

---

# Feuille de route Intelligence artificielle IGN 2021-2024

## Décembre 2021

---

### Avant-propos : cartographier les changements climatiques rapides

A l'heure de grands bouleversements écologiques et numériques, la nouvelle boussole que se donne l'IGN est d'outiller la Nation pour décrire et comprendre les évolutions du territoire.

Dans ce cadre, l'IGN va produire des cartes de l'anthropocène en publiant régulièrement (tous les un à trois ans) des cartes sur un nombre limité d'enjeux écologiques majeurs. En particulier, l'IGN va rendre compte de l'état de santé des forêts, de l'érosion du relief et de l'évolution des cours d'eau, de l'artificialisation des sols, du potentiel de biodiversité et d'autres thèmes à définir en appui aux politiques publiques.

Pour répondre au défi de l'observation en continu du territoire par une connaissance toujours plus riche, actualisée et thématifiée, l'IGN va étendre l'usage des technologies de traitement automatique par intelligence artificielle ; technologies dont l'adaptation aux besoins de la connaissance environnementale a été facilitée par les laboratoires de recherche de l'Institut.

Cette mission est conséquente et représente un défi pour l'ensemble des acteurs de la cartographie qui y contribueront, en particulier pour l'Institut.

### Orientation d'ensemble : démocratiser l'IA

Les techniques d'intelligence artificielle (IA), qui ont bouleversé la plupart des domaines du traitement de l'information (traitement du langage, vision par ordinateur, robotique...) et en particulier des cœurs de métiers de l'IGN (télédétection, localisation, cartographie...), jouent un rôle incontournable dans ces descriptions fines et régulières du territoire.

Cependant, de la même manière que la cartographie publique doit devenir un instrument d'émancipation face à ces bouleversements, l'intelligence artificielle doit être elle aussi un instrument d'émancipation pour les citoyens, les territoires comme pour les agents impliqués dans son déploiement.

Or, un déploiement désordonné des techniques d'IA ferait courir des risques qui ne peuvent être acceptés dans cette optique :

- La course à un gigantisme technologique délétère, entretenu par des acteurs hégémoniques du numérique ayant intérêt à la massification des traitements et concentrant les talents façonnant le développement de ces techniques. En plus de renforcer leur position dominante, ce gigantisme structure une grande partie des directions de recherche en apprentissage profond et s'inscrit à rebours d'une nécessaire régulation écologique de ces techniques ;
- Le risque de prolétarianisation du travail, identifié par des agents durant la consultation Géo-communs - désengagés par la perspective "d'apprendre à la machine à les

remplacer". En plus d'être démobilisatrice, cette dégradation du travail et de l'expertise n'est pas viable, l'IA ayant besoin de **supervision régulière** ;

- L'échec de la montée en compétences des agents et des grands projets mobilisant l'intelligence artificielle.

L'IGN, avec son intégration de capacités de recherche, d'enseignement, d'innovation, de développement et de production, peut outiller et partager un autre discours et d'autres pratiques en ne cédant pas au déterminisme technique en IA : il est possible de réaliser des choix dans ces techniques et dans la façon de les déployer, en particulier selon des considérations sociales ou environnementales.

La ligne de conduite proposée est celle de la **démocratisation** de l'intelligence artificielle au sein de l'Institut et dans la société. En opposition à une logique technocratique de concentration d'un savoir établi chez quelques individus experts, il s'agit d'assurer la diffusion large de la capacité d'agir avec l'intelligence artificielle ainsi que de donner prise à la délibération en commun sur comment mobiliser et développer ces techniques.

## Objectifs de la feuille de route « Intelligence artificielle » de l'IGN

L'IGN se fixe **trois objectifs stratégiques** à horizon 2024 :

1. **Entretien et renforcer les capacités techniques** en matière d'IA permettant de conduire les « grands projets » d'automatisation déjà lancés ;
2. **Conserver une marge dans les ressources** en IA pour pouvoir mener plus d'expérimentations et d'activités de R&D hors grands projets, aménager une capacité à prendre en charge de nouveaux projets – en particulier la structuration de communs en intelligence artificielle pour l'information géographique et forestière ;
3. **Soutenir et participer aux communautés IA pour la cartographie de l'Anthropocène** et participer ainsi activement à la transition écologique, en favorisant la création et l'entretien régulier d'observations fines du territoire indispensables au suivi des changements rapides du territoire sous le coup de l'activité humaine.

## Périmètre de la feuille de route IA de l'IGN

L'intelligence artificielle (IA) est « l'ensemble des théories et des techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence »<sup>1</sup>. La feuille de route de l'IGN porte en particulier sur les techniques d'apprentissage machine ou *machine learning*, avec une attention spécifique donnée aux techniques d'apprentissage profond ou *deep learning*, notamment sur les sujets de vision par ordinateur<sup>2</sup>.

## Mise en œuvre

La feuille de route IA de l'IGN comporte des mesures soutenant six axes identifiés pour atteindre ces trois objectifs stratégiques :

Axe 1 : Assurer la gouvernance transverse de la feuille de route

Axe 2 : Construire en commun

Axe 3 : Rendre accessible l'IA à tous les niveaux

Axe 4 : Créer et entretenir les conditions de ressources propices à l'atteinte des objectifs

Axe 5 : Mettre en débat et réguler socialement et écologiquement le déploiement de l'IA

---

<sup>1</sup> Larousse

<sup>2</sup> Analyse automatique d'images (classification, segmentation, reconnaissance de formes), de nuages de points,...

Axe 6 : Soutenir des orientations scientifiques structurantes en apprentissage

### **Axe 1. Assurer la gouvernance transverse de la feuille de route**

Le premier axe fixe les modalités de gouvernance de la feuille de route : désignation d'un pilote et des responsables d'actions, comitologie, respect de bonnes pratiques.

**mesure 1 Organiser la mise en œuvre, la coordination et le suivi des actions identifiées**

**mesure 2 S'assurer de la mise en œuvre des bonnes pratiques dans l'organisation des travaux IA**

### **Axe 2. Construire en commun**

Le deuxième axe s'inscrit dans la démarche des géo-communs initiée par l'IGN pour co-construire des services et des données géographiques publiques, en jouant sur la complémentarité des acteurs.

**mesure 3 Contribuer à des communs pour l'IA en information géographique et forestière**

- Identifier et mettre en œuvre les moyens nécessaires à l'animation des communautés visées par la diffusion des communs pour l'IA en information géographique et forestière ;
- Porter et animer la diffusion ouverte d'outils pour l'apprentissage profond en information géographique et forestière (notamment, à court terme, au sein du consortium AI4GEO et dans le cadre du projet de production d'un référentiel OCS GE pour le suivi de l'artificialisation des sols) ;
- Porter et animer la diffusion ouverte de modules de formation en IA ;
- Valoriser le patrimoine de données d'apprentissage ;
- Diffuser les jeux de données d'apprentissage et modèles entraînés sur lesquels se basent des processus de traitement IA à la base de jeux de données ouverts.
  - A court terme : diffuser des jeux de données de couverture du sol constitués dans le cadre du projet de production d'un référentiel OCS GE pour le suivi de l'artificialisation des sols.
  - Diffuser des premiers jeux de données d'apprentissage dans le cadre du programme Lidar HD.
- Impliquer d'autres utilisateurs sur la production de données d'apprentissage ;
- Organiser des challenges IA autour des données et verrous de l'IGN.

**mesure 4 Nouer des partenariats stratégiques**

- Assurer une veille sur les partenariats potentiels en intelligence artificielle, en différenciant leurs bénéfices (sur la méthodologie, sur les briques de base...).
- Poursuivre et renforcer la méthodologie, les développements et travaux R&D en télédétection construits au sein du consortium [AI4GEO](#).
- Mettre en place un partenariat stratégique pour l'accès à des capacités de calcul GPU pour la période 2022-2024, préparer les conditions adéquates pour les transferts de données associés.

**mesure 5 Développer la stratégie d'influence en intelligence artificielle**

- Organiser la présence des acteurs IGN de l'IA à des événements externes (salons, conférences scientifiques, RST,...), groupes de travail, think tanks,...

- Mobiliser à ce titre les directions territoriales de l'IGN dans la mise en réseau locale. Assurer la bonne information et maîtrise de leurs agents quant aux travaux conduits par l'Institut en IA.

### Axe 3. Rendre accessible l'IA à tous

L'intention forte de démocratiser l'IA pour faciliter son déploiement dans les projets de l'IGN impose d'investir sur les formations initiales et professionnelles. Les capacités de recherche et d'enseignement de l'IGN (ENSG) devraient permettre de les concevoir et de les dispenser en interne, au bénéfice des agents de l'institut mais aussi au-delà, confirmant l'IGN dans son rôle de référent de l'information géographique et forestière. Certains modules de formation ont vocation à devenir des communs pédagogiques de l'IA, libres de droit, au bénéfice notamment de la transition écologique.

#### mesure 6 Développer l'offre de formation professionnelle en intelligence artificielle

- Assurer un cycle de formation « métier » semestriel en intelligence artificielle
  - Reconduire à partir du second semestre 2021 les formations d'initiation pratique à l'IA sur images aériennes et 3D ;
  - Concevoir et dispenser d'autres formations d'initiation pratique à l'IA sur images spatiales (optiques, radar, séries temporelles...) ;
  - Référencer des formations IA existantes, permettre des formations longues de spécialisation en intelligence artificielle ;
- Concevoir et mettre en place des formations IA pour chefs de projets / produit dès le premier semestre 2022 pour former chaque année une quinzaine d'agents de l'IGN ;
- Reconduire dès que possible et chaque trimestre une formation interne de culture générale en intelligence artificielle ;
- Référencer dès que possible des offres de MOOCs pour les différents métiers de l'intelligence artificielle, et entretenir cet état des lieux.

#### mesure 7 Développer l'offre de formation initiale en intelligence artificielle

- Instruire le projet d'intégrer davantage d'IA dans le cycle Technicien supérieur de l'ENSG. En 2018, le rapport Villani souligne en effet que s'il existe un assez grand nombre de formations au niveau master, l'ensemble des niveaux (dont bac +2, bac +3), doit faire l'objet d'attention.
- Renforcer la place de l'intelligence artificielle dans la formation des ingénieurs de l'ENSG.

#### mesure 8 Créer et animer une communauté de pratiques « IA » à l'IGN

- Mettre en place, dès que possible, une *agora* de l'IA à l'IGN, fédérant les agents développant et utilisant l'IA :
  - Y assurer la constitution et diffusion de veille scientifique et technologique, et de veille sur les acteurs en IA ;
  - Développer le référencement de solutions externes pour élargir la capacité d'action de l'Institut et prendre en charge des sujets supplémentaires d'observation du territoire ;
  - Y échanger sur les travaux en cours ou réalisés en IA à l'IGN ;
  - Organiser pour cela un séminaire bimensuel des membres de ce réseau.
- Mettre en place dès que possible un espace de communication accessible à tous les agents de l'IGN rendant compte des travaux en intelligence artificielle.
- Mettre en place, à la façon du [GeoRezo](#), un forum ouvert à l'extérieur.

## Axe 4. Créer et entretenir les conditions de ressources propices à l'atteinte des trois objectifs

La capacité à opérer les techniques IA au sein de l'Institut nécessite d'allouer des ressources sur une diversité de postes :

- La conduite de projets IA à proprement parler, aux différents stades de maturité : preuves de concepts, prototypages, industrialisation ;
- La conduite d'activités transverses, soutenant l'ensemble de ces initiatives : formation et tutorat des agents, veille, communication, immersions vers la recherche ou la production, activités de conseil comme référent technique IA, conduite de recrutements, défis...

Les estimations réalisées conduisent à proposer une cible d'ingénieurs en intelligence artificielle à 30 à 40 ETP en 2023 à l'IGN – hors ENSG, contre 9 ETP en 2021.

Ces ressources sont réparties entre **un pôle central d'experts et d'expertes en IA et à travers les différents services de l'Institut**, développant ou opérant des systèmes mobilisant des techniques d'IA. Les compétences dans ces techniques au sein de la Direction des opérations et des territoires doivent en particulier être renforcées.

Dans un premier temps, pour appuyer sa montée en compétences et développer sa propre crédibilité, l'IGN doit conduire ses principaux travaux en intelligence artificielle, notamment les grands projets. **A terme, ou pour prendre en charge de nouveaux projets, la construction de partenariats devra être étudiée plus systématiquement.**

### mesure 9 Mettre en place une organisation adaptée

- Constituer un pôle central d'experts et d'expertes en IA en charge d'accueillir les travaux de prototypage de nouvelles capacités IA, en constituant pour un temps limité des équipes pluridisciplinaires. Ce pôle, formalisé par un lieu et pas spécifiquement par une équipe hiérarchique, facilitera la capitalisation de l'expertise.
- Renforcer les travaux et compétences associés aux différentes phases de montée en maturité (travaux de R&D et travaux transverses sur l'IA, industrialisation des systèmes IA, pilotage de productions avec des systèmes IA) ;
- Formaliser les conditions de bon fonctionnement de ce pôle, en particulier la mobilité des agents entre ce pôle et les projets opérationnels ;
- Suivre le vivier des experts IA de l'IGN ;
- Assurer la valorisation de l'expertise en IA dans la carrière des agents concernés.

### mesure 10 Libérer des ressources saturées pour faire vivre l'écosystème IA de l'IGN

- Généraliser le fonctionnement par tutorat / compagnonnage en IA, en s'inspirant si nécessaire d'organismes similaires à l'IGN ;
- Sanctuariser la charge pour les agents concernés par le tutorat / compagnonnage ;
- Sanctuariser du temps pour des activités de veille en IA ;
- Mettre en place des immersions courtes au sein d'équipes de recherche, de production ou dans des structures externes ;
- Accompagner les immersions courtes d'un retour d'expérience dans une démarche d'amélioration continue.

### **mesure 11 Renforcer les recrutements IGN et son attractivité dans les métiers de l'intelligence artificielle**

- Intégrer les métiers « Ingénieur en intelligence artificielle / Data scientist », « Data Engineer », « Data Architect », « Data Analyst », dans le référentiel des postes génériques ;
- Ouvrir des postes en IA en résidence administrative hors Saint-Mandé ;
- Augmenter l'attractivité de l'IGN en matière de rémunération.

### **mesure 12 Renforcer la communication autour des recrutements**

- Faire connaître les métiers de l'IA de l'IGN auprès des doctorants et des doctorantes de l'IGN pour les encourager à postuler sur des offres d'emploi IA de l'IGN en fin de thèse ;
- Communiquer les offres de postes dans les formations et réseaux de recherche en IA ;
- Renforcer la présence de l'IGN (stages, interventions...) dans des formations en IA ciblées ;
- Cibler la présence de l'IGN dans les communautés de *meetups*.

### **mesure 13 Renforcer les infrastructures informatiques pour l'intelligence artificielle**

- Finaliser l'audit et étude prospective sur les capacités de calcul pour l'IGN ;
- Assurer la disponibilité de ressources de calcul élastiques (par exemple par un recours à des capacités Cloud) pour prendre en charge les activités de formation et d'expérimentation ; en assurer la large accessibilité au sein de l'IGN ;
- Disposer d'accès aux données satellites sans devoir en répliquer les infrastructures de stockage ;
- Evaluer la capacité de la Géoplateforme à accueillir des traitements (croisements, analyses) autour des données structurées qui y seront hébergées.

## **Axe 5. Mettre en débat et réguler le déploiement de l'IA**

L'IA n'est pas une fin en soi mais un moyen susceptible d'optimiser des processus de production et d'entretien de la donnée géographique et forestière. Le suivi régulier des impacts de l'IA est primordial pour rationaliser son déploiement à l'IGN, instaurer un cadre de confiance, et faciliter une posture exemplaire à cet égard, indispensable pour faire de l'IGN le référent IA pour les sujets d'information géographique et forestière dans la sphère du Ministère de la Transition écologique.

### **mesure 14 Analyser systématiquement le coût écologique de l'IA**

L'IGN suivra les recommandations de la [feuille de route](#) ministérielle « Numérique et environnement », notamment s'agissant de la méthodologie de quantification de l'empreinte environnementale de l'IA (consommations énergétiques, empreinte de la production des composants informatiques).

- Intégrer un groupe de travail national pour progresser sur ce sujet ;
- Choisir des métriques et les évaluer régulièrement en transparence ;
- Constituer des outils d'évaluation du bilan écologique de systèmes IA et les diffuser au sein de l'Institut.

### **mesure 15 Mesurer régulièrement l'impact de l'IA sur la qualité des données et sur la productivité**

L'IGN mettra en place des mesures d'évolution de la productivité et de la qualité des données et évaluera donc l'impact de l'introduction de technologies IA dans les processus.

- Choisir des métriques pour évaluer la productivité des processus et les suivre régulièrement ;
- Faire une typologie des erreurs affectant les données pour « prévenir » les utilisateurs ;
- Animer les communautés d'utilisateurs pour recueillir leur avis en boucle courte.

### mesure 16 Analyser systématiquement les enjeux sociaux de l'IA

Les agents dont le contenu du travail serait affecté par le déploiement du prototype doivent contribuer à l'évaluation de ces évolutions. Les systèmes IA doivent viser l'amélioration du contenu du travail.

- Associer systématiquement des agents à la conception des systèmes IA, à l'évaluation de leur ergonomie, documenter systématiquement les répercussions de transformations de processus de production sur le contenu du travail humain ;
- Proposer annuellement un temps de débat sur les enjeux sociaux de l'IA.

## Axe 6. Soutenir des orientations scientifiques structurantes en apprentissage machine

Les techniques d'apprentissage machine connaissent encore de nombreuses limites et sont en évolution rapide ; les avancées tant dans les domaines d'application de l'IGN que dans les connaissances générales en intelligence artificielle doivent faire l'objet d'une attention particulière, notamment par une veille renforcée et des travaux de R&D.

Quatre axes structurants doivent être soutenus :

- Les capacités de généralisation des modèles en apprentissage profond, en particulier dans des situations d'apprentissage où les jeux de données sont structurellement biaisés (temporellement, géographiquement...).
  - Parmi les approches envisageables : les paradigmes d'apprentissage semi-supervisé ou auto-supervisé pour tirer parti de données non annotées abondantes et moins biaisées, la construction de partitions du territoire basées sur la capacité de généralisation de modèles IA.
- Le développement d'architectures compactes, adaptées aux structures des données (multispectrales, temporelles...) et des problèmes (hiérarchies de classes, tâches corrélées, supervision faible...). Ces approches permettent
  - De limiter les besoins en ressources matérielles, et par conséquent le coût financier et écologique des systèmes IA ;
  - De réduire les volumes de données d'apprentissage nécessaires ;
  - D'intégrer plus fortement les connaissances *a priori* disponibles (expertise métier / thématique, par exemple).
- L'apprentissage profond en données vecteurs, notamment en renforçant l'attention et la formation sur les techniques d'apprentissage profond sur des graphes ;
- L'optimisation de la création de données d'apprentissage et de validation, notamment par les approches d'apprentissage actif, d'interaction homme/machine.