



Implemented by:



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



WORLD BANK GROUP

Programme de Prévention des Risques liés aux Catastrophes Naturelles (ACP-UE NDRR)

Evaluation régionale des aléas et des risques dans les états membres de la CEEAC CEEAC – Banque Mondiale

Rapport d'intégration des données

CEEAC/SG/DIPEM/GRC-ACC/2019

Communauté Economique des Etats d'Afrique Centrale

V1.3

Février 2020

| Rédaction | Approbation |
|--|--|
| <p>Version 1.3</p> <p>Gilles Martin / Chef de mission</p> <p>Damien Brunel / Expert Hydrologue</p> <p>Simon Mooh / Expert géotechnique</p> <p>François Carnus / Expert risques côtiers</p> <p>Gratien Tchiadeu / Expert climatologue</p> <p>Date : 02/2020</p> | <p>Camille Pinet</p> <p><i>Chef de projet IGN FI</i></p> <p>Aurélie Milledrogues</p> <p><i>Directrice technique IGN FI</i></p> <p>Date : 02/2020</p> |
| | |

| Version | Date | Description des modifications |
|-------------|------------|--|
| Version 1.0 | | Première version du document. |
| Version 1.1 | 25/01/2020 | Intégration des mises à jour des experts thématiques Contrôle backstopping IGN FI |
| Version 1.2 | 03/02/2020 | Première version provisoire transmise au bénéficiaire |
| Version 1.3 | 29/02/2020 | Intégration des corrections / Document définitif |

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| Table des matières | 3 |
| Liste des figures | 7 |
| Liste des acronymes | 8 |
| 1. Inventaire des données et informations disponibles | 11 |
| 1.1. Constitution de la BD Géographique | 11 |
| 1.1.1. Sites utilisés pour le téléchargement des données..... | 11 |
| 1.1.2. Fond de plan | 11 |
| 1.1.3. Base de données vectorielle planimétrique sur la CEEAC..... | 12 |
| 1.1.4. Données liées à la qualification des enjeux..... | 14 |
| 1.2. Exploitation de modèles généraux | 17 |
| 1.2.1. Modèle de terrain et de pente..... | 17 |
| 1.2.2. Modèle d'occupation du sol (OCS)..... | 18 |
| 1.2.3. Modèle climatologique | 19 |
| 1.3. Exploitation de bases de données internationales | 19 |
| 1.3.1. Base de données CAT NAT..... | 20 |
| 1.3.2. Données hydrologiques et hydrographiques | 21 |
| 1.3.2.1. Données hydrographiques | 21 |
| 1.3.2.2. Données hydrologiques | 21 |
| 1.3.2.3. Données sur les zones inondables..... | 22 |
| 1.3.3. Données climatologiques | 23 |
| 1.3.3.1. Base de données CHIRPS..... | 24 |
| 1.3.3.2. Base de données TRMM..... | 25 |
| 1.3.3.3. Base de données MODerate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) | 25 |
| 1.3.3.4. Base de données pluviométriques de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) | 26 |
| 1.3.3.5. Base de données ARC 2 (AfricanRainfallClimatology Version 2) | 26 |
| 1.3.4. Données géotechniques | 27 |
| 1.3.4.1. Gouvernement canadien – GEOSCAN | 27 |
| 1.3.4.2. United States Geological Survey (USGS) - Earthquake Catalog..... | 28 |
| 1.3.4.3. NASA's Open Data Portal – Global Landslide Catalog..... | 29 |
| 1.3.4.4. Socio Economic Data and Applications Center (SEDAC)..... | 29 |
| 1.3.4.5. PNUE / UNISDR – Global Risk Data Platform | 32 |
| 1.3.4.6. Smithsonian Institution – Global Volcanism Program..... | 34 |
| 2. Evaluation des aléas | 35 |
| 2.1. Aléas d'inondation fluviale | 35 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 2.1.1. | Traitement des données hydrologiques..... | 35 |
| 2.1.2. | Traitement des données hydrauliques..... | 36 |
| 2.1.3. | Focus sur les villes..... | 37 |
| 2.1.4. | Risque d'inondations..... | 37 |
| 2.2. | Aléas climatologiques..... | 37 |
| 2.2.1. | Aléas de sécheresse..... | 38 |
| 2.2.1.1. | L'Indice de précipitation standardisé (SPI - Standardized Precipitation Index)..... | 38 |
| 2.2.1.2. | Le Palmer Drought Severity Index (PDSI)..... | 40 |
| 2.2.1.3. | L'Indice de végétation normalisé (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index)..... | 42 |
| 2.2.1.4. | Les séquences sèches..... | 43 |
| 2.2.2. | Aléas liés aux événements climatiques extrêmes..... | 44 |
| 2.2.2.1. | Le choix des valeurs de précipitation..... | 44 |
| 2.2.2.2. | La modélisation valeurs extrêmes..... | 44 |
| 2.2.2.3. | La période de retour des évènements extrêmes..... | 44 |
| 2.2.2.4. | Cartographie spatiale des évènements extrêmes..... | 45 |
| 2.3. | Aléas géotectoniques..... | 45 |
| 2.3.1. | Aléas liés aux glissements de terrain..... | 45 |
| 2.3.2. | Aléas sismiques..... | 47 |
| 2.3.3. | Aléas volcaniques..... | 48 |
| 2.4. | Aléas liés à la submersion marine et à l'érosion côtière..... | 48 |
| 2.4.1. | Aléa submersion marine..... | 48 |
| 2.4.1.1. | Identification des données..... | 48 |
| 2.4.1.2. | Calcul de l'aléa submersion marine..... | 51 |
| 2.4.2. | Risque érosion côtière..... | 52 |
| 2.4.2.1. | Identification des données..... | 52 |
| 2.4.2.1. | Calcul de l'aléa érosion côtière..... | 54 |
| 2.5. | Cartographie des aléas..... | 55 |
| 3. | Consultation des parties prenantes..... | 56 |
| 3.1. | Correspondance avec les points focaux et les personnes ressource..... | 56 |
| 3.1.1. | Envoi du premier questionnaire général..... | 56 |
| 3.1.2. | Envoi du second questionnaire technique..... | 56 |
| 3.1.3. | Bilan et Conclusion..... | 56 |
| 3.2. | Bilan des retours au questionnaire général : Climatologie..... | 58 |
| 3.3. | Bilan des retours au questionnaire général : Identification des Risques Majeurs..... | 62 |
| 3.3.1. | Angola..... | 62 |
| 3.3.2. | Burundi..... | 62 |
| 3.3.2.1. | Organisation institutionnelle..... | 62 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 3.3.2.2. | Accès aux données | 62 |
| 3.3.2.3. | Historique des événements | 63 |
| 3.3.3. | Congo | 63 |
| 3.3.3.1. | Organisation institutionnelle | 63 |
| 3.3.3.2. | Accès aux données | 63 |
| 3.3.3.3. | Historique des événements | 64 |
| 3.3.4. | Cameroun | 64 |
| 3.3.4.1. | Organisation institutionnelle | 64 |
| 3.3.4.2. | Accès aux données | 64 |
| 3.3.4.3. | Historique des événements | 65 |
| 3.3.5. | Gabon | 65 |
| 3.3.5.1. | Organisation institutionnelle | 65 |
| 3.3.5.2. | Accès aux données | 65 |
| 3.3.5.3. | Historique des événements | 66 |
| 3.3.6. | Guinée Equatoriale..... | 66 |
| 3.3.6.1. | Organisation institutionnelle | 66 |
| 3.3.6.2. | Accès aux données | 66 |
| 3.3.6.3. | Historique des événements | 67 |
| 3.3.7. | République Centrafricaine | 67 |
| 3.3.7.1. | Organisation institutionnelle | 67 |
| 3.3.7.2. | Accès aux données | 67 |
| 3.3.7.3. | Historique des événements | 67 |
| 3.3.8. | République Démocratique du Congo..... | 67 |
| 3.3.8.1. | Organisation institutionnelle | 67 |
| 3.3.8.2. | Accès aux données | 68 |
| 3.3.8.3. | Historique des événements | 68 |
| 3.3.9. | Rwanda | 68 |
| 3.3.10. | Sao Tome et Principe..... | 68 |
| 3.3.11. | Tchad..... | 69 |
| 3.3.11.1. | Organisation institutionnelle | 69 |
| 3.3.11.2. | Accès aux données | 69 |
| 3.3.11.3. | Historique des événements | 70 |
| 3.4. | Mission Rwanda / Burundi / Est RDC | 71 |
| 4. | Annexes..... | 72 |
| 4.1. | Différents types de sécheresse..... | 72 |
| 4.1.1.1. | La sécheresse météorologique..... | 72 |
| 4.1.1.2. | La sécheresse hydrologique..... | 72 |
| 4.1.1.3. | La sécheresse agricole | 72 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 4.1.1.4. | La sécheresse édaphique | 72 |
| 4.2. | Source des données du Global Risk Data Platform..... | 73 |
| 4.2.1. | Evénements..... | 73 |
| 4.2.2. | Catastrophes..... | 73 |
| 4.2.3. | Exposition (Humaine & Economique)..... | 73 |
| 4.2.4. | Risques (Humain & Economique)..... | 73 |
| 4.2.4.1. | Risques humains..... | 73 |
| 4.2.4.2. | Risques économiques | 74 |
| 4.2.5. | Données générales..... | 74 |
| 4.3. | Questionnaire adressé aux points focaux | 75 |
| 4.4. | Correspondance à destination des points focaux RRC-CEEAC pour la récupération des données numériques liées à la cartographie des risques | 83 |
| 4.5. | Rapport de mission du 09 au 19 mars Rwanda / Burundi / Est RDC (Goma)..... | 85 |
| 4.5.1. | Introduction | 86 |
| 4.5.2. | Mission à Kigali (Rwanda) du 09 au 12 février..... | 86 |
| 4.5.2.1. | The Ministry of Infrastructures (MININFRA) | 86 |
| 4.5.2.2. | The Ministry in charge of Emergency Management (MINEMA) | 87 |
| 4.5.2.3. | The National Institute of Statistics of Rwanda (NISR) | 88 |
| 4.5.3. | Mission à Bujumbura (Burundi) du 12 au 15 février..... | 89 |
| 4.5.3.1. | La Direction Générale de la Protection Civile (DGPC) | 89 |
| 4.5.3.2. | L'Institut des Statistiques du Burundi (ISTEBU)..... | 90 |
| 4.5.3.3. | Le Bureau de la Centralisation Géomatique (BCG) | 90 |
| 4.5.3.4. | Le Bureau de la Coordination des Affaires Humanitaire des Nations Unies (UNOCHA) | 91 |
| 4.5.3.5. | L'Institut Géographique National du Burundi (IGEBU)..... | 92 |
| 4.5.4. | Mission à Goma (RDC) du 17 au 18 février..... | 93 |
| 4.5.4.1. | Le gouvernement provincial..... | 93 |
| 4.5.4.2. | L'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG) | 94 |
| 4.6. | Correspondances suite à la mission Rwanda / Burundi / Est RDC (Goma) | 97 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Extrait Open Street Map sur Kinshasa | 12 |
| Figure 2 : Extrait du MNT ALOS | 17 |
| Figure 3 : Copernicus - Produit Land Cover..... | 18 |
| Figure 4 : Extrait de la base CatNat sur la CEEAC..... | 20 |
| Figure 5 : Exemple de réseaux hydrographiques et bassins versants issus d'HydroSHEDS..... | 21 |
| Figure 6 : Stations hydrométriques disponibles dans la base de données Sierem en Centrafrique | 22 |
| Figure 7 : Exemples de zones inondables UNDRR (bleu clair) et GSWE (bleu foncé) au niveau de Kinshasa-Brazzaville..... | 23 |
| Figure 8 : Localisation des 108 000 postes disponibles auprès de l'OMM | 26 |
| Figure 9 : Extrait des données ARC sur l'Afrique centrale au 29/01/2020..... | 27 |
| Figure 10 : Extrait de GEOSCAN sur la CEEAC | 28 |
| Figure 11 : USGS- Extrait de la base dur les tremblement de terre dans la CEEAC | 29 |
| Figure 12 : Vue de la plate forme Global Landslide Catalog de la Nasa sur les glissements de terrain | 29 |
| Figure 13 : SEDAC – Vue du modèle de répartition des risques de tremblement de terre | 30 |
| Figure 14 : SEDAC - Vue du modèle de répartition des risques de glissement de terrain | 31 |
| Figure 15 : SEDAC – Comparaison grille en téléchargement et en flux WMS | 31 |
| Figure 16 : Global Risk Data Platform – Intensité MMI des tremblements de terre..... | 33 |
| Figure 17 : Global Risk Data Platform – Aléas liés aux glissements de terrain | 33 |
| Figure 18 : Vue de la plateforme Global Volcanism Program..... | 34 |
| Figure 19 : SPEI Afrique NCAR - Climate Data Guide | 39 |
| Figure 20 : Cartographie de l'indice PDSI : A gauche sans isoligne, à droite avec isoligne | 42 |
| Figure 21 : Un exemple de sortie NDVI en janvier 1981 et janvier 2019 | 43 |
| Figure 22 : Carte des pentes issue du traitement des données SRTM..... | 45 |
| Figure 23 : Extraits du modèle de fréquence des glissements de terrain (Global Risk Data Platform – UNDRR) | 46 |
| Figure 24 : Exemple de superposition modèle UNDRR et base CAT NAT | 47 |
| Figure 25 : Modèle de distribution des risques sismique (SEDAC) et événements sismiques (CatNat) | 47 |
| Figure 26 : Représentation des éruptions volcaniques..... | 48 |
| Figure 27 : hauteur de mer moyenne par rapport au Géoïde EGM2008 | 49 |
| Figure 28 : scénarii d'élévation de niveaux marins | 50 |
| Figure 29 : scénarii mis à jour d'élévation de niveaux marins | 51 |

| | |
|--|----|
| Figure 30 : Représentation du phénomène de submersion marine | 51 |
| Figure 31 : Facteurs impactant le niveau d'eau en zone côtière | 52 |
| Figure 32 : exemple d'image Landsat 7..... | 52 |
| Figure 33 : exemple d'image Sentinel 2 | 53 |
| Figure 34 : Exemple d'image Google Earth à différentes dates | 53 |
| Figure 35 : Numérisation du trait de côte..... | 54 |
| Figure 36 : Exemple de carte sur les glissements de terrain en République du Congo | 55 |
| Figure 37 : Page d'accueil du Rwanda Infrastructure Geoportal..... | 86 |
| Figure 38 : Extrait de l'Atlas des Risques du Rwanda | 87 |
| Figure 39 : Taux de pauvreté au Rwanda via ArcGIS Online..... | 88 |
| Figure 40 : Page d'accueil du BCG Burundi | 90 |
| Figure 41 : Vue de l'IGEBU à Gitega (Burundi)..... | 92 |
| Figure 42 : Observatoire Volcanologique de Goma et vue du volcan..... | 94 |

LISTE DES ACRONYMES

AGEOS : Agence Gabonaise d'Etudes et d'Observations Spatiales

ALOS : Advanced Land Observing Satellite

CAPC – AC : Centre d'Application de Prévisions Climatiques – Afrique Centrale

CBLT : Commission du Bassin du Lac Tchad

CEEAC : Communauté Economique des Etats d'Afrique Centrale

CCGM : Commission de la Carte Géologique du Monde

CICOS : Commission Internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha

FAO : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

GPS : Global Positioning System

GRC : Gestion des Risques de Catastrophe

HydroSHEDS : Hydrological data and maps based on SHuttle Elevation Derivatives at multiple Scales

MNT : Modèle Numérique de Terrain

NASA : National Aeronautics and Space Administration

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologie

OSM : Open Street Map

RRC : Réduction des Risques de Catastrophe

SAP : Système d'Alerte Précoce

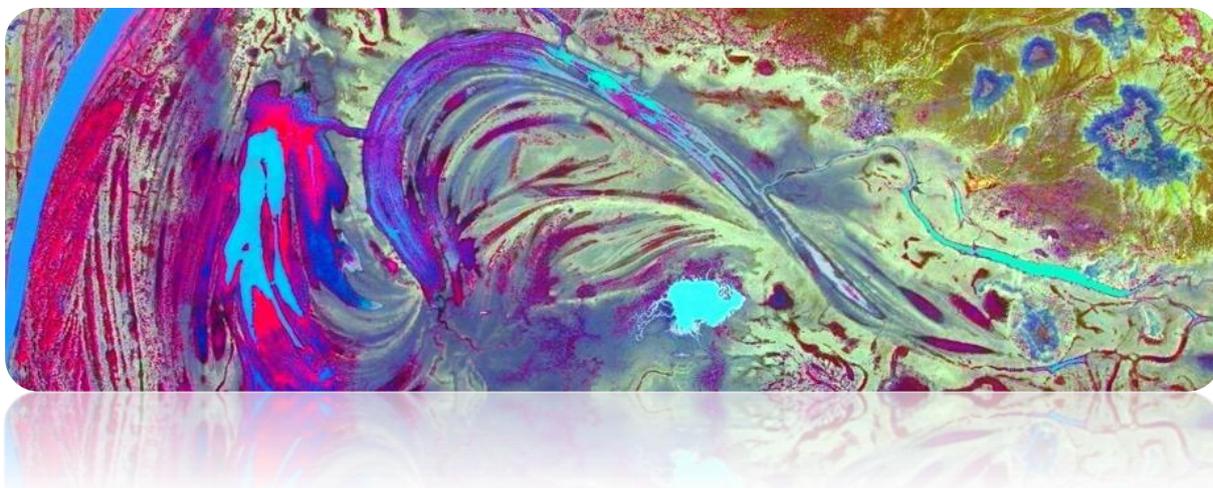
SGBDR : Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles

SIG : Système d'Information Géographique

SM : Services Météorologiques

REPARC : REseau de PARlementaires pour la Résilience aux Catastrophes

Ce rapport reprend les éléments mentionnés dans notre réponse technique (TECH4) et constitue le livrable 2 sur 7.



1. INVENTAIRE DES DONNEES ET INFORMATIONS DISPONIBLES

Nous ne décrierons ici que les données qui seront exploitées dans le cadre du projet et qui couvrent toute notre zone d'étude.

1.1. Constitution de la BD Géographique

1.1.1. Sites utilisés pour le téléchargement des données

| Organisme | Date | Couverture | Adresse URL |
|--|------|------------|--|
| Open Street Map (OSM) | 2019 | CEEAC | https://www.geofabrik.de/ |
| UN Office for the Coordination of the Humanitarian Affairs | 2019 | CEEAC | https://data.humdata.org |
| Banque Mondiale - Africa Infrastructure Country Diagnostic (ICD) | 2019 | CEEAC | https://datacatalog.worldbank.org/ |
| Référentiel Géographique Routier du Cameroun (RGRCameroun) | 2016 | Cameroun | Assistance technique Cameroun-Union européenne. Le site a été fermé en 2016 mais les données ont été conservées |
| Référentiel Géographique Routier du Gabon (RGRGabon) | 2016 | Gabon | Projet PAGOS Routes – Coopération Gabon-Union Européenne. Les données ont été conservées au niveau du projet. |
| Référentiel Géographique Routier du Congo (RGRCongo) | 2018 | Congo | http://rgrc-congo.net/geoportail/ |
| Référentiel Géographique Commun de RDC (RGC) | 2009 | RDC | Projet de groupes de travail SIG monté par les Nations Unies en 2006. http://www.rgc.cd/ |

Par ailleurs toutes les données publiées sur ArcGIS Online par les différentes institutions publiques ou privées de la CEEAC ont été consultées. Certains pays comme le Rwanda ayant une politique particulièrement volontariste en matière de partage de données par ce biais (Voir annexe)

1.1.2. Fond de plan

Le fond de plan des cartes est celui fourni par le serveur d'Open Street Map (openstreetmap.org) qui offre la plus grande richesse de données géographiques sur la zone. La base de données Open Street Map (OSM) bénéficie d'un enrichissement permanent de la part des différents contributeurs. En zone urbaine en particulier OSM s'avère particulièrement riche en informations géographiques comme le montre la figure ci-dessous sur Kinshasa.



Figure 1 : Extrait Open Street Map sur Kinshasa

Les données sont téléchargeables au format SIG depuis des serveurs miroirs comme par exemple le site Geofabrik (<https://www.geofabrik.de/>) que nous avons utilisé pour le téléchargement de données vectorielles.

1.1.3. Base de données vectorielle planimétrique sur la CEEAC

Certains éléments planimétriques ont été extraits au format SIG sur notre zone d'étude. Nous avons privilégié l'homogénéité des données lorsque c'était possible de façon à pouvoir disposer d'une information cohérente et comparable d'un pays à l'autre.

Certaines données Open Street Map sont aisément téléchargeables sur Internet. D'autres ont été téléchargées depuis le portail d'accès aux données des Nations Unies qui s'appuie largement sur les données Open Street Map.

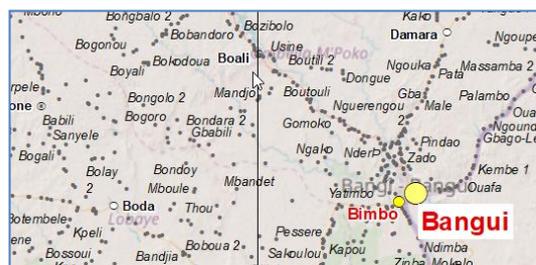
Les limites de frontière

Les limites de frontières proviennent des données Open Street Map



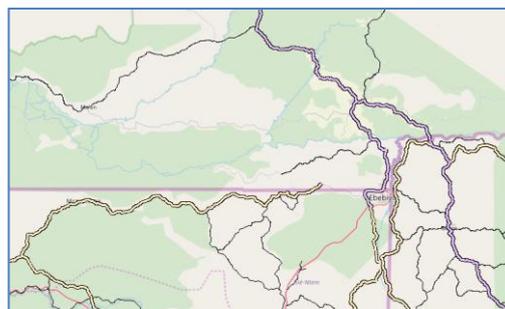
Les localités

Open Street Map ne garantit pas la toponymie des localités ni leur rang hiérarchique mais à notre échelle d'étude la qualité des données s'avère suffisante.



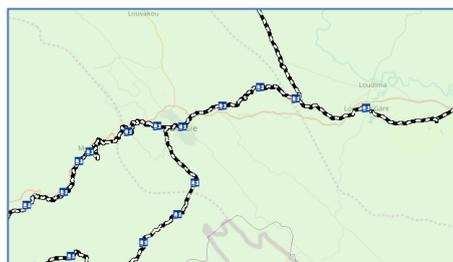
Le réseau routier principal

Open Street Map ne garantit pas le classement des routes et ne donne pas d'information sur le type de revêtement. Pour garantir la cohérence des données sur toute la zone, Open Street Map a cependant servi en premier lieu pour identifier et hiérarchiser le réseau. La base a été compilée avec d'autres référentiels nationaux permettant dans certains cas de disposer d'information sur le niveau de revêtement.



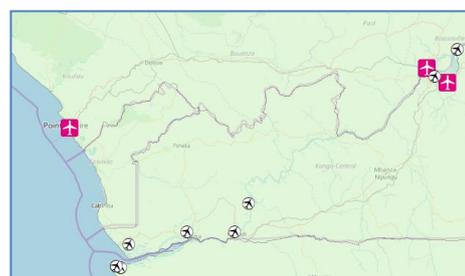
Voies ferrées / gares

Les données sur les infrastructures ferroviaires sont issues des fichiers Open Street Map ayant pu être enrichies dans le cadre de projets nationaux.



Aéroports

Les données sur les infrastructures aéroportuaires sont issues des fichiers Open Street Map compilés avec les fichiers des Nations Unies.

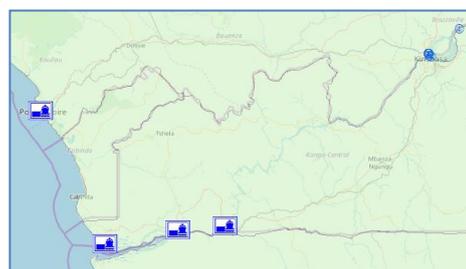


Ports

Les données sur les infrastructures portuaires sont issues des fichiers Open Street Map compilés avec les fichiers des Nations Unies.

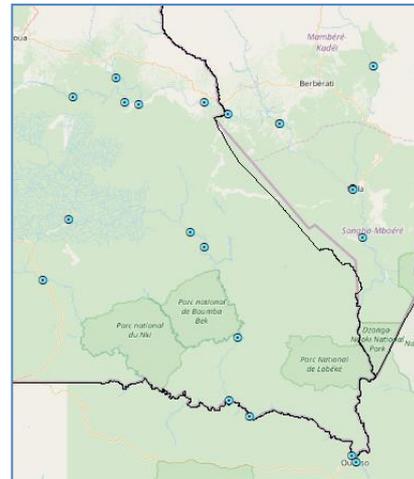
Sur la RDC les données du RGC (Référentiel Géographique Commun) ont été exploitées.

Certains ports maritimes ont été rajoutés manuellement



Bacs

Les données sur les bacs sont issues d'une compilation des différentes bases de données nationales dont nous disposons (RCA / RDC / Congo / Cameroun).

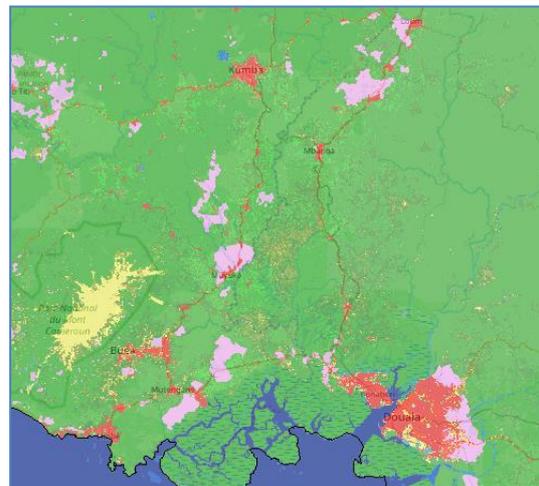


1.1.4. Données liées à la qualification des enjeux

Les zones d'habitat

Les zones d'habitat seront extraites du modèle d'occupation des sols produit dans le cadre du Programme Copernicus.

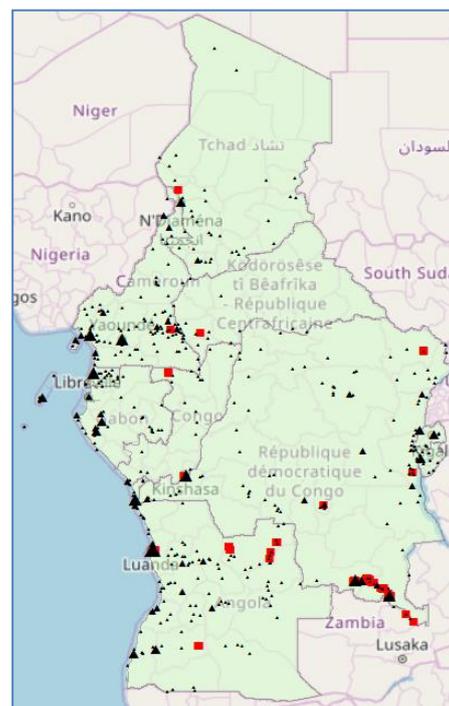
Sur la figure ci-contre les zones urbanisées apparaissent en rouge.



Les sites industriels

En l'absence de données fiables au niveau national, nous avons exploité la couche vectorielle d'occupation du sol d'Open Street Map.

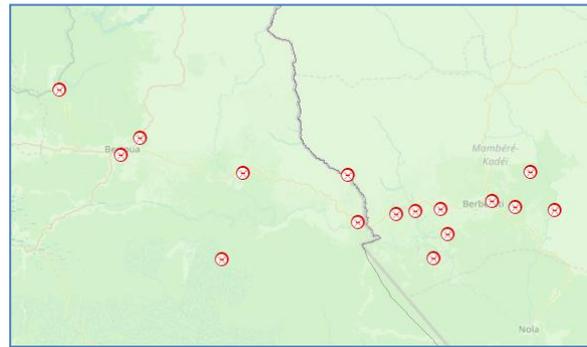
Les polygones ont été agrégés dans un premier temps sur des critères de distance puis un ponctuel a été créé au centroïde des polygones ainsi constitués. La surface du polygone a été récupérée au niveau du ponctuel de façon à estimer la taille de la zone industrielle.



Les carrières

Les carrières ont été récupérées lorsque cela était possible à partir d'inventaires effectués dans le cadre de projets d'assistance technique (Cameroun, Gabon, Congo)

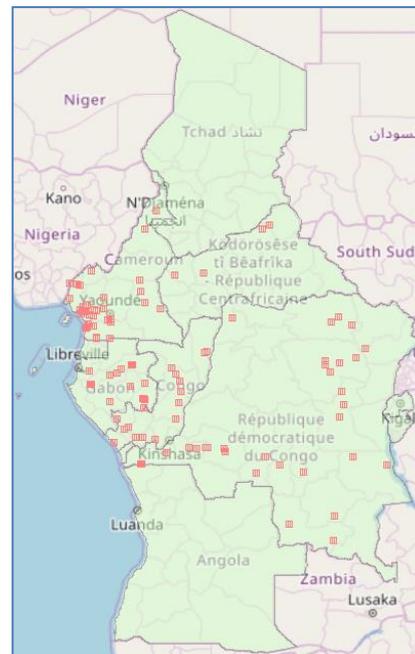
Pour les autres pays les carrières sont issues de l'extraction des données d'occupation du sol d'Open Street Map. Un ponctuel a été créé au centroïde de chaque polygone. Les ponctuels ainsi créés ont été agrégés sur des critères de distance entre chaque point de façon à faciliter la cartographie à petite échelle.



Les gros ouvrages

Les gros ouvrages d'art doivent être récupérés au niveau national. Compte tenu du peu de réponse obtenu par les référents locaux, nous avons pu récupérer ces données sur différents pays proposant un accès libre aux données d'infrastructure soit via un portail national, soit via le portail des Nations Unies.

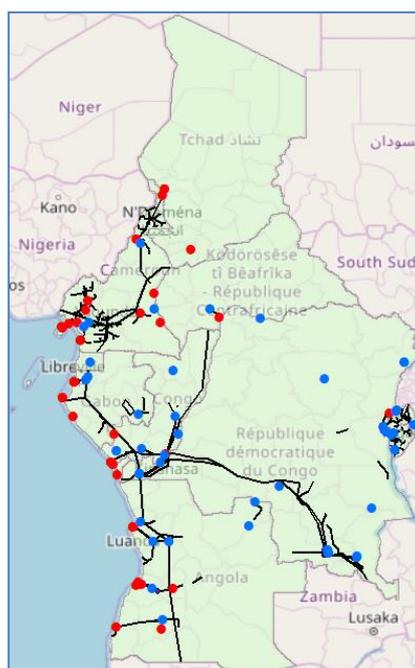
Les données ont pu être récupérées sur le Gabon, le Cameroun, le Congo, la RDC et la RCA.



Les lignes et centrales électriques

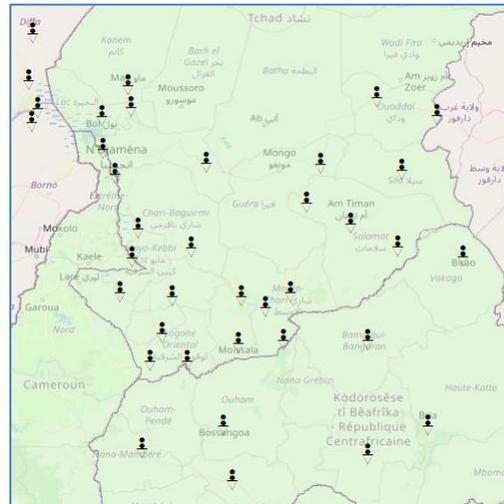
Les données liées à l'énergie ont été récupérées sur le catalogue d'accès aux données de la banque mondiale et en particulier le Africa Infrastructure Country Diagnostic (AICD) qui permet d'accéder à la localisation des centrales électriques et des lignes hautes tensions.

Les données AICD ont été récupérées dans leur globalité et non compilées avec d'autres sources de façon à conserver une homogénéité sur les données.



Les stations météorologiques

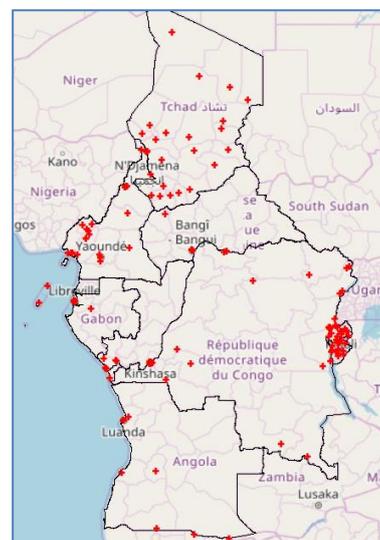
Nous ne disposons que de peu de données sur la localisation des stations météorologiques et encore moins sur leur niveau de fonctionnement. Seule la CBLT nous a transmis la localisation des stations sur leur zone d'intervention.



Les hôpitaux

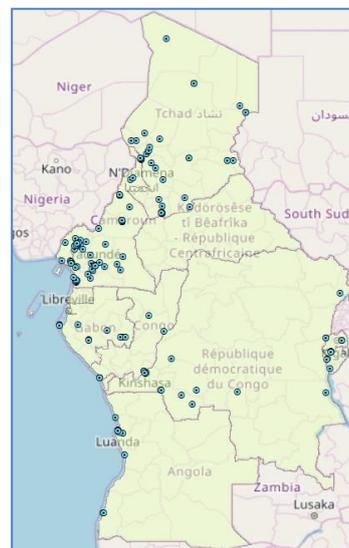
Les hôpitaux (et centres de santé) sont extraits du fichier Open Street Map regroupant les points d'intérêt (gis_osm_pois_free).

Un travail serait cependant nécessaire pour homogénéiser la typologie des hôpitaux d'un pays à l'autre.



Les châteaux d'eau

Les châteaux d'eau sont extraits du fichier Open Street Map regroupant les points d'intérêt (gis_osm_pois_free)



Les zones humides

Les zones humides sont extraites du fichier Open Street Map regroupant les surfaces d'eau (gis_osm_water_a_free).



1.2. Exploitation de modèles généraux

1.2.1. Modèle de terrain et de pente

https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/dataset_index.htm

Comme précisé dans notre rapport de démarrage, nous utiliserons le Modèle Numérique de Terrain ALOS (Advanced Land Observing Satellite), en particulier pour déterminer des zones inondables potentielles.

En mai 2015, une version gratuite à 30 mètres de résolution de "ALOS World 3D (AW3D)", a été lancée.

C'est ce modèle de 30 mètres environ de résolution horizontale (1 seconde d'arc), réalisé par instrument panchromatique de télédétection pour la cartographie stéréo (PRISM) que nous utiliserons.



Figure 2 : Extrait du MNT ALOS

1.2.2. Modèle d'occupation du sol (OCS)

Open Street Map propose une couche d'occupation des sols issue de télédétection qui nous a servi en particulier pour extraire des informations sur les sites industriels.

Pour les traitements d'aléas il nous a paru utile d'exploiter les produits OCS récents du programme Copernicus sur l'Afrique.

Copernicus est le nom d'un « programme européen de surveillance de la Terre ». Il s'agit d'une initiative conjointe de l'Agence spatiale européenne (ESA) et, au travers de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE), de l'Union européenne, qui vise à doter l'Europe d'une capacité opérationnelle et autonome d'observation de la Terre en tant que « *services d'intérêt général européen, à accès libre, plein et entier* ».

Il s'agit d'un produit raster à 100m de résolution généré à partir du capteur PROBA-V. Le principe de ce produit est de donner à l'intérieur de chaque pixel, des fractions pour chaque type de classe : fraction de forêt, fraction d'urbain, fraction d'eau, etc...¹

Par exemple, la fraction de la couverture végétale (FCover) correspond à la fraction du sol couverte par la végétation verte. Concrètement, elle quantifie l'étendue spatiale de la végétation.

Comme elle est indépendante de la direction de l'éclairage et qu'elle est sensible à la quantité de végétation, la FCover est un très bon candidat pour remplacer les indices classiques de végétation pour la surveillance des écosystèmes.



Nous disposons ainsi de deux produits complets (avec toutes les fractions par couche) :

- Copernicus_LC2015 : produit Land Cover global sur le monde, pour l'année 2015 (<https://lcviewer.vito.be/download>)
- Copernicus_LC2018beta : produit Land Cover pour l'année 2018, issu de mises à jour annuelles successives du produit LC2015 (version beta sur l'Afrique uniquement)

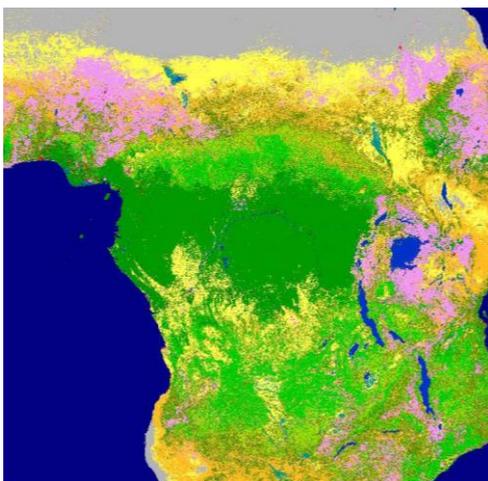


Figure 3 : Copernicus - Produit Land Cover

Ces données ont été téléchargées par dalles de 20°x20°. Quatre dalles permettent de couvrir notre zone d'intérêt, comme le montre la figure ci-contre.

Pour plus de facilité d'exploitation, le programme Copernicus fournit également un produit TIFF résultant de la cartographie de l'OCS en 23 classes².

C'est ce produit que nous utiliserons concrètement pour mener nos analyses multicritères.

¹ Pour plus d'informations, voir : <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>

² Un manuel utilisateur également téléchargeable décrit précisément le contenu du produit (CGLOPS1_PUM_LCC100m-V2.1_13.10.pdf)

1.2.3. Modèle climatologique

De nombreux sites permettent d'accéder à des grilles de précipitations ou de températures au niveau mondial selon différentes résolutions.

| Fournisseur | type de données | grille | commentaires | lien |
|---|-----------------|------------------------|--|---|
| Climate Research Unit (CRU) | Raster | 0,5°x 0,5° | Précipitation / T° et ETP | https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.3711 |
| IMERG /GPM | Raster | 0.1° x 0.1° | Précipitation | https://pmm.nasa.gov/GPM |
| Tropical Rainfall Measuring TRMM Mission 3B42V7 | Raster | 0,25°x 0,25° | Précipitation | https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015JD023779 |
| Global Precipitation Climatology Project GPCP | Raster | 1° x 1° 2.5° x 2.5° | Précipitation | https://precip.gsfc.nasa.gov/gpcp_daily_comb.html |
| TAMSAT | Raster | 4 km x 4 km | Pluie | https://www.nature.com/articles/sdata201763.pdf |
| MODIS (Terra/Aqua) | Raster | 500 m | T° ETP / Couverture neigeuse / Indice NDVI | http://nilerak.hatfieldgroup.com/fr/ench/nrak/eo/html/modis.html |
| Climate Hazards Group Infra Red Precipitation with Station data - CHIRPS | Raster | 0,05° x 0,05° | Précipitation | http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/#_Data |
| Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks - PERSIANN | Raster | 0,25° x 0,25° | Précipitation | https://chrsdata.eng.uci.edu/ |

1.3. Exploitation de bases de données internationales

Nous nous sommes appuyés sur des bases de données internationales en accès libre produites par de services internationaux de recherche scientifique ou agissant dans le cadre de la prévention aux catastrophes naturelles.

Au niveau local, les questionnaires pays devaient être une source de données importantes mais malheureusement les retours ont fournis peu de données complémentaires (Cf. chapitre 2.5- Cartographie des aléas

Comme précisé dans notre rapport de démarrage, un point d'étape doit être mené entre les experts et la CEEAC après validation du présent rapport pour préciser les produits cartographiques attendus en sortie.

Les bases de données constituées ont une échelle d'utilisation qui est très variable en fonction du type d'aléas et du traitement de modélisation qui a été fait. La résolution est une chose mais la pertinence de la donnée en est une autre. Il faut toujours être très vigilant lorsque l'on utilise des modèles et conserver toujours un esprit critique surtout dès lors qu'on les utilise à une échelle non appropriée.

Les bases de données ont été globalement constituées à une échelle de travail pouvant varier du 50000ème au 200000ème. Les résolutions de certains modèles climatiques ou géotechniques internationaux peuvent cependant atteindre plusieurs centaines de mètres ce qui donne une tendance du risque au niveau national mais ne permet pas une utilisation pour une application locale.

Ce que nous proposons est de produire par pays et par type d'aléas différentes cartes au format

A0. Pour la RDC plusieurs cartes seront nécessaires compte tenu de la taille du pays.

Sur les grandes agglomérations, en fonction des risques concernés, des cartes seront produites accompagnées d'une notice d'utilisation.

Dans la mesure du possible en prenant en compte les contraintes de lisibilité et de sémiologie graphique nous essaierons de regrouper les aléas pour éviter une surabondance de cartes.

Enfin des cartes de synthèse seront produites au niveau de la CEEAC pour chacun des aléas.

Des zooms particuliers pourront également être proposés pour les zones côtières et les zones frontalières.

1.3.1. Base de données CAT NAT

<https://www.catnat.net/>

CATNAT.net est un site géré par Ubyrisk Consultants, structure spécialisée dans l'expertise et le conseil en risques naturels. CATastrophes NATurelles.net est le 1er site francophone d'actualité internationale des catastrophes naturelles, de la gestion des risques naturels et des changements climatiques. CATNAT.net permet d'être informé en permanence des derniers événements mais également des événements passés puisque l'ensemble des articles sont archivés et mis à disposition sous forme d'une base de données.

Dans le cadre de ce projet il nous a semblé pertinent d'acquérir un extrait de la base CatNAT sur notre zone d'étude et sur l'ensemble des thématiques liées aux aléas étudiés.

| pays | fips | continent | sous_cont | localisatic | autres_pa | latitude | longitude | code_orig | code_alea | code_peri | code_sou | origine_alea | alea | peril | sous_peril |
|-----------|------|-----------|---------------------|-------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|-----------------------------------|---------------------------|---|
| Angola | AO | Afrique | Afrique é | Province de Huila | | -14.92 | 13.54 | Clim | 14 | | | Climatique | 14 Sécheresses | | |
| Burundi | BY | Afrique | Afrique équatoriale | | | -3.07 | 29.46 | Geo | 02 | 021 | | Géologique | 02 Mouvements de terrain | 021 Glissement de terrain | |
| Burundi | BY | Afrique | Afrique équatoriale | | | -3.75 | 29.41 | Met | 09 | 091 | | Météorologique | 09 Orages et foudre | 091 Orage | |
| Rwanda | RW | Afrique | Afrique équatoriale | | | -1.68 | 29.25 | Hydro | 01 | 011 | 0111 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0111 Débordement de plaine |
| Rép. Dém | CG | Afrique | Afrique é | Nord-Kivu | | -1.40 | 28.87 | Geo | 02 | 021 | | Géologique | 02 Mouvements de terrain | 021 Glissement de terrain | |
| Angola | AO | Afrique | Afrique équatoriale | | | -11.14 | 14.01 | Clim | 14 | | | Climatique | 14 Sécheresses | | |
| Angola | AO | Afrique | Afrique équatoriale | | | -12.38 | 16.67 | Hydro | 01 | 011 | 0111 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0111 Débordement de plaine |
| Rwanda | RW | Afrique | Afrique équatoriale | | | -2.69 | 29.56 | Hydro | 01 | 011 | 0112 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0112 Débordement torrentiel |
| Rwanda | RW | Afrique | Afrique équatoriale | | | -1.68 | 29.70 | Geo | 03 | 031 | | Géologique | 03 Séismes | 031 Séismes tectoniques | |
| Centrafic | CT | Afrique | Afrique équatoriale | | | 6.54 | 22.00 | Clim | 06 | | | Climatique | 06 Incendies de forêt | | |
| Angola | AO | Afrique | Afrique équatoriale | | | -12.50 | 17.00 | Hydro | 01 | 011 | 0111 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0111 Débordement de plaine |
| Burundi | BY | Afrique | Afrique équatoriale | | | -3.39 | 30.33 | Clim | 06 | | | Climatique | 06 Incendies de forêt | | |
| Burundi | BY | Afrique | Afrique équatoriale | | | -3.08 | 29.33 | Hydro | 01 | 011 | 0111 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0111 Débordement de plaine |
| Angola | AO | Afrique | Afrique équatoriale | | | -8.81 | 13.23 | Hydro | 01 | 012 | 0122 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 012 Ruissellement | 0122 Ruissellement urbain |
| Namibie | WA | Afrique | Afrique d | Sud | Namibie, | -15.06 | 24.92 | Hydro | 01 | 011 | 0111 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0111 Débordement de plaine |
| Gabon | GB | Afrique | Afrique équatoriale | | | 0.40 | 9.83 | Met | 15 | 152 | | Météorologique | 15 Intempéries | 152 Intempéries venteuses | |
| Gabon | GB | Afrique | Afrique équatoriale | | | -1.14 | 12.47 | Met | 09 | 091 | | Météorologique | 09 Orages et foudre | 091 Orage | |
| Gabon | GB | Afrique | Afrique équatoriale | | | 0.39 | 9.44 | Hydro | 01 | 012 | 0122 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 012 Ruissellement | 0122 Ruissellement urbain |
| Rwanda | RW | Afrique | Afrique équatoriale | | | -1.41 | 30.12 | Geo | 02 | 021 | | Géologique | 02 Mouvements de terrain | 021 Glissement de terrain | |
| Gabon | GB | Afrique | Afrique équatoriale | | | 0.46 | 9.75 | Met | 11 | 111 | | Météorologique | 11 Tornades et trombes | 111 Tornades | |
| Camerour | CM | Afrique | Afrique équatoriale | | | 3.86 | 11.51 | Hydro | 01 | 012 | 0121 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 012 Ruissellement | 0121 Ruissellement rural (coulée de boue) |
| Rép. Dém | CG | Afrique | Afrique équatoriale | | | -1.24 | 29.12 | Geo | 05 | 051 | | Géologique | 05 Eruptions volcaniques | 051 Coulée de lave | |
| Camerour | CM | Afrique | Afrique équatoriale | Nigéria | | 10.34 | 15.24 | Hydro | 01 | 011 | 0111 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0111 Débordement de plaine |
| Rwanda | RW | Afrique | Afrique équatoriale | | | -1.95 | 30.06 | Hydro | 01 | 011 | 0111 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0111 Débordement de plaine |
| Camerour | CM | Afrique | Afrique équatoriale | | | 7.32 | 13.54 | Met | 09 | 092 | | Météorologique | 09 Orages et foudre | 092 Foudre | |
| Rwanda | RW | Afrique | Afrique équatoriale | | | -2.19 | 29.70 | Hydro | 01 | 011 | 0112 | Hydrologique | 01 Inondations et coulées de boue | 011 Crue | 0112 Débordement torrentiel |
| Angola | AO | Afrique | Afrique équatoriale | | | -14.00 | 17.38 | Met | 10 | | | Météorologique | 10 Grêle | | |

Figure 4 : Extrait de la base CatNat sur la CEEAC

Chaque événement est classé selon le type et sous type d'aléa. La date de début et de fin, l'impact humain et économique sont renseignés selon divers attributs. L'article mentionnant l'événement est retranscrit in extenso.

Enfin chaque événement est localisé en longitude/latitude ce qui permet son géoréférencement dans un format SIG.

1.3.2. Données hydrologiques et hydrographiques

1.3.2.1. *Données hydrographiques*

<https://www.hydrosheds.org/>

Il existe de nombreuses sources de données vectorielles pour le réseau hydrographique : Open Street Map (OSM), Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Hydrological data and maps based on Shuttle Elevation Derivatives at multiple Scales (HydroSHEDS)...

Lorsqu'il s'agit de faire de la cartographie, OSM peut être une bonne source de données.

Néanmoins pour les besoins de définition des aléas inondations, nous avons besoin d'un réseau hydrographique plus scientifique. Pour ce faire le réseau hydrographique ainsi que les délimitations des sous bassins versants seront issus d'HydroSHEDS.

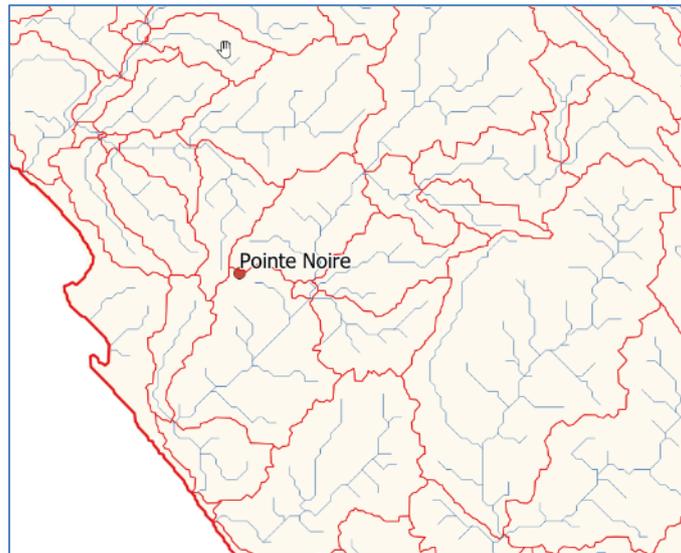


Figure 5 : Exemple de réseaux hydrographiques et bassins versants issus d'HydroSHEDS

Ces informations étant issues d'un MNT (SRTM) à maille de 90m x 90m, les données vecteurs ont la même précision et suivent les mailles, elles sont donc en « escalier » mais restent cohérentes avec l'échelle de travail de la présente étude. La taille fine des pixel au regard de l'échelle de travail compense cela.

Des couches de réseau hydrographique seront également générées à partir d'autres MNT, notamment ALOS, mais constituent des intermédiaires de calculs qui sont trop denses pour être utilisés cartographiquement de façon lisible aux échelles de rendus.

1.3.2.2. *Données hydrologiques*

Le recueil de données hydrologique est *a priori* possible, selon les retours de questionnaires (cf. chapitre [4.3 - Questionnaire adressé aux points focaux]), seulement pour le Burundi. Les autres retours, quand ils existent, évoquent des données non communicables, des problèmes techniques et/ou de format des données...

De plus, il n'a pas été possible de recueillir les données présentes dans le SIE CEEAC, celui-ci n'étant pas fonctionnel.

Concernant les données disponibles dans le SIH de la CICOS, elles ne peuvent être fournies sans l'aval des pays.

Ainsi les Experts se sont basés sur les données disponibles en ligne :

- 108 000 stations traitées et mis en format Excel par L'Organisation Mondiale de la Météorologie fournissant des climatiques (pluie, température, enneigement) de plusieurs pays.
- Données hydro-météorologiques fournies par l'IRD, consultables pour certains pays sur le site : <http://www.hydrosociences.fr/sierem/>
- Données ponctuelles à des pas de temps supérieurs à la journée (plus pertinent pour les aléas climatiques que pour les inondations) :
 - Global Runoff Data Centre avec beaucoup de données de débits (https://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html)
 - HydroWeb, qui fournit des données de hauteurs d'eau issues de l'altimétrie spatiales à des « stations virtuelles » (<http://hydroweb.theia-land.fr/>)
 - Données climatologiques de la base de données Climwat de la FAO (<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/>)

Certaines de ces données sont uniquement consultables, comme par exemple la base de données Sierem

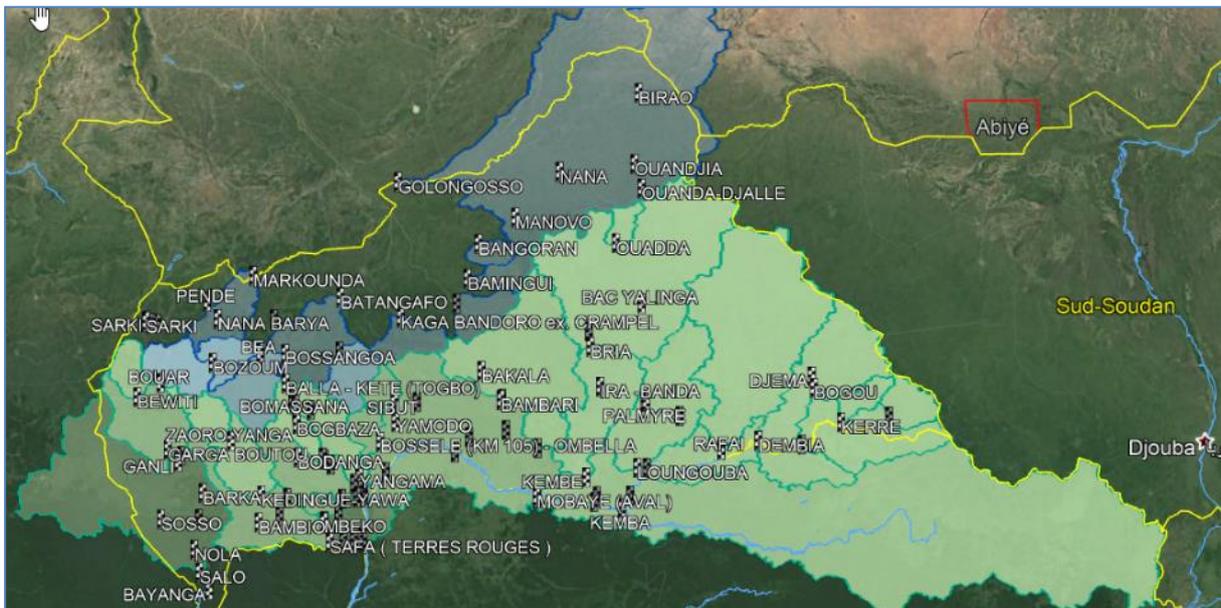


Figure 6 : Stations hydrométriques disponibles dans la base de données Sierem en Centrafrique

A noter que pour le bassin du Congo, BRLi a réalisé un modèle hydrologique de tout le bassin au pas de temps journalier découpé en 400 sous bassins versant dont les chroniques pourront être mises à profit.

1.3.2.3. Données sur les zones inondables

Des données sur les zones inondables couvrant la sous-région sont disponibles sous forme raster. Elles se basent sur des méthodologies très différentes, ont des pas de grille très variables et sont plus ou moins accessibles :

| fournisseur | type de données | grille | accessibilité | commentaires | lien |
|-------------|---|--------|-----------------------------|---|---|
| UNDRR | raster de hauteur d'eau d'inondation pour différentes période de retour | 1km | Téléchargeable gratuitement | méthodologie intéressante combinant hydrologie, | https://preview.grid.unep.ch/index.php?preview=ata&events=gar2015&evcat=6&metaid=7&lang=en g |

| | (entre 25ans et 1000 ans) | | | hydrauliques et observations | |
|--|---|-----|--|--|---|
| Commission Européenne (Global Surface Water Explorer) | raster de fréquence d'inondation | 30m | téléchargeable gratuitement | basée sur des observations de zones inondables par satellite | https://global-surface-water.appspot.com/ |
| FM global | raster de hauteur d'eau d'inondation pour différentes période de retour (100ans et 500 ans) | 90m | consultable seulement | méthodologie non connue | https://www.fmglobal.com/research-and-resources/nathaz-toolkit-and-map/flood-map# |
| Water Resources Institute (Aqueduct Global Flood Analyzer) : | raster de hauteur d'eau d'inondation pour différentes période de retour (2ans à 100 ans) | 1km | consultable seulement | méthodologie non connue | https://floods.wri.org/ |
| CAT NAT | raster de hauteur d'eau d'inondation pour différentes période de retour (entre 50ans et 1000 ans) | 1km | possibilité de télécharger après acquisition | méthodologie identique à UNDRR | https://www.catnat.net/ |

Tableau 1 : Sites permettant le téléchargement des fichiers de zones inondables

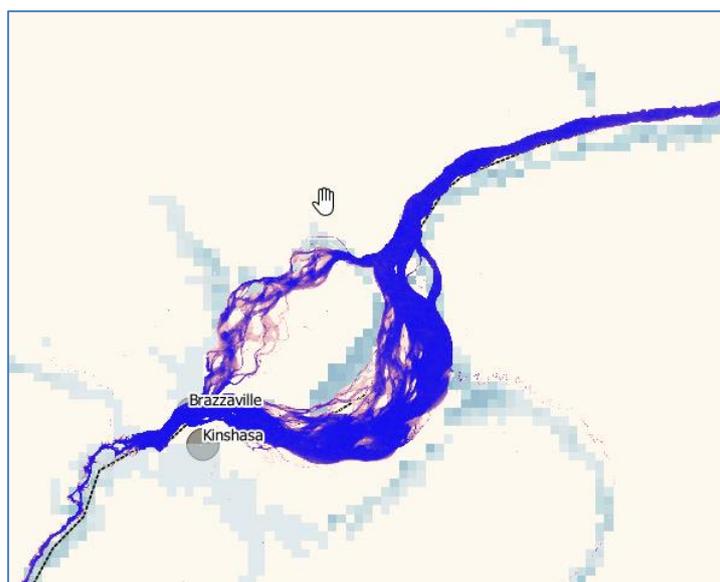


Figure 7 : Exemples de zones inondables UNDRR (bleu clair) et GSWE (bleu foncé) au niveau de Kinshasa-Brazzaville

Remarque : Seules les données téléchargeables sont utilisables dans le cadre de notre étude. Les données en consultation peuvent toutefois servir de comparaison « visuelle » sur certaines zones ciblées. La pertinence de l'utilisation de ces données a été analysée dans le chapitre [2.1 - Aléas d'inondation fluviale].

1.3.3. Données climatologiques

Les données en accès libre, gratuitement téléchargeables vont permettre de caractériser la sécheresse dans la sous-région. Cette caractérisation s'appuie sur les données de précipitations. L'utilisation d'estimations des précipitations par satellites s'est donc imposée, bien que la fiabilité

de ces données soit toujours discutée.

Globalement les mesures des réseaux d'observations in-situ basées sur les pluviomètres constituent les bases de données pluviométriques historiques les plus anciennes. Mais la couverture spatiale de tels instruments est globalement inégale et la densité des réseaux dépend grandement des pays et de la période considérée. En plus, ces données sont très lacunaires. Les stations de mesures sont peu nombreuses, souvent peu entretenues, abandonnées dans la plupart des cas ou ont cessé d'être fonctionnelles. La plupart de ces stations sont de création récente dans certains pays.

Lorsque ces données sont disponibles, leur accès reste limité ou sont soumis à des restrictions difficilement compréhensibles. Il s'agit essentiellement des séries de données générées par la plupart des services nationaux de météorologie.

Quatre bases de données seront utilisées dans la cadre de cette mission, que nous décrivons ci-dessous.

1.3.3.1. *Base de données CHIRPS*

ftp://chg-ftpout.geog.ucsb.edu/pub/org/chg/products/CHIRPS-2.0/africa_daily/tifs/p05/

Les données de précipitations utilisées sont celles de la base de données journalières CHIRPS (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations) fournies par USGS (United States Geological Survey) du site du *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station data (CHIRPS)* qui dispose de données de précipitations journalières pour le mode entier, pour la période de 1981 à 2019 avec une résolution spatiale de 0.05 x 0.05 degré.

Elaborée dans le cadre d'un partenariat entre l'USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center et le Groupe sur les catastrophes climatiques de l'Université de Californie (Santa Barbara, UCSB), cette nouvelle base de données permet aux spécialistes de l'alerte précoce contre la sécheresse.

Les données CHIRPS (Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station data) permettent d'intégrer les images des précipitations observées depuis l'espace au sein d'une base de données sur les précipitations collectées dans des stations localisées au sol à travers le monde. Ces données peuvent être intégrées dans des modèles climatiques, avec d'autres données météorologiques et environnementales, CHIRPS incorpore une imagerie de résolution par satellite de 5 km avec les données des stations in-situ pour créer une série temporelle des précipitations pour l'analyse de tendance et de suivi de la sécheresse saisonnière.

Le grand avantage des images CHIRPS est d'avoir une couverture complète de la CEEAC à haute résolution, avec une couverture temporelle (1981-2019) assez longue pour permettre une meilleure caractérisation de l'aléa sécheresse. Elles sont disponibles gratuitement et fournies en format *Network Common Data Form (NetCDF)*, .tiff et HDF.

A cause de leur bonne corrélation avec les données pluviométriques, les CHIRPS ont été utilisés au Burkina Faso, Mozambique, dans le bassin du Nil et l'Afrique continentale et la plupart des autres pays de l'Afrique de l'ouest. Les évaluations en cours peuvent être consultées sur le site Web du UCSB Climate Hazards Group ([//chg.ucsb.edu](http://chg.ucsb.edu)). Cependant en Afrique tropicale humides ces corrélation certes significatives restent le mois faibles, parce que les CHIRPS sont un produit uniquement IR (sans entrées micro-ondes de routine), condition préalable nécessaire à sa longue période d'enregistrement. Le seuil de détection de nuage fixe utilisé dans le système CHIRPS pourrait être un autre facteur, entraînant une mauvaise détection des événements de précipitations chaudes dans ces zones.

L'estimation des variations des précipitations dans l'espace et dans le temps est un aspect important pour l'évaluation de la sécheresse et l'analyse des événements extrêmes.

Cet ensemble quasi mondial à haute résolution remonte jusqu'en 1981 doit permettre de mieux comprendre, entre autres, la variabilité, la hauteur attendue et les tendances des précipitations dans les 11 pays de la CEEAC.

1.3.3.2. *Base de données TRMM*

<http://pmm.nasa.gov/TRMM/>

Lancé en 1997 en partenariat entre *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* and *Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)*, le TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) est un satellite de recherche destiné à l'étude de la distribution et de la variabilité des précipitations dans les tropiques dans le système climatique actuel. Il embarque plusieurs instruments, dont deux directement utilisés pour les précipitations. Le *Precipitation Radar (PR)* peut détecter toute la colonne de précipitation, donnant des informations sur l'intensité et la distribution de la pluie, le type de la pluie, de la profondeur de l'orage et la hauteur à laquelle la neige fond en pluie. Le PR a été construit par l'Agence nationale de développement spatial (JAXA) du Japon. Le TRMM Micro-ondes Imager (TMI) mesure l'énergie micro-onde émise par la Terre et son atmosphère. TMI est en mesure de quantifier la vapeur d'eau, l'eau des nuages, et l'intensité des précipitations dans l'atmosphère. Le PR de TRMM a permis de mieux documenter la structure tridimensionnelle des systèmes convectifs tropicaux et a contribué à améliorer (et entraîner) les algorithmes d'estimation basés sur les capteurs passifs (IR et MO). Ces algorithmes permettent la mise à disposition d'un produit temps réel, *3B42RT*, disponible avec un délai de 9 heures. Un produit post-ajusté, *3B42v7* (disponible 10 à 15 jours après la fin de chaque mois). Ces données sont disponibles à un pas de temps tri-horaire et avec une résolution spatiale de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$.

L'analyse de cette base de données va permettre de mieux caractériser les événements extrêmes notamment les pluies maximales et les quantiles au percentile 90 ainsi que leur variabilité dans le temps.

Le choix de ces produits (TRMM et CHIRPS) est basé sur le fait que leur domaine spatial couvre l'espace du domaine d'étude et sur leur fréquente utilisation par la communauté scientifique la partie de l'Afrique située au sud du Sahara.

1.3.3.3. *Base de données MODerate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)*

Les données de NDVI utilisées proviennent du MODerate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS, que l'on peut traduire en français par « Radiomètre spectral pour imagerie de résolution moyenne ») est une série d'instruments d'observation scientifique couplés à un système embarqué satellitaire, lancé par la NASA à bord du satellite Terra en 1999, puis à bord du satellite Aqua (deux satellites de l'EOS – Earth Observing System, un programme de la NASA destiné à l'observation à long terme des sols, biosphère, atmosphère et océans de la Terre).

Ces données de haute résolution MODIS de NDVI ont été téléchargées au pas de temps mensuel sur la période 2000-2018 en format .HDF échantillonnées à $0,05^\circ$ degré coté l'ensemble des 11 pays de la CEEAC. On pourra produire au pas de temps en image raster les fréquences et le niveau de sévérité de la sécheresse dans les différents pays de sous-région.

1.3.3.4. *Base de données pluviométriques de l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM)*

Pour les données pluviométriques, en sus des données raster climatologiques évoquées précédemment, les données sont disponibles auprès de L'Organisation Mondiale de la Météorologie(OMM). Même si la densité d'information sur le bassin du Congo (cf. carte ci-dessous) n'est pas très forte, cela constitue néanmoins une base de données importante.



Figure 8 : Localisation des 108 000 postes disponibles auprès de l'OMM

1.3.3.5. *Base de données ARC 2 (AfricanRainfallClimatology Version 2)*

<https://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/fews/fewsdata/africa/arc2/>

Les données ARC2 sont le résultat d'un projet d'estimation des précipitations en Afrique afin de compléter le produit quotidien d'estimation des précipitations (RFE) à différentes échelles spatiotemporelles. En effet, pour générer ces données ARC, quatre produits différents sont indispensables à savoir les données quotidiennes in situ de plus de 1000 stations ; les estimations des précipitations par satellite à micro-ondes ; les estimations des précipitations par satellite ; les estimations des précipitations à partir de la température infrarouge mesurée au sommet du nuage. Ces produits permettent donc de construire une climatologie pluviométrique stable et cohérente.

Les validations de ces données mettent en évidence une corrélation relativement élevée et un biais faible avec les observations de jauge de la station, dans la mesure la première source d'entrée utilisée pour les développer reste les données d'observation de précipitations cumulées sur 24 heures enregistrées à partir du réseau de jauges du Système mondial de télécommunications (GTS).

La résolution des données ARC et leur spécification sont identiques à celles de la RFE. Les fichiers sont constitués de grilles au format binaire à une résolution de 0,1 degré. L'étendue spatiale de toutes les estimations s'étend sur 20,0W-55,0E et 40,0S-40,0N. Le jeu de données ARC s'étale sur la période 1983 à nos jours et est étiqueté ARC2. Des ensembles de données supplémentaires de totaux de précipitations sur 10 jours, mensuels et saisonniers sont également disponibles

Les données sont directement téléchargeables en format .tif, .shp, .gz.

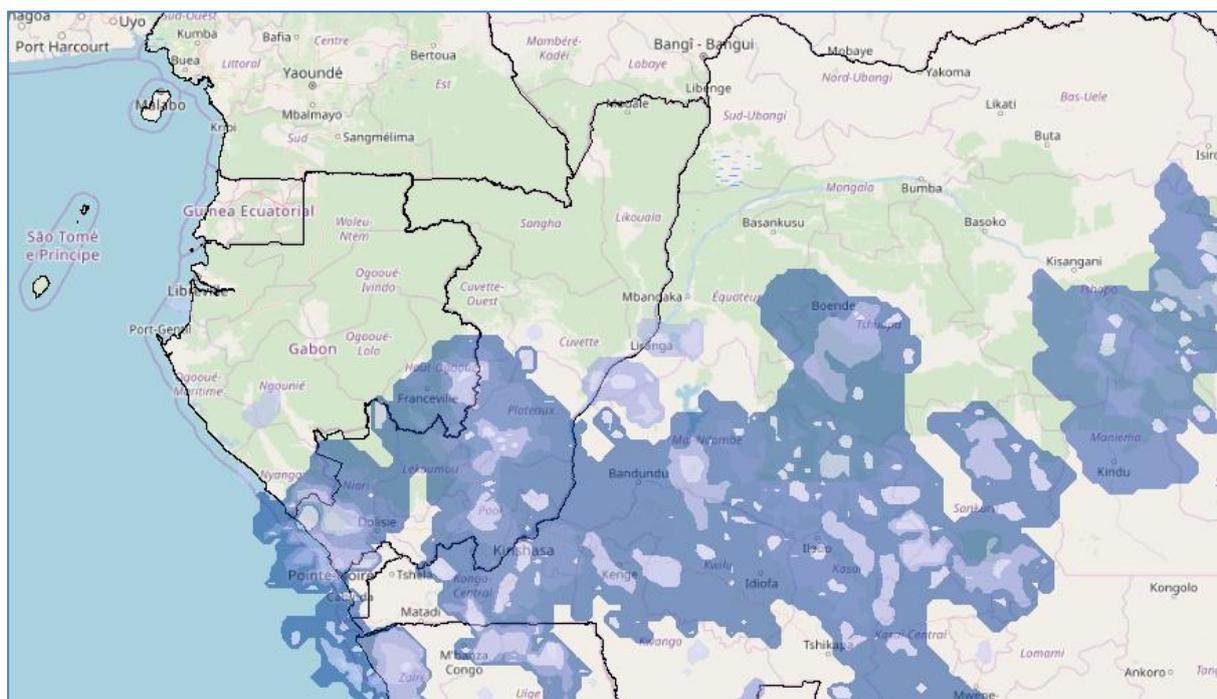


Figure 9 : Extrait des données ARC sur l'Afrique centrale au 29/01/2020

1.3.4. Données géotechniques

La majorité des données liées aux différents risques géotechniques proviennent de nombreuses plates-formes indépendantes et d'organismes internationaux traitant des catastrophes naturelles. Ces données et/ou modèles peuvent être accessibles sous différentes formes : téléchargement direct (open data) / Visualisation-consultation simple / Accès via un abonnement ou achat de données.

Il n'est pas envisageable sur onze pays de disposer d'information vectorielles cohérentes et homogènes sur la géologie, la pédologie, la lithologie etc, à plus forte raison en open data...

Nous nous sommes ainsi concentrés sur des services scientifiques internationaux proposant en accès libre des modèles de risques au niveau mondial qui s'appuient déjà sur la combinaison de différents facteurs (géologie, occupation du sol, climatologie, historique des événements...).

1.3.4.1. Gouvernement canadien – GEOSCAN

<https://geoscan.nrcan.gc.ca/>

Pour ce qui est des données géologiques, la Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM) propose des cartes géologiques au niveau mondial dans un format vectoriel mais ces données sont payantes³.

En revanche, le gouvernement canadien propose un service web, GEOSCAN, qui permet d'accéder (en plus de toutes les données géologiques du Canada) à une carte géologique généralisée du monde dans différents formats SIG.

On trouvera dans cette base de données tous les attributs utiles à la connaissance du substratum rocheux et des failles majeures.

Ce ne sont pas des données suffisamment précises pour mener des études géotectoniques locales

³ Voir site <https://ccgm.org/>

mais elles donnent une bonne indication sur le contexte géologique au niveau national.

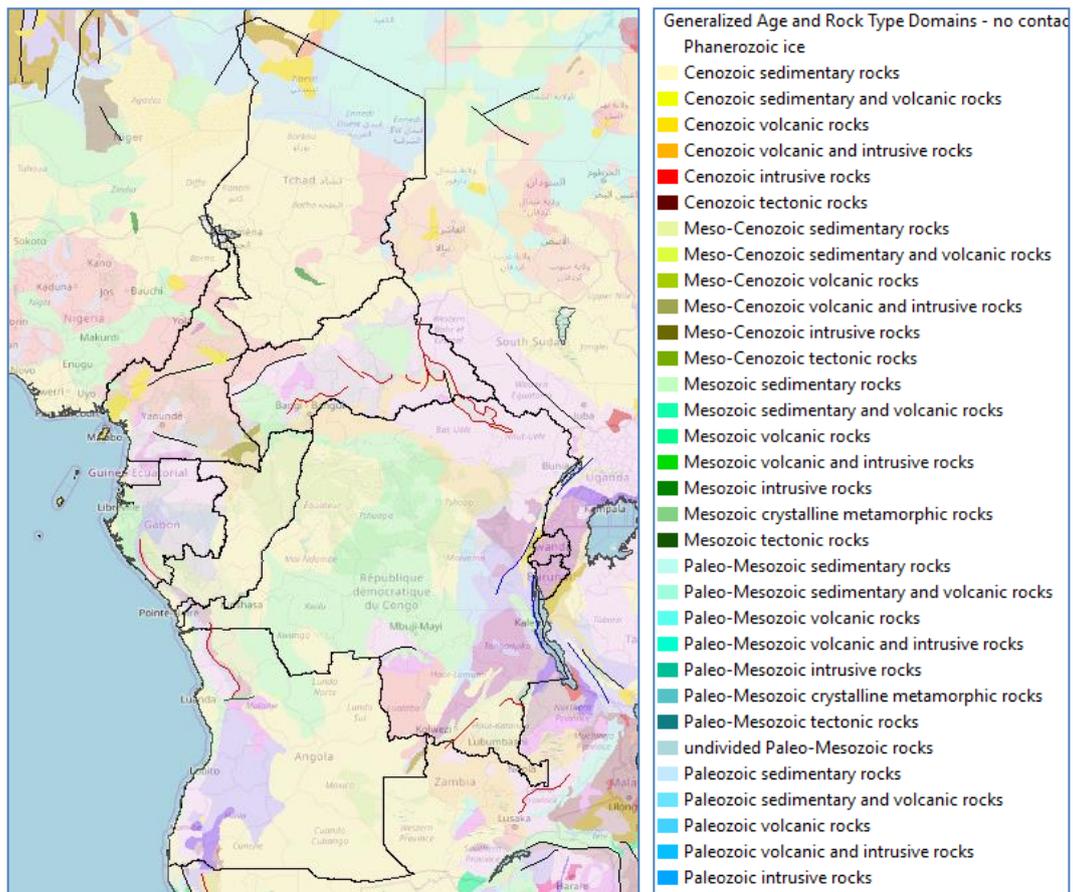


Figure 10 : Extrait de GEOSCAN sur la CEEAC

1.3.4.2. United States Geological Survey (USGS) - Earthquake Catalog

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes>

L'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS en anglais) est un organisme gouvernemental américain qui se consacre aux sciences de la Terre. Il est notamment chargé de la surveillance de l'activité sismique sur son territoire et à travers le monde.

L'USGS propose un catalogue complet des tremblements de terre de l'ANSS (ComCat) qui contient en particulier les paramètres des sources de tremblement de terre (hypocentres, magnitudes, pics de phase et amplitudes).

Un système de requête permet d'extraire au format csv les tremblements de terre et les glissements de terrain en fonction d'une période de date, d'une emprise géographique ou d'une magnitude.

| time | latitude | longitude | depth | mag | magType | nst | gap | dmin | rms | net |
|--------------------------|----------|-----------|-------|--------|---------|-----|---------|-----------|------|-----|
| 2016-06-03T18:14:53.700Z | -10.7449 | 26.4815 | | 10 4.5 | mb | | | 68 4.802 | 1.43 | us |
| 2012-04-25T07:24:19.480Z | -2.802 | 22.658 | | 10 4.5 | mb | | 46 92.4 | | 0.79 | us |
| 2018-03-09T17:13:57.320Z | -0.6561 | 26.6019 | | 10 4.5 | mb | | | 155 4.136 | 0.6 | us |
| 2005-06-10T01:07:43.190Z | 4.647 | 17.628 | | 10 4.5 | mb | 56 | | 67 | 0.8 | us |
| 2016-05-02T08:30:41.980Z | -2.4912 | 23.9436 | | 10 4.5 | mb | | | 88 7.046 | 1.04 | us |
| 2018-02-19T16:02:33.210Z | 11.8009 | -11.9556 | 13.66 | 4.6 | mb | | | 109 5.286 | 0.83 | us |
| 2005-03-19T11:49:18.440Z | 4.181 | 11.023 | | 10 4.6 | mb | 25 | 86.5 | | 1.06 | us |
| 2013-12-02T18:54:02.070Z | -1.3006 | 26.8426 | | 10 4.6 | mb | | | 95 3.956 | 0.74 | us |
| 2002-03-12T02:25:18.450Z | -1.126 | 26.633 | | 10 4.6 | mb | | 9 | | 1.5 | us |
| 2012-10-14T16:25:53.960Z | -1.061 | 26.824 | | 10 4.6 | mb | 29 | 84.8 | | 0.73 | us |
| 2005-01-13T10:04:57.690Z | 0.64 | 17.391 | | 10 4.6 | mb | 13 | 119.5 | | 1.39 | us |
| 2002-01-17T20:01:29.260Z | -1.684 | 29.077 | 15.4 | 4.7 | mb | 40 | | | 0.95 | us |
| 2004-02-24T02:14:34.030Z | -3.393 | 29.558 | | 10 4.7 | mb | 71 | 106.1 | | 1.03 | us |
| 2005-06-09T13:57:08.950Z | 4.683 | 17.504 | | 10 4.7 | mb | | 86 44.3 | | 0.83 | us |
| 2000-09-05T07:11:30.080Z | 1.011 | 25.818 | | 10 4.7 | mb | 27 | | | 1.2 | us |
| 2006-04-29T20:57:37.810Z | -26.962 | 26.651 | | 5 4.7 | mb | 73 | 39.3 | | 0.91 | us |
| 2006-07-15T10:04:31.000Z | -9.692 | 25.391 | | 10 4.7 | mb | 47 | 117.6 | | 0.51 | us |

Figure 11 : USGS- Extrait de la base dur les tremblement de terre dans la CEEAC

1.3.4.3. NASA's Open Data Portal – Global Landslide Catalog

<https://data.nasa.gov/Earth-Science/Global-Landslide-Catalog/h9d8-neg4>

Le Global Landslide Catalog (GLC) a été développé par la NASA dans le but d'identifier les glissements de terrain déclenchés par les précipitations dans le monde entier, quelle que soient leur taille, leur impact ou leur localisation.

Le GLC prend en compte tous les types de mouvements de masse déclenchés par les précipitations, qui ont été rapportés dans les médias, les bases de données sur les catastrophes, les rapports scientifiques ou d'autres sources. Le GLC est compilé depuis 2007 au Goddard Space Flight Center de la NASA.

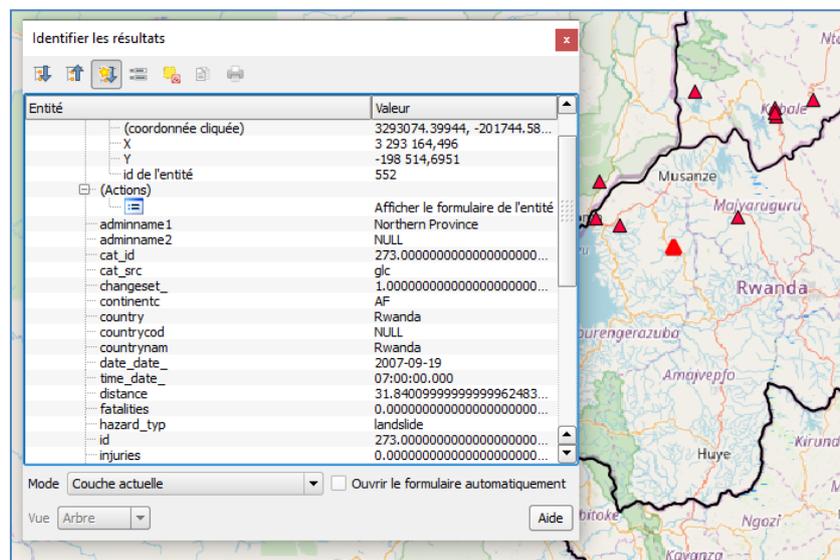


Figure 12 : Vue de la plate forme Global Landslide Catalog de la Nasa sur les glissements de terrain

1.3.4.4. Socio Economic Data and Applications Center (SEDAC)

<https://beta.sedac.ciesin.columbia.edu/data/sets/browse?contains=disaster>

Le Centre de données et d'applications socio-économiques (SEDAC en anglais), est l'un des centres d'archives du système de données et d'informations de l'Administration nationale américaine de l'aéronautique et de l'espace (NASA). Centré sur les interactions humaines dans l'environnement, le SEDAC a pour mission de développer et d'exploiter des applications qui favorisent l'intégration des données socio-économiques et des sciences de la terre et de servir de "passerelle

d'information" entre les sciences de la terre et les sciences sociales⁴.

Depuis le site du SEDAC, il est possible de télécharger au format ASCII différents modèles de distribution des risques sismiques et de glissements de terrain.

Ces produits sont téléchargeables selon une grille au format ASCII de 2.5 minutes de résolution (environ 5km). Les données sont également accessibles via le serveur WFS du SEDAC : <https://sedac.ciesin.columbia.edu/geoserver/wms>

Le premier modèle dont nous nous servons concerne la distribution mondiale des risques sismiques. La méthodologie de constitution du modèle est précisée directement sur le site du SEDAC :

« Modèle élaboré à partir des données du Programme mondial sur les risques sismiques (GSHAP) qui intègre l'avis d'experts pour prévoir les localités où il existe une probabilité de 10 % de dépasser une accélération maximale du sol (pga) de 2 mètres par seconde (environ un cinquième de l'accélération gravitationnelle de surface) sur une période de 50 ans.

Afin d'identifier les points chauds de danger, les valeurs de 2 mètres par seconde et moins ont été exclues de l'analyse. Les plages de valeurs pga résultantes ont été classées en déciles, soit 10 classes d'un nombre approximativement égal de cellules de grille. Cet ensemble de données est le résultat d'une collaboration entre le Centre de recherche sur les dangers et les risques (CHRR) de l'Université de Columbia et le Centre du réseau international d'information sur les sciences de la terre (CIESIN) de l'Université de Columbia. »

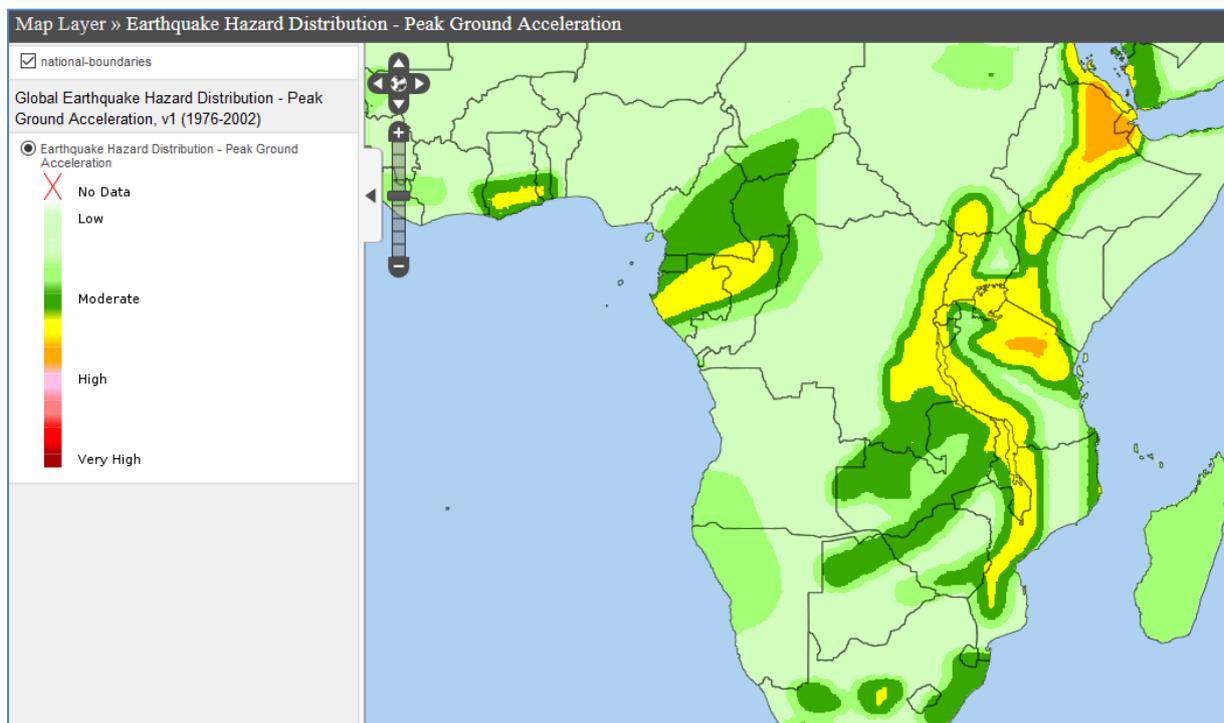


Figure 13 : SEDAC – Vue du modèle de répartition des risques de tremblement de terre

Le second modèle dont nous nous servons concerne la distribution mondiale des risques de glissement de terrain. La méthodologie de constitution du modèle est précisée directement sur le site du SEDAC :

« Modèle basé sur les travaux de l'Institut géotechnique norvégien (NGI). La cartographie des

⁴ Voir le site du SEDAC pour plus de précisions

risques de l'IGN intègre une série de données dont la pente, le sol, les conditions d'humidité du sol, les précipitations, la sismicité et la température. Les données d'élévation de la mission SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) à une résolution de 30 secondes sont également intégrées. Les valeurs de danger inférieures ou égales à 4 sont considérées comme négligeables et seules les valeurs 5 à 9 sont utilisées dans les analyses ultérieures. Pour assurer la compatibilité avec d'autres ensembles de données, la valeur 1 est ajoutée à chacune des valeurs afin de fournir un classement des dangers allant de 6 à 10 en cas de danger croissant. Cet ensemble de données est le résultat d'une collaboration entre le Centre de recherche sur les dangers et les risques (CHRR) de l'Université de Columbia, l'Institut géotechnique norvégien (NGI) et le Centre international des sciences de la terre et du réseau d'information de l'Université de Columbia (CIESIN). »

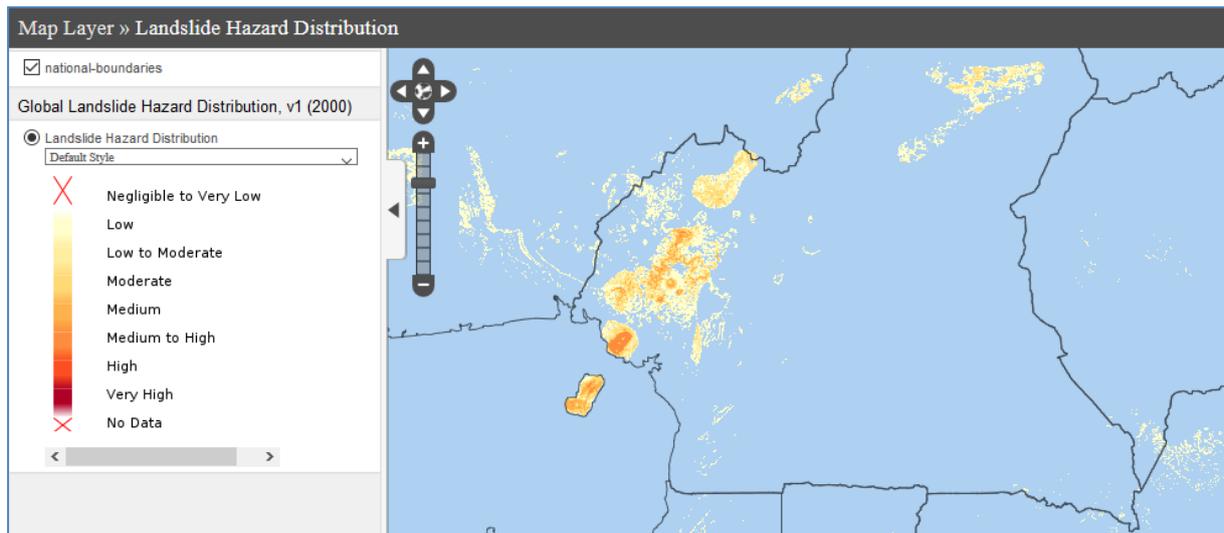


Figure 14 : SEDAC - Vue du modèle de répartition des risques de glissement de terrain

Remarque : signalons cependant qu'on constate de grands écarts de résolutions entre le fichier proposé en téléchargement (au format ASCII) et le fichier source accessible en WMS comme le montre la figure ci-dessous.

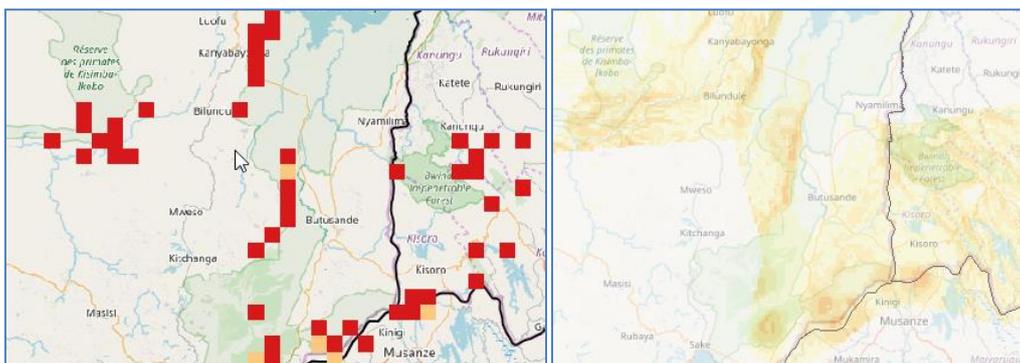


Figure 15 : SEDAC – Comparaison grille en téléchargement et en flux WMS

1.3.4.5. *PNUE / UNISDR – Global Risk Data Platform*

<https://preview.grid.unep.ch/index.php?preview=extract&cat=2&lang=fr>

La plate-forme mondiale de données sur les risques (Global Risk Data Platform) a été lancée en 1999 par le PNUE/GRID-Geneve (Nations Unies) et permet de visualiser des données sur les dangers naturels, l'exposition (humaine et économique) et les risques de catastrophe naturelle. Différents arrière-plans peuvent être choisis pour mettre en évidence différentes composantes reflétant la vulnérabilité, telles que la répartition de la population, le PIB par habitant, l'altitude, la couverture du sol.

Des couches de risques naturels peuvent être ajoutées à la fois pour les événements et la moyenne annuelle pour les cyclones tropicaux, les sécheresses, les tremblements de terre, les feux de biomasse, les inondations, les glissements de terrain et les tsunamis.

Cette plate-forme mondiale de données sur les risques a évolué en suivant toutes les normes relatives aux infrastructures de données spatiales (IDS) et en fournissant tous les services web conformément à l'Open Geospatial Consortium (OGC). Les méthodologies de modélisation des risques ont été examinées par une équipe de 24 experts indépendants sélectionnés par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et l'Organisation des Nations unies pour l'éducation et la culture scientifique (UNESCO).

Nous nous sommes largement appuyés sur cette plateforme pour obtenir et exploiter des données de recensement des événements liés aux catastrophes naturelles sur notre zone d'étude.

Les données sont globalement de deux formes :

- Des tables recensant les différents événements livrés au format tabulaire ;
- Des images au format GEOTIFF résultant d'un traitement géostatistique et permettant d'évaluer la fréquence d'un aléa ainsi que le niveau d'exposition humaine et économique.

La méthodologie de constitution de chaque couche d'information est clairement détaillée dans les métadonnées associées à chaque fichier.

Pour les tremblements de terre, le site propose en particulier un modèle d'intensité des séismes basé sur l'échelle de Mercalli⁵ :

Le modèle est basé sur l'ensemble de données du Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), converti en intensité de Mercalli modifiée (MMI) en utilisant la méthodologie développée par Wald et al. (1999). L'unité est l'intensité de Mercalli modifiée simulée. Ce produit a été compilé par le CIESIN (Université de Columbia) pour le Rapport d'évaluation globale sur la réduction des risques (GAR). Il a été modélisé à l'aide de données mondiales. Crédit : traitement SIG CIESIN (Columbia University).

⁵ L'échelle de Mercalli est une échelle de mesure de l'intensité d'un séisme, qui se fonde sur l'observation des effets et des conséquences du séisme en un lieu donné.

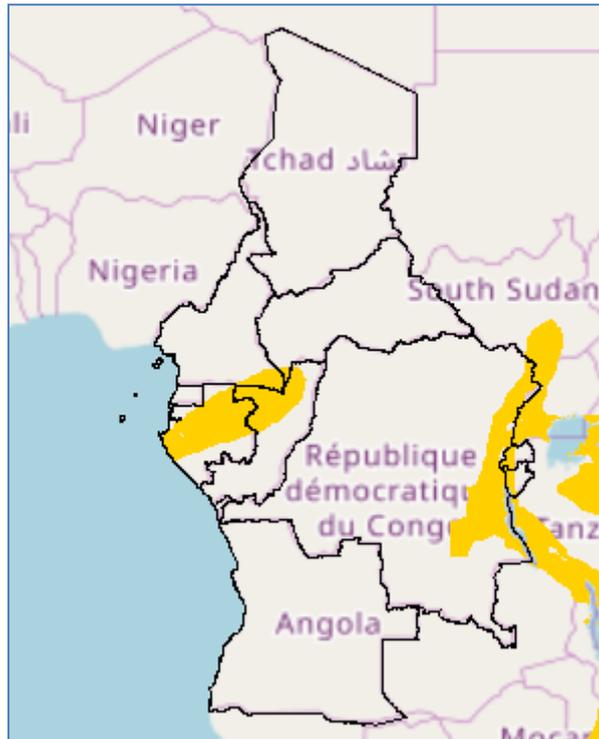


Figure 16 : Global Risk Data Platform – Intensité MMI des tremblements de terre

Pour les glissements de terrain le site propose deux modèles de fréquence (un pour les glissements liés aux précipitations et un autre pour ceux liés aux tremblements de terre) :

Cet ensemble de données comprend une estimation de la fréquence annuelle des glissements de terrain déclenchés par les précipitations. Elle dépend de la combinaison du déclenchement et de la susceptibilité définie par six paramètres : le facteur de pente, les conditions lithologiques (ou géologiques), la condition d'humidité du sol, la couverture végétale, les précipitations et les conditions sismiques. L'unité est la probabilité annuelle attendue et le pourcentage de pixel d'occurrence d'un glissement de terrain potentiellement destructeur x 1000000. Ce produit a été conçu par le Centre international des géorisques /NGI pour le Rapport d'évaluation globale sur la réduction des risques (GAR). Il a été modélisé à l'aide de données mondiales. Crédit : traitement SIG Centre international pour les géorisques /NGI.

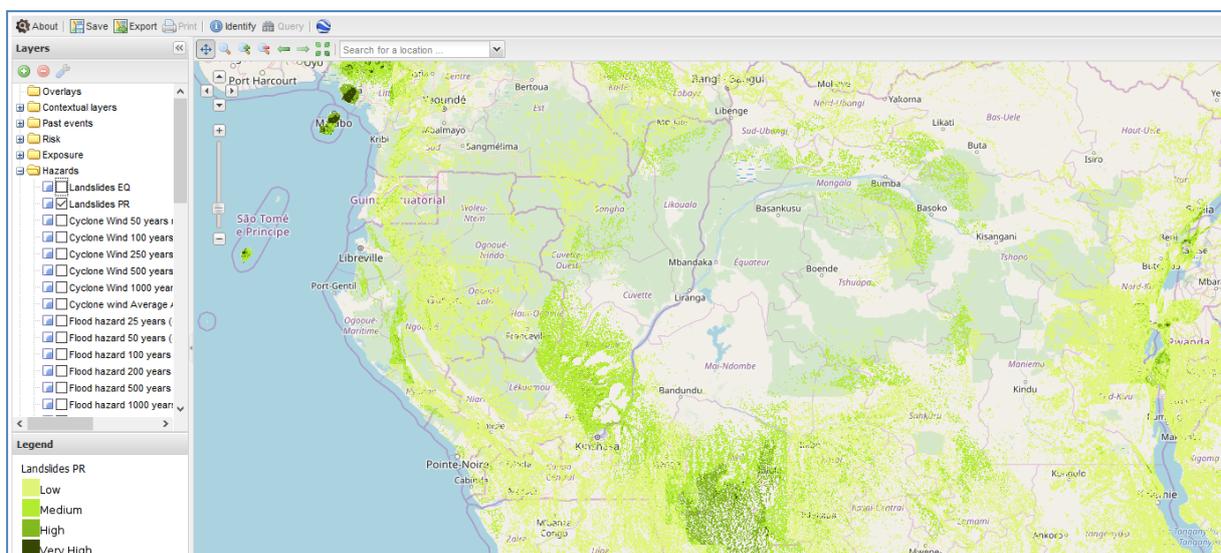


Figure 17 : Global Risk Data Platform – Aléas liés aux glissements de terrain

1.3.4.6. *Smithsonian Institution – Global Volcanism Program*

http://volcano.si.edu/search_volcano.cfm

Le programme sur le volcanisme mondial (GVP) de la Smithsonian Institution est hébergé au département des sciences minérales du Musée national d'histoire naturelle, à Washington D.C.

La mission du GVP est de documenter, comprendre et diffuser des informations sur l'activité volcanique mondiale.

Le GVP est unique dans sa documentation de l'activité actuelle et passée de tous les volcans de la planète actifs au cours des 10 000 dernières années. Au cours des premières phases d'une éruption, partout dans le monde, l'Institution agit comme un centre d'échange de rapports, de données et d'images.

Les données sur les éruptions volcaniques avec l'indice d'explosivité sont téléchargeables au format Excel gratuitement depuis la plate forme.

| Nyamuragira | |
|----------------------|--------------------|
| Country | DR Congo |
| Volcanic Region | Africa and Red Sea |
| Primary Volcano Type | Shield |
| Last Known Eruption | 2019 CE |
| Latitude | 1.408°S |
| Longitude | 29.2°E |
| Summit Elevation | 3058 m 10033 ft |
| Volcano Number | 223020 |

The image also includes a map of East Africa showing the location of Nyamuragira in the Democratic Republic of Congo, near the borders of Tanzania, Kenya, and Zambia. The map is credited to Bing and Microsoft Corporation.

Figure 18 : Vue de la plateforme Global Volcanism Program

2. EVALUATION DES ALEAS

2.1. Aléas d'inondation fluviale

Après l'analyse détaillée des zones inondables recueillies, il s'est avéré que les données disponibles ne sont pas suffisantes :

- Les données de l'UNDRR représentent bien des zones inondables d'évènements majeurs et sont issues d'une méthodologie pertinente. Néanmoins la taille des pixels (1km*1km) est trop grossière pour notre rendu. De plus il est constaté des « trous » dans ces données (probablement dû à la taille des pixels) ;
- Les données de Global Surface Water Explorer sont beaucoup plus précises et issues d'observations et non de calcul. Néanmoins, ces données ne présentent pas des crues assez fortes (les débordements y sont faibles) et ne peuvent donc suffire pour l'analyse de risque.

Ainsi nous allons produire, dans le cadre de cette étude, une cartographie de l'aléa inondation fluviale basée sur la méthodologie décrite ci-dessous et décomposée en deux temps,

- Une partie hydrologie, afin d'estimer les débits de crue ;
- Une partie hydraulique qui consistera à transformer les débits de crue en hauteurs d'eau spatialisées.

Ce type d'analyse, bien que complexe, est relativement classique mais se réalise généralement sur un bassin versant précis, de taille modeste, et nécessite l'utilisation de nombreuses données et la réalisation de modélisation détaillée. De telles études nécessitent de nombreux homme mois, même sur une zone précise.

Il est important d'avoir ces éléments à l'esprit car, compte tenu de l'étendue de la zone d'étude, les cartes qui vont être générées, ne peuvent remplacer des études spécifiques sur des zones ciblées, pour dimensionnement un aménagement par exemple.

Il est néanmoins possible pour le groupement de produire une cartographie indicative mais plus précise et/ou plus exhaustive que celles disponibles. Ceci est rendu possible de par notre expertise en automatisation de modélisation, notre aptitude à travailler avec les données globales et la disposition de puissants serveurs de calcul dédiés.

2.1.1. Traitement des données hydrologiques

Les débits spécifiques de crue ou pseudo spécifiques de crue vont être recherchés en des points hydrologiquement stratégiques du territoire de la CEEAC.

Pour se faire nous allons en premier lieu consulter les données SIEREM pour estimer au droit des stations hydrométriques existantes les débits de crues fréquentes et rares (biennale et centennale).

Ces données ont néanmoins deux défauts majeurs :

- les données sont globalement anciennes car pour beaucoup issus des travaux de l'ORSTOM ;
- les données sont très disparates suivants les pays pour les mêmes raisons, l'ORSTOM n'ayant pas eu une présence dans tous les pays (par exemple il n'y a quasiment aucune donnée pour l'Angola et très peu en RDC en hydrométrie).

Pour autant, il s'agit de la meilleure source d'information dont nous disposons, n'ayant pu obtenir aucune donnée de la part des pays.

Pour le bassin du Congo, BRLi a réalisé en 2013 pour le compte de la CICOS une modélisation au pas de temps journalier des débits pour 400 sous bassins versant. Ces données seront exploitées pour définir les crues fréquentes.

Les données vont être analysées par grand bassin versant pour tenter de trouver des relations de type $Q_{crue} = A \times S^n$ (avec A et n comme constantes recherchées et S la surface du bassin versant en km²).

Ces relations vont être extrapolées à tous les bassins en se basant sur la pluviométrie mais aussi tout autre facteur pertinent (occupation des sols, densité du réseau de drainage, altitude...).

Ainsi des analyses sur les pluies vont être réalisées, à la fois sur les données satellites **TRMM** pour avoir une bonne vision spatialisée mais également en utilisant des données aux sols (pluviomètres disponibles via l'OMM) afin de disposer de données plus anciennes que celles satellites, et avec l'objectif de couvrir autant que possible la période de mesure des débits.

2.1.2. Traitement des données hydrauliques

Un MNT sera utilisé afin de :

- Déterminer automatiquement les cours d'eau dont le bassin versant est d'une taille supérieure à 100km² ;
- permettre de définir en tout point de ce réseau quel est le bassin versant amont.

Deux MNT seront testés afin de choisir celui qui donne les meilleurs résultats (SRTM et ALOS). Ces deux MNT ont un pas de 30m x 30m.

Les débits seront calculés le long du réseau hydrographique défini en tenant compte du débit spécifique issu de l'hydrologie et du bassin versant amont.

Les débits de crue seront diminués afin de tenir compte du débit transitant dans le lit mineur qui n'est pas visible par les MNT utilisés (il pourra être soustrait par exemple le débit de crue annuel).

Les débits obtenus seront alors transformés en hauteur d'eau dans le lit majeur à l'aide de loi d'hydraulique de type Manning-Strickleren pour tout point du réseau hydrographique dont le bassin versant amont à une taille supérieure à 100km².

Les coefficients de Manning Strickler seront issus de l'expérience du modélisateur et de paramètres physiques comme l'occupation des sols.

Les hauteurs d'eau seront spatialisées sur le MNT afin d'estimer les zones inondables. Le rendu sera affiné de manière itérative en fonction des premiers résultats mais devrait se traduire par un raster fournissant les hauteurs d'eau en mètre par rapport au terrain naturel, dont le pas de la grille devrait être compris entre 30 et 90m, soit beaucoup plus précis que les données de type UNDRR.

Remarque : au regard de la taille de la zone d'étude et du peu de données de calage disponibles, il convient de garder à l'esprit que les zones inondables fournies ne sont qu'indicatives. Elles peuvent servir à donner de grandes orientations pour la CEEAC mais ne peuvent servir à la définition d'infrastructures ou de plans d'occupation du sol qui demandent des études locales et détaillées basées sur des données de terrain.

2.1.3. Focus sur les villes

Il n'a pas été obtenu d'informations plus précises que les données générales citées précédemment, notamment de MNT local sur les villes qui permettraient d'affiner l'analyse. Néanmoins l'échelle de travail retenue permet d'avoir un rendu tout à fait satisfaisant pour identifier les zones à risque fluvial sur les villes.

On rappelle, comme explicité dans le rapport de démarrage, qu'il n'est pas prévu d'analyser les risques d'inondations pluviales (bien que parfois prépondérantes dans les villes, faute de réseau de drainage suffisant ou de manque d'entretien de celui-ci). Les inondations transcrites concernent le débordement des principaux cours d'eau.

2.1.4. Risque d'inondations

Le risque sera issu du croisement des enjeux (vulnérabilité) avec les hauteurs d'eau selon la grille suivante :

| Hauteur d'eau (m) | Zone d'habitat, infrastructures... | Zone agricole | Zone à faible enjeu (friche, forêt...) |
|-------------------|------------------------------------|---------------|--|
| 0-0.5 | Fort | Modéré | Résiduel |
| >0.5 | Fort | Fort | Modéré |

2.2. Aléas climatologiques

Le concept risque climatique désigne la probabilité que des conséquences néfastes ou des pertes attendues (par exemple, des décès, une réduction de la productivité économique, la dégradation de l'environnement) se produisent en raison d'interactions entre les aléas climatiques, l'exposition à ces aléas et des conditions de vulnérabilité.

En d'autres termes un risque climatique est l'ensemble des conséquences potentielles liées au climat (incidences ou impacts climatiques) sur des éléments de valeur (les ressources, les êtres humains, les écosystèmes, la culture, etc.). Ainsi, les risques climatiques (c'est-à-dire, les risques associés à la variabilité et aux changements du climat) constituent l'un des principaux facteurs qui influent sur les hommes, ses investissements et l'environnement. En plus des événements dangereux soudains, les risques climatiques englobent également un large éventail de tendances évoluant régulièrement sur une période plus longue. Les conséquences négatives de ces tendances se manifestent par une lente augmentation de la pression sur l'environnement et les moyens de subsistance

Afin de saisir tous les impacts pertinents du changement climatique sur le système exposé, les évaluations du risque climatique doivent donc prendre en compte à la fois les événements dangereux soudains et les tendances évolutives lentes.

Comme risques climatiques potentiellement dangereux nous avons les phénomènes météorologiques extrêmes (par exemple, les inondations, les sécheresses, les orages et la grêle), les ouragans, les tempêtes, la grêle, la hausse des températures et la modification des régimes pluviométriques, le stress hydrique, el niño, les changements climatiques entre autres.

Deux risques majeurs seront examinés dans le cadre de cette mission à savoir la sécheresse. Et les événements extrêmes.

2.2.1. Aléas de sécheresse

Nous trouverons en annexe [Erreur ! Source du renvoi introuvable. - Erreur ! Source du renvoi introuvable.] une typologie des différents types de sécheresse.

Il existe une multitude d'outils pour caractériser l'aléa sécheresse. Dans le cadre de ce travail, nous allons développer les approches satellitaires en nous appuyant sur 4 indicateurs à savoir :

- Le SPI (Standardized Precipitation Index) ;
- Le PDSI (Palmer DroughtSeverity Index) ;
- Le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ;
- Les séquences sèches.

Ces indicateurs permettent de déterminer d'une façon scientifique le seuil indiquant la sécheresse à différentes échelles de temps et de définir des classes d'appartenance à cet événement en fonction de sa sévérité et de sa position.

A l'inverse des approches traditionnelles qui font appel à des données directement accessibles, habituellement enregistrées aux stations météorologiques, les approches satellitaires traitent des données issues des satellites accessibles en ligne.

L'identification des caractéristiques de l'aléa sécheresse basée sur les indicateurs (SPI, PDSI, NDVI et les longues séquences sèches), doit permettre de mieux comprendre la nature du phénomène. Parmi ces caractéristiques, on a la localisation spatiale en s'appuyant sur les outils d'interpolation spatiale des indicateurs identifiés (SPI, PDSI, NDVI et les longues séquences sèches).

Différentes cartes pourront être réalisées suite au traitement des différents indices :

- Des cartes (moyennes annuelles et moyenne mensuelles) de fréquence d'occurrence de chaque indicateur (SPI, PDSI, NDVI et les longues séquences sèches), en prenant en compte la longueur des données pluviométriques (1981-2018 pour les CHIRPS ; 2000-2018 pour les NDVI ; 1958-2018 (pour les données PDSI).
- Des cartes (moyennes annuelles et moyenne mensuelles) de l'intensité : Celle-ci seront calculées sur les chroniques pluviométriques

2.2.1.1. L'Indice de précipitation standardisé (SPI - Standardized Precipitation Index)

Les données CHIRPS (1981-2018) ou ARCC2 (1983-2019) ont été utilisées pour calculer au pas de temps mensuel le SPI pour chaque point de grille appartenant aux 11 pays de la CEEAC, dans la mesure où ce sont les données de précipitations qui constituent en fait le seul paramètre requis. Pour calculer l'indice SPI, il faut disposer idéalement de relevés mensuels s'étalant sur au moins 30 ans.

Cet indice est déterminé par une normalisation des précipitations pour un point de grille donné après qu'on y a ajusté une densité de probabilité suivant la description qu'en donnent ses auteurs sous la forme :

$$SPI = \frac{(P - P_m)}{\sigma_p}$$

p = Précipitation totale d'une période (mm)

p_m = Précipitation moyenne historique pour la période (m)

σ_p = Ecart-type historique des précipitation pour la période (mm)

Basé sur un historique de précipitation de longue durée, le SPI permet de quantifier l'écart des précipitations d'une période, déficit ou surplus, par rapport aux précipitations moyennes historiques de la période. Cette période varie généralement de 3 mois à 24 ans et leur

détermination se fait sous forme de moyenne glissante. Cette période, sur laquelle le SPI varie, est fonction du type de sécheresse. On prendra par exemple l'indice SPI sur 1 à 2 mois pour une sécheresse météorologique, sur 1 à 6 mois pour une sécheresse agricole et sur 6 à 24 mois, voire plus pour une sécheresse hydrologique. En effet, selon ses auteurs, l'humidité du sol réagit relativement vite aux anomalies de précipitations, tandis que les eaux souterraines, le débit des cours d'eau et les volumes stockés dans les réservoirs sont sensibles aux anomalies de précipitations à plus long terme.

McKee et al. (1993) a défini les critères d'un épisode de sécheresse pour une échelle de temps. Les valeurs positives de l'indice SPI indiquent des précipitations supérieures à la médiane et les valeurs négatives, des précipitations inférieures à la médiane. Une sécheresse sévit dès lors quand l'indice présente de façon continue une valeur négative de -1,0 ou moins et se termine lorsque l'indice devient positif. Etudier cet indice permet également de distinguer les années sèches des années humides ou les années déficitaires des années excédentaires (Tableau1).

| VALEURS DE L'INDICE SPI | INTERPRETATION |
|-------------------------|----------------------|
| 2,0 et plus | Extrêmement humide |
| De 1,5 à 1,99 | Très humide |
| De 1,0 à 1,49 | Modérément humide |
| De -0,99 à 0,99 | Proche de la normale |
| De -1,0 à -1,49 | Modérément sec |
| De -1,5 à -1,99 | Très sec |
| -2 et moins | Extrêmement sec |

Tableau 2 : Valeurs de l'indice SPI définie par McKee et al. (1993)

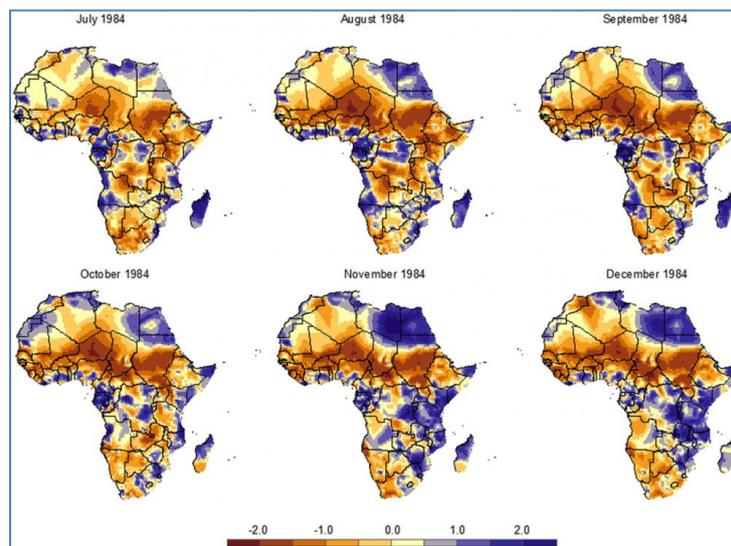


Figure 19 : SPEI Afrique | NCAR - Climate Data Guide

Par conséquent, on distingue pour chaque épisode de sécheresse une durée, avec un commencement et une fin, et une intensité pour chaque mois durant lequel l'épisode se poursuit. Pour obtenir ce que l'on peut appeler la «magnitude» de la sécheresse, il suffit d'ajouter toutes les valeurs de l'indice pour l'ensemble des mois sur lesquels porte l'épisode.

Cet indice a été validé par consensus lors de l'Atelier interrégional sur les indices et les systèmes d'alerte précoce applicables à la sécheresse, organisé à l'Université du Nebraska-Lincoln (États-Unis

d'Amérique) du 8 au 11 décembre 2009. Les Services météorologiques et hydrologiques nationaux du monde entier devraient se référer pour décrire les sécheresses météorologiques ainsi les organisations en charge des questions météorologiques à savoir l'Organisation Météorologique Nationale (OMM), l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA), le Ministère de l'agriculture des États-Unis d'Amérique (USDA) et le Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CCD). En juin 2011, le Seizième Congrès météorologique mondial a adopté une résolution par laquelle il approuvait ces deux recommandations.

Les avantages du calcul de l'indice sont nombreux.

- ✓ Les données sur les précipitations sont normalisées à l'aide d'une fonction de distribution de probabilité de telle manière que les valeurs de l'indice SPI constituent des écarts types par rapport à la médiane.
- ✓ Il faut disposer de relevés mensuels s'étalant sur une période continue d'au moins 30 ans, une série chronologique encore plus longue étant préférable.
- ✓ Quand il porte sur un laps de temps inférieur à un mois et supérieur à 24 mois, l'indice SPI devient peu fiable.
- ✓ Dans son interprétation, l'indice est invariant par rapport à l'espace considéré.
- ✓ Reposant par nature sur des probabilités (probabilité des précipitations observées transformée en un indice), l'indice est particulièrement utile dans les domaines de la gestion des risques et de la prise de décision.
- ✓ L'indice SPI offre une bonne souplesse d'utilisation: il est possible de le calculer pour de multiples échelles de temps.
- ✓ Quand il porte sur un laps de temps relativement court, entre 1 et 3 mois par exemple, l'indice SPI permet de détecter rapidement les situations de sécheresse et d'en évaluer la gravité.
- ✓ Sa nature probabiliste le place dans un contexte historique, ce qui convient bien à la prise de décision.

L'utilisation d'un tel indice impose quelques précautions.

- ✓ L'indice SPI ne repose que sur les relevés de précipitations
- ✓ Le bilan hydrique du sol n'étant pas pris en compte, l'indice ne permet pas le calcul du rapport évapotranspiration/évapotranspiration potentielle (ET/ETP).

2.2.1.2. *Le Palmer DroughtSeverity Index (PDSI)*

Appelé d'abord Indice de sécheresse de Palmer (PDI - Palmer Drought Index), cet indicateur fut modifié afin de pouvoir caractériser le début, la fin et la sévérité des périodes de sécheresse. La version transformée est appelée Indice de sévérité des sécheresses de Palmer (PDSI - Palmer DroughtSeverity Index).

Le PDI, tout comme le PDSI, sont des indicateurs qui mesurent la différence d'approvisionnement en humidité pour les phases sèches autant que pour les phases humides. Dû à sa sensibilité à l'humidité des sols, il est amplement utilisé en agriculture mais aussi pour la surveillance des conditions de sécheresse. Les valeurs de PDSI sont calculées pour des périodes hebdomadaires ou mensuelles afin de caractériser les conditions régionales. Palmer a fondé son indice sur le concept de l'offre et de la demande de l'équation d'équilibre de l'eau, en tenant compte plus que le déficit de précipitations à des endroits précis. Parce que ce sont des indicateurs normalisés, il est possible de comparer différentes régions. Le PDSI s'écrit sous la forme suivante :

$$PDSI = X(i) = 0,897X(j - 1) + Z(i)/3$$

$$X(i - 1) = PDSI \text{ de la période précédente}$$

$Z(i)$ = « Moisture Anomaly Index ou l'indice de l'anomalie en humidité

i = Mois de l'année

et

$Z(i) = K(P - P_c)$

K = Facteur de poids

P = Précipitation actuelle (mm)

P_c = Précipitation climatology Appropriate for existing condition Elle prend en compte l'évapotranspiration potentielle, la recharge du sol potentiel (mm), le ruissellement potentiel (mm) et la perte potentielle dans le sol (mm)

Le PDSI utilise, en plus des précipitations et de la température de l'air, l'humidité contenu dans le sol. Il ne tient toutefois pas compte des ressources hydrologiques de surface pouvant influencer les conditions de sécheresse, comme les cours d'eau, les réservoirs, la couverture neigeuse ou le gel du sol. Il ne tient pas compte non plus des changements pouvant survenir dans l'utilisation des ressources en eau.

Le PDSI est un indicateur basé sur les équations du bilan hydrique. Il n'existe toutefois aucune méthode acceptée à l'unanimité pour le calcul de l'évapotranspiration et c'est la méthode de Thornthwaite (1948) qui est ici utilisée.

Cet indicateur ignore aussi le temps de propagation de l'eau dans le sol. Il en résulte donc une surestimation de l'approvisionnement en eau du sol, ce qui introduit un biais dans l'estimation des conditions de sécheresse. De plus, les valeurs représentant le début, la fin et l'intensité d'une période de sécheresse sont arbitrairement choisies.

Le PDSI ne tient toutefois pas compte des conditions saisonnières qui peuvent fortement influencer le bilan hydrique. Il donne, malgré tout, une information utile pour la caractérisation des situations de sécheresse.

L'objectif de cet indice de sécheresse de Palmer était de fournir des mesures des conditions d'humidité qui ont été normalisés de sorte que les comparaisons à l'aide de l'indice pourraient être faites entre les sites et entre les mois. Le tableau du PDSI varie de +4 (*extremely wet*, extrêmement humide) à -4 (*extreme drought*, sécheresse extrême).

| Indice | Valeur |
|---------------|-----------------------------|
| 4,0 et plus | Extrêmement humide |
| 3,0 à 3,99 | Très humide |
| 2,0 à 2,99 | Modérément humide |
| 1,0 à 1,99 | Légèrement humide |
| 0,5 à 0,99 | Début de la séquence humide |
| 0,49 à -0,49 | Proche de la normale |
| -0,5 à -0,99 | Début de la séquence sèche |
| -1,0 à -1,99 | Légèrement sec |
| -2,0 à -2,99 | Modérément sec |
| -3,0 à -3,99 | Sévèrement sec |
| -4,0 et moins | Extrêmement sec |

Tableau 3 : Valeurs seuil de l'indice PDSI

Comme on peut bien le remarquer, les valeurs positives identifient les phases humides et les valeurs négatives les périodes sèches.

Cet indice apparait dans la littérature comme l'un des plus complexes indices de caractérisation de la sécheresse à calculer. Ne pouvant pas disposer de tous les paramètres hydroclimatiques, pour l'examiner, nous avons travaillé sur les fichiers tiff mondiaux mis gratuitement en ligne au pas de temps mensuel de 1958 à 2018.

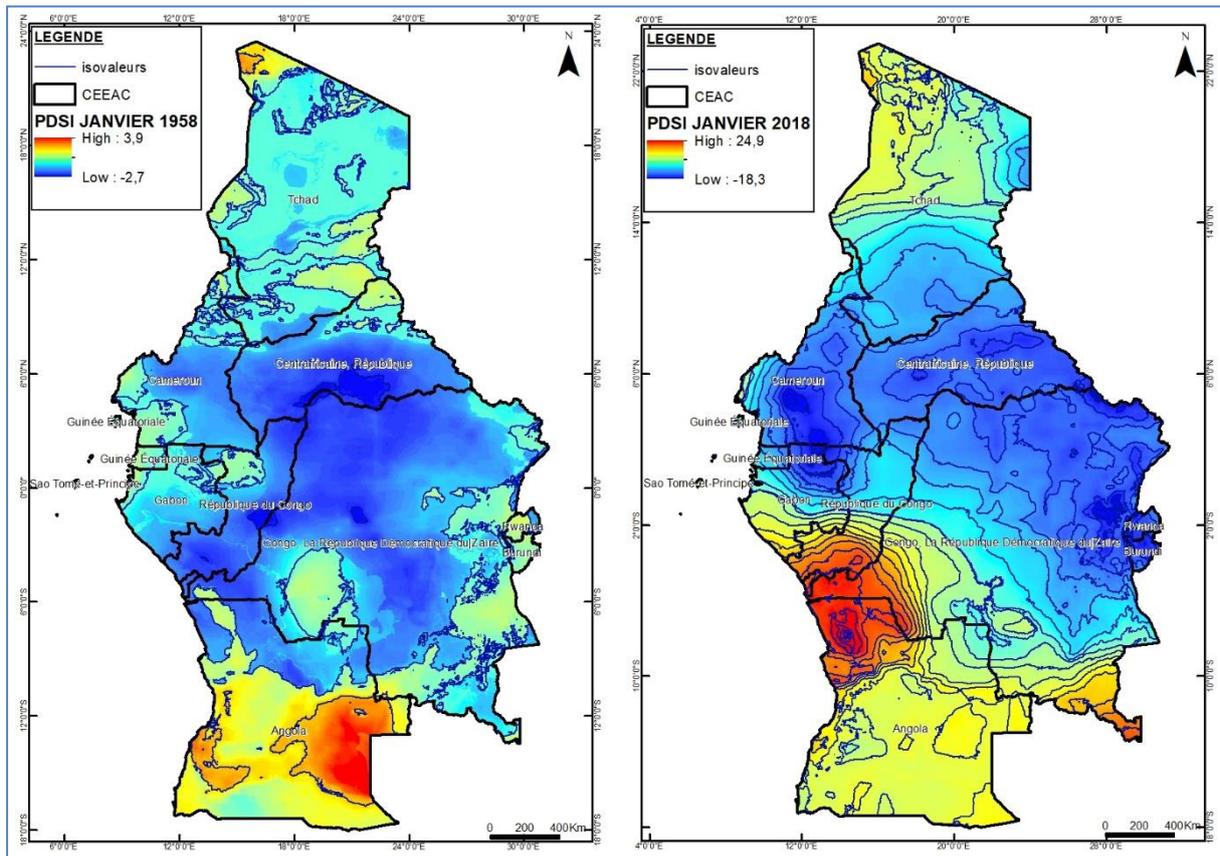


Figure 20 : Cartographie de l'indice PDSI : A gauche sans isoligne, à droite avec isoligne

2.2.1.3. L'Indice de végétation normalisé (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index)

Pour caractériser la sécheresse, de nombreuses études s'appuient sur les changements du couvert végétal. En effet, les sécheresses à répétition ainsi que la pression démographique entraînent des modifications durables du paysage en Afrique à cela s'ajoute l'augmentation de ces pratiques agricoles ainsi que la récession pluviométrique.

Les précipitations sont le facteur le plus limitant de la dynamique végétale. Leur distribution, leur diversité et leur productivité du couvert végétal dépendent donc des précipitations et des conditions édaphiques qui vont diriger leur redistribution (infiltration ou ruissellement). La redistribution des précipitations en fonction des capacités d'infiltration du sol, détermine la structure, la dynamique et la composition floristique de l'arc végétalisé.

L'Indice de végétation normalisé (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) est un des indices de végétation bien connus et très utilisés. Comme les autres indices de végétation, le NDVI est sensible à la présence de végétation verte. C'est un outil efficace pour la surveillance des cultures, pour la surveillance des précipitations et des sécheresses, mais aussi un indice efficace pour identifier les zones de stress hydrique, plus spécialement dans les milieux homogènes. Dans les régions hétérogènes où les ressources varient grandement sur de courtes distances, son

interprétation devient plus difficile.

Le NDVI est élaboré à partir de la différence entre la reflectance de la végétation fournie par le capteur AVHRR dans le proche infrarouge (canal 2 : 0,73-1,1 µm) et de celle obtenue dans le rouge (canal 1 : 0,55-0,68 µm), divisée par leur somme.

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

Le résultat d'un NDVI prend la forme d'une nouvelle image, la valeur de chaque pixel étant comprise entre 0 (sol nu) et 1 (couvert végétal maximal). C'est l'analyse de la palette de nuances s'étendant entre ces valeurs extrêmes (très peu fréquentes) qui va renseigner l'observateur sur la densité de couvert et la quantité de biomasse verte.

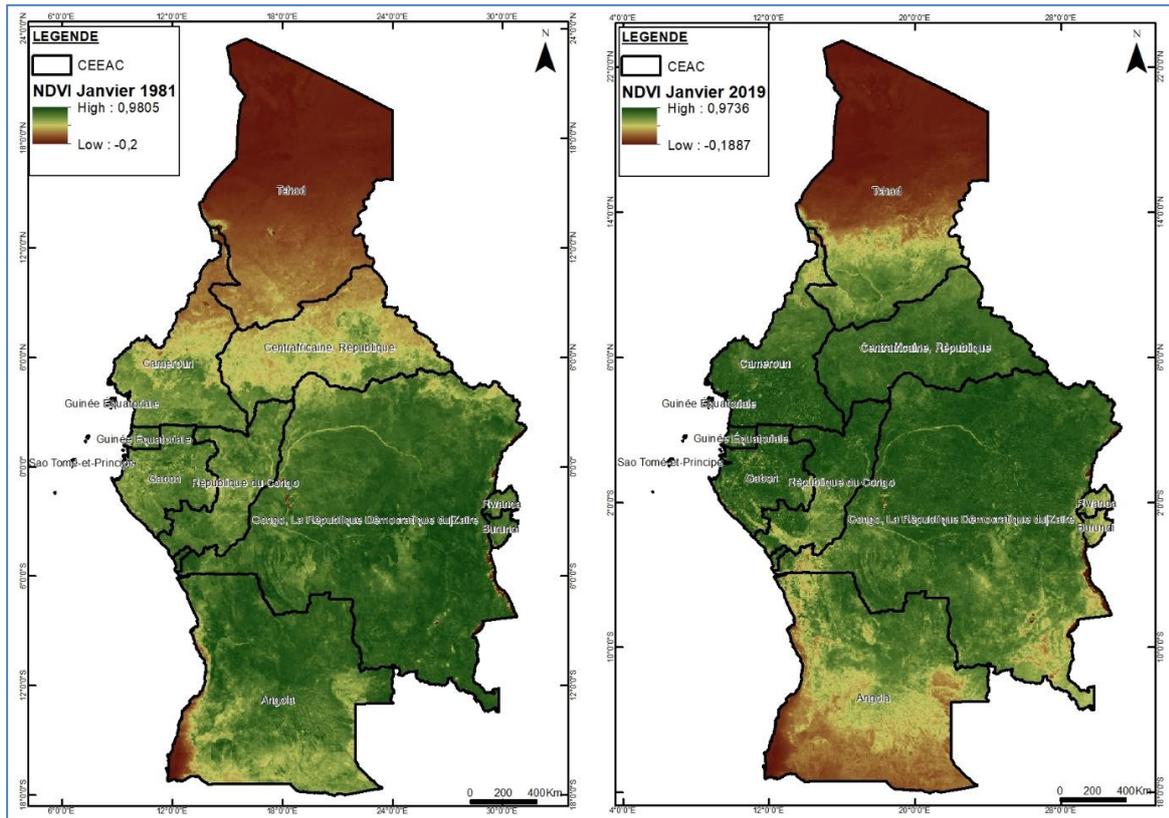


Figure 21 : Un exemple de sortie NDVI en janvier 1981 et janvier 2019

Le NDVI souffre aussi d'une rapide saturation en milieu de végétation dense et la contribution du sol en région de faible densité de végétation rend son interprétation douteuse. Son interprétation peut donc être biaisée dans les régions arides ou sujettes aux sécheresses.

2.2.1.4. Les séquences sèches

Pour caractériser davantage l'aléa sécheresse on travaillera sur les séquences sèches notamment leur fréquence et leur intensité pour chacun des points appartenant aux 11 pays de la CEEAC. Une séquence sèche est une succession de jours sans pluies. Selon les auteurs et suivant l'OMM, un jour sans pluies est un jour qui a reçu moins de 1 mm de pluies. Ce sont les longues séquences qui seront d'avantage mises en évidence et leur cartographie spatiale se fera à l'aide d'outils de d'interpolation spatiale. Ces séquences sèches seront analysées à partir des données journalières ARC2. Des méthodes d'interpolation, telle que le *krigeage*, sont plus adaptées pour estimer un champ de pluie hétérogène. Le *krigeage* est la méthode d'interpolation la plus utilisée en hydrométéorologie.

2.2.2. Aléas liés aux événements climatiques extrêmes

Par extrême, on entend les observations qui ont une faible probabilité d'occurrence, qui s'écartent fortement d'une valeur moyenne ou de la tendance habituelle mais ayant un fort impact sur les écosystèmes et les investissements humains.

Les événements climatiques tels que sécheresses, inondations, canicules, tempêtes, vagues de chaleur, pluies fortes, etc. parce qu'ils représentent des écarts importants à la normale climatologique, peuvent être qualifiés comme extrêmes.

2.2.2.1. Le choix des valeurs de précipitation

Les événements extrêmes seront étudiés en nous appuyant sur les valeurs maximales et des valeurs seuils.

Plus concrètement, on travaillera sur les valeurs records à savoir les précipitations maximales et les températures maximales.

Selon le GIEC, pour caractériser un événement, il faut considérer toutes les valeurs se situant en dessous du 10 percentile ou au-dessus du 90^{ième} percentile. De manière, on travaillera sur les valeurs se situant au-dessus du 90^{ième} percentile.

Ces valeurs (maximales et valeur seuil) seront extraites des différents fichiers journaliers notamment la base de données STRMM en ce qui concerne les données pluviométriques et la base de données CHIRPS pour les données de températures.

2.2.2.2. La modélisation valeurs extrêmes

Un modèle fréquentiel très souvent utilisé pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes est la distribution statistique de Gumbel (loi double exponentielle ou loi de Gumbel). La fonction de répartition de la loi de Gumbel $F(x)$ s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-a}{b}\right)\right) \quad (1) \text{ avec la variable réduite suivante : } u = \frac{x-a}{b}$$

où a et b sont les paramètres du modèle de Gumbel.

La distribution s'écrit alors de la manière suivante : $F(x) = \exp(-\exp(-u))$ et $u = -\ln(-\ln(F(x)))$. L'avantage d'utiliser la variable réduite est que l'expression d'un quantile est alors linéaire : $x_q = a + bu_q$. Pour dire vrai, pour déterminer le temps de retour, il faut que la loi de probabilité de modélise la série de données. Ici c'est la loi d'ajustement de Gumbel. Toutefois, on distingue d'autres lois à savoir Frechet et de Weibull. Le choix d'une loi déterminée se fera lors de l'analyse des données pays, pays.

2.2.2.3. La période de retour des événements extrêmes

On pourra si possible déterminer la période de tel événements. Destinée à caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène, la période de retour qu'un événement est l'intervalle de temps moyen séparant 2 réalisations de cet événement. En termes de probabilités, c'est l'inverse de la probabilité d'occurrence de l'événement considéré au cours d'une année quelconque.

$$T = \frac{1}{1 - F(x_i)}$$

$F(x_i)$ est la fonction de répartition. La variable T est interprétée comme étant le temps moyen entre deux événements où la valeur considérée est dépassée. Une hauteur de précipitations $x_{T,a}$

un temps de retour T si cette hauteur est dépassée en moyenne à chaque T année. Un événement attendu, statistiquement parlant, une fois tous les dix ans a un temps de retour de dix ans. Cette hauteur pluviométrique de période retour 10 ans a donc une probabilité 0,1 d'être dépassé. Autrement dit, chaque année, on a 9 chances sur 10 d'échapper à cette pluie décennale.

2.2.2.4. *Cartographie spatiale des évènements extrêmes*

Comme tous les autres paramètres climatiques, la cartographie des résultats issus de l'analyse des évènements extrêmes se fera en nous appuyant sur les outils d'analyse spatiale.

Nous produirons des cartes annuelles et mensuelles des isovaleurs de précipitations et températures maximales et au 90^{ème} percentile.

2.3. Aléas géotectoniques

Les données téléchargées depuis les différentes plates formes spécialisées dans le recensement et le suivi des catastrophes naturelles sont, pour la majorité, directement exploitables avec un SIG. Le traitement consistera à les mettre en forme, et à les confronter de façon critique les unes aux autres.

Au niveau des zones urbaines, en l'absence de données pédologiques, géologiques et/ou géomorphologiques ainsi que de MNT plus précis que le SRTM, nous nous focaliserons notre analyse sur l'étude de répartition et de récurrence des événements recensés sur les différents sites pré-mentionnés.

2.3.1. Aléas liés aux glissements de terrain

Un premier niveau de traitement consistera à élaborer un Modèle numérique de pente à partir du **MNT**.

La pente étant le facteur dominant des glissements de terrain, ce traitement permettra de mettre en évidence les zones vulnérables. Un fichier de forme (shapefile) sera généré par classification de ce modèle de pente en 5 classes.

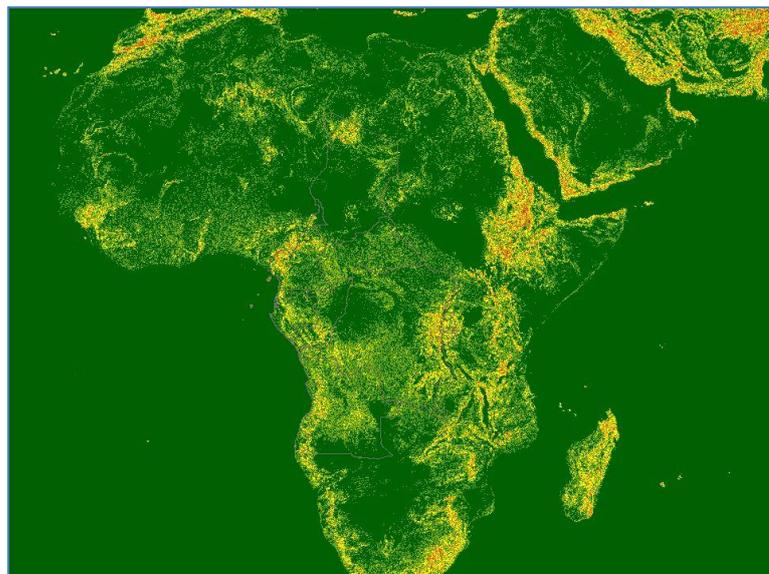


Figure 22 : Carte des pentes issue du traitement des données SRTM

Nous croiserons la carte de vulnérabilité aux glissements de terrain avec les données historiques (recensement des glissements) permettant de connaître la localisation et la fréquence des

glissements.

Comme on l'a vu les services de la NASA et de l'UNDRR proposent un modèle de récurrence issu des travaux de l'Institut Géographique Norvégien (NGI).

Le Global Risk Data Platform de l'UNDRR permet le téléchargement des modèles de fréquence annuelle des glissements de terrain déclenchés par les précipitations et par les tremblements de terre.

Ces modèle dépendent de la combinaison du déclenchement (historique) et de la susceptibilité définie par six paramètres : le facteur de pente, les conditions lithologiques (ou géologiques), la condition d'humidité du sol, la couverture végétale, les précipitations et les conditions sismiques. L'unité est la probabilité annuelle attendue et le pourcentage de pixel d'occurrence d'un glissement de terrain potentiellement destructeur x 1000000.

Le produit en sortie est un GEOTIFF de 900m de résolution comme le montre la figure ci-dessous.

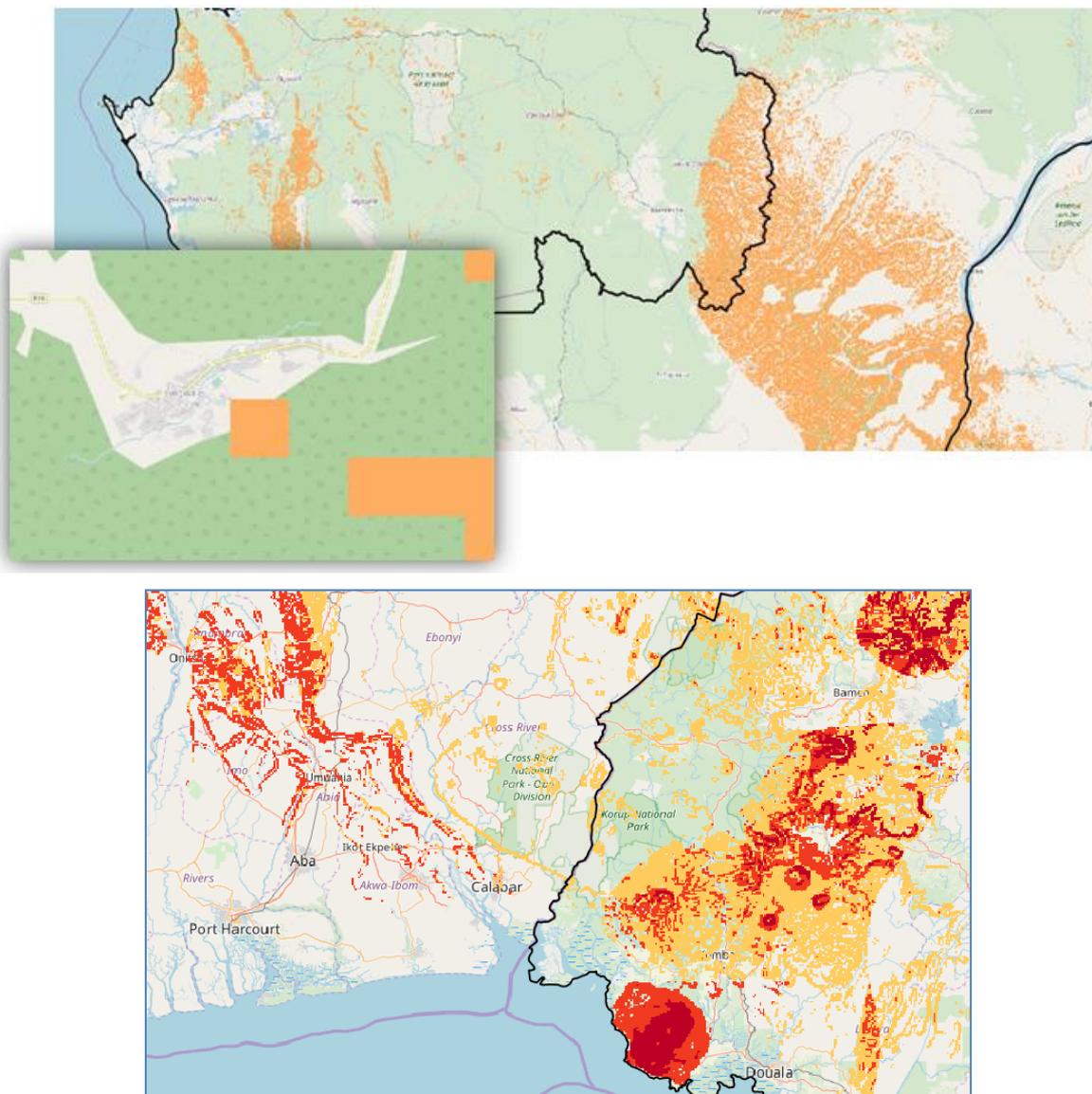


Figure 23 : Extraits du modèle de fréquence des glissements de terrain (Global Risk Data Platform – UNDRR)

Enfin, les données CATNAT et de la NASA seront compilées en une base de donnée unique. Les données seront géoréférencées à partir des longitudes/Latitudes mentionnées dans le fichier.

Cette géolocalisation permettra de confronter visuellement la localisation des événements de glissement de terrain avec le modèle de fréquence élaboré par UNDRR ainsi qu'avec le SRTM.

Les données CAT NAT seront en particulier exploitées en zone urbaine pour cibler les zones de forte vulnérabilité.

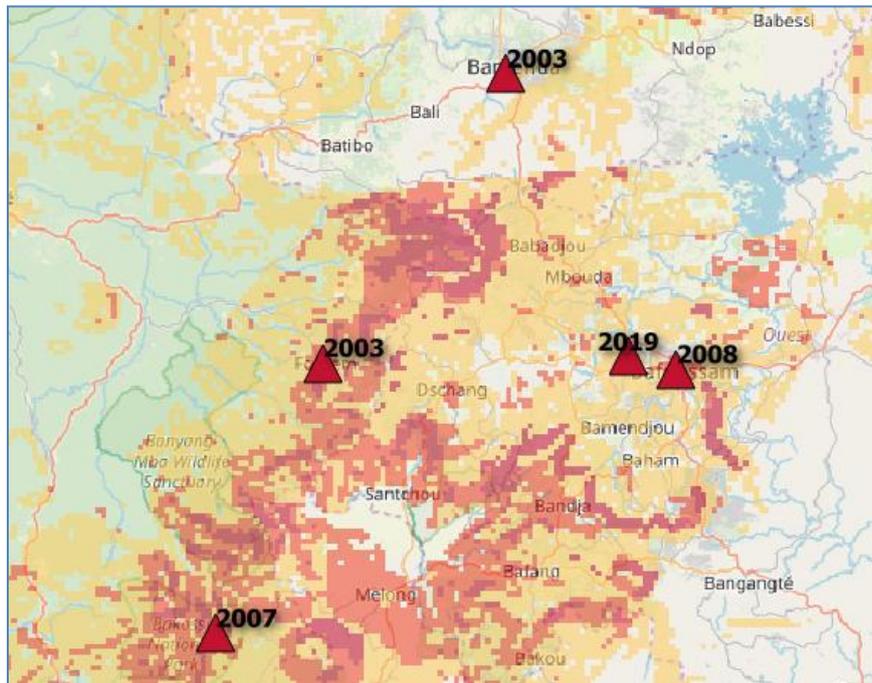


Figure 24 : Exemple de superposition modèle UNDRR et base CAT NAT

2.3.2. Aléas sismiques

Comme pour les glissements de terrain, deux modèles de risque sont disponibles, celui de la SEDAC et L'UNDRR.

Les risques de tremblement de terre concernent essentiellement la vallée du grand rift qui englobe la frontière est de la RDC, le Rwanda et le Burundi.

La base de données CAT NAT sera utilisée pour géolocaliser les séismes anciens sur fond de carte géologique et tectonique. La carte produite servira en particulier à déterminer les villes sujettes aux tremblements de terre.

La mission dans la région des grands lacs pourra contribuer à améliorer la cartographie des villes dans cette région.

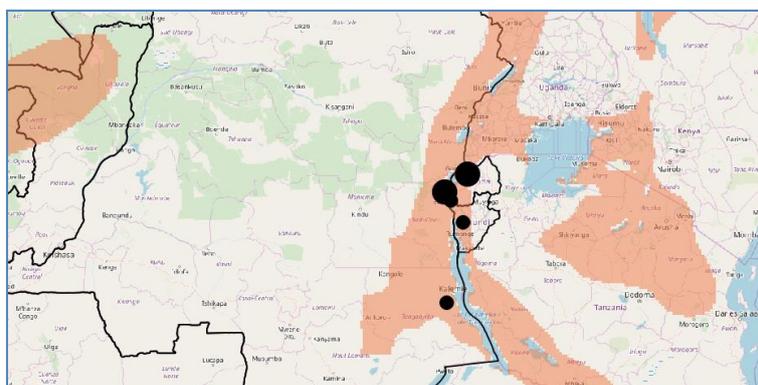


Figure 25 : Modèle de distribution des risques sismique (SEDAC) et événements sismiques (CatNat)

2.3.3. Aléas volcaniques

Pour connaître la fréquence et l'intensité des éruptions volcaniques le Global Risk Data Platform de UNDRR renvoie au site du Global Volcanism Programm (<http://volcano.si.edu/>) qui permet de télécharger un fichier Excel des éruptions confirmées à travers le monde.

Les données ont été géolocalisées à partir des coordonnées en Longitude/Latitude puis restructurées de façon à connaître par volcan le nombre d'éruptions connues et l'indice d'explosivité moyen.

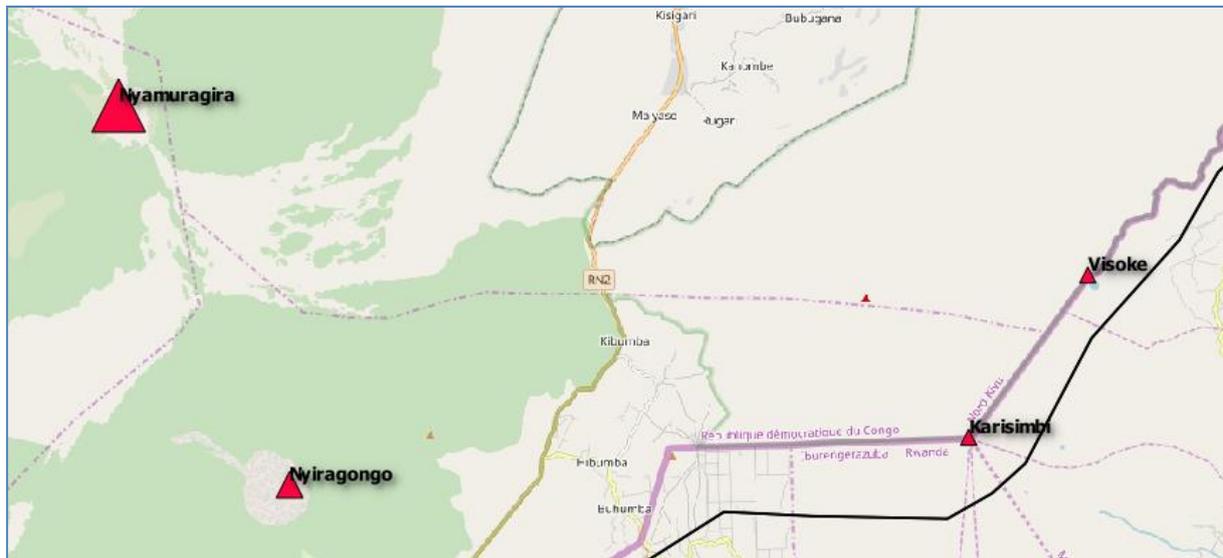


Figure 26 : Représentation des éruptions volcaniques

2.4. Aléas liés à la submersion marine et à l'érosion côtière

2.4.1. Aléa submersion marine

2.4.1.1. Identification des données

Pour l'élaboration des cartes d'aléa liées aux submersions marines deux types de données seront exploitées :

- D'une part un Modèle Numérique de Terrain (MNT), le plus précis possible, dont nous exploiterons les données concernant la frange côtière ;
- D'autre part des données relatives aux niveaux marins (notamment les niveaux extrêmes) et à l'élévation du niveau de la mer lié au changement climatique. Ces données sont issues de modèles numériques existants de grande échelle et/ou d'analyse statistique de données de mesures en mer de mesure.

Concernant les MNT, l'exploitation des données « SRTM » et « ALOS » est prévue. Ces données sont les mêmes que celles qui seront utilisées pour caractériser les aléas inondations. Un descriptif détaillé en est présenté au paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Les données les plus précises sont celles du MNT ALOS. Elles seront donc exploitées en priorité. Sur les secteurs non couverts par ALOS, comme Sao-Tomé et Principe, nous utiliserons les données SRTM.

Concernant le niveau d'eau, il sera décomposé comme suit :

→ Niveau moyen des océans

Les données « MDT CNES-CLS18 » seront exploitées. Cette donnée représente la hauteur de mer moyenne par rapport au géoïde et combine à la fois des données in situ et satellites sur la période 1993-2018. Elle est présentée sur la figure à suivre.

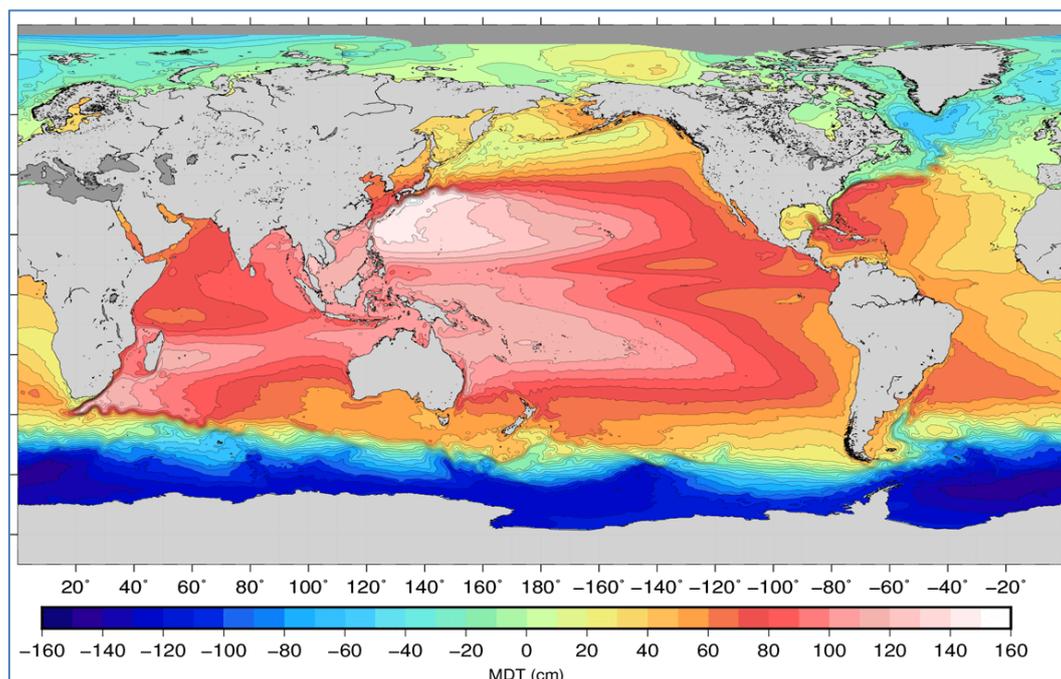


Figure 27 : hauteur de mer moyenne par rapport au Géoïde EGM2008

Sur le territoire d'étude, la hauteur de mer moyenne est environ 40cm au-dessus du géoïde. C'est cette valeur qui sera a priori retenue.

→ Niveau d'eau lié à la marée

Nous exploiterons les données fournies dans les Instructions Nautiques. Ces données sont elles-mêmes issues de l'analyse statistique de mesures de marées dans des ports de référence.

→ Surcote de tempête

Nous exploiterons les données de surcotes fournies dans les Instructions Nautiques. Ces données sont issues de modèles et de l'analyse statistique de mesures.

→ élévation du niveau moyen lié au changement climatique :

L'élévation du niveau moyen des mers sera définie par rapport aux prévisions du GIEC. Deux sources de données sont disponibles :

- Le 5^{ème} rapport d'évaluation de 2014 (ARE5) dans lequel quatre scénarios sont étudiés :
 - RCP2.6 : scénario « optimiste » basé sur une diminution de l'émission des gaz à effet de serre ;
 - RCP4.5 et RCP6.0 : scénarios « moyens » basés sur une stabilisation de l'émission des gaz à effet de serre ;
 - RCP8.5 : scénario « pessimiste » basé sur une augmentation de l'émission des gaz à effet de serre.

Pour chaque scénario, plusieurs modèles de prévisions sont utilisés, les résultats sont présentés sur la figure ci-dessous. L'élévation totale du niveau moyen de la mer est représentée par la courbe

noire : elle représente la somme de toutes les composantes participant à l'élévation du niveau de la mer (comme l'expansion thermique des océans, la fonte des glaciers continentaux et la fonte des calottes glaciaires antarctique et du Groenland). La zone grisée représente les intervalles de confiance du modèle de prédiction. La figure ci-dessous illustre ces données.

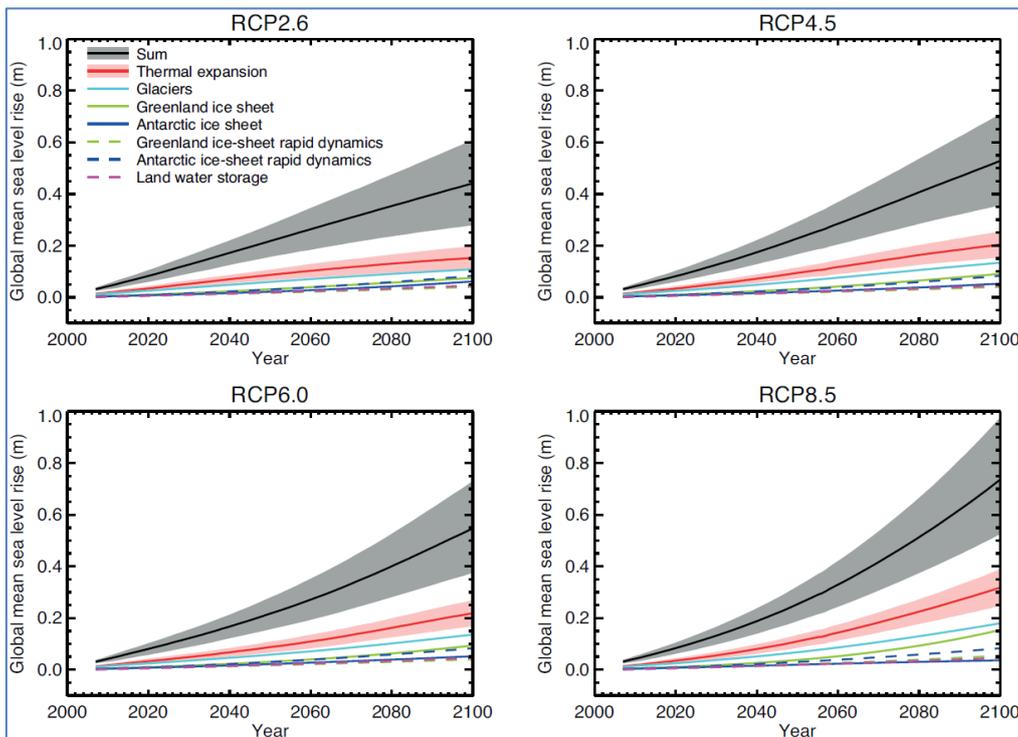
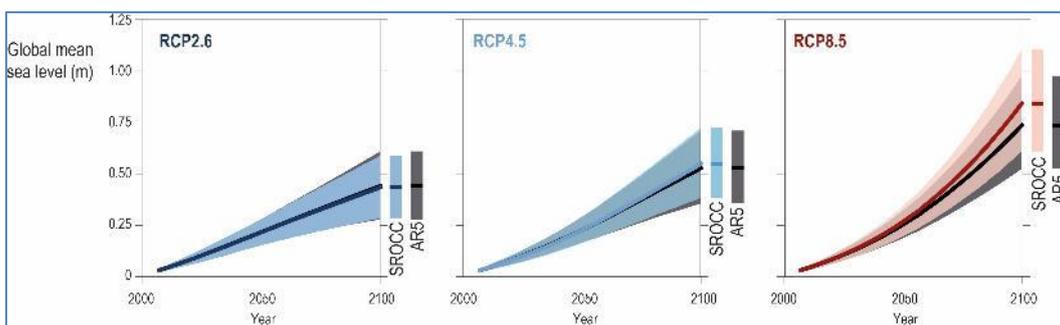


Figure 28 : scénarii d'élévation de niveaux marins

- Le dernier rapport sur le changement climatique, les océans et la cryosphère de 2019 (SROCC)

Ce rapport constitue une mise à jour du rapport ARE5. De nouvelles contributions à l'élévation du niveau moyen des mers sont prises en comptes et notamment la fonte des glaciers de l'Antarctique. Les deux figures à suivre illustrent ces données.



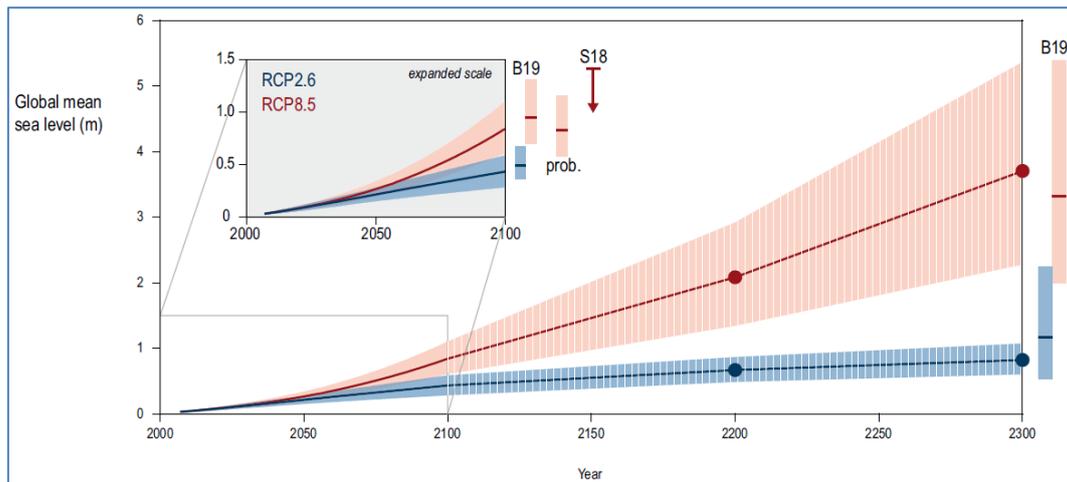


Figure 29 : scénarii mis à jour d'élévation de niveaux marins

En fonction de l'horizon temporel et du scénario d'émissions choisi, l'une ou l'autre de ces données sera utilisée.

2.4.1.2. Calcul de l'aléa submersion marine

Les zones inondées liées au phénomène de submersion marine seront calculées par **projection de niveaux d'eau correspondant à différents scénarios sur un MNT**. En première approche les zones inondées correspondent en effet aux territoires où la topographie est plus basse que le niveau d'eau retenu comme illustré sur la figure suivante.

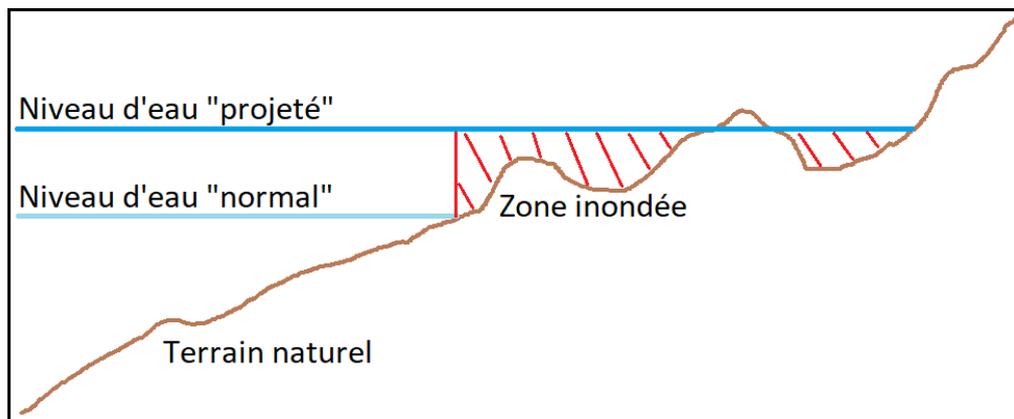


Figure 30 : Représentation du phénomène de submersion marine

Les niveaux d'eau à prendre en considération seront déterminés en combinant un niveau d'eau moyen des océans, la marée astronomique, une surcote de tempête et une élévation du niveau moyen des mers liée au changement climatique.

La figure ci-dessous illustre une telle décomposition du niveau d'eau.

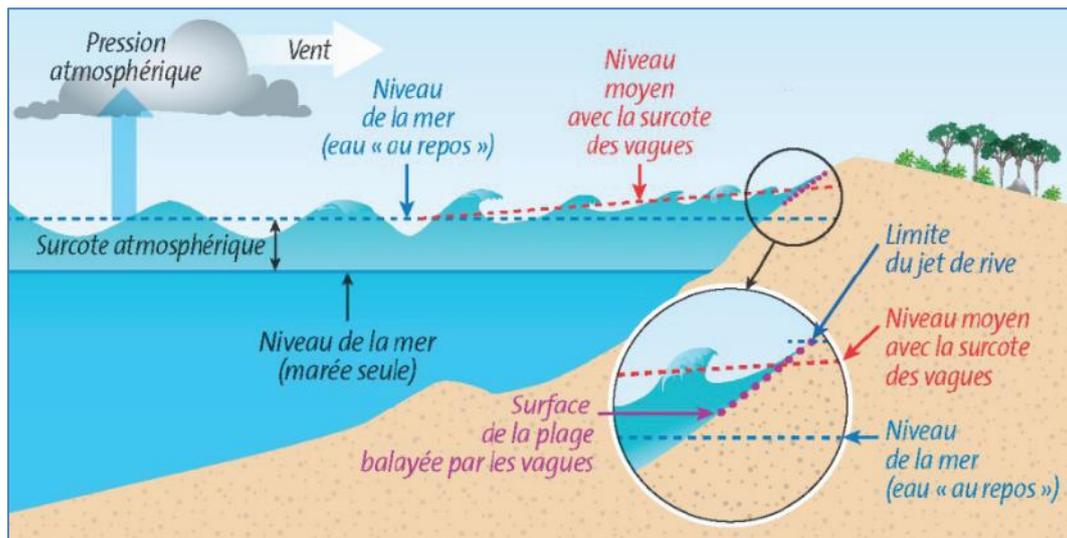


Figure 31 : Facteurs impactant le niveau d'eau en zone côtière

A noter que cette méthode de calcul, si elle permet de réaliser des cartes d'aléas à grande échelle, présente aussi plusieurs limitations. La précision des résultats dépend notamment de la précision du MNT. Les divers ouvrages ou accidents topographiques qui pourraient arrêter l'eau venant de la mer ne sont pas pris compte. L'atténuation dynamique de la submersion lors de la propagation de « l'onde de tempête » vers les terres n'est pas non plus prise en compte.

2.4.2. Risque érosion côtière

2.4.2.1. Identification des données

Pour l'évaluation de l'aléa érosion côtière, trois jeux d'images satellites seront utilisées à partir desquels seront définies, pour chaque pays, les positions du trait de côte à différentes périodes :

→ Images « Landsat 7 » pour une année ancienne (a priori début des années 2000). A noter que ces images sont celles qui permettent le plus grand recul historique à notre échelle d'étude. Les caractéristiques sont les suivantes :

- Période disponible : 1999 – aujourd'hui
- Résolution spatiale : 30 mètres
- Période temporelle : 16 jours



Figure 32 : exemple d'image Landsat 7

→ Image « Sentinel 2 » pour une année récente (2019)

Les caractéristiques de ces images sont les suivantes :

- Période disponible : 2015 à aujourd'hui
- Résolution spatiale : 10 mètres
- Période temporelle : 5 jours

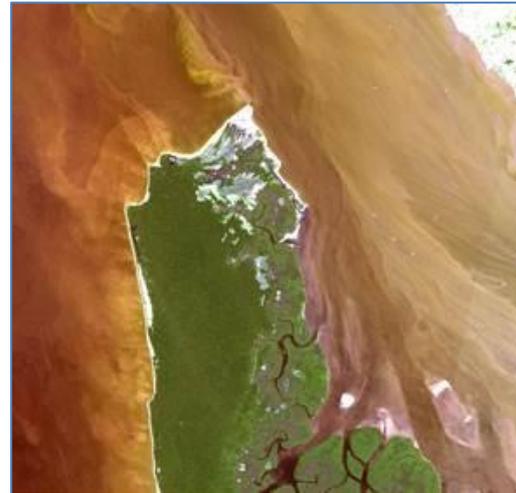


Figure 33 : exemple d'image Sentinel 2

→ Image issues de Google Earth@

Il s'agit d'un assemblage de données satellites. A une échelle de zoom assez fine, la période couverte par les images va du début des années 2000 à aujourd'hui. La taille du pixel est variable suivant les années mais les images sont plutôt de bonne qualité sur les zones à enjeux. La figure à suivre présente les images d'une même zone à plusieurs dates.



Figure 34 : Exemple d'image Google Earth à différentes dates

2.4.2.1. *Calcul de l'aléa érosion côtière*

Pour l'érosion côtière, deux traits de côte (un ancien et un récent) seront digitalisés et/ou déterminé par traitement d'images satellites. La figure à suivre présente un exemple de numérisation du trait de côte.



Figure 35 : Numérisation du trait de côte

A noter également que l'agence gabonaise d'études et d'observations spatiales (AGEOS) nous a fourni quatre traits de côtes historiques (1990, 2000, 2010 et 2015) qui couvrent l'ensemble du Gabon et que nous exploiterons.

Une fois les deux traits de côte numérisés, leur position réciproque permet de déterminer si le secteur est en érosion ou en accrétion. Par exemple si le trait de côte actuel est plus en terre que le trait de côte ancien alors la zone est en érosion.

Pour déterminer l'aléa érosion à un horizon temporel donné, c'est-à-dire pour estimer la position future du trait de côte, la **tendance annuelle observée** pour les deux traits de côte précédents sera extrapolée. Un traitement spécifique sous SIG sera réalisé (projection sur les perpendiculaires au trait de côte) pour déterminer les zones en accrétion / érosion ainsi que la valeur de recul / avancée de manière à avoir un résultat tous les 10km de côte environ.

Les images Landsat 7 et Sentinel 2 seront utilisées pour les cartographies réalisées à l'échelle des pays. Les images Google Earth seront utilisées en compléments pour les « zooms » sur les grandes villes côtières à enjeux.

Deux limitations sont à noter dans cette méthode. D'une part la précision des résultats dépend de la précision des traits de côte et donc de la résolution de l'image satellite de départ. D'autre part, la projection de la tendance passée ne présume pas de l'évolution future : par exemple l'érosion peut être stoppée par un ouvrage en dur à l'arrière du trait de côte actuel ou au contraire l'érosion peut s'accélérer du fait de la modification des conditions hydrodynamiques (élévation du niveau moyen des océans).

2.5. Cartographie des aléas

Comme précisé dans notre rapport de démarrage, un point d'étape doit être mené entre les experts et la CEEAC après validation du présent rapport pour préciser les produits cartographiques attendus en sortie.

Les bases de données constituées ont une échelle d'utilisation qui est très variable en fonction du type d'aléas et du traitement de modélisation qui a été fait. La résolution est une chose mais la pertinence de la donnée en est une autre. Il faut toujours être très vigilant lorsque l'on utilise des modèles et conserver toujours un esprit critique surtout dès lors qu'on les utilise à une échelle non appropriée.

Les bases de données ont été globalement constituées à une échelle de travail pouvant varier du 50000^{ème} au 200000^{ème}. Les résolutions de certains modèles climatiques ou géotechniques internationaux peuvent cependant atteindre plusieurs centaines de mètres ce qui donne une tendance du risque au niveau national mais ne permet pas une utilisation pour une application locale.

Ce que nous proposons est de produire par pays et par type d'aléas différentes cartes au format A0. Pour la RDC plusieurs cartes seront nécessaires compte tenu de la taille du pays.

Sur les grandes agglomérations, en fonction des risques concernés, des cartes seront produites accompagnées d'une notice d'utilisation.

Dans la mesure du possible en prenant en compte les contraintes de lisibilité et de sémiologie graphique nous essaierons de regrouper les aléas pour éviter une surabondance de cartes.

Enfin des cartes de synthèse seront produites au niveau de la CEEAC pour chacun des aléas.

Des zooms particuliers pourront également être proposés pour les zones côtières et les zones frontalières.

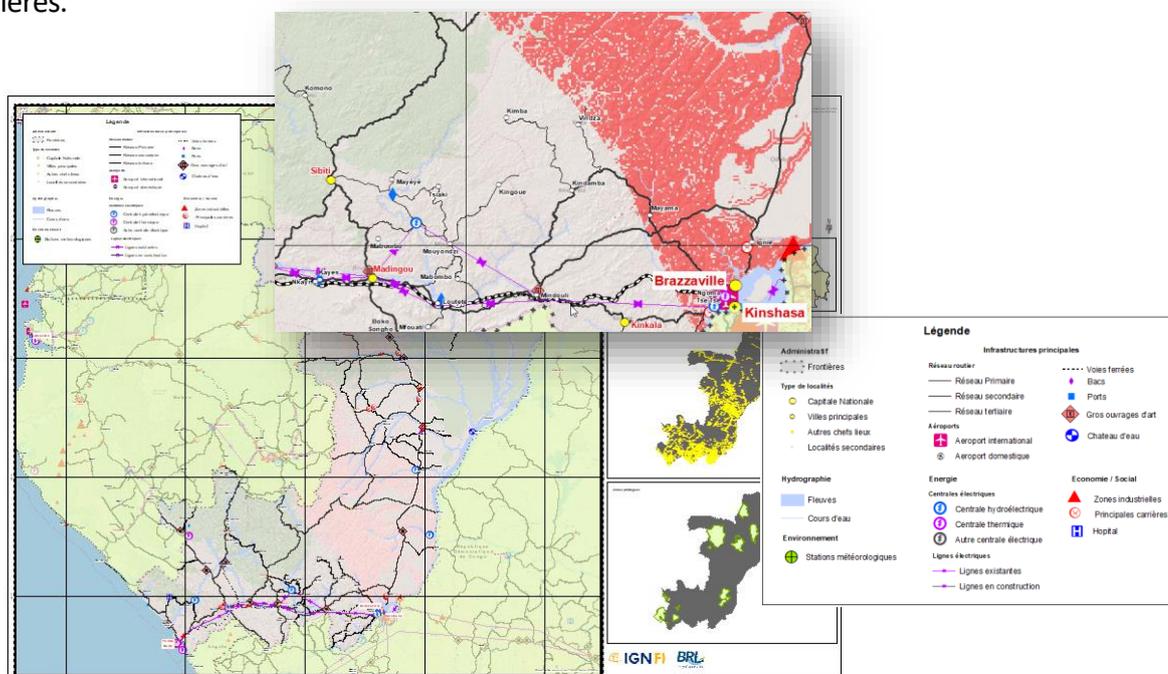


Figure 36 : Exemple de carte sur les glissements de terrain en République du Congo

3. CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES

Afin de disposer d'informations locales au niveau de chaque pays, nous avons voulu associer les différentes parties prenantes au processus de constitution d'un modèle de données le plus riche possible. En particulier en zone urbaine il était important de disposer d'informations plus précises que ce qui était proposé par des services internationaux.

Nous avons ainsi mobiliser les différents points focaux RRC-CEEAC dans chaque pays afin qu'ils nous facilitent l'accès à des données produites localement (données SIG / Cartes d'aléas ou de risques / Localisation des enjeux...

3.1. Correspondance avec les points focaux et les personnes ressource

3.1.1. Envoi du premier questionnaire général

Un premier questionnaire général a été adressé à tous les points focaux traduit dans les différentes langues de la CEEAC. On trouvera ce questionnaire en annexe [4.3 - Questionnaire adressé aux points focaux].

Ce premier questionnaire avait pour finalité de connaître l'organisation de chaque pays en matière de gestion des risques naturels, d'évaluer les données disponibles et la façon dont elles étaient traitées (cartographie des risques, plans de contingence,...) et enfin de disposer des contacts des différentes personnes ressource en fonction de la thématique traitée.

Ces questionnaires ont été adressés durant la première semaine de novembre 2019.

3.1.2. Envoi du second questionnaire technique

Une fois le bilan du premier questionnaire effectué, une seconde correspondance a été adressé à chaque point focaux afin d'accéder directement aux données et en particulier à la localisation des principaux enjeux.

On trouvera cette correspondance en annexe [4.4 - Correspondance à destination des points focaux RRC-CEEAC pour la récupération des données numériques liées à la cartographie des risques]

Cette correspondance a été adressée la dernière semaine de novembre 2019.

3.1.3. Bilan et Conclusion

Le bilan des retours de questionnaire est assez décevant. 8 pays sur 11 ont répondu ce qui nous a permis d'avoir sur ces pays le contact d'un certain nombre de personnes ressource.

La seconde correspondance qui avait volontairement une orientation plus technique n'a fait l'objet d'aucun retour.

Très clairement cela traduit, non pas un manque d'implication mais une défiance vis-à-vis la circulation et la mise à disposition de l'information. Dans un tel projet dont la finalité est le partage de l'information nous ne devrions pas être confrontés à des contraintes de procédures trop lourdes dès lors que l'on est supposé travailler sur onze pays.

Par ailleurs il s'agit d'un sujet très technique, voir même scientifique. Il n'est pas exclu aussi que nos référents n'ait pas la compétence technique suffisante pour porter nos sollicitations. De ce

point de vue un comité scientifique international serait il nous semble beaucoup plus à même d'effectuer un plaidoyer en faveur de la mutualisation de l'information liée aux risques de catastrophes naturelles qui elles ne connaissent ni frontière, ni procédure.

Heureusement nous avons pu nous appuyer sur de très nombreux services internationaux à vocation scientifique qui fonctionnent de façon très collaborative et qui offrent des plates forme d'échange de données très efficaces et pertinentes.

Dans ce contexte il ne nous a pas semblé nécessaire d'aller rechercher localement de l'information au risque de perdre beaucoup de temps pour un résultat très incertain.

Nous sommes en revanche allés rencontrer les différents organismes sous-régionaux à vocation scientifique susceptibles de contribuer à l'amélioration de notre travail :

- Le CAPC – AC
- La CBLT
- La CICOS

La région des grands lacs étant particulièrement concernée par les risques de catastrophe (tremblements de terre, glissements de terrain, éruptions volcaniques) une visite est également prévue entre le 9 et le 19 février 2020 au Rwanda, au Burundi et à Goma afin de visiter les différentes structures locales chargées de leur suivi.

3.2. Bilan des retours au questionnaire général : Climatologie

| | Organisme national en charge du suivi météorologique | Stations météorologiques | Accès aux données |
|----------|---|---|--|
| Angola | Pas de retour | Pas de retour | Pas de retour |
| Burundi | <p>Institut Géographique du Burundi via son Département l'Hydrométéorologie et de l'Agro météorologie dépendant du Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage</p> <p>NGENZIRABONA Augustin, Directeur Général de l'Institut Géographique du Burundi - <i>augungenzi@yahoo.fr</i></p> <p>KAYOYA Ezéchiel, Chef de Service de Prévision Météorologique - <i>kayoyez@gmail.com</i></p> | Le Pays dispose d'un réseau de stations météorologiques principales, synoptiques et automatiques. | <p>Les données sont accessibles au format Excel</p> <p>Les données concernent tous les types de données climatiques et peuvent l'objet de bulletins annuels, mensuels ou journaliers.</p> <p>Les données du CAPC-AC sont utilisées et aident à établir une comparaison avec les produits météorologiques afin d'avoir une information fiable destinée au public</p> |
| Cameroun | <p>Direction de la Météorologie</p> <p>YONTCHANG Gervais Didier, Sous Directeur des Applications météorologiques - <i>yonsdex@yahoo.fr / didieryontchang@gmail.com</i></p> | Le réseau est en pleine réhabilitation comprenant des stations conventionnelles et automatiques. | <p>Les données ne sont pas facilement accessibles. Les archives météorologiques sont actuellement en phase de numérisation sur support CLIMSOFT.</p> <p>Le Cameroun exploite les données du CAPC-AC.</p> <p>Les prévisions du CAPC-AC exploitent les sorties de modèles GEFS et autres qui sont contextualisées à partir des observations locales par la Direction de la météorologie nationale sous un format exploitable transmis par email et par Whatsap</p> |
| Congo | Direction de la Météorologie dépendante du Ministère des Transports, de l'Aviation Civile et de la Marine Marchande | Les stations sont implantées pour la plupart dans les aéroports et dans certaines villes | En dehors du fait que les bulletins météorologiques sont retransmis quotidiennement à la télévision, le point focal n'est pas en mesure de nous informer sur les |

| | Organisme national en charge du suivi météorologique | Stations météorologiques | Accès aux données |
|--------------------|---|--|---|
| | ELENGA Jean Hilaire, Directeur - <i>elengajeanhill@gmail.com</i> | | modes de récupération et d'exploitation des données météorologiques ni même si les données du CAPC sont exploitées. A voir avec la Direction de la météorologie. |
| Gabon | Direction Générale de la Météorologie dépendante du Ministère des Transports, de l'Equipement, des Infrastructures et des Travaux Publics ONDO NDONG Gilbert, Directeur Général - <i>ondogilberto@yahoo.com</i> | Un état des lieux a été effectué. En attente de réhabilitation et d'installation de stations. | Aucune information n'a été transmise sur l'exploitation des données météorologiques par le point focal. |
| Guinée Equatoriale | L'ASECNA est le seul organisme chargé de la surveillance météorologique des aéroports de Malabo, Bata et Mongomeyen. C'est elle qui fournit les données au Ministère de l'aviation civile et de la radio et télévision de Guinée équatoriale. Les services météorologiques sont très limités. | Pas de réseau de stations météorologiques Le pays devrait mettre en place un observatoire météorologique national et le mettre en contact avec le CAPC-AC à Douala. | |
| RCA | Direction de la météorologie et de l'hydrologie / Ministère des Transports et de l'Aviation Civile YAMBELE Athanase, Directeur - <i>athyambele@yahoo.fr</i> | Sur 14 stations synoptiques, trois (3) seulement sont fonctionnelles depuis 2013. Les autres stations sont fermées pour cause d'insécurité sur les sites d'implantation de ces stations. Les postes pluviométriques n'ont pas été réhabilités depuis la fin des années 1990, il en va de même pour les stations agro-météorologiques | Les données sont facilement accessibles mais le logiciel Clicom utilisé pour la base des données est dépassé. Les données sont accessibles au format Xls et SIG. Elles concernent tous les types de données climatiques au pas annuel, mensuel et journalier. Les données d'évapotranspiration potentielle ne sont disponibles que pour les années 1990, période pendant laquelle les stations agro-météorologiques ont été fonctionnelles. |

| | Organisme national en charge du suivi météorologique | Stations météorologiques | Accès aux données |
|----------------------|--|--|--|
| | | | La RCA exploite les données du CAPC-AC mais pas de façon systématique. Il existe par ailleurs des répertoires des données historiques publiés par l'ORSTOM et l'ASECNA. |
| RDC | METTELSAT KAMUNGA MUSUNGAY Donatien, Chef de division à Mettelsat - <i>dbmkamunga@gmail.com</i> | Le pays dispose d'un réseau de stations météorologiques fonctionnel | Selon le point focal les données météorologiques (pluie et température) sont facilement accessibles sous tous formats et même via une plate forme d'échange. Mettelsat exploite les données du CAPC-AC |
| Rwanda | Pas de retour / Voir mission Rwanda | Pas de retour / Voir mission Rwanda | Pas de retour / Voir mission Rwanda |
| Sao Tome et Principe | Pas de retour | Pas de retour | Pas de retour |
| Tchad | L'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM) dépendante du Ministère de l'Aviation Civile et de la Météorologie Nationale DJERGO GAYA, Chef de la division de l'Agro-météorologie - <i>djergog@yahoo.fr</i> | Sur 182 postes pluviométriques, environ une cinquantaine est fonctionnelle. Quelques stations synoptiques (12) sont fonctionnelles. Une station climatologique est plus ou moins fonctionnelle. Quatre (4) stations agro-météorologiques sont opérationnelles. Le réseau d'observation météorologique de l'ANAM est vétuste. Il demande que certaines stations sont réhabilitées et la création d'autres. Le passage des stations classiques à celles automatiques s'avère indispensable. | Les données météorologiques sont accessibles au format papier et numérique (tableur, modèles, ...) Les données concernent tous les types de données climatiques et peuvent faire l'objet de bulletins annuels, mensuels ou journaliers. La Base de données climatologiques rencontre de problème de logiciel de sauvegarde de saisie de données et de leur sauvegarde. L'installation d'un logiciel comme Climsoft pour la saisie des données est nécessaire. |

| | Organisme national en charge du suivi météorologique | Stations météorologiques | Accès aux données |
|--|---|---|--------------------------|
| | | Il convient de noter que l'ANAM dispose de 4 radars météo acquis en 2012, dans le cadre de projet d'ensemencement des nuages ensemencement des nuages. A ce jour, ces radars n'ont pas été installés, faute de moyens financiers. | |

3.3. Bilan des retours au questionnaire général : Identification des Risques Majeurs

3.3.1. Angola

Aucun retour au questionnaire ne nous a été adressé.

3.3.2. Burundi

3.3.2.1. *Organisation institutionnelle*

| Activité volcanique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues |
|---------------------|--------------------------------|----------------------------|---|-----------------|
| Non | Oui Pas de contact transmis | Non | Oui Service de l'Hydrologie Pas de contact transmis | Non |

3.3.2.2. *Accès aux données*

- Il n'existe pas de banque de données sur les catastrophes naturelles. Le service de la Météorologie n'en possède pas mais la Plateforme Nationale ayant la gestion des risques et des catastrophes possède cette connaissance.
- Les données de niveau d'eau sont facilement accessibles au format numérique (Excel, pdf). Les niveaux d'eau sont mesurés en surface par le service de l'Hydrologie et l'eau du sous sol par le service Hydrogéologie.
- Le point focal serait en mesure de récupérer les données des grosses infrastructures constituant un enjeu majeur mais cela est susceptible de prendre du temps. Idem pour la localisation des structures d'intervention. On en déduit que ces informations ne sont pas partagées au format numérique sur une plate forme commune.
- 7 Communes sur 119 disposent d'une cartographie des risques et l'objectif est d'étendre cette activité à toutes les Communes du Pays. Ces cartes ont été confectionnées avec les appuis du GIZ, de la Banque Mondiale et de la Croix-Rouge du Burundi. Le « Projet d'Appui à la RRC et à la Résilience Communautaire au Burundi 2019-2023 » prévoit l'élaboration d'une cartographie des risques dans certaines Communes et des partenaires de la Plateforme nationale de prévention des risques et de gestion des catastrophes sont favorables à appuyer cette importante activité. Ce travail concerne les risques d'inondation.
- Au niveau des zones urbaines, il est possible de récupérer des données sur les courbes de niveau, la voirie, l'habitat, les bassins versant mais pas de façon

automatique. Cela nécessite de se rapprocher des services qui disposent de ces informations (Pas de contact transmis / Voir avec l'Institut Géographique du Burundi-IGEBU).

3.3.2.3. *Historique des événements*

- Le Burundi connaît des glissements de terrains et des ravinements de façon récurrente.
- Les glissements de terrain sont localisés dans les hautes montagnes dénudées, les ravinements sont constatés sur les berges des rivières et des cours d'eau.
- Les glissements de terrains sont mentionnés sur les cartes produites pour les 7 Communes.
- Le Burundi se prépare peu pour les mouvements sismiques malgré son emplacement dans le prolongement du Rift Valley.
- Le Burundi dispose de Schémas Provinciaux d'Aménagement du Territoire qui nécessitent une large vulgarisation.
- Le Burundi partage le Lac Tanganyika avec la RDC, la Tanzanie et la Zambie et ne connaît pas d'inondations côtières. Il n'y a pas à ce niveau de cartographie de référence concernant l'érosion des berges du lac.
- On peut contacter pour les questions liées au lac M Jean Claude MBARUSHIMANA, Directeur Général de l'Agriculture - jeanclaudembu@gmail.com

3.3.3. Congo

3.3.3.1. *Organisation institutionnelle*

La gestion des risques et catastrophes relève de la responsabilité du Ministère du Tourisme et de l'Environnement.

Personne ressource : M Edmond MAKIMOUHA - mak_edmond@yahoo.fr

| Activité volcanique et sismique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues |
|---------------------------------|------------|----------------------------|---|-----------------|
| Non | Non | Non | IRSEN- Recherche Scientifique / Bienvenu DINGA - bsv_dinga@yahoo.fr Le Ministère des Grands Travaux et de l'Aménagement du Territoire pour les inondations | Non |

3.3.3.2. *Accès aux données*

- Le point focal n'a pas connaissance de bases de données numériques concernant le suivi des catastrophes naturelles, du suivi des niveaux d'eau sur les rivières, de localisation des principales infrastructures en dehors de documents ou cartes papier ;

- Les stations de prélèvement pourraient permettre d'obtenir des données sur le niveau d'eau ;
- Il existe une cartographie concernant les zones inondables et l'érosion côtière que le point focal pourrait récupérer au format papier ou pdf
- Avec le schéma directeur des deux grandes villes (Brazzaville et Pointe Noire), il doit être possible de récupérer de l'information topographique à grande échelle.

3.3.3.3. *Historique des événements*

- On constate des inondations récurrentes dans certaines villes (Pointe Noire, Impfondo, Betou, Mossaka, Loukolela, Ntokou) lors de pluies diluviennes engendrant des pertes matériels et agricoles. Par exemple en 2019 avec une submersion de la rivière Likouala Mossaka au niveau d'Impfondo et Bétou;
- Le fleuve Congo sort également de son lit de façon récurrente ;
- Le point focal n'a pas connaissance de cartographies de référence sur les glissements de terrain.

3.3.4. Cameroun

3.3.4.1. *Organisation institutionnelle*

La gestion des risques et catastrophes relève de la responsabilité de la Direction de la Protection Civile dépendante du Ministère de l'Administration Territoriale (MINAT).

Personne ressource : YAP Mariatou, Directeur de la Protection Civile /MINAT - Yapmariatou@yahoo.fr

| Activité volcanique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues |
|---|------------|----------------------------|--|-----------------|
| Oui Institut de Recherche Géologique et Minière (IRGM) / Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation | - | - | Oui Centre de Recherches hydrologiques (CRH) dépendant de l'Institut de Recherches Géologiques et Minières (IRGM) / Dr Jean Claude NTONGA, chef du CRH - ntonga_jc@yahoo.fr Ministère de l'administration territoriale / Mariatou Yap - mariatou@yahoo.fr | - |

3.3.4.2. *Accès aux données*

- Depuis 2017 la DPC élabore un journal annuel des catastrophes ;
- La mise en place du système de prévision et d'alerte des crues et inondations est imminente à l'IRGM ;

- Ces données sont stockées au CRH/IRGM et sont accessibles selon le type de demande et d'utilisation ;
- Le point focal est en mesure de transmettre les fichiers permettant la localisation des enjeux majeurs ;
- Il existe par ailleurs des études et/ou des cartographies concernant les zones d'aléas (zone inondable, volcans, sécheresse, érosion cotière) pouvant être exploités au format SIG ;
- En particulier il existe un plan de prévention des risques autour du mont Cameroun ainsi qu'une cartographie des zones à risque dans les régions du Nord et de l'Extrême Nord ;
- Il semble possible de récupérer les emprises des bassins versant sur les principales villes du pays ;
- Des schémas d'aménagement du territoire ont en cours de constitution au MINEPAT.

3.3.4.3. *Historique des événements*

- Les inondations pluviales récurrentes concernent les rivières Logone et Bénoué ;
- Pour ce qui concerne les risques de glissement récurrents des données SIG existent .

3.3.5. Gabon

3.3.5.1. *Organisation institutionnelle*

| Activité volcanique et sismique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues | Erosion côtière et submersion marine |
|---------------------------------|------------|----------------------------|--|-----------------|---|
| Non | Non | Non | Direction Générale de la Protection Civile - <i>matoumbadiyabi@yahoo.fr</i> | Non | Ministère des Eaux, des Forêts, de la Mer, de l'Environnement, chargé du Plan Climat et du Plan d'Affectation des Terres BOUKINDA Ange Simplicie, Directeur Général Adjoint de l'Environnement - <i>boualix2005@yahoo.fr</i> |

3.3.5.2. *Accès aux données*

- Le point focal n'est pas en mesure de nous renseigner s'il existe au Gabon des informations concernant le suivi des catastrophes naturelles, le suivi des niveaux d'eau sur les rivières, la localisation des principales infrastructures, la localisation des structures d'intervention;

→ Le point focal n'est pas en mesure de nous renseigner s'il existe des données numériques grande échelle sur les principales villes.

3.3.5.3. *Historique des événements*

→ Le point focal n'est pas en mesure de nous renseigner sur l'historique d'événements de catastrophes naturelles au Gabon.

3.3.6. Guinée Equatoriale

3.3.6.1. *Organisation institutionnelle*

| Activité volcanique et sismique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues | Erosion côtière et submersion marine |
|---------------------------------|------------|----------------------------|--|-----------------|--|
| Non | Non | Non | Non | Non | Ministère de la Pêche et des Ressources en eau IKAKA NZAMIO CARGO Deogracias, Directeur Général - <i>ikakanzamioarobas yahoo.fr</i> |

3.3.6.2. *Accès aux données*

- Il existe une base de données sur les catastrophes dans le pays, bien qu'elle ne couvre pas l'ensemble du pays, en raison du manque de ressources. Les données ne sont pas facilement accessibles ;
- Le point focal n'est pas en mesure de nous renseigner s'il existe au Gabon des informations concernant le suivi des niveaux d'eau sur les rivières, la localisation des principales infrastructures, la localisation des structures d'intervention ;
- La Guinée équatoriale possède un grand barrage hydroélectrique Djibloho, de grands ponts sur la rivière Wele (en particulier le pont Mbini). Il ya aussi plusieurs carrières. Le point focal n'est cependant pas en mesure de récupérer ces fichiers s'ils existent ;
- Il y a des hôpitaux dans toutes les villes du pays, des centres de secours en cas d'incendie dans toutes les capitales provinciales, des salles de sport dans les grandes villes seulement. Le point focal n'est cependant pas en mesure de récupérer ces fichiers s'ils existent ;
- Le point focal est en mesure de récupérer des données topographiques à grande échelle sur les villes de Malabo et Bata. Toutes ces données se trouvent au Ministère des Travaux Publics et de l'Infrastructure (Projet GEPROYECTOS) ;
- Le point focal n'a pas connaissance de documents ou de cartes concernant l'érosion côtière ou les phénomènes de submersion marine.

3.3.6.3. *Historique des événements*

→ Le point focal n'est pas en mesure de nous renseigner sur l'historique d'événements de catastrophes naturelles en Guinée Equatoriale sans doute parceque le pays n'est pas confronté à des risques majeurs.

3.3.7. République Centrafricaine

3.3.7.1. *Organisation institutionnelle*

Il n'existe pas d'organisme spécifiquement en charge de la gestion des catastrophes en RCA.

| Activité volcanique et sismique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues |
|---------------------------------|------------|----------------------------|--|-----------------|
| Non | Non | Non | Non | Non |

3.3.7.2. *Accès aux données*

- Selon le point focal, il n'existe pas de bases de données recensant les catastrophes connues;
- Les données sur les niveaux d'eau sont facilement accessibles (format papier et numérique) mais elles ne sont disponibles que jusqu'au début des années 2000. Seule, la station de Bangui a une chronique actualisée ;
- Le point focal n'est pas en mesure de nous transmettre la localisation des grandes infrastructures ou celle des structures d'intervention ;
- Il n'existe pas d'études cartographiques traitant les zones d'aléas ;
- Selon le point focal il n'y a pas de données topographiques spécifiques sur les grandes villes du pays ;

3.3.7.3. *Historique des événements*

- La RCA connaît des phénomènes d'inondation récurrents sur la rivière Oubangi. Celle de 2019 a concerné 8000 familles avec plus de 50.000 sinistrés ;
- Selon le point focal il n'existe pas de documents cartographiques permettant la localisation des glissements de terrains récurrents et les zones sismiques ;

3.3.8. République Démocratique du Congo

3.3.8.1. *Organisation institutionnelle*

Il existe un organisme en charge de la gestion des catastrophes.

Personne ressource : KITANBALA Jean / Protection civile - jeankitambala2005@yahoo.fr

| Activité volcanique et sismique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues |
|---|------------|----------------------------|---|-----------------|
| Observatoire Volcanologique de Goma (OVG) | Oui | Oui | Protection Civile KITANBALA Jean / Protection civile - jeankitambala2005@yahoo.fr | Oui |

3.3.8.2. Accès aux données

- Selon le point focal, il existe une base de données recensant les catastrophes connues accessible sous forme papier/Excel/pdf ;
- Les données de niveau d'eau sont facilement accessibles au format numérique (Excel, pdf) ;
- Le point focal n'est pas directement en mesure de récupérer les données des grosses infrastructures constituant un enjeu majeur ;
- Selon le point focal il existe des cartographies de références concernant les zones d'aléas accessibles en tout format (papier, numérique). Les données seraient également récupérables au format SIG ;
- Il existe par ailleurs des schémas nationaux et régionaux d'aménagement du territoire accessibles sous forme papier/pdf. Les données seraient également récupérables au format SIG
- Au niveau des zones urbaines, il est possible de récupérer des données topographiques à grande échelle. Le point focal pourrait récupérer ces données sur Kinshasa, Lisala, Bandundu en particulier.

3.3.8.3. Historique des événements

- La RDC connaît des phénomènes d'inondation récurrents sur les rivières Ubangi (2012), Itimbiri (2017), Congo (2019). Ces inondations ont engendré une crise alimentaire, la destruction de maisons, des coupures des routes, la destruction de ponts, des pertes en vies humaines..) ;
- .Selon le point focal il existe des documents cartographiques (avec données SIG) permettant la localisation des glissements de terrains récurrents et les zones sismiques ;

3.3.9. Rwanda

Aucun retour au questionnaire ne nous a été adressé. Suite à notre mission au Rwanda, le MINEMA va nous servir de point focal pour la récupération de données.

3.3.10. Sao Tome et Principe

Aucun retour au questionnaire ne nous a été adressé.

3.3.11. Tchad

3.3.11.1. Organisation institutionnelle

La gestion des risques et catastrophes ressort de la responsabilité du Ministère de l'Administration du Territoire à travers la Direction de la Protection Civile (DPC). Mais il manque de moyens pour être vraiment opérationnelle.

En plus de la DPC, il est mis sur pied un Comité pour la gestion des risques et catastrophes placé sous le leadership conjoint du Ministère de l'Administration du Territoire à travers la DPC et du Ministère du Plan et de la Coopération. C'est le groupe de travail de RRC (Réduction des Risques et Catastrophes). C'est un groupe de travail pluridisciplinaire dont la météo fait partie.

| Activité volcanique et sismique | Sécheresse | Incendies de forêt/brousse | Suivi des cours d'eau et des inondations | Alerte de crues |
|---------------------------------|--|---|---|--|
| Néant | C'est le CASAGC (Comité d'Action pour la Sécurité Alimentaire et la Gestion des Crises. Le Système d'information sur la Sécurité Alimentaire et l'Alerte Précoce(SISAAP) - Ministère de l'Agriculture Contact :allamine_alhobo@yahoo.fr | Le Ministère de l'Environnement - Koularambaye julien NadjiTellrowaye nadji_tellro@yahoo.fr | Ministère de l'Environnement de l'eau et de la pêche à travers Direction des Ressources en Eau (DRE) Direction de la Protection Civile (DPC) en partenariat avec la mairie, la Direction des Ressources en Eau et la météorologie (pour les données pluviométriques) DPC:tessemabilo@gmail.com DRE :ngarna.djek@yahoo.fr METEO :djergog@yahoo.fr | Direction des Ressources en Eau (DRE) - ngarna.djek@yahoo.fr |

3.3.11.2. Accès aux données

Il y a des données sectorielles au Tchad dans chaque domaine thématique mais ces données ne sont pas compilées dans une banque des données mutualisée. Les données qui existent sont des données historiques sur les niveaux des cours d'eau (Chari et Logone) et le bassin du lac Tchad durant les années des inondations et sécheresses.

- Il n'existe pas de banque de données sur les catastrophes naturelles ;
- Les données de niveau d'eau sont facilement accessibles au format numérique (Excel, pdf) ;

- Le point focal n'est pas directement en mesure de récupérer les données des grosses infrastructures constituant un enjeu majeur ;
- Le point focal n'a pas connaissance de cartographies de références concernant les zones d'aléas. Le Tchad ne dispose pas encore d'une cartographie des zones à risques au niveau national mais il existe des données au Centre National de Recherche pour le Développement (CNRD) ;
- Au niveau des zones urbaines, il existe des feuilles topo sur certaines anciennes villes à l'échelle 1/200 000 qui nécessitent des mise à jour et des vérification de terrain. Par ailleurs, des données topographiques ont servi à l'élaboration de 15 plans urbains de référence. Ces bases de données doivent être demandées auprès des services techniques concernés, en particulier la Direction des Ressources en eau. Il doit être possible de récupérer des données sur les courbes de niveaux, les bassins versant et l'habitat sur les villes couvertes.

3.3.11.3. *Historique des événements*

- Le Tchad conserve l'historique des événements d'inondations fluviales ;
- La plus grosse inondation s'est passée en 2012 concernant le débordement des rivières Chari, Logone et Mayo Kebbi qui a impacté les villes de N'Djamena, Bonghor et Sht en particulier et qui a fait 18 morts ;
- Les phénomènes de glissement de terrain ou sismiques ne concernent que très peu le Tchad ou ne son que très peu connus ;
- Il existe un Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT) au Tchad qui couvre la période 2014/2035 adopté officiellement par le gouvernement en 2019 ;
- Quatre Schémas régionaux d'Aménagement du Territoire (SRAT) sont élaborés pour les provinces du Batha, du Lac, du Salamat et du Mayo Kebbi Ouest pour la période 2014/2025. On peut à ce niveau contacter M Mbai Samuel (samuel_mbaiahoo.fr).

3.4. Mission Rwanda / Burundi / Est RDC

La vallée du grand rift est particulièrement concernée par les risques de catastrophe naturelle en particulier de nature géotectonique ou hydrologique (tremblements de terre, éruptions volcaniques, glissements de terrain, inondations)

Une mission a ainsi été organisée dans cette région du 9 au 19 février afin d'évaluer les modalités de gestion des risques par les différents Etats concernés (Rwanda / Burundi / Est RDC).

La mission était menée par M Semingar Ngaridamngaye, responsable du projet au niveau de la CEEAC qui a facilité grandement les rencontres avec les différentes autorités locales, accompagné de M Gilles Martin, Chef de projet IGN FI et BRLi.

L'équipe a été rejointe à Goma par M Simon Mooh, expert géologue du groupement.

Nous tenons à remercier tout particulièrement les personnes ressource locales qui se sont montrées particulièrement disponibles lors de cette mission, en particulier M Justice Ntwali du MINAFFET au Rwanda, point focal RRC de la CEEAC et M Anicet Nibaruta, DGA de la protection civile au Burundi.

Le rapport de cette mission est consultable en annexe [4.5 - Rapport de mission du 09 au 19 mars Rwanda / Burundi / Est RDC (Goma)]

L'ensemble des courriers de demande de données est également joint en annexe

4. ANNEXES

4.1. Différents types de sécheresse

La sécheresse est une donnée climatique brutale, catastrophe naturelle comme les inondations, les cyclones tropicaux et les tremblements de terres. Leur impact sur le milieu, leurs incidences socio-économiques et politiques entraînent la rupture des équilibres, des crises du système de productions, la baisse de la production vivrière et des bouleversements sociaux. On distingue 4 (quatre) types de sécheresses : météorologique, agricole, hydrologique et édaphique.

4.1.1.1. *La sécheresse météorologique*

La sécheresse est un phénomène météorologique qui se produit lorsque les précipitations sont inférieures à la moyenne durant une année ou plusieurs années successives. Cette sécheresse se définit à trois échelles : locale, régionale, et subcontinentale. Ce déficit peut être apprécié par la durée de la saison humide, la date de commencement de la saison humide, la durée de la période déficitaire, la sévérité du déficit, ainsi leur fréquence.

4.1.1.2. *La sécheresse hydrologique*

Il est question de sécheresse hydrologique lorsque le manque de pluies affecte le niveau des eaux de surface et souterraines (rivières, lacs, lacs artificiels, nappes phréatiques...). Cette forme de sécheresse reste également marquée par la diminution de l'écoulement superficiel dans le cours d'eau naturelle de niveau des nappes souterraines, ceci en rapport à une normale connue

4.1.1.3. *La sécheresse agricole*

La sécheresse agricole survient dès que le manque de précipitations ralentit ou empêche la croissance des plantes par déficit hydrique. La définition de la sécheresse agricole dépend donc beaucoup de la végétation et du sol de la zone décrite. Cette sécheresse dépend grandement des conditions climatiques, des caractéristiques biologiques et phréologiques des cultures ainsi que des propriétés physiques et biologiques des sols.

4.1.1.4. *La sécheresse édaphique*

Cette forme de sécheresse se définit par une diminution de l'infiltrabilité des sols et donc par accentuation du caractère d'aridité des paysages. Cette péjoration des mécanismes physiques aboutit à une détérioration sévère du milieu, parfois irréversible, au moins à l'échelle humaine. La sécheresse édaphique peut être la conséquence de la sécheresse météorologique mais dépend aussi du mode d'exploitation des sols.

4.2. Source des données du Global Risk Data Platform

4.2.1. Événements

Cyclones: UNEP/GRID-Geneve, basé sur différent jeux de données.

Cyclones storm surges: UNEP/GRID-Geneve, basé sur les données de cyclones.

Sécheresses: UNEP/GRID-Geneve basé sur les données de précipitations de Climate Research Unit (CRU).

Tremblements de Terre: United States Geological Survey (USGS) ShakeMap Atlas.

Feux: European Space Agency (ESA-ESRIN) and World Fires Atlas Program (ATSR).
Data from Preview, from the Data User Element of the Genevean Space Agency.

Inondations: Dartmouth Flood Observatory (DFO).

Tsunamis: National Geophysical Data Center (NGDC) Base de données sur le Tsunamis, NOAA.

Volcans: Smithsonian Institution Volcans du monde.

4.2.2. Catastrophes

Cyclones: UNEP/GRID-Geneve.

Cyclones storm surges: UNEP/GRID-Geneve.

Sécheresses: IRI, Columbia University.

Tremblements de terre: *Frequency:* UNEP/GRID-Geneve, basé sur United States Geological Survey (USGS) ShakeMap Atlas / *MMI:* Columbia University basé sur GSHAP / *PGA:* GSHAP / *Intensity:* UNEP/GRID-Geneve, basé sur United States Geological Survey (USGS) ShakeMap Atlas.

Feux: UNEP/GRID-Geneve, basé sur IONA l'Atlas des Feux.

Inondations: UNEP/GRID-Geneve.

Glissements de terrain: Norwegian Geotechnical Institute (NGI).

Tsunamis: Compilé par Norwegian Geotechnical Institute (NGI), basé sur différentes sources de données.

4.2.3. Exposition (Humaine & Economique)

Cyclones: UNEP/GRID-Geneve.

Sécheresses: UNEP/GRID-Geneve.

Tremblements de terre: UNEP/GRID-Geneve.

Inondations: UNEP/GRID-Geneve.

Glissements de terrain: UNEP/GRID-Geneve.

Surges: UNEP/GRID-Geneve.

Tsunamis: UNEP/GRID-Geneve.

4.2.4. Risques (Humain & Economique)

4.2.4.1. *Risques humains*

Cyclones: UNEP/GRID-Geneve.

Tremblements de terre: UNEP/GRID-Geneve.

Inondations: UNEP/GRID-Geneve.

Glissements de terrain: UNEP/GRID-Geneve.

4.2.4.2. *Risques économiques*

Cyclones: The World Bank.

Tremblements de terre: The World Bank.

Inondation: The World Bank.

Glissements de terrain: The World Bank.

4.2.5. Données générales

Population:

Landscan: LandScan™ Global Population Database. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory. Available at <http://www.ornl.gov/landscan/>.

GRUMP: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University; International Food Policy Research Institute (IFPRI), the World Bank; and Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2004. Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP): {database name from below here} Palisades, NY: CIESIN, Columbia University. Available at <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw>.

Produit Intérieur Brut: World Bank.

Frontières: United Nations International and Administrative Boundaries Resources.

Limites administratives: ESRI.

Villes: ESRI and VMAPO.

Parcs nationaux: ESRI.

Rivières: ESRI and VMAPO.

Lacs: ESRI and GLWD.

Image satellite: NASA Blue Marble Next Generation.

Modèle Numérique d'Altitude: NOAA ETOPO 1.

Couverture du sol: ESA Globcover.

Forêts: ESA Globcover.



Communauté Economique des Etats d'Afrique Centrale

Evaluation régionale des aléas et des risques dans les Etats
membres de la CEEAC

**Questionnaire à destination des
points focaux RRC**

| 100 Questions spécifiques à la climatologie | |
|--|---|
| 111 Quel est l'organisme national en charge du suivi météorologique ? | |
| 112 De quel ministère dépend-il? | |
| 113 Avez-vous un contact à nous indiquer ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui : Nom / Prénom : Poste : Email : |
| 121 Le pays dispose t-il d'un réseau de stations météorologiques fonctionnelles ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Commentaires : |
| 131 Les données météorologiques sont-elles facilement accessibles ? Commentaires : | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui, sous quelle forme (plusieurs réponses possibles) : Documents papier <input type="checkbox"/> Documents pdf <input type="checkbox"/> Fichiers type Excel <input type="checkbox"/> Modèles numériques <input type="checkbox"/> Données géographiques numériques (SIG) <input type="checkbox"/> Plate forme de partage de données <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> |
| 132 Quelles sont les données climatiques disponibles à l'échelle du pays ? | Quel type ? Pluies <input type="checkbox"/> Températures <input type="checkbox"/> Evaporation <input type="checkbox"/> Evapotranspiration potentielle <input type="checkbox"/> Avec quel pas ? Annuel <input type="checkbox"/> Mensuel <input type="checkbox"/> Journalier <input type="checkbox"/> |

| | | |
|------------|--|--|
| 133 | Le pays exploite-t-il les données produites par le Centre d'Application des Prévisions Climatiques (CAPC-AC) de Douala ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> |
| 134 | Si vous exploitez les données du CAPC-AC ces données répondent-elles à vos besoins ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Commentaires : |
| 135 | Existe-t-il des travaux documentaires de référence relatifs aux observations météorologiques et climatiques ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> |

200 Questions concernant l'identification des risques majeurs

| | | |
|------------|---|--|
| 211 | Existe-t-il un organisme en charge de la gestion des catastrophes ? | Suivi et gestion des risques d'inondations Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Contact : |
| | Commentaires : | Organisme et/ou un institut national pour l'alerte de crues Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Contact : |
| | | Suivi des activités volcaniques Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Contact : |
| | | Suivi des activités sismiques Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Contact : |
| | | Prévention en cas de sécheresse Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Contact : |
| | | Suivi des incendies de forêts ou de brousse Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Contact : |

| | | |
|------------|---|--|
| 221 | Existe-t-il déjà une banque de données des catastrophes connues ? Commentaires : | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui, sous quelle forme (plusieurs réponses possibles) : Documents papier <input type="checkbox"/> Documents pdf <input type="checkbox"/> Fichiers type Excel <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> |
| 222 | Les données de débits ou de niveaux d'eau sont-elles facilement accessibles ? Commentaires : | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui, sous quelle forme (plusieurs réponses possibles) : Documents papier <input type="checkbox"/> Documents pdf <input type="checkbox"/> Fichiers type Excel <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> |
| 223 | Êtes-vous en mesure de nous transmettre la localisation des grosses infrastructures constituant un enjeu majeur : <ul style="list-style-type: none">- Barrages hydroélectriques- Grands ouvrages d'art- Industries lourdes et/ou sensibles- Mines / Carrières Commentaires : | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui, sous quelle forme (plusieurs réponses possibles) : Documents papier <input type="checkbox"/> Documents pdf <input type="checkbox"/> Fichiers type Excel <input type="checkbox"/> Données géographiques numériques (SIG) <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> |
| 224 | Êtes-vous en mesure de nous transmettre la localisation des structures d'intervention : <ul style="list-style-type: none">- Hôpitaux- Centres de secours / Pompiers- Grands hangars / Gymnase Commentaires : | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui, sous quelle forme (plusieurs réponses possibles) : Documents papier <input type="checkbox"/> Documents pdf <input type="checkbox"/> Fichiers type Excel <input type="checkbox"/> Données géographiques numériques (SIG) <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> |

| | |
|---|---|
| <p>224 Existe-t-il des études ou cartographies de référence concernant les zones d'aléas ?</p> <p>Commentaires :</p> | <p>Zones inondables Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Zones sismiques Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Volcans Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Sécheresses Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Incendies Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/></p> |
| <p>225 Si ces documents existent sous quelles forme sont elles exploitables ? (plusieurs réponses possibles)</p> <p>Commentaires :</p> | <p>Documents ou rapports papier <input type="checkbox"/></p> <p>Images numériques (jpeg/pdf) <input type="checkbox"/></p> <p>Données géographiques numériques (SIG) <input type="checkbox"/></p> <p>Autre <input type="checkbox"/></p> <p>Commentaires :</p> |
| <p>226 Existe-t-il des données topographiques spécifiques sur les principales villes du pays ?</p> <p>Commentaires :</p> | <p>Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Si oui lesquelles :</p> <p>Courbes de niveau <input type="checkbox"/></p> <p>Habitat <input type="checkbox"/></p> <p>Voirie <input type="checkbox"/></p> <p>Bassins Versants <input type="checkbox"/></p> <p>Pédologie <input type="checkbox"/></p> <p>Forages (toit du rocher) <input type="checkbox"/></p> |
| <p>227 Seriez vous en mesure de récupérer ces données et sur quelle ville ?</p> <p>Commentaires :</p> | <p>Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/></p> <p>Villes :</p> |
| <p>231 Avez-vous connaissance sur les dix dernières années d'événements d'inondations fluviales historiques ou récurrentes ?</p> | <p>Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/></p> |
| <p>232 Si oui :</p> <p>Ne pas hésiter à joindre d'autres formulaires ou de mentionner sur papier libre les événements qui vous semblent importants de voir mentionnés sur les cartes</p> <p><i>* Préciser la ou les localités concernées</i></p> <p><i>** Dernière date connue</i></p> | <p>Nom de la rivière :</p> <p>Localisation (*) :</p> <p>Quand (**):</p> <p>Impact (***) :</p> <p>Périodicité (****) : Historique Récurrente</p> |

****Dégâts matériels ou humains (nombre de victimes)*

** ***Rayer la mention inutile. Un événement historique est un événement exceptionnel et rare. Un événement récurrent est un événement se répétant régulièrement*

Nom de la rivière :

Localisation (*) :

Quand (**):

Impact (***) :

Périodicité (****) : Historique Récurrente

Nom de la rivière :

Localisation (*) :

Quand (**):

Impact (***):

Périodicité (****) : Historique Récurrente

233 Existe-t-il des documents cartographiques ou des études permettant de localiser les zones de risques récurrents de glissement de terrain majeurs ou d'événements sismiques

Oui Non Ne sais pas

Si oui sous quelle forme :

Documents ou rapports papier

Images numériques (jpeg/pdf)

Données géographiques numériques (SIG)

Autre

Commentaires :

234 Plus globalement Existe –il des schémas nationaux ou régionaux d'aménagement du territoire qui pourraient être exploités pour la localisation des aléas et des enjeux ?

Oui Non Ne sais pas

Si oui sous quelle forme :

Documents ou rapports papier

Images numériques (jpeg/pdf)

Données géographiques numériques (SIG)

Autre

Commentaires :

| | |
|--|---|
| 300 Questions spécifiques pour les pays disposant d'une façade maritime | |
| 311 Quel est le ministère en charge des problématiques du littoral et des risques littoraux ? | |
| 312 Avez-vous un contact à nous indiquer d'une personne qui serait en charge de ces problématiques ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Si oui : Nom / Prénom : Poste : Email : |
| 313 Existe-t-il un organisme et/ou un institut national de référence concernant la surveillance du littoral et notamment de l'érosion côtière ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui : Nom / Prénom : Poste : Email : |
| 321 Existe-t-il des études ou cartographies de référence concernant l'érosion côtière le long de votre littoral ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui, sous quelle forme (plusieurs réponses possibles) : Documents ou rapports papier <input type="checkbox"/> Images numériques (jpeg/pdf) <input type="checkbox"/> Données géographiques numériques (SIG) <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Commentaires : |
| 322 Existe-t-il des études ou cartographies de référence concernant les submersions marines (inondation après des tempêtes par exemple) le long de votre littoral ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sais pas <input type="checkbox"/> Si oui, sous quelle forme (plusieurs réponses possibles) : Documents ou rapports papier <input type="checkbox"/> Images numériques (jpeg/pdf) <input type="checkbox"/> Données géographiques numériques (SIG) <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/> Commentaires : |
| 331 Avez-vous connaissance d'événements historiques d'inondation de zones littorales ? | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> |

332 Si oui :

Ne pas hésiter à joindre d'autres formulaires ou de mentionner sur papier libre les événements qui vous semblent importants de voir mentionnés sur les cartes

* Préciser la ou les localités concernées

** Dernière date connue

*** Dégâts matériels ou humains (nombre de victimes)

* ** Rayer la mention inutile. Un événement historique est un événement exceptionnel et rare. Un événement récurrent est un événement se répétant régulièrement

Localisation (*) :

Quand (**) :

Impact (***) :

Périodicité (****) : Historique Récurrente

Localisation (*) :

Quand (**) :

Impact (***) :

Périodicité (****) : Historique Récurrente

Localisation (*) :

Quand (**)

Impact (***) :

Périodicité (****) : Historique Récurrente

4.4. Correspondance à destination des points focaux RRC-CEEAC pour la récupération des données numériques liées à la cartographie des risques



Groupement IGNFI-BRLi

Projet d'Évaluation Régionale des Aléas et des Risques dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission
Tél : 06 23 25 149

A
Point focal RRC

Libreville, le 26/11/2019

Réf. chrono : CEEAC-GRC_2019-0004

Objet : Récupération de données numériques pour la cartographie des risques

Cher Madame, Monsieur,

Conformément au contrat n° 001/CSC/CEEAC/SGA-DIPEM/GRC-ACC/2019) portant sur l'évaluation régionale des aléas et des risques dans les états membres de la CEEAC nous sommes mandatés pour établir une cartographie mentionnant les principaux risques et enjeux dans cette zone.

Je vous sollicite afin que vous puissiez nous aider dans la récupération de certaines données essentielles pour la pertinence de notre travail.

Ces données peuvent par exemple être récupérées auprès de votre Institut Géographique National ou des services de la protection civile.

Merci de nous faire savoir si ce travail vous paraît envisageable à votre niveau.

| Données | Format |
|----------------------|--|
| Casernes militaires | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |
| Casernes de pompiers | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |

| | |
|---|--|
| Principaux hôpitaux ou Centre d'intervention médicale | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |
| Importants ouvrages d'art de plus de 100 m de longueur | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |
| Barrages hydroélectriques | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |
| Sites industriels sensibles | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |
| Sites d'exploitation minière | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |
| Aires protégées / Parcs naturels | Emprise au format SIG |
| Modèle numérique de terrain à 10m sur les deux principales villes du pays | Raster / Grille au format asc, grd, Geotiff ... |
| Grands hangars sur les deux principales villes du pays | Tableau Excel avec coordonnées du centre ou format SIG |

La transmission des données pourra se faire par transfert ftp par exemple.

En vous remerciant par avance pour collaboration dans ce projet essentiel

4.4

CEEAC
 IGN FI - BRLi
 Fait à Libreville, le 26/11/2019
 Evaluation régionale des aléas et des risques
 dans les Etats membres de la CEEAC

 Le Chef de Mission, Gilles MARTIN
 Tél : +241 02 32 51 49
Gilles Martin
Chef de projet

4.5. Rapport de mission du 09 au 19 mars Rwanda / Burundi / Est RDC (Goma)



Evaluation régionale des aléas et des risques dans les états membres de la CEEAC CEEAC – Banque Mondiale

Rapport de Mission Du 09 au 19 février 2020 Rwanda / Burundi / Est RDC (Goma)

CEEAC/SG/DIPEM/GRC-ACC/2019

Communauté Economique des Etats d'Afrique Centrale Février 2020

4.5.1. Introduction

La vallée du grand rift est particulièrement concernée par les risques de catastrophe naturelle en particulier de nature géotectonique ou hydrologique (tremblements de terre, éruptions volcaniques, glissements de terrain, inondations)

Une mission a ainsi été organisée dans cette région du 9 au 19 février afin d'évaluer les modalités de gestion des risques par les différents Etats concernés (Rwanda / Burundi / Est RDC).

La mission était menée par M Semingar Ngaridamngaye, responsable du projet au niveau de la CEEAC qui a facilité grandement

les rencontres avec les différentes autorités locales, accompagné de M Gilles Martin, Chef de projet IGN FI et BRLI.

L'équipe a été rejointe à Goma par M Simon Mooh, expert géologue du groupement.

Nous tenons à remercier tout particulièrement les personnes ressource locales qui se sont montrées particulièrement disponibles lors de cette mission, en particulier M Justice Ntwali du MINAFFET au Rwanda, point focal RRC de la CEEAC et M Anicet Nibaruta, DGA de la protection civile au Burundi.

4.5.2. Mission à Kigali (Rwanda) du 09 au 12 février

Le Rwanda a une politique très volontariste en matière de gestion des risques et plus globalement en matière de production et de partage de l'information géographique.

De très nombreux Ministères sectoriels ont mis en place des Géoportails de même technologie (ArcGIS Online). Même si on peut regretter une certaine dépendance à une seule société (ESRI), le grand intérêt est de pouvoir accéder à toutes les données sources directement sous ArcMap (Logiciel Desktop d'ESRI) via un système de requête en ajoutant

des données à partir du serveur ArcGIS Online (par exemple, « Rwanda, Risks » pour avoir les données concernant les risques au Rwanda). Il est à signaler cependant que toutes les données ne sont pas exportables au format SIG.

Trois organismes ont été visités au Rwanda :

- The Ministry of Infrastructures
- The Ministry in charge of Emergency Management
- The National Institute of Statistics of Rwanda

4.5.2.1. The Ministry of Infrastructures (MININFRA)

| | | |
|------------|---------|-----------------------------------|
| KALINDA K. | Charles | Head Policy and Planning |
| MARIDADI | Eugène | GIS and remote Sensing Specialist |

Le ministère des infrastructures dispose d'un service SIG/Téledétection qui publie un Géoportail sur ArcGIS On line, le Rwanda Infrastructure Portal.

<http://mininfra-geoinfo.maps.arcgis.com/home/index.html>



Figure 37 : Page d'accueil du Rwanda Infrastructure Geoportal

Le Ministère des Infrastructures n'est pas un producteur de données en tant que tel mais plutôt intégrateur de données. Le Rwanda Infrastructure Portal permet d'accéder aux données en visualisation/consultation de façon relativement ouverte en fonction des données. La visualisation se fait via un outil de visualisation MapViewer. Le portail permet également de disposer d'informations sur les métadonnées (source, méthodologie,...).

L'Unité SIG que nous avons eu l'occasion de visiter est particulièrement bien équipée avec les compétences nécessaires. Elle produit un grand nombre de cartes et de rapports concernant les différents projets

d'aménagement et de développement (urbanisme, infrastructure, énergie). Le SIG est perçu et utilisé comme un réel outil d'aide à la décision pour orienter les politiques d'aménagement et optimiser les coûts de mise en œuvre.

Nous avons largement échangé avec le responsable SIG qui nous a adressé l'Atlas des Risques du Rwanda et qui outre son intérêt scientifique permet de disposer du modèle de données existant (ensemble des données exploitées avec leur source). La majorité de ces données intersectorielles sont accessibles via ArcMap en se connectant au serveur ArcGIS Online.

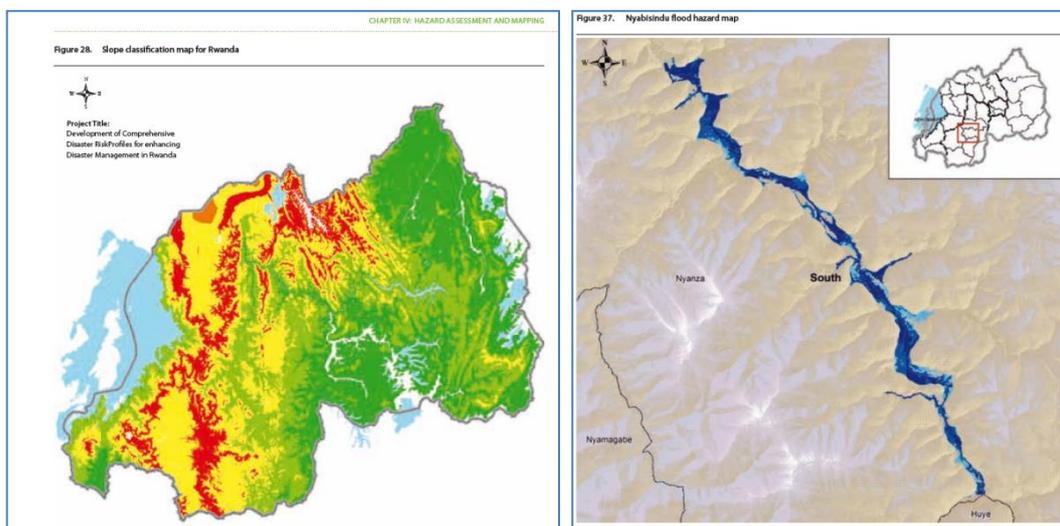


Figure 38 : Extrait de l'Atlas des Risques du Rwanda

4.5.2.2. The Ministry in charge of Emergency Management (MINEMA)

| | | |
|-------------|-----------|---|
| KAYUMBA | Olivier | Permanent Secretary |
| SWAMALIYA | Sabine | Operational systems specialist |
| NSABIMANA | Fernande | Public Awareness Training & Capacity Building Officer |
| MUCYOMERA | Isabelle | Recovery & reconstruction Officer |
| YAMBABARIYE | Elisabeth | |

Le Ministère en charge de la gestion des urgences rédige des plans de contingence liés aux différents types de catastrophes. Tous ces documents sont consultables sur le site du Ministère.

<http://minema.gov.rw>

Ce Ministère dispose d'équipes techniques en mesure d'évaluer les différents risques naturels. Il dispose également d'un service

d'information permettant le recensement et la qualification de tous les événements de catastrophe naturelle. Son action est tournée vers la gestion des catastrophes et la gestion de crise.

D'un point de vue technique le Ministère est très intéressé par notre travail mais craint que si nous travaillons sur des modèles internationaux, la précision des données ne

permettra pas d'être suffisamment pertinent au niveau local. Or au Rwanda les événements climatiques ou géotechniques peuvent être très localisés. Il serait ainsi préférable qu'en fonction de la méthodologie mise en œuvre nous nous concentrons sur des rivières ou des secteurs géographiques bien définis plutôt que de faire un modèle global qui n'apporterait peut être pas suffisamment de valeur au travail déjà mené par cette administration.

Le Ministère s'est proposé pour servir de point focal pour la récupération des données

qui pourraient nous être nécessaire auprès des différentes administrations (infrastructure, agriculture, environnement, université,...).

Il est évident, et nous l'avons rappelé que dans le temps imparti il est difficile de prétendre produire des documents vraiment opérationnels en particulier pour un pays comme le Rwanda, très avancé dans la culture de l'information géographique. Nous allons donc échanger pour proposer un travail qui apporte une réelle plus value à ce qui est déjà fait.

4.5.2.3. *The National Institute of Statistics of Rwanda (NISR)*

| | | |
|------------|-------------|---|
| MURANGWA | Mago Yusuf | Director General |
| MWIZERWA | Jean Claude | Director of Economic Statistics Unit |
| NYIRIMANZI | Claude | Director of Statistical Method Research and Publication |

<http://geodata-nisr-rwanda.opendata.arcgis.com/>

L'Institut National des Statistiques du Rwanda (NISR) est un Institut moderne de traitement statistique qui dispose également d'une compétence SIG. Le NISR propose un Géoportail d'accès aux données sous ArcGIS on line (ESRI).

Les données statistiques peuvent nous être utiles pour qualifier la vulnérabilité aux risques de catastrophe naturelle.

Un courrier a été adressé dans ce sens au NISR (voir en annexe) car les données ne sont pas, à notre connaissance, toutes exportables en format SIG. Cependant via le service Online d'ArcGis on peut accéder à un certain nombre de données géolocalisées comme par exemple la population ou le niveau de vie par entité administrative.

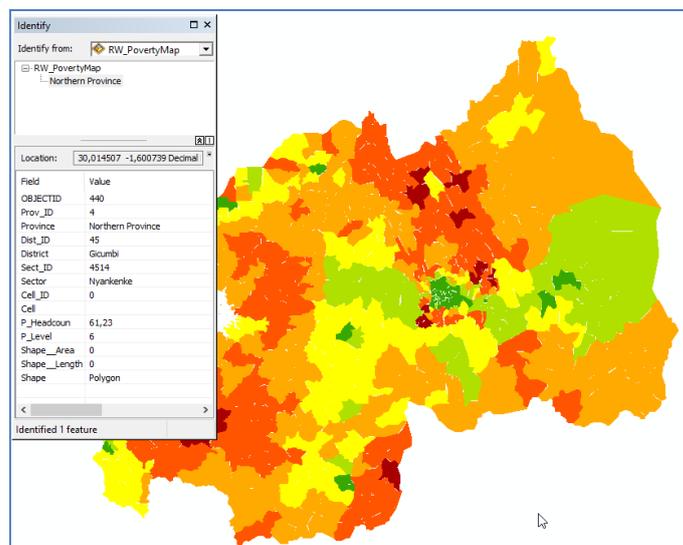


Figure 39 : Taux de pauvreté au Rwanda via ArcGIS Online

4.5.3. Mission à Bujumbura (Burundi) du 12 au 15 février

Le Burundi demeure très tributaire des organismes internationaux pour la production et le traitement des données géographiques.

Cinq organismes ont été visités au Burundi :

- La Direction Générale de la Protection Civile
- L'Institut des Statistiques du Burundi

(ISTEBU)

- Le Bureau de la Centralisation Géomatique (BCG)
- Le Bureau de la Coordination des Affaires Humanitaire des Nations Unies (UNOCHA)
- L'Institut Géographique National du Burundi (IGEBU)

4.5.3.1. *La Direction Générale de la Protection Civile (DGPC)*

| | | |
|------------|----------|---|
| NTEMAKO | Antoine | Directeur Général de la Protection et de la Gestion des Catastrophes & Président de la Plateforme Nationale de Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes |
| NIBARUTA | Anicet | Directeur Général –Adjoint de la Protection et de la Gestion des Catastrophes & Secrétaire Exécutif de la Plateforme Nationale de Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes |
| NIYIBIZI | Gervais | Conseiller du Directeur Général de la Protection et de la Gestion des Catastrophes & Formateur National en matière de Réduction des Risques Catastrophes |
| NKESHIMANA | Nicodème | Directeur de l'Ecole Nationale de la Protection Civile & Formateur National en matière de Réduction des Risques Catastrophes |
| HAKIZIMANA | Venant | Directeur de la Planification des Opérations de Secours & Formateur National en matière de Réduction des Risques Catastrophes |

La Direction Générale de la Protection Civile (DGPC) assure également la présidence de la plate-forme nationale de Prévention des Risques et de Gestion des Catastrophes. A ce titre cette Direction Générale est le point focal RRC de la CEEAC.

Son rôle est plus tourné vers la gestion de crise et des secours que vers l'identification des risques proprement dit. La DGPC travaille de façon étroite avec les partenaires au développement en particulier OCHA. La plate-forme Nationale dispose de points focaux aux Nations Unies et dans les ONGs travaillant sur les risques de catastrophes naturelles.

La coopération allemande (GIZ) a également produit des plans de contingence sur 3 communes, le CICR en ayant produit sur 4 autres communes.

Une plate-forme Internet, GeoRisques avait été développée avec la Banque Mondiale pour le recensement des catastrophes naturelles. Cependant ce portail n'est plus alimenté. La DGPC voulait stocker ces informations sur des serveurs en interne. En l'absence de serveur la DGPC a émis le souhait de relancer des formations.

La DGPC cherche à situer la problématique des risques dans un cadre plus général. Il s'agit d'établir un véritable schéma d'analyse des risques et de rétablissement incluant :

- L'analyse des aléas géographiques,
- L'identification des zones où il manque des informations
- L'évaluation des moyens humains et matériels
- La répartition des moyens en fonction des aléas

Dans ce sens le Centre d'excellence pour la gestion des catastrophes va être largement

renforcé pour disposer d'un pôle technique performant.

4.5.3.2. *L'Institut des Statistiques du Burundi (ISTEBU)*

| | | |
|----------|---------|--|
| NIYUKURI | Jeanine | Directrice des études démographiques et sociales |
|----------|---------|--|

Compte tenu des délais très courts de notre mission, nous n'avons pu nous rendre dans les locaux de l'ISTEBU mais avons néanmoins pu rencontrer la Directrice des études démographiques et sociales alors qu'elle participait à un séminaire.

qui nous permettraient de préciser la vulnérabilité des populations, sont effectuées par échantillonnage à partir d'enquêtes sur les conditions de vie, le niveau de dépense étant plus facile à déterminer que le niveau de revenu (l'un étant corrélé à l'autre).

Cela nous a permis d'échanger sur les capacités de gestions des données statistiques et sociales au Burundi.

Le taux de pauvreté en 2013/2014 a ainsi pu être déterminé au niveau provincial.

Le dernier recensement de la population (RGPM) date de 2008 et l'ISTEBU fonctionne sur des projections jusqu'en 2025. Les données statistiques sont agrégées par province et par milliers de résidences, par tranche d'âge et par genre.

Nous avons demandé à bénéficier des données de population par tranche d'âge ainsi que des données sur le taux de pauvreté agrégées au niveau provincial et au niveau des quartiers sur Bujumbura.

Les enquêtes sur les revenus des ménages,

Un courrier a été adressé dans ce sens le 15 février.

4.5.3.3. *Le Bureau de la Centralisation Géomatique (BCG)*

| | | |
|--------------|----------|-------------------------------|
| NGENDABAKANA | Frédéric | Secrétaire exécutif permanent |
| NIYONGABO | Julius | Expert Système d'information |
| NAHIMANA | Vinciane | Geomaticienne |

Le Bureau de la Centralisation Géomatique est rattaché à la seconde vice présidence du Burundi et peut ainsi agir comme intégrateur de données de façon transversale auprès de tous les ministères sectoriels.

capacités techniques nécessaires pour administrer une telle solution.

Le BCG est ainsi censé archiver toutes les données géographiques numériques transmises par l'IGEBU (qui demeure le producteur officiel de cartes topographiques) ainsi que par les différents ministères sectoriels (agriculture, environnement,...).

Le site du BCG permet d'être informé sur les différentes actions menées par le BCG en termes d'intégration géomatique et de formation.

Le BCG a équipé une salle pour l'organisation de formations géomatiques

Le BCG ne dispose pas encore de Géoportail qui lui permettrait de diffuser ces différentes couches de données. Une étude a été demandée pour la mise en place d'une solution de type Géonode qui n'a pas forcément convaincue compte tenu des

www.sp-bcg.gov.bi



Figure 40 : Page d'accueil du BCG Burundi

C'est un Centre qui nous paraît essentiel pour la promotion de l'information géographique

dans un contexte où la production de l'information est globalement produite par des organismes ou institutions internationales.

Le Burundi a bénéficié en 2010 d'une couverture aérienne de résolution métrique ayant nécessité la production d'un Modèle

4.5.3.4. *Le Bureau de la Coordination des Affaires Humanitaire des Nations Unies (UNOCHA)*

| | | |
|-----------|------------|-------------------------------|
| HINKKANEN | Jutta | Chef de Bureau |
| NJIKE | Marc Aurel | Information Mangement Officer |

OCHA est installé au Burundi depuis de nombreuses années et apparaissait avant la création du BCG comme le principal intégrateur de données géographiques.

OCHA travaille en contact avec les différents instituts de production de données du Burundi (IGEBU, ISTEBU,...) mais sa vocation reste la cartographie à vocation humanitaire.

OCHA coordonne ainsi l'intégration des données de 65 partenaires au développement.

Les données sont accessibles via un geoserveur international, le Humanitarian Data Exchange que nous avons largement utilisé dans notre étude.

<https://data.humdata.org/>

Numérique de Terrain à 10m, nous avons sollicité le BCG pour exploiter ce modèle.

Un courrier a par ailleurs été adressé au BCG le 13 février 2020 pour récupérer un certain nombre de couches géographiques liées aux enjeux si celles-ci s'avèrent disponibles.

OCHA produit des données sur la vulnérabilité qui sont agrégées au niveau provincial.

Un courrier a été adressé à l'unité SIG de OCHA le 13 février 2020 pour récupérer les couches géographiques liées à la vulnérabilité.

Enfin le chef de projet de OCHA nous a mis en contact avec le chef de bureau IOM qui termine actuellement, sur financement européen, une nouvelle cartographie des risques à l'échelle nationale.

Il est prévu d'organiser une réunion téléphonique pour coordonner nos actions la semaine du 02 mars.

4.5.3.5. L'Institut Géographique National du Burundi (IGEUBU)

| | | |
|----------------|------------|--|
| AUGUNGENZI | | Directeur Général |
| BARWIHIGIRE | Thomas | Directeur de la cartographie et de la topographie |
| NDIKUMANA | Xavier | Chef de service photogrammétrie |
| BABONWANAYO | Deogratias | Directeur de l'hydrométéorologie et de l'agrométéorologie |
| NTUNGUMBURANYE | Gérard | Chef du service hydrologie |
| HATUNGIMANA | Liliane | Chef de service chargée de la gestion des données hydrométéorologiques |



Figure 41 : Vue de l'IGEUBU à Gitega (Burundi)

L'Institut Géographique du Burundi se décompose en deux Directions, la Direction de la topographie et de la cartographie et la Direction de l'hydrométéorologie et de l'agrométéorologie.

L'IGEUBU est un Institut producteur d'information.

La Direction de la cartographie et de la topographie est logiquement chargée du maintien des réseaux géodésiques et de nivellement ainsi que de la mise à jour des cartes de base. Hélas cette direction ne dispose pas des moyens suffisants pour fonctionner. Le Burundi n'a pas produit de cartographie régulière depuis la carte IGN qui date de près de 40 ans et ne dispose pas nécessairement des compétences nécessaires à la gestion d'un Système d'Information Géographique. Son service de télédétection travaille cependant sur des images Sentinel ou des modèles d'occupation du sol (Copernicus) à partir de logiciel de traitement d'image (Erdas) pour produire des cartes à façon.

Le travail effectué par le bureau FIT (Prise de vue aérienne de 50cm de résolution, restitution au 1/5000 sur certaines zones / MNT) n'est manifestement pas exploité au sein de l'IGEUBU.

La Direction de l'hydrométéorologie et de l'agrométéorologie, peut bénéficier de l'appui du Centre régional de prévisions climatiques de Nairobi pour récupérer des données météorologiques. Cette direction dispose par ailleurs de 20 stations météorologiques principales au sol et de 50 stations hydrométriques. Des relevés réguliers sont menés afin de disposer d'informations sur les débits des rivières et la qualité de l'eau. Des relevés mensuels au niveau des stations météorologiques sont également menés.

Une base de données permet de stocker l'information liée à ces différents relevés et l'information transmise par le Centre Régional Climatique de Nairobi.

Un courrier a été adressé à l'IGEUBU le 13 février 2020 afin de récupérer :

- les débits (hauts/bas) au niveau de chaque station hydrométrique localisée en Long/Lat.
- Les précipitations par mois moyennées (si possible) sur cinq ans au niveau de chaque station météorologique localisée en Long/Lat

4.5.4. Mission à Goma (RDC) du 17 au 18 février

La région du Nord Kivu en RDC et en particulier la région de Goma est concernée en premier lieu par les risques d'éruption volcanique du Nyiragongo dont la dernière éruption date de 2002 et avait fait des dégâts considérables. La région est par ailleurs soumise à des activités sismiques quasi-permanentes.

La présence humanitaire dans cette région est extraordinairement forte depuis des

décennies ce qui a pour conséquence une forme de transfert de compétence entre l'état congolais et les institutions ou organisations internationales pour toutes les questions liées à la gestion des risques.

Deux organismes ont été visités à Goma :

- Le gouvernement provincial
- L'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG)

4.5.4.1. *Le gouvernement provincial*

| | | |
|-------------------------------------|------------|---|
| SEBISHIMBO RUBUGA KABIKA KIBATSI | Jean Bosco | Ministre provincial de l'administration territoriale Chef de division des actions humanitaires et solidarité nationale |
|-------------------------------------|------------|---|

En l'absence du Gouverneur et du vice-gouverneur c'est le Ministre provincial de l'administration du territoire qui nous a reçu, en présence du Directeur Général de la Protection Civile et du Chef de division des actions humanitaires et de la solidarité nationale.

L'accent a été mis sur le danger permanent que constitue le volcan Nyiragongo ainsi que les poches de gaz CO₂ contenues dans le lac Kivu ainsi que de façon superficielle dans les sols.

Le rejet important de soufre dans l'atmosphère conduit aussi à rendre les pluies plus acides avec des conséquences importantes sur l'agriculture.

Le Ministre a aussi insisté sur l'impact du changement climatique qui entraîne une pluviométrie non maîtrisée et perturbe les périodes culturales. Le réseau de stations météorologiques très dégradé ainsi que l'instabilité chronique qui prévaut dans la région du fait des diverses rebellions empêche l'Etat de s'investir correctement dans une politique d'appui aux agriculteurs.

Nous avons présenté le Centre d'Application des Prévisions Climatiques de Douala qui a été mis en place précisément pour appuyer l'ensemble des Etats membres de la CEEAC dans la connaissance et le suivi météorologique. Le CAPC est susceptible d'adresser des informations climatiques quotidiennes ciblées sur la région du Kivu.

4.5.4.2. *L'Observatoire Volcanologique de Goma (OVG)*

| | | |
|------------------|----------|------------------------|
| KATCHO KARUME | Antoine | Directeur Général |
| KASEREKA MAHINDA | Célestin | Directeur scientifique |



Figure 42 : Observatoire Volcanologique de Goma et vue du volcan

L'observatoire volcanologique de Goma est une structure publique dépendant du Ministère de la Recherche Scientifique et technologique.

L'OVG a bénéficié de l'appui des bailleurs de fonds pour la construction et la réhabilitation des bâtiments et de l'appui du Musée Royal d'Afrique Centrale pour l'achat

Avec le PNUD des cartes de glissement de terrain, d'érosion ou d'inondation ont été réalisées par analyse multicritères (modèle de pente issu du MNT, données de végétation, type et profondeur des sols, données climatiques, valeurs de débit sur certaines rivières,...)

Pour les tremblements de terre, seuls ceux d'une magnitude supérieure à 4.5 sont inventoriés car la région est sujette à des secousses minimes presque quotidiennement.

Il s'agit d'un observatoire unique dans la région qui travaille aussi au bénéfice des pays

d'équipements informatiques, la formation et la réalisation d'études volcanologiques.

Pour tout ce qui concerne les mesures d'observation, le suivi des activités volcaniques, et l'information auprès des populations l'OVG s'appuie également depuis 2015 sur le soutien des Nations Unies (UNOPS, PNUD).

limitrophes.

Le Directeur de l'OVG s'est étonné que l'on puisse réaliser un tel travail cartographique sur onze pays alors que sur la région de Goma le travail d'identification des risques requiert beaucoup de temps en termes de collecte de données, d'analyses et de validation sur le terrain. Par ailleurs la précision du travail nécessite de disposer de données de terrain. Il s'étonne enfin que la validation globale de ce travail soit faite par des gens qui ne sont pas nécessairement conscients des risques localement.

Pour le premier point, nous avons effectivement rappelé que notre travail va s'effectuer à partir de données et de modèles internationaux et que bien évidemment il ne peut se substituer au travail fait par un observatoire tel que l'OVG. C'est pourquoi nous sollicitons de disposer des couches d'information concernant les simulations de coulées de lave ainsi que le résultat cartographique des traitements sur les risques de glissement de terrain.

Pour le second point il est rappelé qu'un des points focaux RRC de la CEEAC pour la RDC est précisément basé à Goma et connaît bien la problématique des risques.

Pour conclure nous avons regretté un

manque d'accessibilité des travaux menés par le Musée Royal d'Afrique Centrale (projet GeoRiskA). Or il paraît dans le cadre de notre travail et si l'on souhaite proposer une cartographie ciblée sur la région de Goma d'exploiter les données produites dans le cadre de ce projet.

Un des objectifs de notre travail est aussi de proposer à un niveau transfrontalier une compilation de tout ce qui peut exister localement pour peu que cette information soit aisément disponible.

Un courrier a ainsi été adressé à l'OVG le 19/02/2020 pour la récupération des informations susceptibles de nous être utiles.

Conclusions

Cette mission a permis de mesurer l'impact d'une bonne gestion de l'Information géographique avec la capacité à anticiper et gérer les risques de catastrophe naturelle. Le Rwanda a ainsi mis en place un véritable plan national géomatique permettant au Ministère chargé en particulier de la gestion des catastrophes naturelles (MINEMA) d'accéder à l'ensemble des informations produites par les différents ministères sectoriels.

La gestion des risques nécessite de fait d'accéder à un grand nombre d'information de source et de nature différentes. La production d'un atlas de risque suppose un total décloisonnement de l'information géographique. Incontestablement le Rwanda se situe totalement dans cette démarche. Le résultat est que tous les résultats produits par le Rwanda sur la localisation des risques sont disponibles et accessibles via des serveurs géographiques ouverts pour la plupart.

Le Burundi, avec la création, il y a quelques années, du Bureau de la Centralisation Géomatique (BCG) au niveau de la présidence (et donc à un niveau non dépendant d'une structure sectorielle) a cherché avec des moyens limités à s'inscrire également dans une volonté de mutualiser l'information géographique. De gros efforts demandent cependant à être fait dans la production et la gestion d'informations géographiques sectorielles. Les organisations et institutions internationales demeurent encore très impliquées dans la production d'informations géographiques alors que le producteur officiel, l'IGEBU souffre d'un manque évident de moyens pour fonctionner.

La région de Goma est soumise à un nombre exceptionnel de risques mais l'administration congolaise a été globalement dépossédée de l'identification et de la gestion de ceux-ci, la communauté internationale au sens large ayant pris en charge cette responsabilité. On est loin de se situer dans une logique de décloisonnement de l'information. Les autorités ne sont pas en mesure d'en produire en dehors de l'OVG qui lui-même ne fonctionne essentiellement qu'avec l'appui de structures exogènes.

La leçon de cette mission est très clairement d'encourager par tous les moyens le renforcement de compétences et de capacités pour évoluer vers le décloisonnement et la mutualisation de l'information géographique au travers la mise en place de solutions Web-cartographiques (Géoportail).

Ceci semble particulièrement évident dans le domaine de la gestion des risques de catastrophe naturelle qui nécessite d'effectuer des traitements multicritères sur la base d'informations sectorielles (pluviométrie, modèles d'élévation, végétation, infrastructures,...).

4.6. Correspondances suite à la mission Rwanda / Burundi / Est RDC (Goma)



Groupement IGNFI-BRLi

Projet d'Evaluation Régionale des Aléas et des Risques dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission

Tél : +241 62 32 51 49

A

Mr Mwizerwa Jean Claude
Director of Economic Statistics Unit

Kigali, le 10/02/2020

Réf. chrono : CEEAC-GRC_2020-0002

Objet : Recovery of digital data for risk mapping

Dear Sir,

I thank you again for your welcome this morning.

As part of our project, we would like to recover some geographic data that will enable us to better assess Rwanda's social and economic vulnerability to the risks of natural disasters.

As I told you this morning when I try to access the website, I am asked for an ArcGIS online identifier. I think this is a bug and I'm reporting it to you.

the following data may be of interest to us :

- Location and classification of localities → Excel (with Long/Lat) or shape file. We have already a shape file of localities in Rwanda but we prefer to have an official file that allows to link them with demographic information
- Population by locality or a grid model of density in Rwanda
- In Kigali : administratives bounds → Shapefile
- In Kigali : level of live per administratives sectors → Excel or a grid model

- If possible Habitat typology → Shape file of buldings with the type and number of floors
- Majors hospitals in Rwanda → Excel (with Long/Lat)
- Schools / Fire stations in Kigali → Excel (with Long/Lat)

Of course some others informations will be usefull for us as infrastructure information (mains bridges, power plants, factories,...) That's why we are going to visit the MININFRA tomorrow.

The data transmission could be done by ftp transfer for example.

Thank you in advance for your collaboration in this important project.

Kigali, 2020 the 10th of february

Gilles Martin

CEEAC
IGN FI-BRLi
Evaluation régionale des aléas et des risques
dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission, Gilles MARTIN
Tél : +241 02 32 51 49



Groupement IGNFI-BRLi

Projet d'Evaluation Régionale des Aléas et des Risques dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission

Tél : +241 62 32 51 49

A
Mr Kayumba Olivier
Permanent Secretary
Ministry in Charge of Emergency Management

Kigali, le 12/02/2020

Réf. chrono : CEEAC-GRC_2020-0003

Objet : Recovery of digital data for risk mapping

Dear Sir,

As discussed with your team, our work on natural disaster risk assessment concerns all ECCAS countries. The capacities of the different countries vary greatly from one country to another, particularly with regard to the exploitation and management of geographical data.

Given the very short deadlines we have to produce cartographic atlases concerning different types

of hazards, we are obliged to work with international models (terrain model, land use model, climatological models, hydrographic network, planimetric data, etc.).

For this work to be of interest to Rwanda, which is very advanced in terms of sharing and exploitation of geographical data, we request a close collaboration in order to have more accurate data, particularly in urban areas (Kigali).

Your service has offered to act as an interface with other ministries to help us enhance our data.

In return, we are sending you the first reports that we have produced within the scope of this project : the inception report and the report regarding the constitution of the database (even if it is not yet validated by ECCAS).

These reports will allow you to better understand our approach and methodology as well as the data and models that will be used).

I will also ask our hydrologist expert to remain at your disposal if you wish to have more technical information on this aspect.

Here are the types of data that could be useful to us (for the issues at stake we are currently using Open Street Map) :

| Data | Area | Possible sources | Type |
|--|-----------------|--|--------------------------------|
| Digital terrain model or contour lines on Kigali / metric accuracy | Kigali | Université de Kigali / Mairie de Kigali / Ministère de l'agriculture | Raster (grd, asc, geotiff,...) |
| soil data | Kigali | Ministère de l'agriculture | Shapefile ou Raster |
| Land Use | Rwanda | Ministère de l'agriculture | Shapefile ou Raster |
| Hazard (Landslide, Flood, Earthquake,...) | Rwanda | MINEMA | Shapefile ou Raster |
| Enjeux économiques : <ul style="list-style-type: none"> - Hospitals - Fire Stations - Power plants - hydroelectric dams - major industrial sites - Large infrastructure equipment (e.g. bridge of more than 50m) - Factories - Quarries - Airports | Rwanda / Kigali | Institut géographique / MININFRA | Shapefile |
| habitat typology | Kigali | Mairie de Kigali ? | Shapefile |

In addition, we have already made requests to the National Institute of Statistics regarding aspects of vulnerability (population, administrative limits, density, standard of living, etc.) and to the Ministry of Infrastructure for large infrastructure equipment.

The data transmission could be done by ftp transfer for example.

Thank you in advance for your collaboration in this important project.

Kigali, 2020 the 13th of february

Gilles Martin
Project Manager

CEEAC
IGN FI-BRLi
Evaluation régionale des aléas et des risques
dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission, Gilles MARTIN
Tél : +241 02 32 51 49



Groupement IGNFI-BRLi

Projet d'Évaluation Régionale des Aléas et des Risques dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission
Tél : +241 62 32 51 49

A
Mme NIYUKURI Jeanine
Directrice des Etudes Démographiques et Sociales
ISTEBU
Burundi

Réf. chrono : CEEAC-GRC_2020-0004

Objet : Données démographiques et évaluation du taux de pauvreté au Burundi

Chère madame,

Je vous remercie encore pour le temps que vous nous avez accordé dans le cadre de notre projet d'évaluation des risques de catastrophe naturelle dans les pays membres de la CEEAC.

Dans ce cadre il nous serait très utile d'ajouter à notre travail des éléments de vulnérabilité sociale.

Ainsi nous sollicitons de votre part les données démographiques par tranche d'âge agrégées au niveau provincial (ou niveau communal si vous avez) sur le Burundi et au niveau des quartiers sur Bujumbura selon les projections du recensement 2008 ainsi que les données du taux de pauvreté par province établies à partir de vos enquêtes sur les conditions de vie.

Ces données peuvent être transmises au format Excel par exemple.

Nous vous remercions par avance pour votre collaboration dans ce projet

Bien cordialement

Bujumbura, le 15 février 2020
Gilles Martin
Project Manager

CEEAC
IGN FI - BRLi
Evaluation régionale des aléas et des risques
dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission, Gilles MARTIN
Tél : +241 02 32 51 49



Groupement IGNFI-BRLi

Projet d'Évaluation Régionale des Aléas et des Risques dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission

Tél : +241 62 32 51 49

A

M KATCHO KARUME Antoine
Directeur Général de l'OVG

Ministère de la Recherche Scientifique et technologique
Goma - RDC

Réf. chrono : CEEAC-GRC_2020-0005

Objet : Données géographique sur les risques naturels

Chère Monsieur,

Je vous remercie encore pour le temps que vous nous avez accordé avec votre équipe dans le cadre de notre projet d'évaluation des risques de catastrophe naturelle dans les pays membres de la CEEAC.

Comme vous l'avez signalé il serait utile et nécessaire de faire figurer sur nos cartes les traitement effectués par l'OVG.

Ainsi nous sollicitons de votre part les données suivantes en fonction de leur disponibilité :

- Simulation des coulées de lave sur Goma (format raster ou vecteur)
- Inventaire 2019 des glissements de terrain (format vecteur)
- Risques de glissement de terrain (format raster ou vecteur)
- Inventaire 2019 des événements sismique de magnitude supérieure à 4 (format vecteur)
- Données géologiques et pédologiques de la région de Goma (format vecteur)
- Zonage d'expansion des produits volcaniques (laves, cendres, fumerolles)
- Localisation des poches de gaz CO2 du lac Kivu (Format vecteur)
- Acidité du sol (format raster)

Ces données peuvent être transmises par ftp par exemple.

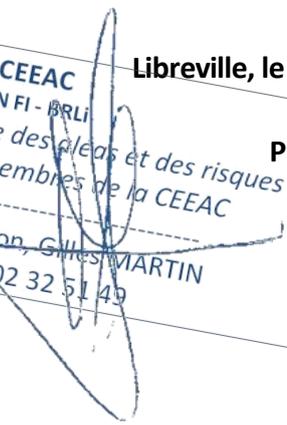
Nous vous remercions par avance pour votre collaboration dans ce projet et ne manquerons pas de vous tenir informé de l'avancement de nos activités.

Bien cordialement

Libreville, le 20 février 2020
Gilles Martin
Project Manager

CEEAC
IGN FI - BRLi
Evaluation régionale des aléas et des risques
dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission, Gilles MARTIN
Tél : +241 02 32 51 49





Groupement IGNFI-BRLi

Projet d'Evaluation Régionale des Aléas et des Risques dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission
Tél : +241 62 32 51 49

A
M AUGUNGENZI
Directeur Général de l'IGEBU
Gitega - Burundi

Réf. chrono : CEEAC-GRC_2020-0006

Objet : Données hydrométriques et pluviométriques

Monsieur le Directeur Général,

Je vous remercie encore pour le temps que vous nous avez accordé avec votre équipe dans le cadre de notre projet d'évaluation des risques de catastrophe naturelle dans les pays membres de la CEEAC.

Dans ce cadre, il nous serait utile de bénéficier des données relevées par vos stations météorologiques et hydrométriques.

Ainsi nous sollicitons de votre part les données suivantes en fonction de leur disponibilité :

- Localisation des stations météorologiques en longitude/latitude WGS 84
- Localisation des stations hydrométriques en longitude/latitude WGS 84
- Relevés pluviométriques 2019 mensuels sur chaque station météorologiques
- Relevés de débit 2019 en période d'étiage et de crue sur chaque station hydrométriques

Ces données peuvent être générées au format Excel et adressées par email.

Nous vous remercions par avance pour votre collaboration dans ce projet et ne manquerons pas de vous tenir informé de l'avancement de nos activités.

Bien cordialement

Libreville, le 20 février 2020
Gilles Martin
Chef de projet

CEEAC
IGN FI - BRLi
Evaluation régionale des aléas et des risques
dans les Etats membres de la CEEAC

Le Chef de Mission, Gilles MARTIN
Tél : +241-02 32 51 49