

Enjeux numériques



Données géolocalisées, souveraineté et indépendance stratégique

N°31 - SEPTEMBRE 2025



Notre site



*Publiées avec le soutien
de l'Institut Mines-Télécom*



ENJEUX NUMÉRIQUES

ISSN 2781-1263 (en ligne)

ISSN 2607-9984 (imprimé)

Série trimestrielle - N°31 - Septembre 2025

Rédaction

Conseil général de l'Économie
Ministère de l'Économie,
des Finances
et de la Souveraineté
industrielle et numérique
120, rue de Bercy
Télédoc 797
75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68
<http://www.annales-des-mines.org>

Grégoire Postel-Vinay
Directeur de la publication
et Rédacteur en chef

Alexia Kappelman
Secrétaire générale

Daniel Boula
Secrétaire général adjoint

Magali Gimon
Assistante de rédaction
et Maquettiste

Nuria Gorris
Webmestre et Maquettiste

Publication

Photos de couverture
Le Tricheur à l'as de carreau,
Photo © RMN-Grand Palais
(musée du Louvre) /
Adrien Didierjean

Iconographie
Daniel Boula

Mise en page
Magali Gimon

Impression
Duplprint Mayenne

Membres du Comité de rédaction

Pierre Bonis
Co-président
Anne-Lise Thouroude
Co-présidente
Edmond Baranes
Godefroy Beauvallet
Côme Berbain
Hélène Brisset
Serge Catoire
Nicolas Chagny
Jean-Pierre Dardayrol
Éric Freyssinet
Frédéric Garcia
Francis Jutand
Arnaud de La Fortelle
Caroline Leboucher
Julien Nocetti
Bertrand Pailhès
Grégoire Postel-Vinay
Maurice Ronai
Laurent Toutain

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

Données géolocalisées, souveraineté et indépendance stratégique

- 04 Introduction
Bertrand MONTHUBERT

LES ENJEUX DE SOUVERAINETÉ DES DONNÉES GÉOLOCALISÉES

- 09 Réflexion sur les enjeux géopolitiques
des données géographiques
Amaël CATTARUZZA
- 17 L'écosystème de la géodonnée
au cœur d'enjeux économiques et stratégiques
Edmond BARANÈS
- 24 Le jeu des souverainetés s'exerçant sur les noms de lieux
Pierre JAILLARD
- 31 La cinématique temps réel (RTK) :
principes, applications et enjeux
Pierre BEYSSAC

L'EXPRESSION DE LA SOUVERAINETÉ, CAS D'USAGES

- 39 Les données souveraines au service
des politiques de transition écologique
Hélène BÉGON
- 48 La plateformes de la gouvernance urbaine :
open data et recompositions des rapports public/privé
dans le gouvernement des mobilités
Antoine COURMONT
- 54 La souveraineté par le traitement local des données
Jean-Marie BONNIN et Frédéric WEIS
- 60 La souveraineté des données et les territoires,
un mariage impossible ?
Jean-Marie SÉITÉ

66 **Données agricoles géolocalisées : l'*open source*
et les communs numériques comme leviers de souveraineté**
Hervé PILLAUD

75 **L'information sur les ressources en eau**
François HISSEL

LA CONCILIATION ENTRE PROTECTION ET OUVERTURE DES DONNÉES SOUVERAINES

82 **Les leviers de la souveraineté en Europe**
Charles-Pierre ASTOLFI

88 **La souveraineté de la donnée est un pilier de la sécurité**
Colonel François NOËL

93 **Les communs, un enjeu majeur pour les géodonnées**
Laurent TOUSTOU

HORS DOSSIER

99 **La petite histoire de ma carte graphique**
Georges-Axel JALOYAN

105 **Traductions des résumés**

110 **Biographies des auteurs**

*Ce numéro a été coordonné par
Annie BLANDIN et Laurent TOUTAIN*

Introduction

Par **Bertrand MONTHUBERT**

Professeur à l'Université de Toulouse, chercheur associé au CERPOP (UMR 1295 Université de Toulouse-INSERM, équipe BIOETHICS) et Président du Conseil national de l'Information géolocalisée

Les données géolocalisées jouent un rôle crucial dans de nombreuses applications de notre vie. Cependant, leur gestion pose des défis majeurs en termes de sécurité et de souveraineté nationale, avec l'arrivée de nouveaux acteurs mondiaux, notamment les Gafam, qui transforment le paysage de l'information géolocalisée. La question de la souveraineté soulève des questions fondamentales sur la production, la gestion, et le contrôle des usages des données.

Le colloque organisé par le Conseil national de l'Information géolocalisée (CNIG) en 2024 a abordé ces questions complexes. La collaboration entre différentes échelles de collectivités territoriales et le tissu économique est indispensable pour exercer une souveraineté adaptée au XXI^e siècle. Cela ouvre des perspectives importantes pour le CNIG, qui joue un rôle clé dans la coordination et l'évolution de l'information géolocalisée en France, rassemblant une variété d'acteurs pour coproduire des solutions.

Les données géolocalisées occupent une place prépondérante dans notre quotidien, jouant un rôle déterminant dans des domaines aussi variés que la logistique, les secours d'urgence, les travaux publics, l'épidémiologie, etc. Leur importance, mal connue tant nous les utilisons sans nous en rendre compte, ne cesse de croître avec l'essor de l'Internet des objets (IoT) ou encore les capacités d'observation de l'environnement (par l'imagerie satellite, par exemple), qui multiplient les sources de données géolocalisées et élargissent leurs applications potentielles, comme le montre notamment la première étude économique de l'écosystème géonumérique en France (Conseil national de l'information géolocalisée, 2024). Elles deviennent ainsi des piliers essentiels pour l'innovation et l'efficacité opérationnelle.

Prenons quelques exemples. Le secteur de la logistique repose sur de nombreuses données géolocalisées relatives à des marchandises, des matériels, des personnes, mais aussi aux réseaux de communication physique. Cela concerne aussi bien des applications civiles que militaires. Disposer de données parfaitement maîtrisées est alors un enjeu de premier plan faute de quoi des vies humaines peuvent être en danger, et des chaînes logistiques peuvent s'effondrer.

En cas de catastrophe naturelle ou d'urgence médicale, les données géolocalisées sont également cruciales pour coordonner les interventions des services de secours. Par exemple, lors des incendies dans les Landes en 2022, les services de secours ont utilisé des cartes agrégeant près de 500 jeux de données pour mener leurs missions à bien. Plus simplement, les services d'urgence médicale en France utilisent des systèmes de géolocalisation pour localiser rapidement les victimes et envoyer les secours appropriés ; ce qui passe par le fait de disposer une adresse correcte, car c'est ce que le public signale quand il contacte les secours. Cela peut sembler simple, mais que se passe-t-il si on utilise une application fondée sur une base adresse qui lui est propre, et non pas sur la base adresse nationale ? Il est arrivé malheureusement que des interventions soient retardées faute d'avoir un adressage correct, conduisant à des décès.

On pourrait multiplier les exemples. Ceux-ci suffisent sans doute à se convaincre que ces données, essentielles pour le fonctionnement de nos sociétés modernes, soulèvent des questions fondamentales sur leur production, leur gestion, et le contrôle de leurs usages. Ce sont autant de défis majeurs en termes de sécurité des données et de souveraineté nationale. Que se passerait-il si les systèmes d'information géographique qui se cachent derrière nos outils préférés, de navigation par exemple, devenaient défaillants ou étaient manipulés ? Ce sont des vies qui seraient en jeu, un blocage de notre économie, des atteintes immenses à nos capacités d'action.

Historiquement, les acteurs de l'information géolocalisée étaient principalement des entités étatiques, telles que les services de l'État et l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Cependant, au cours des deux dernières décennies, de nouveaux acteurs mondiaux, notamment les GAFAM, ont émergé, transformant radicalement le paysage de la géolocalisation. Des infrastructures comme le GPS, longtemps dominées par les États-Unis jusqu'à l'arrivée du système Galileo qui le complète, et des services comme Google Maps, sont devenus prédominants, posant des défis majeurs en termes de souveraineté et d'indépendance stratégique (Baraud-Serfat, 2024).

Il était donc nécessaire que le Conseil national de l'information géolocalisée (CNIG) se saisisse de ces questions à travers un colloque organisé à l'École Normale Supérieure de Paris le 4 juin 2024. Le rôle du CNIG¹ est d'organiser la coordination et d'accompagner l'évolution de l'information géolocalisée en France. Il rassemble la très grande variété d'acteurs de la donnée territoriale en France : ministères, établissements publics, collectivités territoriales, entreprises privées, associations professionnelles, organisations syndicales, associations de citoyens, qui peuvent se rencontrer, décider et coproduire ensemble. Le pôle Innovation et prospectives, présidé par Annie Blandin, professeure à IMT Atlantique, nous aide à analyser les grandes tendances qui parcourent notre secteur d'activité et a ainsi proposé l'organisation de ce colloque. Merci à Annie Blandin et à Pierre Laulier, secrétaire général du CNIG, d'avoir rendu possible ce colloque.

En 2018, la députée Valeria Faure-Muntian avait publié un rapport parlementaire important sur les données géographiques souveraines (Faure-Muntian, 2018). Depuis, des actions ont été prises, toutefois le contexte géopolitique étant de plus en plus tendu, la question de la souveraineté en matière de données géographiques prend une importance plus cruciale que jamais. Ces actions sont-elles suffisantes ? Devons-nous réorienter nos politiques publiques pour prendre en compte la nouvelle donne géopolitique ? La participation de Valeria Faure-Muntian au colloque du CNIG était une opportunité importante de faire un point d'étape sur ces sujets, prenant en compte l'évolution rapide de notre environnement géopolitique et informationnel.

Notre réflexion doit ainsi s'inscrire dans le constat d'une dégradation du rapport à la « réalité », où l'observation objectivable est souvent remplacée par des représentations biaisées qui s'affrontent dans l'espace public. C'est tout l'édifice démocratique qui vacille : quels sont les éléments de référence sur lesquels il est possible de nouer un dialogue constructif ? Les référentiels de données géolocalisées ont vocation à constituer de tels éléments de référence, une forme de « langage commun » indispensable à l'élaboration des politiques publiques (Monthubert *et al.*, 2022). Sommes-nous donc maîtres de ce langage, ou bien dépend-il d'acteurs non européens qui pourraient imposer des décisions contraires à nos choix ? La maîtrise des données géolocalisées est-elle en train de devenir un enjeu de la guerre informationnelle ? En ces temps de guerre hybride, où les actions d'agression de certaines puissances se traduisent dans le cyberspace en parallèle de l'espace physique, les risques d'atteinte à nos systèmes d'information géolocalisée sont réels, tout comme les risques d'utilisation de données géolocalisées à des fins criminelles (Currie & Radia,

¹ Voir une description ici : <https://cnig.gouv.fr/presentation-du-cnig-a26263.html>

2025 ; Duvvuru *et al.*, 2019). Ainsi, les cyberattaques contre les systèmes GPS peuvent perturber les systèmes de navigation aérienne de milliers d'avions en même temps, ou bien afficher la localisation d'objets de manière totalement erronée, comme des navires affichés sur des aéroports (Burgess, 2024).

Mais la question de la souveraineté est complexe et recouvre de nombreuses dimensions, comme l'a très bien indiqué Frédéric Worms, philosophe et directeur de l'École Normale Supérieure, dans son allocution d'ouverture. Pointant la conception classique de la souveraineté, reposant sur le monopole de l'exercice du pouvoir sur un territoire, Frédéric Worms a témoigné de l'impossibilité de calquer directement ce concept sur les questions numériques. La relation entre une donnée géolocalisée et un territoire peut en effet être considérée à plusieurs niveaux : le territoire auquel elle est rattachée, le territoire du producteur de cette donnée (qui peut être une collectivité locale, un gouvernement national, une entreprise locale ou internationale), les territoires de ses usagers... Qu'est-ce alors que la souveraineté quand tant de dimensions doivent être considérées ? Ce numéro des *Annales des Mines* tente d'apporter des réponses à cette question importante.

On ne peut parler de souveraineté sans évoquer les questions économiques, dans un monde où la puissance de certaines entreprises dépasse celle des États. Car, en revenant à la conception classique de la souveraineté, qui se réfère à l'exercice du pouvoir, il est nécessaire de se poser la question du contrôle des usages et des capacités de régulation des acteurs économiques. Or, les plus puissants d'entre eux tirent leur richesse d'une capacité exceptionnelle d'utilisation des données. Dans un tel contexte, des interrogations naissent sur la manière dont nous avons délibérément mené une politique de données ouvertes, destinée à accroître la transparence de l'action publique, mais aussi l'innovation (Goeta, 2018). Le constat est fait que cette innovation a probablement plus bénéficié aux grands acteurs mondiaux de la donnée, capables par exemple de tirer de la valeur des grandes masses de données issues de Copernicus, le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne, qu'aux acteurs européens. Cela a-t-il créé des risques pour notre souveraineté, en renforçant encore le pouvoir des principales entreprises dont le modèle économique repose sur la valorisation de grandes masses de données ? Ce thème, qui n'était pas explicitement prévu dans le programme du colloque, a surgi dans les débats et montré son importance ; il fait l'objet de contributions dans ce numéro.

Se poser la question de la souveraineté, c'est aussi se poser la question des acteurs qui l'exercent. L'État n'est pas seul à prendre des décisions qui structurent notre vie économique, sociale, numérique : de nombreuses organisations sont des acteurs de premier plan, que ce soit des entreprises comme cela a déjà été évoqué, mais aussi des collectivités territoriales, des associations, des *consortiums* variés qui opèrent des communs numériques... Une articulation entre les différentes échelles des collectivités territoriales est indispensable, comme l'a évoqué lors du colloque Jean-Marie Seité, président de l'AFIGEO et du pôle de coordination avec les territoires du CNIG, afin de composer des jeux de données interopérables qui dessinent une couverture complète et cohérente du territoire. Ces collectivités, par les compétences qui leur sont attribuées, exercent en effet également une forme de souveraineté territoriale. C'est aussi une collaboration avec le tissu économique français et européen qui est indispensable, puisque les entreprises de nombreux secteurs produisent et utilisent des données géolocalisées. C'est bien évidemment le cas des acteurs du climat, de l'environnement et de la biodiversité, de l'agriculture, du développement urbain et du patrimoine culturel, lesquels forment la moitié des revenus du marché de l'observation de la Terre (European Union Agency for the Space Programme, 2024). Exercer notre souveraineté suppose d'avoir des modèles de données qui décrivent les éléments qui sont nécessaires pour mettre en œuvre nos décisions (par exemple en localisant les données à l'échelle pertinente selon les politiques publiques) et de pouvoir accéder à ces données, ce qui n'est pas toujours le cas comme le montre le travail de Résovilles avec Data et quartiers (Résovilles & CIVITEO, 2023). Il peut exister

une tentation de réguler de manière verticale, en tentant d'imposer des règles depuis le sommet du pouvoir. Mais l'intrication entre les différentes échelles, du plus local au plus global, rend le plus souvent cette régulation verticale inopérante. Organiser le dialogue et la co-construction est alors probablement une des voies pour trouver un chemin vers la mise en œuvre d'une souveraineté adaptée au XXI^e siècle, comme nous l'avons montré dans le rapport « Data et territoires » qui appelle à la mise en place d'une gouvernance équilibrée entre l'État et les collectivités territoriales (Hennion *et al.*, 2023). Cela ouvre des perspectives pour une organisation comme le CNIG. En effet, le CNIG est un espace qui œuvre au service de l'intérêt général en organisant le travail collaboratif d'acteurs aussi différents que des ministères, des collectivités territoriales, des acteurs comme OpenData France ou OpenStreetMap, des entreprises... En construisant des standards, par exemple, la France (en lien avec d'autres organisations qui établissent des standards dans le monde) se donne les moyens de représenter notre environnement d'une manière qui correspond à nos besoins, à notre vision du monde, à notre réglementation nationale et européenne. Sans un tel travail, nous serions dépendants de standards de fait établis par des entreprises étrangères dominant leur marché, comme c'est trop souvent le cas.

Il sera important pour le CNIG de développer son action autour des enjeux de la souveraineté, dont nous devons analyser toutes les dimensions. Ce numéro des *Annales des Mines* y apporte une contribution salutaire.

BIBLIOGRAPHIE

BARAUD-SERFAT I. (2024), « La cartographie au défi de Google Maps », *Futuribles*, 460(3), pp. 77-83, <https://doi.org/10.3917/futur.460.0077>

BURGESS M. (2024, avril 30), "The dangerous rise of GPS attacks", *Wired*, <https://www.wired.com/story/the-dangerous-rise-of-gps-attacks/>

CONSEIL NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOLOCALISÉE (2024, octobre 7), « Première étude économique de l'écosystème géonumérique en France », Conseil national de l'information géolocalisée, <https://cnig.gouv.fr/publication-de-la-premiere-etude-economique-de-l-a26282.html>

CURRIE, E., & RADIA, A. (2025, mars 13), "Convergence of cyber and physical security: Geolocation data hacks and executive protection threat implications", *Kroll*, <https://www.kroll.com/en/insights/publications/cyber/cti-gravy-analytics>

DUVVURU R., RAO G. N., KOTE A., MOTRU V. R., PYLN SWAMI THAKUR S. S., SINGH S. K., BANGARU B., GODI S. & RAO P. J. (2019), "Security issues in geo-spatial big data analytics with special reference to disaster management", In P. J. Rao, K. N. Rao, & S. Kubo (Éds.), *Proceedings of International Conference on Remote Sensing for Disaster Management* (pp. 43-49), Springer International Publishing, https://doi.org/10.1007/978-3-319-77276-9_5

EUROPEAN UNION AGENCY FOR THE SPACE PROGRAMME (Éd.) (2024), "EUSPA EO and GNSS Market Report: 2024 / Issue 2", Publications Office, <https://doi.org/10.2878/73092>

FAURE-MUNTIAN V. (2018, juillet 19), « Les données géographiques souveraines – Rapport au Gouvernement », <https://www.vie-publique.fr/rapport/37550-les-donnees-geographiques-souveraines-rapport-au-gouvernement>

GOETA S. (2018), « Données recherchent publics : Les politiques d'*open data* à l'épreuve de la réutilisation », In P. U. du Septentrion (Éd.), *L'action publique saisie par ses publics* (pp. 137-155), <https://hal.science/hal-02025883>

HENNION C., ALTOUNIAN M. & MONTHUBERT B. (2023, septembre), « Rapport de la mission Data et territoires », <https://www.vie-publique.fr/files/rapport/pdf/291763.pdf>

MONTHUBERT B., SORIANO S., COTTINET T., SÉÏTÉ J.-M., CLAIR C., BODOSSIAN L., JUMEAUX W. & FRETIN-BRUNET C. (2022, décembre 1), « La donnée doit devenir le nouveau mètre étalon de la transition verte », *Le Monde*, https://www.lemonde.fr/sciences/article/2022/12/01/la-donnee-doit-devenir-le-nouveau-metre-etalon-de-la-transition-verte_6152460_1650684.html

RÉSOVILLES & CIVITEO. (2023), « DATA & QUARTIERS : le livre blanc », https://villes-et-territoires.fr/wp-content/uploads/2023/12/081223-Data_et_quartiers-le_livre_blanc.pdf

Réflexion sur les enjeux géopolitiques des données géographiques

Par Amaël CATTARUZZA

Professeur des universités à l'Institut français de Géopolitique
(Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis)

Cet article interroge la production, la diffusion et la souveraineté des données géographiques en France en mettant en perspective les conclusions du rapport de Valéria Faure-Muntian de 2018 avec le contexte géostratégique contemporain. Il interroge la définition opérationnelle retenue, centrée sur la disponibilité et l'indépendance des données pour l'État, au regard d'une approche socio-technique plus large. Par ailleurs, il souligne la mutation du rôle de l'IGN et du CNIG face à la pluralité des acteurs producteurs et questionne le choix de l'*open data* pour les données géographiques dans un contexte géopolitique instable, où la maîtrise des données constitue un enjeu stratégique autant national qu'international.

INTRODUCTION

Avec la multiplication des capteurs sur le territoire, on assiste à une multiplication des données géographiques, qui ne cessent de s'accroître et de se diversifier avec la généralisation des *smart cities*, *smart building*, et le développement des dispositifs numériques d'assistance, de surveillance et de gestion des activités humaines. Cette dynamique s'inscrit dans un mouvement global de « mise en données » du monde (Kitchin, 2014), qui affecte aussi bien les politiques publiques que les usages économiques et sociaux. Si cette prolifération exponentielle des données géographiques constitue un avantage sans conteste pour tout un ensemble d'acteurs économiques, elle s'inscrit également dans un contexte stratégique de compétition internationale qui pousse aujourd'hui à réfléchir aux modes de régulation et de gouvernance qu'il conviendrait de mettre en place pour accompagner et encadrer ce processus.

L'objectif de cet article est d'examiner les pratiques et les enjeux liés à la production et à la diffusion des données publiques, dans un contexte marqué par des rivalités stratégiques autour de la maîtrise et du contrôle des données. La question s'inscrit dans une perspective historique, puisque l'État joue depuis le XVIII^e siècle – notamment avec les travaux cartographiques initiés par Cassini – un rôle central dans la production de données géographiques. Néanmoins, la multiplication des données géographiques s'est accompagnée d'une grande diversification des acteurs producteurs de données, avec une grande majorité d'acteurs privés. Cette multiplication et cette diversification des sources interrogent aujourd'hui le fonctionnement des institutions publiques encore chargées d'élaborer et de diffuser des données territoriales fiables et structurées. En France, l'Institut national de l'Information géographique et forestière (IGN) demeure l'un des principaux producteurs de ces données.

Toutefois, au cours de la dernière décennie, plusieurs interrogations majeures ont émergé. Quelle doit être l'évolution institutionnelle de l'IGN dans ce nouvel écosystème ? Quels

enjeux stratégiques sous-tend la production de données territoriales par une institution nationale, alors que de multiples acteurs – publics, privés et associatifs – participent désormais à leur élaboration ? Comment faire évoluer la production nationale de données afin de prendre en compte cette diversité d'acteurs et de rationaliser les efforts ? Ces interrogations avaient été au cœur du rapport confié à la députée Valéria Faure-Muntian et publié en juillet 2018 sous le titre « Les données géographiques souveraines ». Près de sept ans après la publication de ce document, ce texte vise à interroger l'actualité et la portée de ses conclusions dans le contexte contemporain.

De fait, un certain nombre de questions émergent aujourd'hui quant à la pertinence actuelle des orientations formulées dans le rapport de 2018, lequel insistait notamment sur la nécessité d'une large accessibilité aux données, dans une logique d'*open data*. Deux types de décalages semblent particulièrement significatifs.

Tout d'abord du fait du décalage temporel. L'écart entre la période de rédaction du rapport (2018) et la situation contemporaine (2025) invite à réévaluer les conclusions à l'aune des mutations récentes. En particulier, les conflits internationaux ont contribué à redéfinir en profondeur la manière dont les données numériques sont appréhendées, tant dans les usages publics que dans d'autres domaines stratégiques. Les usages des données géographiques en temps de guerre – on pense par exemple à leur usage dans le cadre de bombardements ou dans le cadre de la surveillance d'un territoire – nous amènent de fait à questionner la diffusion sans contrôle de ce type d'information.

Ensuite du fait du décalage socio-technique. L'évolution des technologies entraîne une reconfiguration continue des enjeux politiques. Dans le champ numérique, la question de la souveraineté des données donne lieu à une diversité de positionnements, souvent polarisés entre les notions d'ouverture (*open data*) et de fermeture, ou encore entre les notions de contrôle ou de libre circulation (*free flow of data*). Ces tensions mettent en lumière des interrogations politiques de fond. Tout d'abord, qu'entendons-nous par donnée publique et selon quelles modalités ce type de donnée doit-il être diffusé dans un régime démocratique ? Si la donnée publique relève, par définition, d'un bien collectif, doit-elle être accessible à tous au même titre que les autres biens publics ? Inversement, dans la mesure où le savoir géographique constitue un savoir stratégique, comme l'avait démontré le géographe Yves Lacoste dans son célèbre opuscule *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*, convient-il de limiter son accessibilité et d'en assurer une protection accrue ? Mais dans ce cadre, qui devrait alors assumer la production de la donnée territoriale : l'État et ses institutions, ou bien une pluralité d'acteurs, incluant des opérateurs privés ? Et quelle est la place aujourd'hui des acteurs privés dans la fabrication et la diffusion des données géographiques ?

Enfin, une dernière question plus générale pourrait être envisagée : à l'heure de l'anthropocène, certaines données doivent-elles être considérées comme des biens communs, et placées en libre accès en raison de leur portée universelle et globale ? De fait, cette interrogation illustre toute l'ambiguïté de la notion de « stratégique ». Si l'on considère, par exemple, les données relatives à l'évolution du climat, à la montée du niveau des mers, au recul des glaciers ou encore à l'érosion du trait de côte, celles-ci apparaissent comme stratégiques, dans la mesure où elles conditionnent à moyen terme la sécurité du territoire national. Dès lors, faut-il diffuser largement ces informations, les protéger ou les restreindre ? La souveraineté sur ce type de données interroge ainsi non seulement les modalités de gouvernance, mais aussi la tension entre intérêt national et enjeux globaux.

Pour rendre compte de l'ensemble de ces débats concernant la question du traitement des données géolocalisées territoriales, je propose ici une grille de lecture articulée autour de trois axes principaux. Il s'agit, en premier lieu, de préciser ce que recouvre la notion de « donnée géographique » : ses spécificités, ses usages, ainsi que les critères qui la distinguent des autres catégories de données. Le deuxième axe concerne l'examen des

enjeux de souveraineté associés à la production, à la diffusion et au contrôle des données géographiques, dans un contexte marqué par la multiplication des acteurs publics et privés impliqués, et de replacer la question des données géographiques dans un cadre plus large, en soulignant leurs implications géopolitiques et stratégiques, tant au niveau national qu'international. Enfin, l'analyse doit porter sur les modalités de gouvernance de ces données et sur les arbitrages politiques qu'elles impliquent, en termes d'accessibilité, de régulation et de hiérarchisation des priorités.

QU'EST-CE QU'UNE DONNÉE GÉOGRAPHIQUE ? QU'EST-CE QU'UNE DONNÉE SOUVERAINE ?

La question de la définition des données géographiques fait l'objet d'un traitement dans le rapport de 2018, mais de manière relativement succincte et qui mériterait d'être approfondie. Le rapport définit la donnée géographique « comme étant, d'une part, une donnée de description physique du territoire dans ses aspects naturels (chaîne de montagne) et artificiels (agglomération), visibles (cours d'eau) et invisibles (réseau enterré) et, d'autre part, une donnée positionnée par rapport au territoire ou "géolocalisée" (informations statistiques produites par l'inventaire forestier). Comme il est possible de géolocaliser à peu près n'importe quelle donnée, on se bornera à évoquer ici les données dont l'intérêt et l'usage dépendent directement de leur géolocalisation (zonage règlementaire, parcellaire dont dépend l'application de la loi fiscale ou le versement d'aides publiques...). ».

À cette définition s'ajoutent deux distinctions introduites par le rapport :

- la distinction entre « données socle » et « données métiers », c'est-à-dire entre des données produites pour informer directement sur le territoire de manière générale (par exemple les fonds de carte) et des données collectées dans le cadre d'une mission spécifique (par exemple, l'inventaire d'un parc de véhicules afin d'optimiser la logistique des transports urbains) ;
- la distinction entre données statiques (dites de stock) et données dynamiques (dites de flux).

Cette définition reste néanmoins silencieuse sur la dimension « numérique » des données géographiques. De nombreuses caractéristiques techniques et socio-techniques, pourtant décisives, ne sont pas mentionnées : la quantité, la qualité, la variété, la temporalité, l'exhaustivité (par rapport à un échantillon), la résolution, la relationalité et, enfin, l'interactivité dans la production des données (Kitchin, 2014). Or, chacune de ces dimensions modifie substantiellement la manière de concevoir et de qualifier la donnée géographique.

Ainsi, la qualité des données – entendue en termes de fiabilité, de transparence ou encore de normalisation – constitue un enjeu central, et implique un travail spécifique ainsi qu'un coût ; la variété est un facteur déterminant, en particulier pour les données géographiques, dont les supports se sont considérablement diversifiés au cours des dernières années ; la temporalité prend une importance croissante avec le développement de données en temps réel, de plus en plus intégrées aux processus décisionnels des acteurs publics ; la relationalité – c'est-à-dire la possibilité d'associer différentes catégories de données pour générer de nouvelles informations – introduit la distinction entre données primaires, secondaires et tertiaires, en fonction du degré de transformation entre la captation initiale et le traitement ; enfin, l'interactivité de la production met en lumière l'implication d'acteurs multiples, publics et privés, mais aussi de volontaires individuels. Des initiatives comme OpenStreetMap illustrent la production participative de données, mobilisée tant par des entreprises que par des programmes de recherche publique.

En somme, la définition adoptée dans le rapport s'inscrit dans une perspective opérationnelle, mais son caractère restrictif a des implications importantes pour l'analyse de

la souveraineté des données. Concernant cette dernière, la définition proposée dans le rapport est également relativement étroite. Celui-ci stipule en effet : « la souveraineté d'une donnée géographique se définit donc par sa destination ou par son usage, qui est de servir de support direct aux décisions de la puissance publique. Une donnée n'est donc souveraine que si sa disponibilité conditionne la possibilité même de la décision publique, c'est-à-dire qu'elle présente pour la puissance publique une véritable criticité ».

Le premier critère retenu est donc celui de la disponibilité de sources fiables pour la puissance publique. À cela s'ajoute un second argument, celui de l'indépendance. Le rapport précise en effet : « la dépendance informationnelle serait le premier pas vers la dépendance économique et politique ». Il s'agit ainsi de garantir l'existence d'une source d'information publique ne dépendant ni d'acteurs privés (tels que les GAFAM), ni de puissances étrangères.

Cependant, cette approche demeure restrictive. Elle ne prend pas en compte, par exemple, la question de la sécurisation des données, ni celle des usages externes qui pourraient en être faits en dehors des institutions publiques. Cette conception est en partie tributaire du contexte de publication du rapport, en 2018. Or, le contexte géopolitique a profondément évolué depuis, notamment avec les conflits en Ukraine et au Proche-Orient. Malgré cela, peu de réflexions institutionnelles ont été menées sur la question jusqu'en 2024, année de l'organisation par le CNIG d'un colloque dédié. Dans cette perspective, les conclusions du rapport de 2018 apparaissent aujourd'hui en décalage avec les évolutions récentes de la gouvernance des données.

QUID DE LA SOUVERAINETÉ POUR LES DONNÉES GÉOGRAPHIQUES ?

À partir de ces définitions opérationnelles, le rapport aborde la question de la souveraineté des données en mobilisant plusieurs éléments, que l'on peut synthétiser en deux axes principaux. Ceux-ci permettent de comprendre la manière dont la souveraineté est envisagée, tout en soulignant les transformations liées à la numérisation et, surtout, à la mise en réseau des données géographiques.

Le rapport pose en premier lieu la question centrale : qui produit la donnée géographique ? La principale nouveauté identifiée réside dans la diversité croissante des acteurs impliqués dans cette production. Outre les acteurs institutionnels historiques, un grand nombre d'acteurs privés occupent désormais une place importante. L'IGN n'apparaît donc plus comme l'unique producteur de données de référence et de fiabilité, même si son expertise lui confère une légitimité particulière. Cette évolution entraîne une transformation de ses missions, ainsi que de celles du CNIG, qui tendent à devenir des structures de coordination, jouant un rôle de normalisation et de mise à disposition. Plus qu'un producteur unique, l'IGN apparaît ainsi comme un organisme centralisateur, chargé de garantir la fiabilité et la transparence des données, d'assurer un accès unifié à des sources multiples et, *in fine*, d'animer une géoplateforme nationale décentralisée au niveau régional. Dans cette perspective, le rapport préconise de « repositionner l'IGN sur l'agrégation, la standardisation, la certification des données géographiques souveraines et l'accompagnement technique des producteurs ».

Le deuxième axe mis en avant concerne l'ouverture des données. Le rapport rappelle ainsi : « Les pouvoirs publics ont, par ailleurs, fait un choix très clair en faveur de l'ouverture des données publiques, dont il se déduit que les données géographiques souveraines ont, sauf exceptions spécialement justifiées, vocation à être diffusées et réutilisées gratuitement. ». Ce choix procède à la fois d'une orientation politique et d'une orientation économique.

Sur le plan politique, l'ouverture des données est associée à un principe démocratique : les données nationales doivent être accessibles aux citoyens. Sur le plan économique, le

rapport insiste sur la spécificité de l'« économie de la donnée » : « En effet, l'économie de la donnée n'est pas régie par les mêmes règles que l'économie réelle. On constate que la richesse de la donnée est établie à partir de l'utilisation qui en est faite et donc de l'accès qui lui est donné. Ainsi, "ce n'est pas la vente de données qui crée de la valeur, mais sa circulation". La mise à disposition gratuite de ces données créera beaucoup de valeur, permettant par exemple à de petites entreprises innovantes ou aux citoyens impliqués de participer au débat et de proposer des solutions qui ne pourraient être à l'initiative d'acteurs publics uniquement. ».

La souveraineté est donc ici conçue comme la capacité des pouvoirs publics à garantir la mise à disposition des données, en évitant leur privatisation ou leur captation par de grands acteurs privés (notamment les GAFAM). Elle suppose également de permettre à l'ensemble des acteurs, indépendamment de leur taille ou de leurs ressources, de bénéficier des mêmes jeux de données.

Cette conception a deux conséquences majeures pour l'IGN : d'une part, son financement demeure assuré par la puissance publique ; d'autre part, la diffusion des données repose sur le principe d'une licence gratuite.

UNE MISE EN PERSPECTIVE GÉOPOLITIQUE ET STRATÉGIQUE : LE TEMPS DE LA GOUVERNANCE ET DES CHOIX POLITIQUES ?

Une première série de critiques peut être adressée au modèle de l'*open data*. Les données sont, par nature, relationnelles : leur valeur ne réside pas uniquement dans leur existence isolée, mais dans les corrélations qui peuvent être établies au sein de vastes ensembles. Dans cette perspective, l'ouverture des données ne réduit pas nécessairement les inégalités entre acteurs, elle tend même à les accentuer. Les grands acteurs économiques, disposant des moyens techniques et financiers nécessaires pour traiter et croiser d'importants volumes d'informations, sont en mesure de générer davantage de valeur que les structures plus modestes. Par ailleurs, l'argument démocratique en faveur de l'*open data* mérite d'être nuancé. Les données géographiques, en particulier, ne sont pas mobilisées de manière équivalente par l'ensemble des citoyens ; leur accessibilité ne garantit donc pas en soi une démocratisation effective de leur usage.

Un second ensemble de questionnements émerge dans le nouveau contexte stratégique marqué par les conflits récents en Ukraine et au Proche-Orient. L'usage des données géographiques y a joué un rôle déterminant. En Ukraine, elles ont été mobilisées notamment dans le cadre de l'utilisation des drones et des opérations de ciblage menées par les deux camps. Dans le conflit au Proche-Orient, l'armée israélienne a eu recours à un large éventail de données géolocalisées afin d'entraîner des algorithmes de ciblage automatisé, notamment à travers le programme d'intelligence artificielle Lavender. Or, ce type d'usage s'appuie à la fois sur des données primaires, secondaires et tertiaires. Ces exemples rappellent que l'information géographique constitue aujourd'hui une donnée stratégique à part entière.

Dès lors, une interrogation centrale se pose : quelle est la pertinence du modèle de l'*open data* dans un contexte de mise en réseau généralisée des données, au sein d'un système géopolitique instable, marqué par des rivalités croissantes entre acteurs et par une multiplication des usages stratégiques de l'information géographique ?

La question de la gouvernance constitue donc aujourd'hui un enjeu central pour les données d'information géographique, et ce, à au moins deux niveaux. Le premier concerne les conditions d'accès aux données. Le contexte géopolitique actuel, conjugué aux dynamiques propres à l'économie des données, conduit à interroger les critères permettant

de distinguer les données accessibles de celles qui ne le sont pas. Dans ce cadre, la définition du caractère stratégique d'une donnée géographique s'avère décisive : comment déterminer si une donnée doit être diffusée librement ou, au contraire, soumise à des restrictions d'accès ?

Le second niveau de réflexion porte sur les utilisateurs légitimes. La question est de savoir qui peut bénéficier de licences d'utilisation et sur quels fondements ces choix doivent être opérés. Les pouvoirs publics peuvent-ils, et doivent-ils, sélectionner les utilisateurs ? Si tel est le cas, quels critères doivent guider cette sélection : des considérations politiques, des impératifs économiques, ou encore la volonté de protéger les acteurs nationaux face à la concurrence des grandes plateformes numériques mondiales et des acteurs étrangers ?

Cependant, la qualification stratégique d'une donnée ne saurait être réduite à une approche strictement géopolitique ou militaire de la sécurité. Dans le contexte de l'anthropocène, un autre cadre d'analyse émerge, celui des communs numériques. Cette perspective soulève un enjeu scientifique majeur : qu'entend-on par commun numérique ? La littérature sur les communs, héritée notamment des travaux d'Elinor Ostrom, a montré que les biens communs se caractérisent par une gestion collective visant à équilibrer l'accessibilité et la préservation des ressources (Hess et Ostrom, 2007). Transposée au domaine numérique, cette notion a été approfondie par des auteurs comme Charlotte Hess et Yochai Benkler, qui soulignent l'importance de la gouvernance participative et des régimes de propriété intellectuelle ouverts dans la constitution de véritables *commons of knowledge* (Benkler, 2006). Plus récemment, des chercheurs en sciences sociales (par exemple Patrice Flichy) ont insisté sur le rôle des communs numériques comme levier d'innovation sociale et comme alternative aux logiques de privatisation des données par les grandes plateformes.

Trois acceptions principales se dégagent. D'un point de vue scientifique, les communs numériques désignent l'accès aux données mis au service de la recherche et, plus largement, de la préservation des écosystèmes planétaires. Dans une perspective d'économie participative, ils renvoient à la mise à disposition des données afin de soutenir des initiatives locales et de favoriser des alternatives économiques plus équitables. Enfin, dans une perspective critique, on peut observer l'appropriation de cette notion par les grandes plateformes numériques, à l'image de Google, qui présente l'ouverture des données comme un outil mis au service du bien individuel et de l'humanité, tout en consolidant sa propre position hégémonique.

Ainsi, il apparaît nécessaire de s'interroger sur les modalités de gouvernance des données géographiques. Cette gouvernance doit-elle se réduire à des considérations purement économiques ou sécuritaires ? Ou pourrait-on aussi adopter une approche plus large, qui inscrive ces données dans le cadre des communs numériques, en articulant de manière cohérente la souveraineté nationale, les enjeux globaux liés à l'information géographique et les pratiques collectives de production, de partage et de gestion des données ?

CONCLUSION

L'analyse des débats contemporains autour des données géographiques révèle l'ampleur des transformations à l'œuvre dans leur production, leur diffusion et leur usage. Alors que le rapport de 2018 proposait une définition opérationnelle et relativement restreinte de la souveraineté des données, les évolutions technologiques, économiques et géopolitiques de la dernière décennie ont profondément reconfiguré les termes de la discussion. La multiplication des producteurs, la montée en puissance des acteurs privés, l'instabilité géopolitique et l'usage stratégique des données géolocalisées dans des contextes militaires soulignent l'insuffisance des conceptions antérieures et appellent à un élargissement du cadre d'analyse.

Dans ce contexte, la gouvernance des données apparaît comme un enjeu cardinal. Elle ne peut être pensée uniquement en termes de contrôle ou de sécurisation, mais doit aussi intégrer les questions d'accès, de légitimité des usages et de définition du caractère stratégique des informations géographiques. L'IGN et le CNIG se trouvent dès lors placés dans une position centrale, moins comme producteurs exclusifs que comme garants de la fiabilité, de la standardisation et de l'agrégation de données multiples, dans un cadre où la souveraineté repose autant sur la maîtrise institutionnelle que sur la capacité à organiser un écosystème diversifié.

Enfin, l'irruption de la problématique des communs numériques invite à dépasser une vision strictement nationale et sécuritaire des données. Dans l'anthropocène, certaines données – en particulier celles relatives au climat, à la biodiversité ou aux transformations environnementales – peuvent être envisagées comme des biens communs globaux, dont l'accessibilité relève de l'intérêt général de l'humanité. Les travaux sur les communs, de Ostrom à Benkler, rappellent qu'il ne s'agit pas seulement d'ouvrir ou de fermer l'accès aux données, mais de penser les modalités de leur gouvernance collective.

En définitive, les données géographiques se situent à l'intersection de trois registres : la souveraineté nationale, qui implique la protection et la maîtrise de ressources stratégiques ; la gouvernance, qui pose la question des critères de légitimité et des régimes d'accès ; et les communs numériques, qui invitent à repenser l'articulation entre intérêt public, intérêt scientifique et enjeux globaux. C'est dans la tension entre ces trois dimensions que se joue aujourd'hui l'avenir des politiques publiques en matière d'information géographique.

BIBLIOGRAPHIE

- BENKLER Y. (2006), *The wealth of networks: How social production transforms markets and freedom*, New Haven, Yale University Press.
- BOLLIER D. (2014), *Think like a commoner: A short introduction to the life of the commons*, Gabriola Island, New Society Publishers.
- CARDON D. (2020), *La démocratie Internet : promesses et limites*, Paris, Presses de Sciences Po.
- CARDON D. (2019), *Culture numérique*, Paris, Presses de Sciences Po.
- CATTARUZZA A. (2019), *Géopolitique des données numériques : Pouvoir et conflits à l'heure du Big Data*, Paris, Le Cavalier Bleu.
- DANEZIS G., DOMINGO-FERRER J., HANSEN M., HOEPMAN J.-H., LE MÉTAYER D., TIRTEA R. & SCHIFFNER S. (2015), "Privacy and data protection by design – from policy to engineering", ENISA Report.
- DANET D., DESFORGES A. (2020), « Souveraineté numérique et autonomie stratégique en Europe : du concept aux réalités géopolitiques », *Hérodote*, n°177-178, pp. 5-22.
- FAURE-MUNTIAN V. (2018), « Les données géographiques souveraines », Rapport remis au Premier ministre, Assemblée nationale, juillet 2018.
- FLICHY P. (2017), *Les nouvelles frontières du travail à l'ère numérique*, Paris, Le Seuil.
- HESS C., OSTROM E. (dir.) (2007), *Understanding knowledge as a commons: From theory to practice*, Cambridge (MA), MIT Press.
- INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE (IGN) (2020), Rapport d'activité, Saint-Mandé.

KITCHIN R. (2014), *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*, SAGE Publications.

LACOSTE Y. (1990), *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*, Paris, Éditions Maspero.

MUSIANI F., COGBURN D. L., DENARDIS L. & LEVINSON N. S. (dir.) (2016), *The turn to infrastructure in internet governance*, Londres, Palgrave Macmillan.

OSTROM E. (1990), *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*, Cambridge, Cambridge University Press.

REVUE HÉRODOTE (2020), *Géopolitique de la datasphère*, n°177-178, La Découverte.

TAILLAT S., CATTARUZZA A. & DANET D. (dir.) (2023), *La Cyberdéfense : Politique de l'espace numérique*, 2^e éd., Paris, Armand Colin.

L'écosystème de la géodonnée au cœur d'enjeux économiques et stratégiques

Par Edmond BARANÈS

Professeur d'économie à l'Université de Montpellier

Les géodonnées sont devenues essentielles pour la compréhension, la gestion et l'aménagement des territoires. Ces données sont utilisées dans des domaines variés (urbanisme, logistique, agriculture, sécurité), elles proviennent de multiples sources (satellites, drones, capteurs) et sont analysées *via* des outils comme les SIG. L'écosystème est en fort développement, il regroupe acteurs publics, privés, établissements de recherche et communautés *open source*. Leur valorisation s'inscrit dans une économie de la donnée de plus en plus orientée vers les services (modèles XaaS).

Les géodonnées sont stratégiques pour la souveraineté des États, elles posent aussi des enjeux sur les modèles de gouvernance et la protection des données. Elles deviennent ainsi une infrastructure essentielle pour l'action publique et privée, se trouvant à la croisée de la transition numérique et écologique.

Les géodonnées, ou données géospatiales, jouent un rôle particulièrement important dans le monde interconnecté dans lequel nous vivons. Ces données offrent des informations précises sur des éléments à la surface de la Terre. Il s'agit d'un ensemble relativement large. Ces données peuvent correspondre à des coordonnées précises, des adresses ou des caractéristiques physiques ou environnementales. Elles sont devenues des ressources essentielles pour de nombreux domaines. C'est le cas notamment de la planification et de la gestion des espaces urbains, de la gestion des ressources naturelles ou encore de la sécurité nationale. Elles sont aussi particulièrement utiles dans de nombreuses activités plus directement opérationnelles, comme la logistique ou encore l'agriculture de précision.

L'écosystème des géodonnées forme un réseau complexe et en constante évolution. Il rassemble une multitude d'acteurs, de technologies et de processus qui couvrent le cycle de vie de la donnée géospatiale (production, structuration, gestion, diffusion, exploitation). Cet écosystème met en relation des organismes gouvernementaux et des entreprises privées qui collectent et analysent les données. Les communautés *open source* entrent en interaction et développent des outils et des standards pour faciliter l'utilisation de ces données. Cet écosystème bénéficie de l'essor du "New Space" qui conduit à une démocratisation de l'accès à l'observation de la Terre et accélère ainsi la production de données géospatiales. Selon l'Agence spatiale européenne (ESA), chaque euro investi dans les géodonnées issues de l'observation de la Terre génère jusqu'à 20 € de retombées économiques dans les secteurs aval¹. Ce levier de croissance soutient une industrie en forte expansion qui connaît une croissance annuelle de 14 % dans les pays en développement².

¹ https://mail.umontpellier.fr/mail#_ftn1

² https://mail.umontpellier.fr/mail#_ftn2

Ces évolutions bousculent en profondeur la filière géonumérique française. Un rapport récemment publié par l'Afigéo³ indique que la croissance des entreprises françaises du géonumérique est de 22 % en moyenne annuelle. Les géodonnées et leur intégration avec les données démographiques et économiques constituent un fort potentiel pour l'économie. Selon ce même rapport, l'impact économique des activités intégrant des géodonnées est estimé pour la France à 35 Mds€.

LA DIVERSITÉ DES GÉODONNÉES

Les géodonnées permettent d'identifier les caractéristiques géographiques et les limites à la surface de la Terre. Ces données jouent un rôle fondamental dans la compréhension et l'analyse des phénomènes géographiques. Elles peuvent être classées en trois grands types, qui diffèrent par leur nature, par leurs applications et par leurs méthodes de collecte :

- Les données vectorielles représentent des entités géographiques sous forme de points, de lignes ou de polygones. Chaque entité est définie par des coordonnées géographiques précises. Ces données sont particulièrement utiles pour la modélisation de réseaux (transport, distribution d'eau...) et permettent des analyses complexes, relatives par exemple à la planification urbaine ou à la répartition des ressources.
- Les données *raster* sont formées de pixels ou de cellules contenant des valeurs représentant des informations géographiques. Ces valeurs peuvent indiquer la température, l'altitude ou encore la couverture végétale. Les images satellites sont des données *rasters* particulièrement utiles pour surveiller les changements environnementaux (déforestation, urbanisation...). L'usage de ces données en agriculture apporte des informations sur la santé des cultures et permet d'optimiser l'utilisation des ressources.
- Les données attributaires fournissent des informations complémentaires sur les données vectorielles et les données *raster*. Ces données décrivent les caractéristiques des éléments géographiques (nom, taille, type...) qui enrichissent l'information et permettent de procéder à des analyses multidimensionnelles.

Les sources de géodonnées sont multiples :

- les satellites fournissent une surveillance continue et globale de la Terre en livrant des images et des données sur divers paramètres environnementaux ;
- les drones permettent des relevés localisés et détaillés en collectant des données à haute résolution sur des zones spécifiques ;
- les capteurs IoT délivrent des données en temps réel sur des paramètres environnementaux ;
- les bases de données ouvertes donnent au public l'accès à des ensembles de données géospatiales.

Les techniques de traitement et d'analyse des géodonnées ont considérablement évolué et sont aujourd'hui ancrées dans la science des données. Les systèmes d'information géographique (SIG) sont au cœur de cette évolution. Ils permettent de capturer, stocker, analyser et visualiser des données géospatiales. Ils sont utilisés dans divers domaines, de la gestion des ressources naturelles à la planification urbaine. Le *cloud* fournit également des solutions permettant un traitement efficace des données de masse. Enfin, l'intégration des géodonnées avec d'autres types de données, comme les données démographiques et économiques, ouvre de nouvelles perspectives pour l'analyse et la prise de décision.

³ https://mail.umontpellier.fr/mail#_ftn3

Par exemple, l'intégration des géodonnées avec des données économiques peut fournir des informations précieuses sur l'impact des catastrophes naturelles sur les entreprises locales.

LA RICHESSE DE L'ÉCOSYSTÈME

L'écosystème des géodonnées forme un réseau complexe qui implique une variété d'acteurs, de technologies et de processus. La Figure 1 ci-dessous présente la chaîne de valeur de l'information géonumérique.



Figure 1 : Chaîne de valeur traditionnelle de l'information géonumérique (Source : Afigéo).

Les acteurs publics en France jouent un rôle essentiel dans le paysage des géodonnées, notamment à travers des opérateurs publics comme l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Cet institut est crucial car il fournit des données géospatiales précises et actualisées, indispensables pour diverses applications qui vont de la cartographie à la gestion des ressources naturelles. Parallèlement, le secteur académique, avec les universités et les centres de recherche, contribue activement à l'avancement des technologies géospatiales. Les projets de recherche en géomatique, par exemple, visent à améliorer la précision et l'efficacité des données géospatiales et ouvrent la voie à des innovations significatives dans ce domaine. Ces activités académiques sont vitales pour développer de nouvelles méthodes et outils qui enrichissent l'écosystème. Par ailleurs, les organismes non gouvernementaux exploitent souvent ces géodonnées pour développer leurs missions (conservation de l'environnement, réponse aux catastrophes naturelles...). L'action des communautés de développeurs *open source* contribue également de manière significative à l'écosystème en créant des outils et des bibliothèques logicielles qui facilitent l'accès et l'analyse des données. Enfin, les entreprises du secteur privé, des *start-ups* aux grandes multinationales du numérique, contribuent au développement des technologies et des services basés sur les géodonnées. C'est le cas notamment de l'industrie du secteur spatial qui connaît la révolution du "New Space". Le rapport récent de l'OCDE est très instructif sur le contexte dans lequel se développe l'économie spatiale⁴ depuis peu. La cartographie établie à l'automne 2024 par l'Observatoire de l'économie spatiale du CNES révèle un nombre considérable de nouveaux acteurs, tant en amont qu'en aval de la chaîne de valeur (cf. Figure 2 page suivante).

⁴ OECD (2023), "The Space Economy in Figures".

tion géographique permettent une mutualisation des moyens au niveau des adhérents regroupés au sein du réseau animé par l'Afigéo.

Ces infrastructures, et plus largement les infrastructures de données géographiques, sont devenues des piliers essentiels de l'économie numérique. Elles permettent d'éclairer les décisions publiques (urbanisme, environnement, transports) mais aussi de stimuler l'innovation privée. Elles s'appuient sur des plateformes de plus en plus ouvertes et collaboratives, intégrant à la fois des données satellitaires, des mesures *in situ* et des informations générées par les utilisateurs à travers leurs appareils mobiles ou objets connectés.

LES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET STRATÉGIQUES

L'économie de la donnée s'appuie sur des logiques de plateforme : les grands acteurs comme Google, Apple ou Amazon captent et exploitent les données de localisation à très grande échelle, générant des effets de réseau et des barrières à l'entrée qui renforcent leur position dominante. Cette dynamique soulève des enjeux de régulation économique, notamment autour de la concurrence et de la propriété des données. Des initiatives publiques comme le programme européen Copernicus ou la directive INSPIRE⁵ cherchent à garantir un accès libre et standardisé aux géodonnées dans une logique de souveraineté numérique. L'évolution de ces infrastructures, vers des formes hybrides qui mêlent *cloud* et intelligence artificielle, pose la question de la gouvernance des données spatiales. Plus précisément, cela nécessite que soient clarifiées les questions relatives au contrôle des données, à leur accessibilité et à la répartition de la valeur créée.

Les applications et services basés sur les géodonnées sont vastes et variés. Ils ont révolutionné de nombreux secteurs d'activité en offrant des solutions innovantes et en permettant de répondre à des besoins complexes. Les exemples sont nombreux : les systèmes de navigation et de cartographie dans le secteur des transports, les outils d'optimisation et de gestion des espaces urbains ou encore les applications de réalité augmentée qui offrent des expériences utilisateurs enrichies.

Enfin, les normes et standards jouent un rôle fondamental pour garantir l'efficacité et la cohérence de cet écosystème. Des organismes tels que l'Open Geospatial Consortium (OGC) et l'ISO/TC 211 travaillent à établir des normes pour l'interopérabilité des données géospatiales. Ces normes permettent aux différents acteurs de partager et d'utiliser les données de manière efficace, facilitant ainsi la collaboration et l'innovation. L'adoption de ces standards est essentielle pour assurer la qualité, la compatibilité et l'intégration des données à travers diverses plateformes et applications. Face à la richesse des initiatives en matière de normalisation et standardisation, le portail de l'Équipe D'Experts en Normalisation (EDEN) de l'IGN offre un réseau d'information sur l'état de l'activité de normalisation dans le secteur de l'information géographique, dont l'objectif est de guider les acteurs français.

Les géodonnées jouent un rôle important dans l'économie. La plupart des secteurs d'activité sont concernés. Ces données peuvent contribuer de manière significative à la création de valeur, stimuler l'innovation et améliorer l'efficacité (optimisation des ressources). Elles sont devenues un actif stratégique pour les entreprises et les décideurs publics, en permettant une meilleure compréhension des dynamiques spatiales et en facilitant ainsi la prise de décision.

Les modèles économiques émergents sont au croisement avec le numérique. Ils prennent des formes diverses et varient en fonction des types de données et des services offerts. Certains modèles reposent sur la vente de données géospatiales brutes, d'autres se

⁵ <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/directive-europeenne-inspire>

concentrent sur la fourniture de services d'analyse et de visualisation. Les données ouvertes jouent également un rôle important en stimulant l'innovation et en permettant aux petites entreprises et aux *start-ups* de développer de nouvelles applications et services.

Les modèles basés sur les données permettent aux fournisseurs de géodonnées de vendre des ensembles de données géospatiales brutes. Ils offrent ainsi aux utilisateurs la possibilité de développer des applications personnalisées. Les modèles basés sur les services offrent des solutions clés en main pour les utilisateurs qui n'ont pas les ressources ou l'expertise pour effectuer leurs propres analyses. Les évolutions les plus récentes indiquent que la donnée seule a de moins en moins de valeur. Les modèles économiques se développent en faveur des modèles XaaS ("anything as-a-service"), comme l'illustre la Figure 3 ci-après.

X-as-a-Service Business Model Recognized as the Most Preferred Business Model of the Geospatial Industry Ecosystem

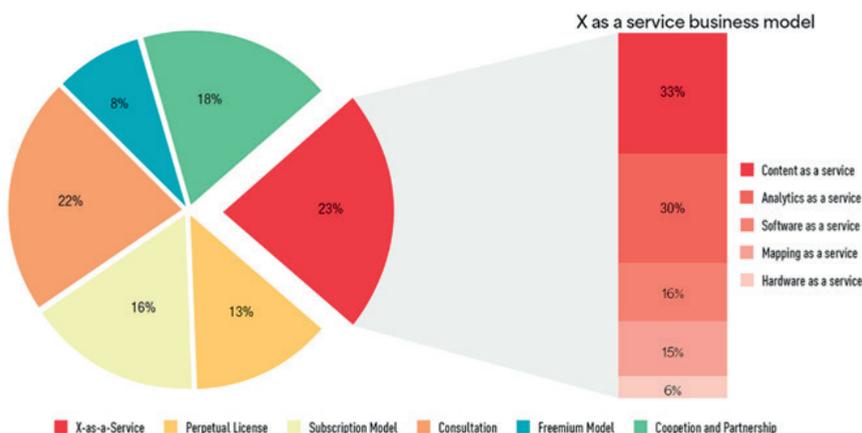


Figure 3 : Le modèle XaaS dans l'écosystème de l'industrie géospatiale (Source : Geospatial World Report, 2023).

L'exemple du modèle économique de DINAMIS illustre le passage d'une logique centrée sur la donnée brute à une offre intégrée orientée services, dans l'esprit des modèles XaaS. L'étude récente menée dans le cadre du groupe de travail CNIG-DINAMIS propose une adaptation du modèle économique dans un contexte de demande croissante⁶. Le modèle DINAMIS repose sur une logique non marchande, avec une diffusion gratuite ou à faible coût pour les utilisateurs publics, financée par des contributions des membres fondateurs et des cofinancements ponctuels. Cette étude montre comment une ouverture des modalités de financement pourrait aider à pérenniser DINAMIS, en considérant trois orientations du modèle : une participation financière accrue des utilisateurs, l'ouverture à des partenariats privés dans une logique mixte, et l'instauration d'un modèle de type freemium.

⁶ CNIG-DINAMIS (2024), « Note Prospective : Modèle économique de géo-communs issus de la THRS satellitaire », Commission Modèles économiques du CNIG.

L'utilisation et la gestion des géodonnées soulèvent également des enjeux majeurs qui concernent la souveraineté et la sécurité. La souveraineté des données est en effet l'un des enjeux les plus critiques. Pour les États, contrôler et protéger leurs données géospatiales est une question de sécurité nationale et d'indépendance stratégique. En maîtrisant ces données, les gouvernements peuvent prendre des décisions éclairées en matière de défense, de planification territoriale et de gestion des ressources naturelles. Cette maîtrise passe par des investissements substantiels dans des infrastructures de données spatiales, permettant la collecte, le stockage et l'analyse des géodonnées sur leur territoire. En réduisant leur dépendance vis-à-vis des fournisseurs étrangers, les États protègent leurs intérêts nationaux et renforcent leur autonomie. Dans le domaine de la sécurité et de la défense, les géodonnées jouent un rôle crucial. Elles sont indispensables pour la surveillance des frontières, la gestion des crises et la planification des opérations militaires. La précision et la disponibilité des géodonnées sont essentielles pour la sécurité nationale et la protection des infrastructures critiques.

CONCLUSION

Les géodonnées s'imposent aujourd'hui comme une ressource stratégique au cœur des transformations numériques, écologiques et économiques. Leur diffusion massive, facilitée par la multiplication des capteurs, des satellites et des plateformes collaboratives, en fait un levier puissant pour l'innovation dans des domaines aussi variés que l'aménagement urbain, la transition écologique, la mobilité, ou encore la gestion des crises. Elles ne sont plus seulement un outil de représentation du territoire, mais une véritable infrastructure essentielle pour la décision publique et privée.

Les enjeux sont multiples et complexes. Sur le plan économique, les géodonnées alimentent une industrie en forte croissance. De nouveaux modèles économiques se développent, centrés sur la donnée comme service. Leur valeur ne réside plus dans leur collecte, mais dans leur capacité à structurer des services innovants, adaptatifs et compétitifs. Sur le plan stratégique, la maîtrise de cette ressource devient un enjeu de souveraineté. Dans un contexte de rivalités technologiques mondiales, la dépendance à l'égard d'acteurs privés extra-européens met en difficulté la capacité des États à garantir la sécurité de leurs infrastructures critiques, à organiser l'aménagement de leur territoire en toute indépendance et à défendre leurs intérêts nationaux. Le risque de dépendance technologique et de perte de contrôle sur des données sensibles justifie le renforcement des infrastructures publiques, des politiques de régulation exigeantes et une coopération européenne renforcée.

Les géodonnées posent également des défis démocratiques. Leur utilisation soulève des questions de transparence, d'éthique, de protection des données personnelles et de contrôle citoyen. La gouvernance de ces données doit être conçue comme un bien commun stratégique, reposant sur des standards ouverts, une régulation forte et des investissements publics ambitieux.

Le jeu des souverainetés s'exerçant sur les noms de lieux

Par Pierre JAILLARD

Président du Groupe d'experts des Nations unies
pour les noms géographiques (GENUNG)

La souveraineté linguistique reste exercée directement par le peuple lui-même, sans délégation à l'État. Toutefois, le droit international en matière de noms de lieux se fonde sur la souveraineté territoriale des États. Or, les deux sources de souveraineté s'opposent au sujet des exonymes, c'est-à-dire les noms particuliers à une langue pour désigner un lieu étranger à son aire de répartition. Les Nations unies donnent la priorité au nom normalisé par l'État compétent sur ce lieu, mais cela pose deux problèmes : un problème pratique d'efficacité et d'autorité de ces recommandations, et un problème de principe au regard du droit de tous les peuples « à disposer d'eux-mêmes ». La France les a résolus en 1993 en adoptant des règles conformes aux observations linguistiques.

La souveraineté est si souvent exercée par l'État « au nom du peuple français » qu'on oublie que celui-ci peut aussi l'exercer lui-même directement, sans la déléguer, voire en tenant en échec les ingérences de l'État. C'est le cas dans un domaine universel et quotidien de la vie nationale : la langue. Car si on reconnaît à l'État le monopole de l'énoncé juridique, on ne peut lui reconnaître aussi la maîtrise de la langue dans laquelle il l'exprime – surtout quand elle est partagée entre plusieurs pays. Pour l'essentiel, la grammaire est formée spontanément au gré des interactions entre locuteurs pour permettre à chacun d'entre eux de mieux comprendre les élocutions d'autrui, et réciproquement de leur ajuster et d'ordonner les siennes. Ses règles sont plutôt des principes au sens scientifique que des normes au sens juridique. Les linguistes ne peuvent que s'efforcer de les dégager de l'usage et les pédagogues d'en faire prendre conscience aux élèves, et elles s'imposent même au législateur.

Pourtant, au sein de la langue, l'État exerce une compétence certaine dans quelques domaines, comme la terminologie technique ou les noms propres désignant des personnes ou des lieux. Ainsi, la communauté internationale reconnaît que les autorités souveraines sur un lieu sont seules compétentes pour normaliser son nom, et que, comme l'exprime le Règlement intérieur du Groupe d'experts des Nations unies pour les noms géographiques (GENUNG), « la normalisation internationale des noms géographiques doit être fondée sur la normalisation nationale¹ ». Cette compétence porte sur la dénomination initiale d'éléments géographiques nouveaux (communes, rues, bâtiments...). Elle comprend la normalisation de noms établis par l'usage mais dont la forme reste hésitante, ainsi que des modifications ultérieures, notamment à titre commémoratif ou politique. Elle peut être déléguée : en France, l'État se réserve la dénomination des collectivités territoriales, même s'il s'astreint à solliciter leur avis préalable, mais il a habilité les communes pour

¹ Conseil économique et social des Nations unies, Règlement intérieur du GENUNG, II « Principes », 4, b.

dénommer seules les voies et il leur reconnaît une compétence pour dénommer tout autre lieu de leur territoire, sous la seule réserve des abus de cette compétence².

La compétence de l'État en matière de noms de lieux n'est pour autant pas aussi absolue que le serait l'exercice d'une pleine souveraineté, pour des raisons linguistiques qui résultent de la souveraineté retenue par la communauté des locuteurs et pour des raisons géopolitiques liées à la confrontation des différentes souverainetés concurrentes.

SOUVERAINETÉ DE LA COMMUNAUTÉ LINGUISTIQUE

Les noms de lieux appartiennent intrinsèquement aux langues, même s'ils sont étymologiquement exogènes. Les pays plurilingues le prouvent en admettant généralement des noms différents dans chacune de leurs langues pour un même lieu, y compris leur propre nom (*Belgique* en français, *België* en flamand, *Belgien* en allemand). Beaucoup de règles linguistiques communes s'imposent donc à ces noms particuliers. Cela vaut pour l'emploi des traits d'union ou pour l'accentuation des majuscules, et les écarts à ces règles heurtent les locuteurs éclairés, même quand elles ont été formellement officialisées, comme dans certains noms de communes nouvelles françaises. Cela vaut aussi pour les flexions et d'autres règles syntaxiques. En français, les noms de lieux prennent la marque du pluriel (*les Deux-Sèvres*, *Les Andelys*) et leur éventuel article initial se contracte avec *à* ou *de* antéposé (*la municipalité du Touquet*, *aller au Mans*). Même les noms empruntés sont soumis à la grammaire de la langue emprunteuse : les langues flexionnelles qui déclinent les noms de lieux ne peuvent omettre d'y soumettre les noms empruntés, même à des langues isolantes³.

Conditions d'une politique linguistique

Ces principes linguistiques expriment la souveraineté éminente de la communauté des locuteurs. Une politique linguistique ne peut donc réussir par sa simple force juridique, même auprès des seuls agents publics, soumis au pouvoir hiérarchique. Quel que soit son statut, une autorité de normalisation doit reconnaître humblement la prééminence de l'usage, qu'elle ne peut que « guider lorsqu'il est hésitant, redresser s'il est fautif », comme l'écrivait Hélène Carrère d'Encausse en avant-propos du *Dictionnaire de l'Académie française* (2005). Pour que les locuteurs reconnaissent une valeur de référence à des recommandations linguistiques et se les approprient, deux conditions sont essentielles à réunir : la cohérence et la durée.

La normalisation dans une langue doit être cohérente avec son usage présent, ou s'accorder au moins à son fonctionnement, sauf à créer une discordance cognitive gênant sa réception. Les locuteurs d'une langue tendent en effet constamment à perfectionner sa cohérence en vertu d'analogies perçues entre les cas rencontrés⁴ : ils réforment fréquemment ce qu'ils perçoivent comme des exceptions, même à tort, en vertu de cohérences alternatives identifiées au sein de la langue ou d'autres langues familières. La normalisation doit donc, non seulement reconnaître et respecter l'usage, mais aussi formuler et

² Notamment au regard du respect de l'ordre public et des bonnes mœurs (recommandation de la Commission nationale de toponymie du 18 mars 2022 : <https://cnig.gouv.fr/IMG/pdf/cnt-recommandation-noms-critiquables.pdf>).

³ Le GENUNG recommande de privilégier le nominatif comme forme normalisée dans les langues flexionnelles (résolution 1967/I/4) et exonère les formes déclinées de figurer dans les listes d'exonymes (résolution 1977/III/19).

⁴ ANTILLA R. (1977), *Analogy*, La Haye. MAŃCZAK W. (1958), « Tendances générales des changements analogiques », *Lingua*, 7, et (1980), « Laws of Analogy », in FISIĄK J., *Historical Morphology*, Berlin.

appliquer des principes cohérents avec lui en limitant strictement les exceptions, et enfin vulgariser ces principes.

« Pour l'élaboration de ces principes, il est recommandé : (1) Que les modifications inutiles de noms géographiques soient évitées », énonce le GENUNG comme la première recommandation en la matière⁵. En effet, influencer sur l'usage linguistique demande du temps et exige de la constance. Ce doit être l'esprit des « données de référence » définies par le Code des relations entre le public et l'administration⁶. Car rien ne ruine plus efficacement l'autorité en la matière que des changements de circonstance. Si on ne peut pas les éviter complètement, ils doivent au moins être cantonnés à des registres de langue particuliers.

Ipséité des noms propres

Cependant, certaines catégories de mots d'une langue présentent des particularités communes, qui constituent autant de grammaires particulières cohérentes, élaborées par l'usage comme la grammaire générale. Les noms propres en font partie, bien que leur définition soit loin de faire consensus parmi les linguistes⁷. Deux de leurs particularités d'ordre sémantique, et donc indépendantes des langues, entraînent des conséquences pour leur grammaire, et donc pour celle des noms de lieux.

La principale particularité des noms propres réside dans leur vocation à ne désigner chacun qu'un référent unique et non une catégorie générale de référents – malgré les exceptions et cas particuliers : les homonymies toponymiques n'invalident pas l'objet initial de chaque toponyme de ne désigner qu'un seul lieu de l'univers familier des locuteurs concernés. Inversement, les noms communs désignent des concepts, des catégories regroupant plusieurs référents concrets analogues. Ainsi, le mot *rivière* désigne un cours d'eau de taille moyenne, dont il existe de nombreux exemples distincts. Mais ces catégories de référents varient culturellement, dans l'espace et dans le temps, ce qui complique notablement leur traduction. Ainsi, le français distingue les *rivières des fleuves*, alors que l'anglais réunit les deux catégories sous le même nom : *river*.

Or, chacune de ces deux catégories comprend de nombreux cours d'eau, dont chacun a son nom propre. Aussi, le nombre de noms propres est d'un ordre de grandeur centuple de celui des mots de la langue courante. Sans parler des autres noms propres, on compte 8 millions de noms de lieux rien qu'en France, contre 50 000 à 100 000 mots en français. Cette énorme quantité de noms présentent à la fois de nombreuses homonymies et une grande variété, jusque dans des graphies différant parfois par des détails (signes diacritiques, lettres muettes...), qui témoigne de différences historiques ou étymologiques et qu'il importe de sauvegarder à titre patrimonial. Mais inversement, cela renforce d'autant plus la nécessité d'une grammaire homogène, notamment sur la distinction entre partie générique et partie spécifique et leur traitement respectif, sur l'emploi de majuscules ou sur la jonction de certains mots par des traits d'union. Sans cela, ces noms ne pourraient pas être normalisés efficacement, ni même employés par les locuteurs sans insécurité linguistique.

⁵ Résolution 1967/IV.4.

⁶ Article L. 321-4.

⁷ Pour une synthèse, voir en français VAXELAIRE J.-L. (2005), *Les Noms propres : une analyse lexicologique et historique*, et en anglais VAN LANGENDONCK W. (2007), *Theory and Typology of Proper Names*. Celui-ci distingue deux grands types de définitions, de nature grammaticale, qui opposent les *proper nouns* aux *common nouns*, ou de nature sémantique, qui opposent les *proper names* aux *appellatives*.

Portée des noms propres

Une autre particularité des noms propres est la persistance de la tradition antique selon laquelle le nom est la réalité même de ce qu'il désigne, et selon laquelle son attribution vaut donc appropriation. Bien sûr, Platon critiquait déjà une variante de cette doctrine appliquée aux noms communs, attribuée à Cratyle, et les linguistes modernes rejettent le *cratylisme* à la suite de Saussure au profit d'une conception arbitraire du signe. Pourtant, Saussure lui-même a affronté la difficulté que l'anagramme et la poésie présentent à cet arbitraire, dont les onomatopées sont aussi des contre-exemples.

N'en déplaise aux tenants de cette doxa, la doctrine antique garde en tout cas une réelle valeur psychologique, sinon scientifique. Ainsi, la plupart des gens sont très attachés à l'exacte graphie et à la bonne prononciation de leur nom. L'emploi de signes diacritiques étrangers au français dans des prénoms a fait l'objet de contentieux, puis d'une loi pour l'autoriser, et enfin d'une décision du Conseil constitutionnel invalidant cette loi au motif que « la langue de la République est le français⁸ ». Pareille ténacité juridique ne peut s'expliquer si on n'envisage le nom qu'au regard de sa fonction désignative, même si celle-ci domine bien sûr ses autres fonctions.

CONFRONTATION DE SOUVERAINETÉS CONCURRENTES

Cette illusion archaïque n'est pas sans responsabilité dans l'embrigadement de certains noms de lieux dans des conflits entre souverainetés concurrentes en matière de délimitation ou de portée.

Conflits territoriaux

Une centaine de conflits territoriaux couvent actuellement entre États revendiquant un même lieu. Par exemple, les îles Malouines sont revendiquées par le Royaume-Uni sous le nom de *Falkland Islands* et par l'Argentine sous le nom d'*Islas Malvinas* ; au terme de la guerre de 1982, le Royaume-Uni avait rejeté un premier acte de capitulation de l'Argentine, rédigé en anglais mais qui dénommait ces îles de leur nom espagnol... Plus récemment, la Macédoine du Nord, indépendante depuis 1991, n'a pu adhérer à l'OTAN qu'en 2020, après n'avoir résolu qu'en 2019 son contentieux avec la Grèce sur sa dénomination. D'autres conflits sont aujourd'hui si sensibles que leur seule évocation serait imprudente !

La réalité sous-jacente à ces conflits n'est jamais d'ordre linguistique, mais engage des enjeux territoriaux, politiques, économiques... Les langues ou les noms servent surtout à y sensibiliser le public, et les différences de dénomination peuvent parfaitement survivre à la résolution des conflits sous-jacents en perdant tout pouvoir irritant. Le fait que le nom français des îles Malouines soit étymologiquement parent du nom espagnol n'exprime aucun soutien à la revendication argentine, et le nom anglais de la Manche (*English Channel*, « canal Anglais ») n'empêche pas une solide alliance contraire...

La diplomatie a prévenu d'autres conflits positifs en créant des conflits négatifs, c'est-à-dire des lieux sur lesquels les revendications territoriales sont gelées, comme l'Antarctique en vertu d'un traité de 1959, ou des lieux sans souveraineté, comme l'espace extra-atmosphérique en vertu d'un traité de 1967. Les noms de ces lieux sont régis par des organismes non gouvernementaux : le Comité permanent sur l'information géographique

⁸ Article 2 de la Constitution.

antarctique du Comité scientifique de la recherche antarctique⁹ et les groupes de travail de nomenclature de l'Union astronomique internationale¹⁰.

Usage des exonymes

Plus généraux et plus pérennes sont les conflits nés de la superposition entre la souveraineté territoriale de l'État qui normalise un nom de lieu et la souveraineté linguistique des locuteurs étrangers qui désignent ce lieu. C'est la question des *exonymes*, noms de lieux qui traduisent l'ouverture au monde des locuteurs, l'appartenance à leur horizon culturel de lieux extérieurs à leur aire linguistique.

Le glossaire du GENUNG définit un exonyme comme une « appellation toponymique dans une langue donnée d'un accident géographique situé en dehors du territoire où cette langue est largement parlée, et qui est de forme différente du ou des *endonymes* de cet accident géographique », un endonyme étant inversement une « appellation toponymique d'un accident géographique dans une langue officielle ou bien établie de la région où cet accident géographique est situé ». Il cite comme exemples *Londres*, *Florence*, *Pékin* en français, *Parigi* en italien, *Warsaw* en anglais... La division francophone du GENUNG en a recensé 1 226 en français¹¹.

En effet, les locuteurs qui ignorent le nom d'une réalité étrangère, et notamment un lieu, ont tendance à l'emprunter de la principale langue qu'ils lui associent¹², quitte à adapter ce nom à leur propre langue pour des raisons phonétiques, graphiques ou grammaticales (*Florence* en français, *Florenzia* en espagnol, *Florenz* en allemand). Ce mécanisme, appliqué de langue en langue depuis la protohistoire, peut seul expliquer l'origine pré-indo-européenne de certains noms (*Hérault*, *Lozère*, *Cuq*), qui leur confère une valeur patrimoniale vertigineuse. Appliqué plus récemment, il est à l'origine de la plupart des exonymes. Ceux qui remontent avant la phylogenèse des langues actuelles ont formé des doublets étymologiques (*Rome* et *Roma*, *Londres* et *London*, *Palestine* et *Filistīn*). Les emprunts anciens et classiques adaptaient la forme écrite à la forme orale dans le système graphique de la langue emprunteuse (*Pékin*, *Pignerol*, *Saxe*). Les emprunts contemporains accueillent désormais les deux formes au prix d'exceptions à ce système (*Burundi*, *Kosovo*, *Phnom Penh*).

Cette tendance générale peut toutefois être contrariée par diverses circonstances linguistiques ou culturelles. Si la langue locale lui est familière et le sens du nom local transparent, le locuteur peut traduire tout ou partie de ce nom sous forme de calque (*Pays-Bas*, *Deux-Ponts*, *Royaume-Uni*). S'il prend connaissance d'un lieu par une langue tierce, il peut fonder son exonyme sur celui de cette langue (*Birmanie* par l'anglais, *Casablanca* par l'espagnol, *Mogadiscio* par l'italien). Un exonyme peut aussi s'être formé dans la langue du locuteur en fonction de références culturelles indépendantes de l'endonyme actuel (*Allemagne* en français, *Germany* en anglais, *Nimetchchina* en ukrainien), et le cas échéant à partir d'un étymon antérieur à celui de l'endonyme (*Ratisbonne*, *Madras*, *Égypte* en français, *Gallia*, « France » en grec).

Recommandations internationales

Mais ces lieux relèvent donc d'autres souverainetés que celle de ces locuteurs, et ce sont ces autres États que la communauté internationale habilite à normaliser leurs noms. Le

⁹ Résolution 1992/VI/12.

¹⁰ Résolutions 1977/III/23 et 1982/IV/13.

¹¹ <http://www.toponymiefrancophone.org/divfranco/Bougainville/recherche.aspx>

¹² DEROY L. (1956), *L'Emprunt linguistique*, chapitre VI.

GENUNG ne motive pas ces décisions, mais il s'est souvent prononcé sur les exonymes comme s'il supposait une pleine souveraineté des États en la matière, sans égards pour la souveraineté linguistique des peuples. Dans cette optique biaisée et dans l'illusion *cratylite* d'une portée possessive du nom, les exonymes apparaissent comme des ingérences étrangères, dès lors contraires à l'un des fondements du droit international, et de fait, quelques États ont pu forger des exonymes artificiels en vue de revendiquer les lieux qu'ils dénommaient. Les exonymes ont aussi pâti d'une confusion avec les noms coloniaux, pourtant donnés à titre d'endonymes à la place des emprunts initiaux des explorateurs et avant la décolonisation.

Le GENUNG a donc invité à « dresser des listes » d'exonymes¹³, à « éviter de nouveaux exonymes¹⁴ », à « limiter leur emploi » ou à « réduire leur usage¹⁵ » et sinon à « indiquer également les formes officielles locales¹⁶ », à « donner préséance aux noms nationaux officiels¹⁷ », à « supprimer certains » exonymes¹⁸, à en « réduire le nombre¹⁹ » et même à « accélérer le processus » tendant à les « abolir²⁰ » !

Il a toutefois atténué cette hostilité aux exonymes, même si la portée exacte de ces atténuations reste discutée. Il a précisé que la normalisation visait « l'usage international²¹ », et la limitation des exonymes s'est concentrée sur ceux « dont l'emploi suscite des problèmes internationaux²² ». Ont été admis les exonymes « différant du nom officiel seulement par l'omission, l'adjonction ou l'altération de signes diacritiques ou de l'article, différant du nom officiel par la déclinaison ou la dérivation ou résultant de la traduction d'un terme générique²³ » et ceux qui résultent de « la conversion d'un système d'écriture à un autre²⁴ ».

Plus fondamentalement, le GENUNG a reconnu dès 1972 « que certains exonymes (noms conventionnels, noms consacrés) sont des éléments vivants et vitaux de la langue », même s'il subordonnait alors cette reconnaissance à leur « utilité » en regrettant que certains « restent dans la langue après que leur utilité s'est estompée²⁵ ». Depuis 2002 il a pleinement reconnu « la signification des noms géographiques pour le patrimoine et l'identité aux échelons local, régional et national²⁶ », puis il a « estimé que les toponymes relèvent bien du patrimoine culturel immatériel » au sens de la Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel du 17 octobre 2003²⁷, dès lors qu'ils répondent à ses « critères pour établir et évaluer le caractère patrimonial des noms de lieux²⁸ ».

¹³ Résolutions 1972/II/28, 1977/III/18 et 1977/III/19.

¹⁴ Résolution 1977/III/17.

¹⁵ Résolutions 1972/II/29, 1987/V/13 et 2002/VIII/4.

¹⁶ Résolutions 1972/II/29 et 1972/II/31.

¹⁷ Résolution 1987/V/13.

¹⁸ Résolution 1972/II/28.

¹⁹ Résolutions 1977/III/18 et 1982/IV/20.

²⁰ Résolution 1972/II/35.

²¹ Résolution 1972/II/31.

²² Résolution 1982/IV/20.

²³ Résolution 1977/III/19.

²⁴ Résolution 1977/III/14.

²⁵ Résolution 1972/II/28.

²⁶ Résolution 2002/VIII/9.

²⁷ Résolution 2007/IX/4.

²⁸ Résolution 2012/X/3.

CONCLUSION

Après vingt ans de ré-emprunt d'endonymes conformément aux recommandations du GENUNG, la France a anticipé sur cette reconnaissance en décidant dès 1993 de donner la priorité aux exonymes restant en usage, mais de s'interdire la création artificielle de nouveaux exonymes²⁹. Elle s'attache depuis lors à ce que le GENUNG s'aligne sur ce modèle conforme aux observations linguistiques et déjà appliqué par une trentaine de pays.

Cependant, le GENUNG ne décide que par consensus et il s'agit donc de lever toutes les oppositions. Un groupe de travail sur les exonymes a été chargé en 2002 d'élaborer « des mesures telles que la catégorisation de l'usage des exonymes, la publication de guides pour les endonymes et l'élaboration de directives préconisant une prise en compte des considérations politiques dans l'usage des exonymes³⁰ ». Il a travaillé sur la frontière encore floue entre endonymes et exonymes, et a commencé à catégoriser ceux-ci et leur usage. À chaque session depuis 2021, le GENUNG « a décidé de poursuivre les débats afin d'établir des directives conciliant les résolutions actuelles [...] sur les exonymes et sa reconnaissance des exonymes comme faisant partie du patrimoine culturel³¹ ».

D'ores et déjà, de plus en plus de pays participent à ce débat dont l'importance ne peut être minimisée. Il en va d'abord de l'efficacité et donc de l'autorité des recommandations officielles. Et au plan moral, la souveraineté linguistique des locuteurs des 5 000 à 10 000 langues du monde relève aussi du « droit des peuples à disposer d'eux-mêmes », principe fondamental des Nations unies³².

²⁹ Arrêté interministériel du 4 novembre 1993 relatif à la terminologie des noms d'États et de capitales.

³⁰ Résolution 2002/VIII/4.

³¹ Résolutions 2021/2/12, 2023/3/16 et 2025/4/17.

³² Article 1^{er} de la Charte du 26 juin 1945, 2^e item.

La cinématique temps réel (RTK) : principes, applications et enjeux

Par Pierre BEYSSAC
PDG d'Eriomem

Grâce à la miniaturisation des composants et à la baisse des coûts, les systèmes de positionnement centimétrique par constellations de satellites se développent, ouvrant de nouveaux marchés et perspectives industrielles. Le RTK (*real-time kinematic*) est l'un d'eux. Le projet français Centipede-RTK a pour objet de promouvoir son adoption pour de nouveaux usages.

LES ÉLÉMENTS FONDAMENTAUX : DU GPS AUX GNSS

Totalement déployé depuis 1995, le GPS (*global positioning system*) états-unien a été le premier système de géolocalisation moderne par satellite. Il exploite des satellites à défilement évoluant à 20 kilomètres d'altitude et émettant des signaux codés temporellement et en position. Les récepteurs se fondent sur ces signaux pour calculer leur propre position à partir des signaux reçus et des positions orbitales des satellites.

Le GPS disposait initialement de deux modes : le mode « civil » fournissant une précision d'environ 100 mètres, dit « SA » (*selective availability*), et le mode « militaire » avec une précision de 5 à 10 mètres. Le mode SA a été désactivé en 2000, permettant donc à tous les usagers de bénéficier de la précision maximale.

Après le GPS sont apparus des systèmes similaires déployés et opérés par les grands blocs géopolitiques dans un souci de souveraineté : Galileo¹ (Union européenne), Glonass² (Russie), BeiDou³ (Chine).

Les constellations de satellites de géolocalisation sont aujourd'hui décrites sous le nom générique de GNSS (*global navigation satellite systems*). Les récepteurs modernes sont capables d'en recevoir tout ou partie, à l'aide d'antennes adaptées. Outre une meilleure résilience en cas de réception perturbée, l'utilisation de ces constellations permet de multiplier les observations, et donc d'aboutir à de meilleures corrections de position.

À LA RECHERCHE DE PRÉCISION : LES TECHNOLOGIES DE CORRECTION

Après l'apparition du GPS, de multiples technologies ont été développées au fil des années pour atteindre une meilleure précision que le GPS originel, sous le terme général de

¹ Lancé en mai 2003, il a commencé à être déployé fin 2016 et est pleinement opérationnel après le lancement d'un bouquet de 32 satellites achevé en 2024.

² Lancé en 1996, il a souffert de la crise russe concernant le nombre de satellites et est redevenu pleinement opérationnel en 2010.

³ Opérationnel en 2003 en Chine, il est devenu mondialement opérationnel en 2020.

« DGPS » (GPS différentiel). Toutes s'appuient sur des réseaux de stations terrestres de référence, dans l'idée de comparer leurs observations et calculs avec la position « fine » étalonnée au préalable. La finesse des corrections possibles est largement corrélée à la densité de ces réseaux terrestres. En outre, des corrections de meilleure qualité peuvent être calculées au fil du temps, notamment avec des orbites de référence.

Il existe également des possibilités de traitement différé pour améliorer la précision d'un relevé initial. C'est, par exemple, ce que propose le service RGP (Réseau GNSS permanent) de l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière).

LE RTK : POSITIONNEMENT CENTIMÉTRIQUE TEMPS RÉEL MOBILE

Le RTK (*real-time kinematic*, cinématique temps réel) est l'une de ces techniques de correction.

Il utilise des stations de référence généralement fixes (*bases*) qui diffusent en temps réel leurs relevés, permettant aux récepteurs mobiles (*rovers*) de calculer leurs propres positions corrigées.

Les qualités du RTK sont multiples : localisation centimétrique rapide, fonctionnement en positionnement absolu comme relatif, répétabilité des mesures et forte robustesse dans les environnements dégagés [WP].

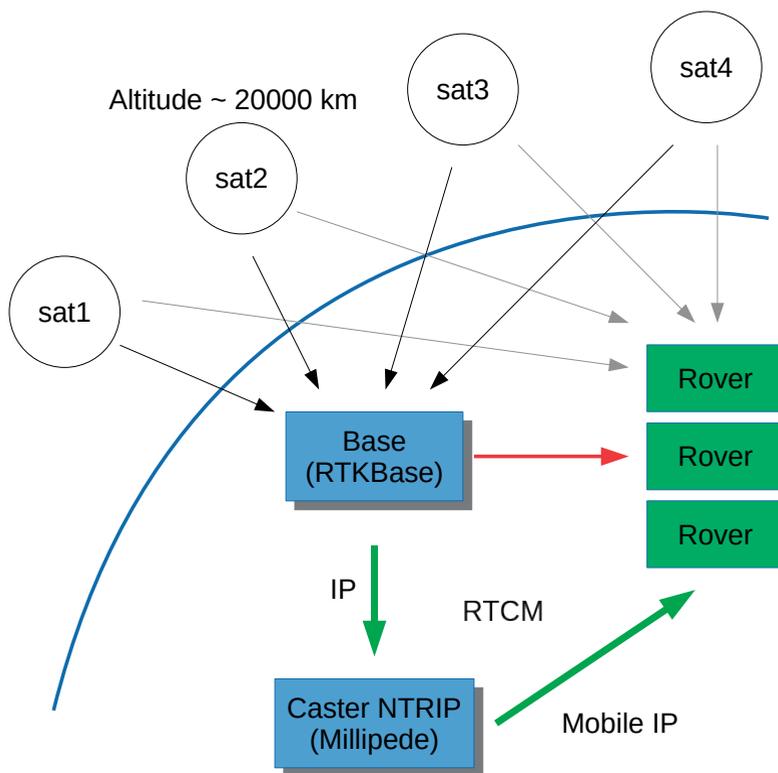


Figure 1 : Structure de distribution GNSS/RTK
(Source : Pierre Beyssac).

Le RTK impose cependant d'avoir une station de base à proximité (quelques dizaines de kilomètres) et du matériel GNSS adapté : antenne et récepteur multibandes, et, dans le récepteur, un logiciel capable de calculer les corrections RTK.

Les avancées récentes, en matériel comme en logiciel, ont considérablement réduit les coûts de la technologie et de l'installation d'une base, ouvrant la voie à de nouveaux usages.

LA DÉRIVE DES CONTINENTS, INTRUS ATTENDU

Avec l'amélioration de la précision de la géolocalisation, la dérive des continents, qui peut atteindre de un à dix centimètres par an en positionnement horizontal, devient un facteur d'erreur non négligeable. Les relevés de positions doivent être référencés avec une date de mesure, afin de pouvoir calculer des compensations ultérieures. L'établissement des modèles correspondants est du ressort d'organismes de référence, comme en France l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière).

CENTIPEDE-RTK : UN RÉSEAU RTK COLLABORATIF

En France, le projet Centipede-RTK illustre le dynamisme de RTK. Centipede-RTK [DE] est un réseau collaboratif de stations GNSS, financé par l'INRAE et lancé en 2019. Il s'agit d'un réseau de bases (assemblées par des amateurs ou professionnels, utilisant le logiciel libre RTKBase), au coût modique, donc finançables par tout type de contributeur, qui mutualise la distribution de leurs flux par un serveur public, appelé *caster*.

Centipede-RTK utilise les standards de fait RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) et NTRIP [NTRIP] pour la diffusion de flux, ce qui garantit sa compatibilité avec les équipements et réseaux commerciaux du marché.

Centipede-RTK profite également de la couverture des réseaux mobiles. Les flux peuvent être limités à 19 200 bits par seconde, voire moins, ce qui permet de les recevoir même *via* des réseaux mobiles de première génération (GPRS) ou dans de mauvaises conditions (réception difficile, réseau saturé).

Aujourd'hui, la couverture de Centipede-RTK permet de calculer des positions centimétriques (15 à 20 mm de précision) sur la quasi-totalité du territoire métropolitain, et dans d'autres régions du monde. Centipede-RTK bénéficie de l'implication forte du monde agricole français dans cette infrastructure de précision : en effet, le tracteur autonome est une des applications phares du RTK.

En pratique, tout utilisateur équipé d'un *rover* (mobile) RTK peut ainsi bénéficier gratuitement des flux de Centipede-RTK s'il se trouve à proximité d'une base. Centipede-RTK donne ainsi accès aux corrections RTK qui, avant son arrivée, étaient plutôt l'apanage de réseaux commerciaux réservés, par leur coût, à des professionnels, notamment dans le domaine agricole.

Centipede-RTK a aussi développé un mode « NEAR » permettant à un mobile RTK d'être affecté en permanence, au cours d'un trajet longue distance, à la base de référence la plus proche de lui. Cette extension, conjointement avec la forte couverture, et selon les conditions de réception satellite et mobile, donne accès à des relevés RTK quasi-continus lors de trajets en train ou voiture dans toute la France métropolitaine.

Enfin, Centipede-RTK collabore avec le Réseau National GNSS Permanent (RENAG), qui assure l'archivage pérenne des observations relevées à des fins de recherche.

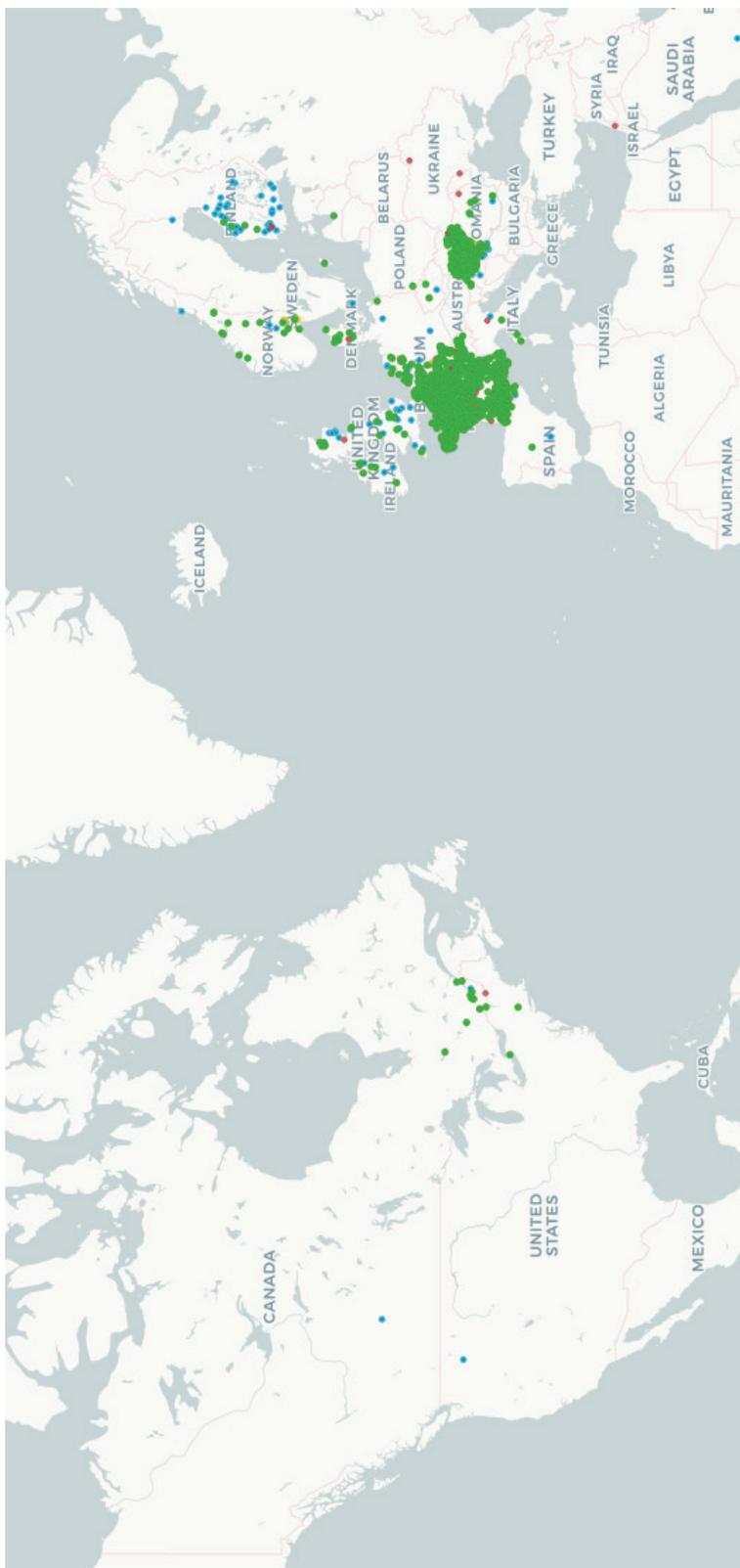


Figure 2 : Les bases Centipede-RTK dans le monde – Copyright : © contributeurs OpenStreetMap, Map tiles by CartoDB (Source : Centipede-RTK).

APPLICATIONS MAJEURES DU RTK

Les usages du RTK se déploient dans de nombreux secteurs nécessitant un guidage très précis.

Agriculture de précision et tracteurs autonomes

Le RTK permet aux machines agricoles (tracteurs, moissonneuses, pulvérisateurs automatiques) de travailler avec une précision de 1 à 2 cm. Le guidage RTK optimise les trajectoires sur le terrain (moindre recouvrement des passages), réduit la fatigue du conducteur et économise du carburant. Les robots agricoles (semoirs ou désherbeuses autonomes) équipés en RTK diminuent nettement le nombre de passages, limitent le tassement du sol et l'usage d'intrants (engrais, pesticides). Cette précision accrue contribue à augmenter le rendement et la qualité des récoltes tout en allégeant l'impact environnemental de l'agriculture.

Télécommunications

Le positionnement centimétrique sert au calibrage fin des émetteurs radio/5G (orientation précise d'antennes directives) et à la navigation de drones de communication. Il peut également être utile pour le repérage d'équipements sur le terrain (*scheds*, fourreaux...) afin de faciliter les interventions de maintenance.

Drones

Le RTK permet un meilleur asservissement de position, donc une meilleure stabilité de navigation. Son utilité est directe pour les drones de secours, la prise de photographies, de vidéos, les captations 3D *via* Lidar, etc. [DE].

Topographie et cartographie

En arpentage, le RTK est largement utilisé pour réaliser des levés topographiques et géodésiques centimétriques. Les géomètres peuvent ainsi produire des cartes détaillées avant la disponibilité des orthophotographies aériennes, et des modèles numériques de terrain plus précis. En voirie, le RTK permet de réaliser une cartographie fine des environnements et aménagements urbains (trottoirs, mobilier urbain, parkings, etc.). Ces relevés sont notamment très utilisés dans la cartographie contributive OpenStreetMap [OSM]. Le RTK peut également bénéficier à des projets de mise en commun et d'utilisation de photos de terrain comme Panoramax [PAN].

Infrastructures et génie civil

Les chantiers de construction et de génie civil peuvent recourir au RTK pour le terrassement, le nivellement et la préparation de sites. Le positionnement centimétrique facilite également la réalisation de réseaux (fourreaux, conduites) et la levée de profils routiers. Le RTK accélère la construction d'infrastructures (routes, barrages, ouvrages publics) tout en réduisant les erreurs de nivellement [BRI].

Marine et navigation fluviale

Le positionnement centimétrique équipe des navires et embarcations fluviales pour la cartographie des fonds, la navigation en eau peu profonde et l'automatisation. Par exemple, les véhicules de surveillance fluviale ou les bouées intelligentes permettent de mesurer la surface de l'eau en temps réel et de contrôler les levés hydrographiques avec une précision centimétrique [AS]. Des vedettes sans pilote, inspirées des navires

autonomes, tirent parti du RTK pour manœuvrer dans des chenaux étroits ou dans des conditions de forte houle. Les opérations de dragage dans les ports bénéficient aussi d'un positionnement plus précis.

Biologie, écologie et gestion des réserves

Les écologues utilisent le RTK pour localiser précisément les observations naturalistes (faune, flore) lors de relevés de terrain. Par exemple, le suivi de populations animales ou d'espèces protégées devient plus fiable. Des biologistes peuvent poser en mer ou en rivière des capteurs sur des bouées RTK pour surveiller la qualité de l'eau et son niveau en continu. Ainsi, le RTK améliore la gestion des habitats sensibles et le suivi climatique (études sur l'érosion des côtes, le reboisement, etc.).

Tondeuses autonomes

Il existe aujourd'hui des gammes de tondeuses automatiques pour les particuliers, fournies avec une base RTK à installer, qui leur sert de référence.

Géophysique

Le RTK sert à mesurer les mouvements de terrain [MONC].

Odométrie

Les récepteurs GNSS estiment la vitesse par différence de position du mobile au fil du temps. Ils sont donc contraints par la précision de la position, ce qui induit un retard en cas de compensation par moyennage statistique. Le RTK améliore l'incertitude de mesure par un facteur de 100 à 200.

Autres secteurs émergents

D'autres secteurs peuvent profiter de la précision du RTK : véhicules autonomes (conduite automatisée de camions ou trains), la robotique industrielle, l'arpentage minier ou pétrolier, la réalité augmentée, etc.

DONNÉES ÉCONOMIQUES ET MARCHÉ MONDIAL

Le marché mondial de l'équipement RTK (récepteurs et stations) est en forte croissance. Selon une étude sectorielle, sa taille était estimée à 3,39 milliards de dollars en 2024, avec une projection à 5,01 milliards de dollars US d'ici 2032 (croissance annuelle d'environ 5 %) [BRI]. Les principaux fabricants (Trimble, Topcon, Hemisphere, Septentrio, U-Blox...) se partagent ce marché très concurrentiel.

Géographiquement, l'Amérique du Nord et l'Europe dominent la demande (entreprises agricoles et de génie civil avancées) [FIC], même si l'Asie-Pacifique connaît une croissance rapide (urbanisation, infrastructures).

Par applications, l'agriculture de précision représente la portion la plus importante du marché mondial RTK [BRI], suivie de près par la construction/infrastructure et la topographie. Notamment, la demande mondiale en RTK pour l'agriculture explose, portée par l'optimisation des rendements et la réduction des coûts. Les télécommunications (alignement d'antennes) et le transport (drones, véhicules autonomes) constituent les autres segments significatifs.

L'Europe représente une part majeure de ce marché (plusieurs dizaines de %), tant par son industrie GNSS (fabricants de récepteurs et d'antennes) que par l'adoption précoce de ces technologies dans la filière agricole et environnementale.

PERSPECTIVES STRATÉGIQUES ET ENJEUX

La géolocalisation ayant des usages dans de très nombreux domaines, le RTK représente un intérêt transversal, avec, au fil de sa popularisation, un élargissement progressif à de nouvelles applications, comme précisé ci-dessus.

La disponibilité de la constellation européenne Galileo garantit la pérennité et la souveraineté de la technologie en Europe.

La miniaturisation et la réduction de la consommation électrique des récepteurs GNSS multibandes accéléreront leur déploiement sur petits drones, téléphones et capteurs portables, notamment grâce à leur intégration dans des SoC (*system on chip*) [STM].

Ces innovations ouvriront notamment le champ à l'automatisation de flottes agricoles et de véhicules utilitaires.

Le RTK contribue également à la transition écologique. En agriculture, le guidage centimétrique réduit nettement l'usage d'intrants (pesticides, engrais) et les émissions de CO₂ par hectare cultivé. En génie civil, le nivellement automatique réduit les reprises et la consommation de carburant sur chantier. En environnement, des bouées et drones cartographient la topographie côtière ou les zones humides en haute précision pour anticiper l'érosion et préserver la biodiversité. Dans tous les cas, le RTK permet de traiter des données d'intervention et de suivi écologique avec une exactitude inédite, améliorant la traçabilité et l'efficacité des actions durables.

Grâce à la synergie autour de Centipede-RTK, le positionnement centimétrique en temps réel est une technologie dont le déploiement en France métropolitaine et DROM est particulièrement développé, permettant de réduire le coût de la technologie, et donc d'en promouvoir de nouveaux usages. Centipede-RTK essaime maintenant dans le reste du monde, notamment en Hongrie avec une forte présence dans le milieu agricole, mais aussi en Europe du Nord, Canada et même en Nouvelle Zélande ou à Madagascar.

RÉFÉRENCES

[AS] <https://www.ardusimple.com/precision-agriculture/>

[BRI] <https://www.businessresearchinsights.com/fr/market-reports/real-time-kinematic-rtk-machine-market-104918>

[DC] Documentation Centipede-RTK : <https://docs.centipede.fr> et <https://www.centipede-rtk.org/>

[DE] « Qu'est-ce que la technologie RTK ? Signification et utilisation avec les drones », <https://www.dronexperts.com/article/technologie-rtk-drones/>

[FIC] <https://www.forinsightsconsultancy.com/reports/real-time-kinematic-rtk-system-market>

[MONC] BOSSER P., ANCELIN. J, MÉTOIS M, ROLLAND L., VIDAL M. (2025), "Monitoring of geophysical deformations on a regional scale using the low-cost GNSS collaborative network Centipede-RTK", <https://hal.science/hal-05056593/>

[NTRIP] Page Wikipédia Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, https://en.wikipedia.org/wiki/Networked_Transport_of_RTCM_via_Internet_Protocol

[OSM] Site et documentation OpenStreetMap, www.openstreetmap.org

[PAN] Site et documentation Panoramax, <https://panoramax.fr/>

[STM] <https://www.st.com/en/positioning/gnss-ics-modules.html>

[WP] https://fr.wikipedia.org/wiki/Cin%C3%A9matique_temps_r%C3%A9el

Les données souveraines au service des politiques de transition écologique

Par Hélène BÉGON

Laboratoire d'innovation Ecolab

du Commissariat général au Développement durable

Évoquer la souveraineté des données, lorsqu'il est question de transition écologique, paraît un oxymore.

Quoi de plus international que le changement climatique, la dérive des plastiques sur les mers, les conséquences des échanges sur la déforestation, l'augmentation de l'intensité des ouragans, l'élévation du niveau des océans, la recherche sur le captage du carbone, ou la diplomatie environnementale ?

En outre, en matière de transition écologique, il est nécessaire de raisonner à toutes les échelles, y compris à celle du temps. En conséquence, le besoin de données est énorme, et leur croisement massif.

Quelle souveraineté pourrait bien s'exercer sur un tel patrimoine d'observation, en croissance continue ?

Mais justement !

Eu égard à la dimension et à la gravité des changements écologiques en cours, la nécessité de disposer des données permettant de les observer, comprendre, anticiper, juguler, accompagner, n'en est que plus prégnante, et passe nécessairement par plusieurs formes de gouvernance et de régulation.

Évoquer la souveraineté des données, lorsqu'il est question de transition écologique, paraît un oxymore.

Quoi de plus international que le changement climatique, la dérive des plastiques sur les mers, les conséquences des échanges sur la déforestation, l'augmentation de l'intensité des ouragans, l'élévation du niveau des océans, la recherche sur le captage du carbone, ou la diplomatie environnementale ?

En outre, en matière de transition écologique, il est nécessaire de raisonner à toutes les échelles, y compris à celle du temps. En conséquence, le besoin de données est énorme, et leur croisement massif.

Quelle souveraineté pourrait bien s'exercer sur un tel patrimoine d'observation, en croissance continue grâce à la multiplication des capteurs de toutes sortes (y compris nos *smartphones* personnels, utiles *a minima* pour observer les mobilités), et issu pour partie de la sphère économique privée ?

Au demeurant, la donnée « de la transition écologique » ne peut pas être définie.

La transition écologique est à la fois un phénomène (d'origine anthropique pour les effets récents) et une somme de politiques, et elle s'observe dans tous les milieux, puisque tous

les milieux ont un lien avec l'environnement, la biosphère, les écosystèmes, et les régulations planétaires naturelles.

Parmi les données au service des politiques de transition écologique, on trouvera donc des listes d'espèces végétales protégées et des relevés de compteurs électriques, des emplois dans les éco-activités et des kilométrages de pistes cyclables, des statistiques de population et des analyses de fraudes aux certificats d'économie d'énergie, des évaluations tant de ressources minières que de débris spatiaux, des anticipations de migrations climatiques et des mesures de recul du trait de côte, des rapports RSE¹ et des données Lidar 3D du couvert forestier...

Une démonstration de l'aspect complexe et tentaculaire des thématiques du développement durable est fournie par le 3^e plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC), publié le 10 mars 2025, qui est, lors de la rédaction de cet article, le document national de planification le plus récent établi par la sphère de la transition écologique. On y voit que les politiques du changement climatique ont pour cibles, outre les secteurs bien connus (logement, transports, eau, nature...) : les assurances, le système pénitentiaire, les populations précaires, le droit du travail, la continuité de l'enseignement, les services de communications électroniques, le tourisme, le patrimoine culturel, la réserve citoyenne, etc.



Figure 1 : Les impacts déjà visibles du dérèglement climatique en France (Source : Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC)).

Mais justement !

¹ Responsabilité sociétale des entreprises.

Eu égard à la dimension et à la gravité des changements écologiques en cours, la nécessité de disposer des données permettant de les observer, comprendre, anticiper, juguler, accompagner, n'en est que plus prégnante, et passe nécessairement par plusieurs formes de gouvernance et de régulation.

Cette gouvernance et cette régulation peuvent, dans une certaine mesure, appartenir au champ de la « souveraineté » au sens de la capacité à décider et à agir des pouvoirs publics, au bénéfice de l'intérêt général ou, à tout le moins, de l'agenda politique.

Une telle « souveraineté » aura cependant pour particularité d'être en partie déléguée à la sphère internationale, et de se trouver fortement dépendante des relations interétatiques. En ce sens, la capacité à bénéficier d'une donnée « souveraine » n'impliquera pas pour les acteurs d'être systématiquement dotés d'une « souveraineté » sur ladite donnée, mais plutôt de réguler collectivement la production et le partage d'une donnée « souveraine » au sens où sa disponibilité et sa qualité découleront de processus régulés.

Enfin, le lien étroit des données environnementales avec la santé et les modes de vie, donc avec chaque humain pris individuellement², les a fait bénéficier d'un régime juridique privilégié, celui du droit d'accès à l'information relative à l'environnement. Un droit de regard sur ces données relevant de la transition écologique est ainsi rendu au peuple, souverain dans les régimes démocratiques, du fait des risques présumés que la dénatura-tion des régulations planétaires et des écosystèmes fait peser sur la vie elle-même.

La production, le partage et la réutilisation des données mises au service des politiques de transition écologique sont donc particulièrement encouragées, organisées et réglemen-tées, ce qui témoigne du potentiel de souveraineté (au sens de leur nécessité pour agir pour le bien commun) qu'on leur accorde.

On en donnera quelques illustrations dans cet article.

LA MOBILISATION SUR LES STATISTIQUES ET COMPTES DE L'ENVIRONNEMENT

Les premiers travaux sur les dépenses de protection de l'environnement en France, menés par le ministère de l'environnement, remontent à 1974-1975³.

Dans une publication de 2004, le Conseil national de l'information statistique français⁴ (CNIS) revient sur l'enchaînement des prises de conscience, élaboration de concepts, réglementations et sollicitations des pouvoirs publics qui ont présidé au développement de la production de statistiques de l'environnement : « Historiquement, c'est avec la prise de conscience des "limites de la croissance" que la demande de statistiques relatives aux pollutions et à la protection de la nature a pris toute son ampleur. En 1982, la statis-tique publique [française] dresse un constat de ses lacunes en la matière et met en place un programme de travail pour les combler ; c'est dans ce but que l'Institut français de

² Voir les considérants de la convention d'Aarhus, dont il est question plus bas : « Reconnaissant également que chacun a le droit de vivre dans un environnement propre à assurer sa santé et son bien-être et le devoir, tant individuellement qu'en association avec d'autres, de protéger et d'améliorer l'environnement dans l'intérêt des générations présentes et futures ».

³ La comptabilisation des dépenses environnementales, Service des données et études statistiques, 14 novembre 2024, <https://www.cnis.fr/wp-content/uploads/2024/09/dépenses-environnementales-ricaud-sdes.pdf>

⁴ Statistique environnementale : le tournant du développement durable, CNIS, janvier 2005, https://www.cnis.fr/wp-content/uploads/2017/10/CHR_2005_2_statistique_environnementale_developpement_durable.pdf

l'environnement (Ifen) est créé en 1991 »⁵. Puis est mise en place, en 1998, auprès du ministre chargé de l'Environnement, la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement⁶.

Le CNIS évoque ainsi à la fois des événements nationaux (par exemple : le 2 février 1995, la loi dite « Barnier » qui intègre dans la législation nationale les quatre principes – à mesurer – de prévention à la source, de pollueur payeur, de participation et de précaution) et des impulsions internationales (par exemple : 1996 première « évaluation par les pairs » des « performances environnementales de la France » sous l'égide de l'Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE]).

L'élaboration en 1993 du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE) par l'Onu, plusieurs fois révisé, la fixation d'une méthodologie européenne en 1996 sous l'égide d'Eurostat, attestent de la nécessité d'une harmonisation internationale des comptes de l'environnement destinés à décrire et mesurer les relations entre l'économie et l'environnement⁷.

Née au moment où les outils numériques de calcul et d'échange à grande échelle devenaient disponibles, l'observation de l'environnement a ainsi bénéficié d'emblée des progrès de la production et de l'échange de données. Rapidement, les évaluations et comparaisons internationales ont été possibles, indispensables tant à l'observation des phénomènes qu'à la fixation et au contrôle des objectifs des États (par exemple, les engagements sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre). Les organisations internationales qui s'intéressent particulièrement à l'environnement – Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), commissions économiques régionales des Nations unies, OCDE, Eurostat, Agence internationale de l'énergie (AIE), Agence européenne de l'environnement (AEE), Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), notamment – se soucient d'aider les pays les plus démunis d'infrastructures *ad hoc* à établir leurs propres statistiques.

LE DROIT D'ACCÈS À L'INFORMATION RELATIVE À L'ENVIRONNEMENT

Fruit d'une évolution législative remontant, pour la France, aux années 1970 (loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature, loi du 19 juillet 1976 sur les installations classées pour la protection de l'environnement), mis en exergue lors du Sommet de Rio en 1992 (principe 10 : « La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques (...) »), le droit à l'information relative à l'environnement a été proclamé au niveau international par la Convention d'Aarhus sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement du 25 juin 1998.

Ce droit s'exerce actuellement en France dans le cadre juridique de la directive 2003/4/CE du 28 janvier 2003 concernant l'accès du public à l'information en matière d'environnement, intégrée aux articles L.124-2 et suivants du Code de l'environnement, et de

⁵ L'IFEN est intégré depuis 2008 au Commissariat général au développement durable (ministère de l'Écologie et ministère de la Transition écologique).

⁶ Remplacée en 2019 par la formation environnement de la Commission de l'économie du développement durable.

⁷ Tableau entrées-sorties mondial (TES), Michel Braibant, 2019, <https://www.tableau-entrees-sorties-mondial.fr/compte-environnement/>

l'article 7 de la Charte de l'environnement de 2004 : « Toute personne a le droit, dans les conditions et les limites définies par la loi, d'accéder aux informations relatives à l'environnement détenues par les autorités publiques et de participer à l'élaboration des décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement. ».

Les restrictions d'accès à l'information relative à l'environnement sont ainsi allégées par rapport aux conditions qui président à l'ouverture, au partage et à la réutilisation des données publiques en général. Dans la sphère économique également, plusieurs législations intiment aux producteurs l'obligation de fournir des informations environnementales sur leurs produits : performance énergétique d'appareils électriques, indice de réparabilité d'appareils numériques, émissions de polluants volatils de produits de construction, diagnostics divers des logements...

Depuis 1994, la France publie tous les 4 ans un rapport élaboré par le Commissariat général au développement durable dressant un panorama complet de l'état de l'environnement, dont le portail notre-environnement.gouv.fr est le diffuseur.

Pour aller plus loin, le Conseil national du numérique⁸ préconisait en 2020 de « faire des données environnementales des données d'intérêt général »⁹ : « Le conseil plaide en faveur de la généralisation de la qualification explicite de données d'intérêt général pour les données environnementales produites dans un cadre privé, par les associations, les entreprises et les citoyens. Il trouverait d'ailleurs plus pertinent de créer une catégorie unique de données d'intérêt général indépendamment du régime de production ou de propriété, d'autant plus que la coproduction de données devient une modalité caractéristique de nombreux projets touchant à l'environnement ».

UNE GOUVERNANCE RENFORCÉE DES DONNÉES AU BÉNÉFICE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Depuis le rapport de la mission Data et Territoires, remis en septembre 2023 par Magalie Altounian, Christine Hennion et Bertrand Monthubert, qui en suscitait fortement la création, des comités territoriaux de la donnée sont en train de naître dans un nombre croissant de régions : Grand Est, Hauts-de-France, Île-de-France, Nouvelle-Aquitaine, Occitanie, Pays de la Loire ont inauguré le mouvement. Ces comités, encore en gestation quant à leur organisation et leur périmètre, ont pour objectif premier de porter les enjeux de la donnée à un niveau politique, alors qu'ils sont encore largement le fait des techniciens et techniciennes de l'information géographique et des plateformes de données.

Il ne s'agit pas là que de la donnée liée à la transition écologique, mais potentiellement de toute donnée d'intérêt territorial. Cependant les comités régionaux de la donnée se greffent sur les structures que sont les plateformes régionales de données, le plus souvent coportées par la région¹⁰ et par l'État, dont l'origine remonte à l'application de la directive 2007/2/CE du 14 mars 2007 établissant une infrastructure d'information géographique

⁸ Devenu en juin 2025 Conseil national de l'intelligence artificielle et du numérique.

⁹ Faire des données environnementales des données d'intérêt général, Avis, Conseil national du numérique, juillet 2020.

¹⁰ La loi du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République (dite loi Notre) donne pour compétence à la région « La coordination, au moyen d'une plateforme de services numériques qu'elle anime, de l'acquisition et de la mise à jour des données géographiques de référence nécessaires à la description détaillée de son territoire ainsi qu'à l'observation et à l'évaluation de ses politiques territoriales, données dont elle favorise l'accès et la réutilisation ».

4 DÉFIS

POUR RÉPONDRE À LA CRISE ENVIRONNEMENTALE

L'édition 2024 du « Rapport sur l'état de l'environnement en France » s'articule autour de quatre parties. Chacune aborde un défi environnemental : l'épuisement des ressources naturelles, la pollution des milieux naturels, le changement climatique, et le déclin de la biodiversité. Ces quatre problématiques sont bien sûr très imbriquées. À titre d'exemple, l'extraction de ressources naturelles constitue une source de pollution des milieux naturels, qui elle-même contribue au changement climatique, ce dernier étant l'un des facteurs aggravant du déclin de la biodiversité.

Pour élargir le propos, chaque partie se termine par une section « Mobiliser la société » qui interroge nos modes de vie (se déplacer, jeter, se nourrir, se loger) et montre comment certains acteurs de la société sont appelés à s'organiser pour mettre en œuvre des solutions. Plusieurs focus, éclairages, paroles d'experts et encadrés viennent enrichir les contenus.

RESSOURCES NATURELLES

Entre dépendance aux importations et raréfaction



LE POINT SUR LES RESSOURCES ET LEURS ENJEUX SPÉCIFIQUES

- 31 FOCUS | L'eau, une ressource sous tension
- 36 RENCONTRE | Gilles Billen, directeur de recherche émérite, CNRS, biogéochimie territoriale, « Les engrais azotés de synthèse : quelles perspectives pour l'agriculture ? »
- 39 DOSSIER | Métaux : la mobilité, un enjeu fort pour la préservation des ressources naturelles
- 39 DOSSIER | Métaux : la biomasse, d'origine renouvelable, mais non sans impact sur l'environnement

POLLUTION DES MILIEUX NATURELS

Une menace pour l'environnement et la santé

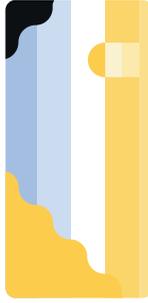


UN INVENTAIRE DES POLLUANTS ET LEURS MOYENS MOBILISÉS

- 56 FOCUS | Produits phytosanitaires : un bilan mitigé
- 61 RENCONTRE | Robert Inchausti (professeur à l'Université de Bourgogne), Directeur de l'Institut thématique santé publique de l'Inserm « L'exposition, l'empreinte des expositions d'une vie sur la santé »
- 66 DOSSIER | Fédérer les acteurs territoriaux pour réduire les pollutions : le cas du Plan Eau en Gersheim
- 47 Les polluants suivis de longue date concernés par des objectifs de réduction : métaux, pesticides, produits pharmaceutiques, etc.
- 59 Des contaminants encore très présents : plastiques, résidus médicamenteux, PFAS, etc.
- 64 Les initiatives et les financements de la France pour réduire la pollution

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Des effets de plus en plus perceptibles



DÉCRYPTAGE DES PRINCIPAUX ENJEUX ET IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

- 73 Quels impacts concrets ?
- 79 Les conséquences et l'évolution des émissions françaises de gaz à effet de serre dans l'atmosphère
- 82 FOCUS | L'empreinte carbone des Français
- 90 RENCONTRE | Coniel au BRGM, co-auteur du volet II du 6^e rapport du Giec, membre du Haut Conseil pour le Climat « Le défi de l'adaptation »
- 86 Les leviers pour lutter contre le changement climatique : les politiques publiques, les financements, la mobilisation des acteurs, etc.
- 92 DOSSIER | Manger moins de protéines animales : une transition alimentaire bénéfique pour le climat

MOBILISER LA SOCIÉTÉ

DÉCLIN DE LA BIODIVERSITÉ

Une nature sous pression



UN ÉTAT DES LIEUX ET DES PERSPECTIVES POUR LA BIODIVERSITÉ EN FRANCE

- 99 Des signaux inquiétants
- 107 Les impacts du déclin de la biodiversité sur les différents écosystèmes : milieux urbains, forestiers, agricoles, marins et humides, etc.
- 112 Les engagements des pouvoirs publics pour répondre aux attentes des citoyens croissantes
- 114 RENCONTRE | Bruno Mossant, respectivement directeur de la Fédération des Conservatoires d'espaces naturels et du Conservatoire des espaces naturels d'Alsace « Protéger des espaces naturels tout en associant la population »

MOBILISER LA SOCIÉTÉ

- 118 DOSSIER | Repenser la façon de travailler pour limiter l'impact sur la biodiversité

Figure 2 : Rapport sur l'état de l'environnement 2024 (Source : notre-environnement.gouv.fr).

dans la Communauté européenne (dite directive INSPIRE¹¹). Or, la directive INSPIRE vise à favoriser l'échange des données au sein de l'UE dans le domaine géographique (description du territoire) mais aussi environnemental, et explique en partie l'abondance de la donnée utile aux politiques de transition écologique qui se trouve mise à la disposition des acteurs en France et dans l'UE.

Autre impulsion suscitant le besoin d'une meilleure gouvernance de la donnée, la territorialisation de la planification écologique, qui donne lieu depuis 2023 à la déclinaison par le Secrétariat général à la planification écologique (SGPE) de nombreux indicateurs nationaux¹² en vue de l'adoption, dans chaque territoire, d'une feuille de route 2030 pour accélérer la transition écologique et y prioriser les enjeux d'adaptation au changement climatique.



Figure 3 : Les six familles d'action de la planification de la transition écologique assorties de nombreux indicateurs généraux et thématiques (Source : Secrétariat général à la planification écologique – septembre 2023).

Ce mouvement de convergence vers à la fois des instances et des indicateurs partagés peut s'appuyer sur un outil élaboré par l'Ecolab du ministère de la Transition écologique, le catalogue des données pour la transition écologique (ecologie.data.gouv.fr), qui, depuis novembre 2024, recense en un seul point, sur la plateforme, plus de 30 000 jeux de données et propose un suivi centralisé, automatisé (y compris les mises à jour) et uniformisé des indicateurs clés du SGPE pour les politiques publiques de transition écologique, à différentes mailles territoriales (jeux de données « Indicateurs régionaux de planification écologique »).

¹¹ Acronyme issu de l'anglais INfrastructure for SPatial InfoRmation in the European community. Elle est en cours de révision.

¹² Travaux du Secrétariat général à la planification écologique et organisation des COP régionales, <https://www.info.gouv.fr/grand-dossier/france-nation-verte>

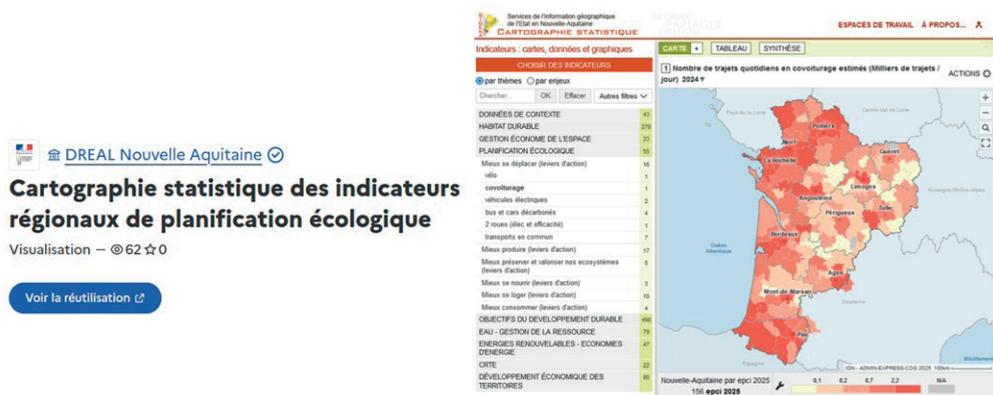


Figure 4 : Cas de réutilisation des jeux de données « Indicateurs régionaux de planification écologique » (Source : ecologie.data.gouv.fr).

Data Terra, infrastructure de recherche qui fédère 34 établissements et universités¹³, est une initiative de convergence du même ordre, car elle vise la mise à disposition intégrée des données. Data Terra est le centre de référence pour les thématiques Système Terre et Environnement du dispositif RechercheDataGouv porté par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Il s'appuie sur des ressources organisées en « écosystèmes de données » de AERIS (atmosphère), FORMATER (terre solide), ODATIS (océan), PNDB (biodiversité) et THEIA (surfaces continentales), ainsi que du dispositif DINAMIS (très haute imagerie spatiale).

ASSURER LA RÉSILIENCE DE L'ACCÈS AUX DONNÉES SCIENTIFIQUES

En effet, les sciences de la transition écologique nourrissent, et largement, son patrimoine de données brutes (observations, mesures) et enrichies (analyses, études, modèles). Le monde de la recherche s'appuie sur l'échange de ces données au niveau international. Les agrégations de données planétaires sont indispensables aux sciences de la transition écologique, à commencer par les sciences météorologiques et climatiques. Ces principes sont défendus par la science ouverte (*open science* ou *open research*), mouvement organisé, s'appuyant sur des outils réglementaires et techniques, qui cherche à rendre la recherche scientifique et les données qu'elle produit accessibles à tous.

Mais nous observons que cette situation privilégiée est menacée. Dernier tangage en date, et non des moindres bien sûr : « Depuis le 20 janvier 2025, l'administration aux commandes de la première puissance mondiale mène une campagne méthodique contre les données, particulièrement celles à caractère scientifique. Plus de 3 400 jeux de données, dont 2 000 à vocation scientifique, ont été supprimés des sites gouvernementaux américains. Cette offensive cible prioritairement les informations relatives au changement climatique, à la santé publique et à l'équité sociale. »¹⁴.

¹³ CNRS, CNES, IFREMER, IGN, IRD, INRAE, Météo-France, BRGM, CEREMA...

¹⁴ La destruction des données scientifiques aux États-Unis : un non-sens intellectuel, éthique mais aussi économique, Caroline Gans Combe, 2 avril 2025, *The Conversation*, <https://theconversation.com/la-destruction-des-donnees-scientifiques-aux-etats-unis-un-non-sens-intellectuel-ethique-mais-aussi-economique-253147>

Lorsque la « souveraineté » politique entre en conflit avec la légitimité scientifique, un autre champ de réflexion sur la donnée souveraine s'ouvre : celui de la résilience (voire de l'autodéfense, au nom d'intérêts collectifs de moyen et long termes).

Des initiatives de chercheurs, impliquant la société civile, s'y attellent (par exemple : Harvard Law School Library Innovation Lab¹⁵, Environmental Data & Governance Initiative¹⁶ ou Data Rescue Project¹⁷ aux États-Unis, Sustainability Academic Network / SUSANhub au Canada, etc.), en copiant et mettant à disposition des chercheurs les données récupérées à temps sur les sites gouvernementaux américains.

En France, le potentiel scientifique et technique est l'un des « intérêts fondamentaux de la Nation », tels que définis à l'article 410-1 du Code pénal (on notera que « l'équilibre de son milieu naturel et de son environnement » fait également partie de ces intérêts fondamentaux). Il est l'objet de dispositifs de protection pilotés par le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) et déployés par les ministères chargés de l'Agriculture, de la Défense, de l'Économie, de l'Écologie, de la Recherche et de la Santé. Les sciences agronomiques et écologiques et les sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Espace sont explicitement incluses dans ce périmètre de protection.

Ainsi, la donnée au service des politiques de la transition écologique a partie liée avec la souveraineté :

- parce qu'elle permet l'action des pouvoirs publics et renforce leur efficacité. Produire des données décrivant les évolutions de notre environnement nous permet de construire une stratégie crédible de transition écologique. Mais ces pouvoirs publics doivent être envisagés à la fois dans leur périmètre national et international ;
- parce que des conditions sont accordées pour qu'elle soit le plus possible d'une qualité garantie par des institutions (donnée de référence), disponible et échangée librement, découvrable (guichets publics centralisés) et accessible dans le cadre de traités internationaux (avec une protection par la justice). C'est un bien commun au service de l'intérêt général.

Bien entendu, cela suppose des conditions : éduquer les citoyens aux enjeux de l'environnement (*cf.* Convention citoyenne pour le climat), anticiper au bon niveau les moyens économiques et veiller à la résilience des opérateurs qui produisent ou gèrent la donnée environnementale mais aussi de la filière qui la transforme en services (on pense notamment à la filière géonumérique française¹⁸) pour s'assurer à la fois de l'effectivité de la production et de la maîtrise de l'accès à la donnée, penser le réseau d'infrastructures *ad hoc* pour le stockage, l'échange et, de façon plus prégnante aujourd'hui, la protection de cette donnée...

À ce titre, un enjeu est en train d'être redécouvert par les pouvoirs publics, à la faveur des récents bouleversements géostratégiques (conflits armés, influence des plateformes numériques, cybercriminalité...) et du décroisement croissant entre monde civil et monde militaire (conflits asymétriques, guerre économique, actes terroristes ...) : la vulnérabilité que peut entraîner une ouverture non maîtrisée des données.

¹⁵ <https://lil.law.harvard.edu/blog/2025/01/30/preserving-public-u-s-federal-data/>

¹⁶ <https://envirodatagov.org/>

¹⁷ <https://www.datarescueproject.org/>

¹⁸ Publication de la 1^{re} Étude économique de l'écosystème géonumérique en France, site AFIGEO relevé le 22 juin 2025, <https://www.afigeo.asso.fr/publication-de-la-1ere-etude-economique-de-l-ecosysteme-geonumerique-en-france/>

La plateformeisation de la gouvernance urbaine : *open data* et recompositions des rapports public/privé dans le gouvernement des mobilités

Par Antoine COURMONT

Maître de conférences en urbanisme et aménagement de l'espace

à l'École d'Urbanisme de Paris (Université Gustave Eiffel)

et chercheur au sein du Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés (LATTS)

Depuis une quinzaine d'années, le secteur des transports est marqué par une recomposition des rapports entre acteurs publics et entreprises privées, portée par les politiques d'ouverture des données. L'*open data* a permis la mise en place d'infrastructures informationnelles structurant un marché de la donnée et redéfinissant les modalités de l'action publique.

À partir du cas des Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024, cet article analyse l'émergence d'un nouveau mode de gouvernance, qualifié de plateformeisation, fondé sur l'interdépendance entre producteurs publics de données et réutilisateurs privés. Il montre comment ces dynamiques s'inscrivent dans une reconfiguration du pouvoir infrastructurel des institutions publiques, tout en soulevant des enjeux critiques en matière de souveraineté numérique.

Depuis une quinzaine d'années, les applications de calcul d'itinéraires comme Google Maps, Waze ou Citymapper se sont imposées dans les pratiques de mobilité quotidienne. En 2024, Google Maps compte près de 50 millions d'utilisateurs en France, tandis que Waze en revendique 17 millions. Ces outils, désormais intégrés aux routines de déplacement, transforment en profondeur la manière dont les usagers planifient, adaptent et optimisent leurs trajets. Ce phénomène illustre plus largement l'irruption du capitalisme numérique dans le secteur des transports, marqué par la montée en puissance des plateformes privées dans les politiques de mobilité.

La place croissante occupée par les entreprises privées dans le secteur de l'information voyageurs soulève des interrogations majeures en matière de souveraineté sur les données géolocalisées. Ce phénomène s'inscrit dans une dynamique plus large, caractéristique des processus de néolibéralisation (Peck et Tickell, 2002), marqué par un retrait – partiel – des acteurs publics (*rolling-back*) et un déploiement des entreprises privées (*roll-out*), déjà observable lors de l'essor du géoweb (Leszczynski, 2012). Longtemps monopole des gestionnaires de réseau, l'information voyageurs fait désormais l'objet d'une offre alternative proposée par des entreprises privées. Plus spécifiquement, les politiques d'*open data* ont permis la mise en place, par les acteurs publics, des conditions nécessaires à l'émergence d'un marché des services privés d'information voyageurs.

Toutefois, plutôt que de témoigner d'une « privatisation numérique (Jeannot et Cottin-Marx, 2022) » ou d'une perte de pouvoir de l'État, nous faisons l'hypothèse que cette

évolution traduit une recomposition des capacités d'action des acteurs publics. Ces derniers s'appuient sur des opérateurs privés pour mettre en œuvre leurs politiques par la mise en circulation de données ouvertes. Ce processus révèle l'émergence de nouveaux modes de relations public/privé, basés sur des infrastructures informationnelles robustes et interconnectées.

Pour étayer cette analyse, nous retracerons d'abord les grandes étapes de la politique d'*open data* dans le secteur des transports depuis 2010, en l'interprétant comme un processus de structuration d'un marché des données publiques. Nous nous appuierons en suite sur le cas des Jeux Olympiques et Paralympiques (JOP) de Paris 2024, pour illustrer la « plateformisation » des politiques de mobilité, entendue comme le recours croissant des autorités publiques locales aux plateformes privées pour mettre en œuvre leurs politiques de déplacement et orienter les usagers par l'information. Enfin, nous proposerons quelques éléments de montée en généralité sur ce nouveau mode de gouvernance fondé sur la circulation des données.

L'OPEN DATA OU LA STRUCTURATION D'UN MARCHÉ DES DONNÉES DE MOBILITÉ

Jusqu'au milieu des années 2010, une grande partie des opérateurs de transport, ainsi que certaines autorités organisatrices, se sont montrés réticents à l'ouverture de leurs données. Cette méfiance tenait en grande partie à la crainte d'un phénomène de désintermédiation : en rendant publiques les données d'horaires, d'itinéraires ou de perturbations, ces acteurs redoutaient de perdre le lien direct avec les usagers, au profit de plateformes numériques susceptibles de capter l'interface avec le public et, ce faisant, de concentrer une part croissante du pouvoir d'influence sur les mobilités quotidiennes. En outre, ces acteurs ne souhaitaient pas assumer seuls les coûts élevés liés à la production et à la mise à disposition des données, alors même que les plateformes privées étaient susceptibles de valoriser économiquement ces informations librement accessibles, sans contrepartie directe pour les producteurs publics. Derrière cette résistance transparaisait un enjeu fondamental de souveraineté informationnelle, nourri par la peur d'un affaiblissement de leur rôle stratégique dans la gouvernance des réseaux.

Cette posture a néanmoins progressivement été remise en question sous l'effet combiné de plusieurs évolutions législatives, tant au niveau européen que national. Depuis les années 2010, une série de textes, parmi lesquels la Directive ITS (2010), le règlement délégué (UE) 2017/1926, la loi pour une République numérique (2016), et plus récemment la loi d'orientation des mobilités (2019), ont contribué à instaurer un cadre contraignant en matière d'ouverture des données de transport. Ces mesures ont non seulement renforcé les obligations pesant sur les producteurs de données, mais ont aussi participé à structurer un véritable marché autour de leur réutilisation.

Dans ce contexte réglementaire renouvelé, la politique d'ouverture des données dans le secteur des transports s'est progressivement matérialisée par la mise en place d'infrastructures informationnelles visant à organiser la circulation et la mutualisation des données. Ces infrastructures ne se réduisent pas à des solutions techniques : elles jouent un rôle structurant dans l'émergence d'un marché de l'*open data* en orientant les usages et en encadrant les relations entre producteurs et réutilisateurs.

Si l'ouverture des données de mobilité a d'abord été initiée par certains opérateurs, à l'image de Keolis à Rennes dès 2010, ce sont rapidement les autorités organisatrices de la mobilité (AOM), à l'échelle métropolitaine ou régionale, qui ont pris en charge la diffusion des données. Toutefois, cette dynamique s'est heurtée à plusieurs limites : fragmentation de l'offre de données entre de multiples portails, formats hétérogènes, qualité variable, et diversité des licences d'usage. Cette dispersion constituait un frein majeur à leur réuti-

lisation, notamment par les grandes plateformes privées comme Google ou Apple, qui cherchent à industrialiser et automatiser l'intégration des données à large échelle.

Afin de dépasser cette fragmentation, le règlement délégué (UE) 2017/1926 a imposé la mise en place de Points d'accès nationaux (PAN) dans chaque État membre. En France, cette obligation a conduit à la création de transport.data.gouv.fr¹, une plateforme centralisée qui rassemble les données de mobilité sur l'ensemble du territoire. Cette infrastructure vise à jouer un rôle d'intermédiation entre les producteurs (AOM, opérateurs de transport) et les réutilisateurs, facilitant ainsi la circulation, la lisibilité et l'exploitation des données.

Ce processus de centralisation s'est accompagné d'une standardisation technique et juridique. Sur le plan technique, bien que la législation européenne impose les normes NeTEx et SIRI, la majorité des données reste publiée au format GTFS et GTFS-RT, plus largement utilisé par les intégrateurs internationaux. Sur le plan juridique, les données sont majoritairement diffusées sous des licences ouvertes. Ce double processus de centralisation et de standardisation des données par le PAN favorise leurs réutilisations par des grandes plateformes, en particulier pour les petites et moyennes collectivités, comme le pointe le responsable France de Google Maps : « [le PAN] nous permet d'avoir un seul interlocuteur privilégié versus des centaines de réseaux partenaires. Sans le PAN, les réseaux de petite et moyenne taille auraient beaucoup plus de difficultés à être affichés dans Maps. Pour nous, ça permet d'avoir une uniformisation et une simplification de l'accès, une amélioration de la qualité des jeux de données sources, une meilleure visibilité sur tous les jeux de données². ». Cette médiation rendue possible par le PAN a permis d'augmenter significativement la couverture des services comme Google Maps : en 2024, plus de 150 jeux de données issues du PAN alimentaient l'application.

La structuration de ce marché de l'information voyageurs s'accompagne enfin de la mise en place d'une agence de régulation. La loi d'orientation des mobilités (LOM) de 2019 a confié à l'Autorité de régulation des transports (ART) un rôle central dans l'encadrement de ce marché. Autorité administrative indépendante créée initialement pour superviser l'ouverture à la concurrence du secteur ferroviaire, l'ART voit aujourd'hui ses compétences étendues à la régulation du marché des données de mobilité. Elle dispose à ce titre de pouvoirs de contrôle et de sanction (jusqu'à 4 % du chiffre d'affaires en cas de manquement) pour garantir le respect des obligations légales en matière d'ouverture, de qualité et de réutilisation des données. L'ART veille ainsi à ce que les données soient effectivement mises à disposition dans les conditions prévues par la réglementation. Elle contrôle également les usages de ces données en aval, s'assurant que les services d'information voyageurs qui en résultent reposent sur des algorithmes transparents, neutres et non discriminants.

Ainsi, loin d'incarner un simple retrait de l'État ou une forme de dérégulation, la politique d'*open data* dans les transports manifeste au contraire une recomposition des modalités d'intervention publique. Les pouvoirs publics jouent un rôle actif dans la structuration de ce marché, en imposant des obligations aux producteurs, en fournissant une ingénierie aux collectivités les moins dotées, en homogénéisant les standards techniques et juridiques, et en confiant la régulation à une autorité indépendante. Ce cadre favorise l'émergence de nouveaux modes de coordination entre acteurs publics et privés, où les entreprises privées deviennent des relais de politiques publiques en matière de mobilité. En d'autres termes,

¹ Le PAN français a été initié en 2017 comme une « *start-up* d'État » au sein du programme beta.gouv.fr de la Dinum, puis a été pérennisé en étant transféré vers la DGITM en 2021.

² Source : Intervention lors du webinar « Ouvrir ses données c'est bien, mais qui va les utiliser ? » (6 mai 2025).

la structuration d'un marché de la donnée ne signifie pas un désengagement de l'acteur public, mais bien une transformation de ses modalités d'action.

LES PLATEFORMES ENRÔLÉES DANS LA POLITIQUE DE MOBILITÉ : L'EXEMPLE DES JEUX OLYMPIQUES ET PARALYMPIQUES 2024

L'ouverture des données et la mise en place de ces infrastructures informationnelles ont profondément reconfiguré le paysage de l'information voyageurs, en intégrant de nouveaux acteurs dans la mise en œuvre de politiques de mobilité. Alors que cette fonction relevait historiquement des opérateurs de transport et des autorités organisatrices, une pluralité d'acteurs privés, principalement des entreprises numériques proposant des calculateurs d'itinéraires, occupe désormais une place centrale dans la diffusion de l'information. Plutôt que d'entrer en concurrence frontale avec ces plateformes, les acteurs publics tendent à les intégrer dans leurs stratégies, en s'appuyant sur leur capacité à toucher massivement les usagers. Enrôlées *via* la mise à disposition des données ouvertes, ces entreprises deviennent ainsi des relais opérationnels des politiques publiques, jouant un rôle d'intermédiaires dans l'orientation des mobilités au quotidien.

L'exemple des Jeux Olympiques et Paralympiques de 2024 illustre l'intensification des coopérations entre acteurs publics et plateformes privées dans le domaine de la mobilité. Présentés comme les premiers Jeux intégralement accessibles en transport en commun, l'événement a donné lieu à l'élaboration de plans de transport spécifiques, destinés à absorber les flux massifs de voyageurs attendus. L'objectif affiché par Île-de-France Mobilités (IDFM) n'était pas uniquement d'acheminer les usagers rapidement, mais de répartir intelligemment les flux pour éviter la saturation du réseau. Comme l'explique Laurent Probst, directeur général d'IDFM : « *L'idée, c'est de proposer aux spectateurs non pas forcément le chemin le plus court mais le plus confortable afin de gérer au mieux les flux globaux*³ ». Cette logique de gestion collective des mobilités, fondée sur l'optimisation des capacités du réseau plutôt que sur la performance individuelle du trajet, entre en tension avec les principes habituels des calculateurs d'itinéraires, dont les algorithmes privilégient généralement la rapidité comme critère principal.

La mise en œuvre de ce plan de gestion des déplacements a nécessité une collaboration étroite entre l'autorité organisatrice et les principales entreprises proposant des services de mobilité. L'enjeu était d'assurer une cohérence de l'information délivrée à l'utilisateur, quelle que soit l'application utilisée (Paris 2024, Bonjour RATP, Citymapper, Apple Plans, Google Maps, etc.). Comme l'indique un chargé de mission à IDFM, « *On a très vite compris que si on ne travaillait pas avec ces plateformes et que les résultats n'étaient pas les mêmes sur tous les calculateurs d'itinéraire, on n'allait pas arriver à ces objectifs de répartition [des flux]. (...) Et si Google Maps donnait un trajet beaucoup plus court, on aurait tout perdu.* ». Ce travail partenarial, débuté deux ans avant le début des Jeux, s'est concrétisé par la mise à disposition d'un calculateur d'itinéraires spécifique ainsi que par la publication en *open data* d'un ensemble de données dédiées à l'événement. Durant les Jeux, un dialogue constant a été maintenu entre IDFM et ces entreprises privées pour garantir l'intégration des plans de transport de substitution, notamment en cas d'incident. Toutes les plateformes concernées ont accepté d'adapter leurs algorithmes :

³ Source : *Ouest France*, « Les transports seront prêts et leur capacité bien supérieure à la demande », 17 janvier 2024.

certains itinéraires ont été volontairement « dépriorisés » afin de fluidifier l'ensemble du système de transport. Pour les acteurs institutionnels impliqués, cette orchestration algorithmique, rendue possible par la circulation maîtrisée des données, a largement contribué à la réussite de la gestion des mobilités pendant les JOP.

LA PLATEFORMISATION : VERS UN NOUVEAU MODE DE GOUVERNANCE ?

L'exemple des JOP 2024 met en évidence les transformations profondes des modalités de coopération entre acteurs publics et privés dans le champ de la mobilité à l'œuvre au travers des politiques d'*open data*. Plutôt que de s'inscrire dans un cadre contractuel classique, les relations public/privé reposent sur des échanges peu formalisés, articulés autour d'infrastructures informationnelles. Cela traduit l'émergence d'un nouveau mode de gouvernance, que l'on peut qualifier de plateformisation de l'action publique, fondé sur la circulation des données, l'interconnexion des systèmes techniques et l'interdépendance croissante entre acteurs publics et plateformes privées.

En imposant la mise à disposition d'un certain nombre de données et en participant à la structuration de ce marché, les politiques d'*open data* ont favorisé l'institutionnalisation progressive de ces nouvelles modalités de collaboration. Ces dernières contribuent à brouiller les frontières traditionnelles entre données publiques et données privées, entre autorités publiques et opérateurs économiques. Elles conduisent également à des relations d'interdépendance entre ces acteurs. Les données des autorités publiques sont indispensables aux acteurs privés pour développer leurs produits. En retour, les administrations s'appuient sur les ressources des entreprises technologiques, notamment leur capacité de diffusion, leur puissance de calcul ou encore leur couverture à grande échelle, pour mettre en œuvre leurs politiques publiques.

Ce cas illustre l'évolution du rôle de l'État dans un contexte de capitalisme numérique et la recomposition de sa souveraineté. Les autorités publiques, en organisant la mise à disposition des données, en définissant des standards et en animant les écosystèmes de réutilisateurs, reconfigurent leur pouvoir infrastructurel (Mann, 1984), c'est-à-dire leur capacité à pénétrer la société et à mettre en œuvre leurs décisions à grande échelle. Les entreprises privées deviennent alors des intermédiaires fonctionnels de ce pouvoir, mobilisées non pas dans le cadre classique des délégations contractuelles de service public, mais par la circulation contrôlée des ressources informationnelles.

Plutôt que de voir dans la montée en puissance des grandes plateformes une perte d'autonomie pour les acteurs publics, la plateformisation peut être interprétée comme une nouvelle forme de partenariat, qui transforme les capacités d'action des gouvernements. Cette évolution repose non pas sur un effacement de l'acteur public, mais sur sa capacité à orchestrer des infrastructures informationnelles, à standardiser les conditions d'accès au marché des données et à construire les conditions de la coopération.

Cependant, ce nouveau mode de gouvernance n'est pas exempt de tensions et de limites. En l'absence de cadre contractuel contraignant, les marges de manœuvre de l'acteur public sont réduites face à des entreprises dont les logiques économiques et globales ne coïncident pas toujours avec les objectifs d'intérêt général, comme en témoignent les conflits récurrents avec la plateforme Waze à cause de reports de trafic routier dans des voies secondaires et des quartiers résidentiels (Courmont, 2018). Par ailleurs, le recours à ces plateformes peut engendrer une dépendance structurelle (technique, économique et cognitive), et soulever des enjeux en matière de transparence des algorithmes, de protection des données ou de souveraineté numérique.

BIBLIOGRAPHIE

COURMONT A. (2018), « Plateforme, *big data* et recomposition du gouvernement urbain. Les effets de Waze sur les politiques de régulation du trafic », *Revue française de sociologie*, 59, 3, pp. 423-449.

JEANNOT G. & COTTIN-MARX S. (2022), *La privatisation numérique. Déstabilisation et réinvention du service public*, Paris, Raisons d’agir, 171 pages.

LESZCZYNSKI A. (2012), “Situating the geoweb in political economy”, *Progress in Human Geography*, 36, 1, pp. 72-89.

MANN M. (1984), “The autonomous power of the state : its origins, mechanisms and results”, *European Journal of Sociology*, 25, 2, pp. 185-213.

PECK J. & TICKELL A. (2002), “Neoliberalizing Space”, *Antipode*, 34, 3, pp. 380-404.

La souveraineté par le traitement local des données

Par Jean-Marie BONNIN

Professeur à l'IMT Atlantique et responsable de l'équipe de recherche E4SE à l'IRISA

Et Frédéric WEIS

Professeur à l'Université de Rennes

Face aux limites des architectures centralisées – dépendance, atteintes à la vie privée, consommation énergétique – le traitement localisé des données, en alternative ou en complément du *cloud*, s'impose comme une voie stratégique. En exploitant la proximité, la contextualisation et la sobriété, il permet de renforcer la souveraineté numérique tout en assurant réactivité, frugalité et résilience.

Cet article explore les bénéfices de cette approche à travers deux cas d'usage concrets et discute les conditions techniques et organisationnelles nécessaires à son déploiement.

INTRODUCTION

À l'heure où la souveraineté numérique s'impose comme un enjeu stratégique majeur, la question du lieu de traitement des données devient centrale. Le modèle dominant fondé sur la centralisation – que ce soit sous la forme de plateformes de données *cloud*, de portails ou de dépôts – révèle ses limites : dépendance à des infrastructures distantes, exposition accrue aux atteintes à la vie privée, consommation énergétique croissante. Or, les avancées récentes en matière d'informatique en périphérie (traitement local ou *edge computing*) et de communication directe (comme les messages V2X (*vehicle-to-everything*) dans les ITS (*intelligent transport systems*) coopératifs, ou le *bluetooth* basse consommation – BLE) permettent d'imaginer une autre voie. Une voie fondée sur la proximité, l'autonomie, la frugalité et la résilience.

Dans cet article, nous montrons en quoi le traitement local des données peut constituer un levier de souveraineté. Nous développons les avantages associés à cette approche, explorons le rôle essentiel de la contextualisation dans la valeur même des données, illustrons nos propos par deux cas d'usage – le contrôle d'accès sécurisé et l'analyse locale de l'activité humaine – et discutons les conditions techniques et organisationnelles nécessaires à son déploiement à grande échelle.

LES VERTUS DU TRAITEMENT LOCALISÉ DES DONNÉES

Le traitement localisé des données, qu'il soit réalisé au niveau de l'objet (capteur, terminal mobile, véhicule), d'une unité périphérique (station de bord de route, serveur de proximité), ou d'une infrastructure minimale décentralisée (informatique en périphérie ou *cloud* local), constitue une alternative stratégique à l'archétype dominant du portail ou du dépôt centralisé. Par exemple, dans les applications de santé connectée comme le suivi de l'asthme, traiter localement les données permet d'alerter rapidement le patient tout

en évitant de transmettre en continu des informations sensibles décrivant avec précision ses activités vers le *cloud* (Bonnin *et al.*, 2018). Cette approche présente de nombreux avantages :

- **Souveraineté numérique** : le traitement local évite la concentration des données sensibles dans des entrepôts externes souvent gérés par des opérateurs ou des plateformes non souveraines (Verdier, 2023).
- **Respect de la vie privée** : les données personnelles ou identifiantes ne sont pas transmises ; seules des données agrégées ou anonymisées peuvent être exportées pour répondre à des besoins d'optimisation globale ou de collecte de données statistiques. Par contre, vérifier l'identité ou la légitimité d'un objet à émettre certaines données devient complexe lorsqu'il n'est pas possible de s'appuyer sur une infrastructure de sécurité centralisée. Des solutions pour préserver l'anonymat tout en assurant une vérification de l'identité ont été proposées dans le monde des ITS coopératifs mais elles restent peu satisfaisantes (Haidar *et al.*, 2017 ; Kountché *et al.*, 2017).
- **Protection intrinsèque des données locales** : les données locales sont difficiles à compromettre car leur exploitation nécessite une présence dans l'environnement immédiat. Elles ne permettent ni recoupement global ni profilage massif.
- **Sobriété numérique** : en évitant les transferts massifs de données vers le *cloud*, on réduit la consommation énergétique du système global. Dans des scénarios IoT concrets, traiter la majorité des tâches en local plutôt que dans le *cloud* permettrait de diminuer la consommation énergétique d'environ 65 % par appareil (pour ~ 80 % de données traitées localement) (Alamouti, 2025). Interagir avec des objets déjà présents dans l'environnement (en utilisant par exemple BLE (Yang *et al.*, 2020)) pour mettre en œuvre de nouveaux services permet aussi de déployer plus rapidement et à moindre coût ces derniers.
- **Continuité de service** : les services locaux sont plus résilients aux défaillances de connectivité ou aux cyberattaques, ce qui est essentiel pour la mobilité ou la santé (Lamssaggad *et al.*, 2021).
- **Temps de réaction réduit** : grâce à des technologies de transmission directe à faible latence (ETSI 2020), les décisions critiques peuvent être prises localement, sans la latence induite par une transmission à distance (Gräfling *et al.*, 2010 ; Yao *et al.*, 2013).
- **Déploiement progressif facilité** : chaque acteur, chaque capteur ou objet peut commencer à émettre ou exploiter des données selon ses capacités, sans dépendre d'un système unifié ou d'accords complexes entre des acteurs hétérogènes. Chaque objet utilise les informations disponibles à l'endroit où il est déployé. Il augmente la qualité du service offert lorsque la qualité de l'information devient meilleure, par exemple, parce que de nouveaux objets producteurs d'information ont été installés.

En opposition, le modèle du portail centralisé, bien que pertinent pour l'ouverture et l'interopérabilité, suppose un effort d'intégration massif, une gouvernance unique et une standardisation rigide, difficilement compatible avec les dynamiques territoriales.

LA CONTEXTUALISATION COMME RICHESSE NATIVE DU TRAITEMENT LOCAL

Les données ne sont jamais purement abstraites : elles sont toujours acquises dans un contexte lié à l'environnement physique et à la temporalité. Le traitement local offre la possibilité de capter et d'exploiter directement ce contexte. Lorsqu'un capteur acquiert une donnée, il est possible de l'associer immédiatement à des métadonnées issues de son environnement : puissance du signal reçu (RSSI), angle d'arrivée de ce même signal

(AoA), fréquence d'émission, mais aussi des conditions locales (luminosité, température, bruit ambiant), etc. La donnée d'origine se trouve alors augmentée.

Ce type d'enrichissement contextuel repose sur la co-spatialité (le fait d'être dans le voisinage du lieu où une donnée a été produite) et sur la co-temporalité (le fait d'acquérir simultanément plusieurs informations corrélées). Reconstituer cette richesse depuis un dépôt central serait illusoire sans une synchronisation précise des horloges, une géolocalisation fiable pour chaque capteur, et une connaissance exhaustive des proximités physiques d'autres objets au moment de l'acquisition.

Le modèle SPREAD (Couderc et Banâtre, 2003) illustre comment des objets physiques et mobiles peuvent communiquer entre eux par proximité sans coordination centrale, mettant en œuvre concrètement les principes de co-spatialité et co-temporalité. Dans les ITS coopératifs, les messages V2X reçus localement peuvent être croisés avec les données radio pour estimer des positions relatives de véhicules non équipés de GPS (Boudabous, 2021). Enfin, dans le domaine de l'e-santé, un dispositif porté par une personne peut contextualiser une valeur physiologique avec l'environnement (température, activité, interactions avec d'autres objets connectés).

DEUX CAS D'USAGE ILLUSTRATIFS

Contrôle d'accès contextuel et sécurisé

Dans des environnements où l'accès à une zone physique, un équipement ou une donnée doit être rigoureusement contrôlé (industrie, santé, sites sensibles), le traitement local permet de prendre une décision à partir de plusieurs indices combinés localement : présence physique, identifiant radio, comportement typique, chemin d'approche, etc.

Le contrôle d'accès peut ainsi s'appuyer sur des critères contextuels renforcés : position relative, intensité du signal, co-présence d'autres équipements. On peut par exemple utiliser un mécanisme d'accumulation de preuves : chaque signal reçu renforce la légitimité d'un accès, jusqu'à atteindre un seuil suffisant. Outre le fait qu'une architecture centralisée rendrait le système sensible aux pannes et aux attaques par déni de service, ce type d'authentification multi-indice est difficile à reproduire depuis un système central, même avec une base de données exhaustive. Par exemple, l'accès à une zone sensible d'un laboratoire pourrait dépendre non seulement de la reconnaissance d'un badge radio mais aussi de l'intensité et de la direction des signaux reçus, confirmant ainsi la présence physique effective du badge.

Analyse locale de l'activité humaine

Dans les contextes de surveillance douce (domotique, Ehpad, espace public), la collecte et l'analyse locale des signaux faibles permettent de détecter des événements anormaux : chute, absence de mouvement, incohérence entre signaux. Grâce à des outils d'apprentissage automatique (*machine learning*), le croisement de données hétérogènes (capteurs de mouvement, lumière, bruit, biométrie) offre une compréhension riche à faible coût.

Des travaux récents en reconnaissance d'activité humaine distribuée (Ek *et al.*, 2022) montrent qu'il est possible d'exploiter l'apprentissage fédéré pour analyser localement ces signaux tout en respectant la vie privée. De même, (Aminifar *et al.*, 2024) proposent une approche e-santé distribuée et sécurisée par apprentissage en périphérie sur des objets mobiles disposant de ressources limitées.

CONTRAINTES TECHNIQUES ET ORGANISATIONNELLES

Si le traitement localisé ouvre de nombreuses opportunités, il suppose aussi des prérequis techniques et des conditions de gouvernance :

- Hétérogénéité des objets : les dispositifs déployés sont variés, anciens ou de marques différentes ; il est donc nécessaire de définir des protocoles ouverts et évolutifs pour garantir leur interopérabilité (eg. ETSI, 2020). Une contrainte souvent sous-estimée réside dans le cloisonnement des développements en silos. Chaque groupe d'objets tend à construire son propre mécanisme de collecte, de traitement et de stockage de données. Cette fragmentation nuit à la mutualisation des infrastructures locales et complique l'interopérabilité. C'est un enjeu souligné notamment dans les travaux sur les espaces de santé intelligents (Bonnin *et al.*, 2018).
- Hétérogénéité des communications : le traitement local permet de s'affranchir d'un accès permanent à internet, mais cela implique que deux objets doivent disposer d'une technologie de communication commune pour échanger directement des données, d'où la nécessité de supporter différentes technologies (*bluetooth*, *wifi*, LTE-V2X, ITS-G5...) pour augmenter la probabilité de pouvoir échanger. Lorsque les ressources radio sont partagées et contraintes, il est indispensable de définir des stratégies de cohabitation entre les technologies.
- Standardisation des données échangées : comme dans le domaine des ITS coopératifs, il faut définir un langage commun (formats, unités, sémantique) permettant à chaque nœud de comprendre ce qui est pertinent pour lui. Tous les objets n'ont pas besoin de comprendre toutes les données : ils peuvent se contenter d'interpréter ce qui est utile à leur service (Bonnin et Couturier, 2024).
- Gouvernance multi-acteurs : ces systèmes impliquent usagers, industriels, opérateurs, collectivités. Leur déploiement suppose une gouvernance distribuée, souple et transparente sur les rôles et responsabilités (Cattaruzza, 2022) de chacun au regard des données produites et des services offerts.

CONCLUSION

Le traitement localisé des données ne se réduit pas à une alternative technique au modèle centralisé : il incarne une vision politique et opérationnelle fondée sur la relocalisation de la décision, la sobriété des échanges, et la réappropriation des infrastructures numériques par les territoires et les acteurs locaux. Par sa capacité à enrichir les données en contexte, à garantir leur confidentialité sans dépendre d'une infrastructure permanente, et à favoriser des déploiements incrémentaux et ouverts, il constitue un levier concret de souveraineté.

Par ailleurs, un des enjeux majeurs encore peu exploré réside dans le développement d'un écosystème d'objets capables de diffuser dans l'environnement des données en permettant aux producteurs et aux consommateurs de les enrichir de métadonnées. Ces métadonnées devraient spécifier la qualité des données, leur statut (sensibilité, vie privée), et les droits d'usage associés. Dans cette logique, c'est à l'utilisateur des données qu'il incomberait de respecter les conditions définies par l'émetteur. Ce modèle distribué doit permettre un enrichissement progressif des environnements (mobilité, domotique, santé) pour faciliter l'émergence de services innovants sans dépendre d'un acteur centralisé.

Enfin, le Federated Learning peut être un des moyens de mise en œuvre de cette approche distribuée. Il permet de concevoir des processus décentralisés, dans lesquels chaque nœud peut contribuer à l'élaboration d'un modèle global sans jamais exposer directement ses données brutes. Ce mécanisme offre une double opportunité. D'une part, il permet un

apprentissage et une prise de décision locale qui tient compte des spécificités de l'environnement de déploiement. D'autre part, il assure une remontée agrégée de connaissances sous la forme de paramètres d'entraînement de l'IA vers le système central qui continue à apprendre sans avoir accès aux données acquises dans l'environnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALAMOUTI S. (2025), "Quantifying energy and cost benefits of hybrid edge cloud: Analysis of traditional and agentic workloads", preprint arXiv, <https://arxiv.org/abs/2501.14823>

AMINIFAR A. *et al.* (2024), "Privacy-Preserving Edge Federated Learning for Intelligent Mobile-Health Systems", *IEEE Transactions on Mobile Computing* (à paraître).

BONNIN J.-M. & COUTURIER C. (2024), "Local Interactions for Cooperative ITS: Opportunities and Constraints", in *Cooperative Intelligent Transport Systems: Control and Management*, John Wiley & Sons.

BONNIN J.-M. *et al.* (2018), "Creating smarter spaces to unleash the potential of health Apps", Smart Homes and Health Telematics, Designing a Better Future: Urban Assisted Living: 16th International Conference, ICOST 2018, Singapore, Singapore, July 10-12, 2018, Proceedings 16.

BOUDABOUS S. (2021), "Vehicular traffic analysis based on Bluetooth sensors traces", thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Paris.

CATTARUZZA A. (2020), « De la géopolitique derrière les données, des données derrière la géopolitique », *Annales des Mines - Enjeux numériques*, n°11, pp. 40-44.

COUDERC J.-P. & BANÂTRE J.-P. (2003), "Ambient computing applications: an experience with the SPREAD approach", Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'03).

EK C., PORTET F. & LALANDA P. (2022), "Evaluation and comparison of federated learning algorithms for Human Activity Recognition on smartphones", *Expert Systems with Applications*, vol. 57, issue 8, pp. 1-39.

EMES EUROPEAN NETWORK (1998), "The Emergence of Social Enterprises. A New Answer to Social Exclusion in Europe", Semestrial Progress Reports to the European Commission.

ETSI (2020), "302 663 - V1.3.1 - Intelligent Transport Systems (ITS); ITS-G5 Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band".

GRÄFLING S., MÄHÖNEN P., RIIHIJÄRVI J. (2010), "Performance evaluation of IEEE 1609 WAVE and IEEE 802.11 p for vehicular communications", ICUFN Conference, IEEE.

Haidar F., Kaiser A. & LONC B. (2017), "On the performance evaluation of vehicular PKI protocol for V2X communications security", IEEE VTC-Fall.

ISSA M., COUDERC P. & BONNIN J.-M. (2024), "Supporting an Ephemeral Shared Dataspace with a BLE connectionless protocol", communication au 21st EAI International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems, Springer (à paraître).

KOUNTCHÉ D.A., BONNIN J.M. & LABIOD H. (2017), "The problem of privacy in cooperative intelligent transportation systems (C-ITS)", Infocom Workshops, IEEE.

LAMSSAGGAD A., BENAMAR N., HAFID A.S. & MSAHLI M. (2021), "Survey on the Current Security Landscape of Intelligent Transportation Systems", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 9180-9208.

VERDIER H. (2023), *La souveraineté numérique : promesse démocratique ou illusion stratégique ?*, Paris, Odile Jacob.

YANG J., POELLABAUER C., MITRA P. & NEUBECKER C. (2020), “Beyond beaconing: Emerging applications and challenges of BLE”, *Ad hoc networks*, 97, p. 102015.

YAO Y., RAO L., LIU X. & ZHOU X. (2013), “Delay analysis and study of IEEE 802.11p based DSRC safety communication in a highway environment”, communication au IEEE INFOCOM 2013, Turin, Italie, pp. 1591-1599.

YE H., YANG B., LONG Z. & DAI C. (2022), “A Method of Indoor Positioning by Signal Fitting and PDDA Algorithm Using BLE AOA Device”, *IEEE Sensors Journal*, vol. 22, n°8, 15 April, pp. 7877-7887.

La souveraineté des données et les territoires, un mariage impossible ?

Par Jean-Marie SÉÏTÉ

Maire de la commune de Galeria (Corse) et président de l'AFIGEIO

La production de données souveraines est inégalement répartie, favorise les zones urbaines et marginalise les régions éloignées, exacerbant le fossé entre les territoires.

Deux exemples, l'un en 1960 concernant des essais atomiques et l'autre en 2024 relatant une mésaventure subie par des géophysiciens lors d'une crue, illustrent des approches uniquement descendantes. Les données souveraines sont alors considérées comme indiscutables et les données territoriales vues comme de second ordre.

Pourtant, les territoires ruraux, souvent négligés par les décideurs urbains, jouent un rôle crucial dans la transition écologique grâce à leurs grands espaces naturels, forestiers et agricoles et leurs productions de données en prise avec la réalité et la diversité de leurs territoires.

L'indispensable mise en commun des données pour réussir la transition écologique et la promotion du développement durable doit reposer sur une confiance mutuelle entre l'État et les territoires.

Tout est affaire de décor, les territoires et les données souveraines sont sur la même scène mais ils y jouent des rôles différents. Quand les uns sont source de vie, les autres le sont de connaissance contrôlée et la tentation est grande d'opposer la générosité de l'un à la parcimonie de l'autre et la naïveté des premiers à la raison de la seconde. Mais, plutôt que la confrontation, il serait plus constructif de favoriser l'échange, le dialogue.

Il faut changer la vision des territoires depuis Paris.

Les territoires ruraux qui représentent 88 % du territoire français et 33 % de sa population sont souvent vus par les décideurs urbains comme des espaces laissés pour compte, privés de développement. Leur représentation teintée de romantisme ou de misérabilisme les classe alors comme des espaces de second rang. Éloignés des centres urbains, ils sont relégués au rôle de fournisseurs de produits agricoles et plus récemment, les plus spectaculaires d'entre eux, à celui de parcs de loisirs destinés aux vacanciers venus des villes.

Nombre de décideurs ont ainsi une vision romantique ou misérabiliste de la campagne. Elle est forgée, depuis la révolution industrielle par l'abandon des espaces ruraux puis par leur réutilisation en espace de loisirs. Il est temps de s'apercevoir que cette vision est dépassée. La ville comme lieu d'accumulation est derrière nous. La vision de la ville comme principalement lieu d'accumulation est derrière nous. Et la croissance des flux d'information, qui génèrent désormais plus de valeur que les seuls flux de marchandises, doit davantage intégrer les réalités territoriales à tous niveaux.

Le monde change, les changements climatiques et l'inversion démographique ont eu raison des rêves de développement à tout crin. Ils ont été remplacés par l'action indis-

pensable pour rendre supportables les effets du changement climatique. Il faut réparer les sols, les cours d'eau et les océans, humaniser les villes et sauver les villages. C'est un immense chantier qui nécessite une bien meilleure connaissance du territoire.

Pour un élu, gérer son territoire il y a 30 ans, c'était viabiliser, équiper, urbaniser, industrialiser. Aujourd'hui, c'est réparer, recoudre, harmoniser et préserver.

Les espaces urbains doivent être repensés, redessinés, déconstruits et reconstruits, tandis que les espaces naturels, agricoles et forestiers qui ont échappé à l'urbanisation galopante, nécessitent moins d'ouvrage. L'urbain ne peut plus être le prisme dominant des politiques d'aménagement avec ses critères d'attractivité et de compétitivité liés à la densité de population. Dans cette nouvelle répartition des priorités, les territoires excentrés sortent vainqueurs car ils abritent les richesses indispensables aux nouvelles politiques de développement durable, grâce à leurs espaces disponibles, des espaces naturels, forestiers, agricoles.

Les territoires ruraux jouent un rôle clé à l'heure de la transition écologique, pourtant la production de données reste inéquitable. Malheureusement, entre les données souveraines et les territoires, le fossé est profond. Plus les territoires ruraux sont « éloignés » plus le fossé s'agrandit. Les campagnes, les montagnes, les îles, les Outre-mer sont souvent privés des données indispensables à la conduite des politiques publiques.

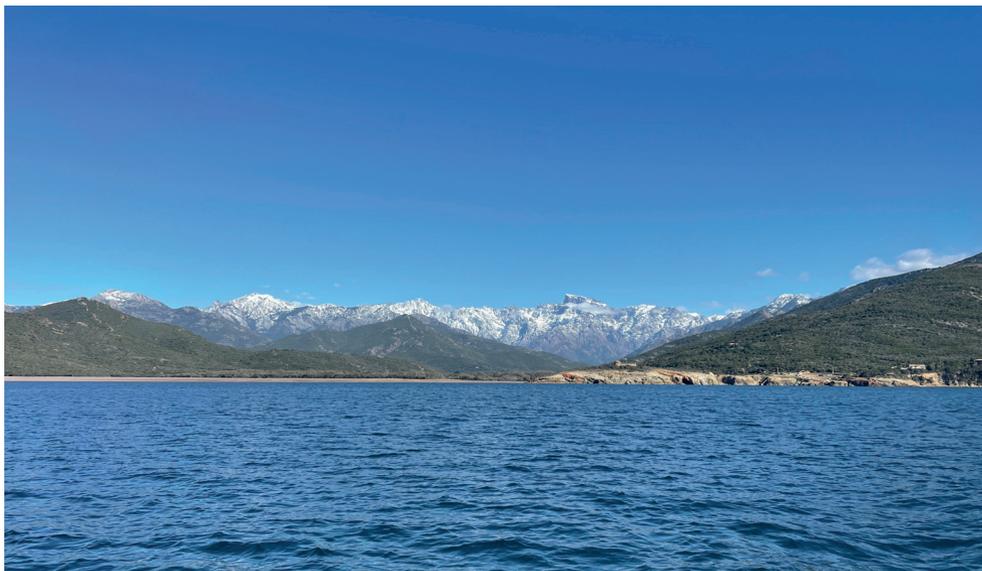


Figure 1 : Le littoral de la vallée du Fangu vu de la mer
(Source : photo de Jean-Marie Séité).

Ces territoires subissent un double déclassé, le premier en comparaison des espaces urbanisés, le second au regard de leurs propres spécificités. La création et la mise à disposition de données sont beaucoup moins importantes dans les zones peu densément peuplées, et beaucoup plus importante en métropole que dans les territoires d'outre-mer. L'exemple le plus cruel est celui de la Guyane qui est particulièrement défavorisée, privée d'OCSOL GE, alors même que les outils qui permettent d'acquérir ces données sont lancés dans l'espace depuis son sol.

L'État a la volonté de créer des biens communs pour les territoires mais le fait souvent sans eux. Quand les données sont produites pour nous, mais sans nous, elles le sont contre

nous. Pour simplifier son action, croyant ainsi la rendre plus efficace, il nie les différences, gomme les complexités et finalement accentue la césure entre le souverain et le local.

Les données souveraines produites à l'échelle nationale sont inégalement réparties entre les territoires et ne répondent souvent pas à leurs demandes.

Dans cette situation, si nous voulons progresser, il faut identifier les points de blocage.

Comment faire ? D'abord, il faut purger les contentieux.

Le premier écueil serait de croire qu'une donnée souveraine l'est par nature. Labellisée par l'État souverain, elle deviendrait scientifiquement indiscutable. Le second écueil serait de déduire du premier que les données territoriales sont de moindre qualité, en quelque sorte accessoires.

En 1960, pour des raisons d'insécurité politique, la France décide de cesser les essais nucléaires souterrains à In Ekker en Algérie et de les déplacer vers la mine d'argent abandonnée de l'Argentella, située sur la côte ouest de la Corse, entre Calvi et Galeria.

Le décor est planté d'une relation explosive entre l'intérêt national et la population locale. Chacun étant, en toute bonne foi, persuadé de faire le bon choix en promouvant un projet qui doit apporter le développement économique à un territoire déserté ou en s'y opposant pour le préserver de la « ruine atomique ».

Les données souveraines sont convoquées pour rassurer la population sur l'absence de risque, elles sont formelles. La science est convoquée au secours du projet politique. Le 14 avril 1960, conforté par l'avis des géologues du BRGM, Pierre Guillaumat, ministre délégué à l'énergie atomique, l'assure : « La qualité des roches et le volume du massif permettent d'absorber dans des conditions réelles de sécurité, des explosions de faible importance ». Malgré ces assurances répétées de l'innocuité des explosions atomiques, disait-on à l'époque, les habitants s'inquiètent. Le territoire se mobilise, proteste, manifeste et, face à la fronde populaire, le gouvernement recule et finalement renonce au programme d'essais nucléaires de l'Argentella.



Figure 2 : Manifestation de 1960 contre les essais atomiques de l'Argentella (Source : photo de presse 1960).

On connaît la suite, c'est finalement sous l'atoll de Mururoa qu'auront lieu ces essais « inoffensifs ».

Et l'histoire en tire la leçon, le morceau de littoral Corse qui a échappé au désastre, est mis en lumière et comme sous l'effet d'une frayer rétrospective, il devient dans les années qui suivent un haut lieu de la protection de l'environnement. La beauté des paysages frappe les observateurs qui se sont rendus sur le site et c'est cette caractéristique absente des études conduites par l'État pour évaluer le site de l'Argentella qui agrégera des soutiens internationaux aux contestations locales.

En 1970, le laboratoire d'écologie dans la forêt de Piriù, la station océanographique de l'Université de Liège à la pointe de la Revellata et le syndicat mixte de création du Parc naturel régional de Corse voient le jour. Cinq ans plus tard, la réserve marine et terrestre de Scandula est créée et le comité du patrimoine mondial de l'Unesco réuni à Florence en décembre 1983 formalise l'inscription du site au patrimoine mondial.

La production locale de données scientifiques par tous ces acteurs révèle la richesse écologique du site. Il est distingué comme le premier site littoral méditerranéen inscrit au patrimoine mondial et la vallée du Fangu devient la première réserve de biosphère d'une île méditerranéenne. Le site est classé au titre des paysages remarquables et bénéficie aujourd'hui des plus hautes protections environnementales et paysagères nationales et internationales, jusqu'à devenir l'un des sites européens de référence parmi les plus préservés.

Les données de 1960 ont failli le condamner ; celles des années suivantes l'ont sauvé.

Si pour les producteurs de données souveraines, il est désormais établi qu'elles ne sont plus indiscutables, les données territoriales conservent trop souvent le caractère des sous-produits à portée limitée.

Et les mauvaises habitudes perdurent. Dans la vallée du Fangu, désormais sous les projecteurs de la connaissance scientifique, la nappe alluviale située derrière la plage fait l'objet de mesures de suivi depuis plus de vingt ans. Plusieurs piézomètres accessibles sur le site ADES mesurent en permanence son altitude et nous renseignent utilement sur le niveau d'étiage.

En 2024, l'Office d'Équipement Hydraulique de la Corse qui a des projets d'utilisation de la ressource confie une mission de cartographie souterraine au BRGM. Ce travail consiste à réaliser des profils en travers du lit du fleuve au-dessus de la nappe alluviale pour connaître sa contenance maximale et ainsi pouvoir estimer sa future exploitation.

Au mois de septembre 2024, le BRGM envoie sur site ses géophysiciens.

Le lit du fleuve est sec et l'équipe scientifique installe aisément son matériel. Elle établit un premier profil en travers. Après déjeuner, alors qu'elle déploie à nouveau son matériel plus en aval pour établir un deuxième profil, le Fangu envahit la plaine alluviale et la vague formée par la crue qui atteint 1 à 2 m de hauteur, forme un front dévastateur qui emporte tout le matériel, robot, ordinateurs, piquets et câbles.

Les géophysiciens ne doivent leur salut qu'à leur agilité à grimper dans les arbres et au savoir-faire du pilote et des pompiers venus les sortir de leur fâcheuse posture en les hélitreillant depuis l'hélicoptère de la sécurité civile dépêché sur site.

L'incident, qui est limité, heureusement, à des dégâts matériels, est le fruit de plusieurs dysfonctionnements éclairant sur les rapports entre les producteurs de données.

En effet, les plusieurs petites crues successives des jours précédents avaient empli le cours d'eau et la nappe dont le niveau affleurerait le lit, n'offrant plus aucune capacité d'absorption d'eau. Lorsque la crue est arrivée sur le site, l'eau n'a pas pénétré le sol et est restée en surface, la vague surfant sur l'eau affleurante. Ce qui explique qu'elle ait conservé sa vitesse de déplacement et sa hauteur. C'est un phénomène que nous connaissons bien et

Point d'eau
BSS003JOVM
PZ DU FANGO

Code européen
FRBSS003JOVMWX

Générer la fiche au format PDF

Tout télécharger

Réinitialiser les paramètres de la fiche

Nature
Forage

État du point d'eau
Opérationnel (depuis le 23/05/2019)

Fonction du point d'eau
Non renseignée

Usage de l'eau
Non renseignée

Bassin
Corse

Département



Figure 3 : Chronique piézométrique du Fangu le jour de l'intervention des géophysiciens (Source : ADES BRGM).

qui est aisé à prévoir puisque nous possédons, grâce au BRGM, des indications précises sur le niveau de la nappe. D'autre part, nous savons que le débit du fleuve peut être multiplié par 100 en quelques secondes.

Si nous avons été informés de cette mission, nous aurions pu en alerter les membres.

L'absence de transparence dans la gestion du projet par le donneur d'ordre régional a abouti à ignorer les données locales dont disposait la commune, lesquelles auraient pourtant permis d'éviter le fiasco de la mission.

Les géophysiciens du BRGM sont capables de cartographier le sillon rocheux qui sépare la mer du fleuve, ce qui doit nous permettre enfin de mesurer plus finement le risque d'intrusions salines dans la nappe lors de fortes houles d'ouest en période d'étiage. Ces intrusions peuvent rendre l'eau de la nappe alluviale saumâtre, impropre à la consommation, privant la population d'eau potable. Le risque est grand car le niveau de la mer augmente et les tempêtes sont de plus en plus violentes. Le BRGM est un organisme à l'expertise précieuse dont nous ne saurions nous passer. Mais pour que les études soient complètes, la mise en commun des informations issues des données récoltées par le BRGM, la commune et les scientifiques qui œuvrent sur le site est nécessaire.

Les données territoriales sont indispensables à la gestion quotidienne des territoires mais également à l'établissement des données souveraines. Sans elles, ces biens communs n'en sont pas. Les données territoriales ont de formidables qualités. Elles sont en prise directe avec leurs sources, elles sont des lanceurs d'alerte réactifs, elles permettent une politique nationale attentive aux différences et aux besoins des territoires.

Aujourd'hui, le réseau des CRIGE doit être entendu, comme demain, s'ils aboutissent, les Comités Territoriaux de la Donnée devront l'être, à la condition qu'ils soient eux aussi indépendants.

Pour que le mariage entre les données souveraines et les territoires soit possible, il doit comme toutes les unions reposer sur une confiance réciproque. Elle implique que tous reconnaissent que les données ne sont jamais définitives, qu'elles sont toujours en mutation, que leur interprétation est en progrès constant et qu'elles sont évidemment discutables.

Données agricoles géolocalisées : l'*open source* et les communs numériques comme leviers de souveraineté

Par Hervé PILLAUD

Président du groupe Établières

À l'heure où l'agriculture se transforme en une activité guidée par la donnée, les géodonnées agricoles deviennent un actif stratégique, aussi vital que l'eau ou les semences. Pourtant, leur captation, leur traitement et leur valorisation échappent souvent aux producteurs et aux territoires, au profit de plateformes technologiques privées.

Cet article examine comment les communs numériques et l'*open source* peuvent redonner aux filières agricoles les moyens de leur autonomie. Il s'appuie notamment sur l'exemple nord-américain des instituts d'intelligence artificielle agricole et propose, pour l'Europe, un Grand Défi structurant en faveur d'une souveraineté agricole numérique distribuée, éthique et territorialisée.

L'AGRICULTURE À L'ÉPREUVE DE LA DÉPENDANCE TECHNOLOGIQUE

L'agriculture s'inscrit pleinement dans l'économie de la donnée. Désormais, optimiser les pratiques repose sur des flux d'informations continus, souvent invisibles : météo localisée, humidité des sols, itinéraires techniques géoréférencés, historiques de traitements. Collectées automatiquement, ces données sont devenues essentielles pour piloter l'activité agricole dans un contexte de variabilité climatique, de pression économique et de complexité réglementaire.

Les données géolocalisées occupent une place stratégique. Elles renseignent sur les caractéristiques fines des sols, des cultures, des stress subis et des interventions. Elles permettent de modéliser des systèmes complexes à l'échelle de la parcelle comme du territoire. Structurées et croisées, elles facilitent l'anticipation, l'ajustement des pratiques et la prise de décision publique fondée sur des preuves.

Mais cette valeur s'accompagne de risques : la majorité des données est captée et traitée par des plateformes privées, souvent étrangères. Les formats, usages et règles d'accès échappent largement aux producteurs. Cette situation crée une double asymétrie (informationnelle et stratégique) qui fragilise l'autonomie numérique du secteur. Les infrastructures qui centralisent ces données sont le plus souvent fermées, opaques et déterritorialisées.

La capacité des filières agricoles à piloter leur propre transformation est dès lors en jeu. La souveraineté agricole ne saurait être un principe abstrait : elle suppose de maîtriser les infrastructures de production, de stockage et de circulation des géodonnées. Autre-

ment dit, la souveraineté numérique devient une condition de l'autonomie stratégique des territoires.

Les parties suivantes reviendront sur plusieurs initiatives, en France et aux États-Unis, qui proposent de relever ce défi par la mise en place de plateformes ouvertes, de communs numériques et d'instituts territoriaux conçus comme infrastructures de souveraineté.

LE MODÈLE AMÉRICAIN DES INSTITUTS D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AGRICOLE

Face aux risques de concentration technologique dans les mains d'un nombre restreint d'acteurs privés, les États-Unis ont engagé dès 2019 une politique ambitieuse de structuration de la recherche en intelligence artificielle à travers la création des National AI Research Institutes. Ce programme, piloté par la National Science Foundation (NSF), a permis le financement de 25 instituts répartis sur le territoire américain, avec un investissement public initial de 20 millions de dollars par institut sur 5 ans, souvent cofinancé par d'autres agences fédérales (USDA, NIST, DoD) ou des entreprises du numérique (IBM, Intel, Amazon, Google).

Chacun de ces instituts vise à répondre à un enjeu stratégique de société : climat, énergie, santé, cybersécurité ou agriculture, en développant une intelligence artificielle « inspirée par l'usage », c'est-à-dire pensée dès l'origine pour répondre à des besoins concrets et documentés, tout en favorisant les avancées méthodologiques fondamentales. L'agriculture y figure en bonne place, non seulement comme secteur clé de la résilience économique et environnementale, mais également comme terrain d'expérimentation pour des formes renouvelées de collaboration entre sciences des données, ingénierie des systèmes et expertise agronomique.

Trois instituts en particulier incarnent cette orientation vers une agriculture augmentée et territorialisée par la donnée géolocalisée

AIIRA (AI Institute for Resilient Agriculture) développe des jumeaux numériques à l'échelle des plantes, des parcelles et des exploitations, capables de simuler les impacts du climat et des pratiques culturales grâce à l'agrégation de données hétérogènes (capteurs *in situ*, télédétection, sols, météo).

AgAID (AI Institute for Agricultural AI for Transforming Workforce and Decision Support) travaille sur l'optimisation des décisions agronomiques spécifiques au site, en particulier pour les cultures spécialisées, avec une approche centrée sur l'interaction humain-machine, notamment en matière d'irrigation et de réponse au gel.

AIFS (AI Institute for Next Generation Food Systems) adopte une perspective systémique « de la ferme à l'assiette » en combinant capteurs *low-cost*, modélisation 3D, IA et bibliothèques *open source* (comme AgML) pour optimiser l'ensemble de la chaîne alimentaire, tout en renforçant la sécurité sanitaire et la traçabilité des productions.

Ce modèle repose sur plusieurs piliers structurants

Ces piliers structurants sont : l'interdisciplinarité, avec des *consortiums* associant informaticiens, agronomes, biologistes, sociologues, acteurs publics et entreprises agricoles ; l'ouverture des données et des logiciels, à travers le développement de communs numériques (jeux de données partagés, bibliothèques IA, simulateurs *open source*) ; l'ancrage

Tableau 1 : Comparaison entre AIIRA, AgAID et AIFS (Source : auteur).

	Objectif principal	Données agricoles géolocalisées	Communs numériques	Souveraineté technologique
AIIRA	Développer des jumeaux numériques pour simuler les effets du climat et des pratiques à l'échelle des plantes, parcelles et exploitations.	Exploite des données multi-sources (capteurs, télédétection, sols, météo) pour modéliser les interactions spatialisées entre environnement et pratiques agricoles.	S'appuie sur des simulateurs et des bibliothèques <i>open source</i> interopérables, accessibles aux chercheurs et développeurs.	Renforce la résilience locale en fournissant des outils prédictifs ancrés dans les réalités des exploitations ; réduit la dépendance à des plateformes commerciales.
AgAID	Fournir des outils d'aide à la décision adaptés aux contextes locaux, en lien avec la main-d'œuvre et les cultures spécialisées.	Utilise les données géolocalisées pour affiner les décisions d'irrigation, de gestion du gel, de récolte ou de traitement.	Développe des outils d'interaction humain-machine <i>open source</i> pour faciliter l'appropriation des données de terrain.	Renforce la capacité des exploitants à piloter localement leurs pratiques avec des outils souverains, explicables et paramétrables.
AIFS	Optimiser toute la chaîne alimentaire « de la ferme à la fourchette » via IA, capteurs et modélisation 3D.	Intègre les données géolocalisées dans une approche système : production, transformation, logistique, sécurité sanitaire.	Développe et diffuse des bibliothèques IA libres comme AgML ; mise à disposition de jeux de données pour l'ensemble des acteurs.	Contribue à la souveraineté alimentaire et numérique en intégrant les enjeux de traçabilité, sécurité et transparence tout au long de la chaîne.

territorial, en s'appuyant sur des problématiques agricoles spécifiques à chaque écosystème local ; la gouvernance publique ou partenariale, permettant un pilotage stratégique aligné sur les objectifs collectifs plutôt que sur les logiques de rente technologique.

Comme le rappelle James J. Donlon¹, directeur du programme à la NSF, ces instituts constituent des « points de convergence pour le *leadership* et la collaboration en matière d'IA », mais aussi des catalyseurs d'un « environnement d'innovation au service d'un avenir prospère ». Dans le domaine agricole, ils illustrent de manière concrète la manière dont une politique publique cohérente, territorialisée et interopérable peut contribuer à sécuriser les chaînes d'innovation et à renforcer l'indépendance stratégique des filières.

À l'heure où l'Europe s'interroge sur ses dépendances numériques et sur les formes de sa souveraineté agricole, le modèle américain offre ainsi des enseignements précieux : l'IA, pour être un levier de transition et non une source supplémentaire d'aliénation, doit être inscrite dans une stratégie publique ambitieuse, ouverte, distribuée et finalisée au service des territoires.

ENJEUX POUR L'EUROPE

À l'ère d'une agriculture instrumentée par les données, la souveraineté ne relève plus uniquement des infrastructures physiques ou des politiques de soutien. Elle s'incarne dans la capacité à structurer et à gouverner les flux de données géolocalisées, qui décrivent en temps réel les conditions de production, les pratiques culturelles et les dynamiques territoriales. Ces données, au croisement du vivant et du numérique, forment une ressource stratégique, aussi précieuse que l'eau ou la terre. Leur captation, leur traitement et leur valorisation posent dès lors un problème fondamental d'indépendance technologique.

Aujourd'hui, la majorité de ces flux est traitée par des écosystèmes numériques privés, souvent extra-européens, peu transparents, peu interopérables. Cette situation expose les filières agricoles à une forme de dépossession silencieuse, où la valeur produite par la donnée échappe à ceux qui la génèrent, tandis que les outils de pilotage sont externalisés hors du périmètre de la souveraineté politique. Dans ce contexte, l'Europe ne peut se contenter de réguler : elle doit produire ses propres réponses, bâties sur ses valeurs : ouverture, coopération, diversité territoriale, durabilité.

Plutôt que de reproduire le modèle américain des National AI Research Institutes, l'Europe (ou tout au moins la France) gagnerait à lancer un Grand Défi structurant, centré non pas sur la création d'un réseau d'instituts, mais sur la mobilisation conjointe des acteurs publics, agricoles, scientifiques et industriels autour de communs numériques, de plateformes ouvertes et de cas d'usage concrets. Ce Grand Défi permettrait de répondre aux besoins stratégiques des filières tout en structurant une infrastructure de souveraineté numérique adaptée à la diversité de l'agriculture européenne.

Une architecture distribuée fondée sur les usages

Ce Grand Défi ne partirait pas de zéro. Il s'appuierait sur les dynamiques existantes : fermes expérimentales, *living labs*, pôles de compétitivité, lycées agricoles, plateformes coopératives telles que OSFarm². L'objectif serait d'articuler ces dispositifs autour de cas d'usage partagés : gestion parcellaire fine, modélisation des intrants, suivi carbone,

¹ James J. Donlon, Fondation nationale des sciences, Alexandria, Virginie, États-Unis.

² OSFarm est une plateforme collaborative en *open source* qui permet aux agriculteurs, développeurs et organisations de déployer rapidement des solutions matérielles et logicielles personnalisables pour une agriculture résiliente, durable et innovante, <https://www.osfarm.org/fr/>

prédiction de rendement, alerte climatique, simplification administrative. Chaque territoire deviendrait un nœud d'expérimentation et de validation, contribuant à une infrastructure distribuée et interopérable à l'échelle européenne.

Des communs numériques pour outiller tous les acteurs

Le cœur du Grand Défi reposerait sur la production et la mise à disposition de communs numériques agricoles : jeux de données publics (sur les sols, le climat, les pratiques), référentiels partagés, ontologies métiers, modèles préentraînés, bibliothèques logicielles. Des projets comme GAIA³ ou OSFarm montrent déjà qu'une approche libre, modulaire et gouvernée collectivement est possible. Ces outils, conçus comme des infrastructures partagées, garantiraient la possibilité pour chaque acteur : exploitant, coopérative, collectivité, organisation agricole, *startup* de développer ses propres solutions, sans dépendance à une plateforme fermée.

Une gouvernance démocratique et multipartite

Le Grand Défi appellerait une gouvernance originale, associant la Communauté européenne, l'État, les régions, les organismes de recherche, les structures professionnelles, les associations, les *start-ups* et les industriels. Il ne s'agit pas d'imposer une architecture centralisée, mais de coconstruire une vision stratégique commune de la donnée agricole comme bien commun. Cette gouvernance devra garantir l'éthique des usages, la protection des données individuelles, l'équité d'accès et la compatibilité avec les cadres européens (AI Act⁴, Data Act⁵, Pacte vert⁶, PAC⁷). Elle devra aussi permettre une évaluation régulière de l'impact environnemental, économique et social des outils développés.

Une infrastructure critique pour la transition

Enfin, ce Grand Défi doit être pensé comme un investissement d'intérêt général. L'agriculture du XXI^e siècle sera numérique, à nous de déterminer si nous voulons ce numérique maîtrisé ou dépendant. Les capacités à prédire, simuler, optimiser et tracer seront décisives dans la résilience des systèmes alimentaires face aux crises écologiques, géopolitiques ou sanitaires. Le numérique agricole ne peut rester un angle mort des politiques de souveraineté. Il doit devenir un socle critique, au même titre que l'énergie ou la santé,

³ GAIA est un projet *open source* qui met l'IA générative au service d'une agriculture durable, souveraine et collaborative, <https://www.gaia-ia.org/>

⁴ L'AI Act est le premier cadre européen qui régule l'IA selon les niveaux de risque pour garantir une utilisation sûre, éthique et transparente, <https://artificialintelligenceact.eu/fr/>

⁵ Le Data Act est un règlement européen qui garantit un accès équitable et sécurisé aux données générées par les objets connectés, favorise l'innovation numérique et stimule un véritable marché unique des données en Europe, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/policies/data-act>

⁶ Le Pacte vert européen est la feuille de route de l'UE pour atteindre la neutralité climatique d'ici 2050 tout en transformant son économie de façon durable, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr

⁷ La PAC (Politique Agricole Commune) est la politique agricole européenne qui soutient les exploitants, assure la sécurité alimentaire, renforce les zones rurales et encourage la transition écologique, tout en garantissant un revenu équitable aux agriculteurs.

soutenu par une stratégie claire, des moyens mutualisés et une ambition à la hauteur des enjeux.

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE D'UN RÉSEAU EUROPÉEN POUR LA SOUVERAINETÉ NUMÉRIQUE AGRICOLE

La constitution d'un grand défi consacré à l'intelligence artificielle et à la souveraineté agricole numérique, centré sur les données géolocalisées, ne relève pas d'une simple décision institutionnelle. Elle suppose une reconfiguration profonde des rapports entre recherche, politique publique, innovation technologique et territoires. Pour passer du constat stratégique à l'action opérationnelle, plusieurs conditions doivent être réunies, tant sur le plan technique qu'organisationnel, juridique et financier.

Faire appuyer le Grand Défi par des écosystèmes régionaux structurés

La diversité des systèmes agricoles européens, en matière de pratiques, de climat, de filières, d'enjeux fonciers ou de vulnérabilités climatiques, impose un maillage territorial souple mais cohérent. Le Grand Défi devra s'adosser à un écosystème régional déjà structuré, combinant des acteurs de la recherche agronomique, des chambres d'agriculture, des coopératives, des collectivités locales, des lycées agricoles et des entreprises de la tech agricole. Cet ancrage garantirait la pertinence des cas d'usage développés, la disponibilité des données et l'appropriation des outils par les usagers.

Des dispositifs déjà existants peuvent servir de socle : plateformes agro-numériques régionales, *living labs* européens de l'agriculture numérique, centres d'expérimentation des réseaux européens PIE-AGRI⁸, ou encore structures comme Digifermes⁹ en France. Il s'agit moins de créer *ex nihilo* que de fédérer et de renforcer ce qui existe déjà autour d'une infrastructure commune de traitement, de gouvernance et de souveraineté des données géolocalisées.

Déployer une architecture technologique ouverte, modulaire et interopérable

La souveraineté numérique n'est pas une clôture, c'est une capacité à choisir ses dépendances et à les gouverner. Cela suppose le développement d'une architecture logicielle ouverte : standardisée, auditable, interopérable et adaptée aux réalités du terrain.

⁸ Le PIEAGRI est le volet agricole du partenariat européen d'innovation, qui soutient des groupes opérationnels pluridisciplinaires (agriculteurs, chercheurs, conseillers...) pour développer et diffuser rapidement des solutions innovantes, durables et concrètes au sein de l'agriculture et de la foresterie, https://eu-cap-network.ec.europa.eu/support/innovation-knowledge-exchange-eip-agri_fr

⁹ Le réseau des Digifermes® est un ensemble de fermes expérimentales labellisées qui testent rigoureusement, en conditions réelles, les innovations numériques agricoles pour répondre aux besoins des agriculteurs, <https://digifermes.com/>

UN LEVIER STRATÉGIQUE POUR L'INDÉPENDANCE AGRICOLE EUROPÉENNE

La souveraineté agricole ne se limite plus à la maîtrise des terres, des semences ou des intrants. Elle se joue désormais aussi dans les infrastructures invisibles de la décision : les systèmes d'information, les chaînes de traitement des données, les logiciels de pilotage, les réseaux de capteurs, les plateformes d'IA. Parmi ces ressources, les données géolocalisées agricoles occupent une place déterminante. Elles reflètent la réalité fine des territoires, permettent d'anticiper les risques, d'adapter les pratiques et d'éclairer les politiques publiques. Leur gouvernance, leur accessibilité et leur qualité conditionnent la capacité d'un territoire à piloter son agriculture de manière autonome et résiliente.

Or, face à la concentration des outils numériques entre les mains d'acteurs globaux, il devient urgent d'imaginer une réponse européenne structurée. Celle-ci ne peut se réduire à la régulation ou à la protection juridique. Elle exige la construction d'alternatives concrètes : infrastructures souveraines, outils *open source*, gouvernance partagée, formation de compétences hybrides. Elle suppose également une vision politique forte, qui fasse de l'agriculture un secteur stratégique à part entière dans les politiques numériques, à l'égal de la santé ou de la défense.

Le Grand Défi consacré à l'intelligence artificielle agricole proposé ici serait un tel levier. En s'ancrant dans les territoires, en coopérant à l'échelle européenne, en s'appuyant sur des communs numériques auditables et interopérables, il incarnerait un modèle d'innovation distribuée, éthique, robuste. Il traduirait en actes une souveraineté ouverte, fondée sur la confiance, la mutualisation et l'utilité collective.

Ce modèle offrirait également une réponse aux défis géopolitiques et environnementaux. Dans un monde soumis aux tensions d'accès aux ressources, au dérèglement climatique et à la fragmentation technologique, disposer de ses propres infrastructures de décision agricole n'est plus un luxe : c'est une condition de résilience. C'est aussi une manière de restaurer une capacité d'agir locale et démocratique face à des systèmes numériques souvent conçus hors sol.

HACKATHON SIA PARIS 2025

POC D'AGENTS IA UTILISANT LA GÉOLOCALISATION



Simulateur de rendement prévisionnel



Figure 1 : Simulateur de rendement prévisionnel (Source : La Ferme Digitale, hackathon SIA Paris 2025).

Enfin, cette stratégie pourrait inspirer d'autres secteurs exposés aux mêmes dynamiques de dépendance et de complexification. L'agriculture, parce qu'elle est à la fois ancrée dans le vivant, dans les territoires et dans les régulations publiques, peut devenir un terrain pionnier d'une reconquête numérique européenne. Une reconquête qui ne se conçoit pas contre les autres, mais au service de biens communs et de la souveraineté de chacun.

HACKATHON SIA PARIS 2025

POC D'AGENTS IA UTILISANT LA GÉOLOCALISATION



Simulateur technico-économique pour robots agricoles

A **Problématique :** Réduire les coûts d'épidémiologie-surveillance en proposant le robot le plus adapté par rapport à un contexte agricole donné.

B Architecture de la solution **RoboDetect**

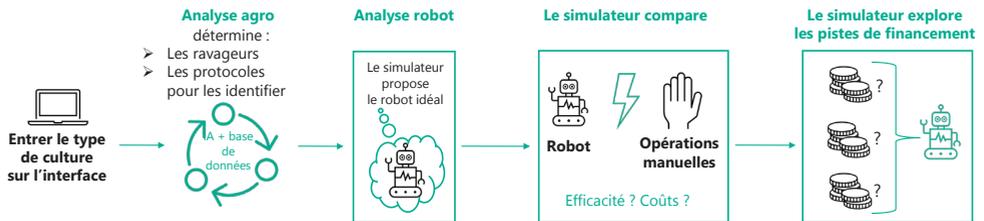


Figure 2 : Simulateur technico-économique pour robots agricoles (Source : La Ferme Digitale, hackathon SIA Paris 2025).

HACKATHON SIA PARIS 2025

POC D'AGENTS IA UTILISANT LA GÉOLOCALISATION



Simulateur d'impact anticipé du changement climatique sur la production

A **Problématique :** Pérenniser les exploitations agricoles face aux aléas climatiques en développant stratégiquement l'ombrage.

B Architecture de la solution **ClimaSIA**

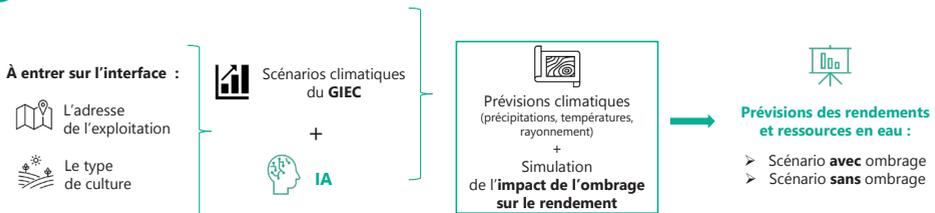


Figure 3 : Simulateur d'impact anticipé du changement climatique sur la production (Source : La Ferme Digitale, hackathon SIA Paris 2025).

BIBLIOGRAPHIE

DONLON J. J. (2023), « Le programme des Instituts nationaux de recherche en intelligence artificielle et son importance pour un avenir prospère », National Science Foundation.

AIIRA – AI Institute for Resilient Agriculture, Iowa State University, <https://aiira.iastate.edu/>

AgAID – Agricultural AI for Transforming Workforce and Decision Support, Washington State University, <https://agaid.org/>

AIFS – AI Institute for Next Generation Food Systems, University of California, <https://aifs.ucdavis.edu/>

GAIA – Générative Artificial Intelligence for Agriculture, Feuille de route, avril 2025, <https://www.gaia-ia.org/>

OSFarm – Open Source Farm, plateforme logicielle pour la souveraineté numérique agricole, <https://osfarm.org/>

COMMISSION EUROPÉENNE (2022), Data Act – Règlement sur l'utilisation équitable des données, Bruxelles.

COMMISSION EUROPÉENNE (2023), Artificial Intelligence Act – Règlement sur l'IA, Bruxelles.

INRAE (2024), « L'agriculture numérique en Europe : état des lieux et perspectives », rapport stratégique, Paris.

ACTA (2023), « Pour une gouvernance partagée des données agricoles », Cahiers de l'innovation, Paris.

Christian Huyghe à propos des communs en agriculture, <https://shs.cairn.info/revue-projet-2022-4-page-80?lang=fr>

Les communs numériques par Serge Abiteboul (académicien), https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/informatique/vive-les-communs-numeriques-_9782415007980.php

L'information sur les ressources en eau

Par François HISSEL

Office français de la biodiversité

Le système d'information national sur l'eau est né il y a plus de 30 ans d'une initiative de rapprochement des données issues des dispositifs de suivi de la qualité et de la ressource en eau. En fédérant une multitude d'acteurs publics autour d'un même espace commun de données, en établissant des règles partagées pour garantir la cohérence et l'interopérabilité des données issues de diverses sources, il a permis de disposer d'un socle de connaissance homogène à l'échelle nationale et mobilisable pour mettre en œuvre les politiques nationales et communautaires de gestion de l'eau.

Ce commun numérique est aujourd'hui confronté à de nouveaux défis liés d'une part à l'exacerbation des questions relatives au partage de la ressource en eau et au maintien de sa qualité dans le contexte des changements globaux, et d'autre part à la transformation des usages du numérique et des données dans la société.

INTRODUCTION

En France comme ailleurs, la gestion de l'eau est confrontée à des défis croissants. La raréfaction de la ressource sous l'effet du changement climatique, l'augmentation des périodes de sécheresse, la pollution liée aux activités agricoles ou industrielles, ainsi que les tensions entre usages (eau potable, irrigation, besoins industriels, préservation des milieux) rendent l'équation de plus en plus complexe. Dans ce contexte, les données relatives à l'eau occupent une place centrale : elles permettent d'évaluer l'état des masses d'eau, de suivre l'évolution des pressions qui s'y exercent, de planifier les actions de préservation et de garantir le respect des objectifs fixés par les directives européennes.

Le système national d'information sur l'eau a été conçu par les acteurs publics de la gestion de l'eau pour répondre à ce besoin de pilotage des politiques publiques, éclairé par une connaissance des territoires et de l'impact des mesures entreprises. Mais cette fonction essentielle de mobilisation des données s'accompagne de multiples défis : comment assurer leur fiabilité, leur mise à jour régulière, leur accessibilité pour les différents publics ? Comment rendre lisibles des indicateurs complexes sans appauvrir leur portée scientifique ? Et comment arbitrer entre des exigences parfois contradictoires de transparence, d'exhaustivité et de clarté ?

LE SYSTÈME D'INFORMATION NATIONAL SUR L'EAU

Des premiers réseaux de suivi au système des données publiques de l'eau

La première loi sur l'eau promulguée en 1964 définit les bases du cadre français de la gestion de l'eau par bassin hydrographique, érige le principe dit « pollueur-payeur » et

institue l'inventaire national des pollutions des eaux superficielles (Zaiter et Destandau, 2020). Dès 1971, la qualité des eaux est suivie par un réseau de 957 stations réparties sur le territoire hexagonal (Laronde et Petit, 2010). Les réseaux développés par les agences de l'eau étaient par nature très hétérogènes. En 1987, en vue d'établir un réseau de suivi pérenne et des mesures homogènes sur le territoire, l'État met en place le réseau national des bassins qui est formalisé par un protocole signé avec les agences de l'eau et qui établit un socle de règles minimales destinées à garantir la cohérence des observations et des échantillonnages.

Un nouveau protocole signé en 1992 élargit le périmètre en incluant dans le réseau d'autres organismes producteurs de données : Conseil supérieur de la Pêche, BRGM, Ifremer... Plus centré sur le partage des données que sur le maintien des réseaux, il vise à garantir l'harmonisation des données et leur diffusion à l'échelle nationale en associant l'ensemble des producteurs de données aux travaux. Dans le cadre de ce protocole, l'Office international de l'eau opère à partir de 1993 le Sandre¹ dont l'objectif est de développer et de promouvoir un langage commun aux acteurs de l'eau.

Lorsque la directive-cadre sur l'eau est adoptée en 2000, la France est ainsi déjà dotée d'un outil robuste et efficace pour répondre à ses obligations d'évaluation et de rapportage, ainsi que d'un socle précieux de données sur lequel appuyer les travaux de recherche nécessaires au développement d'indicateurs et d'outils de diagnostic. Un nouveau protocole du **système d'information sur l'eau (SIE)** est conclu en 2003 ; il rappelle les règles qui s'appliquent aux producteurs et gestionnaires de données, étend le périmètre des données collectées à celles issues de déclarations administratives, de recensements et d'enquêtes, et surtout établit une gouvernance nationale et territoriale pour l'évolution du système d'information. Ce protocole est imprégné des engagements pris dans le cadre de la convention d'Aarhus puisqu'il impose également la mise à disposition gratuite et pour tous des données collectées, hors secrets fondés en réglementation.

Le décret du 25 mars 2007² qui crée l'Office national de l'Eau et des Milieux aquatiques lui confie la mission d'élaborer un « référentiel technique permettant l'interopérabilité de ses dispositifs de recueil, de conservation et de diffusion ». Autrefois régi par un document contractuel, le SIE devient désormais un dispositif réglementaire, coordonné par le nouvel Office qui en établit les règles communes. L'arrêté du 26 juillet 2010 approuvant le schéma national des données sur l'eau³ précise le périmètre du système d'information, les acteurs impliqués dans sa mise en œuvre ainsi que leur rôle, le contenu du référentiel technique des règles et méthodologies à respecter, et les modalités de diffusion des données.

Le SIE ainsi constitué présente cependant une lacune importante : son périmètre est cloisonné aux seules données utiles à la planification et à la gestion de la qualité et de la quantité des eaux, des missions historiquement portées par les agences de l'eau et les services déconcentrés de l'État. Il omet ainsi de nombreuses données nécessaires pour caractériser les pressions qui s'exercent sur la ressource en eau ou documenter les efforts menés par l'État, ses opérateurs et les collectivités en faveur du bon état. Ces données sont pourtant indispensables pour caractériser les liens entre activités humaines et état des milieux et des ressources. Or, ces données restent confinées dans des silos isolés du système national. Le nouveau schéma national de données, approuvé par l'arrêté du 19 octobre 2018⁴, vise à corriger ces faiblesses : il repositionne le SIE comme un *corpus* de méthodes et de références (imposées réglementairement) et une bibliothèque d'outils

¹ Service d'administration national des données et référentiels sur l'eau.

² <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGIARTI000006261755/2007-03-27/>

³ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000022734282>

⁴ <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGIARTI000037664926/2018-12-01/>

destinés à garantir la cohérence, l'interopérabilité et à faciliter l'accès aux données sur l'eau, au sein d'un **système des données publiques de l'eau**, plus large puisqu'il englobe l'ensemble des politiques publiques de l'eau : milieux humides, réglementation des usages, petit cycle de l'eau, prévention des inondations... Il prévoit que chacune de celles-ci se dote progressivement d'un schéma propre de données qui doit définir les responsabilités en termes de production des données, tout en imposant le référentiel du SIE comme un référentiel commun.

Des services numériques qui ont contribué à une meilleure connaissance des milieux et ressources

Le cœur du SIE est ainsi son référentiel technique, garant de la cohérence et de l'interopérabilité des données qui y sont versées. L'interopérabilité recherchée est à la fois syntaxique (disposer de formats d'échanges communs entre émetteurs et récepteurs des données) et sémantique (émetteurs et récepteurs accordent la même signification à chaque terme utilisé). Par cohérence, on entend qu'une donnée collectée par un producteur donné est comparable à une donnée du même type collectée par un autre producteur sur un autre territoire ; ceci suppose que les deux s'accordent sur le moyen de collecter ou de produire la donnée.

Le référentiel technique contient ainsi :

- des **jeux de données de référence**, qui décrivent des objets relativement immuables et sur lesquels s'appuient la plupart des jeux de données d'observation : des exemples en sont la BD Topage – référentiel hydrographique national à l'échelle métrique, la BD Lisa – référentiel hydrogéologique national ;
- des **dictionnaires** destinés à préciser le sens des termes et des concepts ;
- des **spécifications** de formats ou de protocoles d'échange de données, à l'exemple du standard Edilabo qui régit les échanges de données analytiques entre un laboratoire prestataire et son commanditaire ;
- des **outils de vérification de la conformité aux standards** utilisables par les producteurs de données pour tester leurs jeux de données et les corriger ;
- des **protocoles et méthodes standardisés** pour la production des données, par des prélèvements sur site, des analyses en laboratoire, ou la combinaison d'autres données déjà collectées ; un exemple en est le protocole d'analyse des PFAS à chaînes courtes ; le système d'évaluation de l'état des eaux donne accès à des dizaines d'API qui permettent d'appliquer les méthodes réglementaires d'évaluation de la qualité des eaux, garantissant ainsi que ces méthodes pourtant issues de traitements mathématiques et statistiques complexes soient appliquées de façon identique sur l'ensemble du territoire ;
- des **éléments de doctrine** qui s'appliquent aux jeux de données qui ont vocation à intégrer le SIE, comprenant par exemple les décisions relatives aux licences de réutilisation des données.

En outre, le SIE offre aussi des services numériques d'accès à la donnée, regroupés sous un portail unique accessible à l'adresse <https://www.eaufrance.fr>. Sauf exception fondée en droit, ces données sont ouvertes en *open data*. Le portail donne aujourd'hui accès à des dizaines de jeux de données nationaux mis à jour régulièrement. Beaucoup sont aujourd'hui accessibles *via* des API, qui permettent à des organismes tiers de développer des applications à valeur ajoutée connectées avec le SIE.

... mais qui présentent encore de nombreuses lacunes

Même si le SIE a permis aux acteurs publics de mettre en œuvre leurs obligations en matière de pilotage des politiques de l'eau ou de rapportage, il lui reste encore de nombreux progrès à accomplir pour mieux éclairer le débat public.

En premier lieu, il convient de rappeler que la plupart des bases de données ont été conçues dans un objectif d'appui à la mise en œuvre des politiques de l'eau à grande échelle (bassin ou France). Même si elles comportent aujourd'hui de nombreuses données, elles ne sont **pas toutes adaptées à une gestion territoriale de l'eau**, à l'échelle d'un schéma d'aménagement et de gestion des eaux ou d'une municipalité.

De nombreuses données sont aujourd'hui **lacunaires** et difficiles à exploiter en raison de la procédure même de collecte. À titre d'exemple, nous ne connaissons pas encore aujourd'hui en France les prélèvements sur la ressource en eau en période de stress hydrique. Cette information est en partie aux mains des services instructeurs en charge de l'instruction des autorisations pour les prélèvements, en partie de l'OFB qui récupère les données des prélèvements soumis à redevances (au-dessus de 10 000 m³/an), et en partie des préleveurs eux-mêmes qui suivent leurs consommations. Ces données ne sont ni consolidées ni exhaustives.

Il existe aussi souvent un délai important entre le fait générateur et la mise à disposition de données exploitables à une échelle nationale, en particulier pour les données issues de procédures administratives soumises à un délai de déclaration de quelques mois à un an. S'y ajoutent les délais de bancarisation et de validation des données. Cela conduit le plus souvent à des données exploitables qui portent sur des faits datés d'au moins un an.

Enfin, l'accent a bien souvent été mis sur la capitalisation et l'ouverture des données, plus que sur l'aide à leur réutilisation. Cette volonté s'inscrit dans le mouvement engagé par la France de promouvoir l'accès aux données avec la promulgation de diverses lois comme la loi Lemaire en 2016. Cependant, cet effort de diffusion des données s'est parfois fait au détriment de l'information qui consiste à dériver de la donnée des produits adaptés à des publics donnés, contextualisés pour faciliter la prise de décision et la compréhension des enjeux. Un mythe largement répandu affirme que la seule mise en ligne des données suffit à susciter de nouveaux usages à valeur ajoutée (Janssen, Charalabidis et Zuiderwijk, 2012) : on sait aujourd'hui que cela ne suffit pas à l'appropriation des données.

LES NOUVEAUX DÉFIS

Progresser vers des données de qualité, ouvertes, interopérables

L'ouverture des données doit s'accompagner d'une amélioration de leur accessibilité et de leur réutilisabilité, dans la logique FAIR⁵ préconisée par le plan national sciences ouvertes. Cela signifie par exemple que les données doivent être facilement repérables *via* des catalogues et des outils de recherche, que les formats de mise à disposition doivent être lisibles de façon automatisée par des machines.

La capacité d'anticipation des pouvoirs publics dépend aussi de la possibilité d'exploiter ces données grâce à des **modèles prédictifs, voire prospectifs** qui simulent des phénomènes physiques, sociaux, économiques en s'appuyant sur l'état initial (et connu) des paramètres qui les décrivent. Au-delà de l'ouverture des données, le système d'informa-

⁵ FAIR : findable, accessible, interoperable, reusable.

tion doit aussi s'attacher à pérenniser, ouvrir et faciliter l'usage des modèles numériques capables d'opérer sur ces données. Il s'agit de développer progressivement des jumeaux numériques de nos socio-écosystèmes afin d'en mieux comprendre les déterminants et les évolutions.

Innover en matière de collecte et de traitement des données

De nouvelles technologies sont aujourd'hui à disposition pour mieux caractériser l'état des eaux, et le SIE doit se mettre en capacité de les absorber. Les méthodes analytiques se raffinent sans cesse, et donnent accès à la détection de substances présentes dans les eaux à des teneurs plus faibles qu'autrefois : les **échantillonneurs intégratifs passifs**, ou la micro-spectrométrie par effet Raman sont utilisés aujourd'hui avec succès pour quantifier les micropolluants et nano-plastiques dans les eaux. Les méthodes d'**analyses non ciblées** permettent de détecter des composés organiques non suspectés, y compris après la dégradation de l'échantillon prélevé. En biologie, les techniques fondées sur l'**ADN environnemental** rendent possible la détection d'espèces très rares dans les rivières, tout en facilitant l'« industrialisation » des analyses qui ne nécessitent plus de compétences avancées en détermination d'espèces cryptiques. Les **données satellitaires** présentent aussi un potentiel important pour caractériser les surfaces en eau et certains paramètres de qualité (températures, chlorophylle-A, turbidité).

Enfin, le volume de données de qualité aujourd'hui disponibles sur l'eau ouvre la voie à l'application d'algorithmes d'intelligence artificielle pour mieux modéliser le fonctionnement des différents réservoirs du cycle de l'eau.

Documenter les changements globaux et éclairer les nouvelles politiques publiques

Avec près de 3 000 m³ d'eau douce disponibles par habitant chaque année⁶, la France figure parmi les pays du monde les mieux dotés en or bleu. Cette situation apparente de sécurité hydrique caractérisée par des équilibres globaux des volumes prélevés et des apports issus des précipitations cache cependant de fortes disparités inter-saisonniers ou entre les territoires. Ainsi, chaque année de 2015 à 2023 (sauf 2021), des restrictions des usages de l'eau ont été imposées en période estivale dans plus de 50 % des départements. Le stress hydrique tendra à s'intensifier à cause du **changement climatique**. Ainsi, le projet Explore 2 estime que les sécheresses hydrologiques s'intensifieront dans le Sud de la France d'ici à la fin du siècle (- 40 % QMNA5) (Sauquet, Siauve, Bornancin-Plantier, Jacquin *et al.*, 2024).

À la probable augmentation du stress hydrique s'ajoutent les enjeux de **maintien d'une eau de qualité propre** à la vie aquatique et à la consommation. Les nouveaux usages entraînent l'apparition de nouvelles molécules dans l'eau. Entre 1980 et 2023, 14 300 captages nécessaires à la production d'eau potable ont été fermés en France⁷, le plus souvent en conséquence de pollutions diffuses. Seuls 43,1 % des masses d'eau sont en bon état écologique en 2019. 76 % des espèces d'eau douce et 91 % des habitats humides d'intérêt communautaire présentent un état de conservation défavorable sur la période 2013-2018⁸. Le maintien d'une eau de qualité, apte à héberger des écosystèmes aquatiques, est un enjeu

⁶ L'eau douce disponible est la quantité totale d'eau apportée par les précipitations dont est soustraite la part qui retourne à l'atmosphère par évaporation ou évapotranspiration.

⁷ Le nombre peut être comparé aux 33 000 captages en service en 2023.

⁸ <https://naturefrance.fr/indicateurs/etat-de-conservation-des-milieus-humides-naturels>

crucial pour l'humanité⁹. Aussi, les politiques de surveillance doivent s'adapter en permanence pour tenir compte de ces nouvelles menaces, et les données qui en résultent doivent également être partagées et exploitées pour détecter précocement les signaux d'alerte.

Passer de la donnée à l'information

À une époque où les sources d'information officieuses (réseaux sociaux, forums) tiennent dans le quotidien des Français une place plus importante que les canaux traditionnels, les risques de désinformation sont majeurs. Dans ce contexte où l'infobésité se substitue au manque d'information, les acteurs publics ne doivent plus se contenter de mettre à disposition la donnée, mais doivent également aider les gestionnaires à se repérer dans la masse d'informations, et à extraire pour le grand public des explications fiables sur l'état de son environnement. Cela peut passer par la diffusion régulière de dossiers thématiques qui font le point sur un sujet en explorant les diverses sources de données qui décrivent la situation actuelle, de **notes de conjoncture** qui mettent l'évolution des tendances en regard des politiques actuelles, ou des notes de prospective qui véhiculent des récits sur le monde que nous laisserons à nos enfants si les tendances actuelles perdurent. Tous ces éléments contribuent à la prise de conscience vis-à-vis des enjeux environnementaux et à la lutte contre la désinformation.

Mais au-delà de la forme de la diffusion, la notion de **confiance** accordée à l'émetteur est primordiale pour que le message soit écouté et pris en considération. Or, tout indicateur ou toute représentation de données est un parti pris sur la réalité (Paradeise, 2013), retranscrite sur une échelle de valeur édifée par son concepteur ; il peut donc être contesté par les opposants à ce message. Pour limiter la dispersion que peut engendrer la mise au même niveau de différentes visions de la réalité, la puissance publique doit s'attacher à coproduire les indicateurs en lien avec les parties prenantes, et en les fondant sur un discours scientifique. La transparence et la reproductibilité des méthodes appliquées pour le calcul de l'indicateur concourent également à la confiance accordée.

Refonder le rôle de l'État dans un commun numérique collectif

La démocratisation des technologies numériques associée à la diminution des coûts du stockage de la donnée et de son traitement et à l'amélioration des débits des réseaux depuis le début des années 2000 a ouvert la porte à de nouveaux acteurs de la donnée environnementale. L'État n'a plus le monopole de la production et de l'interprétation des données, et c'est tant mieux ! Les entreprises privées et acteurs territoriaux de l'eau se structurent progressivement autour d'espaces communs de données pour former un marché unique de la donnée et mieux exploiter sa valeur stratégique ; des espaces communs sont déjà nés dans les secteurs de l'agriculture, de la mobilité, et les réflexions sont initiées pour le secteur de l'eau. Les ONG et les médias s'emparent des données des bases nationales pour mettre en lumière des enjeux de société et provoquer une prise en charge politique : ainsi les articles des *data* journalistes et les rapports d'ONG ont largement contribué à révéler au grand public au début de la décennie la présence répandue des PFAS¹⁰ dans l'environnement, et ont suscité des réactions rapides de la part des

⁹ WWF a estimé en 2023 que la valeur économique des usages de l'eau représentait 60 % du PIB mondial, dont les 7/8^e découlent de bénéfices indirects liés aux écosystèmes aquatiques (protection contre les écosystèmes et les sécheresses, purification de l'eau).

¹⁰ Substances per- et poly-fluoroalkylées utilisées dans de nombreux *process* industriels et dans des produits de consommation courante comme les textiles et les ustensiles de cuisine, qui présentent des risques importants pour la santé humaine et l'environnement d'autant qu'ils sont très peu dégradés et éliminés par les organismes et ont tendance à s'accumuler au fil de l'exposition.

gouvernements¹¹. Même si de nombreuses données étaient déjà présentes dans les bases en *open data*, c'est la vigilance exercée par ces groupes tiers qui a permis d'accélérer la prise de décision. L'État doit composer avec ces nouveaux acteurs, faciliter leur accès à la donnée et tirer parti au mieux de leur capacité de valorisation de la donnée.

À l'inverse, la facilité de déployer de nouvelles solutions numériques conduit à un foisonnement de sites de diffusion, plus ou moins synchronisés avec les bases qui font référence, qui exploitent des données de qualité variable, et qui peuvent amener à une dispersion de l'information ou pire encore à la construction de récits biaisés du fait d'une mauvaise interprétation des données ou de malveillance volontaire. En parallèle, des initiatives naissent pour développer de nouvelles banques de données, en s'appuyant sur leurs propres référentiels, leurs propres critères de qualité, au détriment de l'interopérabilité des données. L'État doit dans ce contexte passer **d'un rôle de producteur à un rôle de régulateur** : il doit ériger des règles communes afin de garantir la qualité et la cohérence des données, et établir une plateforme de confiance sur laquelle les services tiers à valeur ajoutée peuvent s'appuyer (Bertholet et Létourneau, 2017).

BIBLIOGRAPHIE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2003), « Protocole du système d'information eau », [En ligne], [s.l.], Disponible sur : <https://odr.inrae.fr/intranet/carto/cartowiki/images/7/7f/ProtocoleSIE.pdf>

BERTHOLET C. & LÉTOURNEAU L. (2017), Ubérisons l'État avant que d'autres ne s'en chargent, [s.l.], [s.n.].

JANSSEN M., CHARALABIDIS Y. & ZUIDERWIJK A. (2012), "Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government", *Information Systems Management*, [En ligne], septembre, Vol. 29, n°4, pp. 258268, Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/10580530.2012.716740>

LARONDE S. & PETIT K. (2010), « Bilan national des efforts de surveillance de la qualité des eaux », [s.l.], Office national de l'eau et des milieux aquatiques, Office international de l'eau.

PARADEISE C. (2013), « Le sens de la mesure. La gestion par les indicateurs est-elle gage d'efficacité ? », *Revue d'économie du développement*, [En ligne], février, Vol. 20, n°4, pp. 6794, Disponible sur : <https://doi.org/10.3917/edd.264.0067>

SAUQUET É., SIAUVE S., BORNANCIN-PLANTIER A., JACQUIN N. *et al.* (2024), « Explore 2 : anticiper les évolutions climatiques et hydrologiques en France », [s.l.], INRAE, Oieau.

ZAITER Y. & DESTANDAU F. (2020), « Une histoire de la surveillance de la qualité de l'eau des milieux naturels en France », *TSM : Techniques Sciences Méthodes – Génie urbain, génie rural*, [En ligne], Disponible sur : <https://hal.science/hal-03373526>

¹¹ Un plan interministériel sur les PFAS a été publié début 2023 avec l'objectif de mieux connaître l'exposition à ces substances et de réduire les risques liés.

Les leviers de la souveraineté en Europe

Par Charles-Pierre ASTOLFI

Entrepreneur, CTO de Seedfence

Cet article propose une réflexion sur la souveraineté numérique européenne, entendue comme la capacité à décider et à agir de manière autonome dans le champ du numérique. Après avoir exposé les enjeux liés à la définition même de la souveraineté numérique, l'analyse distingue deux dimensions essentielles : la souveraineté capacitaire, c'est-à-dire la capacité à disposer d'un écosystème technologique autonome, et la souveraineté juridique, soit la faculté d'édicter et de faire respecter des normes. L'article met également en lumière l'interdépendance entre ces deux dimensions.

Systématiquement, mon téléphone mobile corrige « y a-t-il » en « y a-t'il ». Rechercher un « café » dans une application de cartographie de type Google Maps privilégie les *coffee shops* aux brasseries. Ces détails, en apparence anodins, sont révélateurs d'une réalité plus profonde : la plupart des applications que nous utilisons au quotidien sont conçues par des entreprises américaines puis « localisées », avec un effort de qualité très variable, pour les marchés européens. Ce processus d'adaptation, souvent partiel, génère inévitablement des décalages culturels et fonctionnels.

L'enjeu ne se limite pas à la sphère individuelle : l'exemple récent du procureur de la Cour pénale internationale, soudainement privé d'accès à ses courriels professionnels hébergés chez Microsoft à la suite de sanctions géopolitiques, montre combien cette dépendance technologique peut affecter jusqu'aux institutions internationales les plus légitimes.

Ces trois exemples illustrent les mécanismes par lesquels notre capacité à définir nos propres normes et à affirmer nos préférences peut progressivement s'éroder. C'est à partir de cette observation que s'impose la question de la souveraineté numérique : de quels leviers dispose l'Union européenne (UE) pour préserver, dans l'univers numérique, la capacité à décider selon ses propres intérêts et valeurs ?

QU'EST-CE QUE LA SOUVERAINÉTÉ NUMÉRIQUE ?

Dans son rapport de 2024 consacré à la souveraineté, le Conseil d'État la définit comme « la capacité de décider en dernier ressort et d'imposer sa décision, sur un territoire et à une population donnés ». Or, le numérique se singularise précisément par la difficulté à délimiter le territoire et la population concernés par les services et infrastructures.

Dès lors, définir les contours et les objectifs d'une souveraineté numérique constitue en soi un exercice complexe. Cette difficulté explique la pluralité des acceptions du terme, que l'on retrouve dans la littérature comme dans le débat public. Devenue à la fois concept académique et slogan politique, la « souveraineté numérique » jouit d'un pouvoir d'évocation certain, tout en demeurant particulièrement polysémique.

Certains acteurs défendent une approche étatique, voire protectionniste, fondée sur le développement de solutions nationales ou strictement européennes ; d'autres privilégient

une démarche plus ouverte, visant à construire une souveraineté européenne qui serait plutôt une stratégie de gestion de nos dépendances à d'autres entités ou régions du monde.

Dans cet article, nous retiendrons deux dimensions principales de la souveraineté numérique : la souveraineté capacitaire et la souveraineté juridique.

La souveraineté capacitaire renvoie à la capacité de faire émerger et de maintenir un écosystème technologique européen, afin de réduire la dépendance à l'égard de fournisseurs extra-européens. Il s'agit ici de se doter des moyens techniques, industriels et économiques nécessaires à la création d'un écosystème industriel européen, qui constituerait un levier de négociation géopolitique. Une souveraineté numérique sans opérateurs capables de la mettre en œuvre resterait largement théorique.

La souveraineté juridique, quant à elle, consiste à assurer la maîtrise des usages, des données et de leur régime juridique. Il s'agit en particulier de garantir que les usages et les données concernant les citoyens européens ne puissent être soumis à des décisions ou des législations étrangères susceptibles d'entrer en contradiction avec nos intérêts ou nos valeurs.

LA SOUVERAINETÉ CAPACITAIRE : SAVOIR FAIRE ET SAVOIR-FAIRE

La souveraineté capacitaire désigne la capacité à orienter, concevoir, produire, déployer et maintenir de manière autonome les technologies et infrastructures numériques les plus critiques. Elle implique de détenir des compétences industrielles, scientifiques et techniques, ainsi que de maîtriser les chaînes de valeur clefs. Cette souveraineté conditionne la crédibilité de l'Union européenne lors des négociations internationales : disposer d'une alternative européenne crédible constitue à la fois un levier de négociation, un moyen d'acquérir des compétences internes permettant de formuler des exigences éclairées et un facteur de maintien des capitaux sur le territoire européen, plutôt que de les voir partir vers d'autres continents. Il n'est pas nécessaire que toute la filière soit strictement européenne, mais la présence d'une alternative solide est souvent déterminante, notamment pour les secteurs les plus sensibles (par exemple : l'hébergement des données de santé, la certification SecNumCloud¹, etc.). Enfin, au-delà de la seule autonomie stratégique, la souveraineté capacitaire garantit à l'UE sa part du marché des services numériques, secteur hautement profitable et stratégique pour l'avenir.

Sans cette capacité d'action, toute ambition de souveraineté juridique demeure théorique : il ne suffit pas d'édicter des normes pour garantir leur application effective si les acteurs capables de les mettre en œuvre n'existent pas ou sont dépendants d'intérêts extérieurs.

Aujourd'hui, la domination étrangère s'observe surtout sur les grandes plateformes, moteurs de recherche, services de *cloud* public et applications d'intelligence artificielle générative : les principaux fournisseurs (Google, Microsoft, Amazon, OpenAI, Meta) sont tous extra-européens, et l'offre européenne y reste marginale. Cette situation accroît la dépendance de l'Union européenne vis-à-vis de normes, de technologies et de priorités qui ne lui appartiennent pas.

Ces dépendances se traduisent par une perte d'autonomie de décision : l'impossibilité de garantir la confidentialité ou la localisation des données, la soumission aux lois extra-

¹ <https://cyber.gouv.fr/actualites/lanssi-actualise-le-referentiel-secnumcloud>

territoriales², ou encore la difficulté à imposer des standards techniques qui reflètent les priorités et valeurs européennes.

On l'a vu par exemple avec l'invalidation par la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) des accords de transfert de données entre l'UE et les États-Unis (arrêts "Schrems I et II"³), qui ont mis en lumière l'insuffisance des garanties offertes par les *clouds* américains pour la protection des données européennes.

L'absence de souveraineté capacitaire place l'UE dans une situation de vulnérabilité. Elle se traduit par une perte d'autonomie stratégique : la dépendance à l'égard d'acteurs extérieurs limite la marge de manœuvre, comme en témoignent les débats autour de l'utilisation du *cloud* américain pour l'hébergement du Health Data Hub français, ou l'usage généralisé des outils de Microsoft Office dans l'administration.

La récente crise des semi-conducteurs, qui a paralysé de nombreuses filières industrielles pendant la pandémie de Covid-19, illustre également cette fragilité face aux aléas des chaînes d'approvisionnement.

En outre, l'absence de capacités propres affaiblit le pouvoir de négociation de l'UE sur la scène internationale : sans écosystème industriel solide, les ambitions réglementaires européennes risquent de se heurter à des contraintes matérielles et techniques qui en limitent la portée réelle. À l'inverse, disposer d'acteurs industriels de référence permettrait non seulement de soutenir une ambition normative forte, d'exiger la réciprocité dans l'accès aux marchés et de garantir une influence européenne dans l'élaboration des standards mondiaux, mais aussi, lorsque l'Union européenne détient une position de force sur certaines technologies ou filières stratégiques (par exemple, avec ASML et la maîtrise des équipements de lithographie avancée pour la fabrication de puces électroniques), de renforcer sa capacité à peser dans les négociations internationales.

La souveraineté capacitaire ne peut émerger sans un écosystème industriel et scientifique intégré, capable d'innover, de produire et de maintenir sur le long terme les technologies essentielles. Cela suppose d'abord l'existence d'une base industrielle : fabricants de composants, fournisseurs de services numériques, laboratoires de recherche et entreprises innovantes.

Le soutien public joue un rôle structurant : politiques industrielles, financement de la recherche, soutien à l'investissement dans les infrastructures, mais aussi commande publique sont autant de leviers. La commande publique, en particulier, pourrait orienter le marché vers des solutions européennes et servir de tremplin aux jeunes entreprises, à l'image des politiques menées dans les secteurs de la défense ou de l'aéronautique.

Parmi les initiatives récentes, on peut citer le European Chips Act, qui vise à relocaliser une partie de la production de semi-conducteurs au sein de l'Union européenne afin de sécuriser l'approvisionnement en composants stratégiques. Autre exemple, le référentiel SecNumCloud porté par l'ANSSI, qui établit des exigences strictes pour l'hébergement *cloud* des données sensibles, dans le but de garantir leur contrôle effectif par des acteurs soumis uniquement au droit européen.

La souveraineté capacitaire ne peut être un absolu et il n'est ni souhaitable ni possible que l'UE soit autonome sur toutes les chaînes de valeur numériques. L'objectif est de sécuriser les actifs essentiels, de réduire les dépendances critiques et de renforcer la position de l'Union européenne dans la gouvernance du numérique mondial. C'est à cette condition que l'UE pourra préserver, dans un environnement numérique mondialisé, la

² Voir par exemple : https://www.ifri.org/sites/default/files/migrated_files/documents/atoms/files/leblancwohrer_comply_or_die_2018.pdf

³ <https://www.cnil.fr/fr/presentation-de-larret-schrems-ii-de-la-cjue>

capacité à défendre ses intérêts et à s'appuyer sur sa puissance industrielle pour diffuser ses propres valeurs au-delà de ses frontières. En renforçant sa souveraineté capacitaire, l'UE se donne ainsi les moyens non seulement de protéger son autonomie, mais aussi d'influencer les standards et les pratiques du numérique à l'échelle internationale.

LA SOUVERAINETÉ JURIDIQUE : LA NORME COMME LEVIER D'INFLUENCE

La souveraineté juridique, dans le champ numérique, désigne la capacité d'un État ou d'un ensemble d'États à édicter et à imposer des règles qui s'appliquent à tous les acteurs du numérique opérant sur leur territoire, quels que soient leur origine ou leur modèle économique. L'Union européenne s'est progressivement imposée comme une puissance normative sur la scène numérique mondiale (le "Brussels effect"). Cette crédibilité tient largement à la taille de son marché intérieur : aucun acteur global ne peut sérieusement envisager de se priver de l'accès au marché européen, ce qui donne un pouvoir de négociation considérable à l'UE.

Parmi les instruments récents de cette souveraineté juridique figurent le Digital Services Act (DSA) et l'Artificial Intelligence Act (AI Act). Ces deux textes traduisent les choix de société propres à l'UE : ils incarnent la volonté d'interdire certaines pratiques considérées comme incompatibles avec les valeurs européennes, telles que la reconnaissance faciale en temps réel dans l'espace public, ou encore la diffusion non contrôlée de contenus haineux. Le DSA impose ainsi de nouvelles obligations aux grandes plateformes pour lutter contre la désinformation et les contenus illicites, garantir la transparence des algorithmes, et donner aux utilisateurs des voies de recours efficaces. L'AI Act, quant à lui, soumet les systèmes d'intelligence artificielle à des obligations différenciées selon leur niveau de risque et interdit explicitement certaines applications jugées attentatoires aux droits fondamentaux. Ces régulations sont le reflet d'une souveraineté assumée : l'Union européenne entend définir ses propres lignes rouges, même au prix de tensions avec les modèles économiques d'acteurs mondiaux.

À côté de ces textes défensifs, le Digital Markets Act (DMA) se présente comme un instrument offensif, visant à créer les conditions de l'émergence d'un écosystème numérique européen compétitif. Alors que les grandes plateformes structurantes ("gatekeepers") – principalement américaines – occupent une position dominante qui verrouille l'accès à des marchés à forte valeur ajoutée, le DMA impose de nouvelles règles de concurrence : interdiction de l'auto-préférence, obligation d'ouverture de certaines interfaces et données, possibilité d'interopérabilité accrue pour les messageries ou les services. L'objectif est de restaurer des conditions équitables pour les entreprises et, potentiellement, de permettre l'émergence de nouveaux acteurs, qui pourraient être européens.

Toutefois, la souveraineté juridique européenne ne s'exerce pas dans un vide géopolitique. Les grandes régulations européennes du numérique sont souvent perçues comme des menaces économiques ou politiques par les États-Unis ou la Chine, qui n'hésitent pas à user de leur propre puissance de marché ou de leur influence diplomatique pour peser sur les choix européens. À titre d'exemple, l'adoption du règlement général sur la protection des données (RGPD) avait déjà suscité d'importantes tensions commerciales entre l'Union européenne et ses partenaires internationaux. Plus récemment, en réaction aux contraintes imposées par le DSA et le DMA, des représentants américains ont évoqué la possibilité de mesures de représailles touchant d'autres secteurs économiques, comme l'automobile ou l'aéronautique.

Enfin, l'Union européenne innove aussi sur d'autres fronts réglementaires moins médiatisés. Ainsi, la Commission européenne intègre de plus en plus d'exigences environnementales dans le numérique : obligations de transparence sur l'empreinte carbone,

exigences de durabilité dans la conception des produits, ou inclusion du numérique dans les objectifs du Pacte vert européen.

La souveraineté juridique reste, pour l'Union européenne, un outil d'influence majeur dans le domaine numérique. Sa force de frappe réside dans la taille de son marché, qui incite les acteurs mondiaux à se conformer aux normes européennes. Cependant, l'affirmation de ces standards à l'échelle internationale s'accompagne de défis géopolitiques, obligeant l'UE à arbitrer entre ses intérêts économiques, politiques et stratégiques.



Figure 1 : Conflit de souveraineté
(Source : reddit.com, crédit photo : /u/Mnecgo).

VERS UNE ARTICULATION ENTRE SOUVERAINETÉ JURIDIQUE ET CAPACITAIRE

La souveraineté numérique ne saurait être réduite à une simple capacité à édicter des normes, ni à la seule possession d'infrastructures et de savoir-faire technologiques, eux-mêmes portés par les compétences appropriées. L'expérience européenne montre au contraire que ces deux dimensions – juridique et capacitaire – sont profondément interdépendantes : la norme n'a de portée que si elle peut s'appuyer sur un tissu industriel et scientifique apte à la mettre en œuvre, tandis qu'un écosystème technologique ne saurait pleinement servir les intérêts européens sans un cadre juridique cohérent, porteur de nos valeurs et de nos priorités.

Dans un environnement international marqué par la compétition technologique et la conflictualité géopolitique, la capacité de l'Union européenne à peser sur la scène

numérique mondiale repose ainsi sur l’articulation entre ces deux leviers. Renforcer la souveraineté capacitaire permet d’assurer la crédibilité et l’effectivité de la souveraineté juridique ; à l’inverse, un arsenal normatif ambitieux donne du sens et de la finalité à l’investissement dans des technologies européennes.

BIBLIOGRAPHIE

EUROPEAN COMMISSION (2021), “2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade”, Commission communication, Bruxelles.

EUROPEAN COMMISSION (2022), « Regulation (EU) 2022/2065 du 19 octobre 2022 relative à un marché unique des services numériques (Digital Services Act) », Journal officiel de l’Union européenne.

EUROPEAN COMMISSION (2022), « Regulation (EU) 2022/1925 du 14 septembre 2022 relative à des marchés numériques contestables et équitables (Digital Markets Act) », Journal officiel de l’Union européenne.

EUROPEAN COMMISSION (2023), “European Chips Act”, presse, Bruxelles.

CONSEIL D’ÉTAT (2024), « Étude annuelle sur la souveraineté ».

ANSSI (2023), « SecNumCloud », Agence nationale de la sécurité des systèmes d’information.

EUROPEAN PARLIAMENT & COUNCIL (2024), « Regulation (EU) 2024/1689 relative à l’intelligence artificielle (AI Act) », Journal officiel de l’Union européenne.

AP NEWS (2024), “ICC prosecutor hit by US sanctions loses access to Microsoft email”, *AP News*.

Politico (2025), “Big Tech fines, DMA threaten EU-US trade ties”, *Politico*.

SGDSN (2025), « Revue nationale stratégique 2025 », https://www.sgdsn.gouv.fr/files/files/Publications/20250713_NP_SGDSN_Actualisation_2025_RNS_FR.pdf

La souveraineté de la donnée est un pilier de la sécurité

Par le Colonel François NOËL

Chef du bureau géographie, hydrographie, océanographie et météorologie, sous la direction de l'État-Major des armées

L'histoire de la disparition de pans complets de la souveraineté numérique de la France n'est plus à écrire. L'adoption massive des technologies américaines a rapidement évincé les acteurs nationaux précurseurs en matière de systèmes comme le minitel ou de déploiement de réseaux comme Bull. Toutefois, l'histoire n'est pas finie.

Les sauts des technologies numériques sont plus que jamais significatifs. Les changements majeurs concernent également les enjeux géopolitiques. La contestation des règles internationales érigées après la seconde guerre mondiale s'étend. La compétition s'exerce dans tous les milieux et se transforme en guerres d'agression dans l'ensemble des champs d'action, matériels et immatériels.

Ce contexte métastable milite pour une réflexion d'ensemble sur la résilience des activités. La sécurisation des données devient alors un enjeu spécifique. Les sauts technologiques représentent autant d'opportunités à saisir pour reconquérir par morceaux la souveraineté de la donnée.

2017, au Moyen-Orient. Au sein du poste de commandement tactique, l'officier chargé des opérations vient d'annoncer un événement majeur. La tension est montée d'un cran. Il n'y a plus d'autres bruits que ceux des ordres, clairs et calmes. Tous les regards sont rivés vers l'écran. Les balises bleues pour les soldats français et vertes pour les miliciens alliés se déplacent rapidement. Le drone Reaper va bientôt arriver sur zone. L'image satellite qui sert de support au suivi de situation est un camaïeu de gris. Les transmissions sont hachées. Il faut laisser à l'équipe engagée sa liberté d'action. Sa capacité d'initiative tactique en dépend. Mais en attendant le compte rendu du terrain, l'État-Major évalue déjà les *scenarii* possibles de manœuvre et les options associées. L'analyse du terrain est primordiale. Le plan de ville, disponible, date d'avant le début des destructions. Le tracé des rues ne signifie plus grand-chose : les combattants circulent avant tout *via* des brèches dans les murs. On affiche les différentes données disponibles. Peu de choses. Des tracés GPS nombreux fournis par les partenaires peuvent-ils donner des indications sur les itinéraires potentiels de mouvement ? Non. Ils ne sont pas cohérents avec les mouvements observés des balises. Ils ne sont pas non plus cohérents entre eux d'ailleurs. Un rapide examen montre qu'ils proviennent de différents récepteurs. Les métadonnées ont des structures variables. Comment ces tracés ont-ils été obtenus ? À pied ou en véhicule ? Sont-ils de première main ou bien transmis de relève en relève ? Compte tenu de l'éloignement des premiers points, certains pourraient même provenir d'ennemis capturés. Et quelle est la précision de leur localisation dans cet environnement urbain tortueux ? Faute de réponses cohérentes, les données GPS sont écartées. L'État-Major se concentre sur la planification des appuis, en attendant une communication radio, ou au plus tard le drone dans quelques minutes.

L'analyse à froid de cette séquence tactique conclut à l'impossibilité de l'usage de données non pleinement maîtrisées pour des applications engageant directement la sécurité de nos soldats sur le terrain.

Certes, le contrôle total de la donnée n'est pas forcément nécessaire à toutes les applications. Mais l'omniprésence de la donnée dans les activités implique des conséquences immédiates en cas d'anomalie. À cet effet, la souveraineté de la donnée de bout en bout est un gage significatif de sécurité, qui ouvre la voie à des usages résilients.

LE CONTRÔLE TOTAL DE LA DONNÉE EST-IL NÉCESSAIRE ?

Les données employées en opération, que ce soit à l'étranger ou sur le territoire national, doivent répondre à trois critères essentiels. Elles doivent être qualifiées, protégées des risques de corruption, et communes.

Qualifiées, les données sont tracées depuis leurs origines. Les éléments les plus simples comportent *a minima* la référence de l'origine et la date. Les données complexes, issues de processus de transformation, sont également tracées étape par étape. Le contrôle est réalisé *a posteriori*, soit par des outils dédiés¹, soit par des processus. Ainsi la fiabilisation des données RH passe par des revues thématiques organisées périodiquement, avec la participation des administrés.

Protégées, les données ne doivent pas pouvoir être corrompues ni accidentellement, ni volontairement. Cela passe par une maîtrise de l'hébergement et par sa redondance. En cas d'accident, les données dupliquées restent toujours disponibles. Le niveau de protection dépend bien entendu du niveau de sensibilité de la donnée. Les risques d'atteintes à l'intégrité des données augmentent avec le développement exponentiel des intelligences artificielles. Ce qui était limité à des dénis d'accès plus ou moins robustes se transforme en *deepfakes*. Plus grave, le *data poisoning* est d'autant plus pernicieux qu'il est partiel. Juste un exemple : en modifiant la classe de certains ponts, on modifie l'itinéraire de transit d'une brigade blindée. Or, ces transits font aujourd'hui partie du quotidien, il y en a très régulièrement pour assurer les relèves, les exercices, les mouvements logistiques nécessaires à la maintenance.

Communes, les données constituent un socle qualifié qui sert de base à l'interopérabilité des forces engagées. Par exemple, il n'y a ainsi qu'un seul socle géographique ou une seule prévision météorologique pour tous. Ces socles sont exploités différemment en fonction du lieu, et de l'usage. Les données de renseignement sont d'une espèce particulière. Soigneusement isolées et identifiées, leur emploi est très spécifique et sert avant tout à l'analyse des spécialistes.

Ces principes contraignent significativement les armées. Des infrastructures spécifiques sont déployées. Les passerelles vers l'internet ouvert sont réduites. Les coûts engendrés en déploiement, administration, et mesures de protection sont sans commune mesure avec le monde civil. Ce modèle, assumé au titre des spécificités militaires et du cadre légal de la protection du secret de la défense nationale avec un impact potentiel sur l'existence même de la nation, implique des choix notamment économiques. Ne peut-on pas envisager des solutions alternatives adaptées aux usages civils, que ce soit de l'administration d'État ou des entreprises privées ? Oui, sans doute. Le contrôle peut être allégé. Une solution en *cloud* remplacera un hébergement physique... Tout dépend du niveau de risque qui

¹ Par exemple le logiciel GAIT qui fait foi pour les armées de l'Otan, conçu spécifiquement pour identifier les erreurs des données géographiques.

sera accepté, et le risque grandit proportionnellement à la décroissance des moyens mis en œuvre.

L'OMNIPRÉSENCE DE LA DONNÉE DANS LES ACTIVITÉS IMPLIQUE DES CONSÉQUENCES IMMÉDIATES LORSQUE LES DONNÉES NE SONT PAS MAÎTRISÉES

La notion de maîtrise de la donnée est donc indissociable de l'analyse de risque. Cette appréciation de sécurité doit être réalisée à chaque niveau des activités pour conserver une lecture cohérente et surtout pour identifier des mesures d'amélioration. Or, nous ne pouvons plus envisager de processus sans données consommées et sans données produites. L'intégration de l'intelligence artificielle aux processus en est le meilleur exemple. Les données produites, ou empiriques, sont par nature maîtrisées. Mais comment contrôler les données consommées en entrée des processus ? Tout d'abord en observant leur homogénéité. *A priori* un processus bien rôdé appliqué à des données homogènes ne pose pas de problème. L'identification de normes et standards facilite le contrôle de l'homogénéité. Cependant, la multiplication des atteintes volontaires par *deepfake* rend l'observation délicate. La sécurisation des systèmes d'information est-elle une parade suffisante ? Oui, des mesures appropriées peuvent empêcher, ou limiter la falsification des données une fois intégrées dans les outils internes. Mais cela ne protège pas du risque de données falsifiées en amont.

Le contrôle peut également être réalisé par croisements, en confrontant la donnée à d'autres sources. Ce processus, appelé multi-int² par les militaires, permet d'effectuer des analyses pertinentes en confrontant des sources hétérogènes dont au moins un paramètre est commun. La multiplication des sources ou la superposition temporelle des données permet de détecter des anomalies pouvant avoir valeur d'indice d'alerte. Par exemple, les coordonnées bancaires d'un fournisseur peuvent être comparées avec les coordonnées bancaires précédemment utilisées. Si elles sont identiques, alors il est probable qu'elles soient valides. Une anomalie pourra alors déclencher une vérification, comme par exemple un appel à l'établissement bancaire pour confirmer ou infirmer la donnée.

En effet, les erreurs comme les atteintes volontaires à l'intégrité de la donnée ont une importance qui va croissante avec le niveau de numérisation de l'activité. La massification des processus permise par l'augmentation de la puissance de calcul démultiplie mécaniquement le niveau de risque. Lorsque les employés municipaux étaient chargés de compter les bordures de trottoir endommagées pour remplacement, une erreur de quelques pavés était acceptable. Si le chiffre utilisé pour la commande de matériaux est issu d'une interprétation par IA d'images exogènes non contrôlées, une altération peut avoir des conséquences significatives.

Le risque n'est pas seulement pour les consommateurs de données. Il concerne également les services de mise à disposition des données. À ce titre, l'ouverture de la donnée publique pose la question des usages faits des données mises à disposition. Un usage détourné de données ouvertes fait peser d'autres risques, dont un risque sur la réputation. Il n'est pas ici question de mettre en cause la politique publique de l'*open data* ni de questionner l'exploitation par des structures privées d'investissements réalisés par l'État mais de rappeler l'utilité de connaître les usages détournés. Cette précaution, qui peut consister dans un premier temps à identifier quelles sont les données sollicitées et dans un second

² Multi-INT : multi-intelligence. Croisement d'informations pour produire un renseignement. Lorsque le critère commun est géographique, ce croisement devient spécifiquement du GEOINT (géo-intelligence). Par exemple si une personne A téléphone depuis une maison dans laquelle un observateur humain a localisé une personne B, on peut légitimement déduire qu'A et B sont liées.

temps à être capable de limiter les volumes extraits anormalement, procède d'une mesure de sécurité et n'entrave pas l'esprit de liberté insufflé par le législateur. À titre d'exemple de prélèvements anormaux, un pays allié de la France a indiqué avoir identifié des flux très massifs de données ouvertes françaises transitant par ses infrastructures, vers l'Est. C'était en 2014, année d'un contexte géopolitique particulier.

LA SOUVERAINETÉ DE LA DONNÉE EST UN GAGE SIGNIFICATIF DE SÉCURITÉ

So what ? Que faut-il sacrifier pour préserver la sécurité ? De nombreux facteurs sont en jeu. Or l'emploi de données souveraines répond facilement à la majorité des problématiques. En effet, garantir une donnée souveraine est un moyen d'en conserver l'usage, d'en contrôler la nature et la disponibilité.

La disponibilité de la donnée est liée à l'infrastructure (hébergement et réseaux). La proximité est un gage de sécurité. Le passage aux *clouds* contredit alors cette acception. À l'échelle extra-continentale, les infrastructures de transit sont peu nombreuses et assez peu redondantes. Les câbles sous-marins, en particulier, sont vulnérables. La coupure du câble C-Lion1 reliant l'Allemagne à la Finlande le 18 novembre 2024 a engendré des perturbations significatives. L'horaire nocturne de l'événement a certes permis de re-router un trafic assez faible par d'autres infrastructures mais l'événement n'est pas passé inaperçu. Des ruptures coordonnées, par exemple en mer Baltique, sont de nature à perturber l'efficacité des services et à renchérir le coût du fait du transfert des données par les réseaux satellites. Autour de l'hébergement toujours, d'autres critères sont essentiels. La sécurité énergétique par exemple. Des infrastructures souveraines, c'est d'abord s'assurer de l'accès permanent aux données.

Pour être certain de la nature de la donnée, il faut la produire soi-même. C'est déjà le cas pour des quantités souvent importantes de données intermédiaires peu capitalisées et sous-exploitées. Mais en ce qui concerne les données d'entrée de processus, il est contre-productif de les produire soi-même si elles existent par ailleurs. L'emploi des données du socle de référence national, issu des politiques publiques, est alors une bonne alternative. À défaut, des partenaires proches, des coopérations étroites, avec des intérêts croisés peuvent faire l'affaire. À condition cependant que la vision sur l'importance de la donnée soit partagée. Au cœur des processus collaboratifs, la définition d'une politique commune de la donnée est donc un impératif. Qui utilise quels formats ? Dans quel but ? Comment la donnée est-elle protégée, hébergée ? Pour quels usages ? L'échange numérique doit aussi disposer d'un cahier des charges responsable.

Le contrôle de l'usage est plus complexe. Il passe certes par une gouvernance partagée entre partenaires de confiance qui s'entendent sur les finalités d'usage (à la manière du RGPD) mais surtout par des mesures de sécurité informatique robustes. Certes, 55 % des attaques observées font principalement l'objet d'une exfiltration de la donnée. Toutefois, la disponibilité de la donnée est un enjeu croissant. À titre lucratif d'abord, avec les logiciels d'extorsion. Mais dans le contexte actuel d'économie de guerre, les rapports de force se jouent également dans le champ de l'influence. La maîtrise de l'information est un enjeu majeur pour les États, les belligérants et les concurrents. Plusieurs groupes cyber-partisans se sont développés depuis l'invasion de l'Ukraine. Cet écosystème protéiforme s'est fortement structuré durant l'année 2023 autour de grands groupes tels que KillNet, Cyber Army of Russia Reborn ou encore Anonymous Soudan. Les attaques diversifiées, aboutissent au blocage ou à la destruction des sites, voire des données qui les alimentent. La guerre cyber, qui caractérise aujourd'hui les opérations de la Russie contre l'Europe notamment, est d'autant plus dévastatrice qu'elle s'applique à des cibles vulnérables et dites « molles », c'est-à-dire sans protection renforcée. La souveraineté, c'est aussi la capacité de se défendre de manière robuste.

Les armées ont une approche globale de la donnée. En attendant la mise en œuvre généralisée au sein de l'Otan d'une *data-centric security* fondée sur le principe du *Zero Trust*, la mise en place de réseaux séparés selon leur classification de sécurité est une approche radicale. Les niveaux les plus protégés sont les plus onéreux et les moins étendus. Leur mise à jour est plus complexe. Le coût de leur stockage de données augmente. Aujourd'hui, la duplication des réseaux implique des divergences possibles des socles de données qui devraient irriguer de manière cohérente les différents réseaux classifiés. Ce schéma de dernier recours est un exemple, mais il est entendu qu'il n'est pas applicable à tous en l'état. Quelle valeur attachez-vous à vos données ? À défaut, des choix éclairés par une analyse des risques induits doivent conduire naturellement vers l'emploi de solutions souveraines, autant qu'elles existent. Le patriotisme s'exerce aussi en matière de données.

Les communs, un enjeu majeur pour les géodonnées

Par Laurent TOUSTOU

Chef du service de l'Offre et des Communs à l'Institut national de l'Information géographique et forestière (IGN)

Les géodonnées, indispensables pour comprendre et gouverner nos territoires, sont devenues un enjeu stratégique majeur. Longtemps abordées sous l'angle de l'*open data*, elles nécessitent aujourd'hui des approches plus larges, intégrant leur production, leur mise à jour et leur gouvernance. Dans un contexte de transitions rapides, de tensions géopolitiques et de besoin de souveraineté numérique, les communs apparaissent comme un modèle prometteur : ressources partagées, construites et entretenues collectivement, elles permettent de décider à la bonne échelle, de renforcer l'autonomie stratégique face aux géants privés et de retisser un lien démocratique entre État, collectivités et citoyens. Les initiatives déjà engagées en France – de l'IGN à la Dinum, en passant par l'ANCT et l'Ademe – montrent que le mouvement est en marche. Reste à consolider ces dynamiques pour faire des communs un pilier durable des géodonnées et de l'action publique.

Le territoire est le lieu que nous habitons, que nous parcourons, dont nous utilisons les ressources, qui nous définit et que nous dessinons. C'est avant tout le lieu que nous partageons. La production d'informations pour décrire, comprendre, dessiner ce territoire est millénaire et constante. Chacun produit de la donnée sur le territoire : un particulier qui cartographie la forêt autour de son village, une entreprise d'aménagement, ou encore l'État avec les nuages de points 3D.

Comme nous partageons le territoire, le partage des données qui le décrivent est un débat fort des 15 dernières années. En Europe, la directive Inspire¹ a instauré un partage d'informations au niveau européen sur plusieurs thématiques permettant de nourrir les politiques environnementales. En France, le rapport sur les données d'intérêt général² établi par Claudine Duchesne et Laurent Cytermann, puis la loi pour une République Numérique portée par Axelle Lemaire en 2016 ont construit de fait le premier niveau de partage des géodonnées pour les acteurs publics. La forte présence de géodonnées dans la liste des données à fortes valeurs, opérée par la Dinum en France, souligne cette réalisation mais également l'importance de celles-ci pour la souveraineté.

L'*open data* permet l'utilisation de la donnée par tous mais ne traite pas la production, la mise à jour ou la gouvernance. Dans un monde balayé par des enjeux nouveaux, une approche plus large est nécessaire. Lorsqu'en 2018, la députée Valeria Faure Muntian³ écrivait que : « Les données géographiques souveraines se définissent, selon une logique

¹ <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/directive-europeenne-inspire>

² DUCHESNE C. (2015), « Les données d'intérêt général – Rapport relatif aux données d'intérêt général », Paris, Ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique.

³ FAURE-MUNTIAN V. (2018), « Les données géographiques souveraines. Rapport au Gouvernement », Paris, Ministère de la Transition écologique et solidaire.

de destination, comme les données servant de support direct aux décisions de la puissance publique. », elle posait un cadre de réflexion qui oblige à dépasser la simple question de l'*open data*. La géodonnée souveraine doit alors s'adapter aux enjeux auxquels se confrontent les décideurs publics. Ce principe est repris dans l'étude annuelle du Conseil d'État 2024⁴ qui visait à étudier les évolutions du principe de souveraineté et ses enjeux aujourd'hui. Rappelant que « la souveraineté, c'est la liberté de choisir, c'est la capacité de ne pas subir son destin, c'est le fondement d'un vivre ensemble librement choisi. En France, elle appartient au peuple qui l'exerce directement ou par ses représentants ».

Les communs, dont l'intérêt croît dans le numérique, permettent d'adapter les géodonnées aux enjeux de souveraineté. Cela fait d'ailleurs écho à la première proposition du rapport de la mission Data et territoires⁵ qui souligne le besoin de mettre en place une gouvernance des données adaptée aux enjeux, au travers d'instances de gouvernance au niveau national et au niveau territorial, ainsi que des espaces de collaboration, de coordination et de pilotage entre l'État et les collectivités. Après un bref rappel sur les communs et les communs de données, il est proposé de revenir sur les enjeux de souveraineté, au sens large, auxquels les communs apportent des réponses autour de trois préoccupations principales : changer d'échelle pour décider face à l'accélération des transformations des territoires, développer une autonomie stratégique et renforcer le lien démocratique entre l'État, les acteurs locaux, et les citoyens.

LE DÉVELOPPEMENT DES COMMUNS DANS LE NUMÉRIQUE, UN FAIT QUI DEVIENT UN CHOIX

Le modèle de communs, dont l'acception moderne est souvent rattachée aux travaux d'Elinor Ostrom⁶, se définit comme une ressource produite et entretenue collectivement par une communauté d'acteurs hétérogènes, et gouvernée selon des règles qui lui assurent son caractère collectif et partagé.



Figure 1 : Le commun numérique et sa ressource (© 2020 Design par Praticable Textes basés sur le travail de Inno³, de Futur Composé, du Programme Société Numérique de l'ANCT dans le cadre de Numérique en Commun[s], Creative Commons By-SA 4.0).

⁴ CONSEIL D'ÉTAT (2024), « La souveraineté. Étude annuelle 2024 », Paris, Direction de l'information légale et administrative.

⁵ HENNION C., ALTOUNIAN M. & MONTHUBERT B. (2023), « Rapport de la mission Data et territoires », Paris, Ministère de la Transformation et de la Fonction publiques.

⁶ OSTROM E. (1990), *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*, Cambridge, Cambridge University Press, coll. "The political economy of institutions and decisions".

Son développement, très fortement lié au monde des logiciels libres, connaît de grands symboles dans le monde numérique, logiciels comme bases de données : Linux, Wikipedia, Blender, Open street map, Open food facts... L'intérêt des pouvoirs publics se porte sur ce modèle depuis quelques années pour adapter leur action aux enjeux d'aujourd'hui. En France, quelques initiatives emblématiques, et non exhaustives doivent être citées :

- les appels à communs ont été développés notamment par l'Ademe dès mars 2021 mais aussi par l'IGN qui a d'ailleurs lancé fin 2021 une fabrique des géocommuns ;
- la Dinum a fortement renforcé sa stratégie autour des communs dont les éléments les plus visibles sont la création d'un pôle dédié à ce sujet mais aussi la réorientation d'une partie de sa stratégie de production de services pour les administrations et le succès aujourd'hui grandissant de la suite numérique ;
- l'ANCT, au travers de son programme société numérique notamment, a contribué à faire émerger une conscience forte des communs dont le symbole est la réussite annuelle de l'évènement Numériques en Commun[S] ;
- Henri Verdier, alors ambassadeur pour le numérique, a coordonné un groupe de travail européen sur le sujet permettant en 2022 la remise d'un rapport ambitieux intitulé "Towards a sovereign digital infrastructure of commons"⁷.

D'autres acteurs seraient à citer comme Valérie Peugeot qui, dans cette même revue, lançait un appel en 2018 à « étendre le champ des communs à d'autres ressources immatérielles, notamment du côté des données, pour opposer des dynamiques coopératives aux logiques purement compétitives, et rouvrir ainsi de nouveaux espaces de créativité partagée ».

Du point de vue des géodonnées, au-delà de l'emblématique Open Street Map, d'autres communs émergent comme la Base Adresse Nationale, le Référentiel national des bâtiments, Panoramax, itowns...

LES COMMUNS, UN LEVIER POUR PERMETTRE LE PASSAGE « AUX ÉCHELLES » DES GÉODONNÉES

Si les géodonnées servent aux pouvoirs publics à décider, elles doivent permettre une décision à l'échelle des enjeux rencontrés par le et les territoires. Or trois enjeux doivent nous préoccuper auxquels les communs peuvent apporter des réponses : le lien local/national, l'accélération des phénomènes et le besoin de précision.

Les souverainetés politiques ont de multiples échelles : les États-nations ont évolué vers une souveraineté par strates. L'Européanisation d'une part et la décentralisation de l'autre ont reconstruit des domaines de souveraineté selon l'échelle. Le territoire, lui, ne connaît pas les découpages administratifs et politiques. Les phénomènes qui le touchent sont toujours localisés (incendie dans l'Aude en août 2025, débat autour de la création d'une autoroute dans le Tarn, fonte de la mer de Glace, inondations en Normandie...) mais également de plus en plus systémiques (retrait du trait de côte, réchauffement planétaire...). Les réponses supposent ainsi des actions locales, nationales et européennes. Dans ce contexte, la production de données risque d'être parfois dupliquée, voire en concurrence, chaque acteur concerné ayant une approche propre, en fonction de sa perception des enjeux. Une approche passant par un commun, en rassemblant les acteurs dans une gouvernance commune oblige chacun à participer en amont à la construction d'une approche commune et d'une complémentarité. La mise en place de standards de

⁷ European Working Team on Digital Commons (2022), "Towards a sovereign digital infrastructure of commons".

données, pour lesquels le Conseil national de l'information géolocalisée⁸ (CNIG) a été mis en place, et ses missions précisées et complétées en août 2022, en est le principal outil. Le commun peut ainsi contribuer à la construction d'une approche commune où chaque strate contribue au même référentiel de données et l'utilise.

Dans la même logique, la définition d'une gouvernance et d'une interopérabilité renforcée en amont peut faciliter le déploiement de divers moyens de production et de mise à jour de la donnée. On peut ainsi facilement imaginer une approche complémentaire d'acquisition de données qui mélange des acquisitions d'images aériennes par avion et satellites, dont l'analyse pourrait être faite par IA comme le fait aujourd'hui l'IGN pour les grands projets d'Occupation des sols ou de Lidar HD, couplée avec des acquisitions terrains systématisées et complétée de contributions citoyennes. Ce tissu de contributions permet en théorie de répondre au mieux au besoin en mixant des sources d'acquisition rapides mais moins fines (images aériennes) à des sources demandant plus d'énergies mais apportant parfois plus de précision (relevé terrain et contribution citoyenne). Ce *mix* des sources contribuant ainsi à fournir une information plus riche et donc à éclairer mieux la décision publique.

LES COMMUNS, UN CHOIX POUR RENFORCER L'AUTONOMIE STRATÉGIQUE DES GÉODONNÉES

Les révolutions numériques successives telles que le développement des logiciels, internet, *smartphones*, IOT, *cloud*, réseaux sociaux et aujourd'hui l'IA ont toutes eu pour effet d'augmenter la capacité d'action des individus et des organisations. Au-delà, elles ont toutes transformé les modèles de fonctionnement et de productivité de nos sociétés, soulevant parallèlement nombre de questionnements notamment éthiques et environnementaux sur leur impact global. Ces outils n'en demeurent pas moins une opportunité et sont aujourd'hui devenus indispensables pour la production, l'analyse et la diffusion des géodonnées. Or, les services de premier niveau sont le plus souvent fournis par une poignée de sociétés privées, en situation de dominance et aux capacités d'investissements immenses, et les acteurs publics nationaux pèsent peu face aux choix de ces entreprises qui, de manière rationnelle, privilégient un marché mondial et la maximisation des revenus. Cette cristallisation du secteur autour de quelques acteurs, renforcée par une instabilité géopolitique croissante, a accru ces dernières années la recherche de solution favorisant une autonomie stratégique des acteurs publics sur les secteurs clefs. Or la connaissance du territoire, la capacité à acquérir, stocker, analyser et diffuser cette information sont des enjeux éminemment stratégiques.

Les communs sont de plus en plus poussés par les acteurs publics comme une réponse crédible à ce besoin d'autonomie. En remplaçant la force de l'investissement par la force du nombre, de nouveaux modèles se créent pour construire collectivement des alternatives qui permettent à leurs membres de participer aux décisions autour des données produites et de s'assurer entre autres du maintien de leur disponibilité, de leur bonne qualité, etc. L'exemple le plus notable ces dernières années est le commun Panoramax, « l'alternative libre et française à Google Street View⁹ » mais des initiatives existent sur tout le territoire. Les différents appels à communs et le renforcement de dispositifs de financement de communs ces dernières années soulignent l'investissement de plusieurs acteurs publics sur le sujet. Dans ce cadre, il convient également de citer la Suite Numérique de l'État, une collection de communs numériques interconnectés pour développer

⁸ <https://cnig.gouv.fr/textes-fondateurs-du-cnig-a843.html>

⁹ Panoramax, l'alternative libre et française à Google Street View - Next.

une alternative aux suites bureautiques traditionnellement utilisées et directement poussée par la Dinum, dont le développement sur les 12 derniers mois est très significatif.

LE COMMUN, UN OUTIL DÉMOCRATIQUE

Les communs, en encourageant les contributions de tous, sont un vecteur d'embarquement collectif fort. Les citoyens peuvent ainsi simplement et sans frein d'engagement passer d'un rôle d'utilisateur à un rôle de contributeur du service public et de la chose publique. Dans une période marquée par un ressenti régulièrement exprimé d'éloignement entre l'État et les citoyens, la participation commune aux géodonnées publiques, qui permet au citoyen d'informer sur son territoire, son environnement et contribuer ainsi au référentiel local et national de la décision publique permet de recréer une boucle positive et active État/citoyens. Dans leur livre « le temps des algorithmes »¹⁰, Serge Abitboul et Gilles Doweck soulignent l'écart important entre le volume massif de données que chaque citoyen transmet aux principales entreprises du numérique chaque jour et la très faible transmission de données entre ce même citoyen et les dirigeants publics et politiques : principalement les bulletins de vote pour les élections locales, législatives et présidentielles. Le commun est à ce titre un des outils d'une démocratie participative renouvelée. Il ne peut être le seul mais il concourt à recréer un échange d'information entre citoyens et décideurs publics et à renforcer l'explicabilité de la décision publique.

UNE VOLONTÉ QUI DOIT ENCORE TROUVER SA MATURITÉ

L'envie publique est donc bien réelle, des acteurs comme la Dinum, l'ANCT, l'Ademe, l'IGN et d'autres ont fait évoluer leurs approches pour mieux accompagner et impulser la structuration de communs dans l'action publique. Dans le cadre des géodonnées, les initiatives de communs se développent naturellement. Il reste à stabiliser le cadre de structuration de la participation des acteurs publics et des modalités de financement, généraliser les appels à communs en complément des appels à projet, dans un cadre des marchés publics qui n'a pas directement été construit pour le permettre.

L'autre enjeu essentiel pour maximiser l'impact des communs est la consolidation du lien local/national. Le rapport de la mission Data et territoires, cité en introduction, souligne parfaitement ce besoin. C'est dans cette volonté de renforcer le lien entre échelon territorial et national et faciliter la mise en place des outils qui permettront demain une collaboration plus forte autour de communs de données que la Fabrique des géocommuns de l'IGN a souhaité se transformer en Fabrique de la donnée territoriale. Elle a vocation à servir d'incubateur pour faciliter la production de données territoriales harmonisées à l'échelle de la France, et pour développer de nouvelles solutions, en collaboration directe avec les collectivités territoriales et acteurs de la donnée. La Fabrique de la donnée territoriale accompagnera la production de données et le déploiement de services numériques, en s'assurant de leur réutilisation et en animant des communautés. Ses travaux seront un levier opérationnel crucial dans ce premier kilomètre du service public. Elle a d'ailleurs à ce titre souhaité renforcer sa gouvernance en y intégrant les principaux représentants des territoires et en s'inscrivant directement dans la feuille de route du programme Transformation des territoires 2025-2027 piloté par la Dinum, l'ANCT et la DITP.

¹⁰ ABITEBOUL S. & DOWECK G. (2017), *Le temps des algorithmes*, Paris, Le Pommier, coll. « Essais ».

EN CONCLUSION

Les géodonnées sont une ressource stratégique, au croisement de la souveraineté numérique et des politiques publiques. Les communs, au-delà de l'*open data*, structurent la production, la qualité et la gouvernance collective des données. Ils offrent ainsi un socle stable pour décider à la bonne échelle, de renforcer notre autonomie stratégique et de retisser un lien démocratique autour de la connaissance du territoire.

Des chemins sont encore à construire pour structurer l'approche publique autour des communs mais ils sont essentiels aux géodonnées. Choisir cette voie, c'est donc opter pour un avenir fondé sur la maîtrise partagée de nos ressources informationnelles, au service d'un projet collectif durable.

La petite histoire de ma carte graphique

Par Georges-Axel JALOYAN

Ingénieur des Mines

Du quartz de Spruce Pine aux salles blanches de Taïwan, ce récit cartographie la chaîne de valeur qui mène à une carte graphique typiquement utilisée pour l'intelligence artificielle. Nous abordons de façon didactique et ludique toutes les étapes de la fabrication des semi-conducteurs avancés : fabrication du silicium, outils de conception, photomasques EUV, lithographie, gravure, dopage, dépôts, métrologie et assemblage avancé. À chaque étape, nous montrons qui fait quoi et où, identifions les goulets d'étranglement et les situations de quasi-monopole, puis replaçons l'ensemble – en démystifiant les rôles – dans un écosystème mondial où une poignée de champions tient les maillons critiques. Une carte graphique, c'est la mondialisation qui tient dans une main – un atlas industriel miniature.

Ça y est, je viens enfin d'acheter ma carte graphique. Une magnifique Nvidia H200, le nec plus ultra pour faire de l'IA, qui ne m'a coûté que la modique somme de 35 000 euros. Grâce à ses 141 GiB de mémoire HBM3e, je vais enfin pouvoir déployer Deepseek-R1 dans mon salon, pour générer jusqu'à 3 872 *tokens* par seconde [1]. De quoi satisfaire pleinement aux besoins de ma famille pendant au moins un an ! Pas mal non ? C'est taïwanais. En effet, TSMC est le seul fondeur du H200. Enfin, c'est ce qu'on croit...

UNE JOLIE GAUFRE EN QUARTZ

Tout commence en réalité... en Caroline du Nord, dans la carrière de Spruce Pine. C'est dans cette carrière qu'on extrait près de 90 % du quartz de très haute pureté (QHP) utilisé dans la fabrication des semi-conducteurs avancés tels que ma carte graphique. Cette carrière avait fait la une des médias spécialisés en 2024 au moment de son inondation suite à l'ouragan Héléne [2]. Pas trop d'inquiétude, vu qu'il serait possible de remplacer le QHP par du quartz synthétique, pour seulement 5 à 10 fois le prix [3]. Pour une puce à 35 000 euros l'unité, c'est négligeable. Pour un panneau photovoltaïque qui nécessite souvent le même type de quartz, c'est une autre affaire...

Ce QHP est ensuite broyé, purifié, fondu dans un creuset à 1 425 °C, puis cristallisé par le procédé de Czochralski¹ sous atmosphère de gaz inerte, éventuellement dopé uniformément (dopage dit de « pré-cristallisation ») avec du phosphore ou du bore afin d'en modifier les propriétés électriques. Parmi les gaz utilisés : hélium, azote, argon, krypton, néon. Bien

¹ Procédé de croissance de cristaux monocristallins de grande dimension (plusieurs centimètres). On procède par une solidification dirigée à partir d'un petit germe monocristallin dans le matériau fondu juste au-dessus du point de fusion, avec un gradient de température contrôlé. Le germe est placé dans une « navette » suspendue au-dessus du liquide par une tige. Le liquide se solidifie sur le germe en conservant la même structure cristalline tandis que l'on tire le germe vers le haut tout en le faisant tourner très lentement.

évidemment, on retrouve là quantité de matières premières critiques : pour l'anecdote, environ la moitié du néon haute pureté utilisé dans la fabrication de semi-conducteurs venait de deux entreprises ukrainiennes en 2022. Ce cristal est ensuite découpé en fines tranches, puis polies « miroir » pour constituer un disque appelé *wafer* de 300 mm de diamètre et de 0,775 mm d'épaisseur. Heureusement, de nombreux fournisseurs de *wafers* existent : Shin-Etsu (Japon), SUMCO (Japon), GlobalWafers (Taiwan), Siltronic (Allemagne), SK Siltron (Corée).

GRAVER UN MIROIR, C'EST VRAIMENT COMPLIQUÉ

Avant même que la matière ne parvienne dans une salle blanche, une armée d'ingénieurs chez Nvidia conçoit la puce avec un logiciel EDA (Electronic Design Automation). Là aussi, trois acteurs – Synopsys (États-Unis), Cadence (États-Unis) et Siemens EDA (Allemagne) – se partagent 75 % du marché mondial. Les restrictions à l'export décrétées par les États-Unis en mai 2025 ont mis au jour cette vulnérabilité, en coupant brièvement certains services en Chine, avant la levée des sanctions en juillet 2025 [4]. Des acteurs chinois commencent à émerger dans ce secteur, comme Empyrean, Primarius ou encore Semitronix.

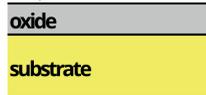
Le résultat ? Ma carte graphique est décrite par une *netlist* au fil près. Mais ce n'est pas parce que le fil existe que je sais où je vais le mettre sur le *wafer*. C'est l'étape de synthèse qui demande une expertise fine : il faut prendre en compte les contraintes électriques, thermiques, de temps de propagation du signal d'un bout à l'autre de la puce ou encore tout simplement de la place disponible. TSMC fournit une liste de partenaires capables de réaliser chacune de ces étapes de synthèse [5]. Les outils EDA aident énormément lors de cette étape, là-encore. En sortie, on obtient un fichier dit "tape-out" au format GDSII², qui est imprimé sur un masque photographique vierge. Ces photomasques EUV sont faits de couches alternantes de molybdène et de silicium, avec un *capping* en ruthénium et un absorbeur à base de tantale. Là encore, deux entreprises japonaises se partagent le marché des photomasques EUV vierges : AGC et Hoya. Il existe aussi des méthodes de gravure sans masque, mais dont les détails sont laissés en exercice pour le lecteur.

J'ai mon *wafer*, j'ai mon photomasque, mais toujours pas de carte graphique. Il me faut encore graver le wafer avec mon masque. Encore un peu de chimie, s'il vous plaît. Dans une salle ultra-blanche à Taïwan (aux normes ISO 14644-1 Classe 4), on dépose d'abord un mince film d'oxyde de silicium sur le *wafer* (préparation), puis une couche de photorésine (enduction) provenant à 80 % du Japon, avec une machine spéciale appelée *coater/developer track* fabriquée par Tokyo Electron qui en détient 90 % du marché [6]. Ensuite, une machine de photolithographie extrême ultraviolet (EUV), fournie uniquement par ASML (Pays-Bas), expose la photorésine à une lumière EUV (insolation) à travers le masque à l'aide de miroirs Zeiss (Allemagne). Les parties exposées de la photorésine deviennent alors 100 fois plus solubles, et un simple nettoyage permet de mettre à nu l'oxyde de silicium sous les zones exposées. L'image que la lumière EUV a dessinée dans la résine ne sert ici qu'à guider la gravure.

Vient ensuite la gravure proprement dite, qui sculpte l'oxyde ou le silicium mis à nu. Deux techniques sont utilisées : la gravure humide (*wet etching*) avec des bains acido/basiques et la gravure sèche (*dry etching*) avec un plasma anisotrope pour les composants les plus avancés. Puis on réalise le dopage (dit de post-cristallisation) par implantation ionique à travers un masque, pour y implanter les dopants : bore, phosphore, arsenic ou antimoine. Un recuit rapide (RTA) à plus de 1 000 °C active les dopants. Là encore, deux

² "Graphic Design System II stream format" : un format de fichier binaire utilisé pour représenter le dessin physique d'un circuit intégré.

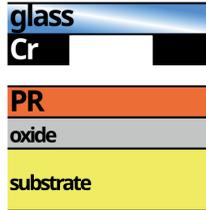
a. Prepare wafer



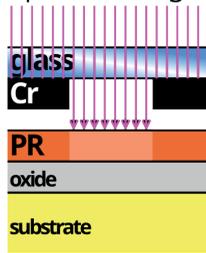
b. Apply photoresist



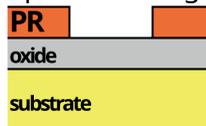
c. Align photomask



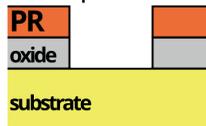
d. Expose to UV light



e. Develop and remove photoresist exposed to UV light



f. Etch exposed oxide



g. Remove remaining photoresist



Figure 1 : Cmglee, Photolithography etching process, CC BY-SA 3.0 (Source : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b0/Photolithography_etching_process.svg/512px-Photolithography_etching_process.svg.png?uselang=fr).

entreprises américaines, Lam Research et Applied Materials se partagent la majorité du marché des machines de gravure et de dopage. Il ne reste plus qu'à nettoyer ce qui reste de photorésine (*stripping*) avec un faisceau plasma (*plasma ashing*).

Tout cela, pour graver une seule couche ! Et il y en a une cinquantaine dans ma carte graphique. On recommence donc le même processus, jusqu'à la gravure complète : préparation, enduction, insolation, exposition, développement, *etching*, dopage, *stripping*. Entre chaque couche, on crée des liaisons électriques : on creuse de minuscules tranchées et *vias*, on les tapisse d'une fine barrière de tantale ou de cobalt, on les remplit de cuivre par électro-dépôt, puis on polit le tout avec du polissage mécano-chimique. Une opération de cuisine nanométrique dominée par Applied Materials (États-Unis) et Ebara (Japon).

À chaque cycle, on ajoute aussi des opérations de métrologie et d'inspection : scanners optiques ou électroniques, destinés à repérer le moindre défaut. Le champion ici, c'est KLA (États-Unis), qui fournit la majorité des outils capables de dire si la gravure est parfaite, ou si tout le *wafer* finit à la poubelle. Une fois le *wafer* gravé, encore faut-il en sortir les puces, appelées *dies*. On teste électriquement chaque *die*, on marque ceux qui fonctionnent, puis on amincit le *wafer* à moins de 100 μm d'épaisseur (*back-grinding*) et on découpe (*dicing*).

ENCAPSULATION ET TESTING : TOUTES LES H200 NE NAISSENT PAS ÉGALES

Mais ma H200 n'est pas un simple *die* posé dans un boîtier plastique. C'est un module entier comprenant : un interposeur en silicium géant (fabriqué aussi par TSMC), le *die* dessus, six piles de mémoire HBM3e de 24 GiB chacune autour (fournies par Micron, Samsung ou SK hynix), le tout connecté grâce à la technologie CoWoS (*Chip-on-Wafer-on-Substrate*). C'est d'ailleurs sur l'assemblage avancé que se forme le goulot d'étranglement mondial : il peut se passer plusieurs mois entre la fabrication du *die*, et son encapsulation. TSMC a triplé sa capacité CoWoS en 2025 atteignant 75 000 *wafers* par mois, et NVIDIA accapare toujours une grande partie des lignes [7]. De nouvelles usines CoWoS sont prévues par TSMC au Japon et en Arizona. Outre TSMC, les grands assembleurs montent aussi en gamme : ASE (Taïwan) prend des tranches de CoWoS-like, Amkor (US) bâtit une usine d'*advanced packaging* en Arizona avec Apple comme premier client [8].

Sous ce module, un autre héros invisible : le substrat ABF, une sorte de « mini-circuit imprimé » multicouche isolé par un film, fabriqué par Ajinomoto, le groupe agro-alimentaire japonais réputé pour son bouillon. Sans ABF, pas de connectique. Les géants du packaging substrat s'appellent Ibiden, Unimicron, AT&S, Shinko, Nan Ya, et là aussi, 2023-2025 a connu des tensions et des expansions en chaîne.

Puis vient l'épreuve de vérité : le test ATE. Chaque module GPU+HBM passe par des bancs de test automatiques. Deux noms dominant : Advantest (Japon) et Teradyne (États-Unis), qui ensemble représentent près de 80 % du marché. On mesure les fréquences, la consommation, la stabilité thermique. Les meilleurs sont "binned" en H200 haut de gamme et intégrés dans des formats SXM5 pour des usages plus intensifs ; ceux qui chauffent un peu trop peuvent être déclassés et mis dans des cartes PCIe et NVL plus économes en refroidissement. Quasiment rien ne se perd, tout se revend.

C'est ainsi que ma H200 finit sur une carte PCIe ou SXM5, assemblée par des EMS taïwanais (Foxconn, Quanta, Wistron, Inventec) ou américains (Supermicro). Puis elle est intégrée dans un serveur IA complet, avec refroidissement liquide, compte tenu de sa consommation électrique de 700 W. En 2025, plus de 90 % des serveurs d'IA sont fabriqués à Taïwan, qui est devenue l'usine-monde des *datacenters*.

MORALE DE L'HISTOIRE

Alors, ma carte graphique est-elle taïwanaise ? Oui et non. Elle est née d'un quartz de Caroline du Nord, passée dans des salles blanches taïwanaises qui y déposent des résines japonaises, des métaux et matériaux critiques venant des quatre coins du monde avec des gaz ukrainiens, le tout avec des machines néerlandaises, des optiques allemandes, des équipements américains, puis combinée à de la mémoire coréenne, de l'ABF japonais, dans un *packaging* taïwanais. Une carte graphique, c'est un peu la tour de Babel de la mondialisation : chaque acteur détient une brique sans laquelle tout s'écroule. « Je te tiens, tu me tiens, par la barbichette ; le premier qui rira aura une tapette ! ».

RÉFÉRENCES

- [1] <https://blogs.nvidia.com/blog/deepseek-r1-nim-microservice/>
- [2] <https://www.usinenouvelle.com/article/l-inondation-de-carrieres-de-quartz-aux-etats-unis-fait-trembler-le-monde-des-semi-conducteurs-et-du-solaire.N2219838>
- [3] <https://www.construction-physics.com/p/does-all-semiconductor-manufacturing>
- [4] <https://edition.cnn.com/2025/07/03/business/us-china-chip-software-curbs-lifted-in-tl-hnk>
- [5] <https://www.tsmc.com/english/dedicatedFoundry/design-center-alliance>
- [6] <https://www.tel.com/product/>
- [7] <https://seekingalpha.com/article/4796253-the-cowos-chokepoint-tsmcs-quiet-monopoly-on-ai-memory-bandwidth>
- [8] <https://eu.azcentral.com/story/money/business/tech/2025/08/08/apple-to-invest-in-amkors-peoria-plant/85564023007/>

BIBLIOGRAPHIE

- https://www.nvidia.com/en-us/data-center/h200/?utm_source=chatgpt.com
- https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/06/mapping-the-semiconductor-value-chain_5ba52971/4154cdbf-en.pdf
- <https://www.fujitsu.com/global/about/businesspolicy/tech/k/whatis/processor/cpu.html>
- <https://www.nomadsemi.com/p/tokyo-electron-deep-dive-part-1>
- <https://semianalysis.com/2021/11/18/lam-research-tokyo-electron-jsr-battle>

Enjeux numériques



Compliance
et nouvelles régulations



Notre site



N°30 - JUIN 2025

Publiées avec le soutien
de l'Institut Mines-Télécom

ENJEUX NUMÉRIQUES

Compliance et nouvelles régulations

N°30 - Juin 2025

Ce numéro a été coordonné par
Pierre Bonis et Lucien Castex

Introduction

Réguler le numérique, ou Sisyphe heureux

Pierre BONIS et Marie-Anne FRISON ROCHE

Panorama des différentes régulations

Droit des données personnelles, plateformes
et transparence algorithmique

Julien ROSSI

Les acteurs visés par la législation européenne
sur la cybersécurité

Michel SÉJEAN

*Le Droit de la Compliance, clé de voute
de la Régulation de l'intelligence artificielle*

Alex NICOLLET

Droit du numérique :
vers l'effacement du juge ?

Olivier ITEANU

Régulation européenne : protection ou frein ?

La place de la normalisation dans
la politique européenne du numérique

Louis MORILHAT

L'action des opérateurs

Dominique WURGES

La gouvernance d'Internet entre
consolidation et fragmentation

Lucien CASTEX

Entre ouverture et fragmentation :
les deux visages de la « souveraineté
numérique européenne »

Clément PERARNAUD

Compliance : outil adapté au numérique ou dérive ?

Le Droit de la Compliance, voie royale
pour réguler l'espace numérique

Marie-Anne FRISON-ROCHE

Régulation économique et « magistère
d'influence »

Xavier MERLIN

L'Arcom à l'heure du règlement
sur les services numériques

Martin AJDARI

Hors Dossier

Le baromètre du numérique - publication 2025

*Michel SCHMITT, Matthias de JOUVENEL
et Thierry SERIN*

Ce numéro peut être consulté et téléchargé gratuitement
sur notre site <http://www.annales-des-mines.org>

Location-based data, sovereignty and strategic independence

04 Introduction

Bertrand MONTHUBERT

Geolocalized data plays a crucial role in many daily applications. However, managing it poses major challenges in terms of security and national sovereignty, with the arrival of new global players, notably the GAFAMs, transforming the geolocation information landscape. The issue of sovereignty thus raises fundamental questions about the production, management and control of data usage.

The symposium organized by the Conseil national de l'Information géolocalisée (CNIG) in 2024 addressed these complex issues. Collaboration between different levels of local authorities and the economic actors is essential if we are to exercise a sovereignty adapted to the 21st century. This opens up important prospects for the CNIG, which plays a key role in the coordination and evolution of geolocalized information in France, bringing together a variety of players to co-produce solutions.

THE SOVEREIGNTY ISSUES OF GEOLOCALIZED DATA

09 Reflection on the geopolitical challenges of geographic data

Amaël CATTARUZZA

This article examines the production, dissemination, and sovereignty of geographic data in France by situating the conclusions of Valéria Faure-Muntian's 2018 report within the contemporary geostrategic context. It critically assesses the operational definition adopted, focused on the availability and independence of data for the state, in light of a broader socio-technical perspective. Furthermore, it highlights the evolving role of the IGN and the CNIG in response to the multiplicity of data producers and questions the choice of open data for geographic information in an unstable geopolitical environment, where data control represents a strategic challenge both nationally and internationally.

17 The geodata ecosystem at the heart of economic and strategic issues

Edmond BARANÈS

Geodata have become essential for understanding, managing, and planning territories. These data are used in various fields (urban planning, logistics, agriculture, security). They come from multiple sources (satellites, drones, sensors), and are analyzed using tools such as GIS. Their ecosystem is rapidly developing, bringing together public and private stakeholders, research institutions, and open-source communities. Their development is part of a data economy that is increasingly service-oriented (XaaS models).

Geodata are strategic for state sovereignty; they also raise issues regarding governance models and data protection. They are thus becoming an essential infrastructure for public and private action and at the crossroads of the digital and ecological transition.

24 The interplay of sovereignty over place names

Pierre JAILLARD

Linguistic sovereignty is exercised directly by the people themselves, without delegation to the state. However, international law on place names is based on the territorial sovereignty of states. However, the two sources of sovereignty are in conflict over exonyms, i.e. names peculiar to a language to designate a place outside its area of distribution. The United Nations gives priority to the name standardized by the State with jurisdiction over that place, but this poses two problems: a practical problem of effectiveness and authority of these recommendations, and a problem of principle with regard to the right of all peoples “to self-determination”. France resolved these problems in 1993 by adopting rules in line with the linguistic observations.

31 Real-time kinematics (RTK): principles, applications and challenges

Pierre BEYSSAC

Thanks to the miniaturization of components and falling costs, centimetric positioning systems based on satellite constellations are expanding, opening up new markets and industrial prospects. RTK (real-time kinematic) is one of them. The French CentipèdeRTK project aims to promote its adoption for new uses.

THE EXPRESSION OF SOVEREIGNTY, CASE STUDIES

39 Sovereign data at the service of ecological transition policies

Hélène BEGON

When it comes to ecological transition, data sovereignty seems like an oxymoron.

What could be more international than climate change, the drift of plastics onto the seas, the consequences of trade on deforestation, the increasing intensity of hurricanes, rising sea levels, research into carbon capture, or environmental diplomacy?

What’s more, when it comes to ecological transition, we need to think on all scales, including that of time. As a result, the need for data is enormous, and its cross-referencing massive.

What kind of sovereignty can be exercised over such an ever-growing wealth of observation data?

Precisely!

In view of the scale and gravity of the ecological changes underway, the need to have the data to observe, understand, anticipate, curb and accompany them is all the more pressing, and necessarily involves several forms of governance and regulation.

**48 The platformization of urban governance:
open data and recompositions of public/private
relations in the government of mobility**

Antoine COURMONT

Over the past fifteen years or so, the transport sector has seen a reshaping of relations between public players and private companies, driven by open data

policies. Open data has made it possible to set up information infrastructures, structuring a data market and redefining the modalities of public action.

Based on the case of the Paris 2024 Olympic and Paralympic Games, this article analyzes the emergence of a new mode of governance, referred to as platformization, based on the interdependence between public data producers and private reusers. It shows how these dynamics are part of a reconfiguration of the infrastructural power of public institutions, while raising critical issues in terms of digital sovereignty.

54 **Sovereignty through local data processing**

Jean-Marie BONNIN

In response to the limitations of centralized architectures – such as dependency on external actors, privacy risks, and growing energy consumption – local data processing is emerging as a key technical and political strategy, either as an alternative or a complement to cloud computing. Leveraging proximity, contextualization, and digital sobriety, this approach strengthens digital sovereignty while ensuring responsiveness, efficiency, and resilience.

This article explores the benefits of local data processing through two concrete use cases and discusses the technical and organizational prerequisites necessary for its large-scale deployment.

60 **Data sovereignty and territories: an impossible marriage?**

Jean-Marie SÉITÉ

The production of sovereign data is unevenly distributed, favoring urban areas and marginalizing remote regions, which further widens the territorial gap.

Two examples, one from 1960 involving atomic tests and the other from 2024 concerning a geophysicist's mishap during a flood, illustrate the consequences of only top-down approaches. Sovereign data is considered unquestionable, while territorial data is perceived as inferior sometimes to a fault.

However, rural territories, often overlooked by urban decision-makers, play a crucial role in the ecological transition due to their vast natural, forested, and agricultural spaces. They generate data reflecting accurately the reality and diversity of their territories.

The sharing of data is therefore essential to succeed in the ecological transition and the promotion of sustainable development and must be based on mutual trust between the State and the territories.

66 **Geolocalized agricultural data: open source and the digital commons as levers of sovereignty**

Hervé PILLAUD

At a time when agriculture is becoming a data-driven activity, agricultural geodata is becoming a strategic asset, as vital as water or seeds. Yet the capture, processing and valorization of this data often elude producers and territories, to the benefit of private technology platforms.

This article examines how the digital commons and open source can give agricultural sectors the means to regain their autonomy. It draws in particular on the North American example of agricultural artificial intelligence institutes, and

proposes, for Europe, a Grand Challenge structuring in favor of distributed, ethical and territorialized digital agricultural sovereignty.

75 Information on water resources

François HISSEL

The French water information system was born over 30 years ago from an initiative to bring together data from water quality and resource monitoring devices. By uniting a multitude of public actors around a common data space, and by establishing shared rules to ensure the consistency and interoperability of data from various sources, it has made it possible to build a homogeneous knowledge base at the national level that is currently used to implement national and European water management policies.

This digital space is now facing new challenges related, on the one hand, to the exacerbation of issues with the sharing of water resources and the maintenance of their quality in the context of global changes, and, on the other hand, to the transformation of digital and data uses in society.

**RECONCILING THE PROTECTION
AND OPENNESS OF SOVEREIGN DATA**

82 The levers of sovereignty in Europe

Charles-Pierre ASTOLFI

This article looks at European digital sovereignty, understood as the ability to decide and act autonomously in the digital field. After outlining the issues involved in the very definition of digital sovereignty, the analysis distinguishes two essential dimensions: capability sovereignty, i.e. the ability to have an autonomous technological ecosystem, and legal sovereignty, i.e. the ability to enact and enforce standards. The article also highlights the interdependence between these two dimensions.

88 Data sovereignty is a pillar of security

Colonel François NOËL

The story of the disappearance of whole swathes of France's digital sovereignty needs no further explanation. The massive adoption of American technologies rapidly ousted national pioneers in systems such as Minitel, and in network deployment such as Bull. But the story isn't over yet.

The leaps and bounds of digital technologies are more significant than ever. The major changes also concern geopolitical issues. The international rules established after the Second World War are being challenged. Competition is taking place in all spheres, and is turning into wars of aggression in all fields of action, both tangible and intangible.

This metastable context calls for a comprehensive approach to business resilience. This makes data security a specific challenge. Technological leaps represent opportunities to be seized in order to regain the sovereignty of data.

93 **Commons, a major challenge for geodata**
Laurent TOUSTOU

Geospatial data, essential for understanding and governing our territories, have become a major strategic issue. Long viewed mainly through the lens of open data, they now require broader approaches that include production, updating, and governance. In a context of rapid transitions, geopolitical tensions, and the need for digital sovereignty, commons emerge as a promising model: shared resources, collectively built and maintained, they enable decision-making at the right scale, strengthen strategic autonomy against private giants, and rebuild a democratic link between the State, local authorities, and citizens. Initiatives already launched in France – from IGN to Dinum, as well as ANCT and ADEME – show that the movement is underway. The challenge now is to consolidate these dynamics to make commons a lasting foundation for geospatial data and public action.

MISCELLANY

99 **The story behind my graphics card**
Georges-Axel JALOYAN

From Spruce Pine’s quartz to Taiwan’s cleanrooms, this article traces the end-to-end making of an AI-class graphics card. It walks didactically the reader through the steps: silicon growth, EDA tools, EUV photomasks, lithography, etching, doping, deposition, metrology, and advanced packaging. At each stage, it maps who does what and where, identifies bottlenecks and quasi-monopolies, and shows how a few specialist firms hold the critical links in a global, interdependent system. A graphics card is globalization you can hold—an industrial atlas in a chip.

Issue editors

Annie Blandin and Laurent Toutain

Ont contribué à ce numéro

Charles-Pierre ASTOLFI est entrepreneur, CTO de Seedfence, une *start-up* de cybersécurité. Ancien haut fonctionnaire, il est passé par l'agence de cybersécurité française (ANSSI), a été secrétaire général du Conseil national du numérique et a été responsable de la conception et du fonctionnement de tous les systèmes d'information liés à la vaccination contre le Covid.

Il a été nommé European Young Leader en 2020. Spécialiste de l'IA et des *big techs*, il a été en charge des négociations européennes du DSA et du DMA en tant que conseiller du ministre du Numérique.

→ ***Les leviers de la souveraineté en Europe***

Edmond BARANÈS est professeur d'économie à l'Université de Montpellier. Ses principaux thèmes de recherche sont l'économie industrielle, la politique de la concurrence et sa réglementation. Ses travaux s'intéressent en particulier aux marchés de l'économie numérique, de l'énergie et de la santé.

→ ***L'écosystème de la géodonnée au cœur d'enjeux économiques et stratégiques***

Hélène BEGON est auteure de l'ouvrage *La transformation numérique des administrations* paru en août 2021 à la Documentation française (<https://www.vie-publique.fr/catalogue/281188-la-transformation-numerique-des-administrations>).

Elle est actuellement adjointe Données et Intelligence artificielle auprès du directeur du laboratoire d'innovation Ecolab du Commissariat général au Développement durable (ministère de la Transition écologique et ministère de l'Aménagement des territoires). Elle est également spécialiste en gouvernance, droit et compétences de la donnée et de l'IA et ; membre du Conseil national de l'Information géolocalisée.

Après l'École nationale d'administration (1996, promotion Victor Schoelcher), elle a occupé plusieurs postes au sein des ministères de l'Équipement (concessions autoroutières, logement, urbanisme, formation...), de l'Économie (politique et économie touristiques), de la Transition écologique (production et consommation durables, services publics durables, RSE, investissement socialement responsable, verdissement des diplômes nationaux, politique publique de la donnée et de l'innovation verte, ressources humaines, budget, documentation, *web*...).

→ ***Les données souveraines au service des politiques de transition écologique***

Pierre BEYSSAC, Sup'élec 1991, a fondé ou co-fondé plusieurs sociétés dans le domaine de l'informatique et des réseaux : *gandi.net* et *eriomem.net*. Ingénieur de formation, il a travaillé notamment à Télécom ParisTech. Il collabore également au conseil scientifique de l'Afnic (Association française pour le nommage internet en coopération, registre du .fr) et au projet Centipède.

Il s'intéresse en particulier à l'impact énergétique du numérique et, à ce titre, donne une conférence annuelle à l'IMT Rennes et a participé à des consultations de l'Arcep et de l'Arcom sur le sujet.

→ ***La cinématique temps réel (RTK) : principes, applications et enjeux***

Annie BLANDIN est professeur à l'IMT Atlantique, au sein du département Systèmes réseaux, cybersécurité et droit du numérique. Elle est co-responsable de la voie d'approfondissement « Plateformes numériques : infrastructures et marchés ». Outre ses enseignements en droit du numérique, elle effectue des travaux de recherche sur un ensemble de sujets qui vont de la régulation des télécommunications et des plateformes au droit des données, avec un accent sur les questions environnementales. La souveraineté numérique constitue le fil rouge de sa réflexion.

Elle est enfin investie dans des activités d'aide à la décision publique et a notamment été membre du Conseil national du numérique lors de la mandature 2018/2020. Elle préside actuellement le pôle Innovation et prospective du Conseil national de l'Information géolocalisée.

Elle est l'auteure de plusieurs publications, disponibles à l'adresse suivante : <https://cv.archives-ouvertes.fr/annie-blandin>

→ ***Co-coordinatrice du numéro***

Jean-Marie BONNIN est professeur à l'IMT Atlantique et responsable de l'équipe de recherche E4SE au sein de l'IRISA (www.irisa.fr). Ses travaux portent principalement sur les architectures de réseaux et la gestion de la mobilité, avec un intérêt particulier pour les systèmes de transport intelligents coopératifs (C-ITS) ainsi que pour les infrastructures numériques distribuées au service de la ville intelligente.

Ses recherches portent notamment sur les évolutions nécessaires de l'architecture d'Internet afin de permettre le traitement local de données contextuelles et le développement de services intelligents. Ses principaux domaines d'application sont la mobilité – notamment en environnement urbain – ainsi que l'e-santé. Il est également cofondateur de la *start-up* YoGoKo, issue directement de ses travaux sur les communications V2X.

→ ***La souveraineté par le traitement local des données***

Amaël CATTARUZZA est professeur des universités à l'Institut français de Géopolitique (Université Paris 8 Vincennes-Saint-Denis). Il a présidé le Comité National Français de Géographie (CNFG) de 2020 à 2024. Spécialiste de la géopolitique du numérique, il est l'auteur de plusieurs ouvrages et articles sur le sujet, parmi lesquels *Géopolitique des données numériques* (2019).

→ ***Réflexion sur les enjeux géopolitiques des données géographiques***

Antoine COURMONT est maître de conférences en urbanisme et aménagement de l'espace à l'École d'Urbanisme de Paris (Université Gustave Eiffel) et chercheur au sein du Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés (LATTTS). Docteur en science politique, ses recherches portent sur les effets de la transition numérique sur la gouvernance urbaine. Il s'intéresse plus particulièrement aux politiques de données urbaines et aux relations ambivalentes entre les acteurs publics locaux et les entreprises du capitalisme de plateforme. Il a notamment publié *Quand la donnée arrive en ville. Open data et gouvernance urbaine* (PUG, 2021) et *Gouverner la ville numérique* (avec Patrick Le Galès, PUF, 2019).

→ ***La plateforme de la gouvernance urbaine : open data et recompositions des rapports public/privé dans le gouvernement des mobilités***

François HISSEL est diplômé de l'École polytechnique et de l'École nationale des Ponts et Chaussées. Il débute sa carrière en 2006 au Centre d'études techniques maritimes et fluviales (aujourd'hui intégré dans le Cerema), où il occupe successivement les fonctions de chef de département recherche et modélisation, puis de directeur scientifique adjoint. Auteur de plus de 40 publications scientifiques, il s'intéresse notamment aux impacts du changement climatique sur les inondations et submersions marines, et à la prévention et gestion des crises associées. Il participe au rapport coordonné par Jean Jouzel qui décline pour la France les scénarios du changement climatique du GIEC.

Il rejoint en 2014 l'Onema et participe à la construction de l'Agence française pour la Biodiversité puis de l'Office français de la Biodiversité, où il occupe depuis 2020 la fonction de directeur de la surveillance, de l'évaluation et des données.

→ ***L'information sur les ressources en eau***

Pierre JAILLARD travaille dans l'administration française depuis 1990, à l'Insee, dans les ministères économiques et financiers et à la Cour des Comptes. Il est entré à la Commission nationale de Toponymie en 2001 comme chef du cadastre, et il la préside depuis 2004. À ce titre, il représente la France au Groupe d'experts des Nations unies pour les noms géographiques (GENUNG) depuis 2006, il a présidé sa division francophone de 2006 à 2014, et il préside l'ensemble du groupe d'experts depuis 2019.

Depuis 2022, il est aussi haut fonctionnaire chargé de la terminologie et de la langue française aux ministères économiques et financiers. Il défend la dimension culturelle des noms de lieux et de la diversité linguistique dans leur usage, conformément à la tradition diplomatique française. Il a aussi été vice-président de l'association Patrimoine sans frontières et adjoint au maire délégué à l'action culturelle.

→ *Le jeu des souverainetés s'exerçant sur les noms de lieux*

Georges-Axel JALOYAN est normalien et ingénieur du Corps des mines. Docteur en informatique de l'ENS, il travaille à la croisée de la cybersécurité, des méthodes formelles et de l'IA appliquée à l'action publique. Au CEA/DAM, il a travaillé dans le cadre de sa thèse sur des techniques d'attaque et défense en sécurité logicielle sur des architectures innovantes.

Après un passage à Secure-IC en R&D entre Paris et Singapour, il rejoint Amazon Web Services à Seattle, où il a contribué à la vérification formelle et au déploiement d'un nouveau moteur d'autorisation 3 fois plus rapide que l'ancien – gérant plus d'un milliard de requêtes par seconde –, avant de travailler sur le SDK Neuron au sein d'Annapurna Labs, la division de semi-conducteurs d'AWS qui conçoit et intègre les puces Trainium dédiées à l'IA. Il est également officier de réserve de la Gendarmerie nationale.

→ *La petite histoire de ma carte graphique*

Bertrand MONTHUBERT est un acteur du développement de l'usage des données au niveau territorial et national, au service des usages citoyens et des politiques publiques. Il est notamment le président du Conseil national de l'Information géographique, placé auprès du gouvernement français. Il préside également Ekitia, une association regroupant des acteurs publics et privés désireux de créer un cadre de confiance pour l'économie de la donnée. Il est enfin président d'OPenIG, la plateforme régionale d'Occitanie pour l'information géographique.

Au niveau international, il est un des experts français au sein du partenariat mondial de l'intelligence artificielle (Global Partnership on Artificial Intelligence, GPAI), où il co-préside le groupe de travail sur la gouvernance des données.

Bertrand Monthubert est professeur de mathématiques à l'Université de Toulouse, dont il a été le président. Il a également été conseiller spécial du Secrétaire d'État en charge de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, conseiller régional d'Occitanie délégué à l'ESR. Il est le directeur du programme Atypie-Friendly, destiné à rendre l'enseignement supérieur plus inclusif pour les personnes présentant un Trouble du Neuro-Développement.

→ *Introduction*

Le colonel François NOËL est géographe militaire et officier de renseignement. Saint-cyrien de la promotion Chef d'escadron Raffalli (1998-2001), il a poursuivi sa formation à l'École nationale des Sciences Géographiques avant de rejoindre en 2003 le 28^e Groupe géographique de Joigny (89) où il a servi en tant que chef de section à commandant d'unité géographique.

Muté ensuite à l'Établissement Géographique Interarmées de Creil (60), il intègre l'École de guerre à Paris en 2011. Après un premier poste au sein du Centre d'étude et d'enseignement du renseignement de l'Armée de Terre à Saumur (49), il alternera des affectations entre géographie militaire et services de renseignement, jusqu'à son poste actuel de chef du bureau géographie, hydrographie, océanographie et météorologie depuis 2022, sous la

direction de l'État-Major des Armées. À ce titre, il est responsable de la zone fonctionnelle environnement pour les armées et représente les armées en conseil d'administration du Shom et de Météo-France ainsi qu'au Conseil national de l'Information géolocalisée.

Engagé en opérations extérieures à de nombreuses reprises, il a notamment été projeté en République de Côte d'Ivoire en 2004, en Bosnie en 2006, en Afghanistan en 2011, au Sahel en 2015 et 2020, en Irak et en Syrie en 2017. Il a également participé à de nombreuses missions de courte durée en Outre-mer, en Europe et en Afrique.

Il est reçu dans l'Ordre national du Mérite en 2016 et il est fait chevalier de la Légion d'honneur en 2021.

→ ***La souveraineté de la donnée est un pilier de la sécurité***

Hervé PILLAUD est un acteur majeur de la transition agricole et numérique contemporaine. Autodidacte, il a forgé sa pensée et ses compétences sur le terrain, à la fois comme éleveur laitier en Vendée, engagé dans la sélection génétique de la race Montbéliarde, et comme responsable professionnel agricole au sein de la FNSEA, des Chambres d'agriculture et de l'enseignement agricole. De 2018 à 2021, il a également siégé au Conseil national du numérique, apportant une voix issue du monde rural dans les réflexions nationales sur les enjeux technologiques.

Cette double expérience, pratique et collective, a façonné une expertise singulière, à la croisée du monde paysan, de l'innovation et des mutations sociétales. Précurseur de la transformation numérique du secteur agricole, il a initié plusieurs démarches structurantes comme le salon Tech Élevage ou Agreenstartup, visant à rapprocher agriculture, innovation et entrepreneuriat.

Président du Groupe Établières, il œuvre activement à la formation des jeunes générations aux nouveaux défis de l'agriculture. Il milite pour une agriculture connectée, intensive en connaissance, respectueuse des écosystèmes et fondée sur la coopération.

Auteur de quatre ouvrages de référence – *Agronuméricus. Internet est dans le pré* (2015, La France Agricole), *Agroéconomicus. Manifeste d'agriculture collabor'active* (2017, La France Agricole), *Cultivons l'avenir ensemble. (Ré)concilier agriculture et société* (2021, La France Agricole) et *Vers un monde sans Faim* (2024, Diateino) – Hervé Pillaud développe une pensée articulant humanisme, souveraineté, durabilité et innovation ouverte.

À travers ses écrits, ses conférences et ses engagements auprès d'acteurs publics, privés et associatifs, il participe activement à la redéfinition d'un nouveau contrat entre agriculture, technologie et société. Il porte une vision exigeante et optimiste : celle d'une agriculture capable de réparer la planète tout en nourrissant durablement l'humanité.

→ ***Données agricoles géolocalisées : l'open source et les communs numériques comme leviers de souveraineté***

Jean-Marie SEÏTÉ entame ses études secondaires au lycée Henri IV et une carrière sportive au PUC, poursuit ses études d'architecture à l'École nationale supérieure des Beaux-Arts de Paris et d'urbanisme à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Il crée une agence d'architecture et d'urbanisme à Paris et en Corse et est patron pêcheur d'un navire armé à la petite pêche côtière.

Il enseigne l'urbanisme et l'aménagement durable à l'École supérieure des Géomètres Topographes.

Il est maire de la commune de Galeria (Corse) et préside le PETR du Pays de Balagne qui regroupe les deux intercommunalités de Calvi et l'Île-Rousse regroupant les 36 communes de la Balagne.

Il préside l'AFIGEO (Association Française pour l'Information Géographique) et le Pôle coordination des territoires du CNIG (Conseil national de l'Information géolocalisée).

→ ***La souveraineté des données et les territoires, un mariage impossible ?***

Laurent TOUSTOU est chef du service de l'Offre et des Communs à l'Institut national de l'Information géographique et forestière (IGN), où il coordonne la stratégie d'offre de l'établissement en données et services numériques, ainsi que la relation entre l'institut et les utilisateurs dans un objectif de favoriser une politique d'ouverture des données au service notamment des communs numériques. Avant de rejoindre l'IGN en 2021, il a exercé plusieurs fonctions au sein de l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (Arcep). Il y a notamment dirigé l'unité « Régulation par la *data* », coordonné les travaux numériques et environnementaux ou contribué aux réflexions concernant la régulation des acteurs du numériques et la neutralité de l'internet.

Formé à Sciences Po Toulouse et à l'Université Paris Dauphine, il est également intervenant régulier en milieu universitaire sur les questions de régulation, de numérique et de politiques publiques. Il s'intéresse particulièrement, à l'économie des plateformes et aux liens entre technologie et enjeux sociétaux tels que la transition écologique ou la démocratie.

→ *Les communs, un enjeu majeur pour les géodonnées*

Laurent TOUTAIN est titulaire d'un doctorat en informatique de l'Université du Havre qu'il a obtenu en 1991. Il est professeur à l'école d'ingénieurs IMT Atlantique. Il a travaillé plusieurs années sur IPv6 et a participé à la création du groupe G6 qui rassemble depuis 1995 chercheurs et industriels autour d'IPv6. Ses recherches actuelles portent sur les protocoles et les architectures spécifiques aux besoins de l'IoT. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages sur les réseaux et les RFC. Il est également co-fondateur et conseiller scientifique d'Acklio Company.

→ *Co-coordonateur du numéro*

Frédéric WEIS est professeur des universités en informatique. Il enseigne depuis 1997 au département Réseaux et Télécommunications (R&T) de l'IUT de Saint-Malo. Il est également rattaché au laboratoire IRISA au sein de l'équipe de recherche EASE (Enabling Affordable Smarter Environment). Il a soutenu sa thèse au Cnam Paris en 1996 et a obtenu son Habilitation à diriger des recherches (HDR) en 2012. Ses travaux de recherche portent sur les réseaux sans fil et les environnements intelligents, avec une contribution à la direction de dix thèses de doctorat. Il s'intéresse actuellement aux mécanismes d'évaluation de la qualité des données dans les environnements IoT.

Il a conduit de nombreuses collaborations industrielles et académiques avec des partenaires tels qu'Alcatel, EDF ou l'Inria, ainsi que dans le cadre de projets européens et nationaux sur les réseaux mobiles et l'Internet des objets. Ses travaux ont donné lieu à plusieurs publications scientifiques, notamment sur l'architecture des habitats intelligents et la fusion de données dans les systèmes pervasifs.

→ *La souveraineté par le traitement local des données*