Lutter contre le changement climatique grâce à l'apprentissage automatique

École d'été virtuelle Climate Change AI 2026

Maria João Sousa, David Rolnick, Priya L. Donti

Climate Change AI

Plan du cours

Pourquoi	Cadrage : changement climatique et action climatique
Quoi	Cadrage : IA et apprentissage automatique (AA)
Quoi	Rôles technologiques de l'IA pour l'action climatique
Comment	Éléments à considérer pour le développement et le déploiement
Lesquelles	Approches d'apprentissage automatique pour les problèmes climatiques
Comment	Pleins feux sur les bonnes pratiques : approches, ressources et outils

Le changement climatique exige une action rapide

Les impacts se font sentir partout dans le monde

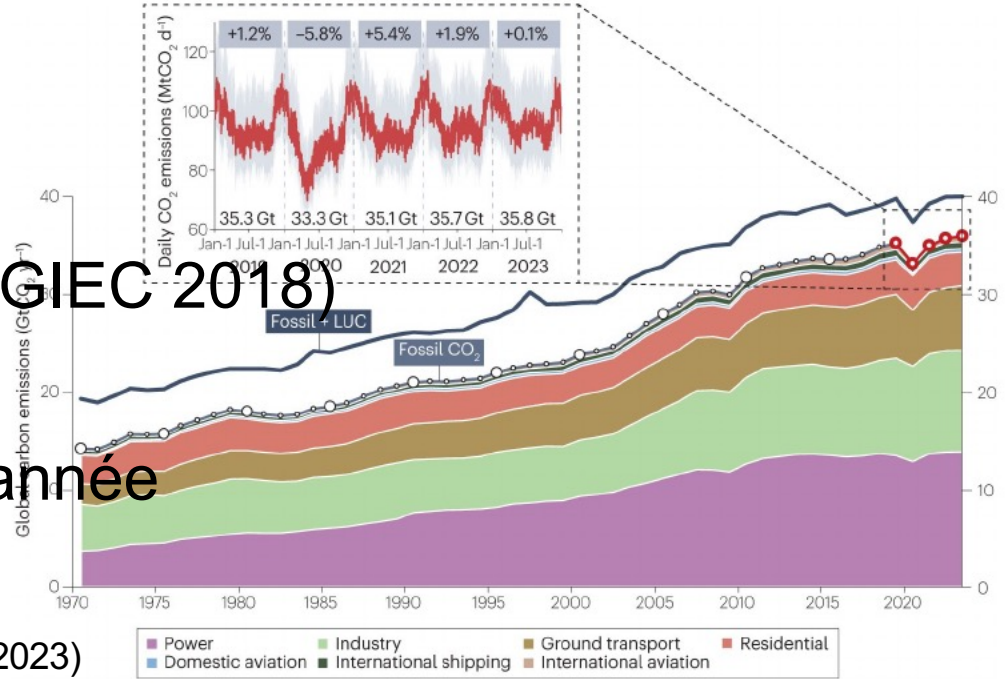


Touche de façon disproportionnée
les populations les plus vulnérables

Limiter le réchauffement à 1,5 °C :

- exige zéro émission nette de CO_2 et de fortes baisses des autres GES d'ici 2050 (GIEC 2018)

Les émissions augmentent encore chaque année



Source de l'image : Liu et al (2023)

💬Écrivez votre réponse dans le chat Zoom

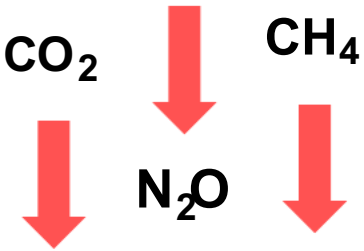
Citez un exemple d’approche pour lutter contre le changement climatique.

N’hésitez pas à choisir un exemple particulièrement pertinent pour votre pays ou votre contexte local.

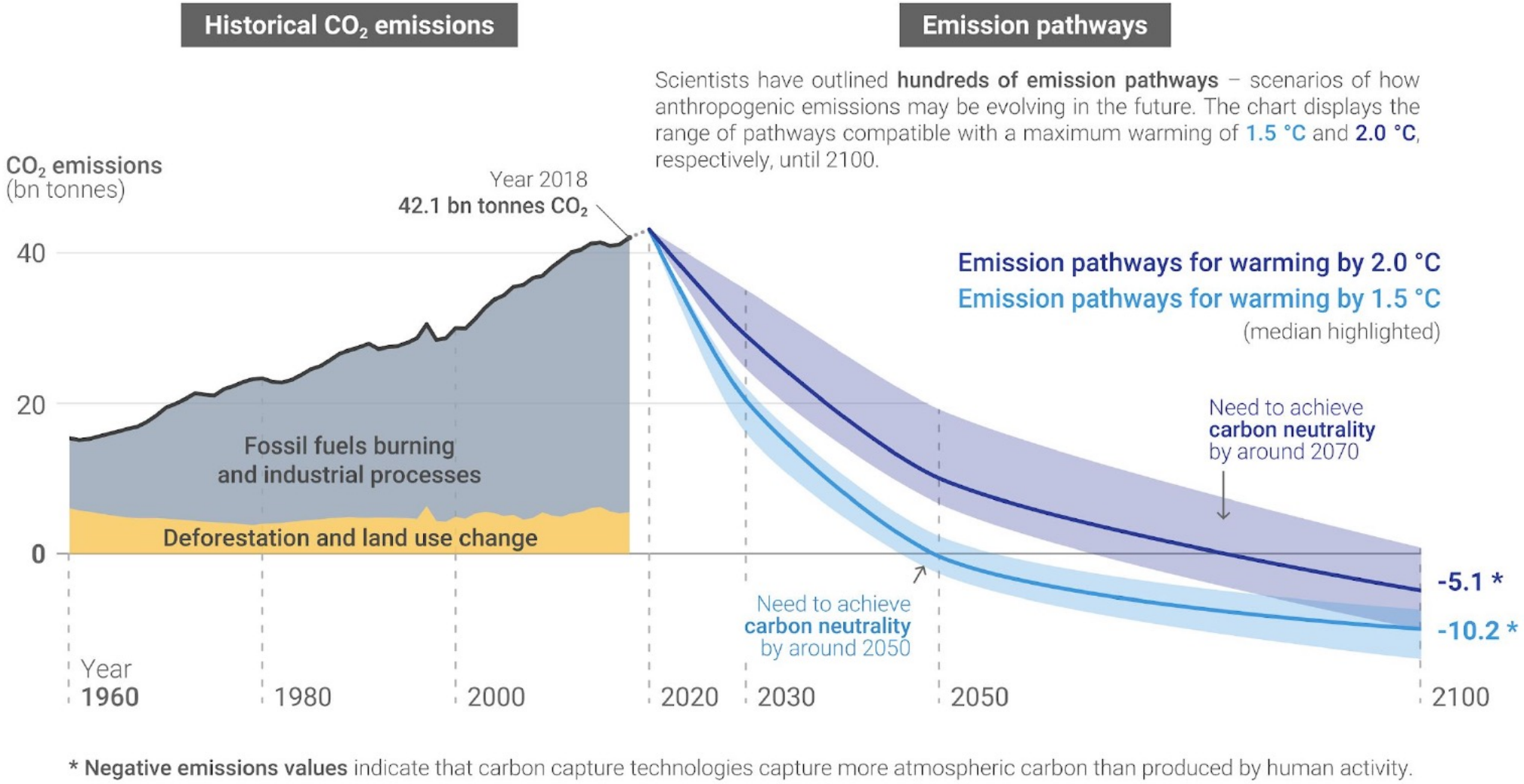
Ce que signifie lutter contre le changement climatique

Atténuation Actions qui ralentissent le changement climatique

Réduire ou éviter les émissions de gaz à effet de serre



Quelle trajectoire pour limiter le réchauffement à 1,5 °C ?



Source : factsonclimate.org/emission-pathways-paris

Secteurs de l’atténuation du changement climatique

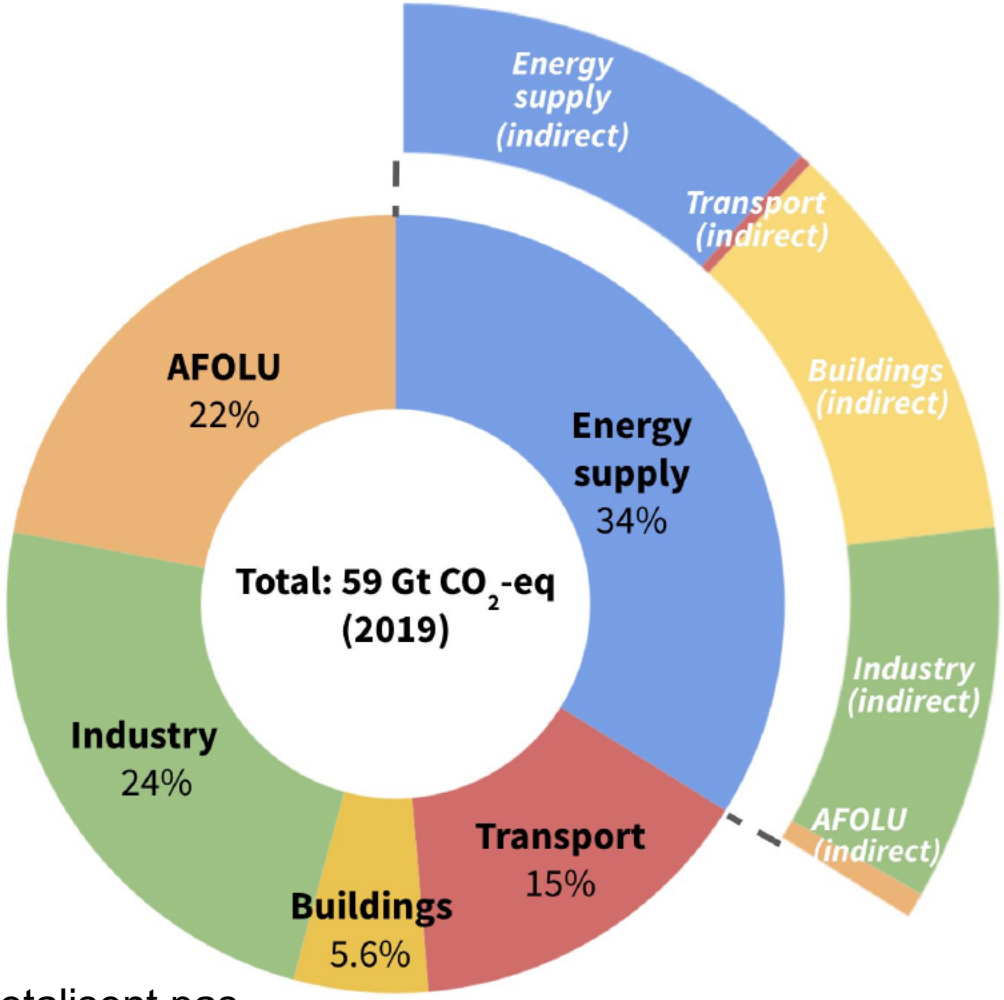
Atténuation : réduire/éviter les émissions de GES

Secteurs
Approvisionnement énergétique
Transports
Bâtiments
Industrie
Agriculture
Forêts
Autres usages des sols
Élimination du CO_2

Émissions liées à l’énergie

Émissions des sols (AFAT)

Émissions négatives

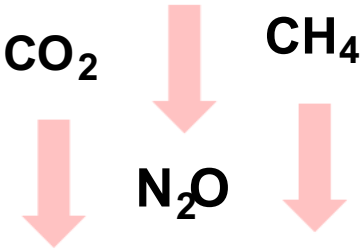


Données issues du rapport AR6 GTIII du GIEC (2022). Les pourcentages ne totalisent pas exactement 100 % en raison de l’arrondi à deux chiffres significatifs.

Ce que signifie lutter contre le changement climatique

Atténuation Actions qui ralentissent le changement climatique

Réduire ou éviter les émissions de gaz à effet de serre



Adaptation Actions qui répondent à un climat qui change

Se préparer et s'ajuster aux effets actuels du changement climatique comme à ses impacts futurs prévus



Science Actions qui améliorent la compréhension du changement climatique

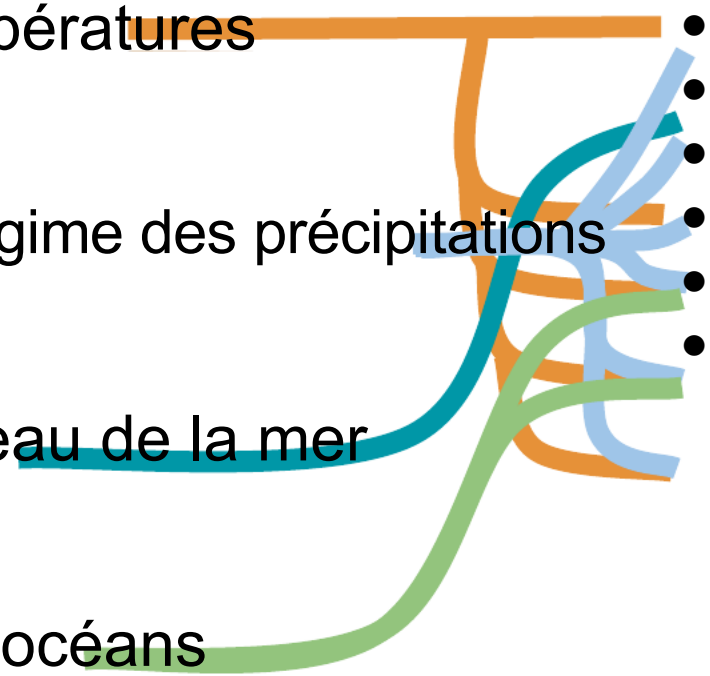
Le changement climatique n'est pas un interrupteur, mais franchir **des points de bascule peut avoir des conséquences irréversibles**



Impacts climatiques et effets en aval

Impacts climatiques

- Hausse des températures
- Modification du régime des précipitations
- Élévation du niveau de la mer
- Acidification des océans



Effets en aval

- Sécheresses et vagues de chaleur
- Tempêtes et inondations plus intenses
- Incendies de forêt plus fréquents
- Perte de services écosystémiques
- Perte de biodiversité
- Propagation de vecteurs de maladies et de ravageurs

Figure adaptée de Kris Sankaran

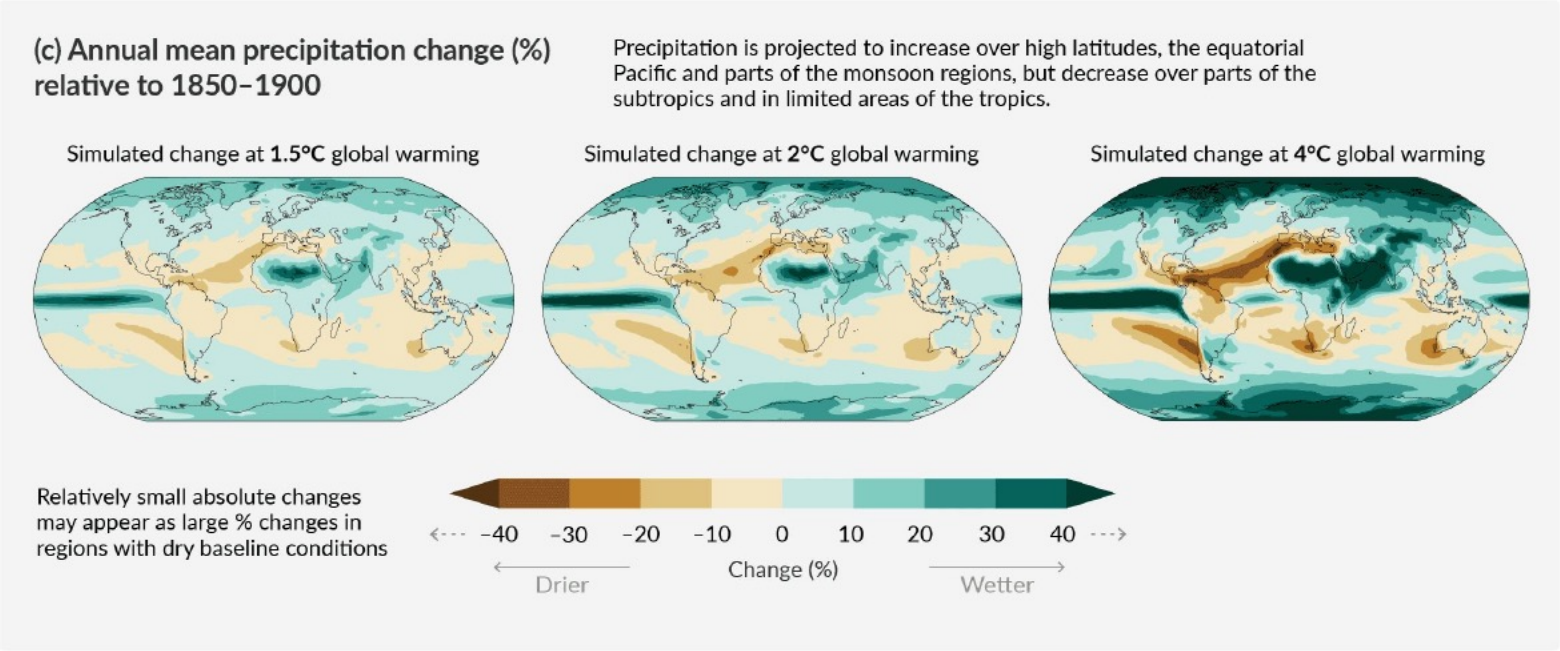
Adaptation au changement climatique

Adaptation : répondre aux effets d'un climat qui change

Adaptation au changement climatique

Adaptation : répondre aux effets d'un climat qui change

1. Mesurer et prévoir les risques
    - Risque : impact x probabilité



Source de la figure : GIEC AR6, Résumé à l'intention des décideurs (2021)

Adaptation au changement climatique

Adaptation : répondre aux effets d'un climat qui change

1. Mesurer et prévoir les risques
   - Risque : impact x probabilité

2. Renforcer la capacité d'adaptation
   - Robustesse : résister à toute une série d'issues sans impact ou presque
   - Résilience : se rétablir vite après un impact

Systèmes humains et écologiques



Liens avec les ODD de l'ONU

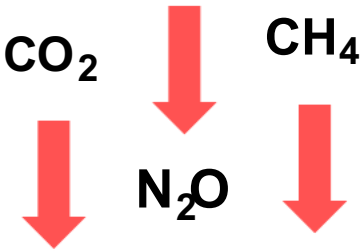


Source de la figure (en bas) : Nations unies

Ce que signifie lutter contre le changement climatique

Atténuation Actions qui ralentissent le changement climatique

Réduire ou éviter les émissions de gaz à effet de serre



Adaptation Actions qui répondent à un climat qui change

Se préparer et s'ajuster aux effets actuels du changement climatique comme à ses impacts futurs prévus



Science Actions qui améliorent la compréhension du changement climatique

Le changement climatique n'est pas un interrupteur, mais franchir **des points de bascule peut avoir des conséquences irréversibles**



Ce que signifie garantir des avenirs climatiques socialement justes

Justice climatique Actions qui promeuvent une action climatique centrée sur l'équité

Au-delà des impacts environnementaux, des enjeux sociaux, éthiques et politiques sont aussi en jeu : il faut placer l'équité et les droits humains au cœur de l'action climatique

Co-bénéfices Actions alignées sur le développement humain et la prospérité économique

Établir des liens explicites entre l'action climatique et les autres objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU



Source de l'image : Leal Filho et al. (2023)



Benjamin Cook

Research Scientist, NASA Goddard Institute for Space Studies and Columbia University

Cours fondamental : introduction au changement climatique

Vendredi 24 juillet (14 h-16 h UTC)



Clara Iglesias

Climate Interactive

Tutoriel : simuler des avenirs climatiques dans En-ROADS

En différé

Plan du cours

Pourquoi	**Cadrage : changement climatique et action climatique**
Quoi	**Cadrage : IA et apprentissage automatique (AA)**
Quoi	**Rôles technologiques de l'IA pour l'action climatique**
Comment	**Éléments à considérer pour le développement et le déploiement**
Lesquelles	**Approches d'apprentissage automatique pour les problèmes climatiques**
Comment	**Pleins feux sur les bonnes pratiques : approches, ressources et outils**

Qu’est-ce que l’IA ?

Intelligence artificielle (IA) : tout algorithme qui permet à une machine d’accomplir une tâche complexe (p. ex. des tâches associées à l’intelligence humaine)

Systèmes à base de règles : techniques qui raisonnent automatiquement sur des règles explicites

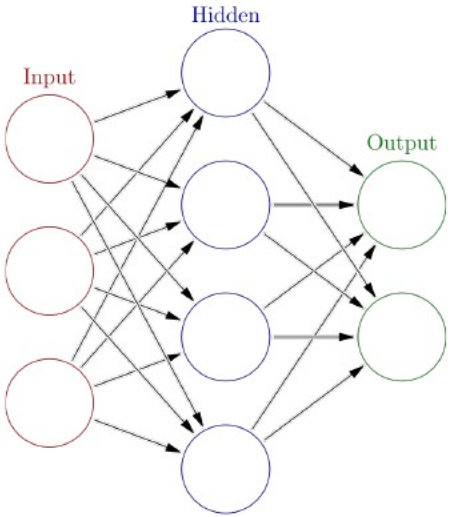


Apprentissage automatique (AA) : techniques qui extraient automatiquement des motifs des données

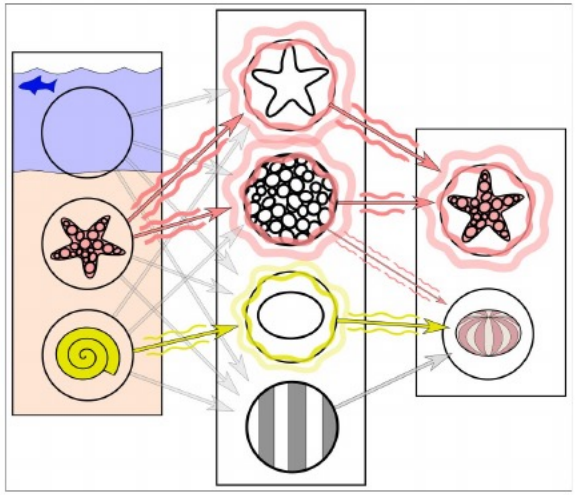


Qu’est-ce qu’un modèle d’AA ?

Le modèle se compose de paramètres et d’une structure qui, ensemble, transforment des entrées en sorties



L’« apprentissage » signifie que ces paramètres sont ajustés par l’entraînement pour produire un « modèle appris » capable d’accomplir une tâche



💬Écrivez votre réponse dans le chat Zoom

Citez un exemple de modèle ou d’approche d’apprentissage automatique.

Façons de classer les algorithmes d'apprentissage automatique

1. Quel type de données ?

- images (vision par ordinateur)
- texte (traitement automatique des langues)
- séquences (analyse de séries temporelles)
- … bien d'autres possibilités / sous-types de données
- plusieurs types de données ensemble (apprentissage multimodal)

2. Quel type de problème ?

- classification
- prédiction
- clustering
- optimisation
- contrôle
- génération / simulation
- …

3. Quel type de modèle ?

- réseaux de neurones = apprentissage profond
- méthodes bayésiennes
- arbres de décision
- machines à vecteurs de support
- …

Façons de classer les algorithmes d'apprentissage automatique

1. Quel type de données ?

- **images (vision par ordinateur)**
- texte (traitement automatique des langues)
- séquences (analyse de séries temporelles)
- … bien d'autres possibilités / sous-types de données
- plusieurs types de données ensemble (apprentissage multimodal)

2. Quel type de problème ?

- **classification**
- prédiction
- clustering
- optimisation
- contrôle
- génération / simulation
- …

3. Quel type de modèle ?

- **réseaux de neurones = apprentissage profond**
- méthodes bayésiennes
- arbres de décision
- machines à vecteurs de support
- …

Exemple :

Réseau résiduel (ResNet)

Façons de classer les algorithmes d'apprentissage automatique

1. Quel type de données ?

- **images (vision par ordinateur)**
- **texte (traitement automatique des langues)**
- séquences (analyse de séries temporelles)
- … bien d'autres possibilités / sous-types de données
- plusieurs types de données ensemble (apprentissage multimodal)

2. Quel type de problème ?

- classification
- prédiction
- clustering
- optimisation
- contrôle
- **génération / simulation**
- …

3. Quel type de modèle ?

- **réseaux de neurones = apprentissage profond**
- méthodes bayésiennes
- arbres de décision
- machines à vecteurs de support
- …

Exemple :

Modèle de diffusion

Façons de classer les algorithmes d'apprentissage automatique

1. Quel type de données ?

- images (vision par ordinateur)
- texte (traitement automatique des langues)
- séquences (analyse de séries temporelles)
- … bien d'autres possibilités / sous-types de données
- plusieurs types de données ensemble (apprentissage multimodal)

2. Quel type de problème ?

- **classification**
- **prédiction**
- clustering
- optimisation
- contrôle
- génération / simulation
- …

3. Quel type de modèle ?

- Réseaux de neurones = apprentissage profond
- Méthodes bayésiennes
- **Arbres de décision**
- Machines à vecteurs de support
- …

Exemple :

Forêt aléatoire



Ṭẹjúmádé Àfọ̀njá

PhD Candidate,
CISPA Helmholtz Center |
Co-founder, TRI AI

Cours fondamental : introduction à l'IA

Jeudi 23 juillet (14 h-16 h UTC)



Tarini Bhatnagar

NVIDIA

Tutoriel : introduction à l'IA - prédire les alertes au tsunami à partir d'observations sismiques

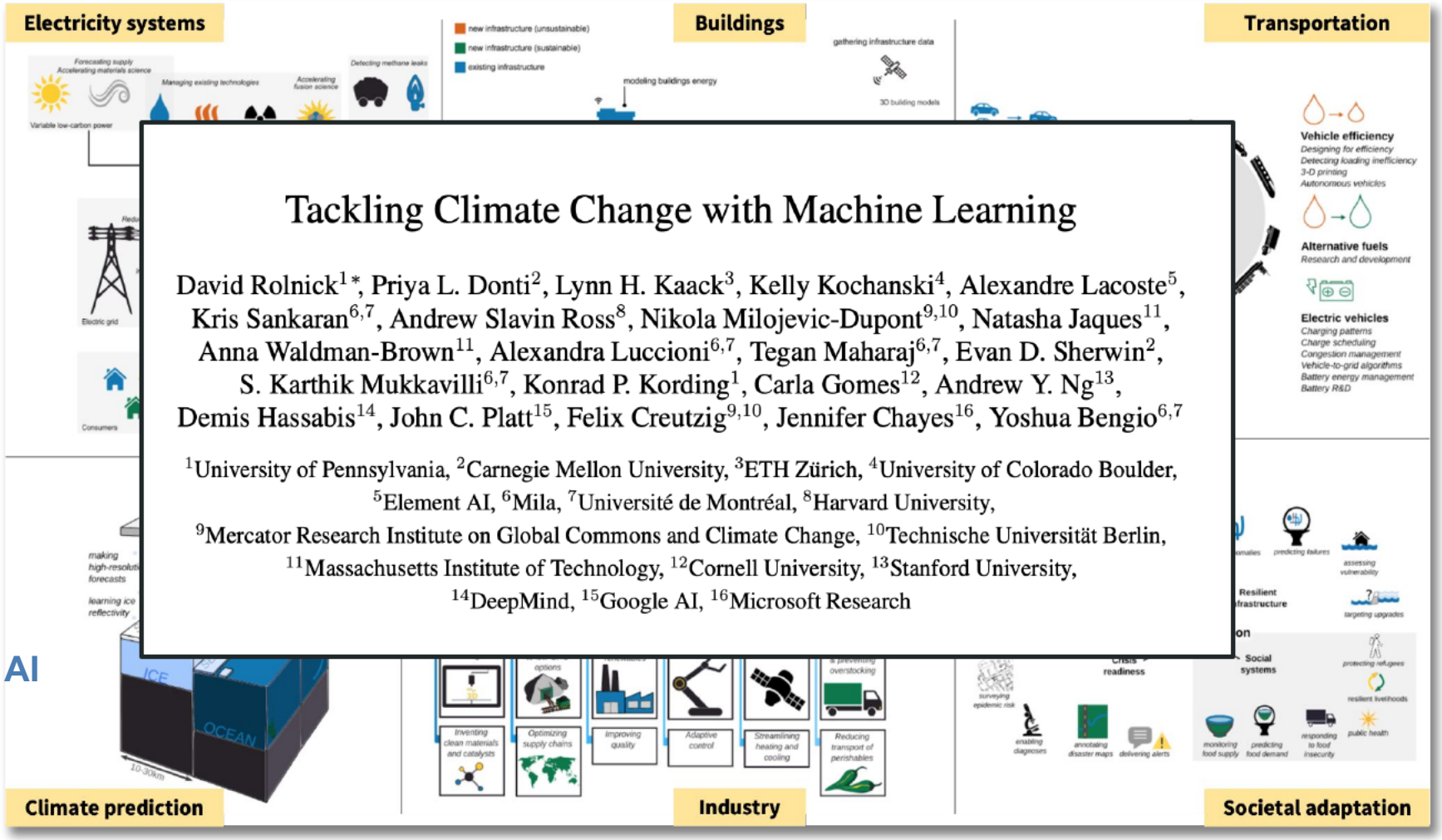
En différé, avec vidéo explicative

Plan du cours

Pourquoi	**Cadrage : changement climatique et action climatique**
Quoi	**Cadrage : IA et apprentissage automatique (AA)**
Quoi	**Rôles technologiques de l'IA pour l'action climatique**
Comment	**Éléments à considérer pour le développement et le déploiement**
Lesquelles	**Approches d'apprentissage automatique pour les problèmes climatiques**
Comment	**Pleins feux sur les bonnes pratiques : approches, ressources et outils**

La technologie de l'IA peut rendre possibles des stratégies qui accélèrent l'action climatique lorsqu'elle est appliquée de façon responsable, en partenariat avec les parties prenantes concernées.

Rapport de Climate Change AI
Tackling Climate Change with Machine Learning (2019)



Energy, Materials, & Built Environment



AI for Power & Energy Systems

Jose Córdova-García

European School of Political and Social Sciences



AI for Buildings

Nipun Batra

Indian Institute Of Technology Gandhinagar



AI for Cities & Urban Planning

Binyu Lei

University of Birmingham

AI for Optimal Power Flow

Enming Liang (City University of Hong Kong), Jorge Montalvo, Utkarsha Agwan, Panos Moutis (City College of New York)





AI for Transportation

Cathy Wu

Massachusetts Institute of Technology



AI for Accelerated Materials Science

Francisco J. Martin-Martinez

King's College London

CityLearn: Reinforcement Learning Control for Grid-Interactive Efficient Buildings and Communities

Kingsley Nweye, Allen Wu, Hyun Park, Yara Almilaify (University of Texas at Austin), Ava Mohammadi, Zoltan Nagy (Eindhoven University of Technology)



Predicting Mobility Demand from Urban Features

Developed by Konstantin Klemmer, Shafat Rahman, Felix Wagner, Florian Nachtigall (TU Berlin, MCC Berlin); revised by Gabriela Yaulli Herrera (Cornell Tech)



Earth & Climate Systems



AI for Climate Science

Claire Monteleoni

University of Colorado Boulder, Inria, Climate Informatics





AI for Weather

Rendani Mbuvha (University of the Witwatersrand, AfriClimate AI) and
Shruti Nath (University of Oxford, AfriClimate AI)



AI for Oceans & Marine Systems

Maike Sonnewald

University of California Davis

Planning for Floods & Droughts: Intro to AI-Driven Hydrological Modeling

Kshitij Tayal (Oak Ridge National Labs), Arvind Renganathan (University of Minnesota), Siyan Liu (Oak Ridge National Labs), Dan Lu (Oak Ridge National Labs), Puja Das (MIT)







Monitoring Coastal Water Quality and Marine Ecosystem Change Using Remote Sensing and Machine Learning

Tedi Yankov (University of Oxford)





AI for Water Resources and Hydrology

Nagesh Kumar

Indian Institute of Science



AI for Carbon Accounting

Daniel Cusworth

Carbon Mapper

Statistical Downscaling of Climate Projections with Deep Learning

Jose González-Aba (Instituto de Física de Cantabria)



PiggyCast - Improving Weather Prediction Accuracy through a Stacking-Based Ensemble AI Approach

Josiah Kimani (AIMS South Africa), Oliver Angélil (Ishango.ai), Chris Toumping (Ishango.ai), Steffen Knoblauch (Heidelberg University)






Estimating Coal Power Plant Operation from Satellite Images with CV

André Ferreira (TransitionZero), Isabelle Tingzon (RISE Research Institutes of Sweden), El Khalil Cherif (Institute For Systems and Robotics)





Land, Food, & Nature



Combining AI and Indigenous Knowledge for Climate Action

Sonajharia Minz

Jawaharlal Nehru University



AI for Agriculture and Food Security

Aliny Reis

Corvian



AI for Forestry

Silvana Amaral Kampel

INPE



AI for Biodiversity & Ecosystems

Benjamin Kellenberger

EPFL

Combining AI and Indigenous Knowledge for Climate Action: A Bird Bioacoustic Monitoring Pipeline — The Lkotkote Case Study

Developed by Douglas Mbura (Lkotkote)



Agricultural Monitoring with Fields of the World (FTW)

Developed by Hannah Kerner (Arizona State University), Caleb Robinson (Microsoft AI for Good Lab), Isaac Corley (Wherobots), Matthias Mohr (Taylor Geospatial Engine), Gedeon Muhawenayo (Arizona State University), Ivan Zvonkov (University of Maryland), Tristan Grupp (World Resources Institute), Nathan Jacobs (Washington University in St Louis)
Revised by Akram Zaytar (Microsoft AI for Good Lab)



Detecting Deforestation from Satellite Image Time Series

Developed by Eduardo Ulises Moya-Sanchez (IIEG Jalisco)



Agile Modeling for Bioacoustic Monitoring

Developed by Jenny Hamer, Rob Laber, and Tom Denton (Google DeepMind, Google)



Society, Policy & Economics



AI for Climate Finance

Malte Toetzke

TU Munich, Max Planck Institute for Innovation and Competition



AI for Public Policy

Carlos Rodriguez-Pardo

Politecnico di Milano, CMCC Foundation



AI for Social Sciences

Mary Sanford

University of Bath, CMCC Foundation

Sea Water Flood Risk Assessment in Egypt using Deep Learning, Sentinel-1 & 2, and Copernicus DEM

Developed by Casper Fibaek and Andreas Luyts (ESA Φ-lab); revised by Nirdesh Kumar Sharma (EarthSense Labs)





AI for Public Health

Joyce Nakatumba-Nabende

Makerere University, Data Science Africa



AI for Risk Assessment, Disaster Management & Relief

Mersedeh TariVerdi

The World Bank

NLP Models for Climate Policy Analysis

Daniel Spokoyny (Carnegie Mellon University), Max Callaghan (Potsdam Institute for Climate Impact Research, MCC-Berlin), Tobias Schimanski (University of Zurich)



Hands-On Outbreak Analytics: Dengue Forecasting with RAG and LLM Evaluation

Avinash Laddha (data.org)



AI for Climate Finance: Estimating Hurricane Wind Value-at-Risk from an AI Weather Ensemble

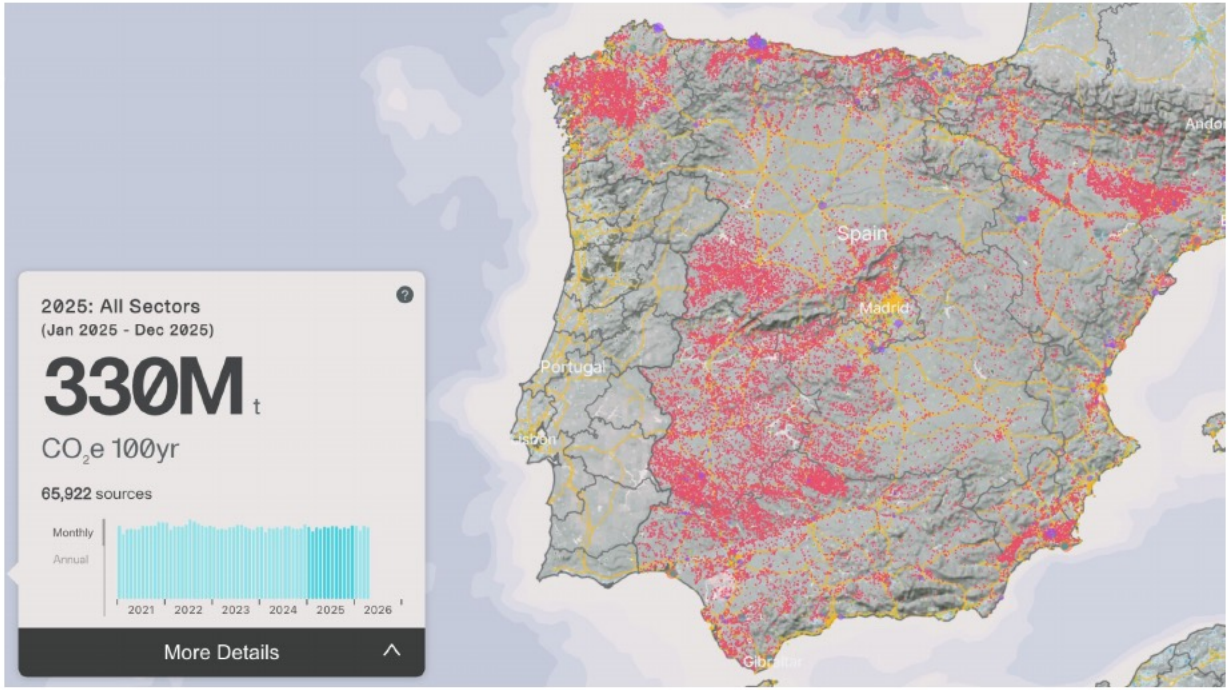
Tristan Ballard (Zeus AI)



Opportunités dans les applications de l’IA pour le climat

Opportunités dans les applications de l’IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité



Source : Climate TRACE

Opportunités dans les applications de l’IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Forecast 4 Africa
by AfriClimate AI



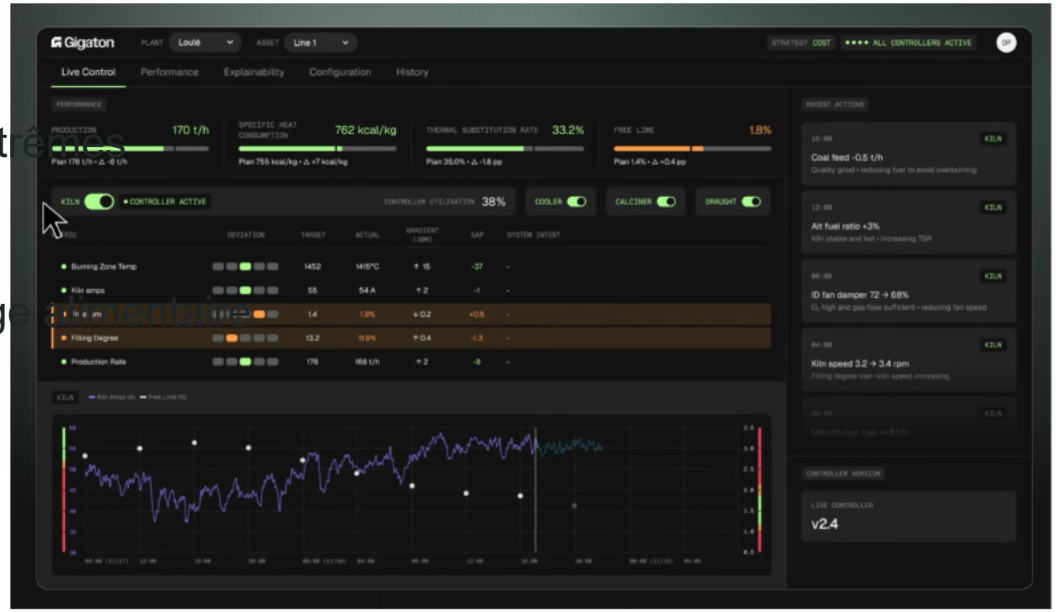
Source : African Farming

Opportunités dans les applications de l’IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Optimiser des systèmes complexes
électricité et énergie, chauffage et refroidissement, fret, gaspillage alimentaire



Source : Gigaton

Opportunités dans les applications de l’IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Optimiser des systèmes complexes
électricité et énergie, chauffage et refroidissement, fret, gaspillage alimentaire

Maintenance prédictive
fuites de méthane, infrastructures résilientes



Source : East Japan Railway Company

Opportunités dans les applications de l’IA pour le climat

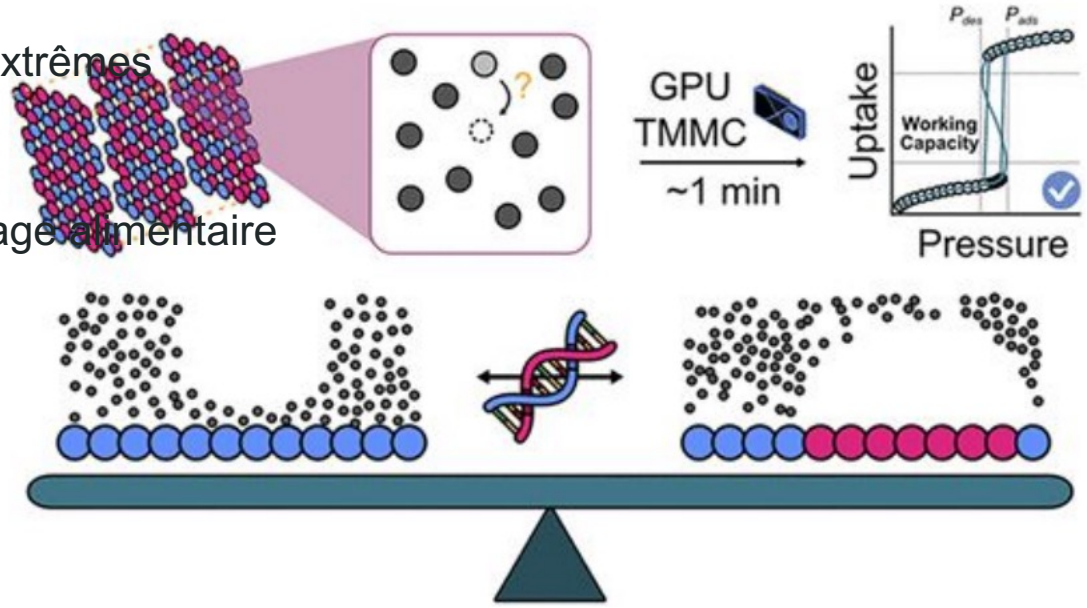
Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Optimiser des systèmes complexes
électricité et énergie, chauffage et refroidissement, fret, gaspillage alimentaire

Maintenance prédictive
fuites de méthane, infrastructures résilientes

Accélérer l’expérimentation scientifique
batteries, électrocarburants, catalyseurs, captage du carbone



Source : Prelesnik et al. 2026

Opportunités dans les applications de l'IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

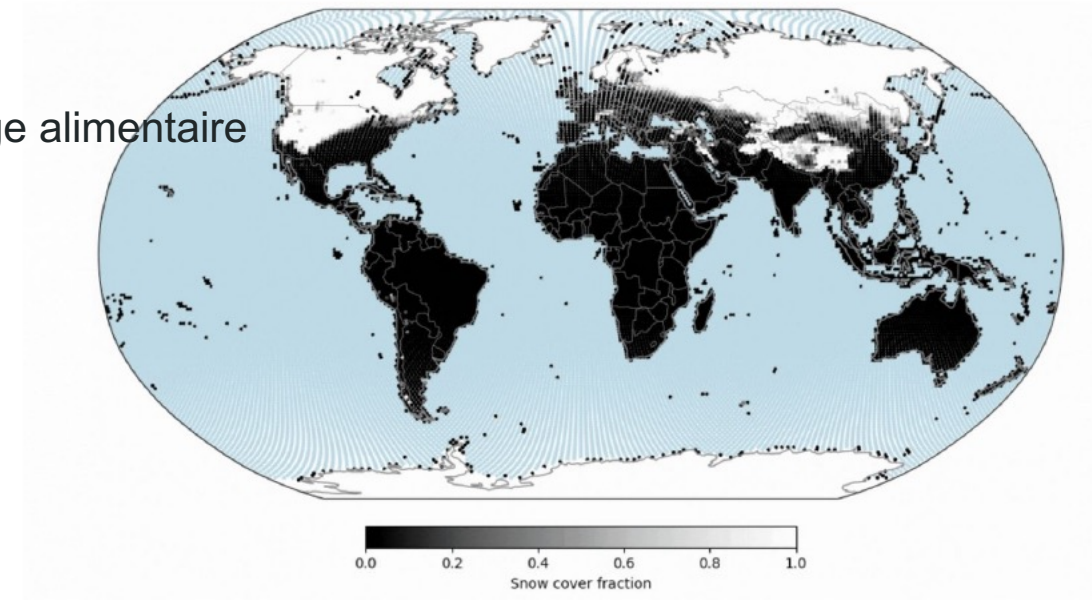
Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Optimiser des systèmes complexes
électricité et énergie, chauffage et refroidissement, fret, gaspillage alimentaire

Maintenance prédictive
fuites de méthane, infrastructures résilientes

Accélérer l'expérimentation scientifique
batteries, électrocarburants, catalyseurs, captage du carbone

Approcher des simulations très longues
climat, énergie, urbanisme



Source : ECMWF / Destination Earth

Opportunités dans les applications de l'IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Optimiser des systèmes complexes
électricité et énergie, chauffage et refroidissement, fret, gaspillage alimentaire

Maintenance prédictive
fuites de méthane, infrastructures résilientes

Accélérer l'expérimentation scientifique
batteries, électrocarburants, catalyseurs, captage du carbone

Approcher des simulations très longues
climat, énergie, urbanisme

Gestion des données
appariement, regroupement, fusion et augmentation de données

Platform	Format	Version	User Types	Use Cases
PUDL Data Viewer	Parquet, CSV	`nightly`	Data Explorer, Spreadsheet Analyst, Jupyter Notebook User	Explore PUDL data interactively in a web browser, including hourly timeseries data. Select data to download as CSVs for local analysis in spreadsheets. Download full tables as Parquet files to play with programmatically.
Kaggle	SQLite, Parquet	`nightly`	Data Scientist, Data Analyst, Jupyter Notebook User	Work with PUDL data products in Jupyter Notebooks via the web with minimal setup. Explore curated and contributed analyses and visualizations using PUDL data. notebooks. Create and share your own interactive notebooks using PUDL data.
Cloud Storage	SQLite, Parquet	`nightly`, `stable`	Data Scientist, Analytics Engineer, Data Engineer, Cloud Developer	Performant remote queries of clearly versioned PUDL Parquet outputs from cloud computing platforms or GitHub Actions. Fast bulk download of SQLite or Parquet outputs for local use. Parquet based data warehouse for large-scale data analysis in the cloud. Integrates well with Pandas, DuckDB, and other dataframe libraries.
Zenodo Archives	SQLite, Parquet	`stable`	Researcher, Publisher, Archivist	Access a specific, immutable version of the PUDL data by DOI for citation in academic publications or other applications where long-term reproducibility is needed. Web-based bulk download of data for local analysis.

Source : Catalyst Cooperative / Public Utility Data Liberation Project

Opportunités dans les applications de l'IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Optimiser des systèmes complexes
électricité et énergie, chauffage et refroidissement, fret, gaspillage alimentaire

Maintenance prédictive
fuites de méthane, infrastructures résilientes

Accélérer l'expérimentation scientifique
batteries, électrocarburants, catalyseurs, captage du carbone

Approcher des simulations très longues
climat, énergie, urbanisme

Gestion des données
appariement, regroupement, fusion et augmentation de données

Que cherchons-nous à illustrer ici ?

La diversité

- des secteurs / problèmes concernés
- des lieux / contextes géographiques
- des types d'IA
- des types d'organisations impliquées

Il n'existe pas une (ni même 100) « meilleure » application de l'IA pour le climat

Les projets utiles sont souvent très spécifiques

Souvent loin des projets d'IA (et de climat) dont parlent les médias

Comment le domaine de l'IA pour le climat a progressé

Innovations dans les méthodes d'AA (p. ex. modèles de diffusion) utiles à certaines applications (p. ex. sciences du climat)

Maturité des domaines de l'AA guidés par les applications (p. ex. AA informé par la physique)

Beaucoup de projets ont dépassé la preuve de concept (p. ex. outils géospatiaux)

Essor de sous-communautés interdisciplinaires dotées d'une expertise en IA (p. ex. énergie, écologie)

Comment le discours a changé ces dernières années

Le climat est désormais vu comme un domaine phare de l'« IA pour le bien », avec la santé

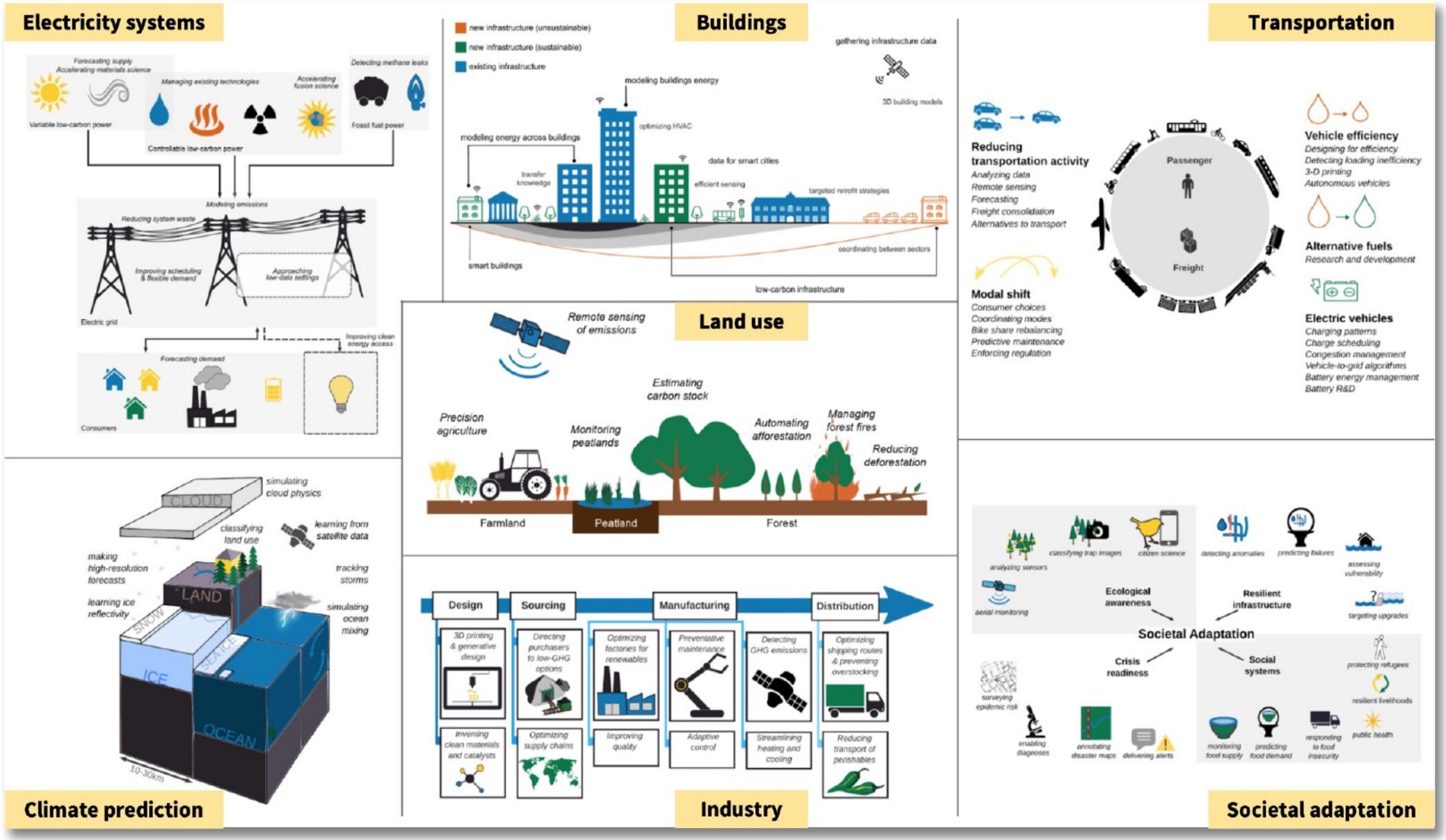
Grande visibilité de l'IA : intérêt accru (pour le meilleur et pour le pire)

Attention du public sur les grands modèles génératifs (p. ex. ChatGPT), confondus avec les autres IA

Forte hausse de la consommation d'énergie et des centres de données due aux grands modèles génératifs

Ces tendances donnent l'impression que l'innovation en IA passe par la centralisation

La « démocratisation » de l'IA désigne souvent plus d'utilisateurs, plutôt que plus de « concepteurs »


Electricity systems
Forecasting supply
Accelerating materials science
Managing existing technologies
Accelerating fusion science
Detecting methane leaks
Variable low-carbon power
Controllable low-carbon power
Fossil fuel power
Modeling emissions
Reducing system waste
Improving scheduling & flexible demand
Approaching low-data settings
Electric grid
Improving clean energy access
Forecasting demand
Consumers
Buildings
new infrastructure (unsustainable)
new infrastructure (sustainable)
existing infrastructure
gathering infrastructure data
3D building models
modeling buildings energy
optimizing HVAC
modeling energy across buildings
transfer knowledge
data for smart cities
efficient sensing
targeted retrofit strategies
coordinating between sectors
smart buildings
low-carbon infrastructure
Transportation
Reducing transportation activity
Anafyzing data
Remote sensing
Forecasting
Freight consolidation
Alternatives to transport
Passenger
Freight
Vehicle efficiency
Designing for efficiency
Detecting loading inefficiency
3-D printing
Autonomous vehicles
Alternative fuels
Research and development
Modal shift
Consumer choices
Coordinating modes
Bike share rebalancing
Predictive maintenance
Enforcing regulation
Electric vehicles
Charging patterns
Charge scheduling
Congestion management
Vehicle-to-grid algorithms
Battery energy management
Battery R&D
Land use
Remote sensing of emissions
Estimating carbon stock
Precision agriculture
Monitoring peatlands
Automating afforestation
Managing forest fires
Reducing deforestation
Farmland
Peatland
Forest
Climate prediction
simulating cloud physics
CLOUD
classifying land use
learning from satellite data
making high-resolution forecasts
tracking storms
learning ice reflectivity
simulating ocean mixing
LAND
SNOW
ICE
SEA ICE
OCEAN
10-30km
Industry
Design
Sourcing
Manufacturing
Distribution
3D printing & generative design
Directing purchasers to low-GHG options
Optimizing factories for renewables
Preventative maintenance
Detecting GHG emissions
Optimizing shipping routes & preventing overstocking
Inventing clean materials and catalysts
Optimizing supply chains
Improving quality
Adaptive control
Streamlining heating and cooling
Reducing transport of perishables
Societal adaptation
analyzing sensors
classifying trap images
citizen science
detecting anomalies
predicting failures
assessing vulnerability
aerial monitoring
Ecological awareness
Resilient infrastructure
targeting upgrades
Societal Adaptation
Crisis readiness
Social systems
surveying epidemic risk
protecting refugees
resilient livelihoods
enabling diagnoses
annotating disaster maps
delivering alerts
monitoring food supply
predicting food demand
responding to food insecurity
public health

💬Écrivez votre réponse dans le chat Zoom

Citez une organisation que vous connaissez qui explore ou crée des solutions d’IA pour le climat.

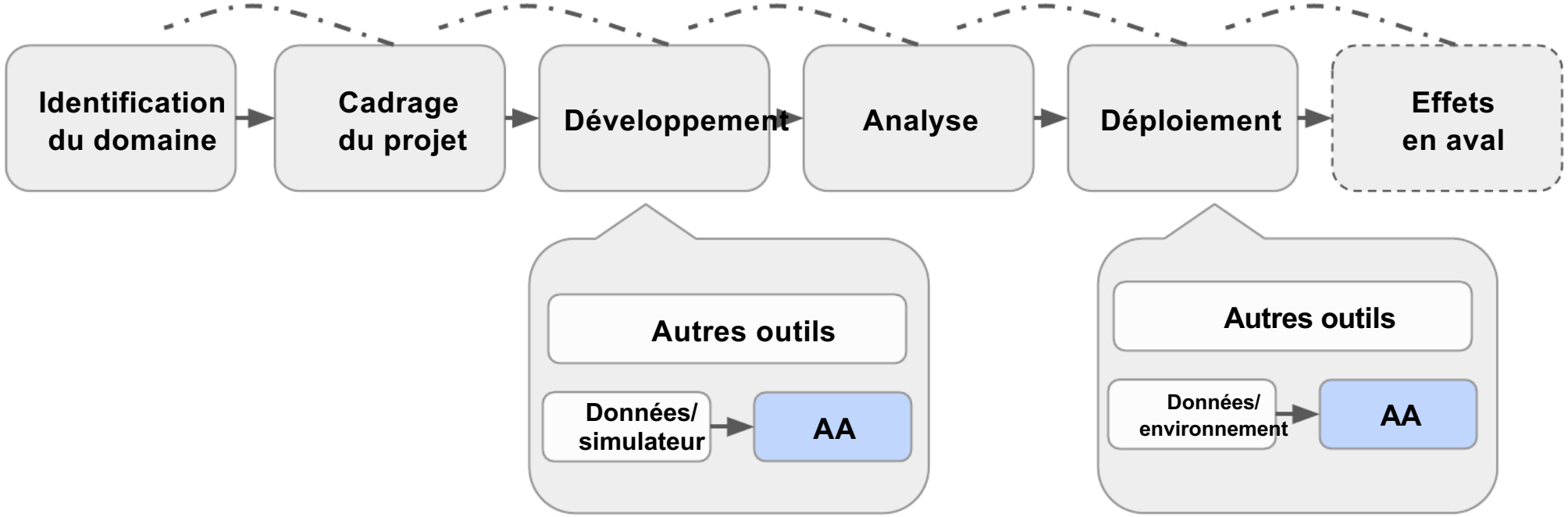
N’hésitez pas à préciser en quelques mots le problème qu’elle cherche à résoudre.

Plan du cours

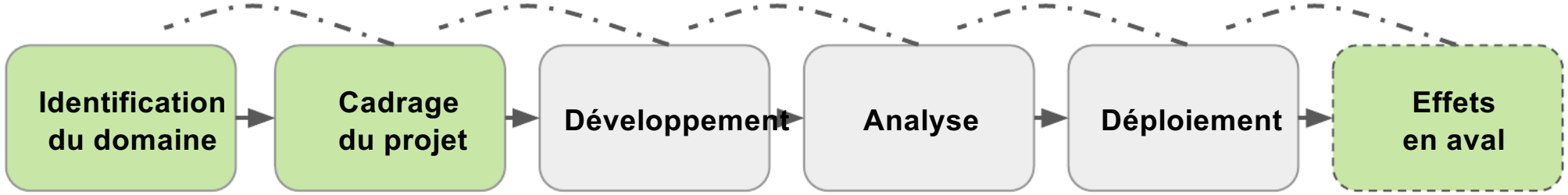
Pause de 5 minutes

Pourquoi	Cadrage : changement climatique et action climatique
Quoi	Cadrage : IA et apprentissage automatique (AA)
Quoi	Rôles technologiques de l'IA pour l'action climatique
Comment	Éléments à considérer pour le développement et le déploiement
Lesquelles	Approches d'apprentissage automatique pour les problèmes climatiques
Comment	Pleins feux sur les bonnes pratiques : approches, ressources et outils

L’AA pour le climat : le chemin vers l’impact



L’AA pour le climat : le chemin vers l’impact

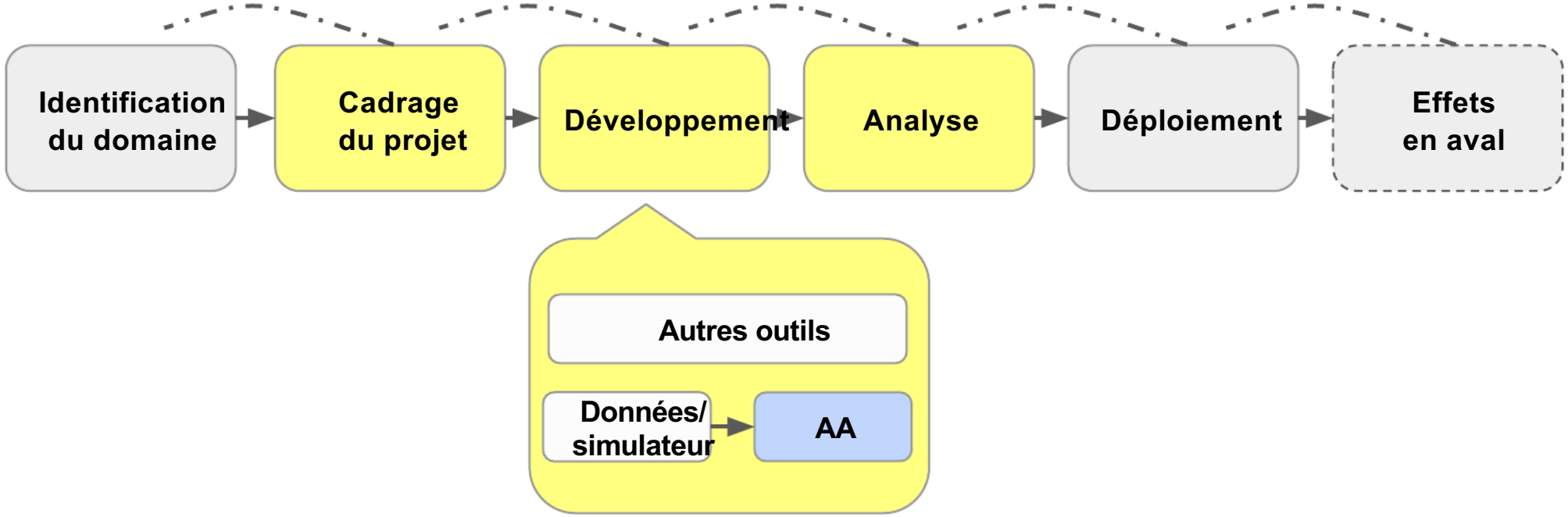


Quelles sont les parties prenantes impliquées dans l’application ou concernées par elle ?

Quelle est la portée de l’impact ?

Quel est l’horizon temporel de l’impact ?

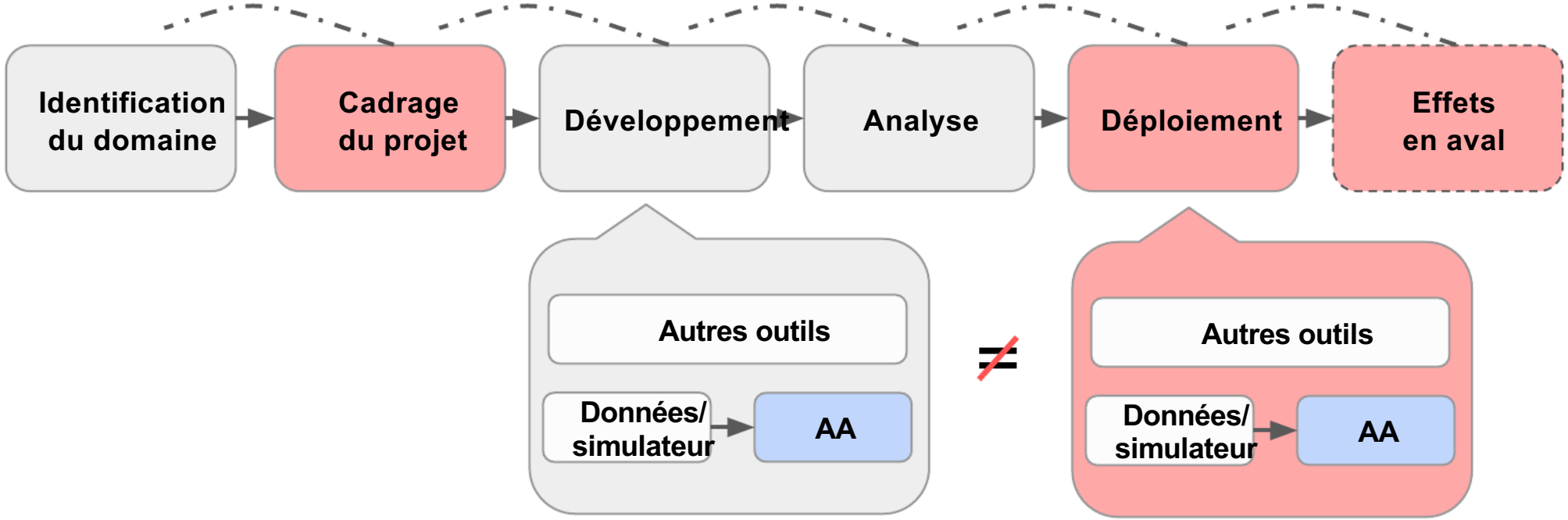
L’AA pour le climat : le chemin vers l’impact



L’IA/l’AA est-elle adaptée et nécessaire pour traiter le problème ?

Quelle est la probabilité de trouver une solution ?

L’AA pour le climat : le chemin vers l’impact



Une solution peut-elle être déployée en pratique ?

Quels effets secondaires le déploiement de la solution pourrait-il avoir ?

Les nouvelles applications exigent de nouvelles infrastructures spécialisées

Données : collecte, annotation, regroupement, inférence et/ou licences

- Remarque : « données » n'a pas le même sens pour toutes les communautés

Simulateurs : nécessaires aux innovations dans les domaines physiques

- P. ex. réseaux électriques, transports, bâtiments, industrie lourde

Indicateurs d'évaluation : exigent accord et itérations entre chercheurs en AA,

chercheurs du domaine, opérateurs et autres parties prenantes concernées

Ressources et lieux d'échange

- Jeux souhaités (CCAI) (https://www.climatechange.ai/dev/datagaps)
- Financement climat du Lacuna Fund
- NeurIPS Datasets and Benchmarks

Qui participe au développement de l'AA est déterminant

Les applications d'AA à fort impact ne sont pas toujours spectaculaires

La connaissance et l'expérience du domaine sont essentielles pour des technologies déployables

Collaboration interdisciplinaire

- Cerner les bons problèmes
- Intégrer les connaissances pertinentes du domaine
- Tracer des chemins vers l'impact

Considérations d'équité

- Donner du pouvoir à des parties prenantes diverses
- Choisir et hiérarchiser les problèmes
- Garantir des données représentatives

Développer l'IA avec des approches responsables, axées sur l'impact et centrées sur l'équité

Éviter le techno-solutionnisme

- *L'IA n'est pas une solution miracle*
- *Là où elle s'applique, elle n'est qu'un élément de la stratégie*

Atténuer les biais des données et des modèles

- *P. ex. données sur les bâtiments : discrimination au logement, disponibilité inégale selon les zones*
- *P. ex. modèles météo : l'étalonnage peut être optimisé pour certaines régions*

Renforcer la fiabilité et la redevabilité

- *Sûreté et robustesse : essentielles p. ex. pour les réseaux électriques et l'industrie*
- *Interprétabilité et auditabilité : essentielles p. ex. pour l'élaboration des politiques*

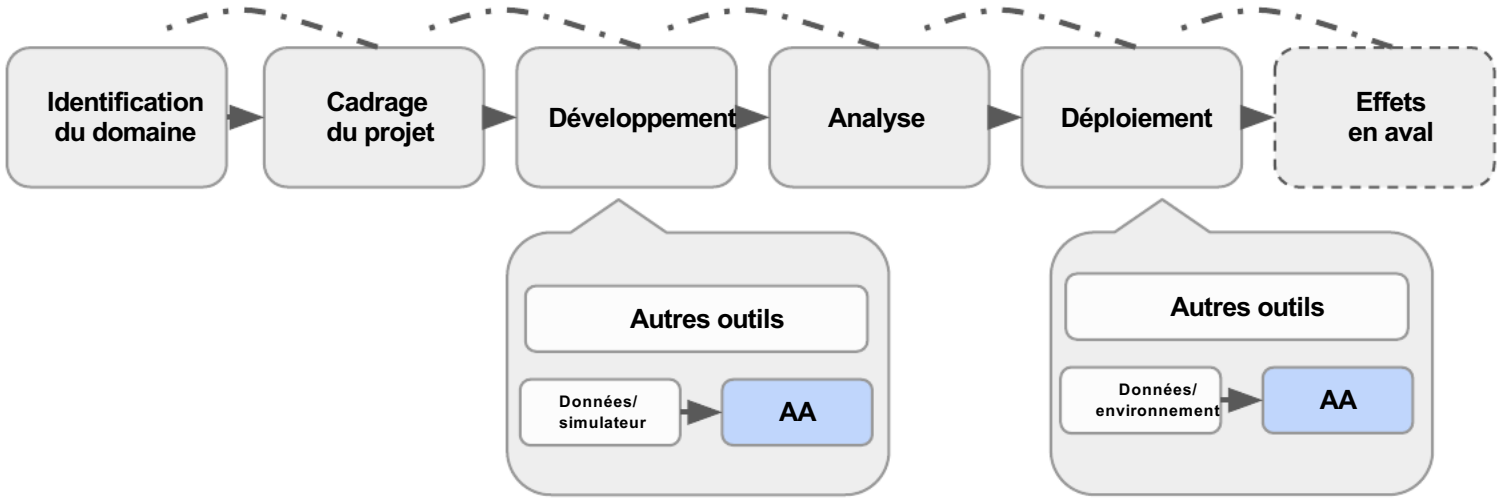
Mettre l'équité et la justice climatique au centre

- *Centrer des parties prenantes diverses : p. ex. agriculture industrielle vs petits exploitants*
- *Éviter la centralisation du pouvoir : accès démocratisé aux capacités et au calcul*
- *Éviter le colonialisme numérique : p. ex. compteurs intelligents, analyse de télédétection*

Une IA pour le climat qui a de l'impact exige une approche sociotechnique

Considérer tout le chemin vers l'impact, y compris

- Données, simulateurs, indicateurs
- IA responsable et considérations climatiques
- Implication des parties prenantes

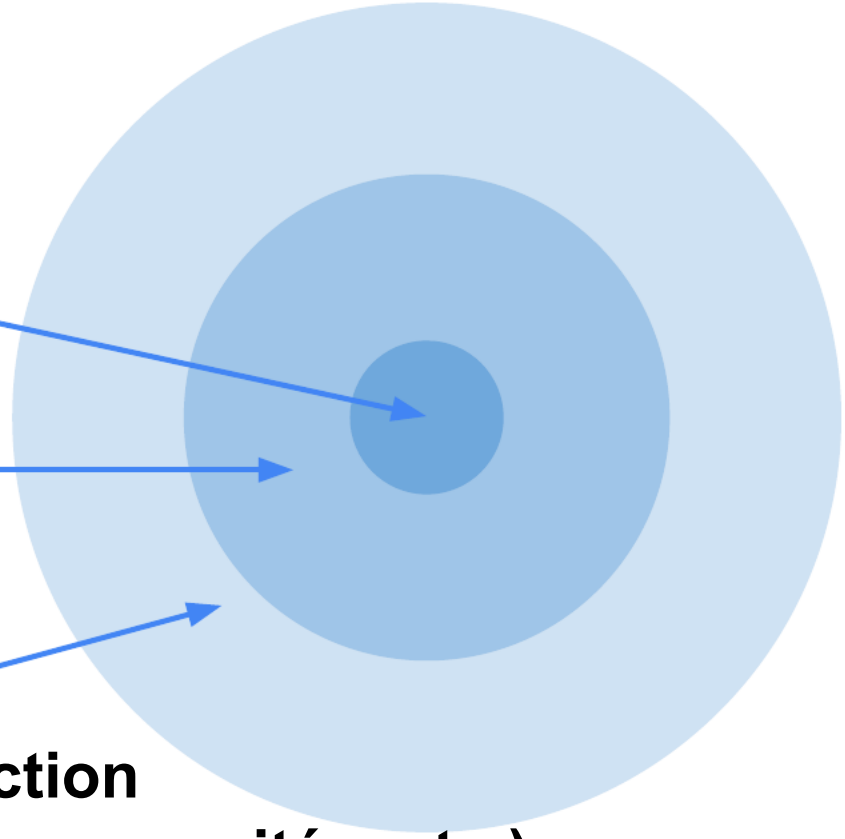


Une IA responsable et éthique exige une vision globale

Considérations au niveau du projet (comment le concrétiser)

Choix des projets (où l'IA est utilisée, qui profite réellement des projets d'IA)

Impacts systémiques et géopolitiques des trajectoires de l'IA (choix d'investissement, extraction et chaînes d'approvisionnement, renforcement des capacités, etc.)



Une relation à multiples facettes entre IA et climat

Applications de l'IA
pour l'action climatiqu

Impacts du calcul
et du matériel
de l'IA

Applications de l'IA
aux impacts incertains
ou systémiques

Applications de l'IA qui
augmentent les émissio



Responsible & Ethical AI

Virginia Dignum
Umeå University



Intro to AI Policy & Regulation

Costa Samaras
Carnegie Mellon University



Shaping Your AI-for-Climate Project in Practice

Dina Machuve
DevData Analytics, Data Science Africa



Intro to Climate Policy & Regulation

Vaibhav Chugh
Council on Energy, Environment and Water (CEEW)



Sustainability Impacts of AI

Nikola Milojević-Dupont
Climate Change AI

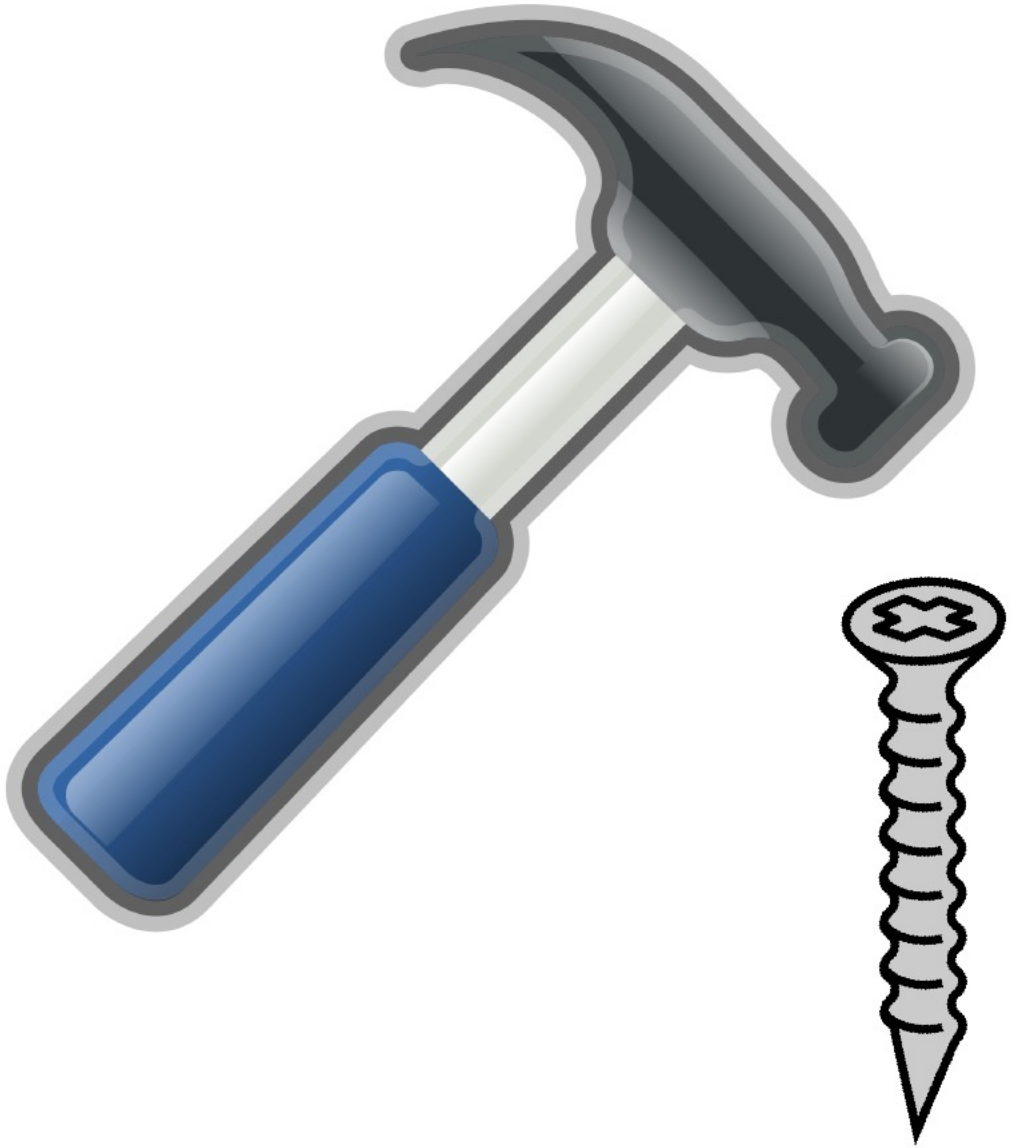
Reducing your Climate Impact when Training ML Models

Melanie Hanna (Quanata), Andres Felipe Perez Murcia (Uni. of Manitoba)



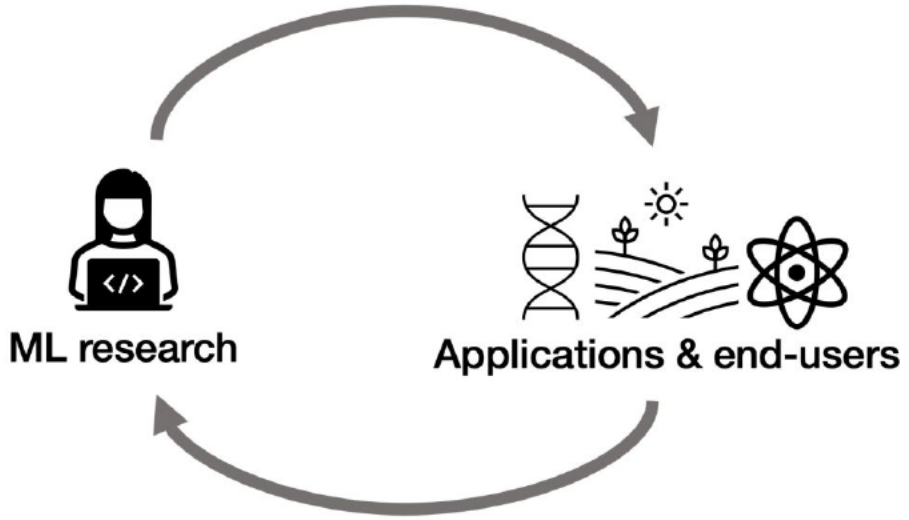

Plan du cours

Pourquoi	**Cadrage : changement climatique et action climatique**
Quoi	**Cadrage : IA et apprentissage automatique (AA)**
Quoi	**Rôles technologiques de l'IA pour l'action climatique**
Comment	**Éléments à considérer pour le développement et le déploiement**
Lesquelles	**Approches d'apprentissage automatique pour les problèmes climatiques**
Comment	**Pleins feux sur les bonnes pratiques : approches, ressources et outils**




Flathead
Phillips
Torx
Robertson
Hex
Pozidriv
Tri-Wing

Les défis climatiques peuvent stimuler l'innovation technologique pour le climat

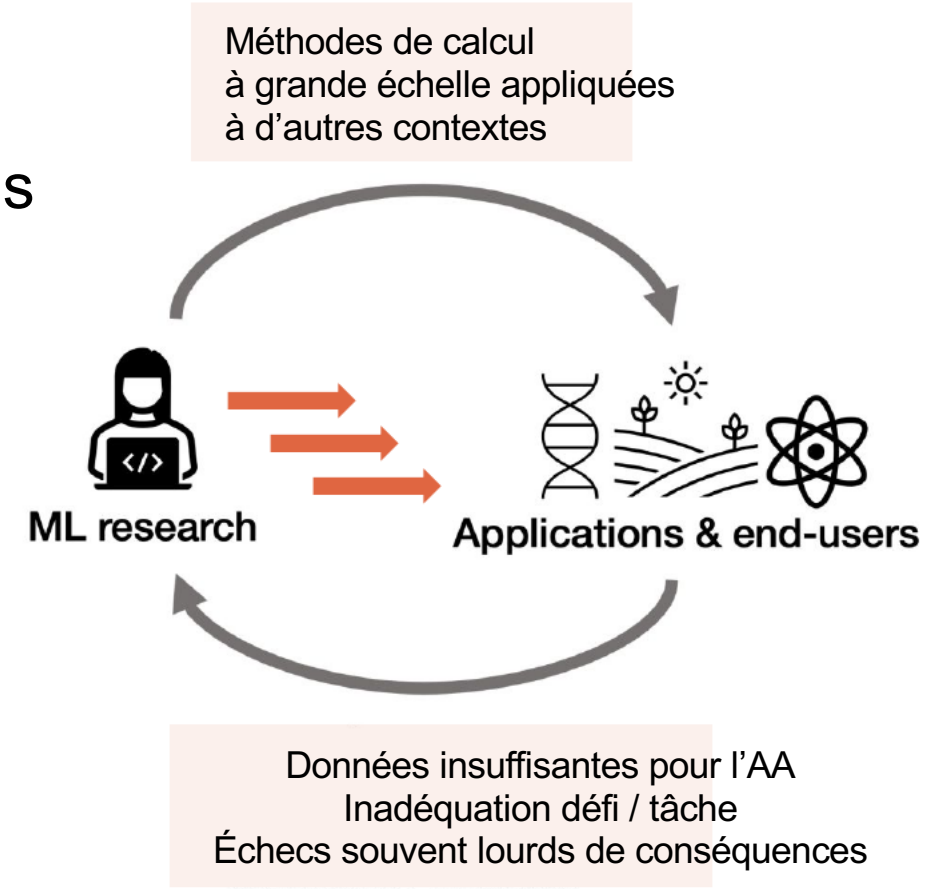


Voir : David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Les méthodes d'AA standard tendent à échouer dans des contextes « non standard »

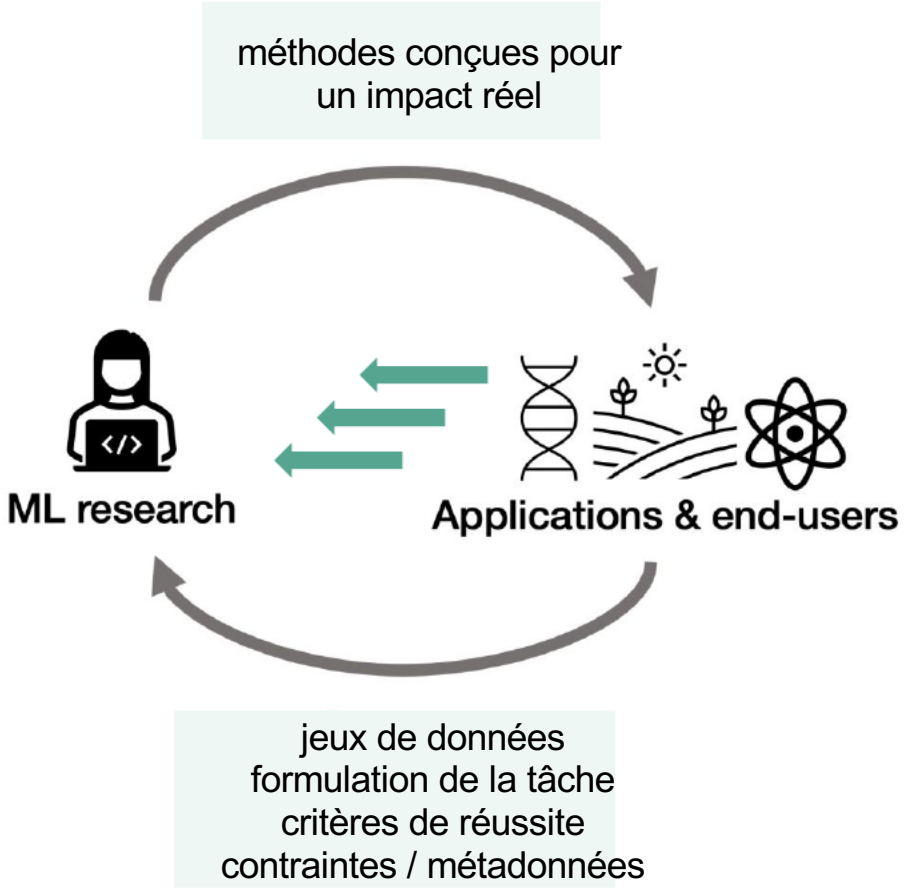
Approche descendante

Méthodes d'IA de pointe appliquées aux problèmes climatiques



Voir : David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Les défis climatiques doivent guider l'innovation technologique pour le climat



Approche ascendante

Les applications climatiques façonnent l'innovation en IA pour le climat

Exemples d'exigences pour les méthodes d'AA :

- **Optimisation du réseau : respecter** les contraintes techniques
- **Prévision météo : gérer des données rares,** selon la région
- **Détection d'incendies par drone : fonctionner** efficacement sur des appareils peu puissants

Voir : David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Des contextes divers exigent des approches diverses

Paradigme dominant de l'AA (p. ex.)

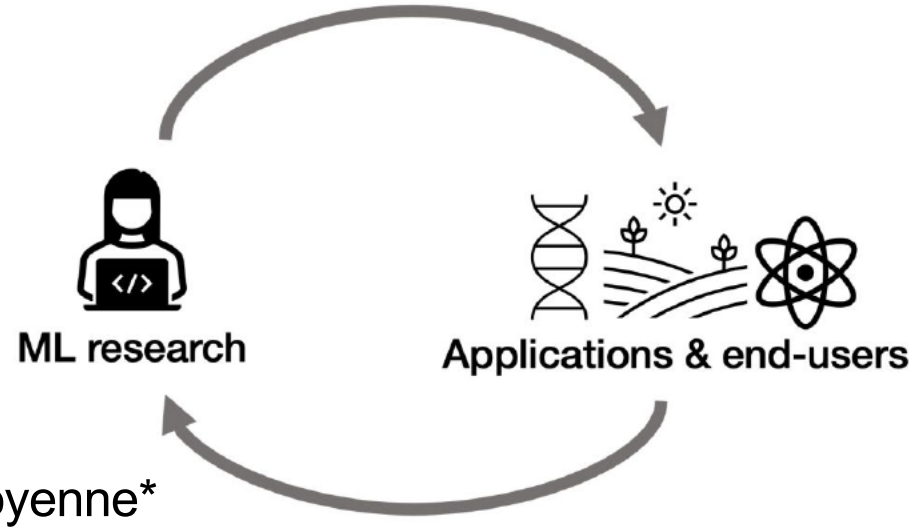
Mégadonnées

Calcul massif

Le calcul n'est pas une limite

Les données suffisent

Performance = exactitude moyenne*



Domaines de l'IA pour le climat (p. ex.)

Moins de données ; données difficiles à déplacer

Moins de calcul ; appareils en périphérie ; réduire énergie/émissions

Connaissances utiles sur la tâche/le domaine

Indicateurs variés
(p. ex. exactitude pondérée par groupe, sûreté, robustesse, vie privée, interprétabilité, explicabilité, quantification de l'incertitude…)

Voir aussi : Birhane, Abeba, et al. "The values encoded in machine learning research." ACM Conference on Fairness, Accountability, and *Transparency . 2022.*

💬Écrivez votre réponse dans le chat Zoom

Pensez à une application climatique dans votre contexte local.

Quelle exigence « non standard » un système d'IA/AA devrait-il remplir pour être réellement utile à votre application ?

Pensez aux données, aux indicateurs de performance, aux contraintes et à la cohérence avec les connaissances existantes.

Opportunités dans les applications de l'IA pour le climat

Collecter des informations
inondations, déforestation, infrastructures, cultures, biodiversité

Prévision
énergies renouvelables, demande de transport, phénomènes extrêmes

Optimiser des systèmes complexes
électricité et énergie, chauffage et refroidissement, fret, gaspillage alimentaire

Maintenance prédictive
fuites de méthane, infrastructures résilientes

Accélérer l'expérimentation scientifique
batteries, électrocarburants, catalyseurs, captage du carbone

Approcher des simulations très longues
climat, énergie, urbanisme

Gestion des données
appariement, regroupement, fusion et augmentation de données

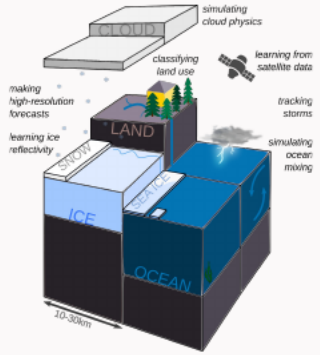
Frontières méthodologiques pertinentes pour le climat

AA informé par la physique

AA sûr et robuste

Prévision climatique

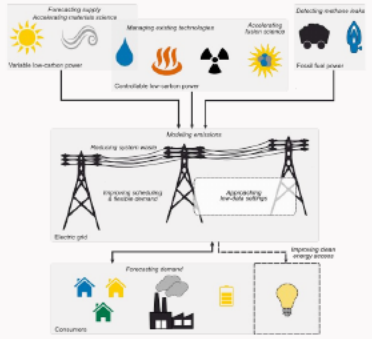
Modélisation de la Terre, de l'atmosphère et des océans



Systèmes électriques

Optimisation des parcs éoliens

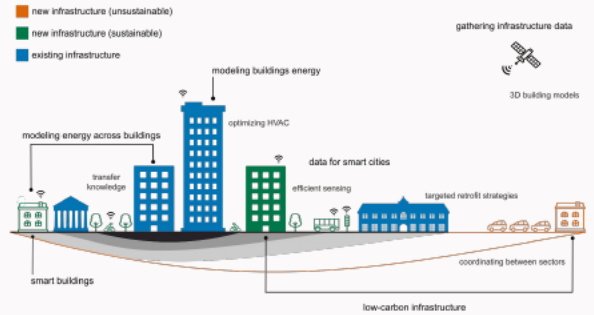
Optimisation et contrôle des réseaux électriques



Bâtiments et villes

Simulations environnementales urbaines

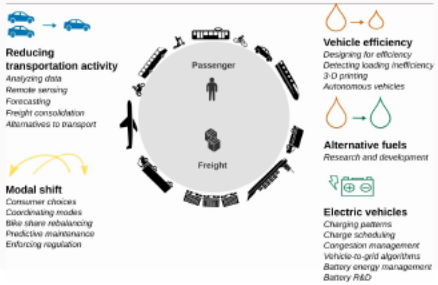
Pilotage du chauffage et du refroidissement des bâtiments



Transports

Modélisation de l'efficacité aérodynamique

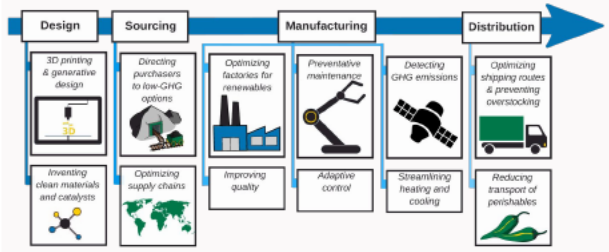
R&D sur les batteries et carburants alternatifs



Industrie

Pilotage des équipements et effacement

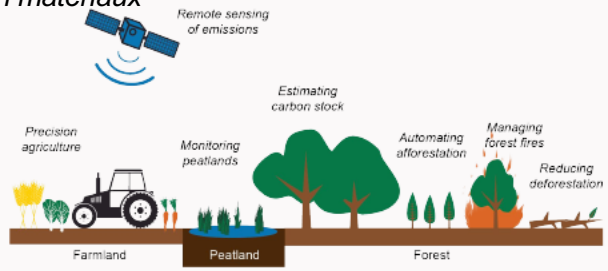
Conception de structures économes en matériaux



Usage des sols (agriculture)

Agriculture de précision

Production d'ammoniac plus propre



Voir aussi : Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

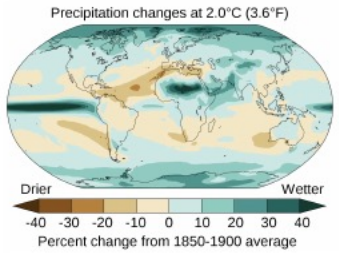
Frontières méthodologiques pertinentes pour le climat

AA informé par la physique

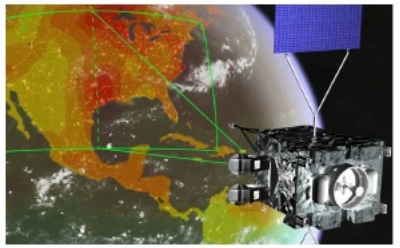
AA sûr et robuste

AA interprétable

Quantification de l'incertitude



Compréhension scientifique et prévisions du changement climatique



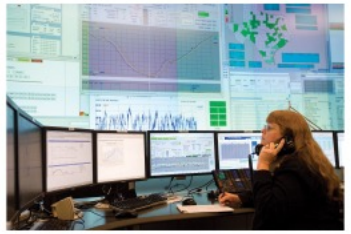
Suivi, déclaration et vérification des émissions et des effets du changement climatique



Alerte précoce et réponse aux urgences



Élaboration des politiques aux niveaux international, national et local



Planification et exploitation des infrastructures critiques



Innovation et évaluation des technologies

Voir aussi : Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

Frontières méthodologiques pertinentes pour le climat

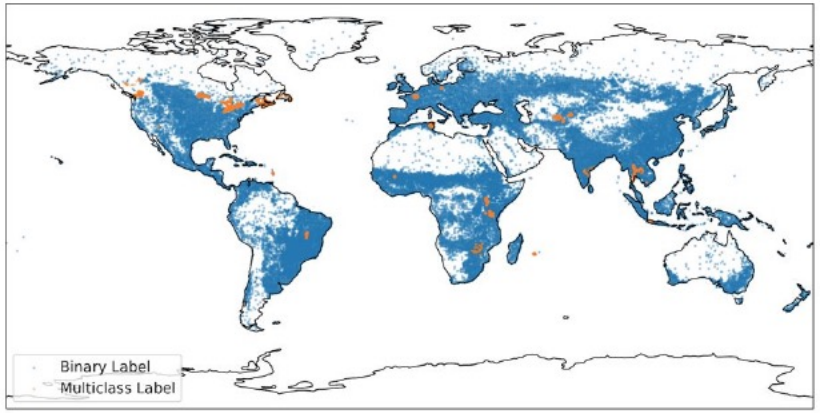
AA informé par la physique

AA sûr et robuste

AA interprétable

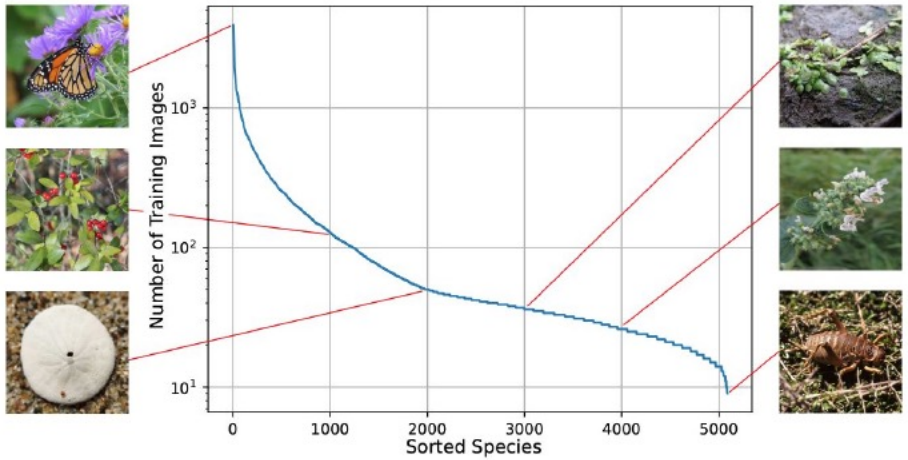
Quantification de l'incertitude

Généralisation
(spatio-temporelle, dérive conceptuelle, données limitées)



G. Tseng, et al., "CropHarvest: A global dataset for crop-type classification," NeurIPS 2021 Datasets and Benchmarks Track.

G. Van Horn et al., "The iNaturalist species classification and detection dataset," CVPR 2018.



Voir aussi : Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

Frontières méthodologiques pertinentes pour le climat

AA informé par la physique

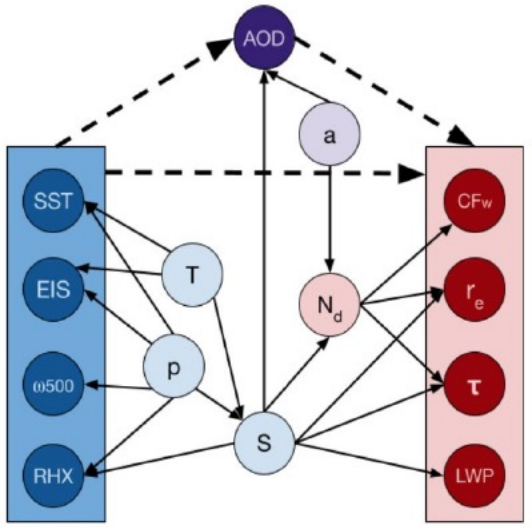
AA sûr et robuste

AA interprétable

Quantification de l'incertitude

Généralisation
(spatio-temporelle, dérive conceptuelle, données limitées)

Causalité



AOD	Aerosol optical depth	T	Temperature	CFw	Warm Cloud Fraction
SST	Sea surface temperature	p	Pressure	r_e	Effective radius
EIS	Effective inversion strength	S	Supersaturation	τ	Optical thickness
W500	500 hPa vertical velocity	N_d	Droplet Number Concentration	LWP	Liq. Water Path
RHX	X hPa relative humidity	a	Aerosol		

A. Jesson et al., "Using non-linear causal models to study aerosol-cloud interactions in the southeast Pacific," Tackling Climate Change with Machine Learning workshop at NeurIPS 2021 .

Voir aussi : Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

Frontières méthodologiques pertinentes pour le climat

AA informé par la physique

AA sûr et robuste

AA interprétable

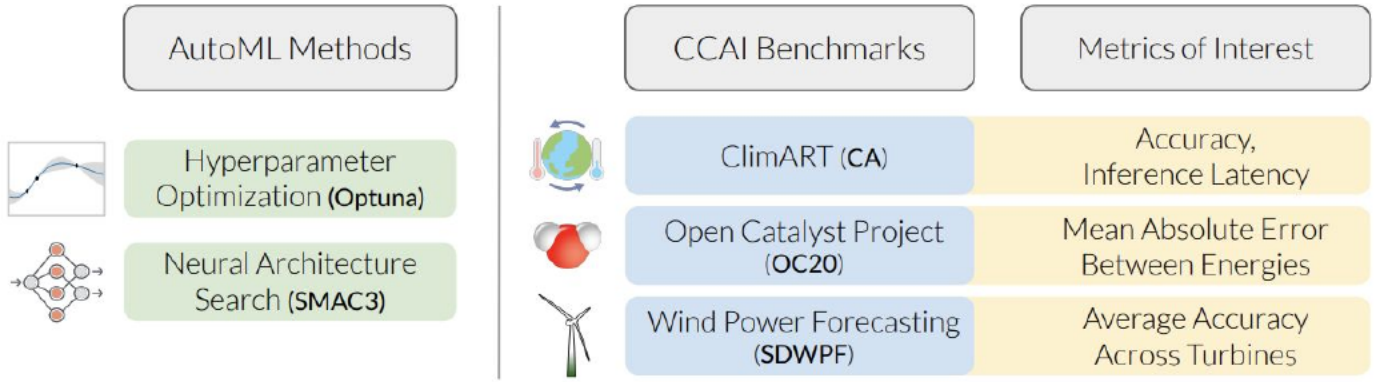
Quantification de l'incertitude

Généralisation
(spatio-temporelle, dérive conceptuelle, données limitées)

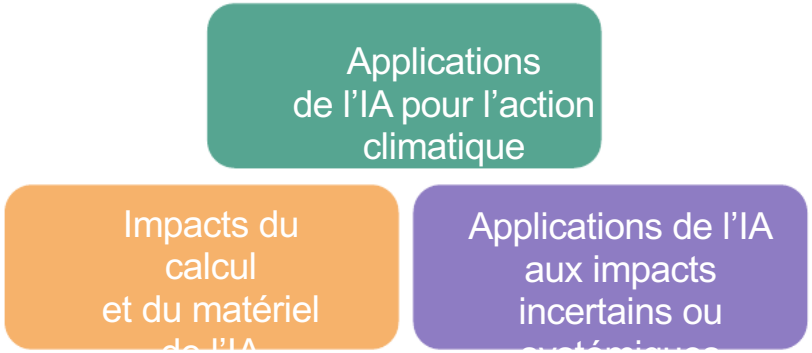
Causalité

AA économe en énergie et TinyML

AutoML



Tu, Renbo, et al. "AutoML for climate change: A call to action." Tackling *Climate Change with Machine Learning workshop at NeurIPS 2022* .

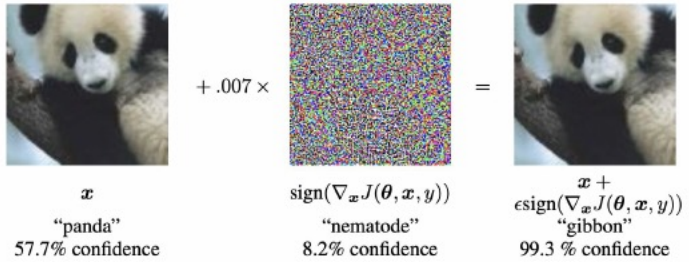


Voir aussi : Priya L. Donti, David Rolnick, Lynn H. Kaack, "Climate Change and ML: Opportunities, Challenges, and Considerations," ICML 2022 tutorial.

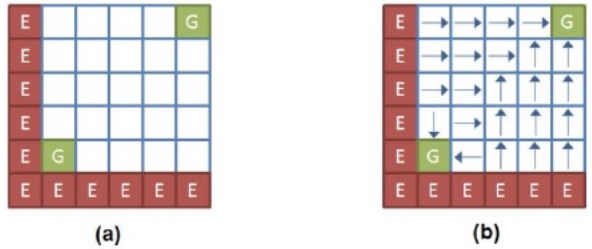
Des défis communs qui diffèrent selon les contextes

Exemple : différentes notions de sûreté et de robustesse

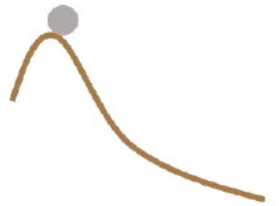
Robustesse adversariale [AA] : robustesse aux perturbations des entrées



Apprentissage par renforcement sûr [AA] : éviter les états d'erreur ou les scénarios catastrophiques



Contrôle robuste [p. ex. réseaux électriques, bâtiments] : amener le système à l'équilibre (p. ex. stabilité de Lyapunov)

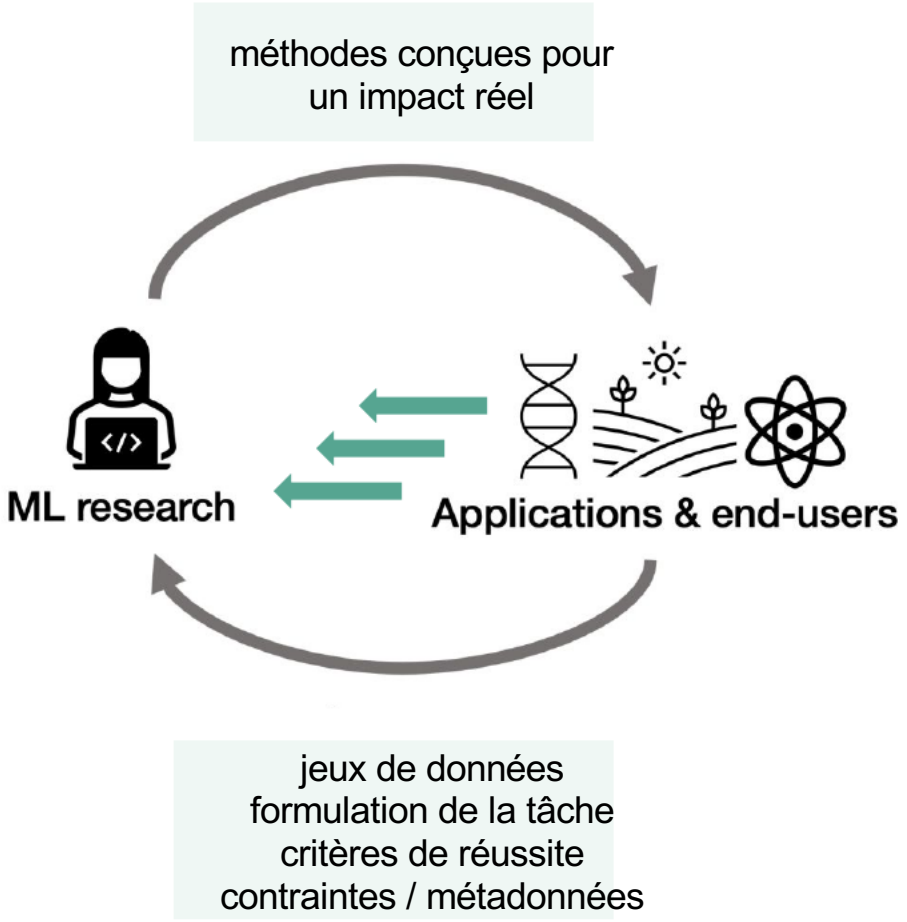


Faisabilité physique [p. ex. réseaux, sciences du climat] : garantir le respect des équations physiques



Source de la figure robustesse adversariale : Goodfellow, I. J., Shlens, J., & Szegedy, C. (2015). Explaining and harnessing adversarial examples. ICLR.
Source de la figure RL sûr : Garcıa, J., & Fernández, F. (2015). A comprehensive survey on safe reinforcement learning. JMLR, 16 (1), 1437-1480.

À retenir : l'innovation en IA doit être guidée par les besoins des problèmes climatiques



Voir : David Rolnick, Alan Aspuru-Guzik, Sara Beery, Bistra Dilkina, Priya L. Donti, Marzyeh Ghassemi, Hannah Kerner et al. "Position: Application-Driven Innovation in Machine Learning." International Conference on Learning Representations (2024).

Plan du cours

Pourquoi	Cadrage : changement climatique et action climatique
Quoi	Cadrage : IA et apprentissage automatique (AA)
Quoi	Rôles technologiques de l'IA pour l'action climatique
Comment	Éléments à considérer pour le développement et le déploiement
Lesquelles	Approches d'apprentissage automatique pour les problèmes climatiques
Comment	Pleins feux sur les bonnes pratiques : approches, ressources et outils

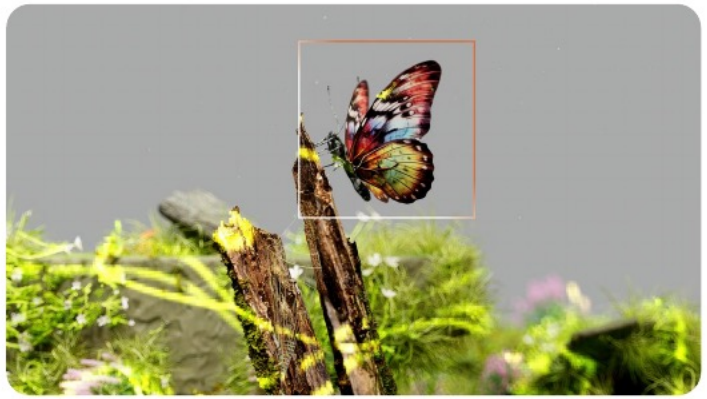
Représenter l'IA dans sa globalité : bénéfices, préjudices et impacts



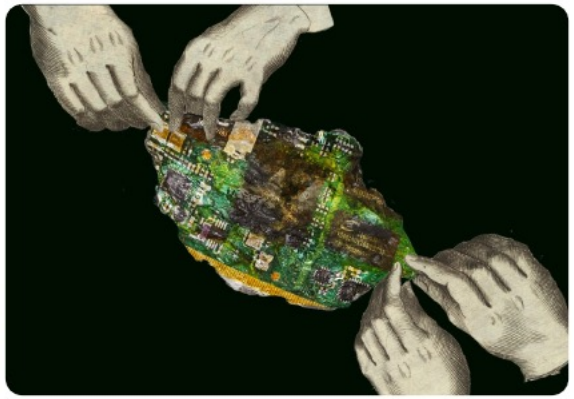
Source : Getty Images



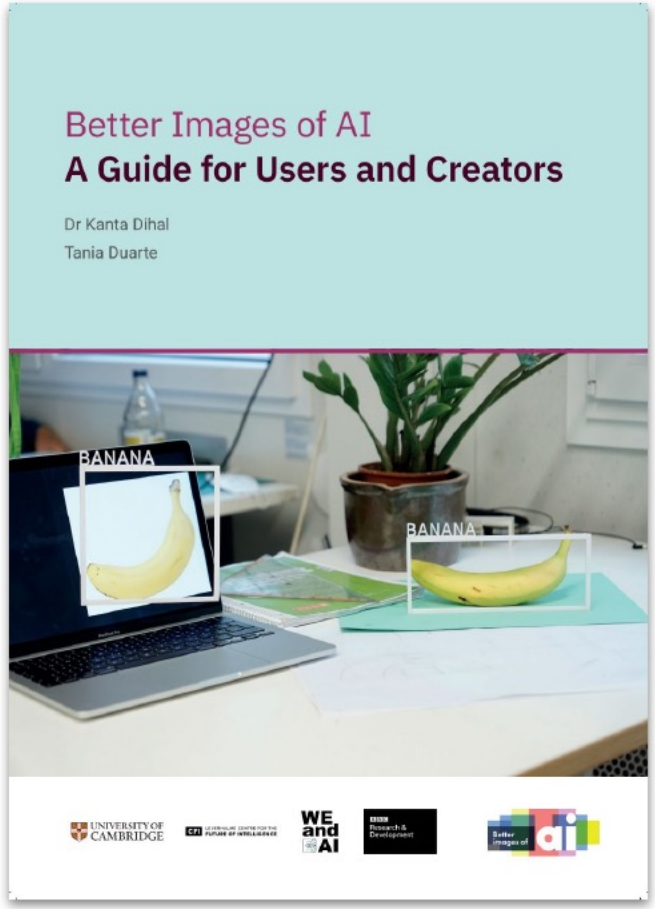
Source : Shutterstock.com



Source : Diaz & Google DeepMind, AI for Biodiversity

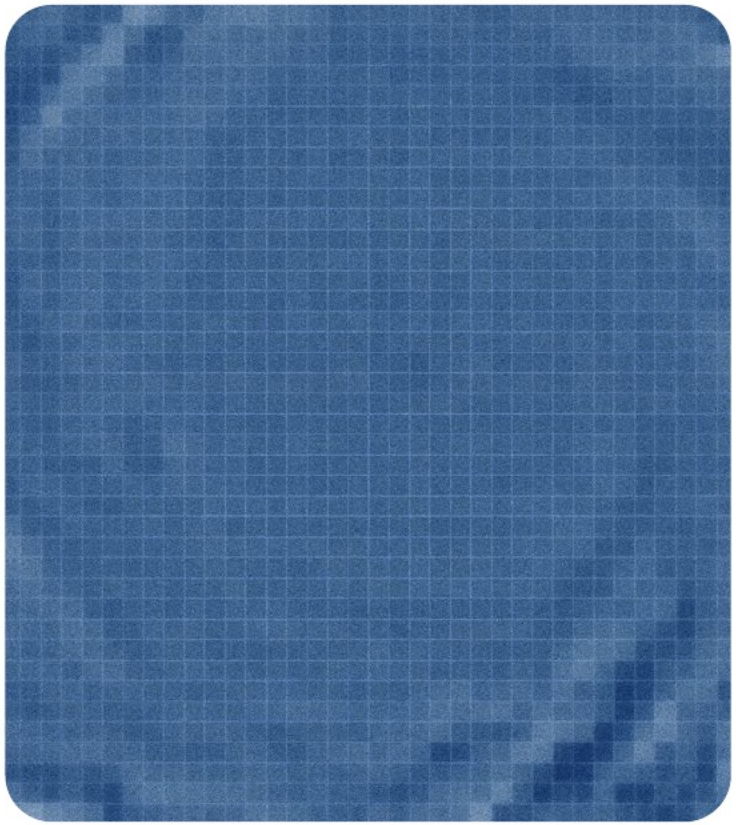


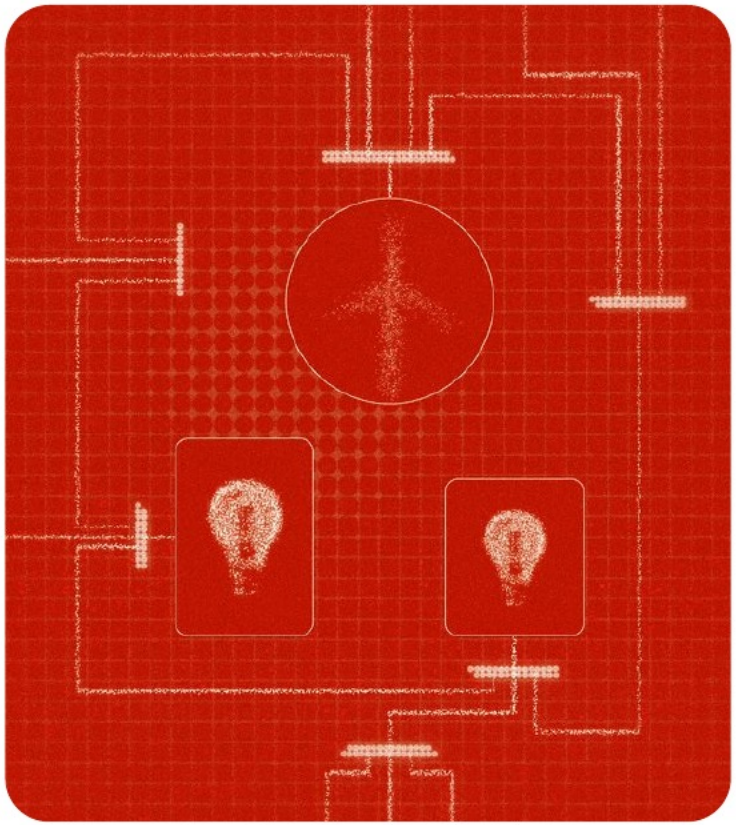
Source : Hanna Barakat, Rare Metals 2

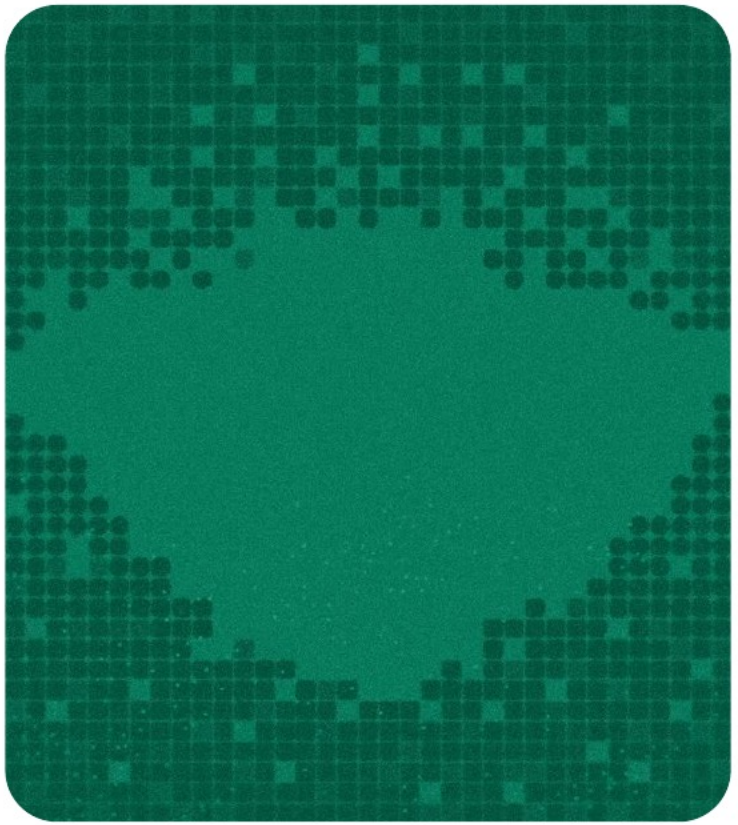


Source : Better Images of AI

Comprendre quels types de données climatiques sont pertinents pour des applications concrètes de l’IA pour le climat

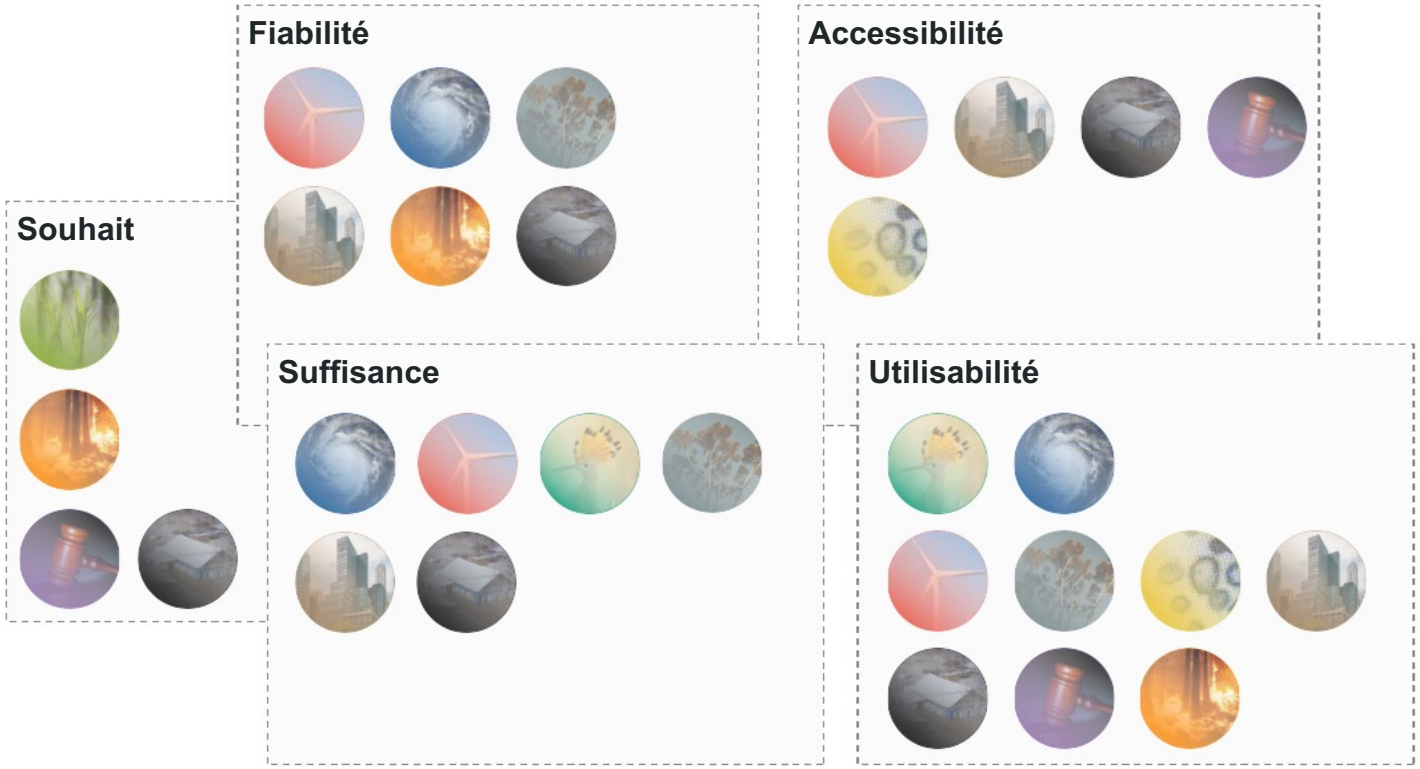






Source : Climate Change AI

Évaluer quelles données utiliser et leurs limites



Souhait
Le jeu de données n'existe pas

Fiabilité
La qualité ou l'intégrité des données doit être améliorée

Accessibilité
Les données sont difficiles à obtenir
(p. ex. introuvables ou inaccessibles)

Suffisance
Données insuffisantes, nécessitant une collecte supplémentaire et/ou une simulation

Utilisabilité
Données difficilement utilisables
(par des personnes et/ou des machines)

Divers
Autres défis, dont ceux liés à
l'utilisation de plusieurs jeux de données

Source : Climate Change AI Data Gaps

Favoriser le développement ouvert et la reproductibilité

Fiches techniques des jeux de données

Cadre de documentation qui permet aux créateurs de jeux de données de réfléchir aux questions clés du cycle de vie des données.

Motivation	Composition	
Processus de collecte	Prétraitement, nettoyage, étiquetage	
Usages	Diffusion	Maintenance

- Guider créateurs et utilisateurs de jeux de données pour les évaluer de façon structurée
- Améliorer la transparence et la redevabilité
- Faciliter le choix lors d'usages futurs
- Permettre une meilleure reproductibilité et comparaison des résultats

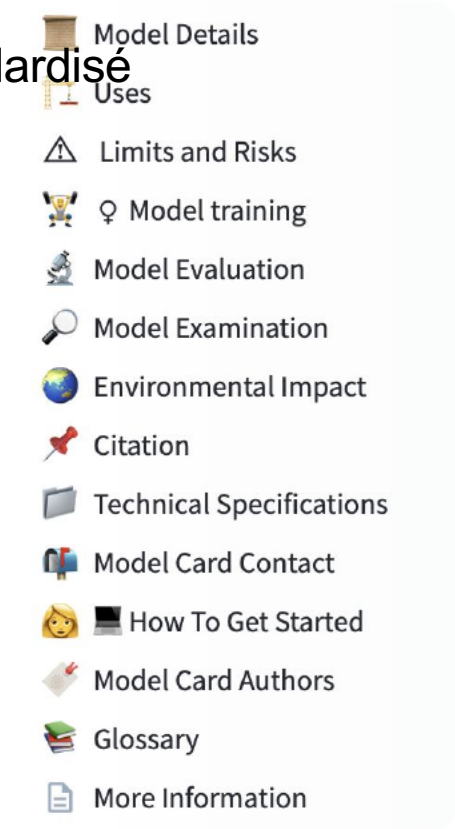
Source : Gebru et al. (2021), Datasheets for Datasets

Fiches de modèle

Les fiches de modèle sont un moyen standardisé de documenter les modèles, y compris la façon dont ils ont été entraînés et évalués.

Comprennent souvent

- Usages prévus (et usages exclus)
- Indicateurs d'évaluation
- Données d'entraînement (dont techniques de traitement)
- Considérations éthiques



Source : HuggingFace
Outil de rédaction de fiches de modèle

Source : Mitchell et al. (2018) Model Cards for Model Reporting

Estimer l'empreinte carbone

Estimation hors ligne de l'empreinte carbone selon votre configuration

Le calculateur Green Algorithms permet d'estimer l'empreinte carbone avant l'entraînement et l'inférence, selon votre matériel et l'intensité carbone de l'électricité du lieu où le calcul sera effectué.

Permet de comparer des configurations avant d'expérimenter ou de dépenser des ressources en matériel et/ou en calcul.

Estimation en ligne de l'empreinte carbone

Des outils comme ML CO2 Impact, CodeCarbon, Carbontracker ou ceux des fournisseurs de cloud permettent d'estimer l'empreinte carbone pendant l'entraînement et l'inférence, en tenant compte du matériel, de la durée d'exécution et du fournisseur cloud utilisés pour les expériences.

Permet de déclarer l'empreinte carbone de vos modèles d'AA

Characteristic of each strategy	Online calculator	Embedded package	Server-side tool
Compatible with any hardware	Yes	No, a dedicated tool needs to be built for each	Yes, provided hardware usage can be monitored
Compatible with any programming language	Yes		Yes
Compatible with any task or research field	Yes		Yes
Computing metrics are collected automatically	No	Yes	Yes
Does not interfere with existing code	Yes	No	Yes
Estimates can be obtained beforehand	Yes	No	No
Estimates can be obtained in real time	No	Yes	Yes
Estimates can be obtained retrospectively	Yes	Only if the tracker was active at the time	Yes
Scalable with large numbers of jobs	No	Yes	Yes
Scalable over long periods of time	No	Only if the tracker is used every time	Yes

Source : Lannelongue et Inouye (2023), Carbon footprint estimation for computational research

Points d’entrée et pistes pour avancer



Computational Sustainability Network (depuis 2008)

Climate Informatics (depuis 2011)

Initiatives régionales d’IA, p. ex. Data Science Africa, le Deep Learning Indaba, KHIPU et les groupes d’affinité





Climate Change AI (depuis 2019)

Work on Climate (depuis 2020)

Initiative du Digital Futures Lab
AI + Climate Futures Asia (depuis 2023)





GeoAI-Africa (depuis 2024)

AfriClimate AI (depuis 2024)

Climate AI Nordics (depuis 2024)

Communauté ESCS (depuis 2025)



Environmentally Sustainable Computational Science

💬Écrivez votre réponse dans le chat Zoom

Réfléchissez à la façon dont vous aimeriez vous engager dans l'IA pour le climat.

Quels types de ressources vous aideront à avancer ?

Pensez à votre domaine, aux communautés de pratique avec lesquelles vous voulez échanger (dans votre domaine ou au-delà), aux contenus que vous voulez lire (recherche, politiques, pédagogie), aux outils dont vous aurez besoin pour pratiquer.

Récapitulatif du cours

Pourquoi	Cadrage : changement climatique et action climatique
Quoi	Cadrage : IA et apprentissage automatique (AA)
Quoi	Rôles technologiques de l'IA pour l'action climatique
Comment	Éléments à considérer pour le développement et le déploiement
Lesquelles	Approches d'apprentissage automatique pour les problèmes climatiques
Comment	Pleins feux sur les bonnes pratiques : approches, ressources et outils

École d’été virtuelle CCAI 2026 : supports et accès

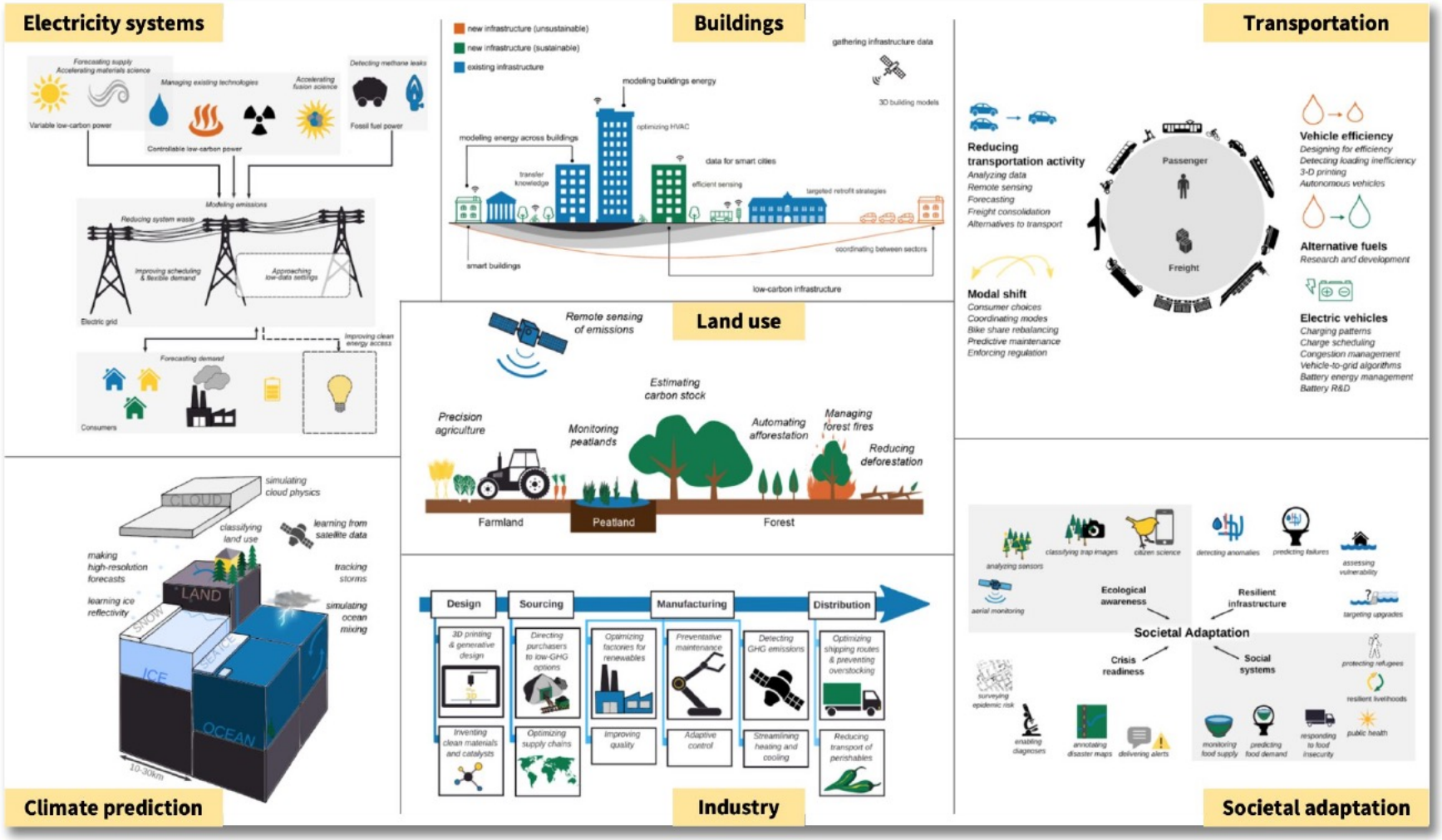
Les diapositives, les lectures, les questions du quiz et l’enregistrement du cours seront publiés sur la plateforme LearnWorlds

🌐 Vous pouvez utiliser la plateforme communautaire pour poser d’autres questions sur ce cours et tous les autres contenus, et pour échanger avec les autres participants

Des formulaires d’évaluation pour chaque cours et tutoriel seront disponibles sur LearnWorlds. Nous afficherons aussi un court formulaire dans Zoom à remplir avant de quitter le webinaire.

Nous vous souhaitons une École d’été virtuelle Climate Change AI 2026 enrichissante, stimulante et fructueuse !

Questions ?


Electricity systems
Buildings
Transportation
Land use
Climate prediction
Industry
Societal adaptation
Reducing transportation activity
Modal shift
Vehicle efficiency
Alternative fuels
Electric vehicles
Passenger
Freight
Remote sensing of emissions
Estimating carbon stock
Precision agriculture
Monitoring peatlands
Automating afforestation
Managing forest fires
Reducing deforestation
Farmland
Peatland
Forest
Design
Sourcing
Manufacturing
Distribution
Societal Adaptation
Ecological awareness
Resilient infrastructure
Crisis readiness
Social systems