

# WEBINAIRE



• À VENIR WEBINAIRES SUR LE CLIMAT #9

SCIENCE, RECHERCHE ET INNOVATION

## Innovations scientifiques et stratégies d'adaptation

Technologies, outils et méthodes émergentes au service de la résilience

Jeudi 24 septembre 2026

14h00 – 15h30 GMT

En ligne

Français

### PARTENAIRES



**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



# Amadou Idrissa Bokoye, Ph. D.

Professeur associé Institut des Sciences de  
l'Environnement (ISE) /Université du Québec à Montréal  
(UQAM)  
Montréal, Canada

Membre du Groupe d'Experts de la  
Fondation Santé- Environnement, Bamako, Mali

[abokoye@gmail.com](mailto:abokoye@gmail.com)



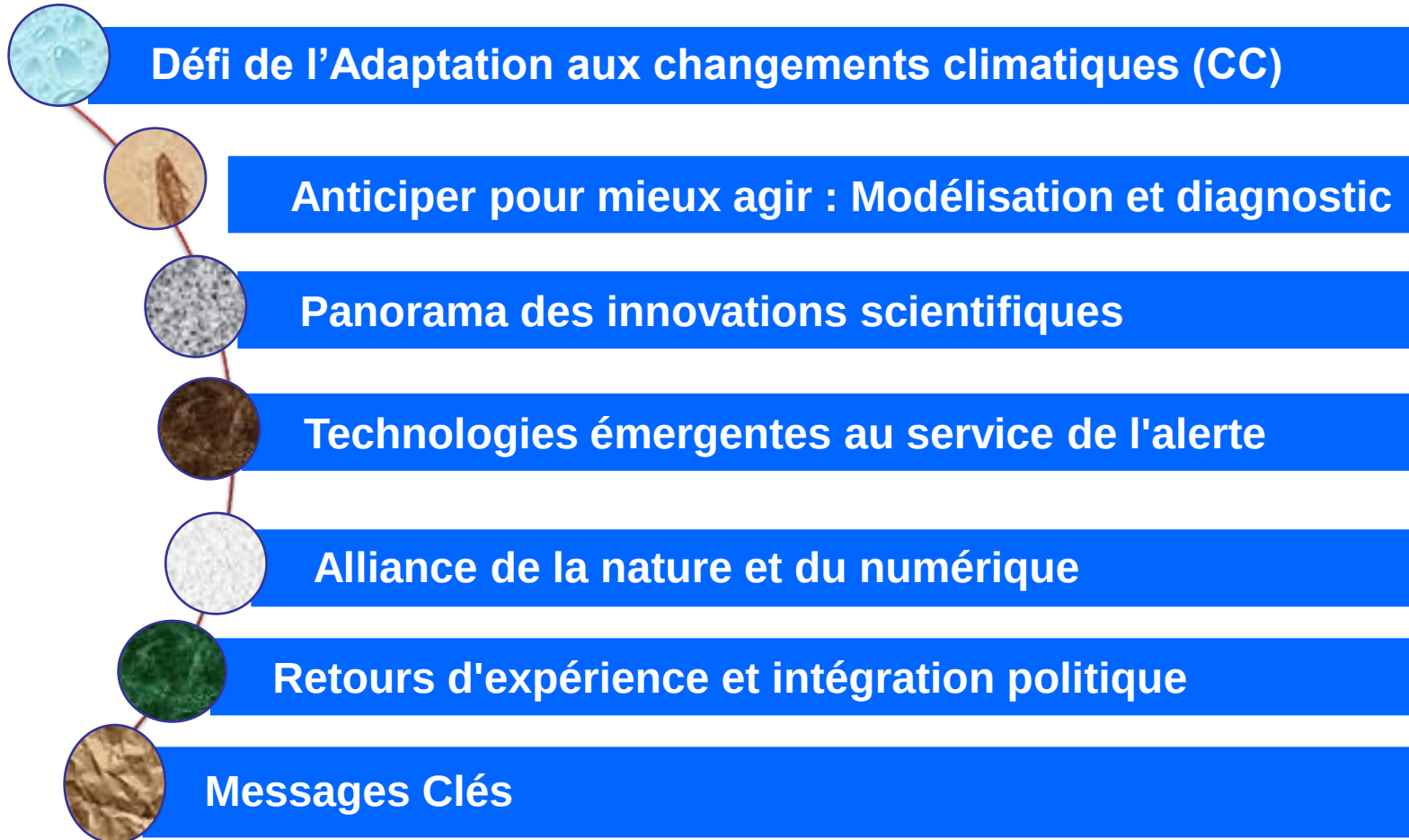
# L'Innovation au service de l'adaptation climatique : du capteur à l'action locale



IA

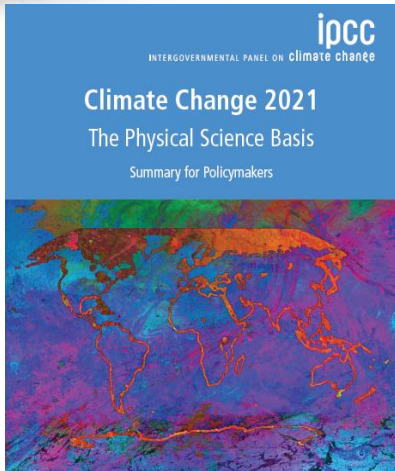
24 septembre 2026

# Plan

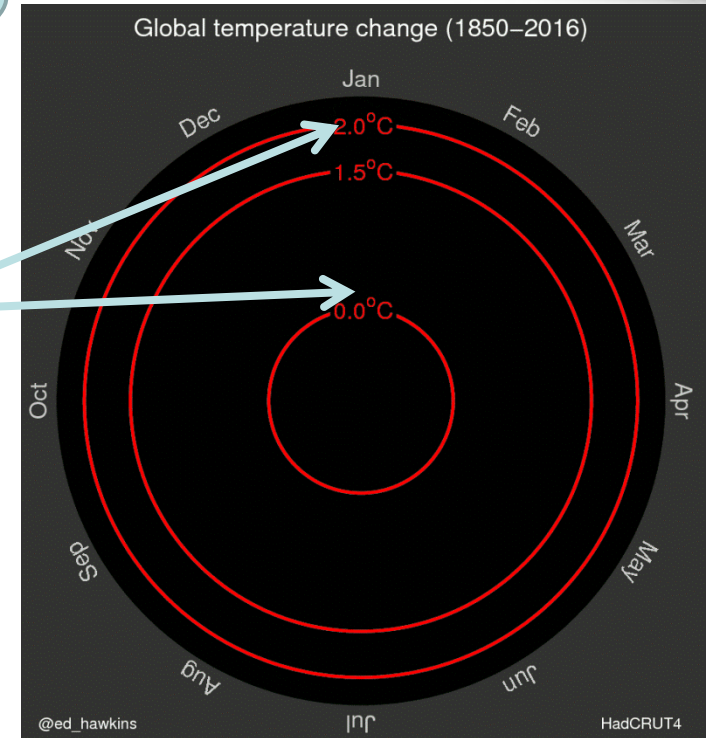


# Défi de l'Adaptation aux CC

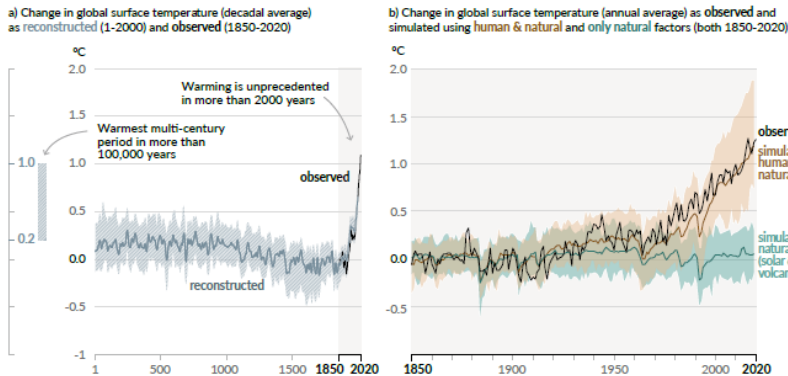
## Contexte global des CC



Paris  
Agreement  
IPCC, 2015

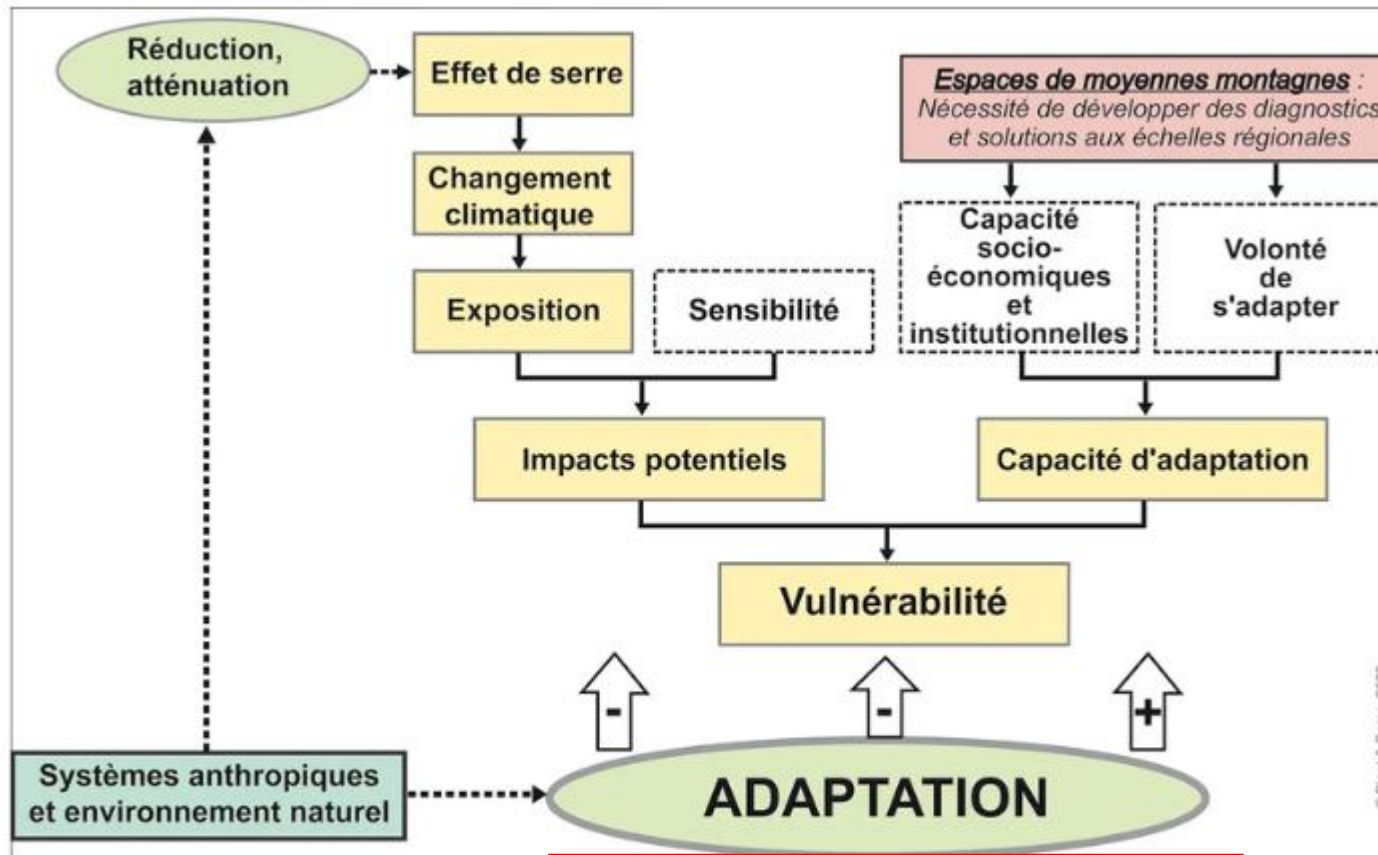


Changes in global surface temperature relative to 1850–1900



**Urgence climatique avec un réchauffement global  $> 1^{\circ}\text{C}$  et des impacts majeurs sur les systèmes naturels et humains**

**Selon le dernier rapport du GIEC sonne l'alarme en faveur d'actions majeures contre le réchauffement climatique dont l'activité humaine est le responsable principal.**

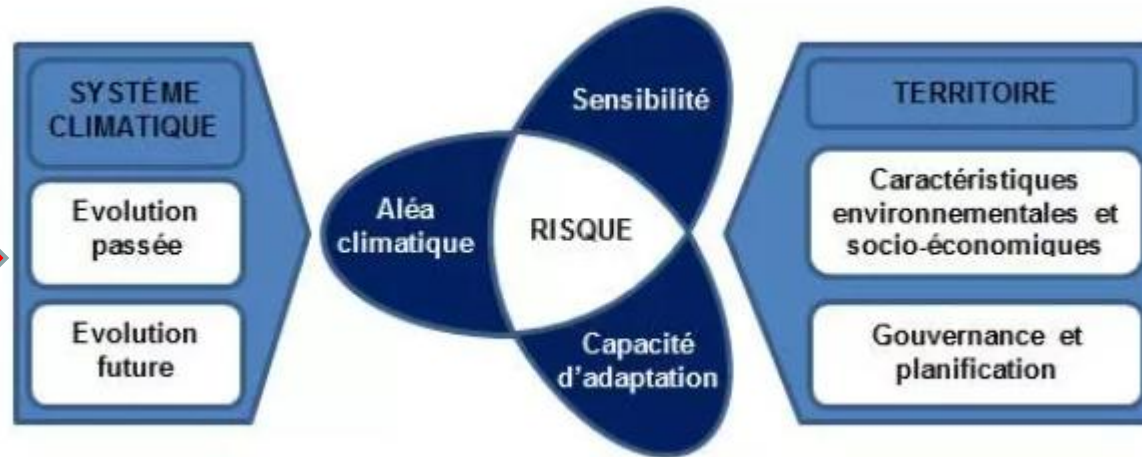


Modèle conceptuel simplifié décrivant l'impact, la vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique, en favorisant l'émergence de diagnostics régionaux

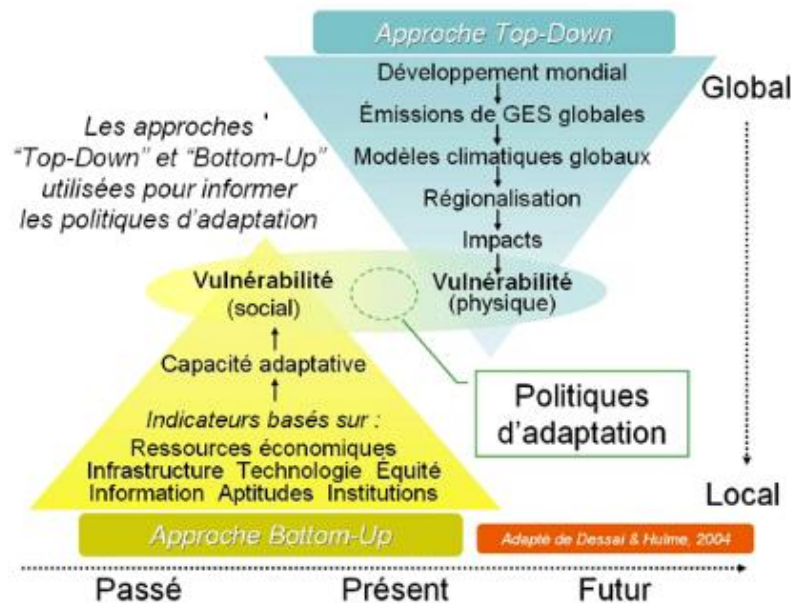
Source: Bigot et Rome, 2010

# Risque climatique et Adaptation

Évaluation du risque climatique (Source: Bruxelles Environnement, 2015)



Approches d'Adaptation (Source: Bertrand et Simonet, 2012)



**Adaptation** : ensemble d'initiatives et de mesures prises pour réduire la vulnérabilité et renforcer la résilience des systèmes naturels et humains aux effets réels ou prévus des changements climatiques (source: Ouranos).

## Problématique: comment la technologie et l'ingénierie peuvent-elles accélérer notre résilience en adaptation ?

Face à l'intensification des aléas climatiques (sécheresses extrêmes, inondations, instabilité des saisons), les méthodes traditionnelles ne suffisent plus. **L'ingénierie et les innovations numériques apportent trois leviers majeurs pour accélérer la résilience :**

1

- L'anticipation de précision (Du capteur à la donnée)

2

- L'optimisation des ressources locales

3

- L'inclusion et l'action à grande échelle



Source: <https://www.wattuneeed.com/fr>

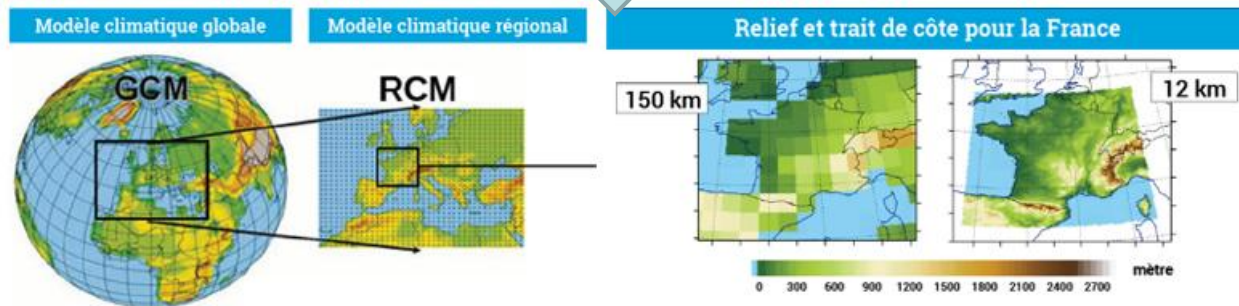
Anticiper pour mieux agir:  
modélisation et diagnostic

## Modélisation climatique

La modélisation climatique globale [MCG] (à l'échelle de la planète avec des résolutions spatiales de l'ordre de 100 km à 300 km par grille) permet de déterminer les évolutions passées et futures (simulations) du climat en résolvant des équations mathématiques et physiques inhérentes au système climatique ((atmosphère, hydrosphère, cryosphère, lithosphère, biosphère) à l'aide de programmes informatiques et de paramétrisation.

La modélisation climatique régionale [MCR] permet de réaliser des projections climatiques à des échelles fines (résolution spatiale de l'ordre de ~10km à 50 km), permettent d'appréhender les évolutions locales du climat futur par une mise à échelle dynamique (résolution d'équations) ou statistique des sorties de la MCG.

L'information climatique devient plus précise avec la MCR



Source: Météo-France

Projection future = Modèle climatique + scénarios d'évolution socioéconomique

La modélisation  
climatique nécessite  
des moyens  
numériques avec de  
grandes capacités de  
calcul  
(supercalculateur)

Ici le supercalculateur  
japonais Fugaku, le  
plus puissant au monde



La performance, la précision ainsi que la rapidité des calculs de la modélisation climatique est étroitement tributaire de l'évolution technologique des serveurs en calcul haute performance

... mais les infrastructures en calcul de haute performance sont énergivores et consomment des quantités d'eau !!

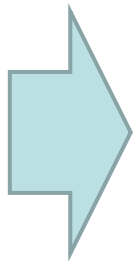
## Apport de l'intelligence artificielle à la prédiction

De récentes études et expériences ont montré que l'intelligence artificielle améliore considérablement la performance de la modélisation climatique en accélérant les calculs et en affinant la précision des prévisions météorologiques. Source: Environnement Canada, 2026



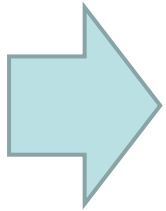
### Gains de performance et méthodes

- **Vitesse de calcul** : Les réseaux de neurones remplacent ou complètent des équations physiques très lourdes, réduisant le temps de traitement de plusieurs jours à quelques secondes.
- **Précision accrue** : Environnement et Changement climatique Canada a adopté un modèle d'IA marquant l'avancée la plus significative de ces 50 dernières années, rendant les prévisions à 6 jours aussi fiables qu'un prévisionnel classique à 5 jours.
- **Correction et adaptation** : L'apprentissage automatique aide à la mise à l'échelle locale et à la correction des biais inhérents aux simulations traditionnelles.
- **Limites**: (1): pas de données dans le futur pour entraîner l'IA, (2) Caractère énergivore de l'utilisation de l'IA

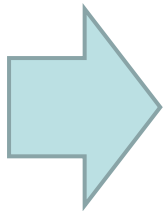


# Panorama des innovations scientifiques: observations et alertes

## Changement de paradigme



L'Adaptation au changement climatique s'appuie désormais sur une matrice technologique interconnectée qui transforme la gestion des risques environnementaux.

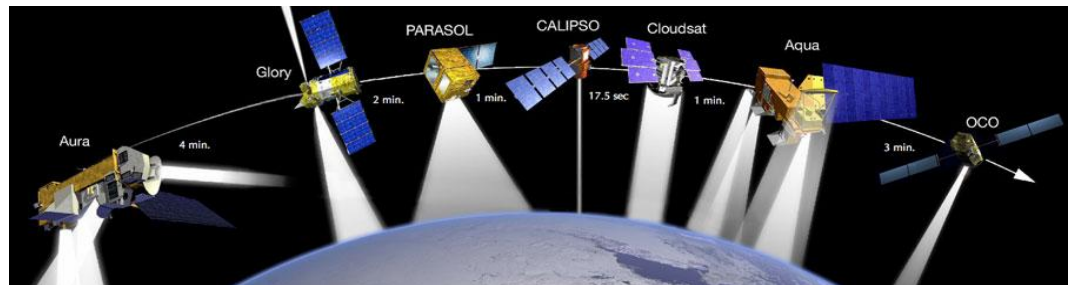


L'intégration massive de l'intelligence artificielle (IA) et du traitement de données de masse (*Big Data*) permet de **passer d'une logique de réaction à une culture de l'anticipation.**

## Du capteur à la donnée

Existence et développement de plusieurs constellation de satellites et de capteurs pour l'observation de la Terre

### Satellite



Constellation A-train (NASA)

**Divers satellites pour l'observation de l'Atmosphère (nuages, composition en gaz et particules et des états de surface (hydrographie, végétation, sol) avec diverses résolutions spatiales et temporelles. Quelques exemples:**

- **Constellations LEO (Basse altitude):** composition de l'atmosphère, profil vertical, profiles atmosphériques
- **Imagerie Radar (SAR):** surveillance des inondations, topographie, glaces
- **Capteurs de lumière spectrale et LiDAR spatiaux:** biomasse, humidité des sols, pollution de l'air, couche d'ozone ou feux de forêt, profiles atmosphériques
- **Satellites météorologiques:** assimilation des observations satellites pour les prévisions météorologiques

Système GOS

Organisation  
Météorologique  
Mondiale (OMM)



# Drones

- **Autonomie et IA embarquée:** cartographie de zone d'accès difficiles, cartographies des dégâts (inondations, tempêtes, glissement de terrain)
- **Capteurs thermiques et LiDAR:** feux de forêt, hydrographie
- **Vecteurs d'action :** surveillance agricole de précision, reboisement et épandage d'engrais, pesticide, identification de déficit hydrique, ....

Accroissement  
de l'utilisation  
des drones en  
milieu agricole



Source: <https://euractiv.com/fr/>

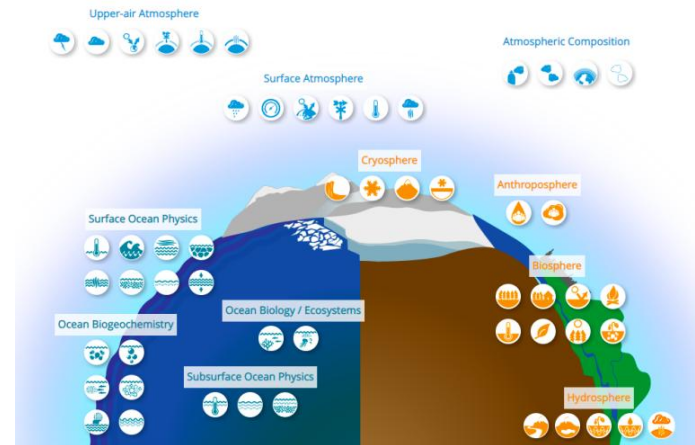
## Capteurs de surface

- **Réseaux de capteurs environnementaux** : pollution de l'air, cameras de surveillance, variables de surface (humidité du sol, niveau d'eau)
- **Stations connectées à faible consommation (LoRaWAN)** : stations météorologiques et climatiques,

## Combinaison de capteurs

- **Organisation Météorologique Mondiale (OMM): GCOS**

Composantes du  
Global Climate  
Observing System  
(GCOS)

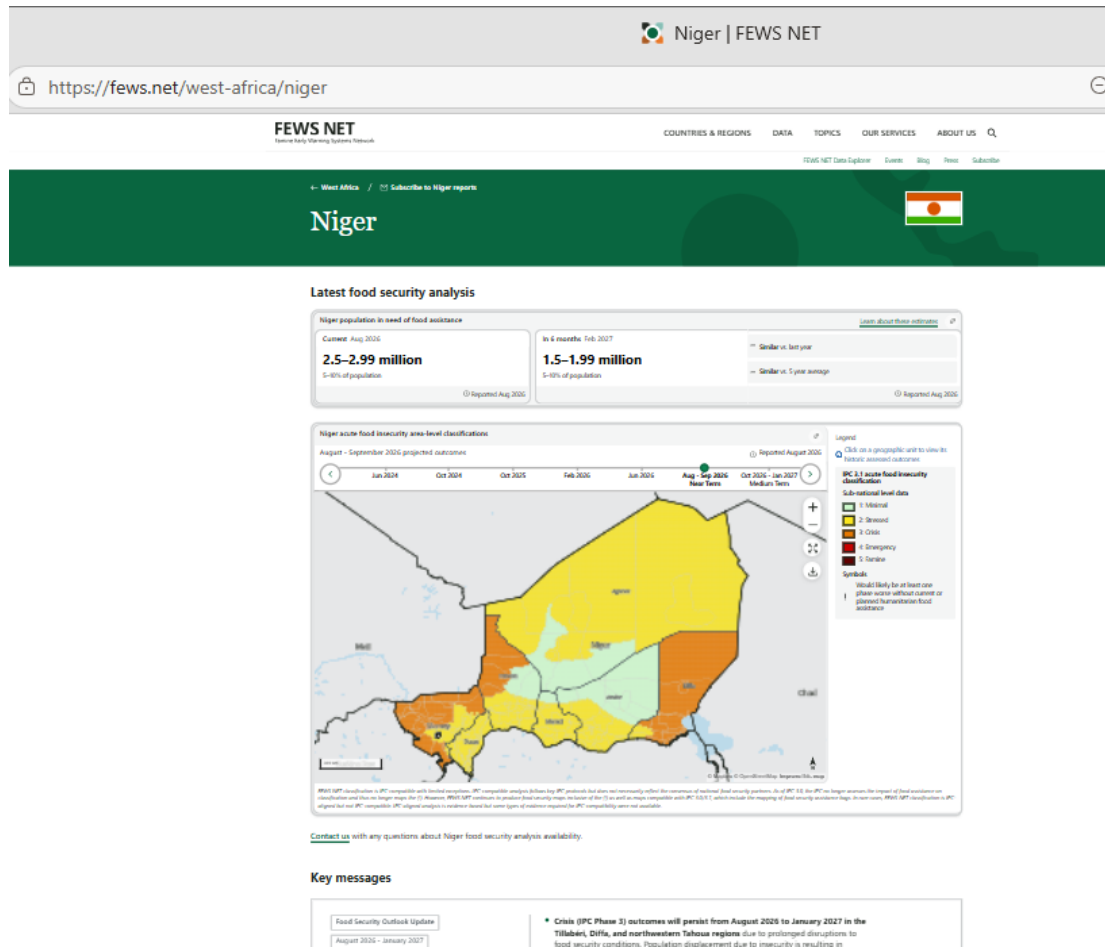


Source: <https://wmo.int/media/news/state-of-global-climate-observing-system-2021>

# Technologie émergentes au service de l'alerte

# Système d'alerte précoce (SAP)

## Sécurité alimentaire: The Famine Early Warning Systems Network (FEWS NET)



## Alerte cellulaire et extrêmes météorologiques et catastrophes naturelles

**Plateformes de transmission de masse** : Les systèmes basés sur le **Cell Broadcast** (diffusion cellulaire) permettent d'envoyer des alertes instantanées et géolocalisées sur 100 % des téléphones mobiles d'une zone à risque, sans saturation du réseau (ex: système FR-Alert en France).

## Intelligence Artificielle et Deep Learning

L'IA transforme la prévision météo et hydrologique. En croisant les données historiques et les flux de données en direct (satellites/capteurs), les algorithmes prédisent les crues éclair, les trajectoires de cyclones ou les départs de feux plusieurs heures ou jours avant les modèles traditionnels.

# Alliance de la nature et du numérique

## Solutions fondées sur la nature et ingénierie

Les solutions fondées sur la nature (SfN) consistent à protéger, gérer durablement et restaurer des écosystèmes pour s'adapter aux impacts des changements climatiques tout en préservant la biodiversité

**Milieux humides** : Rétablir les marécages et les tourbières pour qu'ils agissent comme des éponges géantes capables d'amortir les inondations et de retenir l'eau en période de sécheresse.

**Milieux urbains** : Végétaliser les cours d'école, planter des arbres et créer des noues ou des bassins de biorétention pour réduire les îlots de chaleur et mieux gérer les eaux de pluie.

**Milieux agricoles et forestiers** : Pratiquer l'agroforesterie, installer des haies brise-vent et préserver les bandes riveraines pour limiter l'érosion des sols et protéger les cultures. [

**Zones côtières** : Restaurer les mangroves, les dunes et les littoraux pour freiner l'érosion et faire face à la montée des eaux.

**Initiative: Au Canada** : Le Fonds des solutions climatiques axées sur la nature d'Environnement et Changement climatique Canada finance des projets de conservation et de restauration à grande échelle.

## Outils numériques de pilotage

L'adaptation aux changements climatiques repose sur un cycle continu : comprendre le risque, mesurer l'impact des actions, et partager l'information. Trois grands outils technologiques interconnectés permettent de structurer cette démarche. Les outils:

### Les Plateformes d'Aide à la Décision (PAD)

Ces outils transforment des modélisations climatiques complexes en **scénarios concrets** pour guider les choix stratégiques à long terme (horizon 2050 ou 2100).

**Ce qu'elles font :** Elles simulent l'impact du climat futur sur un territoire (ex. : zones inondables, vagues de chaleur).

**Exemple concret :** Le portail [Donneesclimatiques.ca](https://donneesclimatiques.ca) (propulsé notamment par [Ouranos](https://ouranos.ca)) permet à un urbaniste de simuler l'augmentation des pluies extrêmes d'ici 30 ans pour redimensionner le réseau d'égouts d'un quartier.

## Les Tableaux de Bord de Suivi (Dashboards)

Contrairement aux PAD axées sur le futur, le tableau de bord s'ancre dans le **présent et le court terme** pour piloter l'efficacité des mesures déjà déployées.

**Ce qu'ils font** : Ils regroupent des indicateurs de performance (KPI) et des alertes en temps réel sous forme de graphiques simples (jauges, feux tricolores).

**Exemple concret** : Une municipalité utilise un tableau de bord qui croise en temps réel la température des thermomètres urbains, le taux de canopée (arbres) et les admissions aux urgences pour activer des haltes de fraîcheur durant une canicule.

## Les Bases de Données Ouvertes (Open Data)

C'est le **socle brut et gratuit** qui alimente les deux premiers outils. Sans données ouvertes, il n'y a ni transparence ni innovation partagée.

**Ce qu'elles font** : Elles mettent à disposition du public, des scientifiques et des entreprises des données brutes géoréférencées (météo, hydrologie, topographie).

**Exemple concret** : Les services de [Données ouvertes du SMC](#) (Service météorologique du Canada) ou le [Portail de données ouvertes du CDP](#) permettent à une start-up de récupérer des archives météo historiques pour coder une application agricole locale.

## L'Écosystème Connecté de l'Adaptation

| Caractéristique     | Bases de Données                           |                                                   |                                                |
|---------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                     | Ouvertes (Open Data)                       | Plateformes d'Aide à la Décision (PAD)            | Tableaux de Bord de Suivi                      |
| <b>Public cible</b> | Développeurs, scientifiques, statisticiens | Décideurs politiques, ingénieurs, urbanistes      | Gestionnaires de risques, grand public, maires |
| <b>Temporalité</b>  | Passé et Présent (Historique / Temps réel) | Futur lointain (Projections 2030-2100)            | Présent (Suivi des actions en cours)           |
| <b>Format</b>       | Fichiers bruts (CSV, JSON, cartes SIG)     | Cartes de vulnérabilité, analyses coûts-avantages | Graphiques, baromètres, cartes interactives    |
| <b>Objectif</b>     | Partager et alimenter le savoir            | Planifier la stratégie à long terme               | Mesurer l'efficacité et ajuster les opérations |

## Limites des outils

- Fracture numérique territoriale,
- Manque d'interopérabilité entre les plateformes
- Risques d'incompatibilité entre infrastructures grises (technologiques) et vertes (naturelles).

## L'humain et le territoire au cœur des actions

Les **sciences participatives** et la collecte de **données communautaires** sont des leviers indispensables pour l'adaptation au changement climatique.

Elles consistent à associer les citoyens et les populations locales à la recherche scientifique et au suivi environnemental directement sur le terrain.

Plutôt que de s'en remettre uniquement aux satellites ou aux stations de mesure nationales, ce modèle valorise les observations citoyennes et les **savoirs autochtones ou locaux** pour concevoir des réponses d'adaptation sur mesure.

## L'implication des populations se déploie généralement à travers trois dimensions clés :

1. **La collecte de données (Crowdsourcing)** : Les habitants mesurent des paramètres environnementaux grâce à des outils simples ou des applications mobiles. Ils cartographient les impacts en temps réel.
2. **La co-crédation de connaissances** : Les scientifiques associent les savoirs traditionnels (historique des crues, cycles de floraison) aux données climatiques modernes pour affiner les modèles à l'échelle d'un quartier ou d'un village.
3. **L'alerte précoce et l'action** : Disposer de données communautaires permet aux populations de réagir immédiatement face aux crises (inondations, feux de brousse) sans attendre les consignes centralisées.

## Exemples

| Domaine d'adaptation                                      | Rôle des populations locales (Collecte de terrain)                                                                                                                                 | Impact pour l'adaptation                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gestion des risques côtiers &amp; Cryosphère</b>       | <b>L'application SIKU dans l'Arctique :</b><br>Les chasseurs Inuits documentent l'état et l'épaisseur de la banquise via la plateforme communautaire SIKU.                         | <b>Sécurité des déplacements :</b><br>Prévient les accidents liés à la fonte précoce des glaces et documente le recul du pergélisol.           |
| <b>Agriculture &amp; Gestion de l'eau</b>                 | <b>Réseaux de pluviomètres citoyens :</b><br>Les agriculteurs relèvent quotidiennement les précipitations locales et partagent les données via SMS ou applications communautaires. | <b>Planification des cultures :</b><br>Permet d'ajuster les calendriers de semis et d'optimiser l'irrigation face aux sécheresses.             |
| <b>Biodiversité &amp; Solutions fondées sur la nature</b> | <b>Suivi de la phénologie (ex: l'Observatoire des Saisons) :</b> Les citoyens notent les dates de floraison des plantes ou l'arrivée des oiseaux migrants.                         | <b>Ajustement sylvicole/agricole :</b><br>Identifie le décalage des saisons pour planter des essences d'arbres mieux adaptées au futur climat. |
| <b>Risques urbains (Canicules)</b>                        | <b>Cartographie des îlots de chaleur :</b><br>Les résidents équipés de capteurs thermiques mobiles mesurent la température de leur rue lors des pics de chaleur.                   | <b>Aménagement urbain :</b> Aide les municipalités à cibler précisément les zones à revégétaliser ou à doter de refuges climatiques.           |

## Les défis de l'approche participative

1. **Les défis de l'inclusivité et de la représentativité:** asymétrie de pouvoir, exclusion involontaire ou Barrière de la langue et de l'alphabétisation
2. **Le fossé technique et conceptuel:** Complexité de la science climatique, Conflit de temporalité, Intégration des savoirs
3. **Les limites institutionnelles et financières:** Manque de ressources, Inertie administrative, Risque de "consultation de façade" (**Tokenism**)
4. **La gestion des conflits et la lassitude citoyenne:** Conflits d'intérêts, fatigue participative

## Limites technologiques

1. Problèmes de standardisation et de validation scientifique des données citoyennes
2. Accessibilité des outils mobiles pour tous.

# **Retours d'expérience et intégration politique**

## Études de cas francophones : Succès et réalités du terrain

### Projet SAGA (Sénégal/Haïti) – Agroécologie et outils numériques face aux limites d'accès au réseau

Le **Projet SAGA** (Sécurité Alimentaire : une Agriculture Adaptée), aujourd'hui déployé dans sa phase [SAGA 2](#), est une initiative internationale coordonnée par la [FAO](#) en partenariat avec le **gouvernement du Québec**. Il vise à renforcer la **résilience des producteurs face aux changements climatiques** au Sénégal et en Haïti (récemment rejoint par la Côte d'Ivoire).

Les piliers en matière d'agroécologie et d'intégration numérique:

1. **Pratiques agroécologiques locales**
2. **Outils numériques et accès**
3. **Inclusion sociale et gouvernance**

## Consortium Ouranos (Québec) – Modélisation du Saint-Laurent face aux défis du manque de données historiques

Le projet mené par le **Consortium Ouranos** concernant la **modélisation du fleuve Saint-Laurent** s'attaque à la complexité d'anticiper les impacts climatiques majeurs (tels que la baisse des niveaux d'eau, l'érosion des berges et les inondations) en surmontant un obstacle de taille : le **manque de données historiques fiables et continues**.

Les piliers de cette initiative axée sur l'adaptation et le numérique :

1. **Le défi de l'insuffisance des données historiques**
2. **La solution par le numérique (Modélisation avancée) pour combler le manque de données** : utilisation de la **mise à l'échelle dynamique et statistique** ainsi que le **Modèle régional canadien du climat (MRCC)** pour générer des simulations à haute résolution.
3. **Objectif Adaptation** : Ces outils numériques servent directement à la prise de décision pour les infrastructures portuaires, la navigation commerciale, la gestion des écosystèmes et la sécurité des municipalités riveraines du Saint-Laurent.
4. Passage d'une gestion réactive à une **adaptation proactive** face aux bas niveaux d'eau ou aux crues extrêmes.

## Gestion du littoral (France) – Télédétection et concertation citoyenne face aux limites budgétaires des communes

Le projet que vous évoquez s'inscrit au cœur de la **Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte (SNGITC)**, récemment actualisée par l'État français. Il s'agit d'une démarche visant à articuler les **technologies spatiales (télédétection)**, **l'implication des citoyens** et les **outils numériques** pour surmonter le manque de ressources financières des petites communes face au recul du trait de côte et à la montée des eaux.

Les trois piliers interconnectés :

### 1. La Télédétection comme alternative économique:

- **La solution numérique** : L'utilisation des données satellites, de l'imagerie drone et de la télédétection (via des organismes comme l'IGN ou le BRGM) permet de mutualiser les coûts à l'échelle nationale.

- **L'intérêt pour les communes** : Elles accèdent à des données de cartographie des risques à 30 et 100 ans sans supporter seules l'évaluation financière de la vulnérabilité de leur territoire. [

## 2. Le Numérique pour démocratiser la donnée

- L'application grand public « **Le littoral de ma commune** », développée par le [Cerema](#), permet d'offrir un tableau de bord en ligne gratuit et ouvert à tous.
- Cet outil centralise les dynamiques d'érosion, les projections de hausse du niveau de la mer et les solutions d'adaptation mobilisables.

## 3. La Concertation citoyenne face aux choix budgétaires difficiles

- L'adaptation impose parfois des décisions impopulaires et coûteuses (comme la relocalisation de bâtiments ou l'abandon de digues au profit de solutions fondées sur la nature).
- **Le rôle de la concertation** : L'implication des habitants (via le *Guide pour la concertation et la participation citoyenne*) sert à construire une « culture du risque » commune.
- Le partage des données numériques issues de la télédétection, les élus peuvent légitimer leurs arbitrages budgétaires et concevoir des projets de territoire acceptés par la population, malgré des finances locales sous forte tension

### Intégration dans les stratégies climatiques

L'**alignement des technologies avec les Plans Nationaux d'Adaptation (PNA)** et les politiques sectorielles, ainsi que leur **suivi-évaluation (S&E)**, sont des piliers essentiels pour garantir l'efficacité de l'action climatique à long terme:

**1. Alignement technologique avec les PNA et les politiques sectorielles:**

s'assurer que le choix et le déploiement des technologies de résilience répondent directement aux priorités stratégiques d'un pays.

- **Intégration stratégique** : Les technologies (comme les systèmes d'irrigation goutte-à-goutte ou les digues côtières) ne sont pas choisies au hasard. Elles découlent des besoins identifiés dans le PNA et les Contributions Déterminées au Niveau National (CDN).

- **Synergie sectorielle** : L'alignement veille à ce que les technologies d'adaptation s'intègrent harmonieusement dans les politiques de chaque secteur clé (Agriculture, Eau, Santé, Infrastructures). Par exemple, l'introduction de semences résistantes à la sécheresse doit être soutenue par la politique agricole nationale et les services météorologiques.

- **Évaluation des Besoins Technologiques (EBT)** : Ce processus permet de s'assurer que les technologies choisies sont adaptées au contexte local, viables économiquement et acceptées par les communautés.

## 2. Les mécanismes de suivi-évaluation (S&E)

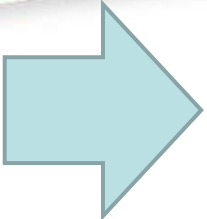
Le suivi-évaluation permet de mesurer si l'introduction de ces technologies génère réellement une baisse de la vulnérabilité et une augmentation de la résilience.

- **Indicateurs de performance** : Ils mesurent à la fois l'adoption de la technologie (ex. *nombre de fermiers utilisant un système d'alerte précoce*) et son impact réel (ex. *baisse du taux de perte des cultures lors des inondations*).
- **Cadres de redevabilité** : Les données collectées alimentent les rapports nationaux et internationaux (comme ceux de la CCNUCC). Cela permet de justifier les investissements auprès des bailleurs de fonds.
- **Apprentissage continu et flexibilité** : L'adaptation étant un processus dynamique, le S&E permet d'ajuster ou de corriger les choix technologiques si ceux-ci deviennent obsolètes ou s'ils entraînent des effets secondaires imprévus (maladaptation).

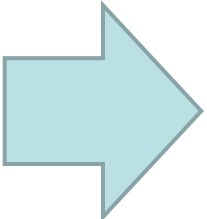
### Les limites politiques et économiques du déploiement technologique

- Manque de compétences techniques locales pour pérenniser les outils
- Contrainte financières de l'acquisition des technologies
- Prise de conscience insuffisante quant à l'urgence climatique et l'adaptation

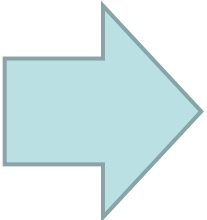
# Message clés



Nécessité de combiner intelligemment la *high-tech* (satellites, IA) et la *low-tech* (savoirs locaux, solutions naturelles).

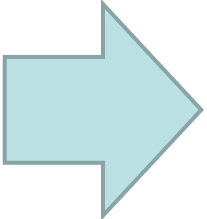


Les projets Numérique et Adaptation doivent être SMART (**S**pécifique, **M**esurable, **A**ceptable (socialement), **R**éaliste (budget) et **T**emporal (bien circonscrits dans le temps) et en phase avec les objectifs du développement durables (ODD)



**Considérer le paradigme:**

*Observer (capteur) → Comprendre → Prévoir (modéliser) → S'Adapter (enjeu local)*



**Considérer le trio gagnant:**

*Le Défi climatique local → L'Innovation déployée → Le Résultat sur la résilience (évaluation)*

**MERCI**  
**POUR VOTRE ATTENTION!**

# Questions ?