Climate Change AI

Concevoir concrètement votre projet d'IA pour le climat

Dr Dina Machuve
7 août 2026

Programme

1. Évaluer l’adéquation de l’IA et la maturité technologique
2. Chaînes de données et voies de déploiement
3. Évaluation d’impact et indicateurs
4. Parties prenantes, pouvoir et durabilité

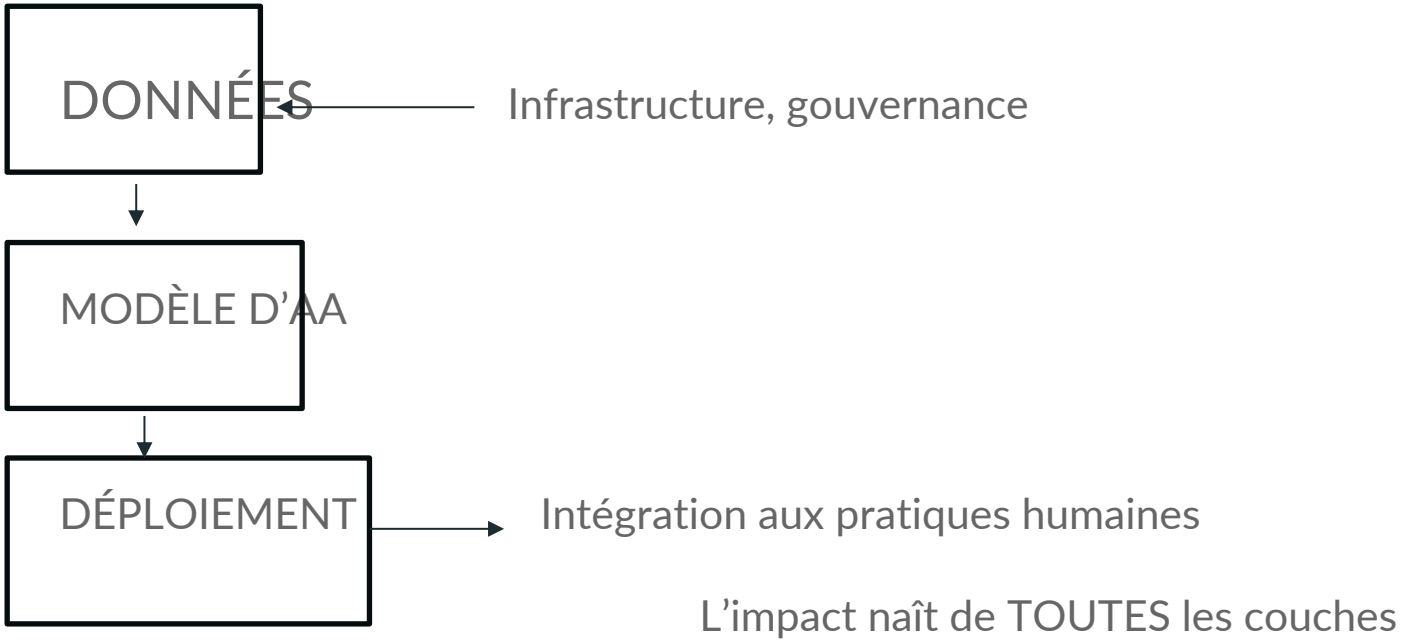
Brise-glace

- Citez des défis climatiques pour lesquels l’IA pourrait aider selon vous

partici.fi/32112222

Notions clés

- L’apprentissage automatique n’est qu’une composante



Évaluer l’adéquation de l’IA et la maturité technologique

L’IA est-elle le bon outil ?

- Questions à se poser avant de choisir l’IA :
  - Disposons-nous de données de qualité suffisantes ?
  - Les contraintes opérationnelles sont-elles compatibles avec des flux de travail IA ?
  - Les parties prenantes accepteront-elles des recommandations algorithmiques ?
  - Des méthodes plus simples pourraient-elles donner des résultats comparables ?

L’IA est-elle le bon outil ?

- Quand l’IA apporte de la valeur :
  - Motifs complexes, grande dimensionnalité
  - Besoins de passage à l’échelle, accélération au-delà du rythme humain
  - Inférence en temps réel nécessaire

- Quand des solutions plus simples suffisent
  - Décisions simples fondées sur des règles
  - Données limitées
  - Enjeux élevés sans explicabilité

Niveaux de maturité technologique dans le contexte climatique

- Ce qui est déployable aujourd’hui vs ce qui exige encore de l’innovation
- Risque de promettre des capacités qui n’existent pas encore
- Concilier ambition et faisabilité

Niveaux de maturité technologique dans le contexte climatique

FAISABLE DÈS MAINTENANT

- Suivi de la déforestation par satellite
- Prévision de la demande d’énergie
- Estimation des stocks de carbone
- Modélisation régionale des rendements agricoles
- Automatisation des inventaires d’émissions

Niveaux de maturité technologique

EXIGE DE L'INNOVATION

- Prévision microclimatique hyperlocale
- Agents d'équilibrage des renouvelables à l'échelle du réseau
- Lutte entièrement autonome contre les incendies
- Diagnostic de précision de la santé des sols
- Cascades d'optimisation intersectorielles

Choisir une approche d’IA

Type de tâche	Méthodes	Compromis
Régression/prévision	Forêt aléatoire, XGBoost	Vitesse vs interprétabilité
Classification (binaire/multiclasse)	Régression logistique, CNN	Exactitude vs complexité
Analyse spatiale	GAN, autoencodeurs	Résolution vs calcul
Détection d’anomalies	VAE	Sensibilité vs faux positifs
Apprentissage par renforcement	PPO, DQN	Flexibilité vs stabilité de l’entraînement

Choisir une approche d’IA

Liste de vérification :

- Compétences disponibles dans l’équipe
- Exigences de latence
- Fréquence de mise à jour du modèle
- Budget matériel/logiciel
- Exigences réglementaires/de conformité

Étude de cas – la caféiculture en Tanzanie

- 4e producteur d'Afrique
- 150 000 tonnes par an
- Chiffre d'affaires de 100 à 135 M$ par an
- Produit par 450 000 petites exploitations familiales
- Agriculteurs organisés en coopératives de commercialisation agricole



TCB (2021), Tanzanian Coffee Industry Development Strategy 2020-2025, *Tanzania Coffee Board. https://shorturl.at/yNHMZ*

- Marchés d’exportation du café tanzanien
- Pays de l’UE 40 %
    - Allemagne, Belgique, Italie, Suède et Pologne
- Autres marchés 60 %
    - États-Unis
    - Japon, Corée du Sud, Chine, Inde



EU Commission (2023), Regulation (EU) 2023/1115 on deforestation-free products. https://shorturl.at/ETo3z

- 90 % des exportations de café
    - Produit par de petits exploitants
    - Aucune information de traçabilité
    - Géolocalisation des agriculteurs à 70 % dans deux régions
    - Registre central public des caféiculteurs
- 10 % en exportation directe
    - Grands domaines
    - Informations de traçabilité



TCB (2021), Tanzanian Coffee Industry Development Strategy 2020-2025, *Tanzania Coffee Board*

- Registre central des agriculteurs
  - Coûteux pour l'État
  - La géolocalisation des exploitations est un travail continu
  - Mise à jour des informations (exploitations et agriculteurs)
  - Pérennité de la plateforme incertaine
- Risque de perdre le marché européen
- Exemple éthiopien : des caféiculteurs sont passés à d'autres cultures



Sorokin, S. (2024), How are EUDR requirements implemented in companies' supply networks? *The case of Ethiopian Coffee sourcing*, *IIIEE Master Thesis*, Lund University.

Point d’étape 1

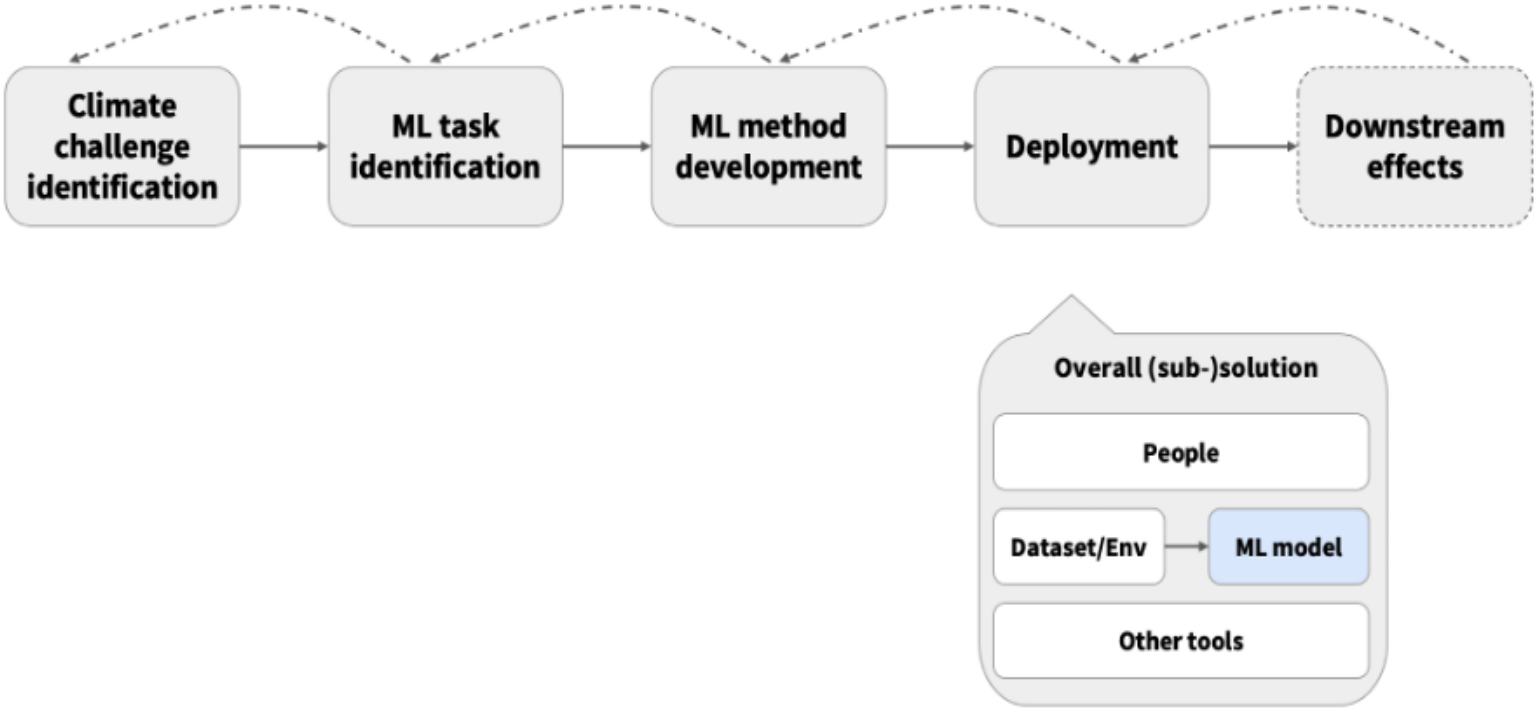
- Évaluez les solutions d’IA proposées aux caféiculteurs.
    - Sélectionnez les cas d’usage « adaptés à l’IA »

partici.fi/32112222



Chaînes de données et voies de déploiement

Lifecycle of an ML-for-climate project



1. Étapes de la chaîne de déploiement : le défi climatique

Identification du défi climatique

- Définition du problème et évaluation des besoins des parties prenantes

Intégration de l'étude de cas : les caféiculteurs

- **Système actuel** : registre national des caféiculteurs pour la conformité au RDUE (traçabilité)
- **Lacune** : l'enregistrement seul n'aide pas les agriculteurs à s'adapter au changement climatique
- Petits exploitants : le groupe le plus vulnérable au changement climatique.
- Difficulté pour les agriculteurs : le manque d'information pour percevoir le changement climatique et y répondre.

Mbwambo, S. et al (2021), Climate Change Perceptions by Smallholder Coffee Farmers in Northern and Southern Highlands of Tanzania, *Climate*; 9, 90. https://doi.org/10.3390/cli9060090

2. Étapes de la chaîne de déploiement : opportunités pour l'IA

Définition de la tâche d'AA

- Traduire le problème en prédiction/classification/contrôle optimal formel

Problème	**Approche traditionnelle**	**Solution d'IA**	**Valeur ajoutée**
Évaluation des risques climatiques	Moyennes historiques	Prévision météo par AA	Prévisions à l'échelle de l'exploitation
Vérification de l'absence de déforestation	Visites de terrain manuelles	Satellite + vision par ordinateur	Suivi en temps réel
Prédiction des rendements	Expérience des experts	Modèles d'ensemble	Calendrier précis

3. Étapes de la chaîne de déploiement : modélisation

Développement de la méthode d'AA

- Entraînement, validation et cycles d'itération du modèle
- Disponibilité vs adéquation des données (qualité > quantité)
- Ingénierie des variables pour les données climatiques (temporelles, spatiales, environnementales)
- Cadre de choix du modèle : compromis interprétabilité vs exactitude
- Difficultés de validation en contexte climatique (environnements non stationnaires)

3. Étapes de la chaîne de déploiement : modélisation

Développement de modèles d'AA pour les caféiculteurs

- Vision par ordinateur : détection de la déforestation (ChangeNet / U-Net)
- Séries temporelles : prévision des rendements (LSTM / Prophet)
- Classification : score de risque de maladie (forêt aléatoire / XGBoost)
- Recommandation : fenêtres de récolte optimales (optimisation par RL)

4. Étapes de la chaîne de déploiement : déploiement

Déploiement

- Production complète avec infrastructure et support

Résultats pour les caféiculteurs (idéal)

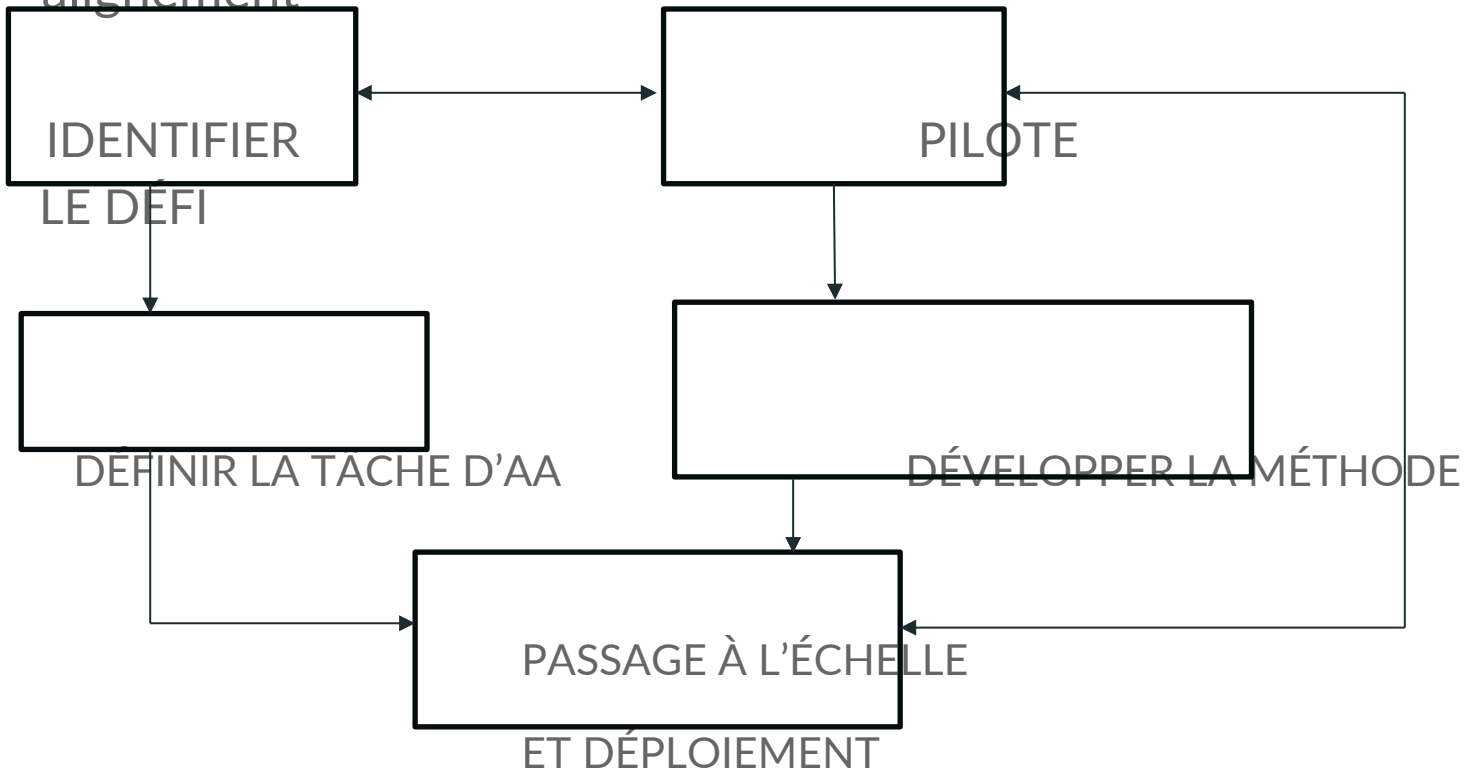
- Rapports de conformité RDUE (automatisés)
- Alertes de risque climatique (SMS/USSD)
- Recommandations de conseil (langue locale)
- Éligibilité aux crédits carbone

Étapes de la chaîne de déploiement : synthèse

1. Identification du défi climatique -> définition du problème et évaluation des besoins des parties prenantes
2. Définition de la tâche d'AA -> traduire le problème en prédiction/classification/contrôle optimal formel
3. Développement de la méthode -> entraînement, validation et cycles d'itération du modèle
4. Pilote/test -> déploiement limité mesurant l'utilisabilité et les premiers signaux
5. Passage à l'échelle/déploiement -> production complète avec infrastructure et support
6. Suivi/maintenance -> suivi des performances, correction de dérive, mises à jour

Boucle de rétroaction

- Chaque flèche est une occasion de détecter plus tôt un mauvais alignement



Boucles de rétroaction entre les étapes

- L’itération est nécessaire : ce n’est pas linéaire
- Les premiers déploiements affinent le modèle
- Les performances en conditions réelles remettent en cause les hypothèses initiales

L’AA, une composante parmi d’autres

- Dépendances d’infrastructure (connectivité, matériel)
- Exigences d’humain dans la boucle
- Intégration aux flux de travail et systèmes de décision existants

Point d’étape 2

- Vous dirigez un projet d’IA pour le climat qui prédit le risque d’incendie à partir d’images satellitaires et de données météo. Votre équipe conçoit la voie de déploiement.

Question :

- Quelle affirmation reflète LE MIEUX une conception solide de la chaîne pour ce projet ?

partici.fi/32112222



Évaluation d’impact et indicateurs

De l’impact aux indicateurs

Démarche :

- Définir d’abord le résultat souhaité,
- Identifier des proxys mesurables
- Valider la chaîne causale

Indicateurs faciles ≠ indicateurs pertinents

De l’impact aux indicateurs

Résultat souhaité	**Indicateurs**
Réduction des émissions de gaz à effet de serre	Consommation de carburant ↓, kWh ↓
Amélioration de la résilience d’adaptation	Gravité des pertes de récolte ↓, réussite des évacuations ↑
Efficacité de la conservation	Stabilité des populations d’espèces ↑
Amélioration de l’équité	Participation des ménages marginalisés ↑

Ce qui peut ou non se mesurer

- Mesures directes vs proxys
- Variables latentes nécessitant une inférence
- Délais entre l’intervention et des effets observables

Limites de la mesure

Mesuré directement	Exige inférence / modélisation
Consommation d'électricité du réseau	Efficacité des appareils ménagers
Indices de végétation par satellite	Biodiversité sous la canopée
Volumes de produits exportés	Répartition des revenus des agriculteurs
Capteurs d'occupation des bâtiments	Confort perçu par les occupants
Comptages de trafic	Exposition des navetteurs à la pollution de l'air

Les variables non mesurées accumulent des biais avec le temps si on ne les traite pas explicitement

Indicateurs à court terme vs à long terme

Dimension	Court terme	Long terme
Exemples	Taux d’adoption, exactitude du modèle	Réduction des émissions, gains de résilience
Fréquence de mesure	Continue/hebdomadaire	Annuelle/biennale
Difficulté d’attribution	Faible à moyenne	Élevée
Leviers d’intervention	Conception du produit, UX	Politiques, investissements d’infrastructure

Point d’étape 3

- Votre équipe travaille sur un projet d’IA pour le climat qui utilise l’imagerie satellitaire pour détecter la déforestation illégale dans des aires protégées de forêt tropicale. Elle conçoit le cadre d’évaluation d’impact pour les financeurs et les parties prenantes.

Question :
Quel cadre d’indicateurs saisit LE MIEUX l’impact climatique réel tout en évitant les pièges de mesure courants ?

partici.fi/32112222

Parties prenantes, pouvoir et durabilité

Cartographie des parties prenantes

Catégorie	Caractéristiques	Besoins d'implication
Décideurs	Régulateurs, financeurs, responsables politiques	Consultations formelles, rapports de transparence
Utilisateurs	Opérateurs, agents de terrain, communautés	Ateliers de co-conception, formation
Parties concernées	Communautés touchées indirectement	Mécanismes de redevabilité, voies de recours
Opposants	Groupes supportant des pertes concentrées	Mesures d'atténuation, partage alternatif des bénéfices

Exercice de prise de conscience du pouvoir : qui a voix au chapitre aujourd'hui ?
Qui n'est pas représenté ?

L’échelle de participation citoyenne d’Arnstein

Les échelons du pouvoir d’agir

- NIVEAU 3 : PARTICIPATION SYMBOLIQUE
    - Consultation (avis sollicités, prise en compte non garantie)
    - Apaisement (rôles consultatifs mineurs, influence limitée)
    - Information (communication à sens unique, retour facultatif)
- NIVEAU 2 : TRANSFERT DE POUVOIR
    - Partenariat (responsabilités de gouvernance partagées et négociées)
    - Délégation de pouvoir (la communauté détient un droit de veto/d’approbation)
    - Contrôle citoyen (l’autonomie locale domine les décisions)

Conscience des rapports de pouvoir

QUESTIONS DE CONTRÔLE

- À qui appartient la souveraineté sur les données brutes ?
- Qui accède de façon indépendante aux poids du modèle entraîné ?
- Qui contrôle la fourniture de l’infrastructure de calcul ?
- Qui décide de la feuille de route des fonctionnalités prioritaires ?

Rapports de pouvoir

RÉPARTITION DES BÉNÉFICES

- Où vont exactement les principaux gains financiers ?
- Emplois créés en interne ou à l'extérieur ?
- Transfert de connaissances favorisant l'autonomie locale ?

RÉPARTITION DES COÛTS :

- Qui supporte principalement les frais de connectivité ?
- Les obligations de maintenance sont-elles attribuées correctement ?
- Les risques sont-ils partagés de façon proportionnée et responsable ?

Grille : une majorité de « oui » = un alignement équitable qui progresse

Cadre de durabilité

- Viabilité économique au-delà du financement pilote
- Appropriation institutionnelle et capacité de maintenance
- Adhésion des communautés et développement de l’expertise locale
- Stratégies de sortie qui préservent la valeur

Étude de cas approfondie

Caféiculteurs

- **Défi** : le nouveau règlement européen sur la déforestation (RDUE) exige des chaînes d'approvisionnement en café traçables.
- **Infrastructure actuelle** : registre central national en cours de développement, qui enregistre les agriculteurs, géolocalise les exploitations et stocke des données à l'échelle de l'exploitation accessibles aux fournisseurs avant l'export.
- **Parties prenantes** : petits exploitants, coopératives, office du café (régulateur et organisme de certification), institut national de recherche sur le café, exportateurs, importateurs européens.

Produits de données climatiques par IA proposés aux agriculteurs

Description du produit	Problème traité	Points de mise en œuvre
Modèle de prédiction des rendements	Planification sous incertitude, choix du moment de vente	Nécessite des données historiques de rendement et l'intégration d'images satellitaires
Alerte précoce gel/maladies	Prévention des pertes	Système d'alerte mobile ; validation de terrain nécessaire
Conseiller de fenêtre de récolte optimale	Qualité régulière, prix maximisé	Analyse des régimes météo + modélisation de la maturité des cerises
Estimateur de séquestration du carbone	Éligibilité potentielle aux crédits carbone	Modélisation des sols, suivi agroforestier
Tableau de bord de prévision des prix	Meilleur pouvoir de négociation	Agrégation d'informations de marché ; risque d'asymétrie d'information

Questions critiques

1. **Gouvernance des données :** à qui appartiennent les données de géolocalisation et de production des agriculteurs ? Cela pourrait-il devenir abusif si l'accès des fournisseurs passait avant la vie privée et les intérêts des agriculteurs ?
2. **Équité :** les agriculteurs équipés en technologie gagneront-ils un avantage concurrentiel pendant que les producteurs marginalisés perdront des parts de marché ?
3. **Dépendance aux infrastructures :** lacunes de connectivité : des outils conçus d'abord pour le hors-ligne peuvent-ils éviter l'exclusion ?
4. **Renforcement des capacités :** l'enregistrement donne-t-il aux agriculteurs des informations exploitables, ou se contente-t-il d'extraire des données à des fins de conformité ?
5. **Mécanismes de redistribution du pouvoir :** plateformes d'analyse détenues par les coopératives versus systèmes centralisés contrôlés par l'État ou les acheteurs.

Conception participative

- Les agriculteurs comme co-développeurs, pas seulement comme sources de données
- Créer des boucles de rétroaction où les résultats du modèle améliorent visiblement les décisions des agriculteurs.
- La conformité réglementaire ne doit pas éclipser les objectifs de développement.

Bibliographie

CEIMIA. (2025). State of AI in climate action in Sub-Saharan Africa. International Center of Expertise in Montreal on Artificial Intelligence. https://shorturl.at/STDyd

Mienye, I. D., Sun, Y., & Ileberi, E. (2024). Artificial intelligence and sustainable development in Africa: A comprehensive review. *Machine Learning with Applications*, *18*, 100591. https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2024.100591

Nhemachena, C., et al. (2024). Using artificial intelligence in support of climate change adaptation Africa: Potentials and risks. Humanities and Social Sciences Communications, 11(4223). https://doi.org/10.1057/s41599-024-04223-7

UNFCCC & UNIDO (2025). Artificial Intelligence for Climate Action: Advancing Mitigation and Adaptation in Developing Countries. TEC Technical Paper. https://shorturl.at/flofg



Merci