

# Comité de la prévention et de la précaution

23 mai 2023

École nationale supérieure de chimie de Paris

**Conférence :**

**« Santé publique et environnement numérique :**

**Quelles perspectives pour**

**notre environnement et notre santé ? »**



Participants :

- Isabella ANNESI-MAESANO, directrice de recherche à l'INSERM et professeur d'épidémiologie environnementale
- Philippe BOUDES, Sociologue, Enseignant Chercheur, Institut Agro Rennes Angers & UMR CNRS Espaces et Société
- Françoise BERTHOUD, CNRS, Groupement de Service EcoInfo
- Cécile CHEVRIER, épidémiologiste, directrice de recherche Inserm à l'Irset - Inserm, Université Rennes 1, EHESP (par visioconférence)
- Jean-Michel COSTES, socio-épidémiologiste, chercheur associé à la chaire de recherche sur le jeu de l'Université Concordia à Montréal
- Sébastien DEMAY, juriste en droit privé, spécialiste de la charge de travail associée au numérique
- Gayo DIALLO, Professeur d'informatique et Santé, Université de Bordeaux (par visioconférence)
- Emmanuel DIDIER, sociologue, membre du CCNE et rapporteur de l'avis 141 sur IA et diagnostics médicaux
- Maxime EFOUI-HESS, The Shift Project
- Bruno FRACHON, Ingénieur hydrographe
- Patrick GAUDRAY, Directeur de Recherche retraité du CNRS, virologue moléculaire et généticien, spécialiste de l'éthique
- André-Jean GUÉRIN, Académie d'Agriculture de France
- Alain GRIMFELD, Pédiatre, Professeur honoraire de Sorbonne-Université - Paris, Président d'honneur du CCNE, Président du CPP
- Philippe HUBERT, Directeur de la plateforme PEPPER : Plateforme Public-Privé sur la Pré-validation des méthodes d'essai sur les Perturbateurs EndocRiniens

- Martin RÉMONDET, Service de la recherche et de l'innovation, Commissariat Général au Développement Durable, Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires
- Bernard SALLES, toxicologue, professeur émérite de l'université de Toulouse
- Diane SIMIU, adjointe au Commissaire Général, Commissariat Général au Développement Durable, Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires
- Serge TISSERON, Psychiatre et membre de l'Académie des technologies

Le site du Comité de la prévention et de la précaution :  
<https://cpp.alerte-sante-environnement-deontologie.fr/>

## **Programme de la journée :**

I. Introduction générale.....	5
II. Première table ronde : Les objets et usages du numérique : ressources et impacts environnementaux .....	8
III. Deuxième table ronde : Le numérique au service de la santé ? .....	20
IV. Troisième table ronde : Santé et exposome numérique .....	28
V. Quatrième table ronde : Environnement numérique et relations sociales .....	39
VI. Synthèse et recommandations du CPP .....	44

## **I. Introduction générale**

**Diane SIMIU, Adjointe au Commissaire Général, Commissariat Général au Développement Durable, Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires**

Bonjour à tous, y compris à ceux qui nous suivent à distance. Je suis très honorée d'introduire cette conférence consacrée au thème de la santé publique et de l'environnement numérique. Récemment a eu lieu le lancement, par Agnès Firmin Le Bodo, des travaux du Comité de pilotage de la planification écologique pour le secteur de la santé ; c'est à cette occasion que, pour la première fois, j'ai entendu une ministre chargée de la santé affirmer que, tout en haut de ses priorités environnementales, figuraient d'une part la réduction de l'empreinte environnementale du système de santé et, d'autre part, les conséquences de la dégradation de l'environnement sur la santé.

Or le CPP, créé en 1996, soit voici 27 ans, s'est montré précurseur sur ces thèmes. Une très rapide rétrospective des travaux du CPP le prouve. Il fournit, depuis la date indiquée, une expertise indépendante et pluraliste, en appui aux politiques publiques.

Ce comité remplit plusieurs missions, en fondant de meilleure façon les politiques du ministère en charge de l'Environnement sur les principes de précaution et de prévention, et exerce également une fonction de veille, d'alerte et d'expertise pour les problèmes de santé et les perturbations de l'environnement ; enfin, il fait le lien entre les actions de recherche et de connaissance scientifique et la décision publique ainsi que l'action gouvernementale.

Il est composé d'une vingtaine de personnalités scientifiques reconnues pour leurs compétences dans les domaines les plus divers de l'environnement et de la santé, depuis les sciences dures jusqu'au droit et la sociologie, en passant par l'éthique, permettant d'illustrer un travail de réflexion vraiment interdisciplinaire et de liaison active entre la recherche et la société civile.

Ce travail a conduit à la publication de 23 rapports à ce jour, certains d'entre eux particulièrement novateurs et ayant favorisé l'émergence de nouveaux sujets, par exemple : un rapport sur la dissémination des OGM publié dès 1997 ou, deux ans plus tard, un rapport sur les programmes de recherche en environnement et santé, qui contribuera à renforcer et institutionnaliser les réflexions sur ce thème qui est aujourd'hui au cœur de nombreuses initiatives en matière de santé publique. Ou encore le premier rapport du CPP sur les nanotechnologies, publié en 2006 et complété en 2021 ou, enfin, le rapport consacré aux signaux émergents, aux alertes et à la prise de décision en santé-environnement, paru en 2015, synthétisant et explicitant les dimensions méthodologiques des travaux du Comité.

Ces différents rapports ont accompagné, pendant près de 30 ans, la montée en compétences de l'État et de son administration, en matière de recherche, de prévention et d'atténuation des risques, mais aussi de mise en œuvre du principe de précaution et ont également contribué au développement de son expertise, désormais reconnue largement aux niveaux européen et international.

Le rapport qui est l'objet de cette conférence présente une résonance particulière avec ceux que nous conduisons sur le numérique responsable au sein du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, notamment pour ce qui regarde la problématique de l'environnement numérique et de l'écologie.

L'impact sociétal du numérique fait l'objet d'une prise de conscience sociétale forte, au cœur des mesures proposées par la Convention citoyenne pour le climat ayant entraîné des réponses politiques, afin de mieux connaître l'impact environnemental du numérique, agir pour un numérique plus sobre et plus réfléchi, tout en l'utilisant comme levier de la transition écologique et de la santé.

Ainsi, en 2020, l'impact du numérique représentait 2,5 % de l'empreinte carbone annuelle de la France, 10 % de la consommation électrique, 25 % de l'épuisement des ressources halieutiques naturelles et, si rien n'est fait, une augmentation des gaz à effet de serre provoqués par le numérique de plus de 60 % d'ici 2040 !

Face à de tels enjeux, le Gouvernement n'est pas resté sans agir. Plusieurs lois et plans ont été consacrés à ce sujet : des articles de la loi anti-gaspillage et économie circulaire datant de février 2020 concernent par exemple l'allongement de la durée de vie des équipements numériques, représentant trois-quarts des impacts ainsi qu'une meilleure information des consommateurs.

Un dispositif stratégique a été publié en février 2020, à savoir la feuille de route gouvernementale « numérique et environnement » ayant formalisé un certain nombre de propositions formulées par la Convention citoyenne pour le climat, en faveur de la sobriété numérique.

En novembre 2021, une loi a été promulguée, entièrement dédiée à la réduction de l'empreinte environnementale du numérique. Ces actions se structurent sous le pilotage du Haut comité pour le numérique écoresponsable, fer de lance de la planification écologique sur le sujet.

Au-delà cependant de son impact environnemental, le numérique peut aussi être un outil au service de la transition écologique ; c'est à ce titre que le Commissariat général au développement durable (ou CGDD) travaille à impulser des projets et tester des concepts, pour que le numérique soit un outil d'action pour la santé publique, dans son croisement avec la santé des écosystèmes.

Le projet intitulé *Green Data For Health*<sup>1</sup> en est un des meilleurs exemples récents. Il s'agit d'une des actions phares du PNSE 4, au pilotage duquel le CGDD, avec d'autres ministères, de la Recherche, de la Santé et de l'Agriculture. Ce projet est une offre de services à destination des chercheurs et experts en santé-environnement, qui regroupe un catalogue de données en ligne, des outils d'aide juridique et, surtout, l'animation de la communauté de la donnée en santé-environnement, pilotée par une instance regroupant des administrations, des organismes publics de recherche et d'expertise, notamment la Direction générale de la prévention des risques (ou DGPR), la Direction générale de la santé ou encore Santé publique France. Son objectif est d'apporter une meilleure compréhension de l'impact des facteurs environnementaux sur la santé et de stimuler la recherche en santé-environnement.

---

<sup>1</sup> Voir : <https://gd4h.ecologie.gouv.fr/>

Les travaux du CPP dans ce rapport interpellent sur le lien entre numérique et santé, et rappellent avec acuité l'importance de progresser dans une approche élargie et d'insérer la santé dans une vision globale, qu'il s'agisse de la santé humaine, de la santé animale ou de la santé des écosystèmes.

Je voudrais très sincèrement vous remercier pour cette rencontre et la pertinence de ces croisements, mais aussi remercier tous les contributeurs de ce rapport éclairant. J'aimerais notamment saluer mon collègue Martin Rémondet qui a largement œuvré pour faire paraître ce rapport.

Merci à vous. Je vous souhaite une très bonne journée.

*Applaudissements.*

### **Martin RÉMONDET**

Le CPP a publié voici un peu plus d'un an un rapport sur la question de l'environnement numérique et de la santé publique, à savoir l'ensemble des liens entre la fabrication et la totalité (ou presque !) des usages du numérique, avec notre santé et notre environnement.

La première table ronde va porter sur la question des impacts environnementaux des technologies du numérique, ainsi que sur la problématique de leur consommation énergétique. Elle sera, comme les trois autres tables rondes, suivie d'un temps d'échanges.

## II. Première table ronde : Les objets et usages du numérique : ressources et impacts environnementaux

### *Introduction*

#### **André-Jean GUÉRIN, Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France (AAF)**

Le premier chapitre du rapport du Comité porte sur les relations entre le développement du numérique et les incidences en matière environnementale. Maxime Efoui-Hess, du Shift Project<sup>2</sup> va évoquer les aspects environnementaux et écologiques du développement du numérique. Françoise Berthoud, ingénieure au sein du CNRS, va nous présenter l'utilisation, dans le numérique, d'un certain nombre de ressources minérales, posant divers problèmes, à la fois de criticité en termes de quantités disponibles, mais aussi de pollutions, en amont, au moment de l'exploitation, et en aval, lorsqu'il s'agit de déconstruire les appareils du numérique. Enfin, Bruno Frachon, membre du CPP, va nous alerter sur les risques possibles au cas où nous parviendrions à diversifier la recherche minière de matériaux rares dans les grands fonds marins.

Il convient de procéder auparavant à quelques rappels : les nouvelles technologies de l'information et de la communication, autrement dit le numérique, recouvrent, de façon large, l'ensemble des appareils du numérique (ordinateurs, tablettes, téléphones mobiles, etc.) mais aussi les appareils audiovisuels comme les télévisions. Le numérique comprend également les structures de réseaux (câbles, fibres optiques, mais aussi réseaux satellitaires) ou encore les centres de stockage de données et, de plus en plus, les capteurs/actionneurs connectés.

L'économie numérique pèse 15,5 % du PIB mondial et elle a cru 2,5 fois plus vite que ce dernier au cours des 15 dernières années, ce qui ne peut que poser une question de croissance. En France, le secteur du numérique a représenté, pour l'année 2022, entre 7,1 %, et 7,4 % du PIB, les dernières vérifications sont en cours. Initialement, la taille du marché numérique avait été évaluée à 56,3 milliards d'euros, mais elle a été réévaluée à 60,8 milliards d'euros pour cette même année 2022. La Banque mondiale<sup>3</sup> affirme que les technologies numériques, en tant que « fers de lance du développement », « offrent aux pays des perspectives uniques pour attirer de la croissance économique et connecter leurs habitants aux services et aux emplois ». Il est également affirmé que : « Lors d'une crise (catastrophes naturelles ou pandémies, comme la COVID-19), elles sont le fil qui permet aux populations, aux pouvoirs publics et aux entreprises de rester reliés. Face à des enjeux de développement complexes, elles peuvent libérer l'innovation et permettre aux pays de s'affranchir du processus de développement traditionnel et sauter des étapes en exploitant les mutations apportées par les services bancaires virtuels, les *blockchains* ou encore la télémédecine... » : nous reviendrons sur ces points de discussion, pour le moins importants, qui ont traversé les réflexions du CPP.

---

<sup>2</sup>Le CPP avait initialement auditionné pour le Shift Project M. Hugues Ferreboeuf ; l'ensemble des membres du Comité tiennent à le remercier pour son intervention et sa contribution aux travaux.

<sup>3</sup> Voir : <https://www.banquemondiale.org/fr/topic/digitaldevelopment/overview>

Les intervenants soulignent à la nécessité de soutenir le développement et le déploiement des préoccupations environnementales dans l'économie numérique. Marginale voici quelques années encore, la protection de l'environnement est progressivement devenue un sujet central de préoccupation pour nos sociétés. Le concept de développement qui a émergé lors de la Seconde Guerre mondiale a évolué vers celui de développement durable qui a été institué à l'échelle internationale par le sommet de Rio notamment, en 1992.

Il n'y a pas de doute quant à la réalité selon laquelle le numérique permet de d'œuvrer en faveur de l'environnement : par ex. en rendant plus effectives les conventions de Rio visant à informer tous les publics de la réalité de la situation environnementale ; dans notre pays, les données et statistiques sont une pierre angulaire de la politique environnementale : le service des statistiques du ministère chargé de l'Environnement est le troisième de France, après les services de statistiques respectifs au sein des ministères de l'Économie et de la Santé et des Affaires sociales.

Le numérique permet par ailleurs d'optimiser certains objets techniques ou de consommation courante, comme le montre l'exemple de l'allègement des bouteilles en plastique.

Tous les réseaux sont également optimisés, comme ceux relatifs au transport de l'énergie, en particulier l'électricité, grâce à des modélisations. Les images réalisées par des logiciels permettent d'assurer un suivi des conditions et des situations environnementales avec une maille de résolution de plus en plus fine, et il en est de même pour des projets impliquant les populations, *via* des plateformes de sciences participatives. De fait, le numérique peut effectivement renforcer et protéger l'environnement.

Mais il ne faudrait pas oublier, cependant, que les objets du numérique, ainsi que leur utilisation, consomment beaucoup de ressources et génèrent des impacts variés sur les populations.

**Maxime EFOUI-HESS, *The Shift Project*, coordinateur des programmes « Numérique » et « Industrie »<sup>4</sup>**

Cet exposé vise à présenter une vision mondiale du numérique, tout en procédant à une focalisation sur la France. L'urgence à nous préoccuper de cette problématique peut être illustrée avec le *triangle des contraintes physiques* : nous avons traité l'ensemble des secteurs, qu'ils se situent en amont ou en aval. Cette synthèse de l'ensemble des secteurs, en amont ou en aval du numérique, permet de matérialiser trois contraintes que sont : la contrainte propre aux énergies fossiles, celle concernant les usages des sols et enfin celle relative aux matériaux. Il s'agit ainsi de trouver, à l'intérieur de ce triangle, où se trouve la zone de sûreté, en tenant compte des trois contraintes décrites, et en réalisant, de fait, des arbitrages. Or, le système numérique est proprement un système physique et il n'y a donc aucune raison qu'il échappe à ce triangle puisqu'il nécessitera des matériaux, de l'espace pour permettre l'implantation de centres de données, mais aussi, bien sûr, des ressources fossiles.

Se pose alors la question de sa pertinence, question propre, du reste, à tous les systèmes : il s'agit alors de sortir du mythe selon lequel le numérique est ou serait bon pour l'environnement puisqu'il est censé procéder à une dématérialisation. Le numérique, bien au contraire, ne dématérialise rien et ne fait que reporter certains usages sur d'autres : une visioconférence ne dématérialise aucunement une réunion, puisqu'elle reporte le fait de pouvoir échanger de l'information avec nos bouches et nos oreilles depuis l'infrastructure physique (un déplacement vers une salle) vers une

---

<sup>4</sup> Cette intervention était accompagnée d'une présentation visuelle (disponible sur le site du CPP)

autre structure physique, celle-ci consistant à dire quelque chose, le faire capter par un micro puis le transmettre vers l'ordinateur d'une autre personne se trouvant elle-même dans une autre salle. De la même manière, une carte des câbles sous-marins traversant les océans de la planète et alimentant Internet montrerait qu'une telle infrastructure constitue la structure physique la plus massive jamais construite par l'humanité. La vraie question est donc bien davantage : est-ce que le fait de passer par l'infrastructure numérique permet d'économiser des ressources, de l'énergie, par rapport à une autre structure physique ?

C'est donc bien une problématique de *balance* qui est posée, et non une question de « baguette magique » ... ce qui permet de considérer la question en termes de politiques publiques ! Le coût environnemental pour produire et faire fonctionner de tels équipements ne contrebalance-t-il pas les gains environnementaux proposés ? Nous avons systématiquement analysé des cycles de vie pour quantifier les impacts nécessaires pour produire et déployer un tel système et voir, en guise de bilan comptable, si nous pouvons envisager une économie d'énergie ou de matériaux, voire un meilleur bilan carbone, à moins qu'il ne faille admettre une augmentation de la facture, mais contrebalancée par une pertinence sociétale (plus de confort et de sécurité pour de nombreuses activités). Il s'agit donc, ni plus, ni moins, d'établir une logique budgétaire que tout le monde comprendra.

La phase de production d'un téléphone portable, allant de l'extraction des matériaux nécessaires pour le fabriquer jusqu'à son utilisation proprement dite, représente 90 % en termes de production de carbone, la phase d'utilisation ne représentant, elle, que 10 %. Tout nouveau matériel produit, pour faire simple, émet donc beaucoup de carbone, ce qui ne peut donc que contribuer à augmenter la facture du numérique, et cela alors même que les nouveaux services sont basés sur des capacités supérieures des équipements. Ces chiffres ne concernent pas l'utilisation des réseaux : or, un téléphone portable sera connecté à ces derniers, induisant des émissions indirectes supplémentaires qui ne sont pas négligeables.

Au niveau mondial, la part du numérique dans les émissions de gaz à effet de serre s'élève de 3 à 4 %, une proportion supérieure à celle du transport par voie aérienne. En termes de dynamique, la progression se chiffre à 6 % par an, alors que l'objectif, parallèlement, est de réduire de 5 % par an ces émissions. Cette croissance élevée est difficile à gérer : si nous ne mettons pas en place des politiques de sobriété, ce pourcentage continuera d'augmenter rapidement.

Nous avons essayé de voir de quelle manière il serait possible de casser une telle dynamique, en tenant compte de deux principales variables que sont l'évolution des volumes de données et le nombre d'équipements produits. La phase de production et celle d'utilisation se répartissent à 60 / 40 %, contre 90 / 10 % pour les terminaux comme nous l'avions précédemment indiqué, les premiers chiffres s'expliquant par le fait qu'Internet fonctionne en permanence, ce qui ne peut que consommer beaucoup d'électricité – du reste pas spécialement décarbonée – dans le monde entier. Cela ne veut pas dire que la phase de production serait négligeable, mais que les deux phases doivent être prises en compte : il faut limiter, dans la phase de production, le coût environnemental des objets, augmenter leur durée de vie ou réduire le nombre des composants utilisés et, concernant la phase d'utilisation, être particulièrement attentif aux logiques de déploiement.

Les terminaux d'utilisateurs représentent les trois-quarts de l'impact carbone du numérique dans le monde, ce qui est logique, puisque l'on n'utilise Internet qu'avec des interfaces. C'est cette dynamique de développement de certains usages qu'il est important de comprendre, puisqu'elle-même va alimenter une dynamique de déploiement des structures : ainsi, le fait d'être capable de produire des contenus vidéo pouvant être regardés dans le métro va augmenter l'utilisation des réseaux, ce qui justifiera, au moment de leur renouvellement, le déploiement d'un réseau disposant de plus de capacités, et qui offrira à son tour de nouvelles possibilités.

Le numérique français n'échappe pas à cette dynamique-là ; ainsi, un seul scénario du rapport ADEME permettrait d'ici 2030 de réduire les émissions de GES du numérique. Il n'est pas étonnant que ce scénario, dit ADEME-Arcep, propose la sobriété : systématiquement, le fait de prôner de l'écoconception modérée rendra moins consommateur un service unitaire, qui sera, du coup, plus utilisé. Cet effet rebond est classique et s'observe depuis toujours, le numérique ne fait absolument pas exception à la règle. Cela signifie donc que, sans mise en place de la sobriété, soit la meilleure façon de s'intéresser aux usages, il n'y a pas de gestion de l'impact du numérique. Il faut donc changer la logique consistant à déployer des réseaux basés sur des projections des usages tablant sur une augmentation de l'utilisation des données ; si on ne change pas cette logique, il n'y a en effet aucune raison pour que l'impact soit réduit. L'objectif recommandé par *The Shift Project*, s'appuyant sur le scénario ADEME-Arcep, table sur une réduction de 30 % en 2030 pour la France, par le biais de la décarbonation de l'électricité, un levier parmi d'autres pour atteindre cette visée.

Les dynamiques d'évolution de la consommation électrique du numérique en France montrent une augmentation de 50 TWh en 2020 à 55 (soit +7%) voire 65 TWh suivant les scénarios retenus en 2030. | Les centres de données ont une consommation électrique qui augmente, et cela malgré ce que l'on nous répète depuis des dizaines d'années. Ainsi, l'ADEME-Arcep prévoit une hausse de 30 % de la consommation de ces centres de données à l'horizon 2030, en raison de l'effet rebond évoqué un peu plus tôt. Ces estimations sont supérieures de 20 à 30 TWh à celles indiquées par RTE, alors que le plan de transformation de l'économie française nécessiterait 15 TWh supplémentaires pour créer une filière d'engrais décarbonés. Autant dire que le numérique est tout ce que l'on voudra *sauf* un sujet secondaire puisqu'il fait bien au contraire partie intégrante des usages absolument essentiels pour la société contemporaine.

La question de savoir si le numérique permet la transition écologique n'est pas, à mon sens, spécialement intéressante, car celui-ci est un accélérateur des dynamiques mises en place ; s'il sert à accentuer les dynamiques vertueuses, force est de constater qu'il sert aussi à accélérer les dynamiques qui ne le sont pas. Les questions centrales sont donc plutôt : Comment transformer le système ? Quelles limites assigner aux émissions de carbone de ce système ? Il faut à l'évidence fixer des limites, mettre en place de la sobriété pour réussir à insérer ce système sur la bonne trajectoire, ce qui n'a pas été le cas depuis qu'on l'étudie, et ce qui ne sera bien sûr pas le cas si rien n'est fait.

*Applaudissements.*

**André-Jean GUÉRIN**

Merci de nous avoir rappelé que le numérique, qui peut apparaître comme une dématérialisation de l'économie, n'a rien à voir avec celle-ci, mais relève davantage d'une *délocalisation de la matérialité*, | Ce sont notamment les impacts de cette matérialité qui vont maintenant vous être présentés par Françoise Berthoud.

**Françoise BERTHOUD, CNRS, Groupement de Service ÉcoInfo<sup>5</sup>**

Merci, Maxime, pour cette très belle présentation. Je travaille au CNRS depuis une trentaine d'années, en réfléchissant depuis 2006 à la question des impacts environnementaux du numérique. Cela fait longtemps que j'évoque ces sujets, et je ne puis que constater qu'ils n'évoluent pas tant que cela. Autant vous dire que je suis très inquiète, non seulement de voir où nous en sommes quant aux perspectives de réchauffement climatique, en lien avec les politiques publiques promues au niveau mondial, mais aussi quand je continue d'entendre que le numérique sera forcément un allié de la transition écologique ; or, il n'y a aujourd'hui pas l'ombre d'un soupçon de preuve que cela fonctionne !

Je rappelle que nous avons d'ores et déjà atteint voire dépassé, du fait de nos activités, un certain nombre de limites planétaires, certaines d'entre elles ayant un rapport direct avec le numérique : il ne s'agit donc pas d'évoquer simplement le changement climatique mais aussi l'effondrement de la biodiversité, le changement d'usage des sols, sans oublier des pollutions du fait de l'introduction de nouvelles entités dans l'environnement, et enfin la question de l'eau douce.

Les déchets issus des équipements électriques et électroniques, regroupant les équipements numériques, sont très mal recyclés, moins de 20 % d'entre eux vont dans une filière réglementée ; et nous sommes encore loin de parvenir à tout récupérer dans des conditions environnementales correctes. On pourrait se dire que la France fait mieux que le reste du monde ; mais, ce sont moins de 50 % de collecte qui sont réalisés dans la bonne filière, ce qui signifie que plus que 50 % des déchets ne partent pas dans une filière réglementée ; 1 kg, par habitant et par an va dans la poubelle ménagère.

Ces équipements-là contiennent des métaux lourds et des substances chimiques qui sont dangereuses pour le vivant ; par le biais de traitements qui ne sont pas réalisés dans l'état de l'art, ils iront alors polluer les sols, les eaux souterraines et l'air, pollutions qui se propageront dans les chaînes alimentaires, ce qui ne pourra qu'impacter la biodiversité et la santé humaine. Et je n'évoque pas les conditions de vie indignes des personnes qui, de par le monde, vivent dans les lieux où sont entreposées des tonnes de ces déchets électroniques...

Le problème de la dispersion des métaux est posé, en sachant qu'un grand nombre d'entre eux ne sont pas recyclés ; nous sommes encore dans une économie en croissance matérielle, qui implique une augmentation de la demande en métaux, le cuivre enregistrant ainsi une demande en hausse annuelle de 3 %, et cela depuis le début des années 1900. Or, ces métaux ne sont pas distribués de façon homogène dans la croûte terrestre : au fur et à mesure que nous avançons dans le temps, nous ne faisons que découvrir des mines de moins en moins concentrées. Cependant, même si la concentration de ces métaux a diminué, nous avons jusqu'à maintenant réussi, en raison des progrès technologiques, à baisser l'énergie nécessaire pour extraire 1 kg de cuivre, mais il faut tout de suite affirmer que nous sommes quoi qu'il en soit en train d'arriver à la limite thermodynamique, qui est

---

<sup>5</sup> Cette intervention était accompagnée d'une présentation visuelle (disponible sur le site du CPP)

une limite physique : cela signifie que nous allons être contraints d'exploser la quantité d'énergie nécessaire pour collecter une même quantité de cuivre.

Cela signifie aussi que les ressources en métaux, pour certaines, vont devenir critiques, et poser des problèmes de choix et de stratégies, un certain nombre de ces métaux pouvant être utilisés pour les énergies renouvelables comme pour le numérique.

La problématique concerne donc non seulement les besoins accrus en énergie, les tensions géopolitiques et l'apparition de conflits armés, les besoins en eau douce - comme le montre en France l'exemple de la ville de Grenoble. Ajoutons à ces questions des pollutions des sols, de l'eau et une propagation dans la chaîne alimentaire de produits chimiques et de métaux lourds. Les impacts sur la biodiversité et la santé humaine, sont prégnants, et les conditions de vie indignes, je le répète, pour les personnes, hommes mais aussi femmes et enfants, travaillant dans les filières.

Vous le savez, certaines substances utilisées dans les objets électroniques sont des perturbateurs endocriniens, comme les retardateurs de flamme bromés, les composés perfluoroalkylés (ou PFAS) ainsi que les phtalates. Le problème de ces polluants ne concerne pas, qui plus est, la phase de fabrication ou de déconstruction des objets du numérique, mais aussi leur utilisation, surtout lorsqu'ils chauffent. Les perturbateurs endocriniens ont été mis en cause dans la survenue de cancers hormono-dépendants et dans les perturbations de la thyroïde, affectant le développement normal du système nerveux.

J'aimerais insister sur un point particulier : quand on parle de l'impact du numérique, il ne faut surtout pas se contenter de n'évoquer que les objets du numérique eux-mêmes, alors que le numérique est essentiellement utilisé pour « booster » la croissance mais aussi la consommation. Ainsi, il est toujours mis en exergue que le numérique permettrait d'optimiser la production industrielle, mais il faut aussi évoquer des gains en efficacité dans la finance, la logistique ou l'innovation, ainsi que la création d'interfaces comme l'intelligence artificielle permettant de seconder, ou même remplacer, des corps de métiers entiers. Tout cela n'est pas réalisé pour le confort de l'homme mais, en tout premier lieu, pour la croissance, laquelle n'est par définition pas immatérielle ! Le numérique permet donc aujourd'hui, essentiellement, de produire plus de choses qui elles-mêmes polluent davantage !

Ma conclusion pose une question soulevée par Maxime : que voulons-nous faire du numérique ? Souhaitons-nous, ainsi, surmédicaliser les plus riches ? S'agit-il d'optimiser les chaînes de production d'autres biens, de connecter les vaches ou encore de concentrer les pouvoirs et de surveiller les masses ? Je pense, tout comme Maxime, que les objets numériques proposent une technologie véritablement merveilleuse, mais il apparaît absolument scandaleux, d'un point de vue sociétal, qu'ils soient aussi mal utilisés et recyclés. Nous devons réfléchir, ensemble, à ce sujet, car c'est notre responsabilité puisque nous sommes les plus riches et les plus instruits, de nous poser la question des usages du numérique. Il faudrait à mon sens mettre le numérique au service de l'homme et pas uniquement au service de la croissance financière.

### **André-Jean GUÉRIN**

Merci Françoise Berthoud ; vous voyez que même ce que j'avais présenté comme étant positif, y compris sur le plan environnemental, a été de nouveau questionné par le fait que le développement et le déploiement du numérique n'ont rien d'immatériel mais s'appuient sur une exploitation large et croissante des matières premières.

Le rapport du Comité de la précaution et de la prévention contient plusieurs focus, l'un d'entre eux évoquant l'exploitation des minéraux au fond des océans, une question qui va être maintenant exposée par Bruno Frachon, qui nous communiquera également les recommandations établies par le CPP sur les différentes thématiques que nous venons de traiter

### **Bruno FRACHON, ancien chargé de mission sur les grands fonds marins au ministère des Armées**

Les ressources minérales des grands fonds, recouvrant un nombre important des métaux qui sont utilisés dans la phase de fabrication des objets numériques, sont connues depuis plusieurs décennies. Notons un regain d'intérêt pour ces ressources minérales des grands fonds, compte tenu de la croissance de l'utilisation des métaux, mais aussi de la baisse de la concentration des ressources minérales terrestres. En effet, là où on les trouve, les concentrations en métaux dans les grands fonds océaniques peuvent être extrêmement intéressantes du point de vue minier.

Les ressources en métaux critiques ne font actuellement l'objet d'aucune exploitation ; certes, il y a beaucoup de prospection et d'exploration, mais pas d'exploitation à proprement parler. Toutefois, en mer, en matière de ressources minérales au sens large, certaines choses sont exploitées depuis des décennies, comme les granulats marins ou encore les hydrocarbures : ce sont ainsi environ 30 % de notre consommation d'hydrocarbures qui proviennent des océans.

Ce sujet propre aux ressources minérales en métaux critiques des grandes profondeurs a fait l'objet d'un certain nombre d'expertises scientifiques durant la dernière décennie, comme par exemple une expertise collective pilotée en 2014 par l'Ifremer et le CNRS et faisant appel à de nombreux experts, afin de déterminer ce que sont ces ressources et l'impact que pourrait avoir leur exploitation.

Que sont ces ressources ? Nous distinguons *trois grands types* de faciès géologiques, avec, pour commencer, les grandes plaines abyssales riches en nodules polymétallique, autrement dit une sorte de pomme de terre composée pratiquement uniquement de métaux. Ces ressources sont connues depuis le dernier quart du 19<sup>e</sup> siècle, l'exploration des grands fonds océaniques ayant de fait commencé avec la pose des grands câbles transatlantiques. Ces nodules sont très riches en fer, en manganèse mais aussi en d'autres métaux associés intervenant dans le numérique.

Plus récemment, à partir des années 70, on a remarqué qu'existaient, dans le fond des océans, des *sources hydrothermales*, autant de sites de métallogénèse très active, dans lesquels on retrouve un certain nombre de métaux, principalement du cuivre, du zinc, du plomb, de l'or et de l'argent mais aussi des métaux associés, y compris des terres rares.

Le troisième grand faciès géologique dans lequel on trouve ces métaux sont les *encroûtements cobaltifères*, très riches, comme leur nom l'indique, en cobalt qui est un métal vraiment très important pour la transition écologique puisqu'il est utilisé dans les batteries. On trouve ces encroûtements dans les monts sous-marins, entre -400 et -4 000 mètres de profondeur.

Les problématiques posées par leur exploitation éventuelle, en ne tenant compte que des impacts environnementaux, résident dans le fait que l'on a supposé, pendant très longtemps, que la vie dans les grandes profondeurs sous-marines était quasiment inexistante. Or, depuis la fin du siècle dernier,

on a compris que les grands fonds hébergeaient des biocénoses qui sont très largement méconnues mais aussi très spécifiques, y compris avec des formes de vie et des mécanismes biochimiques qui n'existent nulle part ailleurs. Ainsi, les plaines abyssales sont des milieux sédimentaires très profonds, dans lesquels se développent un certain nombre d'organismes invertébrés ainsi que des micro-organismes en très grand nombre, avec des densités et des diversités qui peuvent être, localement, vraiment très élevées. Quant aux sources hydrothermales, on peut constater une très grande complexité géochimique, une grande diversité de topographies conduisant à des biocénoses elles-mêmes très hétérogènes et complexes, y compris, comme je l'ai évoqué, avec des modes de vie complètement anaérobies, reposant sur des mécanismes chimiques totalement différents de ce que l'on peut étudier sur terre. Enfin, les encroûtements cobaltifères montrent une très grande variété de possibilités de vie et des biomasses qui peuvent être très importantes, pouvant aller, sur toute la chaîne trophique, jusqu'à des poissons.

L'exploitation de ces ressources minérales serait alors susceptible d'entraîner des impacts importants de deux types, par *effet mécanique*, autrement dit par destruction des milieux, mais aussi par la *remise en suspension de sédiments* ; c'est notamment le cas pour les nodules polymétalliques reposant sur des sédiments très fins, car la remise en suspension de ces derniers, accompagnant quasiment obligatoirement le prélèvement, se traduirait par des créations de panaches sédimentaires pouvant mettre très longtemps à se redéposer et modifieraient alors les conditions physico-chimiques du milieu. Notons aussi que les biocénoses en question sont particulièrement fragiles car elles sont composées de faunes à métabolisme très lent, vu les températures globalement basses entraînant des durées de reconstitution ou de régénération pouvant être très longues.

Abordons à présent le cadre juridique de l'exploitation de ces ressources minérales des grands fonds, lequel se rattache au cadre juridique relatif aux océans ; schématiquement, ce cadre repose sur une convention des Nations Unies distinguant à cet égard deux grandes zones, l'une à *plateau continental juridique*, allant jusqu'à environ 200 miles marins, soit quelque 360 kms des côtes, sous la juridiction des États côtiers concernés. Au-delà de cette limite, nous trouvons la *Zone* ou la *haute mer*, qui, en matière de ressources minérales, identifiées au moment de la conclusion de cette convention comme un patrimoine commun de l'humanité, est gérée par une Autorité internationale des fonds marins, organe délivrant les permis d'exploration, et seule autorité habilitée à délivrer d'éventuels permis d'exploitation. Pour l'heure, aucun de ces derniers n'a été délivré, le processus étant conditionné par la mise au point d'un code minier qui fait l'objet de beaucoup de débats, notamment en matière de protection de l'environnement.

J'en viens maintenant aux recommandations établies par le CPP sur la question des ressources énergétiques et minérales, physiques et numériques :

- Il s'agit d'approfondir la réflexion sur des sujets comme : faut-il prioriser les usages du numérique ? Cette question nécessite sans doute beaucoup plus que des débats d'experts. Faut-il ainsi envisager un système de bonus/malus environnemental concernant notamment les terminaux numériques ? Diane Simiu, dans son introduction, a évoqué un certain nombre de dispositions prises par le législateur, comme l'objectif de réduction de l'empreinte environnementale du numérique (ou REEN), dont la mise en œuvre devra être suivie avec attention.
- Le CPP recommande aussi une application systématique du principe de précaution en préalable à l'éventuelle exploitation de ces ressources minérales, en connaissant mieux les environnements, y compris les biocénoses associées à ces ressources minérales, et de ne

surtout rien faire *avant* que l'on comprenne parfaitement l'impact éventuel qu'aurait leur exploitation. Je signale que les recommandations du CPP ont été émises en début d'année passée et que, depuis cette date, la France a pris des positions très claires en ce sens sur cette question.

- Il faut mettre en place un cadre international pour régler ces problématiques car, comme je l'ai dit, une grande partie de ces ressources se trouvent en dehors des zones sous juridiction purement nationale. Là encore, la France a pris des positions allant vraiment dans ce sens, en demandant à l'Autorité internationale des fonds marins qu'il ne soit pas délivré de permis d'exploitation, considérant que l'état de la connaissance sur les points que j'ai évoqués n'était pas suffisant. La France a la même position concernant l'exploitation de ressources minérales sur son plateau continental, comme le montre l'exemple des collectivités du Pacifique, très concernées par cette question.
- Constatant l'usage croissant des terres rares, des éléments intervenant beaucoup dans le numérique, et en tenant compte de la faible connaissance toxicologique que nous en avons, le CPP a insisté sur la nécessité de renforcer les recherches dans ce domaine.
- Le CPP a estimé qu'il fallait développer la prise de conscience du fait que le numérique n'était pas quelque chose d'immatériel ; dans ce sens, il faut poursuivre les efforts de mesure de son empreinte en matière de gaz à effet de serre, aussi bien au niveau des pays que de toutes les activités concernées. Cette *approche systémique* permettrait de définir quel est l'impact du numérique lorsqu'il intervient dans les secteurs d'activité comme les transports ou l'agriculture.
- Le CPP a enfin rappelé que ces éléments devaient permettre d'aboutir à une *sobriété numérique*.

*Applaudissements.*

### **Discussion**

#### **André-Jean GUÉRIN**

Merci, Bruno, d'avoir rappelé les conclusions auxquels notre groupe était parvenu. Une autre de ces conclusions a fait débat car le CPP s'est rangé à l'avis du Haut conseil pour le climat en ce qui concerne le déploiement de la 5G, en le nuancant toutefois d'une étude d'impact quant aux émissions des GES. Cette thématique montre il est vrai une ferveur générale, la 5G étant perçue comme pouvant permettre de nouvelles fonctionnalités. Toutefois, *The Shift Project* a pris, sur cette question, une position opposée au déploiement de la 5G.

#### **Emmanuel DIDIER, Sociologue, membre du CCNE et rapporteur de l'avis 141 sur IA et diagnostics médicaux**

J'ai été très frappé par le fait que vous avez mentionné la question de la sobriété des usages.

## **Maxime EFOUI-HESS**

Nous avons évoqué ce point car, en effet, on ne considère jamais les usages comme quelque chose qu'il s'agirait de gérer par le biais d'une politique publique. Nous ne parlons pas que d'une sobriété au niveau individuel, mais d'un système des usages tel qu'il a pu être décrit par la sociologie des usages. De fait, plutôt que d'usages, sans doute serait-il préférable de parler d'applications.

Nous ne sommes pas du tout en train de dire qu'il faudrait agir sur la demande et pas sur l'offre ; nous affirmons que l'offre, à savoir les infrastructures proposées et les usages, sont les deux faces d'une même pièce : pour prétendre changer la pièce, il ne servirait à rien que de se contenter de ne changer que l'une des deux faces. *The Shift Project* n'a pas pris position contre le déploiement de la 5G, à proprement parler, puisqu'il s'est contenté de faire la remarque suivante : si l'on déploie la 5G de masse, les impacts vont augmenter, les industriels ayant du reste parfaitement prévu une telle augmentation au niveau mondial de leur consommation d'électricité, donc des impacts associés.

En effet, le fait de proposer un réseau avec davantage de capacités induit une augmentation des transferts d'octets pour une même personne ; si l'on ne prend jamais en compte la nécessité de structurer l'infrastructure pour répondre à des besoins identifiés, si l'on ne table que sur une sensibilisation des personnes pour moins utiliser le numérique alors qu'elles disposent, pour le coup, de davantage d'offres, cela ne fonctionnera jamais ! Ainsi, les usages vont appeler les infrastructures et les infrastructures les usages !

## **Françoise BERTHOUD**

La 5G a été conçue pour transporter plus de données ; qui plus est, vous n'êtes pas sans savoir que les travaux de recherche sur la 6G voire la 7G ont déjà commencé : c'est peut-être *maintenant* qu'il faudrait que les instances concernées et les gouvernements agissent pour ne pas poursuivre dans cette direction.

## **André-Jean GUÉRIN**

Cette sobriété implique aussi de moins consommer de terminaux et d'appareils individuels, ces matériels portant une bonne partie des impacts environnementaux.

## **Françoise BERTHOUD**

J'aimerais vraiment insister sur le fait qu'il est impossible de n'évoquer que la seule sobriété du numérique ; cette dernière s'inscrit dans une approche systémique, il faut raisonner de façon globale, pour ne pas générer de nouveaux impacts toutes les fois que l'on essaie de résoudre un problème unique.

## **Francelyne MARANO, Professeur émérite de biologie cellulaire et de toxicologie à l'Université Paris-Diderot, Membre et copilote de la Commission spécialisée dans les risques liés à l'environnement du Haut Conseil de la santé publique (HCSP)**

Il faut savoir que le déploiement de la 5G s'est réalisé sans que nous ne disposions de connaissances sur son impact sanitaire, le principe de précaution n'ayant donc pas du tout été pris en compte à cette occasion.

J'ai été frappée par le fait que la collecte des matériels du numérique soit si mauvaise. Avez-vous des propositions pour améliorer le cycle de vie de ces matériels, la majorité des composants constituant ces derniers polluant fortement l'environnement ?

**André-Jean GUÉRIN**

Voici quelques années, nous connaissions la pratique consistant à réutiliser les bouteilles de verre par le biais d'une consigne, et c'était d'ailleurs un système qui fonctionnait assez bien !

**Françoise BERTHOUD**

La question des déchets est extrêmement complexe, en raison de problèmes liés à la collecte, mais aussi à cause de problématiques économiques ou concernant les flux. Les savoirs sont aussi limités : force est de constater que nous ne savons pas recycler certains matériaux. Set si l'on voulait traiter vraiment de la problématique de la collecte, il faudrait aussi se pencher sur des sujets comme la pauvreté dans le monde ou les exportations à l'international des déchets. Ainsi, la plupart des acteurs se penchant sur cette question n'hésitent pas à parler d'une influence des mafias dans ce domaine.

En France, nous pourrions continuer à informer, encore plus, la population, rendre l'accès à des déchetteries ou des points de collecte plus facile, surveiller les frontières pour que ces matériaux ne soient pas exportés, sans oublier de procéder à des formations dans les secteurs industriels, etc.

**Philippe HUBERT, Directeur de la plateforme PEPPER : Plateforme Public-Privé sur la Pré-validation des méthodes d'essai sur les Perturbateurs EndocRiniens**

Lorsque nous avons commencé à travailler sur ce sujet-là, aucun frémissement ne donnait l'impression que les choses allaient être prises en compte ; or, je constate qu'un texte sur la réduction de l'empreinte environnementale du numérique a été publié. De même, j'ai entendu certaines personnes s'inquiéter de la baisse actuelle des ventes de téléphones portables. Peut-être faut-il se demander ce qui pilote le monde numérique ; est-ce une culture de masse ou certains acteurs ?

**Françoise BERTHOUD**

En effet, en 2018, quand *The Shift Project* a produit son rapport, que certaines lois ont émergé, je me suis fait la même remarque que vous ; toutefois, depuis cette date, les différents gouvernements en place ont affirmé qu'il était possible de réaliser du numérique sobre mais... pour faire plus de numérique !

**Maxime EFOUI-HESS**

La France a créé un Secrétariat général à la planification écologique, dont l'ambition consiste à changer la société pour qu'elle soit sobre, autrement dit afin de traiter *tous* les secteurs. Or, aucune trajectoire de référence n'a été communiquée pour planifier le numérique ; nous n'avons dès lors aucune idée des leviers à mettre en place pour y parvenir et quand bien même, on s'en moque, puisque nous ne savons absolument pas quels sont les objectifs !

Si l'on considère que le numérique doit être décarboné, il faut alors l'inscrire dans la SNBC (ou Stratégie nationale bas-carbone), ce qui nous permettra de discuter sur des bases quantitatives. Ensuite, il s'agira de piloter une telle orientation, ce qui nous permettra de ne pas pâtir d'une liste de leviers uniquement décidés par les industriels qui ne peuvent pas, par définition, saborder leur

chaîne de valeur en proposant de la sobriété. La charge de la preuve deviendra alors : il m'est possible de déployer cette solution si je suis capable de démontrer qu'elle est compatible avec ladite trajectoire, ce qui est finalement une stratégie assez simple à mettre en œuvre.