

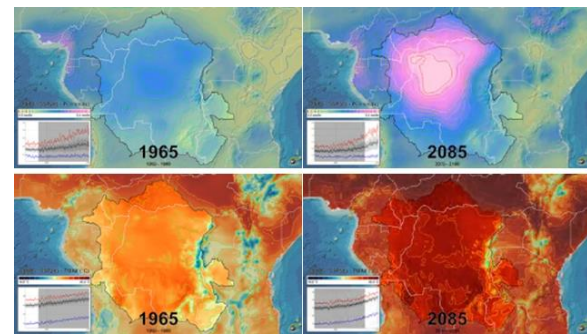
Solutions spatiales pour la gestion des catastrophes : surveillance, modélisation et adaptation du climat

Newspace 2024, Luanda (Angola)
Jeudi 4 avril 2024

1. Veuillez fournir un aperçu des offres de l'entreprise et de la manière dont elle exploite les données satellitaires et les technologies de télédétection pour soutenir la surveillance du climat, la réduction des risques de catastrophe et la gestion de l'environnement en Afrique.

Données des modèles climatiques - AfEOS et VisioTerra ont rassemblé les données de la 6^{ème} phase CMIP6 du GIEC (IPCC) des précipitations (PR), températures de nuit (TMIN), températures de jour (TMAX) selon deux scénarii SSP245 et SSP585 calculés entre 1950 et 2100 au niveau mondial (voir [monde](#) ou [world](#)).

Des traitements d'Intelligence Artificielle (IA) ont permis d'augmenter la résolution spatiale pour analyser l'évolution du climat au niveau d'un pays, d'une province ou d'une sous-région. L'étude réalisée au niveau du Bassin du Congo (voir ci-contre les précipitations et les températures diurnes de 1965 à 2085 disponibles en vidéo en [français](#) ou en [anglais](#)) montre que **l'impact du changement climatique est et sera beaucoup plus sévère sur le continent africain que dans le reste du monde !**

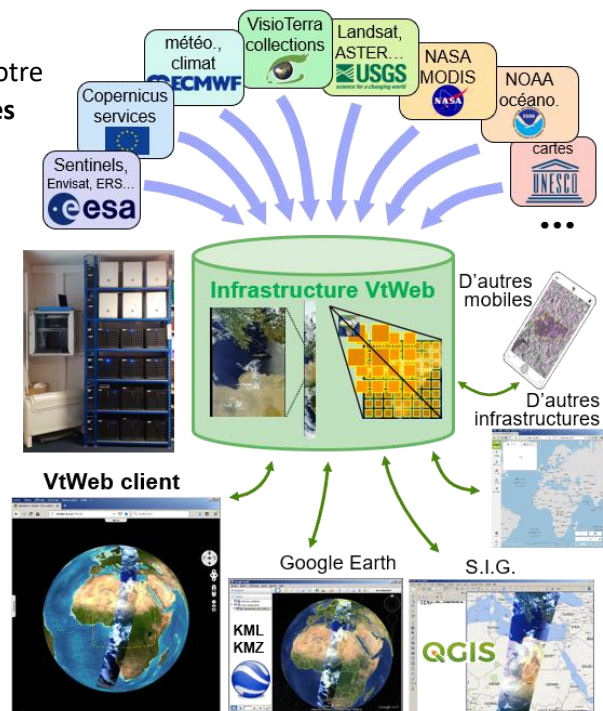


Accès aux données - Avec VisioTerra, AfEOS a développé l'infrastructure VtWeb permettant d'accéder à une grande variété de données d'archives et en temps quasi réel (NRT) :

- **Observations de la Terre** - Copernicus Sentinel (radar, optique, thermique, altimètre, chimie de l'atmosphère... de l'ESA, Landsat (Nasa/USGS), ALOS (Jaxa), SPOT...
- **Modèles** - Copernicus services (CMEMS, CAMS, C3S, CLMS, CEMS), Modèles Numériques d'Élévation, hydrologie, toponymie, météorologie, climatologie, géologie, pédologie, LU/LC (utilisation et occupation des sols) ...

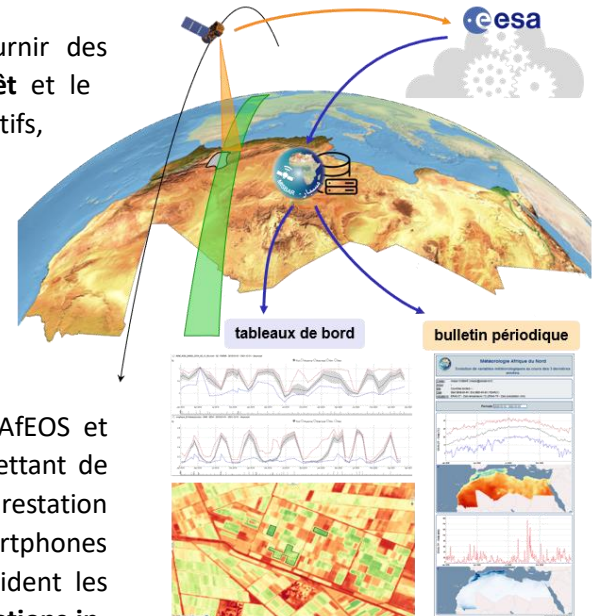
Infrastructure - Pour lutter contre la **fracture numérique**, notre infrastructure VtWeb est un **Relais de Traitement des données (Data Processing Relay)** qui traite des téraoctets de données lourdes en provenance des fournisseurs de données et les **traite à la volée par des scripts POF-ML (Processing On-the-Fly Macro Language)** pour retourner des données légères (tuiles, vecteurs, valeurs statistiques) aux clients HTTP. L'infrastructure matérielle possède 1 pétaoctets (Po) de disques et une liaison en fibre optique de 1 gigabits par seconde (1 Gb/s). **C'est ce type d'infrastructure qui a été livrée dans le cadre de nos trois projets GMES&Africa : MISBAR, CAFWS et GERNAC.**

Dans les versions futures en cours de développement, nous introduirons les **DaMiNo (Data Mining Nodes)** qui exécuteront des géoservices dans les machines virtuelles en périphérie des



fournisseurs de données. Ce nouveau type d'accès aux données permettra d'économiser la phase de téléchargement des produits, d'être donc plus rapides en cas de gestion d'urgence lors de catastrophes : géoservices utilisables en temps-réel par une « **cellule de crise** ».

Géoservices - Les géoservices sont destinés non pas à fournir des données mais des **informations** utiles dans les **aires d'intérêt** et le **domaine des utilisateurs** : -agriculture, -irrigation, -feux actifs, -aires brûlées, déforestation, inondations, -pollutions marines... Ces informations sont livrées sous forme de **tableaux de bord**, **bulletins périodiques**, **alertes**. Les aires d'intérêt peuvent être définies à **toutes les échelles** allant de la parcelle, à la province, à la nation, la sous-région jusqu'au continent.



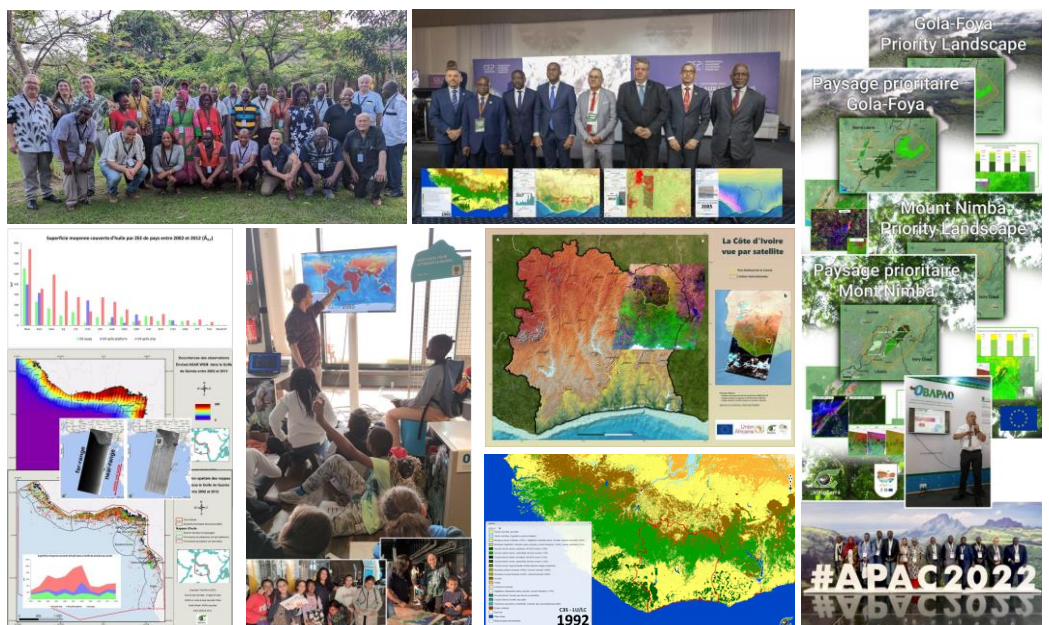
Solutions smartphone - Dans le cadre de plusieurs projets, AfEOS et VisioTerra ont développé des **applications smartphones** permettant de réaliser des missions de terrain sans couverture Internet (déforestation pour CAFWS ou aide à la navigation pour GERNAC). Ces smartphones préparent la mission en se synchronisant avec le serveur, guident les utilisateurs sur le terrain et permettent de ramener des **observations in-situ** en retour de mission de manière **collaborative**. Au retour, les applications téléversent les observations et permettent d'éditer un **rapport de mission**.

Formations - AfEOS et son partenaire VisioTerra offrent des **formations** en visio-conférence ou in-situ qui peuvent inclure des **missions de terrain**.

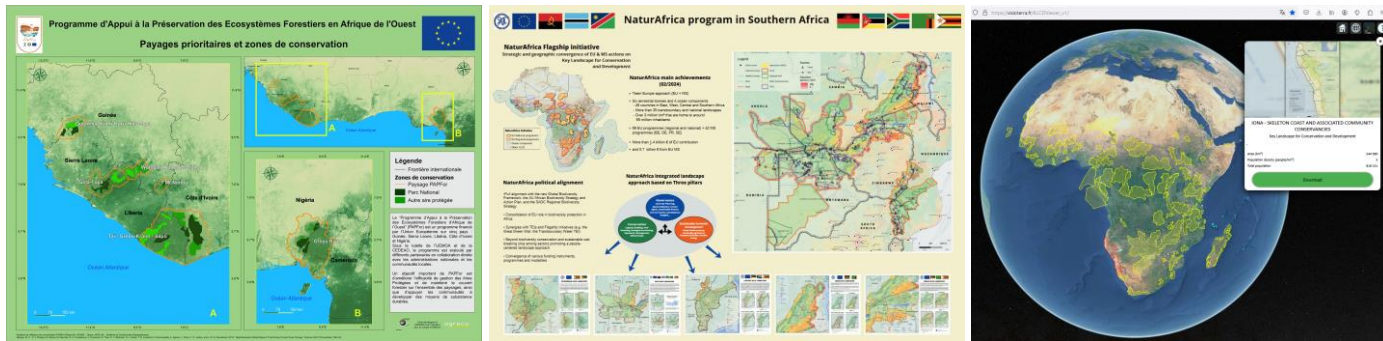


Communication - VisioTerra et AfEOS éditent une **newsletter** qui rend compte de collaborations dans les domaines académiques, de la recherche, du développement de plateformes, d'études cartographiques... Voir [une des éditions de 2023](#).

Dans le cadre du projet **Sentinel Vision** de l'ESA, plus de 1300 **stories** ont été produites dont de très nombreuses narrent des événements survenus en Afrique.



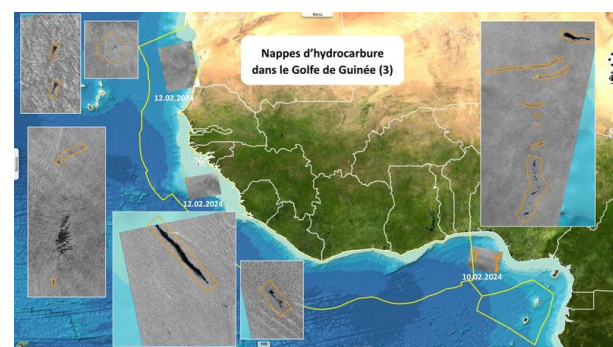
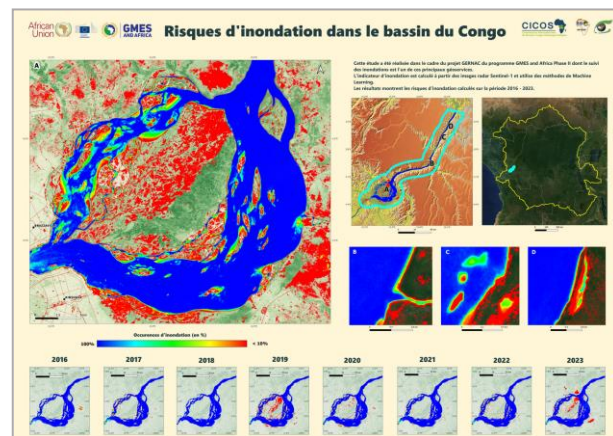
Etudes et cartographie - Nous avons aussi réalisé plusieurs études pour des ONGs, des instituts, des sociétés privées, l'Union Européenne, l'UNEP... en réanalysant les données d'**archive** sur le temps long : -plantations de café vues de l'espace, -déforestation dues à l'orpaillage, -évolution de l'occupation du sol dans et autour des aires protégées, -suivi des nappes d'hydrocarbure dans le Golfe de Guinée... Pour plusieurs de ces projets, nous avons collaboré avec des universitaires africains et européens et avons accueilli des étudiants africains dans le cadre de stages. Voir par exemple [PAPFor](#) (Programme d'Appui à la Préservation des Ecosystèmes Forestiers en Afrique de l'Ouest), la cartographie des [KLCD](#) (*Key Landscape Conservation and Development*) dans le cadre du programme **Green Deal** et de son volet **NaturAfrica** de l'Union Européenne.



2. L'efficacité des interventions en cas de catastrophe et des efforts de rétablissement repose en grande partie sur des informations exactes et opportunes. Comment AfEOS utilise-t-elle les données satellitaires et l'analyse géospatiale pour soutenir les opérations d'intervention d'urgence, l'évaluation des dommages et les efforts de rétablissement après une catastrophe en Afrique ?

On distingue quatre types d'activités en anticipation, à court, moyen et long terme :

1. **Alertes précoces** - Les données d'observation combinés avec les modèles permettent d'anticiper les risques. Ces modèles peuvent s'appuyer sur les observations passées ; voir par exemple la [carte des risques d'inondations le long du fleuve Congo](#) produite dans le cadre du projet GMES&Africa GERNAC. Dans le futur, des **alertes de risque d'inondation** seront lancées en analysant les précipitations observées dans les bassins versants amonts selon des modèles hydrodynamiques tenant compte de l'occupation du sol (LU/LC), de la densité et la nature des arbres, des pentes, de la porosité du sol... D'autres exemples concernent -les **glissements de terrain** dépendant de la nature des sols, des pentes, de l'accumulation des précipitations..., -les **feux de brousse** se déclenchant selon la température de surface, l'humidité du sol, les espèces présentes, la densité de population, l'activité de transhumance, le braconnage... -la **dérive de nappes d'hydrocarbures** relâchées par des plateformes pétrolières ou des déballastages et dont la trajectoire est conditionnée par les courants de surface océanique, les champs de vents...



2. **Support aux cellules de crise** - Comme pour la [Charte Internationale Espace et Catastrophes](#)

[Majeurs](#) (*International Charter Space and Major Disasters*), une Cellule de Crises est mise en place par les autorités (généralement la Protection Civile) qui centralisera les données multi-sources en temps-réel.

Le service [CEMS](#) (*Copernicus Emergency Management Service*) est un autre moyen de retrouver des données relatives à un désastre. La plateforme [VtWeb](#) permet d'accéder aux données satellitaires Copernicus Sentinel en temps quasi-réel (**NRT** ou **Near Real-Time**), c'est-à-dire dans les minutes suivant la mise à disposition des données par l'ESA qui emploie quelques dizaines de minutes à plusieurs heures pour préparer les produits depuis l'observation du satellite.

Outre les données d'observations, VtWeb rassemble les cartes d'accès aux sites, les MNTs et les cartes d'occupation du sol pour évaluer l'accessibilité, les données de précipitations passées ou à venir... AfEOS et VisioTerra ont utilisé VtWeb en plusieurs circonstances à la demande d'instituts nationaux :

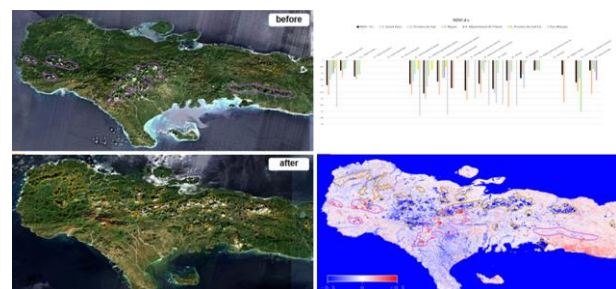
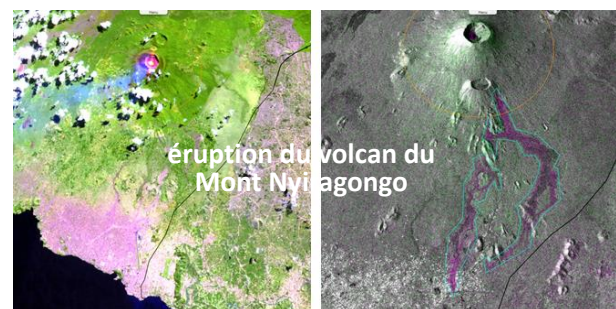
-[CRREBaC](#) en RDC pour le suivi d'une **pollution des eaux de la rivière Kasai** due à l'effondrement d'un bassin de métaux lourds dans une mine de diamant en Angola et qui a causé plusieurs dizaines de morts (voir ci-contre et la story [EVT-919](#) qui démontre la responsabilité de cette mine),

-[ERAIFT](#) en RDC pour le suivi **d'inondations du fleuve Congo** qui ont submergé une grande part de la capitale Kinshasa (voir ci-contre et la story [SED-565](#))... D'autres désastres ont été suivis par VisioTerra et AfEOS :

-**Eruption du volcan** du Mont Nyiragongo menaçant la ville de Goma en RDC (voir les images optique et radar ci-contre extraites de la story [EVT-875](#)),

-**Glissements de terrain** autour du Lac Kivu (RDC, Ouganda, Rwanda) qui ont causés plusieurs morts (voir la story [SED-1284](#))...

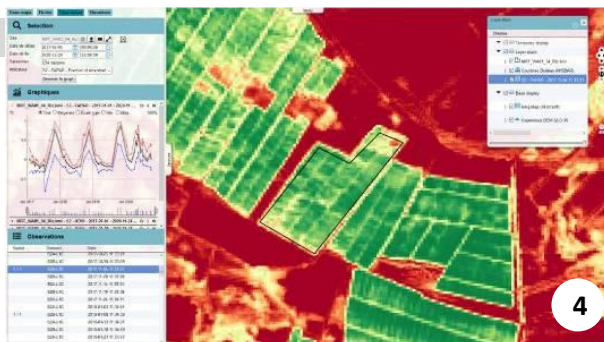
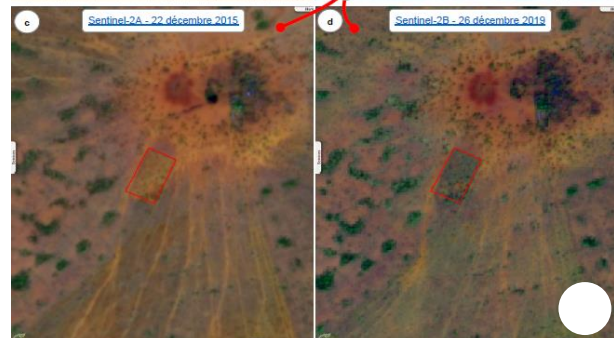
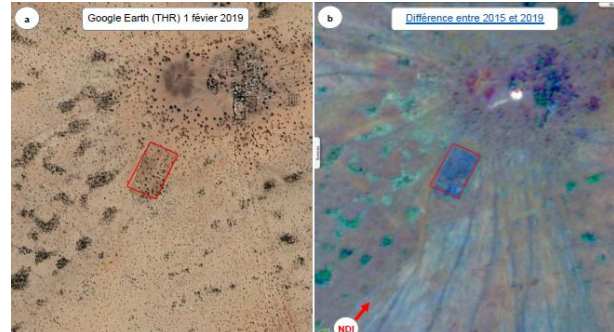
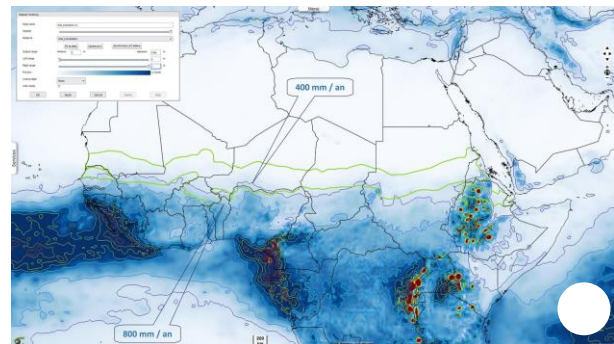
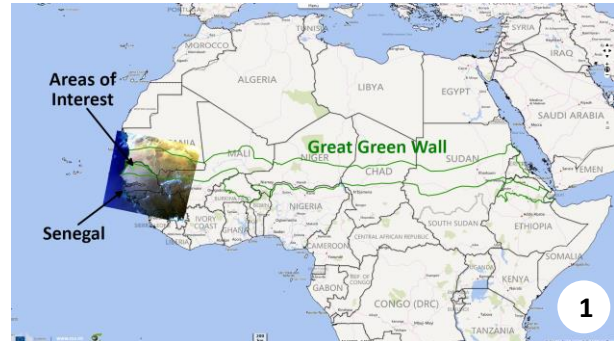
3. **Evaluation des dommages** - Dans les semaines suivant la catastrophe, il est nécessaire d'évaluer les dégâts et pertes afin de planifier les actions de restauration et d'indemniser les victimes (demandes des assurances et organismes internationaux de soutien). L'exemple ci-contre montre une évaluation des pertes de cultures et végétation suite au passage du cyclone Matthew en Haïti. Cette évaluation a été réalisée à la demande de l'UNEP. La situation observée par les satellites **avant et après la catastrophe** permet de calculer les **statistiques** de pertes de végétation à l'intérieur d'entités (province, communes...) définies par l'utilisateur.



4. **Rétablissement des écosystèmes** - La restauration des écosystèmes dégradés par une catastrophe peut être observée par satellites. Les efforts de restauration menés par l'homme peuvent être quantifiés par la mesure de l'évolution au cours du temps de **variables biogéophysiques** (indicateur de végétation, d'humidité, indice foliaire, biomasse, eau libre, changement d'usage des sols...) observées depuis l'espace.

VisioTerra et AfEOS soutiennent par exemple les efforts consentis par les 13 pays de la **Grande Muraille Verte** pour s'opposer à l'avancée du désert par des pratiques de reforestation / afforestation, l'entretien de parcelles de reboisement, de jardins polyvalents, la mise en défens de parcelles... Plusieurs études telles que « [Sénégal : la Grande Muraille Verte vue par Sentinel-2](#) », le « [Suivi du périmètre bocager Tankouri au Burkina Faso](#) », « [Plateforme MISBAR - Gestion durable des terres et de l'eau en Afrique du Nord](#) » ainsi que des stories ont été produites ([EVT-739](#), [EVT-891](#) et [EVT-1071](#)) qui démontrent les performances d'une plateforme à venir de surveillance telle que SIOBAP projetée avec l'APGMV

Les images ci-contre ont été extraites des documents mentionnés plus haut et sont produites par la plateforme VtWeb : (1) Limites de la Grande Muraille Verte (GMV) ainsi qu'une scène Sentinel-3/OLCI observée le 19.03.2018. (2) Carte des isohyètes (courbes d'isovaleurs des précipitations annuelles) dont la valeur 400 mm/an détermine le tracé de la GMV. (3) Jardin polyvalent de Widou au Sénégal montrant a- l'image Sentinel-2 au 22.12.2015 puis b- au 26.12.2019 avec c- la différence montrant la variation de végétation. (4) Suivi de l'agriculture irriguée en zone aride.



3. Les stratégies d'adaptation au changement climatique nécessitent une prise de décision éclairée et une planification à long terme. Pourriez-vous partager l'approche d'AfEOS Services pour développer des outils d'évaluation des risques climatiques et des systèmes d'aide à la décision qui permettent aux parties prenantes et aux décideurs politiques d'analyser les impacts climatiques et de planifier des mesures d'adaptation ?

Lors de la COP15 en 2009 à Copenhague, les pays développés se sont engagés à mobiliser **100 milliards de dollars** en faveur des pays en développement pour financer leurs actions de lutte contre le changement climatique. Au moins à l'occasion de chaque COP de l'[UNFCCC](#), chaque pays doit donc évaluer le coût de la diminution de leurs émissions de gaz à effet de serre et de leur adaptation au changement climatique.

L'application **ClimAsset** proposée par VisioTerra et AfEOS a vocation à aider les gouvernements de chaque pays d'Afrique pour :

- **Evaluer l'évolution de variables climatiques essentielles** (passée et à venir à court / moyen / long termes) telles que les températures, précipitations, sécheresse, occupation du sol, hauteur des eaux, trait de côte, qualité des eaux, qualité de l'air...
- **Proposer des solutions alternatives** telles que le changement de cultures, la sélection d'autres espèces végétales plus résistantes en forêts et savanes, la sélection d'autres espèces animales, l'aménagement urbain, le développement du tourisme...
- **Présenter les implications de ces alternatives** en termes d'énergie, d'aménagement (routes, rail, navigation, ports...), de main d'œuvre, d'infrastructures (écoles, dispensaires, assainissement...), besoins en eau / intrants / fourrage / graminées...
- **Evaluer le coût de chaque solution alternative** au niveau du pays ou d'une région en donnant à l'utilisateur la possibilité de sélectionner l'alternative choisie.
- **Restituer un « Rapport d'adaptation »** incluant une description de l'état des variables climatiques essentielles, les choix opérés, leur implication, le détail des coûts associés...

Expertises - Ce projet ambitieux serait développé en plusieurs phases en faisant participer quantité d'experts mondiaux en adaptation au changement climatique mais aussi d'experts de pays d'Afrique pour partager l'expérience des types de cultures / d'élevage / d'aménagement...

Solution technique - Avec l'avènement de l'Intelligence Artificielle, des solutions existent de modèles dynamiques multi-agents de complexité croissante et qui correspondraient aux différentes versions de ClimAsset.

L'application ClimAsset serait un **jumeau numérique** qui pourrait être cofinancé par l'Union Européenne dans le cadre du programme [Destination Earth](#) (DestinE) mis en œuvre par l'Agence Spatiale Européenne.

