : la confiance des professionnels et des citoyens, leur formation et leur capacité à comprendre et à utiliser ces outils conditionnent leur acceptabilité. Enfin, l'absence de modèles économiques clairs, capables de soutenir les investissements et d'impliquer durablement les assureurs et les partenariats public-privé, limite la diffusion des innovations.

Pour répondre à ces enjeux, le groupe de travail *One Health* de l'ANRT appelle à faire du monitoring un levier stratégique de santé globale. Il propose de (1) faire de la prévention pilotée par le monitoring un pilier de la santé globale, (2) de structurer un écosystème national cohérent et compétitif articulé avec les initiatives européennes, (3) de renforcer la recherche partenariale et interdisciplinaire, (4) d'adapter le cadre réglementaire pour accélérer l'innovation, et (5) de développer une véritable culture collective de la donnée, fondée sur la formation, la transparence et la responsabilisation des citoyens.

En somme, faire du monitoring un pilier de l'approche *One Health*, c'est choisir de construire un système fondé sur la bonne santé du vivant.

# I. Contexte et fondements de l'approche *One Health*

---

## 1. Les enjeux d'une approche globale de la santé du vivant

Le concept *One Health*<sup>1</sup> apparaît au début des années 2000. Il s'agit de décloisonner les prismes d'observation du vivant et de ses évolutions à court et moyen termes en relation avec le changement climatique. Il repose sur une alliance quadripartite<sup>2</sup> destinée à faire coopérer des secteurs historiquement cloisonnés qui encourage une collaboration interdisciplinaire entre professionnels de santé humaine, animale et environnementale pour répondre de manière coordonnée aux menaces pesant sur tout l'écosystème du vivant terrestre. Cette approche holistique promeut ainsi des actions conjointes dans les domaines de la recherche, des politiques publiques, de la sécurité alimentaire, de la lutte contre les zoonoses ou encore de la résistance antimicrobienne<sup>3</sup>. Le risque cependant est de rester anthropocentré, les initiatives étant le plus souvent évaluées à l'aune de leur impact sur la santé humaine, parfois au détriment des autres dimensions écologiques.

Cette approche englobante suppose l'émergence de « terriens-citoyens responsables », formés dès le plus jeune âge par une éducation précoce et engagée. Elle nécessite le développement de bases de données partagées pour coordonner des actions efficaces, et la présence de chercheurs connectés à l'ensemble de l'écosystème pour penser la bonne santé de manière globale en lien avec les décideurs politiques, les professionnels et la société dans son ensemble.

Sur le plan de la santé humaine, la prise en charge et le soin « augmentés » deviennent centraux. Ils combinent expertise propre et intelligence artificielle (IA) sous ses différentes formes. De leur côté, les industries doivent évoluer vers une logique de coordination, en cohérence avec les objectifs de santé publique humaine, animale et végétale. Enfin, les assureurs sont appelés à jouer un rôle proactif. L'enjeu n'est plus uniquement de gérer les maladies, les accidents ou les catastrophes une fois qu'ils surviennent, mais de réduire la sinistralité en amont, en considérant la valeur économique du maintien en bonne santé des populations et plus largement du vivant. Il s'agit de passer d'une logique centrée sur l'indemnisation *a posteriori* à une logique d'investissement préventif.

Pour la France et pour l'Europe, *One Health* constitue une opportunité sur trois enjeux majeurs :

- Enjeu de leadership à l'échelle européenne : La France dispose d'atouts scientifiques et technologiques pour se positionner en pionnière sur toute la chaîne de valeur portée par le monitoring au service de la bonne santé, de l'agriculture et de la qualité de l'environnement.

---

1 « Le concept *One Health* est mis en avant depuis le début des années 2000. Il s'est développé avec la prise de conscience des liens étroits entre la santé humaine, celle des animaux et l'état écologique global ainsi que la nécessité de décloisonner les approches sanitaires. Il a notamment fait l'objet d'un accord tripartite signé en 2010 entre l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'organisation mondiale de la santé animale (OMSA) et l'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), puis d'un [mémorandum d'entente quadripartite](#) en 2022 entre l'OMS, l'OMSA, la FAO et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). <https://www.anses.fr/fr/content/one-health-une-seule-sante-pour-les-etes-vivants-et-les-ecosystemes>.

Le groupe de travail de l'ANRT, ayant pleinement connaissance de la diversité des terminologies relatives au concept *One Health*, a décidé d'adopter la définition de l'OMS. À ce titre, le terme retenu dans ce rapport sera exclusivement « *One Health* ».

2 [One Health](#)

3 « Abondance de données : entre risques et opportunités pour nos décisions en santé », Fabrice Ruiz, CEO, ClinSearch, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

ronnement. Dans un contexte où les crises sanitaires et écologiques se multiplient, notre capacité à bâtir des systèmes résilients, ancrés dans une vision globale du vivant, est cruciale mais offre aussi des opportunités. Nos institutions publiques et privées doivent considérer *One Health* comme une base structurante de leurs politiques, de la R&D au développement industriel, et fédératrice pour la nation tout entière.

- Enjeu de souveraineté des données : La maîtrise des données de caractérisation de l'état de santé du vivant renvoie désormais à une question géopolitique, notamment, mais pas seulement, face à la dépendance vis-à-vis des grands géants du numérique. L'instauration de standards nationaux d'abord avec l'ambition d'une interopérabilité réelles des données et de leur partage établirait une première marche solide pour déployer les capacités scientifiques et industrielles françaises, d'autant que la France dispose d'un potentiel de données au second rang mondial<sup>4</sup>.

A l'échelle européenne, le cadre de l'Espace Européen des Données de Santé (EHDS) est une étape essentielle pour garantir notre indépendance, protéger les citoyens et assurer un usage éthique et sécurisé des informations.

- Enjeu de compétitivité industrielle : Les investissements dans les technologies de monitoring – capteurs, biotechnologies, intelligence artificielle, jumeaux numériques – constitue un potentiel de développement des filières industrielles en réponse aux multiples défis relatifs à la gestion du vivant. En structurant un écosystème d'innovation autour de ces priorités, la France peut transformer des contraintes sanitaires et environnementales en opportunités économiques.

L'ANRT a ainsi choisi de consacrer les premières réflexions de son groupe de travail *One Health* à la question du monitoring, c'est-à-dire à l'ensemble des outils de production, de circulation, d'analyse et d'interprétation des données de santé humaine, animale et environnementale. Le monitoring constitue la clé de voûte d'une approche préventive. Il permet d'accéder à la compréhension de l'évolution des écosystèmes, à l'anticipation des crises et à la réduction de la vulnérabilité des systèmes. Il constitue un socle permettant d'asseoir sur des faits ou des projections scientifiquement fondées les décisions politiques comme les stratégies industrielles. Ceci apparaît incontournable pour garantir aux générations futures un écosystème global durable et nécessitera une transformation des pratiques décisionnelles.

Le groupe de travail a réuni des acteurs académiques et privés œuvrant sur tout ou partie de la chaîne d'interactions du vivant terrestre, permettant à nos réflexions de traverser tous les secteurs concernés.

Le monitoring renvoie directement aux technologies des capteurs, à l'IA, aux jumeaux numériques, au traitement et à l'analyse des données pour ouvrir la voie à une vision systémique à large champ. En quoi les dispositifs de monitoring permettent-ils de transformer les connaissances et les pratiques dans des domaines traditionnellement présentés comme distincts ? Comment le suivi en temps réel des données influe-t-il sur la prévention, les diagnostics et les décisions ? Quels sont les enjeux liés à l'accès aux données ? Quels sont les principaux obstacles techniques, réglementaires, institutionnels et sociaux au développement de ces dispositifs ? Quels sont les potentiels et les limites des technologies de monitoring dans le cadre d'une approche *One Health* ? Autant de questions auxquelles ce rapport tente d'apporter des réponses.

---

4 On peut signaler à cet égard l'engagement de l'AFNOR dans l'approche *One Health* : pour cette organisation, *One Health* invite à considérer la santé des humains, des animaux et des écosystèmes comme un tout interconnecté. [One health : bientôt un référentiel pour une seule santé – Groupe AFNOR](#)

## 2. Une transformation anthropologique du rapport au vivant

En favorisant la collecte, l'analyse et l'interprétation d'un volume croissant de données, les outils de monitoring transforment la « relation de service »<sup>5</sup> entre le professionnel de santé et le patient. Cette évolution modifie les « cadres de l'interaction ». Le face-à-face médical traditionnel tend à être complété, voire remplacé, par une relation qui repose sur des technologies, des dispositifs de suivi et des flux d'informations, introduisant de nouvelles médiations entre professionnels, patients et écosystèmes. Cette transformation reconfigure les rôles, les attentes et les formes de légitimité de part et d'autre. Mais celle-ci ne se limite pas à la santé humaine. Elle s'applique tout autant à la santé animale qu'à la santé environnementale. Par exemple, le suivi numérique des troupeaux ou des écosystèmes naturels bouleverse les pratiques de soin et de gestion. Pour les vétérinaires, les éleveurs ou les agriculteurs, les données issues de capteurs, d'objets connectés, de drones ou de stations d'observation automatisées reconfigurent le rapport à l'animal ou à l'environnement. Ces évolutions soulignent les interdépendances entre santé humaine, animale et environnementale.

Pour le Professeur Jean-Philippe Verhoye, la digitalisation de la santé humaine marque un tournant anthropologique. Le passage de l'homme biologique à l'homme numérique oblige en effet les individus à repenser leur rapport au corps, à la maladie, à la mort et plus largement, à l'humanité. Cette transition remet en question les fondements traditionnels du soin, historiquement construits sur une nette séparation entre l'homme et son environnement.

Le monitoring n'est pas seulement un outil technique. Il transforme la manière dont nous définissons et gouvernons la santé, individuellement et collectivement, et appelle à dépasser une définition de la santé centrée uniquement sur l'absence de maladie ou de sinistre. La santé doit être considérée comme un « état complet de bien-être physique, mental et social » qu'il importe de préserver, entretenir et renforcer tout au long de la vie. Pour que « la santé triomphe de la maladie », le Professeur appelle à une évolution parallèle de ces deux notions : d'une part, en poursuivant les progrès dans la prise en charge des pathologies ; d'autre part, en développant un « écosystème intégré et une mobilisation collective autour de trois enjeux clés : se maintenir en bonne santé, vivre mieux et bien mourir »<sup>6</sup>. Cette transformation de la notion de santé est marquée par plusieurs étapes successives : de la santé « traditionnelle » à la santé « classique », jusqu'à la santé « moderne ».

Avant le 19<sup>e</sup> siècle, la santé traditionnelle se caractérise par un rapport direct entre le patient et le professionnel de santé. Un lien moral les unit. C'est la confiance<sup>7</sup> que le premier accorde au second qui détermine la compétence du professionnel de santé. Le « bon médecin » est alors celui qui soigne, accompagne, et rassure, souvent en l'absence de solution thérapeutique avérée.

La santé dite « classique » émerge au 20<sup>e</sup> siècle dans un contexte marqué par les guerres et les grandes épidémies. Le système de santé se construit autour d'un triptyque : le patient, le médecin, parfois chercheur, et l'assureur. À partir des années 1950, la question du coût des soins devient un enjeu majeur. L'assurance maladie accompagnée de mécanismes de remboursement s'institutionnalisent.

Avec la santé moderne marquée par l'émergence des outils numériques de monitoring, les informations et les connaissances pour adopter des comportements favorables au bien-être circulent, s'interprètent et se partagent. Ce changement entraîne « un transfert de compétences »<sup>8</sup>. Le patient développe une expertise qu'il mobilise au quotidien pour rester

5 Selon le sociologue Erving Goffman, la relation de service désigne une interaction physique entre le professionnel et l'usager dès lors que cette relation est librement choisie et que le recours au professionnel se justifie par sa capacité à réparer un problème vécu par l'usager, en étant attentif au respect de la personne de cet usager, cf. Erving Goffman, *La mise en scène de la vie quotidienne*, Minuit, tome 1, 1973, tome 2, 1975. (*The Presentation of Self in Everyday Life*, 1956, 1959, *Behavior in Public Spaces*, 1963).

6 Introduction du Pr. Jean-Philippe Verhoye, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

7 L'importance de la confiance explique que les activités de service s'accompagnent de sentiments de désintéressement. Pour cette raison, on ne peut pas parler de prix, mais seulement d'honoraires. Cf. Erving Goffman, *Asiles. Études sur la condition sociale des malades mentaux*, Minuit, 1968, p. 381-382.

8 Vololona Rabeharisoa, Michel Callon, *Le pouvoir des malades. L'association française contre les myopathies et la recherche*, Les presses de l'Ecole des Mines de Paris, 1999, p.2.

en bonne santé, se soigner, préparer sa fin de vie dans de bonnes conditions, et réfléchir à l'impact de ses choix sur les équilibres naturels et écologiques. Il devient un co-acteur du système de santé, à la fois plus autonome et responsable de sa propre santé et de celle de son environnement. Dans ce nouveau modèle, l'anticipation du soin ne repose plus uniquement sur l'expertise médicale centralisée. Elle est distribuée entre plusieurs entités humaines et non humaines, redéfinissant les frontières de la décision thérapeutique.

Les dispositifs de monitoring transforment profondément l'expérience du soin. « Bien qu'ils ne remplacent pas la relation humaine, ils font émerger de nouvelles formes de médiation, telles que l'empathie artificielle. C'est notamment le cas de robots capables de dialoguer avec des enfants hospitalisés ou des personnes âgées »<sup>9</sup>. Cette transformation donne naissance à ce que les sociologues des sciences appellent un « réseau sociotechnique », composé d'acteurs humains et non humains interagissant autour d'un objectif commun : préserver la santé du vivant. Ces dispositifs ne se contentent pas d'assister les professionnels de la santé humaine, animale et environnementale. Ils participent activement à la production de sens, à la coordination des actions et à la définition de ce que signifie « soigner ». Ce changement de régime ontologique invite à une réflexion culturelle, éthique et politique sur le rôle des différents acteurs, qu'ils soient humains ou techniques, individuels ou collectifs, dans la définition de la santé et dans les choix qui l'accompagnent.

La diffusion de la robotique dans les dispositifs de santé et de monitoring soulève également une question anthropologique majeure, à la croisée de la modernité technologique et des imaginaires du « remplacement » de l'humain. Longtemps perçue comme un symbole du progrès et de la modernité industrielle, la robotique interroge, entre fascination pour la performance technique et crainte d'une substitution de l'humain par la machine. La robotique contemporaine s'oriente vers une robotique dite « souple »<sup>10</sup>, inspirée du vivant, des animaux et des organismes biologiques. Cette évolution montre qu'il ne s'agit plus seulement d'imiter les gestes humains, mais de concevoir des technologies capables d'interagir avec le vivant en respectant ses dynamiques.

Cette logique d'inspiration du vivant s'inscrit plus largement dans le courant du biomimétisme, qui ouvre des opportunités d'innovation durable dans de nombreux champs, dont la médecine<sup>11</sup>. Le biomimétisme s'envisage à une échelle fonctionnelle, à travers la science des matériaux et les composants ; à une échelle écosystémique, via des démarches d'éco-conception ; et à une échelle territoriale, en repensant les systèmes à partir des équilibres du vivant. Les comportements animaux, les biomatériaux ou les formes et propriétés naturelles deviennent ainsi des sources d'inspiration pour concevoir des dispositifs plus durables et respectueux de la santé du vivant.

La vision globale portée par *One Health* fait communiquer différents mondes et redéfinit le rôle des acteurs (citoyens, professionnels de la santé humaine, animale et environnementale, industriels, assureurs, etc.). L'objectif est de faire en sorte que la santé devienne un bien commun<sup>12</sup>, porteur d'une véritable cause politique qui fasse nation.

Dans les domaines de la santé humaine, animale et environnementale, les indicateurs produits par les technologies de monitoring et leur traitement en vue de modèles prédictifs ne se limitent pas à mesurer la réalité. Ils participent activement à son anticipation et en quelque sorte à sa construction. En tant qu'« actants »<sup>13</sup> au sens de la théorie de l'ac-

---

9 Introduction du Pr. Jean-Philippe Verhoye, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

10 « Navigation autonome, simulation chirurgicale et modèles anatomiques actifs : la robotique souple appliquée à la santé », Christian Duriez, Directeur de recherche, Inria et CEO, Compliance Robotics, réunion du groupe de travail, 21 novembre 2025.

11 « Biomimétisme et santé commune : leviers d'innovation multi-échelles de l'éco-conception produit à la résilience territoriale », Laura Magro, directrice du développement scientifique, Ceebios, réunion du groupe de travail, 21 novembre 2025.

12 Selon les sociologues Luc Boltanski, Laurent Thévenot, la notion de bien commun est appréhendée comme un instrument de coordination, c'est-à-dire un moyen pour les individus de s'accorder sur le sens et la valeur d'une action et la manière de la mettre en œuvre. Elle renvoie donc à un principe d'accord général accepté par tous, qui sert de fondement à l'action collective. Cf. Luc Boltanski, Laurent Thévenot, *De la justification. Les économies de la grandeur*, Gallimard, 1991, p.34.

13 Un « actant » désigne tout élément, humain ou non humain, qui joue un rôle dans un réseau d'interactions, influençant ou participant à l'action collective. Cf. Madeleine Akrich, Michel Callon, Bruno Latour, *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, Presses des Mines, 2006.

teur-réseau élaborée par les sociologues Bruno Latour et Michel Callon<sup>14</sup>, ces dispositifs façonnent les savoirs, transforment les pratiques professionnelles, et redéfinissent les rôles ainsi que les relations entre les chercheurs, les professionnels, les citoyens, les acteurs socio-économiques et les pouvoirs publics. Ils structurent l'action collective, dans la mesure où ils orientent les priorités, encadrent les interprétations et conditionnent les décisions. Le monitoring devient alors un processus à la fois technique et politique, au service de la coordination des acteurs et d'une gouvernance partagée selon les principes de *One Health*.

En pratique, les essais cliniques basés sur le numérique et les cohortes virtuelles n'ont pas vocation à se substituer aux essais sur l'être humain. Leur utilité réside dans leur capacité à tester plus rapidement et à moindre coût, un grand nombre d'hypothèses de traitements, afin de sélectionner les scénarios les plus prometteurs qui devront ensuite être validés par des essais conventionnels. Ils offrent aussi la possibilité d'adapter les résultats à d'autres environnements ou populations, de mieux cibler les profils de patients pour affiner les critères d'inclusion et de réduire la taille des essais, ou encore de compléter les groupes de comparaison avec des patients virtuels, dans les maladies rares par exemple où le recrutement est difficile. Leur efficacité est démontrée : un exemple emblématique est celui d'une prédition réalisée sur un traitement d'AstraZeneca<sup>15</sup>.

---

14 Michel Callon, Bruno Latour, « Réseaux technico-économiques et irréversibilités », in R. Boyer, B. Chavanche et O. Godard (dir.), *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Éditions de l'EHESS, 1991 ; Michel Callon, « Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », *L'Année sociologique*, n°36, 1986.

15 « Simulation d'essais cliniques pour optimiser le développement de nouvelles thérapies (QSP) », François-Henri Boissel, conseiller de la stratégie et du développement commercial, Nova in Silico, réunion du groupe de travail, 21 mars 2025.

# II. Technologies de monitoring au service de *One Health*

---

## 1. Les données comme fondement : qualité, interopérabilité, gouvernance

Les dispositifs de monitoring<sup>16</sup> jouent un rôle structurant. Tant les capteurs que l'IA, les jumeaux numériques et les systèmes d'information partagés constituent des leviers indispensables pour collecter un volume colossal de données, les suivre en temps réel et les analyser. Ces outils permettent de mesurer l'efficacité des actions menées, de détecter précocelement les signaux faibles, d'anticiper les menaces émergentes et d'assurer une prise en charge plus précoce, plus personnalisée et mieux coordonnée. Ils contribuent, de ce fait, à orienter les décisions, qu'elles soient médicales, vétérinaires, environnementales, assurantielles ou politiques. Ces outils peuvent devenir de véritables instruments de pilotage collectif. Pour qu'ils déplient leur potentiel, ils nécessitent une acculturation des dirigeants et des professionnels à cette forme de pilotage par la donnée.

### A. La gestion de la surabondance des données

Le volume des données de santé a été multiplié par six entre 2018 et 2025. Cette masse croissante de données est perçue de manière ambivalente par les professionnels de santé, à la fois, comme une opportunité et comme une charge écrasante dans leur pratique quotidienne.<sup>17</sup>

Avec la généralisation des capteurs et des systèmes connectés, les volumes de données explosent, mais leur accumulation ne garantit pas nécessairement de meilleures connaissances, au contraire la massification des données de santé suscite des tensions. Si elles offrent de nouvelles opportunités de suivi, elles deviennent également une charge pour les professionnels et peuvent être perçues comme des instruments de surveillance.

Cette problématique dépasse le champ médical. Elle concerne également l'observation environnementale, où l'accumulation de données peut générer plus de confusion que de clarté. Lucie Cocquempot, responsable de la coordination des systèmes d'observation océanographiques à l'Ifremer, alerte sur les risques liés à une collecte de données qui ne serait pas maîtrisée. L'enjeu consiste à cibler les données réellement utiles, en intégrant une réflexion éthique sur les coûts économiques, environnementaux et sociétaux.

L'observation marine revêt un caractère à la fois technique et innovant. Mais dans un contexte de gestion des ressources limitées, le monitoring continu suscite des interrogations sur l'intérêt et les limites d'une observation permanente ainsi que sur la fréquence optimale des mesures. Si un suivi rigoureux est nécessaire, il faut éviter une accumulation excessive de données qui créerait une surcharge d'informations et pourrait compromettre la qualité des analyses. C'est pourquoi l'Ifremer privilégie une approche plus ciblée, adaptée aux besoins réels de connaissance. Pour répondre à des défis qui dépassent les capacités

---

<sup>16</sup> On entend par « monitoring », le système d'observation du patient, de l'animal et de l'environnement par le biais d'appareillage électronique et de traitement des données recueillies, y compris par le citoyen lui-même le cas échéant (« Quantified self »).

<sup>17</sup> « Abondance de données : entre risques et opportunités pour nos décisions en santé », Fabrice Ruiz, CEO, ClinSearch, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

individuelles, une démarche collaborative a été mise en place entre chercheurs, ingénieurs, acteurs socioéconomiques et citoyens.<sup>18</sup>

De ce point de vue, l'objectif n'est plus de produire davantage de données mais de cibler celles qui répondent à de réels besoins, d'en évaluer les coûts - relatifs à la collecte, au traitement et au stockage - et de définir un cadre de gouvernance adapté. Marc Brévot, directeur du Centre de recherche Robert-Jean De Vogué chez Moët Hennessy, insiste aussi sur la nécessité « d'anticiper l'impact environnemental des données dès leur conception, dans une logique de sobriété numérique. »<sup>19</sup>

Cette exigence de sélectivité et de sobriété rejoint les préoccupations du CEA-List. Le déploiement des capteurs soulève en effet des enjeux éthiques. Afin de surmonter ces défis, le CEA-List développe des solutions techniques garantissant la sécurité des données et la fiabilité des dispositifs. Il s'appuie sur l'expertise héritée de son expérience dans des secteurs à haut niveau d'exigence, tels que le nucléaire ou l'aéronautique. Dans ces domaines, la robustesse logicielle, la traçabilité et la sûreté sont des conditions essentielles.<sup>20</sup>

Ainsi, la valeur des données ne réside pas dans leur accumulation mais dans leur maîtrise. Cela ne constitue pas seulement un défi technique et éthique, mais aussi un enjeu profondément stratégique. Garantir la qualité, la sécurité et la souveraineté des données conditionne la compétitivité.

## B. L'accèsibilité des données

Les contributeurs aux travaux s'accordent sur un point : les données n'ont de valeur que si elles peuvent être mobilisées et partagées, et ce en toute sécurité. Pourtant, dans les faits, « l'accès aux données, qu'elles soient de santé humaine, animale et environnementale, reste difficile pour tous les acteurs. Cette étanchéité des bases de données en elles-mêmes constitue un frein important à la recherche et à l'innovation ».<sup>21</sup> Cette limitation est d'autant plus problématique que l'approche *One Health* exige de décloisonner les sources de données pour bénéficier des apports des croisements des paramètres captés.

La France dispose d'atouts importants, comme un système de santé centralisé et le développement d'entreposés de données. Des bases de données nationales pour surmonter les limites du suivi longitudinal des patients constituent donc un enjeu clé pour les politiques de prévention à long terme, car elles permettent d'observer des trajectoires de santé complètes, difficiles à documenter autrement.<sup>22</sup>

C'est dans cette perspective qu'a été créé le *Health Data Hub* (HDH).<sup>23,24</sup> Sa vocation première est de garantir la qualité et la standardisation des données de santé, afin de faciliter l'accès à ces données pour des projets d'intérêt public. Conçu comme une extension du Système national des données de santé (SNDS), le HDH repose sur une plateforme technologique sécurisée qui propose l'un des catalogues de données médico-administratives les plus vastes au monde. Sur le plan de la gouvernance, le HDH agit comme un guichet unique pour les chercheurs et les professionnels de santé. Toute demande d'accès est centralisée, évaluée selon des critères scientifiques et d'intérêt public, puis inscrite dans un répertoire public pour garantir la transparence. Le HDH encourage l'innovation à travers l'organisation

---

18 « Un océan de données : défis et opportunités », Lucie Cocquempot, responsable de la coordination des systèmes d'observation océanographiques, Ifremer, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

19 « Embrasser la complexité », Marc Brévot, directeur, Centre de recherche Robert-Jean De Vogué, Moët Hennessy, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

20 Bénédicte Poumarède, adjointe à la direction des programmes, CEA-List, réunion du groupe de travail, 21 mars 2025.

21 Bénédicte Poumarède, adjointe à la direction des programmes du CEA-List, réunion inaugurale, 21 mars 2025. Elle précise que pour répondre à cette difficulté d'accès aux données par les chercheurs, « le CEA-List travaille à développer des technologies facilitant un partage sécurisé des données au bénéfice de la recherche et de la prise en charge des patients ».

22 Intervention du vice-président du groupe de travail, Maxime Sermesant, directeur de recherche Inria, IHU Liryc, 3IA Côte d'Azur, Inria, réunion inaugurale, 21 mars 2025.

23 Mission Bothorel, « Pour une politique publique de la donnée », décembre 2020, <https://www.vie-publique.fr>, p. 104.

24 HDH : structure publique créée par la loi du 24 juillet 2019 relative à l'organisation et à la transformation du système de santé, dans le cadre de la stratégie nationale pour l'IA.

d'appels à projets nationaux et internationaux. À l'échelle européenne, le HDH joue un rôle central dans le déploiement d'une nouvelle réglementation des données de santé.<sup>25</sup> Ainsi, l'enjeu est désormais de faire de l'accessibilité aux données un levier d'innovation et de compétitivité pour la France, tout en garantissant transparence, confiance et respect de l'éthique.

Cependant, avec le développement des connaissances de l'impact sur la santé de l'exposition aux différents facteurs de risque, le champ des données à collecter s'étend très largement au-delà des sources classiques que sont les hôpitaux et les données collectées par l'assurance maladie. Cette diversité est aussi une difficulté, qui dépasse sans doute le champ du HDH.

### C. L'interopérabilité et la commutabilité des données

L'abondance des données disponibles dans le domaine des trois santés soulève deux défis de taille : l'interopérabilité et la commutabilité. Le premier consiste à rendre techniquement compatibles des bases de données hétérogènes, tandis que le second permet de comparer, de manière rigoureuse, des données issues de sources variées. Or, que ce soit en santé humaine, animale ou environnementale, l'absence d'outils harmonisés et de formats standardisés rend difficile l'analyse croisée des données. La diversité des normes et des dispositifs limite en effet fortement la capacité à croiser les informations issues de secteurs ou de disciplines différents.

A titre d'exemple, une étude européenne sur la thrombose post-vaccinale a révélé des écarts importants d'incidence entre pays. Ces écarts ne s'expliquent pas seulement par des facteurs épidémiologiques. Ils semblent liés aux divergences entre les bases de données utilisées. Le croisement de sources hétérogènes peut engendrer des résultats très différents. C'est pourquoi il est essentiel de bien sélectionner et de qualifier les bases, en tenant compte de leurs caractéristiques et de la qualité des métadonnées disponibles.<sup>26</sup>

L'absence d'interopérabilité fragilise la fiabilité scientifique mais freine également la mise en place de comparaisons entre pays, pourtant indispensables pour développer des politiques publiques cohérentes et coordonnées à l'échelle européenne. Au-delà du cadre européen, cette problématique se retrouve dans les contextes, où les infrastructures de collecte et de traitement des données sont souvent lacunaires. Djeri Amani Molamba, responsable adjoint du département santé internationale à la Croix-Rouge, constate, dans l'exercice de ses fonctions, que les systèmes de collecte et d'analyse des données en santé humaine et animale sont trop disparates pour permettre une coordination dans le cadre d'une approche *One Health*. Faute d'outils harmonisés et d'interopérabilité entre les partenaires et les autorités nationales, ces données restent sous-exploitées, alors qu'elles pourraient éclairer des décisions stratégiques, tant en matière de prévention que de prédiction, et de réponse aux crises sanitaires.

Le premier obstacle tient à la multiplicité des acteurs et à la coexistence de nombreuses bases de données. Cette fragmentation de l'écosystème informationnel empêche l'harmonisation des pratiques et complique la consolidation des données issues du terrain. Le manque de standardisation des outils et l'absence d'interopérabilité entre les secteurs de la santé humaine et de la santé animale s'expliquent par de fortes disparités en termes de moyens techniques et de ressources humaines.<sup>27</sup>

Ces exemples illustrent l'importance de la qualification des bases de données. Cela appelle aussi les besoins d'harmonisation, d'éthique et de cybersécurité pour instaurer un véritable cadre de confiance pour la gestion et l'échange des données. Cette fragmentation limite

---

25 Synthèse de la présentation d'Emmanuel Bacry, directeur scientifique du *Health Data Hub*, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

26 « Abondance de données : entre risques et opportunités pour nos décisions en santé », Fabrice Ruiz, CEO, ClinSearch, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

27 « Outils de collecte, gestion de BD et analyse dans des projets internationaux (santé humaine/maladies infectieuses) », Djeri Amani Molamba, responsable adjoint du département santé internationale, Croix-Rouge, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

l'usage des données alors qu'elles sont de formidables sources de connaissances, d'innovation et de compétitivité scientifique et industrielle pour la France et l'Europe face aux États-Unis ou à la Chine.

L'évaluation et la certification de la qualité des données, la documentation des méthodes de collecte et la capacité à distinguer leurs objectifs - produites à des fins administratives de celles collectées spécifiquement pour un usage clinique - conditionnent la solidité des analyses et la qualité des décisions qui en découlent.

Associer les données cliniques, biologiques, environnementales, sociales et administratives s'avère aujourd'hui indispensable pour identifier les multiples facteurs qui influencent la santé humaine. Mais leur intégration n'est pas une mince affaire. La diversité croissante des sources de données impose un travail méthodique d'harmonisation, de qualification, de vérification et d'interprétation. Ce travail en amont est fondamental pour garantir la comparabilité des résultats, la robustesse des analyses et le respect des principes éthiques des études. Au-delà de l'exigence scientifique, l'harmonisation des formats et des standards doit être comprise comme un véritable levier de souveraineté. Elle conditionne la capacité de la France et de l'Europe à conserver la maîtrise de leurs données. L'infrastructure nationale de recherche Constances illustre cette exigence de qualité et d'harmonisation.<sup>28</sup> Le projet européen Clinnova illustre le potentiel d'action collective pour résoudre ces difficultés. Ce projet a pour objectif de soutenir la numérisation des soins de santé et la médecine de précision en créant un environnement favorable à l'accès, au partage et à l'analyse de données de santé interopérables et de haute qualité à travers l'Europe.<sup>29</sup>

Au-delà des cadres réglementaires et des infrastructures techniques, le véritable défi réside finalement dans l'instauration d'une culture de la donnée. Il ne s'agit pas seulement de collecter des données, mais d'apprendre à les analyser, les valoriser et les exploiter de manière autonome, pour éviter une forte dépendance vis-à-vis de partenaires extérieurs. Autrement dit, la souveraineté européenne repose sur des règles et des infrastructures solides, mais aussi sur notre capacité à développer une culture commune du monitoring.

## 2. Capteurs et dispositifs de surveillance embarqués

### A. Un potentiel infini ...

Anne Pitkowski, directrice de la recherche et des applications au sein du groupe Bel,<sup>30</sup> souligne l'importance des données dans le cadre des activités de R&D menées au sein de son organisation. Entreprise à mission depuis 2024 et présente dans cent vingt-six pays, elle promeut une alimentation plus saine et plus durable, basée sur une approche ludique, accessible et orientée vers le plaisir.

L'accès à des données de qualité, fiables et sécurisées est déterminant pour, à la fois, produire de nouvelles connaissances ; concevoir des solutions innovantes, personnalisées et évolutives ; détecter des signaux faibles et éclairer la prise de décision. Mais encore faut-il que ces données soient engendrées et collectées. Pour cela, le recours à des capteurs et à des dispositifs de surveillance embarqués est indispensable. Les capteurs jouent un rôle clé. Ils permettent de collecter, détecter, mesurer et surveiller des phénomènes physiques, biologiques ou chimiques.

Dans le domaine de la santé humaine, les capteurs sont devenus des composants essentiels pour la surveillance des patients, l'aide au diagnostic et le suivi des traitements. Nous reviendrons plus loin dans le rapport sur les questions éthiques et de démocratie sanitaire que ces technologies soulèvent. Dans le secteur de l'environnement, ils sont utilisés pour

28 « Constances, la cohorte nationale française », Marie Zins, directrice de l'Unité « Cohortes en Population », UMS11-Inserm et responsable de l'Infrastructure nationale de recherche Constances, 25 avril 2025.

29 <https://www.clinnova.eu/en/>

30 « L'alimentation de demain au cœur des défis santé et environnement », Anne Pitkowski, directrice recherche et applications, groupe Bel, réunion du groupe de travail, 21 mars 2025.

surveiller la qualité de l'eau, de l'air ou encore des sols. En agriculture, ils mesurent avec précision divers paramètres pour aider les agriculteurs à prendre des décisions éclairées, dans un objectif de gestion durable des sols et de promotion d'une agriculture respectueuse de la santé environnementale.<sup>31</sup>

L'entreprise Usense illustre cette dynamique. Depuis six ans, elle conçoit des dispositifs médicaux connectés destinés aux professionnels de santé et aux laboratoires. Ces technologies permettent des interventions plus rapides et des diagnostics plus précis. Guillaume Lemetais, cofondateur et CEO, souligne que l'impact pour les patients est significatif. Ces technologies améliorent leur prise en charge, facilitent l'orientation vers le spécialiste le plus adapté, offrent davantage d'options thérapeutiques et contribuent à améliorer la qualité de vie en réduisant les effets secondaires et les hospitalisations. Pour les collectivités, ces dispositifs représentent aussi un atout de taille. Ils permettent en effet de réduire les coûts pour le système de santé, d'assurer un suivi plus précis de l'émergence ou de la réémergence de pathologies et d'anticiper les pandémies en surveillant les facteurs environnementaux qui les favorisent.<sup>32</sup>

Enfin, dans le secteur agricole et environnemental, Moët Hennessy investit dans des capteurs capables de collecter des données rapidement, à moindre coût et à grande échelle. L'un de ses projets consiste à exploiter les données satellitaires pour optimiser la gestion de l'irrigation dans les vignobles. Marc Brévet, directeur du centre de recherche Robert-Jean De Vogué, explique que ce type de démarche repose sur la capacité à recueillir un volume important de données à différentes échelles, à déployer des réseaux de communication adaptés aux zones rurales souvent mal couvertes, et à traiter les données au plus près du terrain afin d'en garantir la fiabilité. A terme, cet outil sera en mesure de mieux comprendre et de piloter l'ensemble de l'écosystème viticole, c'est-à-dire non seulement la vigne, mais aussi le sol, le climat, la biodiversité et les interactions complexes qui les relient.<sup>33</sup>

## B. ... Mais des contraintes qui posent des limites

Les modèles de capteurs conçus dans des laboratoires de recherche ne peuvent pas être appliqués tels quels sur le terrain. Leur développement en conditions réelles se heurte à des défis technologiques, économiques, réglementaires et écologiques.

### Défis technologiques

Les capteurs doivent non seulement être fiables au long cours, miniaturisés, précis, sélectifs, mais aussi robustes et adaptés à des environnements contraints. Cela suppose l'intégration maîtrisée de matériaux, d'électronique, de traitement du signal, souvent en conditions extrêmes. Sont en jeu, la performance, la sélectivité des mesures et leur reproductibilité, les plages de détection, les temps de réponses, les conditions d'usage (température, environnement mesuré) ainsi que le volume, le stockage et la transmission des données en sécurité.

### Défis économiques

La réduction des coûts constitue peut-être l'enjeu principal qui accompagne les défis technologiques. La multiplication des besoins de captage de paramètres et leur traitement en temps réel engendre des coûts qui impactent de manière sensible les productions ou les pratiques. Le défi est donc de proposer des capteurs simples, accessibles et rentables.

Les capteurs sophistiqués existent, mais leur coût reste trop élevé pour un usage courant en agriculture. Dans les exploitations, ce sont encore les capteurs environnementaux les plus simples, comme les stations météorologiques, qui s'avèrent les plus efficaces et les plus utilisés. Les dispositifs plus complexes demeurent, pour l'instant, réservés à la re-

31 Bénédicte Poumarède, adjointe à la direction des programmes, CEA-List, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

32 « Diagnostic précoce pour une santé globale : mieux voir, mieux prévenir », Guillaume Lemetais, cofondateur et CEO, Usense, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

33 « Embrasser la complexité », Marc Brévet, directeur, Centre de recherche Robert-Jean De Vogué, Moët Hennessy, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

cherche. En conclusion, il faut être lucide : pour dépasser le stade expérimental et favoriser une adoption réelle sur le terrain, il faut des capteurs économiques, simples à utiliser et mieux adaptés aux pratiques agricoles.<sup>34</sup>

## Défis réglementaires

En Europe, le manque d'harmonisation, les délais d'instruction et l'absence de guichet unique ralentissent l'innovation et rendent plus difficile le déploiement à grande échelle des dispositifs de monitoring dans la santé humaine, animale et environnementale.

Si l'on entend beaucoup parler de santé connectée et de technologies innovantes, il faut savoir qu'aujourd'hui, le secteur de la santé ne représente qu'environ 1 % du marché mondial des semi-conducteurs. Les dispositifs existent. Beaucoup sont technologiquement matures. Mais ils se heurtent à des obstacles majeurs : une réglementation stricte, des systèmes de remboursement inadaptés et un manque de coordination entre les différents acteurs.<sup>35</sup>

Le cadre réglementaire autour du diagnostic précoce et des dispositifs médicaux connectés reste encore incomplet et évolue lentement. Bien que des progrès soient en cours, nous attendons toujours certains décrets qui devraient permettre de donner plus de latitude aux pharmaciens et aux professionnels de santé pour pratiquer des tests en dehors des structures centralisées. Le système actuel a été conçu pour de grands laboratoires d'analyses médicales, avec des contrôles qualité et des normes adaptés à ces infrastructures, et non pour des dispositifs portables ou des analyses délocalisées.<sup>36</sup>

Aux États-Unis, le *Breakthrough Device Program* de la *Food and Drug Administration* (FDA) permet un accompagnement renforcé avec la possibilité de faire des présomissions, de présenter sa stratégie, ses protocoles, et d'obtenir en retour des avis concrets sur les études à mener ainsi que sur les preuves cliniques attendues. Les échanges sont rapides et structurés.

En Europe, la situation est très différente. Le paysage est fragmenté entre une cinquantaine d'organismes notifiés, et les procédures apparaissent souvent plus opaques et moins coordonnées. Il n'existe pas de programme équivalent au *Breakthrough Device Program*. Cela rend le parcours beaucoup plus flou pour les innovations. « Pour lancer une simple microétude clinique sans risque sur quelques patients, le niveau d'exigence est le même que pour un dispositif dédié à un marché pour des millions de personnes. Cette approche allonge considérablement nos délais et nos coûts. Il faudrait pouvoir itérer plus rapidement sur le design produit, mais le cadre réglementaire actuel ne le permet pas. L'Europe gagnerait à s'inspirer de certains mécanismes américains en proposant des dispositifs d'accompagnement plus lisibles, plus réactifs et mieux adaptés aux innovations, pour faciliter leur mise sur le marché. »<sup>37</sup>

Ces questions réglementaires sont loin d'être mineures car elles freinent directement notre compétitivité. Nos chercheurs et nos entrepreneurs n'ont rien à envier à nos compétiteurs internationaux, voire font la course en tête. Toutefois, l'absence d'un contexte favorable rend vain leurs efforts et nombre d'innovations finissent par enrichir d'autres puissances concurrentes. Si l'on peut saluer le souci français et européen de régulation pour éviter des dérives anarchiques, il est nécessaire de trouver une cohérence afin que ces règles ne deviennent pas, par leur rigidité, contre-productives.

---

34 « Capteurs et analyses en sélection végétale : amélioration de la résistance des plantes », François Torney, directeur des affaires scientifiques, Limagrain, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

35 « Le silicium au service de la santé globale », Olivier Horbowy, responsable des affaires publiques et du marketing stratégique pour les systèmes avancés, STMicroelectronics, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

36 « Diagnostic précoce pour une santé globale : mieux voir, mieux prévenir », Guillaume Lemetais, cofondateur et CEO, Usense, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

37 « Vers le monitoring du potassium à domicile chez les patients à risques », Alexandre Boulanger, cofondateur, Metyos, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

## Défis écologiques

Les capteurs engendrent des déchets électroniques. Ils doivent désormais être pensés dans une logique d'écoconception. En effet, « nous ne pouvons plus ignorer l'impact environnemental des déchets électroniques. Il faut concevoir des dispositifs recyclables, réparables et réutilisables dès leur conception tout en limitant les pertes de matériaux et la quantité même de composants électroniques. L'application des principes des « 6R » - réduire, réutiliser, recycler, réparer, réemployer, repenser - permet de diminuer concrètement l'empreinte environnementale des capteurs. »<sup>38</sup>

## Défis éthiques et d'acceptabilité

L'ergonomie des outils est une condition de leur adoption. L'efficacité d'une innovation varie selon l'expertise de l'utilisateur, ici, en premier, la littératie de la personne, mais aussi des professionnels qui vont exploiter ces données dans leurs pratiques quotidiennes. Enfin, il convient d'avoir la possibilité d'accepter ou de refuser le système, et d'avoir toutes les garanties nécessaires concernant la sécurité et la confidentialité de ses données personnelles.

# 3. L'intelligence artificielle : opportunités et défis

Face à la « dataification »<sup>39</sup>, l'IA s'impose comme « une infrastructure essentielle » comparable, à « l'électricité du futur »<sup>40</sup>. L'IA générative concentre actuellement l'attention médiatique, mais elle ne représente qu'environ 15 % du marché de l'IA. De ce fait, il importe de ne pas négliger l'ensemble des autres approches de l'IA, tout aussi structurantes. En irriguant l'ensemble des secteurs d'activité, l'IA apporte des réponses opérationnelles à des problématiques complexes et évolutives. Dans le cadre d'une approche *One Health*, elle permet de traiter, croiser, agréger et analyser d'énormes volumes de données hétérogènes, constituant un moyen exceptionnel de détection précoce des signaux faibles, de modélisation des dynamiques, d'optimisation des chaînes d'action et d'aide à la prise de décision.

## A. Les obstacles à surmonter

Si l'IA offre des perspectives de développement, d'usages et de croissance extrêmement prometteuses, son déploiement à l'échelle industrielle se heurte à plusieurs obstacles, que François Terrier qualifie de « murs ». Il en identifie deux principaux : « le mur de la frugalité » et « le mur de la confiance » qu'il est impératif de franchir pour permettre une intégration responsable et durable de l'IA dans les innovations issues des partenariats entre la recherche publique et les entreprises.<sup>41</sup> Ces murs renvoient à des verrous d'ordre technologique, économique, éthique et juridique. Ils doivent être pensés dès la conception des outils, car ils conditionnent la capacité de l'IA à s'inscrire dans des usages concrets, fiables et socialement acceptés.

### Verrous technologiques

Rendre l'IA compatible avec les contraintes du terrain est un enjeu essentiel. Aujourd'hui, les modèles d'IA consomment énormément de données et de puissance de calcul. Or, dans beaucoup d'environnements, qu'il s'agisse d'élevages, de zones rurales ou de petites structures de soin, on ne dispose pas de tels moyens. C'est pourquoi il faut développer des

38 « Le silicium au service de la santé globale », Olivier Horbowy, responsable des affaires publiques et du marketing stratégique pour les systèmes avancés, STMicroelectronics, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

39 « Le terme dataification est relativement récent dans le vocabulaire technologique. Il a émergé avec l'augmentation de la capacité à collecter, analyser et utiliser de grandes quantités de données dans divers domaines. Ce concept reflète l'idée que presque tous les aspects de notre vie peuvent désormais être transformés en données. », in « La donnée, nouveau nerf de la guerre », Sciences & Univers, n°54, février-mars 2025, p. 56-67.

40 « Les enjeux de l'IA, pistes et illustrations de cas concrets », François Terrier, directeur du PEPR IA et directeur des programmes, CEA-List, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

41 « Les enjeux de l'IA, pistes et illustrations de cas concrets », François Terrier, directeur du PEPR IA et directeur des programmes, CEA-List, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

technologies à très faible consommation, capables de faire tourner des modèles embarqués avec moins d'énergie.

L'entraînement des algorithmes sans avoir besoin de milliers d'exemples annotés reste un autre défi. L'annotation semi-automatique est une solution. On commence avec quelques images bien renseignées, et le modèle apprend à généraliser. Ce gain de temps et de ressources est essentiel pour rendre l'IA réellement utile, en sélection végétale par exemple.<sup>42</sup>

### Verrous économiques

Par ailleurs, les grands modèles d'IA entraînent des coûts de fonctionnement et des besoins énergétiques de plus en plus élevés, au point que même des acteurs majeurs peinent à construire un modèle économique viable. Cette contrainte devient encore plus critique dès lors qu'on envisage d'intégrer l'IA dans des objets connectés ou des équipements industriels, où les ressources sont limitées. S'y ajoute une forte dépendance à des matériaux rares, tels que le silicium, qui soulève des enjeux de soutenabilité à long terme.<sup>43</sup>

En outre, les modèles de diffusion ont marqué une avancée fondamentale dans la production d'images, bien au-delà des réseaux antagonistes génératifs. Cependant, ils sont très coûteux en calcul, car ils reposent sur une succession d'étapes de débruitage. En imagerie biomédicale, ce coût computationnel n'est pas négligeable. Il faut donc en tenir compte.<sup>44</sup>

### Verrous éthiques et juridiques

Plusieurs études montrent que les données disponibles en ligne pour entraîner les modèles d'IA commencent à saturer. Autrement dit, nous ne pourrons plus continuer à progresser simplement en augmentant le volume de données. « Pourtant, il existe un gisement énorme de données industrielles, qui sont précieuses... mais largement inaccessibles. Pas pour des raisons techniques, mais à cause d'enjeux de confidentialité, de souveraineté ou de compétitivité. »<sup>45</sup> Ceci vaut tout particulièrement pour les données relatives à la santé humaine, qui sont des données sensibles protégées par le RGPD.

La garantie humaine renvoie à l'idée qu'un système IA ne doit jamais évoluer de manière autonome, sans supervision. Cela va au-delà de la simple présence humaine, il faut un contrôle effectif, structuré et proportionné. C'est à la fois un enjeu éthique et juridique. Ces deux notions ne sont pas étanches. L'OMS parle de deux principes fondamentaux : d'un côté, la protection de l'autonomie humaine et de l'autre, l'obligation de responsabilité et de redevabilité. Dans le secteur de la santé ou de l'assurance mutualiste, la garantie humaine concerne autant le diagnostic que la gestion administrative ou logistique dans les établissements de santé. En France, ce principe est inscrit dans la loi depuis 2018. L'article 17 de la loi bioéthique impose que tout acte de diagnostic ou de soin recourant à l'IA garantisse l'information du patient, l'explicabilité des résultats et la compréhension par les professionnels de santé.<sup>46</sup>

En contexte d'IA, le biais d'automatisation est particulièrement préoccupant. Il peut en effet conduire à accorder une confiance disproportionnée aux résultats produits par l'algorithme. C'est pourquoi les systèmes doivent rester sous contrôle du clinicien, corrigibles à tout moment. Le but n'est pas de remplacer l'expertise médicale, mais de l'augmenter. Les modèles de fondation ouvrent des perspectives intéressantes, notamment pour réduire certains biais, mais ils doivent encore prouver leur robustesse sur chaque tâche et chaque sous-population.<sup>47</sup>

---

42 « Capteurs et analyses en sélection végétale : amélioration de la résistance des plantes », François Torney, directeur des affaires scientifiques, Limagrain, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

43 « Les enjeux de l'IA, pistes et illustrations de cas concrets », François Terrier, directeur du PEPR IA et directeur des programmes, CEA-List, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

44 « Analyse d'image médicale enrichie par IA appliquée aux cancers et aux maladies tropicales », Vincent Jaouen, maître de conférences, IMT Atlantique, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

45 « Les enjeux de l'IA, pistes et illustrations de cas concrets », François Terrier, directeur du PEPR IA et directeur des programmes, CEA-List, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

46 « La garantie humaine de l'IA », Sarah Amrani, responsable de projet garantie humaine, ETHIK-IA, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

47 « L'IA en radiologie à l'heure des modèles de fondation », Paul Herent, CEO, co-fondateur, Radium, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

## B. Les conditions d'usage et de sûreté

L'intelligence artificielle (IA), tout comme les jumeaux numériques, ne constituent pas des fins en soi : ils sont avant tout des moyens au service de la décision humaine, individuelle ou collective, et de la réalisation de tâches à forte valeur ajoutée. Leur performance dépend ainsi de leur alignment avec les usages réels et de leur co-construction avec les acteurs du terrain, que ce soient les professionnels de santé, les ingénieurs, les régulateurs ou les industriels. De plus, l'accumulation massive de données - ces « lacs de données » - ne garantit pas une capacité opérationnelle en situation d'urgence. L'un des défis majeurs consiste à concevoir des outils capables de soutenir la décision, en particulier lorsqu'elle mobilise des expertises diverses, et ce notamment dans des contextes de crise. A cet enjeu stratégique s'ajoutent donc un enjeu méthodologique relatif à la mobilisation des connaissances existantes et à leur utilisation concrète pour éclairer l'action et la décision publique, ainsi qu'un enjeu technique qui concerne la prise en compte des limites physiologiques, sensorimotrices et cognitives des opérateurs dans l'interaction avec des systèmes complexes.<sup>48</sup>

Ces enjeux de conception et de fiabilité requièrent la mise en place d'un cadre rigoureux et partagé. Ainsi, la définition du domaine d'opération d'un système d'IA est fondamentale. Elle détermine les conditions d'usage et garantit la sûreté du dispositif. Dans cette perspective, les normes et les réglementations ne doivent pas être perçues comme des contraintes, mais comme des leviers de confiance. L'AI Act<sup>49</sup>, par exemple, repose sur une évaluation des risques en fonction des usages. Il donne la possibilité aux fournisseurs de définir un cadre d'utilisation clair, de spécifier les risques couverts et de sécuriser leurs solutions selon leur niveau de criticité. Ce type de réglementation apporte une lisibilité essentielle aux acteurs du marché. Il s'accompagne d'initiatives complémentaires. Le [Data Act<sup>50</sup>](#) vise à structurer un marché européen des données sécurisé. Il définit les conditions de partage et de réutilisation. Il contribue à faciliter l'accès aux données industrielles tout en garantissant leur protection.

A l'échelle nationale, l'association française de normalisation (AFNOR) développe des référentiels sur l'IA frugale. Elle s'appuie sur des analyses de cycle de vie, des méthodes d'évaluation et des outils de communication des résultats, pour limiter les risques de *greenwashing*.<sup>51</sup>

Néanmoins, ces textes et référentiels, bien qu'essentiels, ne suffisent pas. Leur efficacité dépend de leur mise en pratique dans les usages concrets de l'IA et notamment du contrôle humain qui constitue l'un des piliers de l'AI Act. Dans le secteur de la santé, les applications de l'IA se multiplient : aide au diagnostic, aide à la décision, optimisation des flux et des process, etc. Par conséquent, il est indispensable que le contrôle humain soit proportionné, effectif et contextualisé.

Cette garantie humaine s'articule autour d'une chaîne de responsabilités. Trois acteurs sont concernés : les concepteurs qui développent les systèmes ; les opérateurs qui les intègrent dans des environnements professionnels ; et les utilisateurs finaux qui l'utilisent au quotidien. Le contrôle humain peut s'exercer sur le plan technique ou organisationnel et mobilise trois leviers :

- La formation des professionnels qui doit couvrir les enjeux techniques, cognitifs, éthiques et juridiques. L'objectif est de donner les moyens de comprendre les capacités et les limites de l'IA, de repérer les biais éventuels et, le cas échéant, de corriger ou de suspendre une décision.

---

48 « Experts augmentés : l'épreuve du feu (de l'IA) pour la neurophysiologie humaine », Nicolas Vayatis, professeur à l'ENS Paris-Saclay et directeur du Centre Borelli, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

49 L'AI Act est un règlement européen destiné à encadrer l'usage de l'IA. Intitulé « Règlement établissant des règles concernant l'intelligence artificielle », ce texte a été adopté par le Parlement européen le 12 juillet 2024. Il constitue la première loi au monde spécifiquement consacrée à l'IA. ([règlement européen sur l'IA \(AI Act\)](#))

50 « Le Règlement sur les données (Data Act) est un règlement européen, qui doit créer, dans l'Union européenne, un cadre encourageant le partage sécurisé de données numériques, en particulier pour les données issues des dispositifs de l'Internet des objets. Il a été adopté le 25 novembre 2022 et est entré en vigueur le 27 janvier 2024 », in <https://fr.wikipedia.org>. Cf. <https://www.entreprises.gouv.fr/>

51 « Les enjeux de l'IA, pistes et illustrations de cas concrets », François Terrier, directeur du PEPR IA et directeur des programmes, CEA-List, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

- La démythification des systèmes d'IA pour distinguer les performances réelles et les prétentions technologiques. Elle contribue à rappeler que l'IA n'est pas magique, mais utile dans certains cas bien définis.
- La proportionnalité du contrôle qui doit être adaptée au niveau de risque et à la situation. Dans certains cas, un contrôle humain mal calibré peut être moins efficace.

Deux modalités de contrôle sont possibles. D'une part, le contrôle en temps réel permet une correction immédiate mais est chronophage, ce qui peut aller à l'encontre du gain de productivité permis par l'IA. D'autre part, le contrôle a posteriori facilite l'analyse approfondie des erreurs, leur correction et l'amélioration continue du système mais ne permet pas d'éviter les effets immédiats de potentielles erreurs. C'est pourquoi cette garantie humaine doit être adaptée à chaque cas, en fonction du type de système, des usages et des ressources disponibles.<sup>52</sup>

Dans cette perspective, la notion « d'intelligence artificielle incarnée » ouvre une voie complémentaire au contrôle strictement humain. Il s'agit de systèmes capables d'interagir avec leur environnement physique en temps réel. Plutôt que de chercher à tout superviser de manière externe, certaines tâches peuvent ainsi être déléguées au système mécanique lui-même. Cette approche permet de penser une forme de contrôle distribuée, entre l'humain et le dispositif.<sup>53</sup>

## 4. Les jumeaux numériques

### A. Le rôle stratégique des jumeaux numériques

Les jumeaux numériques apparaissent aujourd'hui comme un levier central de transformation de la santé. Toutefois, l'un des prérequis majeurs à leur déploiement réside dans un cadre sémantique partagé. En effet, il est essentiel de s'accorder sur une définition claire et opérationnelle du jumeau numérique. Celui-ci peut être défini comme une représentation virtuelle et dynamique d'un système réel, alimentée par un flux continu et bidirectionnel de données permettant l'interaction, l'évolution et la prévision.<sup>54</sup>

Nicolas Pecuchet<sup>55</sup> les décrit comme une véritable infrastructure de connexion reliant l'ensemble de la chaîne de valeur. Ils interviennent de la recherche à la clinique, en passant par la production, l'évaluation et l'administration des thérapeutiques. Ils permettent de tester davantage d'hypothèses, plus vite et à moindre coût, avec un impact direct sur la qualité et l'efficacité des soins. En réduisant la complexité des systèmes de santé par des modèles virtuels, les jumeaux numériques contribuent à harmoniser produits, nature et vie dans une perspective de bonne santé globale.

Jean-Philippe Bertocchio distingue trois finalités aux jumeaux numériques en santé<sup>56</sup> :

1. Mieux comprendre, en analysant le fonctionnement du corps, l'évolution d'une maladie ou l'impact d'une intervention ;
2. Mieux démontrer, en renforçant le niveau de preuve scientifique, en particulier lorsque les effectifs cliniques sont limités ;
3. Mieux anticiper, en réduisant les risques en simulant différentes options thérapeutiques ou situations avant qu'elles ne surviennent, ou encore en détectant des signaux faibles pouvant déboucher sur des complications.

---

52 « La garantie humaine de l'IA », Sarah Amrani, responsable de projet garantie humaine, ETHIK-IA, réunion du groupe de travail, 20 juin 2025.

53 « Navigation autonome, simulation chirurgicale et modèles anatomiques actifs : la robotique souple appliquée à la santé », Christian Duriez, Directeur de recherche, Inria et CEO, Compliance Robotics, réunion du groupe de travail, 21 novembre 2025.

54 « Le bioréacteur comme exemple d'application des jumeaux numériques à l'industrie agro-alimentaire », Nicolas Nguyen Van Long, responsable recherche innovation, ADRIA, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

55 « Jumeaux numériques en santé : du développement des produits de santé à la pratique médicale. », Nicolas Pecuchet, Corporate research, life sciences and healthcare director, Dassault Systèmes, réunion du groupe de travail, 19 septembre 2025.

56 « Jumeaux numériques, l'importance de la qualité des données à leur origine », Jean-Philippe Bertocchio, Médecin néphrologue, chercheur à l'INSERM et CEO de SKEZI, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

Le rôle des jumeaux numériques dépasse donc l'optimisation technique pour s'inscrire dans une démarche stratégique. L'enjeu actuel consiste à créer de la valeur pour innover et conserver un temps d'avance. Dans le domaine de la santé, cette valeur ne peut plus être réduite à la seule gestion de la maladie : il s'agit de penser la santé autrement, en mettant l'accent sur la capacité à rester en bonne santé. Cette perspective implique un changement de paradigme. Chacun, individuellement et collectivement, doit pouvoir contribuer à cette dynamique, notamment en étant en mesure d'évaluer régulièrement son état de santé. C'est dans ce cadre que le monitoring prend toute son importance.<sup>57</sup>

En témoigne le cas de l'étude de la dynamique océanique. Elle s'inscrit pleinement dans la logique *One Health*, tant l'océan joue un rôle central pour les équilibres du vivant. Véritable « poumon de la planète », régulateur thermique majeur et source essentielle de nourriture, il constitue également un enjeu économique stratégique. Or, l'activité humaine modifie profondément cet équilibre.<sup>58</sup> Il devient donc indispensable de quantifier et prédire l'évolution des dynamiques océaniques. Un exemple emblématique du lien entre environnement et santé humaine est celui du transport du phytoplancton à l'origine des marées rouges. Des micro-algues produisent des toxines qui se diffusent dans la chaîne alimentaire jusqu'à l'homme, avec des impacts directs sur la santé humaine. La mesure de ces phénomènes repose sur des réseaux de capteurs et d'instruments déployés en mer, couplés à des données satellites, permettant de construire de véritables jumeaux numériques de l'océan. Ces représentations virtuelles servent à la fois à l'observation, à la prédition et à l'aide à la décision pour anticiper les risques (sécurité maritime, prolifération de méduses, marées noires, tsunamis, etc.). Comme l'explique Michèle Barbier<sup>59</sup>, la complexité des dynamiques océaniques et des interactions entre organismes vivants et activités humaines implique le développement de plusieurs jumeaux numériques complémentaires, qui constituent aujourd'hui des outils majeurs pour comprendre la vie sous-marine.

Enfin, le jumeau numérique territorial (JNT) est un concept nouveau. Son objectif : reproduire le niveau territorial du système de santé. En clair, il permet de piloter la santé dans les territoires à travers une adaptation des politiques aux spécificités locales. Il soutient la gestion de l'évolution du soin vers la prévention et permet la mise en cohérence des ressources locales autour d'objectifs de santé partagés. Particulièrement pertinent pour le pilotage *One Health*, le JNT porte les enjeux de développement du territoire. Il éclaire également les défis du numérique, tant en termes de développement de l'innovation que de suivi de la diffusion du numérique. Enfin, il permet d'évaluer l'impact de l'innovation numérique en matière de santé populationnelle et de faire émerger de nouveaux modèles économiques.<sup>60</sup>

## B. L'intégration des jumeaux numériques dans la conception et la production

Dans le champ de la santé, les jumeaux numériques constituent un appui désormais majeur pour simuler et optimiser la conception des molécules avant toute expérimentation réelle, réduisant ainsi le nombre d'essais coûteux en laboratoire. Ils facilitent aussi l'anticipation des contraintes industrielles, en modélisant les étapes de bioproduction<sup>61</sup> pour limiter les erreurs, réduire les délais et améliorer l'utilisation des ressources. L'optimisation du mode d'administration devient également un enjeu central. En effet, délivrer une molécule peut s'avérer aussi complexe et déterminant que sa conception.<sup>62</sup>

L'un des leviers identifiés pour réduire les délais de mise sur le marché des biomédicaments est la standardisation à plusieurs niveaux. D'abord, le recours à des plateformes techno-

57 Pr. Jean-Philippe Verhoye, chef du service de chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire au CHU de Rennes, réunion du groupe de travail, 19 septembre 2025.

58 « Jumeaux numériques de l'océan : dynamique océanique et *One Health* », Etienne Memin, directeur de recherche et responsable de l'équipe Odyssey, Centre Inria de l'Université de Rennes, réunion du groupe de travail, 21 novembre 2025.

59 « Jumeaux numériques de l'océan : dynamique océanique et *One Health* », Michèle Barbier, experte en sciences marines et éthique auprès de la Commission Européenne, manager de projets européens, Centre Inria de l'Université Côte d'Azur, réunion du groupe de travail, 21 novembre 2025.

60 « Jumeau numérique territorial et responsabilité populationnelle », Robert Picard, délégué général, et William Zanotti, vice-président de la Filière Santé Numérique, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

61 Voir aussi, Éric Calvosa, Global Bioprocess Expert chez Sanofi, projet CALIPSO (2021-2026).

62 Nicolas Pecuchet, directeur de la recherche chez Dassault Systèmes.

logiques permet de travailler à partir des mêmes banques de cellules et de standardiser les matières premières, les souches et les procédés. Cette homogénéisation favorise la reproductibilité. A cela s'ajoute la standardisation des bâtiments et des équipements. Le déploiement de « docking stations » identiques, disposant des mêmes arrivées de gaz et des mêmes interfaces techniques, rend possible l'accueil de procédés variés dans un même environnement. Cette innovation offre des gains de temps et d'efficacité.

### Essais cliniques

Les jumeaux numériques ouvrent la voie à la conception de designs d'essais plus fins. Il devient possible de tester plusieurs versions en parallèle et de limiter les biais ou les échecs, et *in fine* de sélectionner les versions les plus prometteuses avant de les tester en conditions réelles.

La combinaison de données réelles et de simulations virtuelles est particulièrement utile dans le cas des maladies rares ou des pathologies touchant de très petits effectifs. Ces approches, actuellement discutées avec les autorités réglementaires (EMA en Europe, FDA aux États-Unis), pourraient réduire le nombre de patients exposés à un placebo et augmenter la précision des analyses.

Le développement des clones et jumeaux numériques contribue ainsi à améliorer les essais cliniques. Les clones numériques génèrent une grande quantité de données, alimentant des bases et permettant de créer des patients synthétiques, soit des jumeaux numériques. Ces cas cliniques virtuels peuvent servir à tester de nouveaux outils chirurgicaux ou thérapeutiques, mais aussi à déterminer l'éligibilité d'un patient à une technique spécifique. Ces cohortes virtuelles permettent de tester des dispositifs médicaux ou des médicaments dans des conditions variées, tout en améliorant l'apprentissage des modèles d'IA et en complétant les données disponibles pour des cas cliniques rares.<sup>63</sup>

Enfin, Thibault Honegger<sup>64</sup> souligne que le développement des médicaments se heurte aujourd'hui aux limites des approches conventionnelles, notamment des modèles animaux, dont les différences physiologiques avec l'humain compromettent la translation clinique. Les méthodes alternatives telles que les « organes sur puce » constituent alors une réponse à ces limites. Ils reproduisent le comportement d'un organe humain à partir de cellules souches, afin d'étudier, dans un environnement plus physiologique, l'interaction entre une molécule et un tissu. L'entreprise NETRI innove en s'appuyant sur le neurone humain comme capteur naturel de phénomènes biologiques. Cette approche, fondée sur l'idée que tous les organes sont innervés, exploite l'activité électrique neuronale comme signal précoce de réaction du tissu à une substance.

Ainsi, ces innovations ouvrent la voie à des essais cliniques plus sûrs, plus fiables et plus représentatifs de la réalité biologique humaine. À terme, des dispositifs multi-organes interconnectés permettront de reproduire des réponses systémiques complètes.

### Pratiques cliniques

Au-delà de la recherche et de la production, les jumeaux numériques s'imposent désormais comme des outils cliniques au service des praticiens et des patients.

L'usage de jumeaux anatomiques couplés à des jumeaux thérapeutiques, formant un système complet, offre aux professionnels de santé la possibilité de poser un diagnostic plus sûr et plus précis, d'envisager des interventions auparavant impossibles, ou encore de suivre l'évolution d'un patient. Ils permettent aussi d'accélérer l'apprentissage collectif et de tester virtuellement différentes stratégies de prise en charge avant de les appliquer en conditions réelles, réduisant ainsi les risques et les coûts.

---

63 « Du clone au jumeau numérique appliqué au médical », Luc Soler, CEO, Visible Patient Lab, réunion du groupe de travail, 19 septembre 2025.

64 « Jumeaux biologiques : utilisation d'organoides et d'organes sur puce pour prédire les effets cliniques en utilisant l'IA », Thibault Honegger, PDG et CEO de NETRI, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

Les modélisations 3D, réalisées à partir des images médicales du patient, simplifient et sécurisent le parcours de soin. Elles évitent certains examens coûteux et invasifs, aident à choisir la stratégie chirurgicale la plus sûre et contribuent à réduire les récidives tumorales ainsi que le temps opératoire. L'ergonomie de l'interface homme-machine est déterminante. En effet, même la meilleure technologie peut rester inutilisée si elle n'est pas intuitive et adaptée à la pratique humaine. « Par exemple, pour le cancer du poumon, elles rendent inutile la réalisation d'un scanner injecté, examen coûteux et contraignant. Une étude (2018-2022) sur le cancer du côlon montre une récurrence des tumeurs de 18% sans modèle 3D, contre 0% avec son usage. De plus, cette innovation permet un gain de 30 minutes par opération, soit environ 500€ économisés en temps opératoire »<sup>65</sup>.

Depuis plus de vingt-cinq ans, l'Inria travaille à la modélisation du cœur qui intègre ses dimensions mécaniques, électriques et fluidiques. L'objectif est de créer un jumeau numérique, capable de reproduire de manière fidèle et individualisée l'anatomie et les caractéristiques physiologiques du cœur d'un patient. Ces modèles personnalisés affinent les diagnostics, améliorent la planification des traitements, offrent un environnement d'entraînement réaliste pour les professionnels de santé et créent des cohortes virtuelles pour tester de nouveaux dispositifs médicaux ou des médicaments en amont des essais cliniques. Grâce aux progrès de l'imagerie, de l'IA et du calcul intensif, ainsi qu'à la généralisation des capteurs connectés (montres, électrocardiogrammes portables, télésurveillance), émergent désormais des jumeaux évolutifs mis à jour en temps réel.

Ces technologies ouvrent la voie à une médecine préventive, qui ne se conçoit plus uniquement comme réparatrice. Elles permettent aussi de prévenir l'apparition d'événements rares (arythmies, insuffisance cardiaque, infarctus), en déclenchant une alerte avant même l'apparition de symptômes.<sup>66</sup>

Ainsi, le jumeau numérique évolutif, qui allie modélisation physique et IA, transforme la pratique médicale. Celle-ci n'est plus exclusivement le fruit de la seule expertise du professionnel, mais elle résulte d'un réseau d'interactions entre soignants, algorithmes, dispositifs, données et patients. En ce sens, le jumeau numérique constitue à la fois un outil d'aide à la décision et un moyen d'autonomisation du patient. Toutefois, le développement du jumeau numérique cardiaque se heurte à des défis techniques, éthiques, organisationnels et politiques.

Selon Maxime Sermesant, l'un des enjeux majeurs est de concilier innovation technologique et confiance entre les parties prenantes. Du côté des patients, la généralisation des dispositifs de monitoring en continu peut soulever des inquiétudes, notamment concernant la protection de la vie privée, la surveillance ou l'usage des données. Les professionnels de santé peuvent éprouver une certaine réticence à déléguer une partie du processus de décision à des outils algorithmiques. Nombre d'entre eux souhaitent préserver leur expertise et leur autonomie de jugement. Du point de vue réglementaire, le cadre juridique impose des obligations strictes en matière de protection des données personnelles (RGPD, secret médical, consentement éclairé). Si ces exigences ne sont pas prises en compte dès la conception des dispositifs, leur déploiement et leur adoption à grande échelle peuvent en être freinés.

Surmonter ces difficultés suppose l'élaboration de règles de gouvernance claires, transparentes et ouvertes, de sorte que chaque partie prenante puisse comprendre, accepter et contribuer à la définition des usages, à la régulation des pratiques et à la sécurisation des données.

## Patient empowerment

Les jumeaux numériques ne se limitent pas à soutenir la recherche et la pratique médicale. Ils contribuent aussi à transformer la place du patient dans le système de santé. Ces outils offrent aux patients une meilleure compréhension des options thérapeutiques. Ils leur permettent d'évaluer les différentes alternatives qui s'offrent à eux et de choisir celles qui correspondent le mieux à leurs valeurs et à leurs objectifs de vie. Cette dynamique contribue

<sup>65</sup> « Du clone au jumeau numérique appliqué au médical », Luc Soler, CEO, Visible Patient Lab, réunion du groupe de travail, 19 septembre 2025.

<sup>66</sup> Maxime Sermesant, directeur de recherche à l'Inria, également affilié aux instituts IHU Liryc et 3IA Côte d'Azur, réunion du groupe de travail, 21 mars 2025.

à renforcer l'*empowerment* des patients et conduit à une personnalisation des pratiques médicales.<sup>67</sup>

Dans cette perspective, Luc Soler, CEO de Visible Patient Lab, met en avant « IAnis », une intelligence artificielle conversationnelle conçue pour accompagner les patients tout au long de leur parcours. Cette IA répond à leurs questions médicales, juridiques ou sociales, avec un langage clair et bienveillant. D'une part, cet outil permet de donner de l'autonomie aux patients dans un contexte où les professionnels de santé ont peu de temps pour échanger. D'autre part, il assiste les professionnels dans leurs décisions thérapeutiques. En définitive, ces dispositifs placent le patient au cœur du processus de soin.

### Personnalisation, performance et sécurité

L'utilisation des jumeaux numériques ne se limite pas au domaine clinique. Dans le secteur du sport, ils contribuent à une meilleure compréhension biomécanique du corps humain et à la prévention des blessures. Simon Duraffourg, représentant du SportsLab de Decathlon<sup>68</sup>, explique qu'un jumeau numérique du corps humain est développé pour modéliser les interactions entre le sportif et ses équipements. Cette modélisation s'appuie sur des analyses mécaniques et thermiques du corps en mouvement, combinées à des algorithmes d'intelligence artificielle. Elle permet de créer des avatars numériques, utilisés pour simuler l'usage des produits en conditions réelles, pour optimiser le prototypage et réduire le nombre d'essais physiques ainsi que pour concevoir des équipements adaptés à la diversité des morphologies.

L'usage du machine learning prend par ailleurs une place croissante. À partir de données telles que la taille, le poids et les proportions corporelles, des modèles peuvent recommander aux clients la taille la plus adaptée pour un vêtement, une chaussure ou un vélo. Le client peut également essayer virtuellement les produits.

Enfin, l'IA permet de conduire des simulations multiphysiques, associant modèles thermiques, mécaniques et fluidiques, afin d'évaluer le confort, la performance et la sécurité des produits. La simulation de scénarios de chutes permet notamment d'adapter la conception des protections pour réduire les risques d'accidents.

Ces cas d'usages illustrent ainsi le potentiel du jumeau numérique comme technologie au service de la performance, de la prévention et de la personnalisation, au-delà du champ médical.

## C. Les conditions de réussite, modèles économiques et ancrage *One Health*

### Qualité, interopérabilité et gouvernance des données

Le déploiement des jumeaux numériques repose avant tout sur la qualité, la structuration et la sécurité des données. En effet, Blaise Sola, directeur Méthodes & Innovation chez Artelia, insiste sur la nécessité de mettre en place des infrastructures robustes de captation et d'échange, capables d'agrégier des informations issues de systèmes très hétérogènes, telles que des données médicales, des données patients, des informations liées aux services et au bâtiment hospitalier. La création d'un *Building Operating System* constituerait un socle technique uniifié pour exploiter ces données de façon cohérente, tout en garantissant un haut niveau de cybersécurité dans un contexte où les hôpitaux sont particulièrement exposés aux cyberattaques.

Éric Calvosa, Global Bioprocess Expert chez Sanofi, souligne cependant la complexité du « tagging » des données dans des environnements industriels en évolution rapide. Pour être réellement utiles, les bases doivent rester flexibles et pensées en amont en fonction des usages visés. Il plaide pour une approche où la donnée est considérée comme un bien

---

67 Nicolas Pecuchet, directeur de la recherche chez Dassault Systèmes.

68 « Jumeaux numériques du corps, des produits et leurs interactions », Simon Duraffourg, représentant du SportsLab de Decathlon, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

commun, portée par des standards partagés et compréhensibles par l'ensemble des acteurs, tels que les biologistes, ingénieurs et data scientists. C'est pourquoi un intérêt croissant se porte sur les bases « graphe », notamment utilisées dans les systèmes GPS. Elles offrent des temps de réponse rapides, une structure plus intuitive et la possibilité de relier les données par des relations sémantiques. Ces bases ouvrent la voie à une meilleure interopérabilité avec l'IA et les modèles de langage (LLM).

Au-delà de la qualité des données, l'interopérabilité est un enjeu stratégique. Blaise Sola, directeur Méthodes & Innovation chez Artelia, propose ainsi la création d'un Data Space Santé National, inspiré de l'initiative européenne Gaia-X, pour sécuriser et contractualiser les échanges de données tout en garantissant leur gouvernance. Nicolas Pecuchet, directeur de la recherche chez Dassault Systèmes, rappelle que, si les formats bruts tendent à se standardiser, le véritable défi consiste désormais à partager la connaissance plutôt que de se limiter au simple échange de données.

### Interfaces adaptées et formation

En outre, l'ergonomie des outils est une condition majeure de leur adoption. Un outil performant peut rester inutilisé s'il n'est pas intuitif et adapté. Par exemple, les radiologues doivent interpréter des séries de coupes en 2D et en niveaux de gris, alors que l'œil humain est fait pour percevoir en 3D et en couleurs. De ce fait, certaines tumeurs visibles par un ordinateur échappent à l'observation humaine.<sup>69</sup>

De plus, l'automatisation peut créer de nouveaux risques plutôt que de les réduire, lorsqu'elle ne tient pas compte des limites cognitives ou sensorielles des utilisateurs. La complémentarité humains - machines ne va pas de soi, faisant de la question de l'interfaçage un enjeu de recherche majeur.<sup>70</sup>

En particulier, l'efficacité d'une innovation varie fortement selon le niveau d'expertise de l'utilisateur. Une technologie d'assistance peut améliorer la performance des novices tout en dégradant celle des experts. Une même solution peut donc être bénéfique pour certains et contre-productive pour d'autres.<sup>71</sup> Dans cette perspective, le Professeur Jean-Philippe Verhoye souligne le rôle déterminant du stress dans la performance humaine.<sup>72</sup> Selon les individus, le stress peut stimuler, neutraliser ou dégrader les capacités d'action. Les interfaces doivent donc pouvoir adapter le niveau d'assistance des machines en fonction des compétences de l'utilisateur, de son état émotionnel, de son niveau de stress et de sa gestion de celui-ci.

La réussite des jumeaux numériques repose également sur une formation pluridisciplinaire. Il devient nécessaire de former des profils hybrides, combinant compétences médicales, ingénierie, management, droit et sciences des données. L'expérience clinique des praticiens constitue un atout clé pour guider l'intégration des technologies, mais elle doit être complétée par une meilleure compréhension des enjeux économiques et organisationnels. Parallèlement il faut renforcer les compétences des instances d'évaluation, telles que la HAS et l'AIS, qui doivent être capables d'appréhender ces innovations complexes.

Comme pour toutes les réflexions sur l'IA aujourd'hui, le risque de perte de compétences techniques liée à l'automatisation et au déploiement de l'intelligence artificielle est à maîtriser. En masquant certains procédés industriels ou cliniques, ces technologies risquent d'affaiblir l'expertise humaine. Il plaide donc pour un investissement massif dans la formation continue.

---

69 Luc Soler, CEO de Visible Patient Lab.

70 « Experts augmentés : l'épreuve du feu (de l'IA) pour la neurophysiologie humaine », Nicolas Vayatis, professeur à l'ENS Paris-Saclay et directeur du Centre Borelli, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

71 « Jumeaux numériques, l'importance de la qualité des données à leur origine », Jean-Philippe Bertocchio, médecin néphrologue, chercheur à l'INSERM et CEO de SKEZI, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

72 Pr. Jean-Philippe Verhoye, chef du service de chirurgie thoracique, cardiaque et vasculaire au CHU de Rennes, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

## Modèles économiques et adoption

Au-delà des avancées techniques, l'adoption à grande échelle des jumeaux numériques dépend également des modèles économiques et de l'environnement réglementaire.

L'un des leviers clés pour favoriser l'adoption des jumeaux numériques dans la pratique clinique concerne la mise en place de modèles économiques durables, adaptés et collaboratifs. A ce titre, Luc Soler, CEO de Visible Patient Lab, présente un modèle partenarial avec les assureurs et mutuelles, qui prennent directement en charge le coût de la modélisation. Ce modèle présente deux avantages majeurs. D'une part, il permet d'éviter des actes médicaux inutiles, parfois réalisés pour générer des revenus. D'autre part, il tend à supprimer les incitations à la fraude, puisque le demandeur de l'acte n'est pas rémunéré pour sa réalisation. Ainsi, ce modèle se détache de la logique hospitalière traditionnelle, où certains actes peuvent être multipliés afin d'équilibrer les budgets. Ici, le demandeur de l'acte (le professionnel de santé) ne retire aucun bénéfice financier de la simulation. La rémunération se fait directement entre la mutuelle et Visible Patient Lab, l'assureur prenant en charge le coût de la modélisation. Ainsi, les assureurs, motivés par la réduction de la sinistralité, c'est-à-dire le coût global des maladies et sinistres qu'ils doivent couvrir, pourraient jouer un rôle moteur pour promouvoir la prévention et favoriser l'usage des outils numériques de suivi, d'anticipation et de prédiction.

Par ailleurs, la standardisation des protocoles et infrastructures à l'échelle nationale, afin de mutualiser les coûts de développement et de maintenance, et d'assurer une cohérence entre établissements constitue une autre voie d'économie. Néanmoins, l'intégration clinique des jumeaux numériques se heurte encore à des processus de certification longs et coûteux, notamment le marquage en tant que dispositif médical et l'évaluation par la Haute Autorité de Santé (HAS). Le manque de contrôles effectifs permet à certains concurrents de commercialiser des solutions non conformes et des données échappent au RGPD. Sans contrôle réel, la certification perd son utilité. Un assouplissement et une meilleure structuration de l'évaluation apparaissent essentiels pour fluidifier l'innovation.

Les jumeaux numériques territoriaux, associés à l'approche de responsabilité populationnelle, peuvent concourir à documenter et à mobiliser un cadre d'évaluation pluridisciplinaire adapté à une politique *One Health*. En effet, ils permettent d'anticiper l'impact de nouvelles pratiques ou de nouveaux opérateurs de santé sur la santé publique du territoire représenté, tout comme les effets de différents facteurs d'exposition spécifiques à ce territoire ou à la population qui l'occupe (facteurs culturels, sociaux ou autres).<sup>73</sup>

## Participation sociale, responsabilité populationnelle et citoyenne

La réussite des jumeaux numériques passe par un changement culturel, fondé sur l'éducation et la responsabilisation des citoyens. Il s'agit d'informer les citoyens sur les coûts et bénéfices des soins, de renforcer leur littératie et de développer une éducation à la santé dès le plus jeune âge. Cette approche vise à soutenir une logique de prévention et à faire du patient un acteur actif de son suivi, condition indispensable pour que ces technologies soient pleinement intégrées dans le système de santé.

Cette transition suppose cependant un engagement politique fort pour soutenir l'innovation et préserver la souveraineté face aux grands acteurs technologiques mondiaux déjà très investis dans ce domaine. Elle implique de développer des modèles public-privés structurés pour financer les infrastructures et garantir un accès équitable à ces outils.

Le Professeur Jean-Philippe Verhoye insiste sur la possibilité de créer de la valeur par la prévention et la prédiction grâce à ces technologies émergentes. Cependant, un enjeu clé réside dans la concurrence entre acteurs publics et privés. Les grands groupes technologiques investissent déjà de manière importante dans le secteur médical. De ce fait, si le secteur public ne s'engage pas rapidement, il risque de perdre son rôle central. La qualité du soin curatif est aujourd'hui globalement satisfaisante et accessible à tous, mais celle du soin préventif reste à développer.

73 « Jumeau numérique territorial et responsabilité populationnelle », Robert Picard, délégué général, et William Zanotti, vice-président de la Filière Santé Numérique, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

Enfin, la réussite de cette dynamique repose sur la responsabilisation des citoyens. Les jumeaux numériques, en offrant des informations claires et personnalisées, peuvent aider chacun à mieux comprendre sa santé et à participer activement à sa prévention. Associés à des dispositifs d'assurance incitatifs, ils ouvrent la voie à un système plus durable, centré sur la bonne santé plutôt que sur la seule prise en charge de la maladie.

# III. Recommandations pour une stratégie française de santé globale monitorée

---

## Axe 1 : Faire de la prévention pilotée par le monitoring un pilier de la santé globale

Comme le rappellent Robert Picard, délégué général, et William Zanotti, vice-président de la Filière Santé Numérique, le modèle de santé français a été conçu pour répondre à des besoins ponctuels, médico-centrés et largement hospitaliers. Ce système atteint aujourd’hui ses limites en raison d’un vieillissement de la population, d’une hausse des maladies chroniques et de l’inflation des coûts qui entraînent une impasse financière et organisationnelle. Un consensus émerge quant à la nécessité de transformer notre système de santé. Ce dernier reste aujourd’hui principalement axé sur le traitement des maladies plutôt que sur leur prévention. Or, pour répondre aux défis contemporains, il est indispensable de passer à une logique d’anticipation, fondée sur des données fiables et partagées. La prévention doit devenir l’axe central d’une santé globale capable d’agir en amont des crises sanitaires, environnementales et économiques. Le développement d’une médecine plus préventive présente par ailleurs un intérêt économique majeur, en permettant de réaliser des économies considérables en termes de coûts de santé.

Dans cette optique, l’approche *One Health* engage un triptyque structurant alliant prévention, prévision et prédiction. Prévenir, c’est réduire les risques en s’attaquant aux causes évitables avant qu’elles ne génèrent des dommages. Prévoir, c’est analyser les risques futurs plausibles selon des conditions observées, pour se préparer et adapter ses réponses. Prédire, enfin, c’est mobiliser les données et les modèles pour détecter précocement les signaux faibles et agir au bon moment. Articulés ensemble, ces trois leviers rendent possible une intervention véritablement anticipatrice, capable de limiter l’occurrence des crises sanitaires, environnementales et économiques, tout en préservant durablement la santé des populations et des écosystèmes.

Dans une approche *One Health*, les outils de monitoring ne se réduisent pas à de simples instruments de mesure. Ils agissent comme des « objets-frontière qui séparent en même temps qu’ils permettent une certaine coordination »<sup>74</sup>. Cette coordination suppose de procéder à des ajustements précis concernant la qualité des données, leur accessibilité, leurs modalités d’usage et leur protection.<sup>75</sup> Ces critères constituent les fondations mêmes de la confiance. Ils garantissent la validité des analyses et la pertinence des décisions qui en découlent. Le respect de ces critères n’est pas une option, mais une condition sine qua non pour produire des données fiables et exploitables.<sup>76</sup>

Il s’agit tout d’abord de mesurer et piloter l’impact des actions *One Health*. En effet, pour rendre la prévention pilotée par le monitoring plus efficace et mesurable, il est indispensable de créer des indicateurs d’impact *One Health* permettant d’évaluer les politiques publiques,

---

<sup>74</sup> Madeleine Akrich, « Les objets techniques et leurs utilisateurs. De la conception à l’action », in Madeleine Akrich, Michel Callon, Bruno Latour, Sociologie de la traduction. Textes fondateurs, Presses des Mines, 2006, p. 182.

<sup>75</sup> Pr. Jean-Philippe Verhoye, réunion du 23 mai 2025.

<sup>76</sup> « Constantes, la cohorte nationale française », Marie Zins, directrice de l’Unité « Cohortes en Population », UMS11-Inserm et responsable de l’Infrastructure nationale de recherche Constantes, 25 avril 2025.

les projets de recherche et les innovations. Ces indicateurs intégreraient de manière systématique les dimensions sanitaires, environnementales et économiques, afin de refléter les bénéfices globaux des actions menées.

Toutefois, les données biomédicales ne suffisent pas à prédire l'état de santé d'un individu. À pathologie et traitement identiques, deux personnes peuvent évoluer de manière très différente. Les outils de monitoring doivent donc intégrer des déterminants non biomédicaux<sup>77</sup>, tels que le niveau socio-économique, la compréhension de la maladie et la littératie en santé, la littératie numérique, l'autonomie et les comportements quotidiens de prévention, ou encore le sentiment de contrôle sur sa santé. Ces facteurs influencent l'accès aux soins, l'observance thérapeutique et, in fine, les résultats de santé, mais restent encore largement absents des outils actuels. L'usage des PROMs (Patient-Reported Outcome Measures) et PREMs (Patient-Reported Experience Measures) constitue à cet égard un levier central. Ces données rapportées par les patients sont riches pour piloter la prévention et adapter les décisions au plus près des besoins.

Il s'agit finalement de reconSIDérer l'individu dans sa globalité, en dépassant une vision strictement biomédicale de la santé. La transition vers une médecine davantage préventive et centrée sur le patient implique de maintenir la bonne santé dans toutes ses dimensions (physique, psychologique, sociale et environnementale).

A cela s'ajoute l'importance de mobiliser les acteurs économiques pour soutenir la prévention. Il s'agit notamment d'associer les assureurs et mutuelles comme acteurs clés de la prévention, en revisitant le modèle économique de leur action et en leur permettant de proposer des incitations financières ou comportementales (réductions, bonus, partenariats de terrain) dans un cadre éthique et transparent. Également, il convient de repenser les modes de financement, en soutenant les parcours coordonnés plutôt que la rémunération à l'acte. Ces évolutions visent à encourager la continuité, la qualité et l'efficience des prises en charge.<sup>78</sup>

Enfin, il apparaît nécessaire de garantir la soutenabilité et la fiabilité des technologies de monitoring. Pour cela, il convient de concevoir des infrastructures de monitoring sobres et responsables, intégrant dès leur conception la mesure de l'empreinte environnementale, l'usage de solutions techniques économes et une gestion raisonnée des données. Cette approche permet de limiter l'impact écologique des dispositifs de monitoring tout en assurant leur viabilité à long terme. Parallèlement, il convient de mettre en place une surveillance continue des outils numériques, reposant sur une veille active et des audits réguliers, afin de détecter et corriger les biais éventuels. Un tel dispositif contribuerait à renforcer la fiabilité des technologies, à maintenir la confiance des acteurs et à garantir un usage éthique et sécurisé des données collectées.

## Axe 2 : Structurer un écosystème *One Health* cohérent et compétitif

Aujourd'hui, la mise en œuvre de *One Health* demeure encore fragmentée et incomplète. Elle reste trop souvent centrée sur la seule santé humaine et morcelée entre différents secteurs d'activité. Cette approche en silos limite son potentiel d'innovation et sa capacité à transformer durablement les pratiques. Or, les défis contemporains, qu'il s'agisse des crises sanitaires, de la transition écologique, de la sécurité alimentaire ou de la préservation des écosystèmes, imposent une intégration étroite entre santé humaine, santé animale, agriculture et environnement. Pour les dépasser, ils requièrent des transformations considérables, y compris au sein même du système de santé humaine, encore essentiellement orienté

77 « Jumeaux numériques, l'importance de la qualité des données à leur origine », Jean-Philippe Bertocchio, Médecin néphrologue, chercheur à l'INSERM et CEO de SKEZI, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

78 « Jumeau numérique territorial et responsabilité populationnelle », Robert Picard, délégué général, et William Zanotti, vice-président de la Filière Santé Numérique, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

vers le soin et trop peu vers la prévention et la promotion de la santé. L'alignement des politiques, des pratiques professionnelles et des technologies est une condition de succès.<sup>79</sup>

Dans cette perspective, la notion de responsabilité populationnelle s'affirme comme un cadre structurant. Elle poursuit un objectif quadruple et interdépendant : améliorer la santé de la population, maîtriser les coûts, renforcer l'attractivité des métiers et améliorer la qualité des prises en charge. L'objectif est de transformer le cercle vicieux actuel, dans lequel les coûts augmentent, la qualité des prises en charge se dégrade et les professionnels perdent en motivation, en un cercle vertueux dans lequel prévention, qualité des soins et efficacité du système se renforcent mutuellement.

L'une des conditions clés de ce changement réside dans une territorialisation de l'action publique. Cela repose sur une analyse fine des besoins et des vulnérabilités propres à chaque territoire, la valorisation de l'autonomie des acteurs locaux et la mobilisation citoyenne, pour que chacun devienne acteur de sa santé. Concrètement, il s'agit de réaliser des cartographies territoriales afin d'identifier les populations les plus vulnérables, leurs caractéristiques et les facteurs de risque associés. L'enjeu est d'optimiser l'allocation des ressources -au bon endroit et au bon moment- afin que la prévention soit ciblée. Comme le soulignent Robert Picard, délégué général, et William Zanotti, vice-président de la Filière Santé Numérique, les territoires doivent devenir les moteurs de la prévention, de la coordination et de l'innovation. Ils constituent de véritables laboratoires, permettent d'expérimenter des solutions, en tenant compte des besoins et vulnérabilités à l'échelle locale, et de repérer les conditions de leurs succès. Ceci permet ensuite de les déployer à grande échelle moyennant les nécessaires ajustements aux divers contextes territoriaux.<sup>80</sup>

Ainsi, pour que l'approche *One Health* devienne un levier de transformation durable, il est nécessaire de la concevoir comme une politique industrielle et scientifique nationale, articulée avec les territoires et intégrée aux stratégies européennes et internationales. Cette ambition implique de fédérer les acteurs publics, privés et académiques au sein d'un écosystème cohérent et compétitif. Elle implique également d'acculturer la population et les parties prenantes à la santé globale en basant l'acculturation sur des exemples concrets, tels que la résistance aux antimicrobiens qui impacte la santé humaine, animale et des écosystèmes. Un groupe de veille hepta-académique regroupant les académies des Sciences, de Pharmacie, de Médecine, Vétérinaire, d'Agriculture, de Chirurgie et de Chirurgie dentaire s'est fédéré en vue notamment de contribuer à l'acculturation du grand public sur ce sujet. D'autres sujets pourraient être traités sur ce modèle.

Elle doit se traduire concrètement dans les pratiques et « devenir l'affaire de tous ».<sup>81</sup> Pour cela, elle nécessite un portage politique fort et déterminé. Le recours à *One Health* doit ainsi devenir un réflexe dans la définition et la mise en œuvre des politiques publiques. Dans cette perspective, plusieurs mesures ont été engagées par les pouvoirs publics au cours des dernières années : lancement d'appels à projets pour soutenir la transition des filières stratégiques et l'industrialisation des entreprises innovantes<sup>82</sup> ; élaboration de plans

---

79 Steven J. Jackson, Tarleton Gillespie, and Sandy Payette. 2014. The policy knot: re-integrating policy, practice and design in CSCW studies of social computing. In Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing (CSCW '14), February 15, 2014, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 588–602. <https://doi.org/10.1145/2531602.2531674>

80 « Jumeau numérique territorial et responsabilité populationnelle », Robert Picard, délégué général, et William Zanotti, vice-président de la Filière Santé Numérique, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

81 Jean-Luc Angot, « *One Health* : de la conception à l'action. Tous acteurs de la santé globale ! », Préface, in Sébastien Gardon, Amandine Gautier, Gwenola Le Naour, Serge Morand, Sortir des crises. *One Health* en pratiques, Éditions Quæ, 2022, p.11.

82 Différents appels à projets ont été lancés comme par exemple, « [Industrialisation et capacités santé 2030](#) », inscrit dans le Plan Innovation Santé 2030, qui comprend cinq axes. L'un d'eux est spécifiquement dédié à la lutte contre les maladies infectieuses émergentes et les menaces NRBC. Il est doté d'une enveloppe de 750 M€ sur cinq ans. Autre mesure : l'appel à projets « [Écoantibio 3](#) », reconduit chaque année entre 2024 et 2028. Il mobilise 2 M€ par an pour financer des projets visant à acquérir de nouvelles connaissances ou à faire évoluer les pratiques dans le domaine de la résistance aux antimicrobiens ou aux antiparasitaires en santé animale dans une approche « Une seule santé ».

nationaux en santé et environnement<sup>83</sup> ; ou encore création de l’Institut *One Health*.<sup>84</sup> Le Comité interministériel « Une seule santé » est une instance nationale chargée du suivi et de l’orientation des actions du Plan national santé environnement (PNSE4). Il rassemble de nombreux acteurs tels que l’État, le parlement, les collectivités territoriales, les associations, les organisations syndicales, les entreprises, les personnalités qualifiées et les professionnels de toutes les santés. Le Groupe santé environnement (GSE) est l’instance nationale qui veille au suivi et à l’orientation des actions du PNSE4, en collaboration avec le ministère chargé de l’agriculture.

L’objectif est de renforcer la souveraineté sanitaire de la France, de stimuler une croissance économique compatible avec la préservation de l’environnement, de favoriser l’émergence d’emplois qualifiés à l’interface des secteurs de la santé humaine, animale, agricole et alimentaire.

Pour structurer durablement l’ambition *One Health*, il faut mobiliser une coordination entre les ministères de la santé, de la transition écologique, de l’agriculture, de l’enseignement supérieur, et de la recherche, et interroger sa place dans d’autres politiques publiques sectorielles.<sup>85</sup> Pour éclairer les choix publics et garantir une vision de long terme, la création d’un groupe national d’experts indépendant, inspiré du modèle du GIEC, offrirait un appui scientifique et stratégique solide.

Dans cette optique, il conviendrait d’élaborer, dans chaque région, une feuille de route *One Health* portée par les acteurs locaux. Ces stratégies seraient ensuite consolidées à l’échelle nationale et inscrites dans une vision cohérente avec les engagements européens et internationaux de la France. À cet égard, la Région Nouvelle-Aquitaine constitue un bon exemple. Elle a adopté une feuille de route dédiée à *One Health*, pour la période 2023-2028. Ce document d’orientation générale répond aux besoins spécifiques du territoire en matière de prévention des risques. En plaçant *One Health* au cœur de ses politiques publiques, la région agit comme un laboratoire d’expérimentations. En tant qu’« acteur de la santé à part entière », elle dispose des compétences pour mobiliser et fédérer les acteurs locaux, accompagner le tissu industriel dans la transition *One Health*, renforcer l’offre de formation académique et professionnelle, promouvoir une alimentation durable dans les cantines scolaires, encourager les mobilités du quotidien, et contribuer à la prévention des maladies infectieuses émergentes. En ce sens, elle participe à donner au territoire une image positive « de bonne santé de la population, des animaux et des végétaux. »<sup>86</sup> Cela contribue à renforcer l’attractivité d’une région, à réduire les inégalités et à améliorer le cadre de vie.

Au-delà de la feuille de route, la conduite des transformations nécessaires au niveau des pratiques des diverses communautés professionnelles impliquées et du public requiert un pilotage opérationnel structuré, comme l’illustre le « Guide de démarrage de la Responsabilité populationnelle »<sup>87</sup> publié par la Fédération Hospitalière de France pour la conduite des transformations liée à la mise en place de cette approche.

C’est en conjuguant les expertises des startups aux grands groupes, et des acteurs académiques, que nous parviendrons à transformer les défis actuels en opportunités durables. Cette dynamique de coopération peut être facilitée par une plateforme souveraine, garantissant une collaboration sécurisée autour du jumeau numérique. À ce titre, la collaboration entre la start-up Wandercraft et le Groupe Renault constitue un exemple concret. « L’intégration d’un exosquelette, initialement conçu pour accompagner les personnes en situation de handicap, ouvre en effet de nouvelles perspectives pour repenser la mobilité de demain.

---

83 « L’élaboration du Plan national Santé Environnement (PNSE), tous les cinq ans, est inscrite dans le Code de la santé publique. Le [PNSE 4 \(2021-2025\)](#) propose « des actions concrètes de sensibilisation, d’information, de formation, de réduction des expositions et des impacts pour que chacun puisse agir dans une approche globale Une seule santé ».

84 Soutenu par la Stratégie d’accélération France 2030 contre la menace des maladies infectieuses émergentes et intégré à l’EID@Lyon (École Universitaire de Recherche), l’[Institut One Health](#) est destiné à sensibiliser les décideurs publics et privés aux enjeux de la santé unique en France et à l’internationale. « À moyen terme, l’Institut prendra part à l’émergence de l’Europe de la Santé, en faisant valoir au niveau international une vision de la santé européenne plus innovante, fondée sur les preuves et la collaboration ».

85 Jean-Luc Angot, président honoraire de l’Académie vétérinaire de France, in « *One Health*, c’est un changement de culture qui nous concerne tous », Interview, 4 avril 2025, <https://agriculture.gouv.fr>

86 Région Nouvelle-Aquitaine, [Feuille de route Santé 2023-2028](#)

87 [Calaméo - Guide de démarrage de la Responsabilité populationnelle](#)

Les deux prochaines décennies seront celles de la transformation industrielle. Mais cette métamorphose ne pourra se faire sans un engagement collectif. Nous devons casser les silos entre les grands industriels et les startups. Nous devons multiplier les partenariats, encourager les grandes entreprises à adopter une culture d'innovation ouverte, et renforcer notre soutien aux jeunes pousses. L'esprit d'entreprendre doit devenir une valeur partagée, un moteur commun pour construire un avenir résilient, car l'innovation de rupture n'est pas seulement une réponse aux crises actuelles. Elle est une promesse d'espoir, une opportunité de réinventer notre monde. Cette promesse ne se réalisera pas seule. Elle exige de nous, acteurs de l'industrie, de l'investissement et de l'innovation, un engagement sans faille. Pas demain, mais aujourd'hui. »<sup>88</sup>

L'acceptabilité ne se trouve pas uniquement du côté des utilisateurs finaux. Elle repose aussi sur la manière dont les institutions valident, financent et encadrent ces innovations. Les autorités de santé, les financeurs et les décideurs publics jouent donc un rôle clé pour la reconnaissance et l'intégration de ces dispositifs. Un décalage entre l'existence de solutions de monitoring robustes, validées scientifiquement, et leur reconnaissance par les autorités de santé ou les financeurs persiste.<sup>89</sup> Même lorsqu'ils démontrent leur performance technique et clinique, ces dispositifs peinent à obtenir une validation rapide ou un financement adapté pour être intégrés aux systèmes de santé. Le déploiement opérationnel des outils diagnostiques et thérapeutiques fondés sur l'IA suppose une prise en charge par le système de protection sociale, tant en termes de tarification que de modalités de remboursement.

Cette acceptabilité « institutionnelle », qui englobe l'évaluation par les autorités, les mécanismes de remboursement et les décisions d'investissement public, apparaît ainsi déterminante pour passer de l'innovation à une diffusion à grande échelle. C'est à cette condition que pourront « émerger des champions technologiques capables de rivaliser à l'échelle internationale tout en étant de véritables forces vives de la croissance et de la souveraineté française. »<sup>90</sup>

Enfin, pour garantir un usage fiable et éthique des données dans une approche *One Health*, il est nécessaire de mettre en place une gouvernance nationale de la donnée. Celle-ci doit s'appuyer sur un cadre uniifié couvrant la qualité, la traçabilité, la cybersécurité et l'éthique, tout en restant alignée sur les initiatives européennes, notamment l'Espace européen des données de santé (EHDS), et articulée avec le *Health Data Hub* (HDH). Nous devons également concevoir un schéma d'accès sécurisé aux données multi-sources qui repose sur une gouvernance transparente. Un tel dispositif faciliterait la collaboration entre acteurs publics et privés, renforcerait la confiance des citoyens et permettrait un partage de données fiable pour la recherche, l'innovation et la prise de décision.

### Axe 3 : Développer une recherche partenariale et interdisciplinaire à impact opérationnel

Si l'on veut que l'approche *One Health* devienne une réalité, « il faut franchir les barrières entre les disciplines, en bâtissant de solides ponts et passerelles entre elles. »<sup>91</sup> De véritables travaux de recherche pluridisciplinaire doivent être entrepris. Et pour que les connaissances issues des travaux scientifiques puissent être traduites en solutions innovantes utiles sur le terrain et qui auront une valeur pour le marché, il importe de nouer des partenariats avec les structures socio-économiques.

Au-delà des collaborations entre grands groupes industriels et startups notamment, il est également essentiel de renforcer les partenariats entre le monde académique et le monde

88 Frédéric Vacher, directeur innovation et fondateur du 3DExpérience Lab de Dassault Systèmes. « [L'innovation se nourrit de collaboration : le lien entre start-up et grands groupes doit se renforcer](#) », Tribunes, Maddyness, 18/08/2025, <https://www.maddyness.com/>

89 « Simulation d'essais cliniques pour optimiser le développement de nouvelles thérapies (QSP) », François-Henri Boissel, conseiller de la stratégie et du développement commercial, Nova in Silico, réunion du groupe de travail, 21 mars 2025.

90 Alexandre Pham, « [Start-up et grands groupes : même combat !](#) », Tribune, Maddyness, 11 août 2025.

91 Op. Cit.

socio-économique. La construction d'un écosystème de recherche réellement performant repose aussi sur une orientation claire des investissements, afin de soutenir la création et le développement de startups deeptechs spécialisées dans ces nouvelles technologies. Ces dynamiques sont déterminantes pour transformer les avancées scientifiques en solutions concrètes, utiles et déployables.

Il ne suffit pas de déclamer « *One Health* » pour que ce concept soit effectivement mis en œuvre. Il doit s'incarner dans des actions concrètes et opérationnelles, avec une vision systémique.<sup>92</sup> En effet, « cette approche, qui vise à relier santé humaine, santé animale et santé environnementale, se concentre encore trop souvent sur la santé humaine, parfois sur celle des animaux, mais elle oublie presque toujours la santé des plantes et celle des sols. Pourtant, c'est la base de tout. »<sup>93</sup>

L'appropriation de ces outils digitaux ne se décrète pas. Elle se construit dans l'usage, au fil du temps, à travers une série d'ajustements, d'essais, d'échanges, et parfois aussi de réticences surmontées. Elle résulte d'un processus collectif, façonné par les interactions entre les mondes scientifique, politique, économique et social. Ce processus requiert un travail de traduction, c'est-à-dire la capacité à faire dialoguer des acteurs aux intérêts, langages et contraintes hétérogènes, en vue de faire émerger des formes de compromis pragmatiques et acceptables. Cette dynamique repose non seulement sur un dialogue continu entre les concepteurs et les utilisateurs, mais aussi sur une compréhension fine des réalités, soit la disponibilité des infrastructures numériques, le cadre réglementaire sectoriel, les modes d'organisation professionnelle, les attentes citoyennes et les référentiels culturels.

L'acceptabilité constitue un véritable processus socio-politique, reposant sur des compromis entre science, économie et société civile. Elle se joue à plusieurs niveaux. En effet, elle implique à la fois les usagers (patients, agriculteurs, citoyens), qui doivent pouvoir s'approprier les outils, mais aussi les acteurs institutionnels (régulateurs, financeurs, décideurs publics), qui fixent les conditions de leur mise en œuvre.

En définitive, l'enjeu ne réside pas dans la production de données, mais « dans leur utilisation pour éclairer les décisions et orienter l'action »<sup>94</sup>. C'est pourquoi il importe de concevoir des outils numériques qui placent l'utilité opérationnelle des données au centre de leur conception. Pour atteindre cet objectif, « il est capital d'associer les sciences humaines et sociales, la philosophie et la sociologie dès les premières étapes des projets techniques. En outre, la création récente d'un Comité consultatif national d'éthique du numérique, adossé au Comité national pour les sciences de la vie et de la santé, va dans ce sens. »<sup>95</sup>

## Axe 4 : Adapter le cadre réglementaire pour accélérer le passage à l'échelle

Malgré leurs avancées technologiques indéniables, le développement des capteurs appliqués à la santé humaine, animale et environnementale reste encore largement cantonné au stade de la R&D ou du prototype. Leur passage à l'échelle est freiné par des coûts de développement élevés, l'absence de modèles économiques ainsi que la complexité des procédures de certification et des cadres réglementaires.

Pour que des capteurs et des solutions innovantes puissent réellement se développer, il est indispensable de disposer de ventes et de revenus suffisants pour justifier les investissements. Or, après des années de recherche et la multiplication des prototypes, les marchés

92 Jean-Luc Angot, « *One Health* : de la conception à l'action. Tous acteurs de la santé globale ! », Préface, in Sébastien Gardon, Amandine Gautier, Gwenola Le Naour, Serge Morand, *Sortir des crises. One Health en pratiques*, Éditions Quæ, 2022, p.11.

93 « Capteurs et analyses en sélection végétale : amélioration de la résistance des plantes », François Torney, directeur des affaires scientifiques, Limagrain, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

94 « Outils de collecte, gestion de BD et analyse dans des projets internationaux (santé humaine/maladies infectieuses) », Djeri Amani Molamba, responsable adjoint du département santé internationale, Croix-Rouge, réunion du groupe de travail, 25 avril 2025.

95 Emmanuel Didier, « [Pour une santé numérique humaine](#) », Point de vue, Ouest-France, 18/08/2025.

restent rares. En effet, « il s'agit d'un point fondamental à garder à l'esprit. Car depuis près de quinze ans, aucun marché médical d'envergure n'est parvenu à s'imposer. Les freins sont nombreux : contraintes réglementaires, procédures de certification complexes, dispositifs de remboursement inadaptés. Les idées brillantes ne suffisent pas. Ecore faut-il qu'elles s'inscrivent dans un cadre économique et réglementaire solide. Sans quoi, elles ne décolleront pas. »<sup>96</sup>

Dans ce contexte, de nombreuses entreprises choisissent d'effectuer leurs essais cliniques à l'étranger, dans des pays comme l'Australie ou la Suisse. Dans le même temps, la FDA aux États-Unis conduit une stratégie proactive pour attirer les entreprises sur le marché américain. Face à cette concurrence internationale, il est indispensable d'adapter le cadre réglementaire français et européen, en renforçant la coordination entre les organismes. Le cadre réglementaire doit permettre un équilibre. Les réglementations visent à la fois à encadrer et sécuriser les développements technologiques, à garantir un contrôle humain effectif, mais aussi à encourager une innovation responsable. L'enjeu est de créer un cadre qui soutienne, à l'échelle nationale et européenne, la compétitivité industrielle et la souveraineté dans l'usage de ces technologies.

Cet enjeu est d'autant plus nécessaire que le système de santé français repose sur la gratuité pour l'usager, à la différence du modèle américain, où l'investissement individuel facilite l'adoption des nouvelles technologies, mais soulève en retour des questions d'équité et d'accessibilité. En conséquence, la démonstration de la plus-value des innovations, à la fois individuelle et collective, devient une condition essentielle pour que les dispositifs de monitoring soient intégrés et financés par les systèmes publics de santé.

Pour faciliter le déploiement des innovations à grande échelle, il est essentiel de simplifier et de mieux coordonner l'accompagnement réglementaire. Cela suppose de mettre en place un guichet unique clair et réactif, capable de réduire les délais administratifs et d'offrir un parcours lisible pour les porteurs de projets, tout en articulant les procédures nationales et européennes. Dans cette perspective, le Guichet innovation et orientation (GIO) de l'ANSM devrait être renforcé afin de proposer un suivi personnalisé des projets.

Par ailleurs, il convient d'adapter les exigences réglementaires au degré de risque. Une gradation claire permettrait d'accélérer les expérimentations de terrain pour les dispositifs présentant un faible risque, tout en maintenant un haut niveau de sécurité pour les usagers. Il est également crucial d'harmoniser les procédures d'essais cliniques et de certifications au niveau européen, en les rendant interopérables avec les standards internationaux (FDA, Swissmedic). Cette convergence faciliterait l'accès au marché, réduirait les délais et renforcerait la compétitivité des innovations européennes à l'export.

## Axe 5 : Renforcer l'éducation, la formation et la responsabilité collective

Pour que l'approche *One Health* s'ancre durablement dans la société, il est indispensable de développer une culture partagée de la prévention et de promouvoir un usage responsable des technologies de monitoring. Les témoignages des membres de l'ANRT convergent sur un point : l'efficacité des dispositifs de monitoring repose, avant tout, sur la coopération volontaire des citoyens. Leur implication, par une participation active et régulière, est en effet déterminante pour alimenter les systèmes en données fiables, en garantir la mise à jour continue et permettre des analyses pertinentes. Cette coopération dépend de plusieurs conditions. Elle requiert une compréhension des enjeux sanitaires, environnementaux et sociaux associés à ces technologies, la confiance dans les structures qui les portent, ainsi que la conviction, pour chaque individu, de contribuer, en toute sécurité, non seulement à sa propre santé mais aussi à celle de la collectivité et à la préservation de l'environnement.

---

<sup>96</sup> « Le silicium au service de la santé globale », Olivier Horbowy, responsable des affaires publiques et du marketing stratégique pour les systèmes avancés, STMicroelectronics, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

L'implication personnelle du patient constitue un levier déterminant dans l'efficacité des actions de prévention. La motivation, l'autonomie, la compréhension de la maladie et la capacité à agir sur sa santé influencent fortement les résultats des soins. Dans l'idéal, chacun devrait pouvoir être acteur de sa santé, en adoptant des comportements favorables au quotidien.

Cependant, il est essentiel de veiller à ce qu'un modèle fondé sur l'autonomie ne transforme pas la santé en une responsabilité portée uniquement par l'individu. De nombreuses personnes, pour des raisons sociales, cognitives, psychologiques ou culturelles, ne disposent pas des ressources nécessaires pour gérer seules leur santé et être autonomes dans leur parcours de soins. Or, encourager l'autonomie ne doit pas conduire à accroître les inégalités de santé. Les dispositifs de prévention doivent donc s'adapter aux capacités réelles des utilisateurs, proposer des niveaux d'assistance différenciés et prévoir des mécanismes d'accompagnement pour les publics les plus vulnérables. Cela pose une question fondamentale : comment soutenir les personnes qui ne peuvent pas être pleinement acteurs de leur santé ?<sup>97</sup>

En ce sens, les technologies de monitoring doivent être pensées dans une logique d'inclusion, en tenant compte de la diversité des capacités et des usages. En effet, l'acceptation d'un dispositif de monitoring par ses utilisateurs finaux dépend de son utilisabilité, laquelle se définit par la simplicité de son utilisation, sa convivialité et sa capacité à répondre concrètement aux besoins du terrain, tant fonctionnels qu'opérationnels. Mais cette acceptabilité repose aussi sur l'adaptabilité des technologies, qui doivent s'ajuster aux contextes d'usage, parfois contraints, et tenir compte de l'expérience de l'utilisateur, à la fois lors de la mise en service des outils de monitoring ainsi que tout au long de leur cycle de vie. Cependant, un outil simple, intuitif et adapté aux besoins de l'utilisateur n'est pas nécessairement adopté. Au-delà de l'expérience d'usage, l'acceptabilité repose aussi sur un élément fondamental : la confiance.

Dans cette optique, l'intégration des dispositifs de monitoring doit s'accompagner d'un effort soutenu de sensibilisation et de formation pour favoriser l'émergence d'une culture commune de la prévention et de la responsabilité individuelle. L'objectif n'est pas de contraindre, mais d'inciter. Pour autant, cette responsabilité ne doit pas conduire à un excès de surveillance. Car, une détection ou un dépistage trop systématique peut susciter un sentiment d'anxiété et réduire l'efficacité des actions de prévention. En effet, il convient d'éviter une utilisation excessive des capteurs.

L'enjeu n'est pas de dépister toutes les maladies, mais de trouver un équilibre. Le recours systématique aux dispositifs prédictifs risque d'aboutir à une surveillance permanente des individus, avec des effets potentiellement anxiogènes, contre-productifs et coûteux. C'est pourquoi il est nécessaire d'évaluer la pertinence de chaque dispositif au regard d'un calcul bénéfice-risque. L'objectif n'est pas de multiplier les mesures, mais de détecter plus tôt ce qui est réellement utile, sans excès ni fréquence inutile. Dans cette démarche, l'éducation à la santé et au numérique dès le plus jeune âge est essentielle pour aider chacun à adopter des comportements favorables, sans tomber dans l'hyperdétection. Ce faisant, il est important d'accompagner et d'encadrer l'usage raisonné de ces technologies. « Le prédictif n'est pas une fin en soi. C'est un levier du préventif. »<sup>98</sup>

De plus, au-delà des enjeux de protection des données et de sécurité, le développement des technologies de monitoring soulève aussi des questions éthiques de justice globale, notamment en ce qui concerne le risque d'accentuation des inégalités et la bonne prise en compte des communautés les plus vulnérables, qui ne disposent pas des mêmes capacités d'accès, de compréhension ou d'appropriation de ces dispositifs.

On progresse ainsi vers une transformation profonde de notre rapport à la santé et à l'environnement. Ces deux dimensions ne doivent plus être considérées comme des domaines réservés aux seuls professionnels, mais comme des biens communs dont la préservation

97 « Jumeaux numériques, l'importance de la qualité des données à leur origine », Jean-Philippe Bertocchio, médecin néphrologue, chercheur à l'INSERM et CEO de SKEZI, réunion du groupe de travail, 24 octobre 2025.

98 « Le silicium au service de la santé globale », Olivier Horbowy, responsable des affaires publiques et du marketing stratégique pour les systèmes avancés, STMicroelectronics, réunion du groupe de travail, 23 mai 2025.

relève de la responsabilité de chacun, tant sur le plan individuel que collectif. Pour atteindre cet objectif, l'éducation et la formation au concept *One Health* s'imposent comme une priorité. Elles constituent un socle essentiel pour renforcer la culture scientifique, développer l'esprit critique et instaurer un dialogue constructif entre les citoyens, les chercheurs, les acteurs socio-économiques et les décideurs politiques. De manière plus précise, elles visent, d'une part, à transmettre au grand public les connaissances, les savoir-faire et les savoir-être nécessaires pour adopter des comportements préventifs, et, d'autre part, à doter les professionnels des compétences techniques, éthiques et sociales indispensables pour accompagner cette transformation culturelle.

L'approche par le biomimétisme illustre particulièrement bien la capacité des technologies à faire dialoguer et travailler ensemble des secteurs jusque-là cloisonnés. L'enjeu consiste à activer la coopération entre disciplines, en croisant les regards de biologistes, d'ingénieurs, de médecins, d'agronomes ou encore de spécialistes de l'environnement. Cela suppose non seulement de recruter des experts pluridisciplinaires, mais aussi de structurer de véritables filières de formation.<sup>99</sup>

Dans cette perspective, il convient d'éduquer aux possibilités comme aux limites de ces technologies, pour en favoriser l'adoption du plus grand nombre, tout en préservant l'esprit critique. De plus, il importe de former les étudiants, mais également les professionnels déjà en exercice ainsi que les formateurs eux-mêmes. Cette transformation suppose le développement de compétences transversales, telles que la multidisciplinarité, l'interdisciplinarité et les soft skills. Dans ce cadre, le fait de faire travailler ensemble, au sein des mêmes parcours, ingénieurs et médecins constitue un levier essentiel d'hybridation, favorisant l'émergence de profils capables de faire le lien entre innovation technologique et enjeux de santé.

Dans cette perspective, les assureurs se positionnent comme des acteurs stratégiques. Avec l'appui des politiques publiques, ils disposent des moyens nécessaires pour accompagner les assurés dans une démarche de « capitalisation de la santé du vivant » tout au long de leur vie, c'est-à-dire d'investissement continu dans le maintien de la bonne santé afin de réduire la sinistralité et les coûts associés aux dégradations évitables. L'ambition est de responsabiliser les individus pour qu'ils préservent leur propre santé, tout en contribuant à un équilibre écologique et environnemental. Cette orientation implique l'instauration d'une relation de confiance entre le citoyen, le corps médical, l'assureur et l'ensemble des acteurs socio-économiques engagés dans *One Health*.

---

99 « Biomimétisme et santé commune : leviers d'innovation multi-échelles de l'éco-conception produit à la résilience territoriale », Laura Magro, directrice du développement scientifique, Ceebios, réunion du groupe de travail, 21 novembre 2025.

# Bibliographie

---

Akrich M., Callon M., Latour B. (2006), *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, Presses des Mines.

Angelier C. (2024), « Projet de travaux collectifs One Health », *Note d'opportunité*, ANRT.

Boltanski L. (1991), Thévenot L., *De la justification. Les économies de la grandeur*, Gallimard.

Bourreau J. (2022), *Les oubliés du digital*, Débats publics.

Callon M. (1986), « Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc », *L'Année sociologique*, n°36, p. 170-207.

Callon M., Latour B. (1991), « Réseaux technico-économiques et irréversibilités », in R. Boyer, B. Chavanche et O. Godard (dir.), *Les figures de l'irréversibilité en économie*, Éditions de l'EHESS.

Callon M. (2017), *L'emprise des marchés. Comprendre leur fonctionnement pour pouvoir les changer*, Éditions La Découverte.

Canguilhem G. (1952), *La connaissance de la vie*, Hachette, collection « Pluriel », rééd. 1992.

Descola P. (2005), *Par-delà nature et culture*, Gallimard.

Dubois M., Bobillier-Chaumon M-É. (2009), « L'acceptabilité des technologies : bilans et nouvelles perspectives », Éditorial, in *Le Travail Humain*, tome 72, n°4.

Gardon S., Gautier A., Le Naour G., Morand S. (2022), *Sortir des crises. One Health en pratiques*, Éditions Quæ.

Goffman E. (1973), *La mise en scène de la vie quotidienne*, Minuit, tome 1, 1973, tome 2, 1975.  
(*The Presentation of Self in Everyday Life*, 1956, 1959, *Behavior in Public Spaces*, 1963).

Goffman E. (1968), *Asiles. Études sur la condition sociale des malades mentaux*, Minuit.

Latour B. (1993), « La clef de Berlin », *Petites leçons de sociologie des sciences*, La Découverte, (rééd. 2006).

Laplaud A. (2024), « Acceptabilité sociale du numérique et droits de la santé », in *Trayectorias Humanas Trascontinentales*, n°17, avril. <https://doi.org/10.25965/trahs.5742>

Mission Bothorel (2020), « Pour une politique publique de la donnée », décembre.  
<https://www.vie-publique.fr>

Rabeharisoa V., Callon M. (1999), *Le pouvoir des malades. L'association française contre les myopathies et la recherche*, Les presses de l'École des Mines de Paris.

Sciences & Univers, « La donnée, nouveau nerf de la guerre », n°54, février-mars 2025.

Tirole J. (2016), *Économie du bien commun*, Presses Universitaires de France.

# Participants au groupe de travail

---

Abramatic Séverine — CNCR  
Achard Simon — ATOS  
Agion Tony — QUALYSE  
Aït-ikhlef Ali — PASREL-IMAGERIE / CEA  
Akalin Tahsin — UNIVERSITE DE LILLE  
Alami Salim — ANRT  
Alleaume Lucie — ETHEIK-IA  
Ammar Hela — BIOMEMORY  
Amrani Sarah — ETHEIK-IA  
Angelier Clarisse — ANRT  
Angelini Elsa — TELECOM PARIS, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS, IMT  
Armary Pauline — UNIVERSITE DE BOURGOGNE  
Artiguenave François — CEA  
Avril Stéphane — MINES SAINT-ETIENNE  
Bacry Emmanuel — CNRS / CSO FRENCH HEALTH DATA HUB  
Badier Nolwenn — IRMES, INSEP  
Baldit Adrien — UNIVERSITE DE LORRAINE  
Barabinot Philippe — SIEMENS INDUSTRY SOFTWARE SAS  
Barbier Michèle — CENTRE INRIA, UNIVERSITE COTE D'AZUR  
Barbier Laura — MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE  
Bechini Léa — AIX MARSEILLE UNIVERSITE  
Benhabiles Halim — IMT NORD EUROPE  
Berthon Anne-Françoise — ANSES  
Bertocchio Jean-Philippe — SKEZI  
Bieder Zoé — WITHINGS  
Bienvenu Anne-Lise - HOSPICES CIVILS DE LYON  
Binon Pierre - WITHINGS  
Blanc Guillaume — CLERMONT AUVERGNE INNOVATION  
Boisgerault Corentin — VISIBLE PATIENT LAB  
Boissel François-Henri — NOVA IN SILICO  
Bokam Prasanth — ANSYS  
Bonnin Jean-Marie — IMT ATLANTIQUE / IRISA  
Bossevain Clémentine — UNIVERSITE PARIS-CITE  
Boulanger Alexandre — METYOS  
Boulharts Habiba — IFP ENERGIES NOUVELLES  
Bousquet Philippe Jean — GIP CAD  
Boyera Nathalie — EPISKIN SA  
Brevet Marc — MOËT HENNESSY, LVMH  
Bricambert Julien — UNIVERSITE PARIS CITE  
Briquet Laugier Véronique — AQUA LEGACY  
Brisabois Anne — ACADEMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE  
Buff Samuel — VETAGRO SUP / ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON  
Calvosa Eric — SANOFI PASTEUR  
Cardinale Eric — ANSES  
Carlotti Pierre — ARTELIA  
Cavrois Maxime — SKEZI  
Chabaud-Riou Martine — SANOFI  
Chabrerie Christian — EPITA  
Chakchouk Faten — EFREI  
Chapel Cathy — CEA/DRF  
Chapron Bertrand — IFREMER  
Chaput Didier — CNES  
Charnoz Arnaud — VISIBLE PATIENT  
Charvillat Vincent — INSTITUT MINES-TELECOM  
Chastre Mathilde — ANSYS  
Chevalier Olivia — INSTITUT MINES-TELECOM  
Chevalier Yves — LAGEPP - UNIVERSITE DE LYON 1  
Chollet Gérard — CNRS  
Cocquempot Lucie — IFREMER  
Colin Elisabeth — EFREI  
Collombet Jean-Marc — IRBA  
Combe Manon — MOËT & CHANDON, LVMH  
Combet Adeline — ONE POINT  
Come Jean-Marie — GINGER  
Constantin Marjorie — UNIVERSITE MONTPELLIER / MAIRIE DE MONTPELLIER  
Courtot Lilas — COMITE SCIENTIFIQUE PRO ANIMA  
Criton Aline — WITHINGS  
Dalmas Laurent — UNIVERSITE DE VERSAILLES SQY - PARIS SACLAY  
Daniellou Richard — AGROPARISTECH  
Daoudi Mohamed — INSTITUT MINES-TELECOM  
Debroux Noémie — UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE  
Debski Nicolas — AGENCE DE L'INNOVATION DE DEFENSE  
Delrieu Lidia — INSEP  
Derdevet Julien — CROIX-ROUGE FRANÇAISE  
Deville Karine — WITHINGS  
Donne Nathalie — ERVIMMUNE  
Drame Gaoussou — CROIX-ROUGE FRANÇAISE  
Dray Gérard — IMT MINES ALES

Dubey Gerard — INSTITUT MINES-TELECOM  
Duc Caroline — IMT NORD EUROPE  
Dugre Eric — DANONE GLOBAL RESEARCH & INNOVATION CENTER  
Duraffourg Simon — DECATHLON  
Duriez Christian — INRIA ET COMPLIANCE ROBOTICS  
Dutozia Jérôme — ENOVACOM  
Dwek Mauricio — ANSYS  
Ebrahimi Nazanin — MINES PARIS-PSL  
Erlinger Corinne — CEA  
Ernecq Kathryn — ACCELERATEUR D'INNOVATION, FROG, CAPGEMINI INVENT  
Falgairou Vincent — CROIX-ROUGE FRANÇAISE  
Faliès Cécile — UNIVERSITE PARIS 1 PANTHEON-SORBONNE UMR PRODIG  
Farce Amaury — UNIVERSITE DE LILLE  
Faye Jeanne — UNIVALOM  
Ferblantier Natty — CROIX-ROUGE FRANÇAISE  
Ferullo Jean-Marc — LIDEA  
Fiandrino Annie — IFREMER  
Florimond Alexandre — SATT OUEST VALORISATION  
Follet Jérôme — JUNIA  
Fontanili Franck — IMT MINES ALBI  
Fouquereau Evelyne — UNIVERSITE DE TOURS  
Fournier Lionel — HARMONIE MUTUELLE  
Fuchs Olivier — CEA  
Fugier Pascal — CEA  
Galet Olivier — AVRIL  
Gallet Ambroise — CY CERGY PARIS UNIVERSITE & DGRI MESR SITTAR C1  
Garaix Thierry — ECOLE DES MINES DE SAINT-ETIENNE  
Garreau Mireille — UNIVERSITE DE RENNES  
Gauquelin-Koch Guillemette — CNES  
Gautier Jeannine — SORBONNE UNIVERSITE  
Germond Florence — CEA-LIST  
Gernez Caroline — IFREMER  
Ghinet Alina — JUNIA  
Ghosn Dana — DOCTOLIB  
Giat Pascal — ANRT  
Godde Mariam — MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETE ALIMENTAIRE  
Goubert Amandine — COSMETIC VALLEY  
Gouel Flore — UNIVERSITE DE ROUEN NORMANDIE  
Gougeon Emeline — COMITE SCIENTIFIQUE PRO ANIMA  
Guchet Xavier — UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE COMPIEGNE  
Gueguen Nils — DECATHLON  
Guichard Alexandre — NETRI  
Guivarc'h Nathalie — UNIVERSITE DE TOURS  
Guy Nina — ANRT  
Haigron Pascal — UNIVERSITE DE RENNES  
Haj Khlifa Réda — ANEO  
Hajji Faiza — SANATERRA ONE HEALTH & MICROBIOME LIVING LAB  
Hamitouche Chafiaa — IMT ATLANTIQUE  
Harnist Marie-Pierre — SANOFI  
Herent Paul — RAIDUM  
Heron Olivier — CEA  
Hilaire Didier — AGENCE INNOVATION DEFENSE - FRENCH MOD  
Honegger Thibault — NETRI  
Horbowy Olivier — STMICROELECTRONICS  
Iandolo Donata — INSERM  
Ihm Jongeon — INSTITUT PASTEUR  
Issa Samar — ECOLE DE BIOLOGIE INDUSTRIELLE  
Jambou Ronan — INSTITUT PASTEUR  
Janin Marc — ELICIT PLANT  
Jaouen Vincent — IMT ATLANTIQUE  
Josselin Jean-Pascal — INSTITUT D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME DE RENNES  
Keraudren Noah — INSTITUT DES SCIENCES DU MOUVEMENT  
Kletz Frédéric — MINES PARIS - PSL  
Kriouile Yassine — MINES PARIS - PSL  
Lakhmi Riadh — MINES SAINT-ETIENNE  
Lamolle Myriam — CENTRE DE GENIE INDUSTRIEL - IMT MINES ALBI  
Lantier Louis — UNIVERSITE DE TOURS  
Latrelle Julie — CHANEL  
Laval Arlette — ACADEMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE  
Layeb Safa — CENTRE DE GENIE INDUSTRIEL - IMT MINES ALBI  
Le Coq Laurence — INSTITUT MINES-TELECOM  
Leblond Agnes — VETAGRO SUP  
Lecompte Jennyfer — FEDERATION FRANÇAISE DE FOOTBALL  
Lefebvre Olivier — CEA  
Legallais Cécile — UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE COMPIEGNE  
Lemetais Guillaume — USENSE  
Lemian Diana — IMT NORD EUROPE  
Leroux Dorothée — UNIVERSITE DE TOURS  
Llodra Perez Anaïs — MEDES-INSTITUT MEDECINE PHYSIOLOGIE SPATIALE  
Lriot Amélie — UNIVERSITE PARIS DAUPHINE - PSL  
Loudni Samir — IMT ATLANTIQUE  
Louis Xavier — SANOFI  
Lucas-Leclin Benjamin — CEA  
Magro Laura — CEEBIOS  
Mahot Agnès — INSTITUT DE SANTE GLOBALE DE L'ALLIANCE, SORBONNE UNIVERSITE  
Maisonneuve Emmanuel — SORBONNE UNIVERSITE  
Marcouyau Ludivine — LM CONSEIL ET DESIGN  
Martin Adeline — MEDES-INSTITUT MEDECINE PHYSIOLOGIE SPATIALE  
Martinez Pascual Antonio — ANSYS

Mauger Emmanuelle — CHANEL  
Mazauric Vincent — SCHNEIDER DIGITAL  
Memin Etienne — INRIA  
Menio Stephane — SAFRAN LANDING SYSTEMS  
Mesmoudi Ikram — PEGMATISS BIOTECH  
Millard Frédérique — MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE  
Moingeon Philippe — UNIVERSITE PARIS-SACLAY  
Mokhtari Mounir — INSTITUT MINES-TELECOM  
Molamba Djeri Amani — CROIX-ROUGE FRANÇAISE  
Monnereau-Lesimple Clémence — ESA  
Monnier Corinne — CNRS INNOVATION  
Montorio Rémi — METROPOLE EUROPEENNE DE LILLE  
Mounanga Pierre — JUNIA  
Mulot Baptiste — ASSOCIATION BEAUVAL NATURE  
Mussault Emmanuel — MICHELIN  
Nakoune-Yandoko Emmanuel — INSTITUT PASTEUR DE BANGUI  
Nemessany Violette — ANRT  
Nguyen Von Long Nicolas — ADRIA  
Nicod Marie — JOLT CAPITAL  
Octave Stéphane — UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE COMPIEGNE  
Oncins Antoine — MEDES-INSTITUT DE MEDECINE ET PHYSIOLOGIE SPATIALES  
Oppert Jean-Michel — SORBONNE UNIVERSITE  
Panchairi Jean — INSTITUT DES SCIENCES DU MOUVEMENT  
Paradis Anne-Lise — CENTRE DE NEUROSCIENCE, SORBONNE UNIVERSITE, CNRS, INSERM  
Payoux Elisabeth — INSTITUT CARNOT AGRIFOOD TRANSITION  
Pécuchet Nicolas — 3DS  
Perreux Benjamin — DECATHLON  
Petot Hélène — DECATHLON  
Piaget Laurie — UNIVERSITE DE ROUEN NORMANDIE  
Picard Robert — FILIERE SANTE NUMERIQUE  
Piovezan Arthur — ROBEAUTE  
Pitkowski Anne — GROUPE BEL  
Ponzevera Emmanuel — IFREMER  
Portier-Fozzani Fabrice — UNIVERSITE PARIS CITE  
Poumarede Bénédicte — CENTRE PARIS SACLAY, SITE NANO-INNOV  
Poumellec Bertrand — UNIVERSITE PARIS-SACLAY - 2IM  
Prodel Martin — DECISION AID FOR LIFE SCIENCES  
Prost Christine — SANOFI  
Pujol Céline — INSERM  
Ramaz Marianne — LABORATOIRE NATIONAL DE METROLOGIE ET D'ESSAIS  
Ramirez Juan-Fernando — SORBONNE UNIVERSITE  
Rao Guillaume — AIX MARSEILLE UNIVERSITE  
Rayrole Martin — THALES  
Razek Adel — GEEPS  
Renault Tristan — IFREMER  
Riss Sylvain — ADVANCE SOLUTIONS  
Rochard Lucie — SANOFI  
Rochette Michel — ANSYS  
Rossignol Christelle — INRAE  
Roussel Hélène — SORBONNE UNIVERSITE  
Ruiz Fabrice — CLINSEARCH  
Sanchez Wilfried — IFREMER  
Sarrazin Marie-Pierre — ANRT  
Sauvadet Aurore — CLERMONT AUVERGNE INNOVATION  
Schaetzel Benjamin — CROIX-ROUGE FRANÇAISE  
Scherer Karin — ESSILOR INTERNATIONAL  
Schwarz Sebastian — RAIDUM  
Sensale Marco — ANSYS  
Sérié Aurélie — ADDL-ANSYS  
Sermesant Maxime — INRIA, IHU LIRYC, 3IA COTE D'AZUR  
Sérodes Pierre — IFREMER  
Sissoko Goundo — EKTAH  
Sola Blaise — ARTELIA  
Soler Luc — VISIBLE PATIENT LAB  
Soumahoro Man-Koumba — INSTITUT PASTEUR DE COTE D'IVOIRE  
Spiess Nadia — UNIVERSITE PARIS CITE  
Stevant Boris — L'OREAL  
Svinartchuk Tatiana — MOET HENNESSY, LVMH  
Talbi Chiraz — IFREMER  
Talleb Hakeim — SORBONNE UNIVERSITE  
Tandeka Emile — CROIX-ROUGE FRANÇAISE  
Tarpin-Bernard Franck — HAPPYNEURON  
Terrier François — CEA  
Thevenet Charlotte — ARGIL  
Thiebaut Maxime — SKEZI  
Torney Francois — LIMAGRAIN  
Vandroux Laurent — CEA  
Vayatis Nicolas — CENTRE BORELLI  
Verhoye Jean-Philippe — CHU DE RENNES  
Verrecchia Angélique — MEDES-INSTITUT MEDECINE PHYSIOLOGIE SPATIALE  
Vourc'h Patrick — UNIVERSITE DE TOURS  
Weill Mylène — CNRS  
Yim Ka Ho — INSTITUT MINES-TELECOM  
Zanotti William — FILIERE SANTE NUMERIQUE  
Zins Marie — INSERM





33, rue Rennequin - 75017 Paris  
Tél. : 01 55 35 25 50  
[www.anrt.asso.fr](http://www.anrt.asso.fr)