

ATLAS DES RISQUES DE LA CEEEAC



2021



Renforcer les capacités de
résilience face aux catastrophes
en Afrique subsaharienne

Mis en œuvre par :
 GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE

ATLAS DES RISQUES DE LA CEEAC

Conception et Coordination

Gilles MARTIN, ingénieur des travaux géographiques et cartographiques
Camille PINET, ingénieur agronome et géomatique

Contributeurs

Damien BRUNEL, hydrologue
Lucie CAMPMAS, géologue
François CARNUS, ingénieur environnement littoral et marin
Ludovie LE COZ, géologue et génie côtier
Arthur LEROUX, environnement et risques
Simon MOOH, géologue
Romain RECOUVREUR, hydrologue
Gratien TCHADIEU, climatologue

Nous remercions les experts et institutions des pays membres de la CEEAC, qui ont contribué à enrichir le contenu de cet atlas par les commentaires et précisions qu'ils ont apportés.

ATLAS DES RISQUES DE LA CEEAC

SOMMAIRE

7	Préface		
10	Cadre institutionnel		
11	La CEEAC		
12	Acronymes		
13	Glossaire		
14	Réalisation de la cartographie		
16	Découpage administratif de la CEEAC et dynamique démographique		
18	Occupation du sol		
20	Relief et Hydrographie		
22	RISQUES D'INONDATIONS FLUVIALES	82	RISQUES DE CATASTROPHES NATURELLES EN ZONE URBAINE
24	Méthodologie d'évaluation de l'aléa d'inondation fluviale	84	Luanda
28	Grands bassins versants dans la CEEAC	86	Lobito
28	Risques d'inondations fluviales dans la CEEAC	88	Bujumbura
32	Inondations fluviales bassins versants Chari & Logone	90	Yaoundé
34	Inondations fluviales bassin versant Oubangui	92	Douala
36	Inondations fluviales bassins versants Ogooue & Ngounie	94	Garoua
38	RISQUES GÉOTECHNIQUES	96	Brazzaville
40	Méthodologie d'évaluation de l'aléa glissement de terrain	98	Pointe Noire
44	Méthodologie d'évaluation de l'Aléa sismique	100	Libreville
48	Méthodologie d'évaluation de l'Aléa volcanique	102	Port Gentil
52	Risques géotechniques : focus sur deux zones caractéristiques	104	Malabo
54	RISQUES CLIMATIQUES	106	Bangui
56	Méthodologie d'évaluation de l'aléa climatique	108	Kinshasa
58	Extrêmes pluviométriques historiques	110	Kisangani
60	Extrêmes pluviométriques potentiels	112	Mbuji Mayi
62	La sécheresse climatique	114	Goma
64	Les changements climatiques	116	Kigali
68	RISQUES DE SUBMERSION MARINE ET D'ÉROSION CÔTIÈRE	118	Sao Tomé
70	Méthodologie d'évaluation de l'aléa de submersion / érosion marine	120	Ndjamena
72	Risques littoraux : cartes	122	Moundou

FOREWORD

The development of this atlas of hazards, vulnerabilities, and risks in ECCAS Member States responds to a need to understand, spatialize, and contextualize natural hazards. It introduces a range of approaches and maps to explain perceived and experienced risks, their consequences and their physical, socio-cultural, historical, or geographic factors.

Through this atlas, several richly illustrated levels of reading are offered to a wide audience. This work sheds light on the components of risk and how to manage it, in particular through an integrated approach that takes into account both natural hazards and the challenges exposed, their specific vulnerabilities but also the local capacities to tackle them.

It promotes multiple sources of geographic, geomorphological, climatic, and historical information that was collected from institutions and populations on the ground. It constitutes a first synthetic base of knowledge for risk prevention. This prevention must be based upstream on education and be an integral part of the sustainable management of territories prone to profound socio-economic and environmental changes.

The effects of population pressure, unplanned urbanization, biodiversity loss, land and ecosystem degradation, climate change and complex trends in economic globalization may partly explain the increase and intensity of disasters worldwide. Since 1970, Sub-Saharan Africa has experienced more than 2,000 disasters, just under half of which have occurred in the past decade.

The most common disasters in Sub-Saharan Africa are floods and droughts; however, other hazards such as cyclones, earthquakes, landslides, volcanic eruption, coastal erosion and epidemics also have serious implications for the sustainable management of water resource, health, food security, agricultural productivity, livelihoods and fiscal risk management.

These extreme events disrupt the normal functioning of communities, States, economies, and development efforts in general, seriously compromising their chances of achieving the Sustainable Development Goals. Further complexity and uncertainty are added with the impacts of climate change as well as rapid and unplanned urbanization.

Persistent conflict and environmental degradation increase the vulnerability of hundreds of millions of people across the continent. In addition, inadequate infrastructure, insufficient information, and weak institutions further complicate effective risk management.

Moreover, vulnerability to disasters, whether natural or man-made, is an aggravating factor in the poverty levels of developing countries, including those in Central Africa. The resulting forms of vulnerability are likely to convert minor risk events into major disasters. The economic, social, and environmental consequences are difficult to quantify.

The impact of these extreme events on the majority of poor populations, very often living either on very fragile or sterile land, or in anarchically constructed urban areas exposed to multiple hazards, is accentuated by the lack or insufficiency of resources dedicated to the rehabilitation and reconstruction of their environment.

These disasters significantly affect wealth levels and reverse the development gains achieved in the fight against poverty. Images of the distress and suffering that have often been experienced by the affected populations illustrate the gravity and extent of the damage caused by disasters, in addition to the damage to social stability. Strategies, frameworks, programmes and action plans have been adopted at global, regional, sub-regional and national level.

In Central Africa, an environmental and natural resource management policy was adopted in 2007 with 12 areas of intervention including the fight against land degradation, drought and desertification, the fight against climate change, assessment and early warning for the management of natural or induced disasters.

For the implementation of these areas of intervention, this regional assessment of hazards, vulnerabilities, and risks in ECCAS Member States was approved by Decision No. 46/ECCAS/CCEG/XVI/15 of the 16th Conference of Heads of State and Government.

In addition, it reflects the implementation of the Heads of States' decisions relating to environmental savings and economies: green, blue, agricultural, agribusiness as well as nutritional and related to rural development. This entails implementing the ECCAS Commission's strategic plan for 2021-2025.

It defines a common vision and mission, creates a framework for supporting national actors that take into account the multisectoral nature, addresses the relevant issues of the sub-region as part of the development and implementation of global frameworks on vulnerability reduction.

The objective is to contribute to a better understanding of hazards, vulnerabilities, and risks in Central Africa, to identify the major risk areas of hydrometeorological origin, and to facilitate decision-making for measures that protect populations and the community of goods.

This knowledge of hazards, vulnerabilities, and risks will be useful to communities, countries, and regional entities in Central Africa in their respective development processes, as well as to all stakeholders for sustainable development in Central Africa.

The ECCAS Commission welcomes the growing support of the Commission of the European Union (EU), the Secretariat-General of the Organization of African, Caribbean and Pacific States (OACPS), the World Bank's (WB) Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), the United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) and the World Meteorological Organization (WMO), for the development of disaster risk reduction and climate change adaptation activities in the sub-region. It makes a strong appeal to other development partners for their involvement in the dissemination, operationalization and enrichment of the analyses included in this document.

**Ambassador Gilberto Da Piedade VERISSIMO,
President of the Commission of the Economic Community
of Central African States (ECCAS)**



**Ambassadeur Gilberto Da Piedade VERISSIMO,
Président de la Commission de la Communauté Economique
des Etats de l'Afrique Centrale (CEEAC)**

L'élaboration de cet atlas des aléas, des vulnérabilités et des risques dans les États membres de la CEEAC répond à un besoin de compréhension, de spatialisation et de contextualisation des risques naturels. Il introduit un éventail d'approches et de cartographies pour expliquer les risques perçus et vécus, leurs conséquences et leurs déterminants physiques, socio-culturels, historiques ou géographiques. Plusieurs niveaux de lecture et richement illustrés sont proposés à un large public. Ce travail nous éclaire sur les composantes du risque et sa gestion, à travers une approche intégrée prenant en compte aussi bien les aléas naturels que les enjeux exposés, leurs vulnérabilités spécifiques mais aussi les capacités locales pour y faire face. Il valorise de multiples sources d'informations géographiques, géomorphologiques, climatiques et historiques collectées sur le terrain, auprès des institutions et des populations. Il constitue un tout premier socle synthétique de connaissances au service de la prévention des risques. Cette prévention doit reposer en amont sur l'éducation et faire partie intégrante de la gestion durable des territoires enclin à de profondes mutations socio-économiques et environnementales.

Les effets de la pression démographique, de l'urbanisation non planifiée, de la perte de biodiversité, de la dégradation des sols et des écosystèmes, du changement climatique et des tendances complexes de la mondialisation économique peuvent expliquer en partie l'augmentation et l'intensité des catastrophes dans le monde. Depuis 1970, l'Afrique subsaharienne a connu plus de 2 000 catastrophes, dont un peu moins de la moitié au cours de la dernière décennie. Les catastrophes les plus courantes en Afrique subsaharienne sont les inondations et les sécheresses; néanmoins d'autres aléas tels que les cyclones, les tremblements de terre, les glissements de terrain, les volcans, l'érosion côtière et les épidémies ont aussi de graves conséquences sur la gestion durable des ressources en eau, la santé, la sécurité alimentaire, la productivité agricole, les moyens de subsistance et la gestion des risques budgétaires.

Ces événements extrêmes perturbent le fonctionnement normal des communautés, des États, des économies et des efforts de développement en général, compromettant gravement leurs chances d'atteindre les objectifs de développement durable. Le changement climatique et l'urbanisation rapide et non planifiée ajoutent encore à la complexité et à l'incertitude. Les conflits persistants et la dégradation de l'environnement accroissent la vulnérabilité de centaines de millions de personnes sur tout le continent. En outre, une infrastructure inadéquate, des informations insuffisantes et des institutions faibles compliquent encore plus la gestion efficace des risques.

Par ailleurs, la vulnérabilité face aux catastrophes, qu'elles soient d'origine naturelle ou humaine, est un facteur aggravant de la pauvreté des États en développement au rang desquels ceux d'Afrique centrale. Ces formes de vulnérabilité sont susceptibles de convertir les événements à risques mineurs en catastrophes majeures. Les conséquences économiques, sociales et environnementales sont assez difficiles à quantifier.

L'impact de ces événements extrêmes sur les populations en majorité pauvres, vivant très souvent soit sur des terres très fragiles ou stériles, soit dans des zones urbaines anarchiquement construites et exposées à toute sorte d'aléas, est accentué par l'absence ou l'insuffisance des

ressources pour leur réhabilitation et la reconstruction de leur environnement. Ces catastrophes provoquent des dommages importants sur les richesses et anéantissent les acquis de la lutte contre la pauvreté. Les images des détresses et des souffrances qu'ont souvent connues les populations victimes illustrent de la gravité et l'ampleur des dégâts causés par les catastrophes, sans parler des atteintes portées à la stabilité sociale. Des stratégies, des cadres, des programmes et des plans d'action ont été adoptés au niveau mondial, régional, sous-régional et national.

En Afrique centrale, une politique environnementale et de gestion des ressources naturelles a été adoptée en 2007 assortie de 12 axes d'intervention dont la lutte contre la dégradation des sols, la sécheresse et la désertification, la lutte contre les changements climatiques, l'évaluation et alerte rapide pour la gestion des catastrophes naturelles ou provoquées. Pour la mise en œuvre de ces axes, la présente évaluation régionale des aléas, des vulnérabilités et des risques dans les États membres de la CEEAC a été approuvée par décision N°46/CEEAC/CCEG/XVI/15 de la 16ème Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement.

En outre, elle traduit la mise en œuvre les décisions des chefs d'Etat relatives aux économies environnementales : verte, bleue, agricole, agro-alimentaire ainsi que nutritionnelle et le développement rural. En effet, il s'agit de mettre en œuvre le plan stratégique 2021-2025 de la Commission de la CEEAC.

Elle définit une vision et une mission communes, crée un cadre d'accompagnement des acteurs nationaux en tenant compte du caractère multi-sectoriel, adresse les enjeux pertinents de la sous-région dans le cadre de l'élaboration et la mise en œuvre des cadres mondiaux sur la réduction des vulnérabilités.

L'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension des aléas, des vulnérabilités et des risques en Afrique centrale, d'identifier les zones à risques majeurs d'origine hydrométéorologique, à l'effet de faciliter la prise des décisions pour les mesures de protection des populations et des biens de la communauté.

Ces connaissances sur les aléas, les vulnérabilités et les risques seront utiles aux communautés, aux pays et aux entités régionales de l'Afrique centrale dans leurs processus de développement respectifs, ainsi qu'à toutes les parties prenantes pour un développement durable en Afrique centrale.

La Commission de la CEEAC salue l'appui sans cesse croissant de la Commission de l'Union Européenne (UE), de l'Organisation des Etats d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (OEACP), de la Facilité Mondiale pour la Prévention des Catastrophes et le Relèvement (GFDRR) de la Banque Mondiale (BM), du Bureau des Nations Unies pour la Réduction des Risques des Catastrophes (UNDRR) et de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), pour le développement des activités de Réduction des Risques des Catastrophes et d'Adaptation au Changement Climatique dans la sous-région. Elle lance un vibrant appel à d'autres partenaires au développement pour leur implication dans la diffusion, l'exploitation et l'enrichissement des analyses du présent document.

PREFACIO

Este atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos en los Estados miembros de la CEEAC se elaboró en respuesta a la necesidad de entender, espacializar y contextualizar los riesgos naturales. Introduce una serie de enfoques y mapas para explicar los riesgos percibidos y experimentados, sus consecuencias y sus determinantes físicos, socioculturales, históricos o geográficos. Se proponen varios niveles de lectura y profusamente ilustrados para un amplio público. Este trabajo destaca y pone de manifiesto los componentes del riesgo y su gestión, a través de un enfoque integrado que tiene en cuenta tanto las amenazas naturales como las cuestiones en juego, sus vulnerabilidades específicas y las capacidades locales para afrontarlas. Utiliza múltiples fuentes de información geográfica, geomorfológica, climática e histórica recogidas sobre el terreno, de instituciones y de poblaciones. Constituye una primera base sintética de conocimientos para la prevención de riesgos. Esta prevención debe basarse en la educación y ser parte integrante de la gestión sostenible de los territorios propensos a profundos cambios socioeconómicos y medioambientales.

Los efectos de la presión demográfica, la urbanización no planificada, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y los ecosistemas, el cambio climático y las complejas tendencias de la globalización económica pueden explicar en parte el aumento y la intensidad de las catástrofes en todo el mundo. En África, varias formas de vulnerabilidad tienen el potencial de convertir eventos de riesgo menores en desastres mayores. Desde 1970, el África subsahariana ha sufrido más de 2.000 catástrofes, de las cuales menos de la mitad de ellas en la última década. Las catástrofes más comunes en el África subsahariana son las inundaciones y las sequías; sin embargo, otros peligros como los ciclones, los terremotos, los deslizamientos de tierra, las erupciones volcánicas, la erosión costera y las epidemias también tienen graves consecuencias para la gestión sostenible de los recursos hídricos, la salud, la seguridad alimentaria, la productividad agrícola, los medios de subsistencia y la gestión de los riesgos presupuestarios.

Estos fenómenos extremos perturban el funcionamiento normal de las comunidades, los Estados, las economías y los esfuerzos de desarrollo en general, poniendo en grave peligro sus posibilidades de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. El cambio climático y la urbanización rápida y no planificada añaden más complejidad e incertidumbre. El persistente cambio climático y la degradación medioambiental están aumentando la vulnerabilidad de cientos de millones de personas en todo el continente. Además, la infraestructura inadecuada, la información insuficiente y la debilidad de las instituciones complican aún más la gestión eficaz del riesgo.

Además, la vulnerabilidad a las catástrofes, ya sean naturales o provocadas por el hombre, es un factor agravante de la pobreza de los países en desarrollo, incluidos los de África Central. Estas formas de vulnerabilidad pueden convertir eventos de riesgo menores en catástrofes mayores. Las consecuencias económicas, sociales y medioambientales son bastante difíciles de cuantificar.

El impacto de estos fenómenos extremos sobre las poblaciones, en su mayoría pobres, que muy a menudo viven en terrenos muy frágiles o áridos, o en zonas urbanas anárquicamente construidas y expuestas a todo tipo de riesgos, se ve acentuado por la ausencia o insuficiencia de recursos

para su rehabilitación y la reconstrucción de su entorno. Estas catástrofes causan importantes daños a la riqueza y anulan los logros alcanzados en la lucha contra la pobreza. Las imágenes de angustia y sufrimiento que a menudo experimentan las poblaciones víctimas ilustran la gravedad y el alcance de los daños causados por las catástrofes, por no hablar de los perjuicios para la estabilidad social. Se han adoptado estrategias, marcos, programas y planes de acción a nivel mundial, regional, subregional y nacional.

En África Central, se adoptó en 2007 una política de gestión del medio ambiente y de los recursos naturales con 12 áreas de intervención, entre las que se encuentran la lucha contra la degradación del suelo, la sequía y la desertificación, la lucha contra el cambio climático y la alerta temprana y la evaluación para la gestión de catástrofes naturales o provocadas. Para la aplicación de estos ejes, la presente evaluación regional de los peligros, vulnerabilidades y riesgos en los Estados miembros de la CEEAC fue aprobada por la Decisión N°46/CEEAC/CCEG/XVI/15 de la 16ª Conferencia de Jefes de Estado y de Gobierno.

Además, refleja la aplicación de las decisiones de los Jefes de Estado relativas a las economías ambientales: verde, azul, agrícola, agroalimentaria y de desarrollo nutricional y rural. De hecho, se trata de aplicar el plan estratégico 2021-2025 de la Comisión de la CEE.

Define una visión y una misión común, crea un marco de apoyo a los actores nacionales, teniendo en cuenta el carácter multisectorial, aborda las cuestiones relevantes de la subregión en el contexto del desarrollo y la aplicación de los marcos globales de reducción de la vulnerabilidad.

El objetivo es contribuir a una mejor comprensión de los peligros, las vulnerabilidades y los riesgos en África Central, para identificar las zonas de mayor riesgo de origen hidrometeorológico, con el fin de facilitar la toma de decisiones para las medidas de protección de las poblaciones y los bienes de la comunidad.

Estos conocimientos sobre peligros, vulnerabilidades y riesgos serán útiles para las comunidades centroafricanas, los países y las entidades regionales en sus respectivos procesos de desarrollo, así como para todas las partes interesadas en el desarrollo sostenible de África Central.

La Comisión de la CEEAC acoge con satisfacción el apoyo cada vez mayor de la Comisión de la Unión Europea (UE), la Secretaría General de la Organización de Estados de África, el Caribe y el Pacífico (OECO), el Fondo Mundial para la Reducción de los Desastres y la Recuperación (GFDRR) del Banco Mundial (BM) la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para el desarrollo de actividades de reducción del riesgo de desastres y de adaptación al cambio climático en la subregión. Hace una petición a otros socios de desarrollo para que participen en la difusión, explotación y enriquecimiento de los análisis de este documento.

Embajador Gilberto Da Piedade VERISSIMO.
Presidente de la Comisión de la Comunidad Económica de los Estados de África Central (CEEAC)

PREFÁCIO

A elaboração deste atlas de ocorrências aleatórias, das vulnerabilidades e dos riscos nos Estados membros da CEEAC responde a uma necessidade de compreensão, de noção de espaço e de contextualização dos riscos naturais. O mesmo introduz um leque de abordagens e de cartografias para explicar os riscos ocorridos e vividos, suas consequências e seus determinantes físicos, socioculturais, históricos ou geográficos. Vários níveis de leitura e rigorosamente ilustrados são propostos ao grande público. Este trabalho edifica-nos sobre as componentes do risco e sua gestão, através de uma abordagem integrada que tenha em conta tanto os fenômenos naturais aleatórios como os problemas expostos, suas vulnerabilidades específicas mas também as capacidades locais para fazerem face às mesmas. O mesmo valoriza as múltiplas fontes de informação geográfica, geomorfológicas, climáticas e históricas recolhidas no terreno, junto das instituições e das populações. Constitui um primeiro suporte sintético de conhecimentos ao serviço da prevenção de riscos. Esta prevenção deve basear-se à partida na educação e ser parte integrante da gestão sustentável dos territórios suscetíveis de profundas mutações socioeconómicas e ambientais.

Os efeitos da pressão demográfica, da urbanização não planificada, da perda de biodiversidade, da degradação dos solos e dos ecossistemas, da mudança climática e das tendências complexas da mundialização económica podem explicar em parte o aumento e a intensidade das catástrofes no mundo. Desde 1970, a África Subsaariana registou mais de 2.000 catástrofes, de que um pouco menos da metade durante a última década. As catástrofes mais comuns na África Subsaariana são as inundações e as secas ; no entanto, outros fenômenos tais como os ciclones, os tremores de terra, as derrocadas, as erupções vulcânicas, a erosão costeira e as epidemias tem também graves consequências na gestão sustentável dos recursos de água, a saúde, a segurança alimentar, a produtividade, os meios de subsistência e a gestão dos riscos orçamentais.

Estes eventos extremos perturbam o funcionamento normal das comunidades, dos Estados, das economias e dos esforços de desenvolvimento em geral, comprometendo gravemente suas possibilidades de atingirem os objetivos de desenvolvimento sustentável. A mudança climática e a rápida urbanização e não planificada vem crescer à complexidade e à incerteza. Os conflitos persistentes e a degradação do meio ambiente aumentam a vulnerabilidade de centenas de milhões de pessoas em todo o continente. Por outro lado, uma infraestrutura inadequada, informações insuficientes e instituições frágeis complicam ainda mais a gestão eficaz dos riscos.

Por outro lado, a vulnerabilidade face às catástrofes, quer sejam de origem natural ou humana, constitui um fator que agrava a pobreza dos Estados em vias de desenvolvimento, dentre os quais os da África Central. Suas formas de vulnerabilidade são suscetíveis de converter os eventos de riscos menores em catástrofes de grande envergadura. As consequências económicas, sociais e ambientais são difíceis de se quantificar.

O impacto destes eventos extremos sobre as populações, na maioria pobres, que vivem normalmente em terras muito frágeis ou estêreis, ou em zonas urbanas construídas de forma anárquica e expostas a todo o tipo de fenômenos, é

acentuada pela ausência ou a insuficiência de recursos para a sua reabilitação e a reconstrução do seu quadro de vida. Estas catástrofes provocam danos significativos sobre as riquezas e afetam os progressos registados na luta contra a pobreza. As imagens de desespero e de sofrimento que viveram as populações vítimas ilustram a gravidade e a dimensão dos danos causados pelas catástrofes, sem se referir aos efeitos sobre a estabilidade social. Estratégias, quadros, programas e planos de ação foram adotados ao nível mundial, regional, sub-regional e nacional.

Na África Central, uma política do meio ambiente e de gestão dos recursos naturais foi adotada em 2007 com 12 eixos de intervenção dentre os quais, a luta contra a degradação dos solos, a seca e a desertificação, a luta contra as mudanças climáticas, a avaliação e o alerta rápido para a gestão das catástrofes naturais ou provocadas. Para a implementação destes eixos, a presente avaliação regional dos fenômenos, das vulnerabilidades e dos riscos nos Estados membros da CEEAC foi aprovada por decisão N°46/CEEAC/CCEG/XVI/15 da 16ª. Conferência dos Chefes de Estado e de Governo.

Por outro lado, a mesma traduz a implementação das decisões dos Chefes de Estado relativas às economias ambientais : verde, azul, agrícola, agroalimentar assim como nutricional e o desenvolvimento rural. Com efeito, trata-se de implementar o plano estratégico 2021-2025 da Comissão da CEEAC.

A mesma define uma visão e uma missão comum, cria um quadro de acompanhamento dos atores nacionais tendo em conta o caráter multisetorial, aborda os problemas pertinentes da sub-região no quadro da elaboração e da implementação dos quadros mundiais sobre a redução das vulnerabilidades.

O objetivo é de contribuir para uma melhor compreensão dos fenômenos, das vulnerabilidades e dos riscos na África Central, de identificar as zonas de riscos maiores de origem hidrometeorológica, com vista a facilitar a tomada de decisões atinentes às medidas de proteção das populações e dos bens da comunidade.

Estes conhecimentos sobre os fenômenos, as vulnerabilidades e os riscos serão úteis às comunidades, aos países e às entidades regionais da África Central nos seus processos de desenvolvimento respetivos, assim como a todas as partes implicadas num desenvolvimento sustentável na África Central.

A Comissão da CEEAC saúda o apoio incessante da Comissão da União Europeia (UE), do Secretariado Geral da Organização dos Estados da África, Caraíbas e do Pacífico (OEACP), da Facilidade Mundial para a prevenção das Catástrofes e a Reconstrução (GFDRR) do Banco Mundial, do Escritório das Nações Unidas para a Redução dos Riscos de Catástrofes (UNDRR) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM), para o desenvolvimento das atividades de Redução dos Riscos de Catástrofes e de Adaptação à Mudança Climática na sub-região. Lança um vibrante apelo aos outros parceiros de desenvolvimento pela sua implicação na divulgação, na exploração e no enriquecimento das análises do presente documento.

Embaixador Gilberto Da Piedade VERISSIMO.
Presidente da Comissão da Comunidade Económica dos Estados da África Central (ECCAS)



LE CADRE DE SENDAI

Voir : www.undrr.org

Le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 a été adopté lors de la troisième Conférence mondiale de l'ONU tenue à Sendai au Japon le 18 mars 2015. Il est le résultat de consultations lancées en mars 2012 et de négociations intergouvernementales menées de juillet 2014 à mars 2015 sur demande de l'Assemblée générale de l'ONU et avec l'appui du Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNDRR).

Le Cadre d'action de Sendai succède au Cadre d'Action de Hyogo (CAH), qui couvrait la décennie 2005-2015.

Il s'inscrit dans la continuité du CAH et constitue la feuille de route en matière de prévention et de gestion des catastrophes naturelles. Ce cadre insiste néanmoins plus sur la prévention que sur la gestion post-crise

Le soutien à l'application du Cadre d'action de Sendai a été confié à l'UNDRR, de même que le suivi et l'évaluation de ce dernier.

LA CEEAC AU CENTRE D'UNE COOPÉRATION INSTITUTIONNELLE POUR LA PRÉVENTION DES RISQUES

Voir : <https://ceeac-ecwas.org/> et www.gro-ceeac.org

La prévention des risques de catastrophes naturelles fait l'objet depuis près de vingt ans d'une attention particulière des principaux partenaires au développement et des bailleurs de fonds.

La Communauté Economique des États d'Afrique centrale (CEEAC) est responsable de la conduite du dialogue politique général sur la réduction des risques de catastrophe (RRC) et l'adaptation au changement climatique (ACC) dans ces pays.

Au secrétariat de la CEEAC, les unités RRC et ACC sont intégrées. Dans ce programme l'acquisition de connaissances régionales sur les aléas, les vulnérabilités et les risques pour la cartographie des aléas transfrontaliers a été identifiée comme composante prioritaire.

On pourra se référer au document de stratégie régionale en Afrique Centrale élaborée par la CEEAC en 2019 et qui reprend tout l'historique des décisions officielles relatives à la gestion des risques.

PROGRAMME UCP-UE DE PRÉVENTION DES RISQUES DE CATASTROPHES NATURELLES

Voir : www.gfdr.org/fr/acp-ue

Le Programme Afrique Caraïbes et Pacifique – Union Européenne de Prévention des Risques liés aux Catastrophes Naturelles (ACP-UE NDRR), lancé en 2011, est une initiative du Groupe d'Etats ACP financée par l'Union européenne et gérée par la Facilité Mondiale pour la Prévention des Catastrophes et le Relèvement (GFDRR). Le programme soutient les activités de gestion des risques de catastrophe et d'adaptation au changement climatique dans les pays ACP par le biais d'une assistance technique, d'un renforcement des capacités et de services de conseil et analyse. Il

comprend une composante régionale spécialement dédiée aux communautés économiques régionales africaines qui a pour objectif de renforcer leurs capacités opérationnelles de coordination, de planification et de conseil politique de la PRC/GRC afin d'appuyer leurs États membres respectifs et les programmes régionaux et sous-régionaux. Cette composante constitue par ailleurs le « Résultat 2 » du programme 2015-2020 de « Renforcement de la résilience aux catastrophes naturelles dans les régions, les pays et les communautés d'Afrique subsaharienne de 2015 à 2020 », qui a été lancé en 2015 par l'UE et l'OEAC et financé dans le cadre du 10^e Fonds européen de développement.

FACILITÉ MONDIALE POUR LA PRÉVENTION DES CATASTROPHES ET LE RELÈVEMENT (GFDRR)

Voir : www.gfdr.org

La Facilité mondiale pour la prévention des catastrophes et le relèvement (GFDRR) est responsable de la mise en œuvre de ce Programme Afrique Caraïbes et Pacifique – Union Européenne de Prévention des Risques liés aux Catastrophes Naturelles (ACP-UE NDRR) du programme NDRR.

Le GFDRR est un partenariat mondial qui aide les pays en développement à mieux comprendre et réduire leurs vulnérabilités aux risques naturels et à s'adapter aux changements climatiques. Travaillant avec plus de 400 partenaires locaux, nationaux, régionaux et internationaux, le GFDRR fournit des financements, une assistance technique, des activités de formation et de partage des connaissances pour intégrer la gestion des risques de catastrophes et le changement du climat dans les politiques et stratégies nationales et régionales. Le GFDRR, géré par la Banque mondiale, est soutenu par 34 pays et dix organisations internationales.

UN OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR)

Voir : www.undrr.org

L'UNDRR (anciennement UNISDR) est une agence des Nations Unies qui œuvre pour la réduction des risques de catastrophe dans le respect du Cadre de Sendai (anciennement cadre de Hyogo). Il aide les pays et les sociétés à mettre en œuvre, surveiller et évaluer les progrès accomplis.

Cette plateforme est l'instrument central de l'ONU qui permet de coordonner la RRC avec l'objectif global que constituent la prévention et la limitation des pertes en vies humaines ainsi que des dégâts matériels résultant de catastrophes naturelles.

Sous l'égide de l'UNDRR, plus de 130 pays fournissent des rapports relatifs aux risques permettant la création d'un répertoire unique de connaissances sur la RRC. Des organisations régionales et internationales ainsi que la société civile utilisent ce travail pour développer leurs programmes et améliorer l'étude de la réduction des risques et de la résilience.

L'UNDRR s'efforce de développer la sensibilisation en matière de RRC dans le monde et de donner aux populations concernées les moyens de réduire leur vulnérabilité face aux catastrophes naturelles. Il informe les acteurs de la RRC et leur fournit des services et des outils pratiques.

HISTORIQUE ET MISSIONS

La Communauté Économique des États de l'Afrique Centrale (CEEAC), créée en octobre 1983 et son Secrétariat Général mis en place en janvier 1985, compte actuellement 11 États membres à savoir l'Angola, le Burundi, le Cameroun, la Centrafrique, le Congo, le Gabon, la Guinée Equatoriale, la RD Congo, le Rwanda, Sao Tomé & Príncipe et le Tchad. Elle a une superficie de 6 640 600 Km² pour une population estimée à 185 millions d'habitants.

Les missions de la CEEAC sont définies au chapitre II article 4 du Traité qui stipule que le but de la « Communauté est de promouvoir et de renforcer une coopération harmonieuse et un développement équilibré et auto-entretenu dans les domaines de l'activité économique et sociale, en particulier dans les domaines de l'industrie, des transports et communication, de l'énergie, de l'agriculture, des ressources naturelles, du commerce, des douanes, des questions monétaires et financières, des ressources humaines, du tourisme, de l'enseignement, du perfectionnement, de la culture, de la science et de la technologie et du mouvement des personnes en vue de réaliser l'autonomie collective, d'élever le niveau de vie des populations, d'accroître et de maintenir la stabilité économique, de renforcer les étroites relations pacifiques entre les États membres, et de contribuer au progrès et au développement du continent africain».

GESTION DES RISQUES DE CATASTROPHES AU NIVEAU DE LA CEEAC

Les questions relatives à la gestion des risques de catastrophe naturelle se situent au centre de la mission de la CEEAC, et sont inscrites dans quatre des douze axes d'orientation de sa politique générale en matière d'environnement et de gestion des ressources naturelles.

Conformément au cadre d'action de Hyogo défini par les Nations Unies dès 2005, l'Union européenne (UE) et le groupe des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (ACP) ont mis en place le programme intra-ACP de renforcement de la résilience aux risques naturels dans les régions, pays et communautés de l'Afrique subsaharienne, financé au titre du dixième Fonds européen de développement (FED) dont l'objectif général est de renforcer la résilience des régions, pays et communautés d'Afrique subsaharienne aux impacts des catastrophes naturelles. Pour atteindre cet objectif, cinq domaines de résultats ont été sélectionnés et sont mis en œuvre par plusieurs organisations partenaires, notamment la Banque africaine de développement (BAD), la Commission de l'Union africaine (CUA), le Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (UNDRR), et la Banque mondiale avec la Facilité mondiale pour la réduction des catastrophes et le relèvement (GFDRR).

Dans ce cadre le résultat 2 est dédié à renforcer les capacités opérationnelles de coordination, de planification et de conseils stratégiques en matière de réduction des risques de catastrophe de la CEEAC, afin de soutenir les programmes des États membres et des programmes régionaux et sous-régionaux respectifs en Afrique Centrale. La Communauté économique des États d'Afrique centrale (CEEAC) est chargée de promouvoir la coopération et l'intégration régionales dans onze États membres d'Afrique centrale, qui couvrent une population de plus de 185 millions d'habitants. Elle est également responsable de la conduite du dialogue politique général sur la réduction des risques de catastrophe (RRC) et l'adaptation au changement climatique (ACC) dans ces pays. Les unités RRC et ACC sont intégrées au Département Environnement, Ressources Naturelles, Agriculture et Développement Rural de la Commission de la CEEAC. Dans ce programme l'acquisition de connaissances régionales sur les aléas, les vulnérabilités et les risques pour la cartographie des aléas transfrontaliers a été identifiée comme composante prioritaire.

Voir : <https://ceeac-ecwas.org/>

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

ALOS : Advanced Land Observing Satellite

ARC : African Rainfall Climatology

BM : Banque Mondiale

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

CHIRPS : Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations

CICOS : Commission Internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha

FAO : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture

GLC : Global Landslide Catalog

GPS : Global Positioning System

GRC : Gestion des Risques de Catastrophe

GSHAP : Global Seismic Hazard Assessment Program

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

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MODIS : MODerate-Resolution Imaging Spectroradiometer

NASA : National Aeronautics and Space Administration

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

OGC : Open Geospatial Consortium

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologie

OSM : Open Street Map

OVG : Observatoire Volcanologique de Goma

PDSI : Palmer DroughtSeverity Index

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

REPARC : REseau de PARlementaires pour la Résilience aux Catastrophes

RRC : Réduction des Risques de Catastrophe

SAP : Système d'Alerte Précoce

SEDAC : Socio Economic Data and Applications Center

SGBDR : Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles

SIEREM : Système d'Informations Environnementales sur les Ressources en Eau et leur Modélisation

SPI : Standardized Precipitation Index

SRTM : Shuttle Radar Topography Mission

SIG : Système d'Information Géographique

SM : Services Météorologiques

TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission

UNDRR : United Nations Office for Disaster Risk Reduction

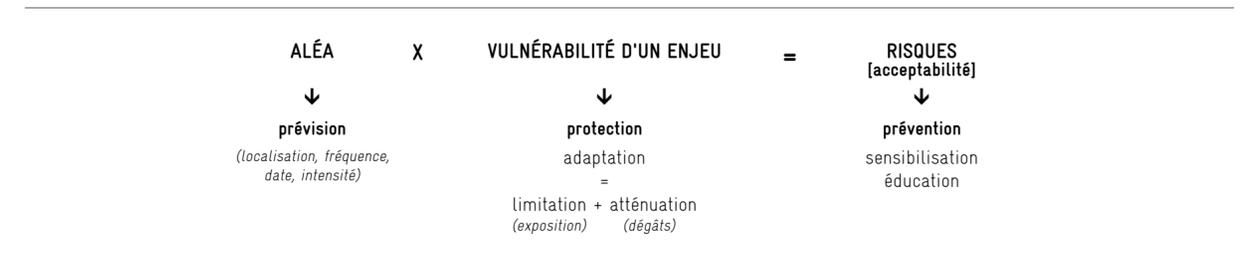
USGS : United States Geological Survey

WWF : World Wildlife Fund

Avant toute chose, il est important de bien définir les différents concepts liés aux risques, à leur prévention et à leur gestion.

Il est essentiel de distinguer en particulier la notion d'**aléa** attachée directement à la probabilité qu'un événement se passe, de la notion de **risque** qui intègre l'impact de cet événement sur les biens et les personnes, ou de la notion de **vulnérabilité** qui intègre la capacité de réponse au regard de la fragilité des populations impactées.

Ainsi le risque peut se définir comme le produit de l'aléa par la vulnérabilité (Risque = Aléa x Vulnérabilité).



Nous donnons ci-dessous quelques définitions générales qui permettent de mieux appréhender les différents concepts utilisés dans le cadre de notre étude.

Les définitions peuvent être sensiblement différentes d'une source à l'autre. Pour conserver une cohérence, l'ensemble des définitions ci-dessous est extrait du site Geoconfluence développé par l'Ecole Normale Supérieure de Lyon (<http://geoconferences.ens-lyon.fr/>) qui propose un glossaire de tous les concepts géographiques.

● Systèmes d'Information Géographique

Les **SIG** (en anglais GIS, *Geographic Information System*) permettent d'analyser sous forme de « couches » les différentes informations numériques disponibles sur un territoire **géoréférencé**, c'est-à-dire dont les informations sont référencées selon leur coordonnées géographiques. Structurées sous forme de « bases de données », elles peuvent être extraites, triées, traitées à partir des requêtes de leur utilisateur.

Ces systèmes facilitent donc les opérations de superposition, comparaison, simulation des données sur un espace. Ils permettent, en particulier, en utilisant des Modèles numériques de terrain (MNT), d'avoir une vision 3D de restitution et de simulation paysagère des espaces étudiés. La **géomatique** est l'analyse et le retraitement des données spatiales assistés par ordinateur, généralement par l'utilisation d'un système d'information géographique (le terme *géomatique* provient de la contraction des termes *géographie* et *informatique*).

● Aléa

L'aléa (*hazard* en anglais) est un phénomène résultant de facteurs ou de processus qui échappent, au moins en partie, au contrôle humain : inondation, cyclone, glissement de terrain, éruption volcanique, séisme, tsunami. L'aléa ne devient un risque qu'en présence d'enjeux humains, économiques et environnementaux, possédant une certaine vulnérabilité (fragilité).

● Enjeux

En géographie, un **enjeu** est un objet auquel des acteurs attribuent une **valeur**. Pour le dire autrement, c'est ce qui est « **en jeu** » dans une situation géographique. Une ressource ou un espace peuvent être des enjeux de même que l'accès ou l'usage de cette ressource ou de cet espace.

● Précaution / Principe de précaution

Alors que la **prévention** correspond à des risques connus pouvant être plus ou moins réduits, la précaution se situe dans un domaine où subsistent d'importantes **incertitudes** quant à l'existence et à l'ampleur d'un risque dont les effets pourraient être graves et irréversibles, ce qui rend difficile, voire impossible, l'estimation de ses **enjeux**. La précaution s'impose donc comme attitude de prudence autorisant la prise de décision en attente d'informations supplémentaires sur le risque à gérer.

● Prévention

La prévention a pour but d'anticiper la manifestation éventuelle d'un **risque** en limitant ses effets destructeurs. L'action préventive agit en priorité à la source. Elle relève surtout de la sensibilisation, de l'information et de l'éducation de la population.

● Résilience

Notion promue depuis le début de ce siècle par les institutions internationales, comme l'UNISDR (*United Nations International Strategy for Disaster Reduction*) ou la Banque mondiale. Dans le cadre de l'analyse socio-spatiale, la résilience désigne la capacité d'un système à assimiler, voire à tirer profit, d'une perturbation extérieure. L'UNISDR définit la résilience comme « la capacité d'un système, une communauté ou une société exposée aux risques, de résister, d'absorber, d'accueillir et de corriger les effets d'un danger (...), notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base ». On distingue donc :

- la capacité de résistance
- la capacité à se reconstruire

Capacité d'un système lorsqu'il est soumis à une perturbation à maintenir son intégrité et à revenir à un état qui peut être l'état antérieur, l'état d'équilibre, la normale.

● Risque

Le risque (*risk* en anglais) peut être défini comme la probabilité d'occurrence de dommage compte tenu des interactions entre facteurs d'endommagement (aléas) et facteurs de vulnérabilité (peuplement, répartition des biens). Certains résumant ainsi cette définition par une formule : «risque = aléa x vulnérabilité». Un risque est donc forcément daté et situé.

Les risques «naturels» se rapportent à des aléas qui font intervenir des processus naturels variés : atmosphériques, hydrologiques, géologiques ou géomorphologiques. Le risque naturel se situe à la croisée entre, d'une part, un ou plusieurs aléas, et, d'autre part, la vulnérabilité d'une société et/ou d'un territoire qu'elle occupe. L'aléa ne devient un risque qu'en présence d'enjeux humains, économiques et environnementaux.

● Vulnérabilité

La vulnérabilité exprime le niveau d'effet prévisible d'un phénomène naturel (aléa) sur des enjeux (l'homme et ses activités). Elle est traduite en anglais par les termes *vulnerability* ou *sensitivity*. Elle évalue dans quelle mesure un système socio-spatial risque d'être affecté par les effets néfastes des aléas.

Autrement dit, la vulnérabilité est la propension à subir un endommagement. C'est aussi le fait que l'on soit susceptible d'en subir un. La vulnérabilité humaine évalue d'abord les préjudices potentiels aux personnes dans leur intégrité physique (décès, blessés, etc.). La vulnérabilité économique traduit généralement le degré de perte ou d'endommagement des biens et des activités exposés au phénomène.

14 • RÉALISATION DE LA CARTOGRAPHIE

Le projet d'évaluation régionale des aléas et des risques dans les Etats membres de la CEEAC, financé par la Banque Mondiale et piloté par la CEEAC a été confié en octobre 2019 au groupement français IGN FI et BRL Ingénierie.

L'objectif général de ce projet était de contribuer à une meilleure compréhension des aléas, des vulnérabilités et des risques en Afrique centrale, d'identifier les zones à risques majeurs d'origine hydrométéorologique, à l'effet de faciliter la prise des décisions pour les mesures de protection des populations et des biens de la communauté.

Ce projet, qui a conduit à l'élaboration de cet Atlas, a conduit à recenser l'ensemble des informations disponibles et en accès libre au niveau national et international, à consulter les différents Etats membres ainsi que les organisations sous-régionales pour mieux comprendre les politiques mises en œuvre en matière de prévention et gestion des risques de catastrophes naturelles, à collecter auprès des structures publiques (administrations, organismes de développement, organismes scientifiques et/ou universitaires) de nouvelles données sur les aléas et les vulnérabilités et à se rapprocher des organismes sous-régionaux travaillant sur les thématiques de la gestion des ressources en eau et des inondations fluviales comme la Commission Internationale du bassin Congo-Oubangui-Sangha ou la Commission du Bassin du Lac Tchad.

SOURCES PRINCIPALES DE DONNÉES

OPEN STREET MAP

<https://www.openstreetmap.org>

OpenStreetMap (OSM) est un projet international fondé en 2004. Il s'agit d'un projet géomatique collaboratif permettant à tout utilisateur d'enrichir la base de données avec ses propres levés. Ces données sont donc constituées par cartographie participative, selon des règles aujourd'hui bien établies, et un modèle robuste.

On peut considérer qu'OSM constitue aujourd'hui, en particulier dans les pays ou les Instituts Géographiques ne sont plus performants, la base de données cartographique globale de référence la plus à jour, pour les objets comme : **le bâti, les routes, les voies ferrées et le réseau hydrographique.**

Les contributeurs OSM sont également très actifs pour la localisation des points d'intérêts (POI, en anglais *point of interest*) regroupant tous les structures administratives, économiques, commerciales et culturelles.

Pour cet atlas les données OSM ont été compilées sur la zone d'étude et restructurées de façon à être facilement exploitables au niveau cartographique.

CATALOGUES DE RISQUES NATURELS

● CatNat

<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 1^{er} 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'acquies un extrait de la base CatNAT sur notre zone d'étude et sur l'ensemble des thématiques liées aux aléas étudiés.

● Earthquake Catalog du United States Geological Survey (USGS)

<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.

● Smithsonian Institution - Programme sur le volcanisme mondial (GVP)

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.

● 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.

MODÈLES DE TERRAIN

Les modèles de terrain sont des grilles géoréférencées de résolution variable donnant en chacun de leur nœud une information d'altitude généralement issue de télédétection. Deux modèles ont été utilisés dans le cadre de cet Atlas, en particulier pour calculer un modèle dérivé de pente.

● Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

SRTM fait référence à la production d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) mondial proposé sous forme matricielle (Ascii ou Geotiff) par deux agences américaines : la NASA et la NGA. Ces données altimétriques ont été recueillies à l'origine au cours d'une mission de 11 jours en février 2000 par la navette spatiale Endeavour (STS-99) à une altitude de 233 km en utilisant l'interférométrie radar. L'intérêt du SRTM est évidemment qu'il couvre l'ensemble des pays selon une grille de 30 ou 90m (une altitude tous les 30m ou 90m). Il est, moyennant traitement (création d'un GRID), aisément exploitable dans les SIG et permet de générer des produits dérivés de type modèle de pente et d'exposition.

Le MNE MERIT, qui a été utilisé pour le calcul du modèle hydraulique a été développé en supprimant de multiples composantes d'erreur des MNE spatiaux existants (SRTM3 v2.1 et AW3D-30m v1). Il représente les élévations du terrain à une résolution de 3 secondes (~90m à l'équateur), et couvre les zones terrestres entre 90N-60S, en référence au géoïde EGM96.

● Advanced Land Observation Satellite (ALOS)

Le satellite d'observation de la Terre japonais à haute résolution ALOS (Advanced Land Observation Satellite) constitue à l'heure actuelle le fer de lance du programme d'application japonais en matière d'observation de la terre. Le modèle numérique global d'élévation produit à partir des données ALOS : ALOS World 3D - 30m (AW3D30), est disponible au téléchargement

MODÈLES D'OCCUPATION DES SOLS

● Copernicus

<https://land.copernicus.eu/global/products/ls>

Copernicus est le nom du « 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 ».

Le modèle Global Land Cover est un produit raster à 100m de résolution généré à partir du capteur PROBA-V.

● MODerate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response/modis-subsets>

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 satellite 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). Le modèle, produit à une résolution de 0.05° (environ 5km), est particulièrement adapté pour le calcul d'indices d'activité végétale de type NDVI.

MODÈLES CLIMATOLOGIQUES

● Base de données African Rainfall Climatology-V2 (ARC 2)

<https://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/news/newsdata/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. 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.

La grille est produite avec une résolution de 0.1° (environ 10km). Le jeu de données ARC s'étale sur la période de 1983 à nos jours. Les données ARC ont été utilisées pour évaluer les extrêmes pluviométriques sur la CEEAC.

● Base de données Climate Hazards Group Infrared Precipitation (CHIRPS)

Les données de précipitations utilisées sont celles de la base de données journalières CHIRPS fournies par l'USGS qui dispose de données de précipitations journalières pour le monde entier, pour la période de 1981 à 2019 avec une résolution spatiale de 0.05 x 0.05 degré.

Les données CHIRPS couvrent l'ensemble de la CEEAC avec une couverture temporelle (1981-2019) assez longue pour permettre de caractériser l'aléa de sécheresse.

● Worldclim

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

Worldclim recense des données météorologiques et du climat global à l'échelle mondiale. Ces données, accessibles en téléchargement au format asc peuvent être directement utilisées pour la cartographie et la modélisation spatiale. Dans le cadre du projet nous avons mobilisé des données historiques de 1970 à 2000 ainsi que les prévisions futures afin d'établir des cartes traitant des changements climatiques.

Les prévisions futures issues du CMIP6, avec plus de 9 modèles de climat et 4 trajectoires socio-économiques.

Les données sont disponibles au format raster à plusieurs résolutions. Dans le cadre de l'atlas, nous avons choisi de prendre les données à 5 minutes degrés (environ 10km).

DONNÉES HYDROLOGIQUES ET HYDROGRAPHIQUES

● HYDROlogical data and mapsbased on Shuttle Elevation Derivatives at multiple Scales (HYDROSHEDS)

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

HydroSHEDS est un produit proposé par le World WildlifeFund (WWF) qui fournit des informations hydrographiques pour des applications à l'échelle régionale et mondiale comprenant les réseaux fluviaux, les limites des bassins versants, les directions de drainage et les accumulations de flux. HydroSHEDS est développé à partir des données SRTM.

● Autres données hydrologiques consultées

- Organisation Mondiale de la Météorologie : 108 000 stations fournissant des données climatiques (pluie et température).
- Institut de Recherche pour le Développement (IRD) : Données hydro-météorologiques consultables pour certains pays sur le site du SIEREM (<http://www.hydrosciences.fr/sierem/>)
- Global Runoff Data Centre (données de débit)
- HydroWeb (données de hauteur d'eau issues de l'altimétrie spatiale)
- Climwat de la FAO (données climatologiques)

DONNÉES GÉOTECHNIQUES ET PÉDOLOGIQUES

● GEOSCAN

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

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

● 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.

Concernant les glissements de terrain, le Global Risk Data Platform propose une estimation de la fréquence annuelle des glissements de terrain déclenchés par les précipitations dépendante de différents facteurs (la pente, les conditions lithologiques (ou géologiques), l'humidité du sol, la couverture végétale, les précipitations et les conditions sismiques). Ce produit a été conçu par le Centre international des géorisques /NGI pour le Rapport d'évaluation globale sur la réduction des risques (GAR).

Concernant les séismes, le Global Risk Data Platform propose une estimation globale de l'intensité de Mercalli (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). Cette estimation est basée sur les observations effectuées par le Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP). Le produit proposé a été compilé par le CIESIN (Université de Columbia) pour le Rapport d'évaluation globale sur la réduction des risques (GAR).

● ISRIC - Centre international de référence et d'information sur les sols

<https://data.isric.org/geonetwork/srv/eng/catalog/search#/home>

ISRIC - World Soil Information, légalement enregistré en tant que Centre international de référence et d'information pédologiques, a pour mission de servir la communauté internationale en tant que gardien de l'information pédologique mondiale. Nous nous efforçons d'accroître la sensibilisation et la compréhension des sols dans les grands problèmes mondiaux.

● 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 sociales.

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.

DÉCOUPAGE ADMINISTRATIF DE LA CEEAC ET DYNAMIQUE DÉMOGRAPHIQUE

Source : IGN FI - BRLI 2020, Banque Mondiale 2019, UNOCHA 2019
 Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
 Format d'impression : A2 - Echelle: 1/9 000 000
 Réalisé le : 09/03/2020

Les 11 pays de la CEEAC couvrent une superficie de plus de 6.5 millions de km².

Du point de vue de leur superficie et de la répartition de la population la situation est très variable d'un pays à l'autre. La République Démocratique du Congo est ainsi 2300 fois plus grande que la république de Sao Tomé et Principe.

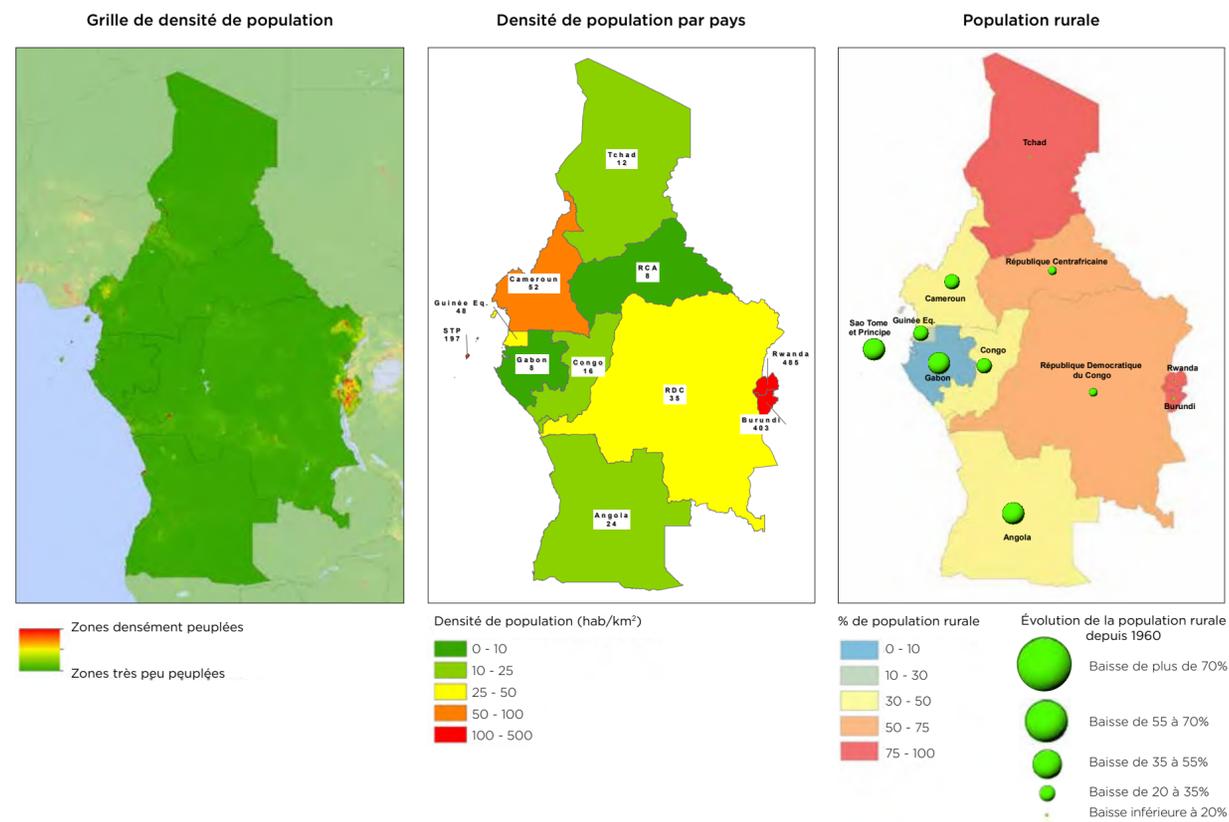
En termes de population on retrouve, dans une moindre mesure, ces écarts mais c'est surtout au niveau des densités de population que l'on constate de fortes divergences.

Globalement les densités sont très faibles, depuis les zones forestières jusqu'aux zones sahéliennes et désertiques du Nord du Tchad (hémisphère nord) ou du sud

de l'Angola (hémisphère sud) à l'exception de la zone des grands lacs (Burundi, Rwanda) et de l'Est de la RDC (Kivu, Ituri) qui est très densément peuplée.

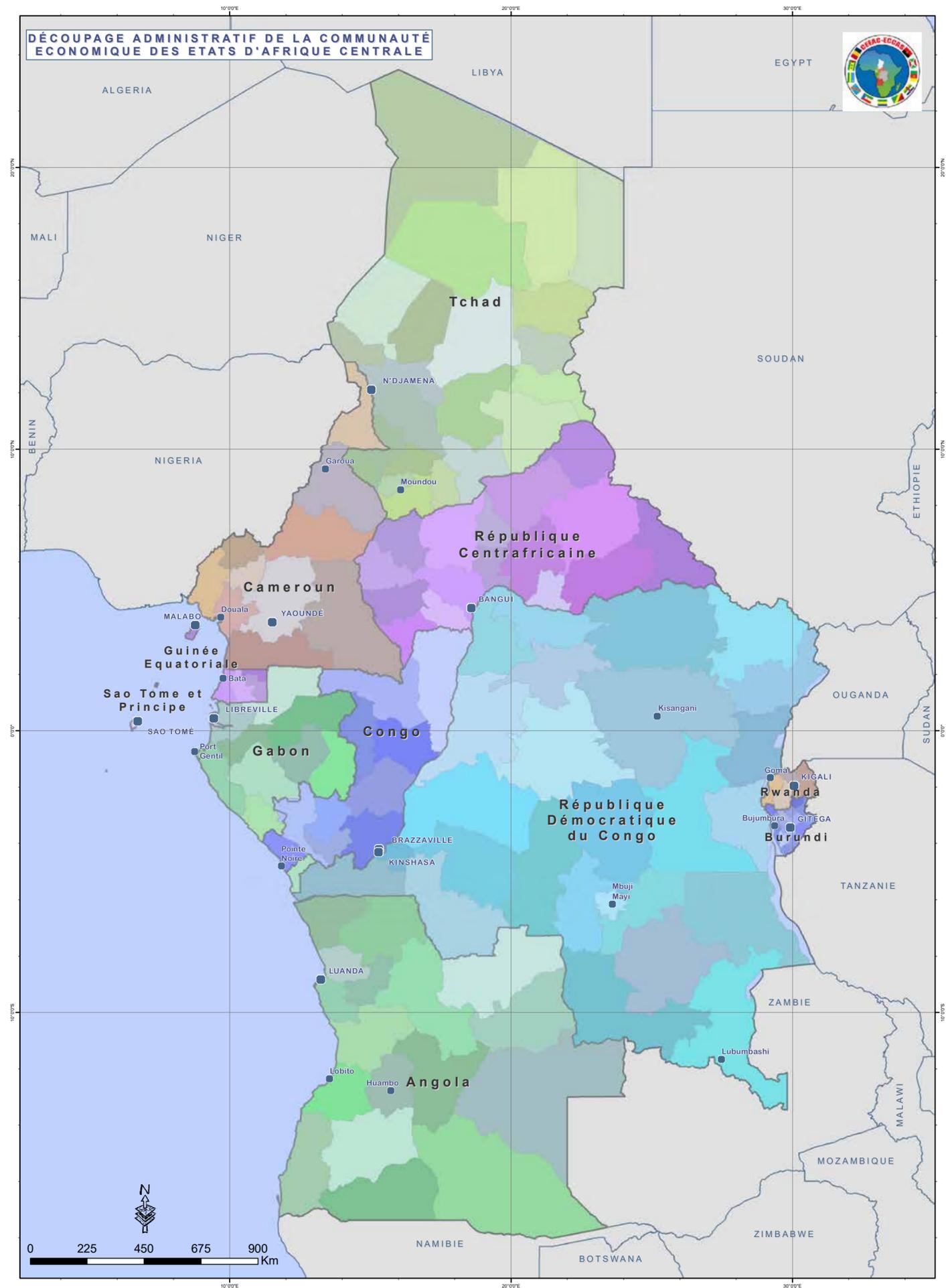
La part de la population rurale est également très variable. Les pays dits « pétroliers » (Angola, Gabon, Congo, Guinée Equatoriale) ont une part de population rurale en dessous de 50% (à peine 10% au Gabon) et ont connu un phénomène d'exode massif et continu depuis les années 60.

A l'inverse des pays comme le Rwanda et le Burundi ont une densité rurale parmi les plus fortes du monde et qui demeure stable depuis des décennies. Il en est de même pour le Tchad et dans une moindre proportion de la RDC qui dispose d'un réseau de grandes villes plus important.



Population et superficie des Etats membres de la CEEAC

Pays	Population 2019 (M hab)	Superficie (M km²)
République Démocratique du Congo	81,3	2,34
Angola	29,8	1,252
Cameroun	24,1	0,468
Tchad	14,9	1,274
Rwanda	12,2	0,025
Burundi	10,9	0,027
Congo	5,3	0,343
République centrafricaine	4,7	0,623
Gabon	2	0,266
Guinée Equatoriale	1,3	0,027
Sao Tomé et Principe	0,2	0,01



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

18 • OCCUPATION DU SOL

Source : IGN FI - BRLI 2020,
Copernicus / LandCover 2018
Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
Format d'impression : A2 - Echelle: 1/10 000 000
Réalisé le : 09/03/2020

Le Copernicus Global Land Service (CGLS) fournit une série de produits biogéophysiques sur l'état et l'évolution de la surface terrestre à l'échelle mondiale. La carte dynamique de la couverture des terres à 100 m de résolution (CGLS-LC100) fournit une carte annuelle de la couverture des terres à une résolution spatiale de 100 m.

La couverture des terres joue un rôle majeur dans le climat et la biogéochimie du système terrestre. Le produit CGLS Land Cover fournit un modèle d'occupation du sol en 3 niveaux (de 12 à 23 classes). Outre ces classes discrètes, le produit fournit également des estimations de proportionnalité pour toutes les classes de base de la couverture terrestre (proportion de surfaces bâties ou de cultures par exemple).

Pour plus de précisions sur la méthodologie mise en œuvre dans le cadre du programme Copernicus voir : <https://land.copernicus.eu/>

La forêt dense équatoriale couvre une bonne partie de la zone centrale de la CEEAC. La forêt occupe une bande située à 5° de latitude de part et d'autre de l'équateur, bornée à l'Ouest par l'océan Atlantique et à l'Est par le grand rift. Elle couvre presque l'intégralité du Gabon, de la Guinée Equatoriale, du sud du Cameroun, du nord du Congo et de la RDC.

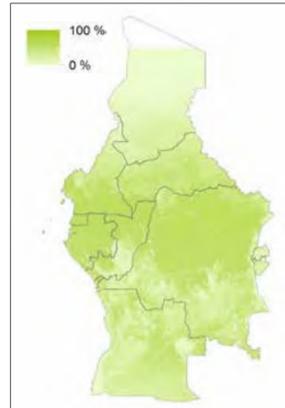
Au Rwanda comme au Burundi il n'existe pour ainsi dire plus de forêts naturelles. L'essentiel des collines et montagnes qui caractérisent les paysages de cette zone est cultivé ou fait l'objet de plantations de boisements.

Au nord de la bande forestière dense, sur une zone couvrant la région centrale du Cameroun et l'essentiel de la République centrafricaine on trouvera une forêt plus claire alternant avec une végétation herbacée.

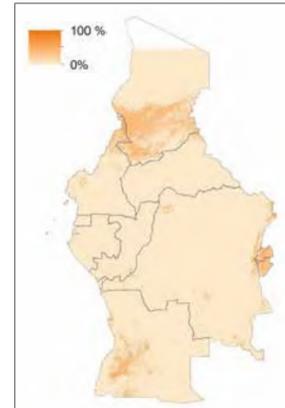
Au Sud de la bande forestière, les plateaux Batékés transfrontaliers entre le Gabon et le Congo annoncent un changement net de paysage avec une alternance de collines herbeuses et de forêts galerie.

Les zones cultivées se concentrent nettement en dehors de la bande forestière : ouest et nord du Cameroun, toute la zone sud du Tchad (la seule exploitable avant la zone désertique), la zone du rift, et le centre ouest de l'Angola.

Part de la couverture forestière



Part des cultures



Paysage désertique, Tchad
© Valerian Guillot

Paysage forestier, RDC
© Jbodane

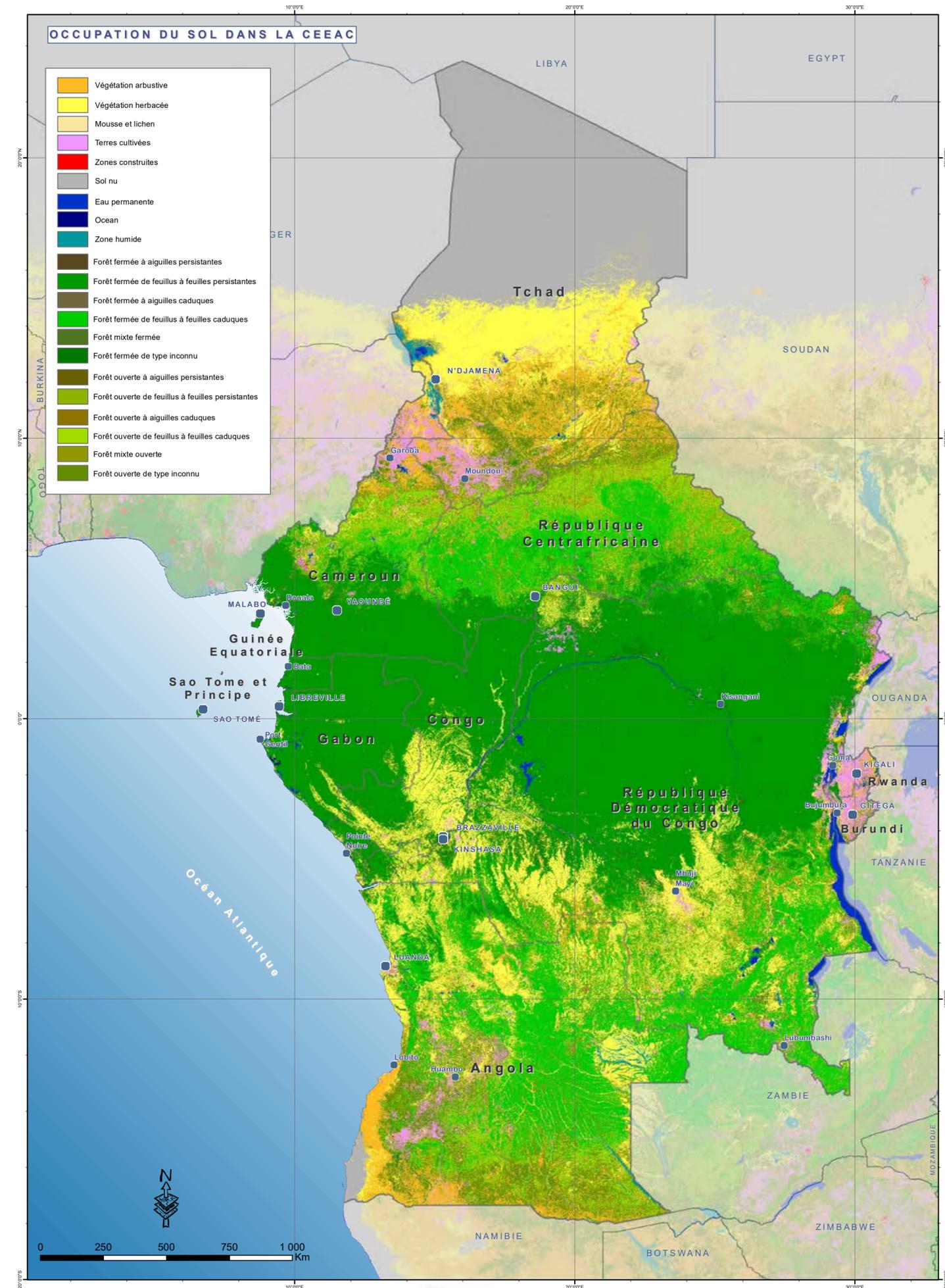


Plateaux Batéké, Gabon
© Jbodane

Champ de coton, nord du Cameroun
© Carsten ten Brink



Boisement, Burundi
© Burundi ANews



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

RELIEF ET HYDROGRAPHIE

Topographie et hydrographie
 Source : IGN FI - BRLLI 2020,
 MNT ALOS 90m
 Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
 Format d'impression : A2 - Echelle : 1/9 000 000
 Réalisé le : 12/01/2021

La CEEAC est centrée sur le bassin hydrographique du Congo, deuxième plus grand fleuve du monde. Les fleuves et rivières de cet immense bassin sont longés de plaines inondables qui alternent avec un relief de plateaux et de collines.

Le bassin du Congo est bordé au nord par différents massifs traversant le Cameroun et la République Centrafricaine (massif de l'Adamaoua, massif du Yadé). Cette dorsale constitue une ligne de partage des eaux entre le bassin du Chari qui coule vers le nord et celui de l'Oubangui qui marque la frontière avec la RDC.

Une ligne de fracture d'orientation sud-ouest / nord-est a donné naissance aux îles volcanique d'Annobon, de Sao Tomé et de Bioko (ou se situe Malabo) et se prolonge au niveau du Cameroun par le massif de l'Adamaoua qui scinde le pays en deux et qui culmine à plus de 4000 m avec le Mont Cameroun.

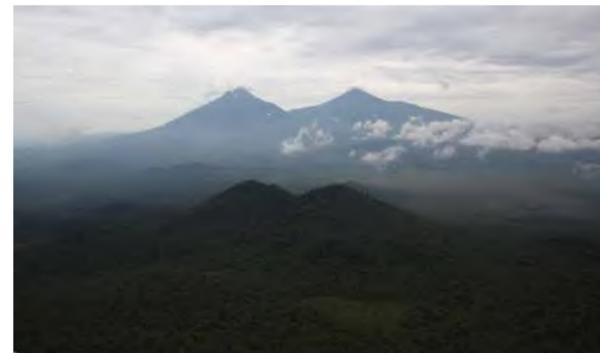
Au Nord de la CEEAC, le Tchad occupe une vaste cuvette dont la zone la plus basse est le lac Tchad (250 m). L'ancien massif du Tibesti dans le Nord du Tchad culmine à plus de 3400 m avec le pic Emi Koussi. C'est un massif dont un tiers est d'origine volcanique et se compose notamment de cinq volcans boucliers majeurs.

La frontière Est de la RDC intègre le grand rift est africain. Ce rift est longé de nombreuses failles et concentre un grand nombre de volcans dont certains très actifs. Au Rwanda, la chaîne volcanique de la Virunga culmine à 4507 m avec le volcan Karisimbi. Le Rwanda comme le Burundi sont dominés par des Hauts plateaux (autour de 1500m d'altitude moyenne) et des collines.

Le Gabon se confond dans ses limites avec le bassin sédimentaire de l'Ogooué qui sépare au nord les Monts de Cristal d'altitude moyenne de 500m et au Sud les monts du Chaillu culminant à 972 m (Mont Iboundji).



Pico Cão Grande, Sao Tomé
 © Philippe Bourachot
 Massif du Tibesti, Tchad
 © Holly Ladd



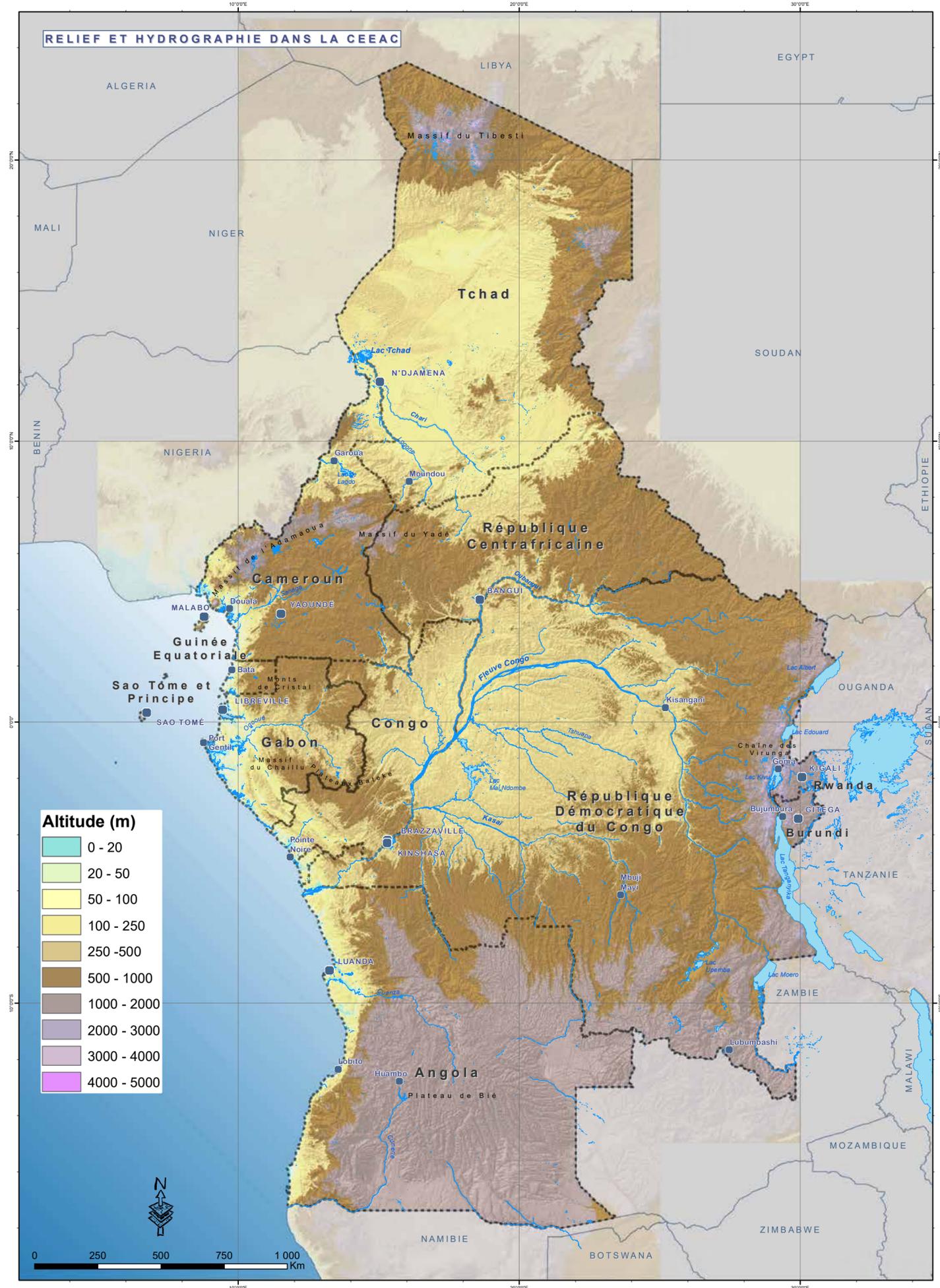
Mont Mikeno, RDC, et Mont Karisimbi, Rwanda
 © MONUSCO

Lacs volcaniques du Manengouba, Cameroun
 © Claudine Paul Jouté

Traversant le Congo depuis l'est du Gabon jusqu'au nord de la région du pool en RDC, les plateaux Batéké sont une ancienne zone volcanique. Ces plateaux se caractérisent par un gigantesque système de dunes de sable couvertes de vastes zones d'herbes et parcourues de fines galeries de forêt dense.

Au Sud l'Angola est dominé au deux tiers par un très grand massif cristallin d'une altitude moyenne de 1200m. Le plateau angolais ou plateau de Bié, d'altitude moyenne de 1 500 mètres avec des extrêmes à 2 200 mètres, couvre environ 10 % de la superficie du pays. Le rio Cuanza est le fleuve le plus long du pays (1000 km) et descend, comme de nombreux autres cours d'eau du pays des plateaux vers l'océan.

Enfin, la zone CEEAC est bordée sur sa façade Atlantique d'une plaine côtière sableuse ou marécageuse qui se prolonge au sud jusqu'au désert de Namibie.



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

RISQUES D'INONDATIONS FLUVIALES



24 • MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA D'INONDATION FLUVIALE

L'inondation fluviale résulte d'un débordement des eaux du lit mineur, autrement dit le cours d'eau occupe temporairement son lit majeur. L'un des facteurs principaux des inondations est la saisonnalité, et plus particulièrement la manifestation de la mousson. On peut caractériser l'ampleur d'une inondation par :

- La hauteur de crue
- La durée de l'épisode
- La vitesse de l'écoulement
- La fréquence d'apparition
- La spatialisation des zones inondées
- Les dommages

L'évaluation de l'aléa d'inondation fluviale a fait l'objet du calcul d'un modèle hydrologique et hydraulique sur l'ensemble de la CEEAC à partir de données altimétriques (MERIT DEM) et météorologiques (CHIRPS) disponibles au niveau mondial. Ce calcul a nécessité la mobilisation de cluster de calculs dédiés.

MODÉLISATION HYDRAULIQUE SIMPLIFIÉE

Le modèle hydraulique s'appuie uniquement sur les données topographiques (Modèle Numérique de Terrain). En l'espèce, le MERIT DEM, de couverture mondiale et de résolution 30 secondes en longitude / latitude (ré-échantillonnée à 100 m x 100 m après conversion en coordonnées projetées), a été utilisé.

ESTIMATION DES DÉBITS DE CRUE SUR L'ENSEMBLE DU LINÉAIRE HYDROGRAPHIQUE OBJET DE LA CARTOGRAPHIE

Le principe général consiste à générer des chroniques de débits journaliers reconstitués à partir d'une modélisation pluie-débit et à procéder à des analyses statistiques sur ces chroniques afin de déterminer les débits caractéristiques de crue.

Un modèle hydrologique distribué a été élaboré à l'échelle de l'ensemble de la CEEAC avec une résolution spatiale de 1,6 x 1,6 km et un pas de temps journalier.

Nous décrivons en détail la méthodologie ayant conduit à l'élaboration de ces modèles qui constituent une des plus values essentielles de cet atlas.

APPROCHE GÉNÉRALE

La cartographie des zones inondables mise en œuvre dans le cadre de la présente étude repose sur l'utilisation :

- D'un modèle hydrologique permettant d'estimer en tout point de la zone d'étude un débit de crue représentatif (en l'occurrence le débit de la crue cinquantennale)
- D'un modèle hydraulique 1D en chaque point du réseau hydrographique sur lequel des zones inondables sont cartographiées (rivières drainant une superficie supérieure à 100 km²).

Ce MNT a été retenu car, parmi les MNT mondiaux disponibles gratuitement, il présente le meilleur compromis en termes de résolution, précision et « robustesse » (bruit). Signalons que, compte tenu de l'étendue de la zone d'étude, il n'était pas possible d'utiliser un produit tel que le ALOS DEM, de résolution 30 m (mais au prix d'une robustesse moindre) du fait du colossal volume de données à traiter que cela représenterait.

Ce modèle comporte 4 paramètres que nous dénommerons :

- A-capacité du réservoir sol, représentatif à la fois de la capacité de rétention et d'infiltration / percolation du sol
- B-capacité du réservoir de transfert, définissant la plus ou moins grande inertie de la réponse hydrologique
- C-paramètre temporel permettant de décrire le décalage de la réponse du bassin versant (temps de réaction)
- D-coefficient d'échanges sous-terrain

Compte tenu de la résolution spatiale du modèle distribué (1,6 km) et du pas de temps de calcul utilisé (1 jour), le paramètre C a été pris égal à 0, considérant que le temps de transfert à l'exutoire de la maille est ainsi immédiat (comparativement à l'échelle temporelle considérée et la propagation étant gérée par ailleurs, maille à maille).

Les 3 paramètres restants ont été spatialisés en s'appuyant sur un certain nombre de caractéristiques physiographiques utilisées comme variables explicatives.

Paramétrisation spatialisée du modèle de propagation maille à maille

Le modèle de propagation maille à maille repose sur le calcul d'un temps de transfert entre chaque maille.

Ce temps est calculé en divisant la longueur d'écoulement au sein de la maille par la vitesse apparente (célérité) de l'onde de crue, calculée comme étant égale à 1,5 fois la vitesse d'écoulement réelle.

Cette vitesse d'écoulement est quant à elle calculée à partir de la formule de Manning-Strickler en considérant un débit caractéristique représentatif. Cette vitesse de référence est ensuite actualisée en cours de simulation en fonction du débit effectivement propagé.

Deux paramètres interviennent dans la formule de Manning-Strickler (la pente étant calculée à partir du MNT) :

- Le coefficient de Strickler K
- La largeur L du bief considéré comme rectangulaire

Ces deux paramètres sont estimés à partir de la superficie drainée en chaque point. Les données utilisées sont de :

- Les données topographiques (MERIT DEM)
- Les données liées à la caractérisation physiographique des bassins versants

Données utilisées

Données topographiques

MERIT DEM (Se référer aux détails fournis au paragraphe relatif au modèle hydraulique).

Précisions toutefois que, la résolution spatiale du modèle hydrologique était sans commune mesure avec celle du modèle hydraulique (facteur 16 x 16), une méthode d'« upscaling » préservant la topologie des écoulements a été mise en œuvre afin de constituer le réseau de drainage à la résolution *ad hoc*.

Données relatives à la caractérisation physiographique des bassins versants

Les données valorisées dans le cadre de la spatialisation des paramètres du modèle GR4 sont :

- La base d'occupation du sol (land cover) élaborée par l'USGS à l'échelle du km²
- La base de données des classes de drainage (selon la classification de la FAO) établie par l'ISRIC à la maille de 250 m
- La base de données des classes de RFU établie par l'ISRIC à la maille de 250 m
- La carte géologique de l'Afrique établie par le BRGM
- La carte mondiale du « aridity index » élaborée par le CGIAR-CSI
- Les données dérivées des traitements du MERRIT DEM
 - Pente
 - HAND
 - Altitude relative

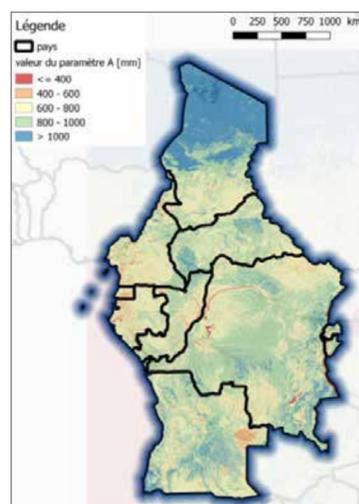
Données météorologiques

Les données météorologiques utilisées sont :

- Les données de pluie journalières CHIRPS v2.0 résultant d'une combinaison des observations satellite et des pluviomètres au sol ; ces données présentent une résolution spatiale de 10 km x 10 km
- Les données de pluie journalière couvrant la période 1981-2019. Il a ainsi été possible de générer une chronique de 39 années de pseudo-observations journalières
- Les données d'évapotranspiration de référence (ETO) publiées par le CGIAR-CSI et disponibles à la résolution spatiale de 1 km² ; ces données (climatologie interannuelle), initialement au pas de temps mensuel, ont été ré-interpolées, pour chaque pixel, au pas de temps journalier par le biais de splines cubiques.

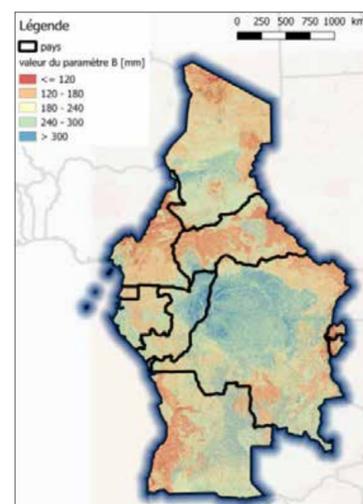
Spatialisation du paramètre A

- Variables explicatives utilisées pour ce paramètre :
- Occupation du sol
 - Pente
 - HAND
 - Classe de drainage selon le référentiel de la FAO
 - Géologie
 - Indice d'aridité
 - Altitude relative
 - Classe de réserve en eau facilement utilisable



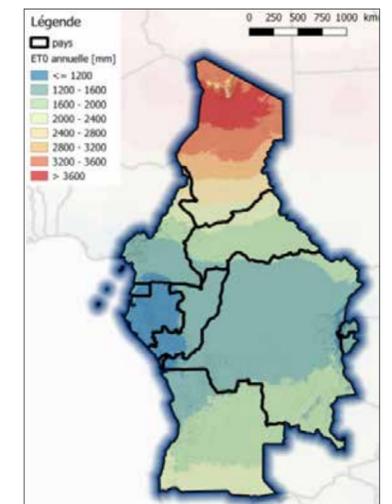
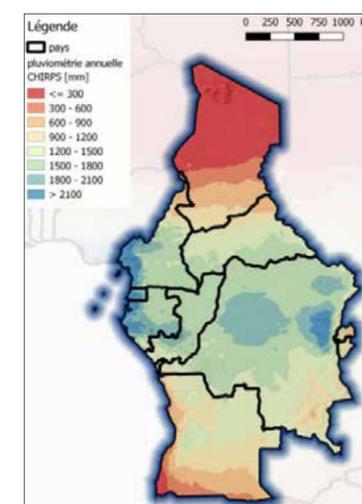
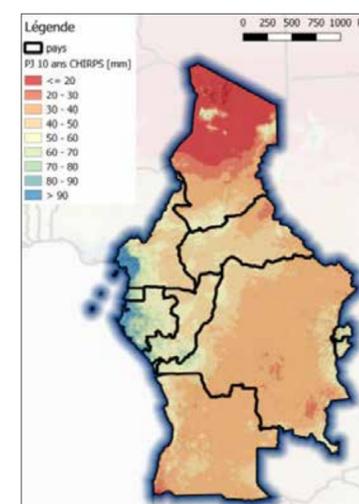
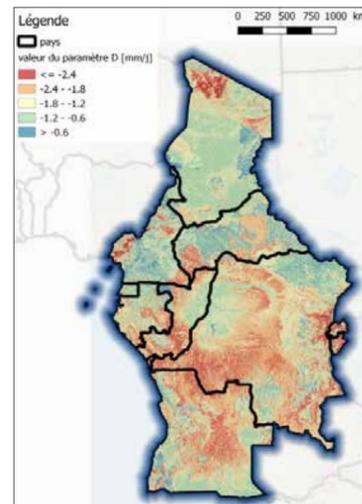
Spatialisation du paramètre B

- Variables explicatives utilisées pour ce paramètre :
- Occupation du sol
 - Pente
 - HAND
 - Classe de drainage selon le référentiel de la FAO
 - Géologie



Spatialisation du paramètre D

- Variables explicatives utilisées pour ce paramètre :
- HAND
 - Géologie



● Étalonnage du modèle

La cohérence du modèle a été vérifiée au droit de points de contrôle constitués par des stations hydrométriques.

N'ayant pas eu de données hydrologiques fournies par les pays pour caler les modèles, les données disponibles ont été utilisées, à savoir :

- Les résultats issus de la modélisation du bassin du Congo (CICOS-BRLi)
- Les données SIEREM qui sont visualisables sur internet et pour lesquelles un important travail d'appréciation a été réalisé, c'est-à-dire pour lesquelles des observations fiables étaient disponibles sur une période suffisamment longue pour pouvoir en dériver des statistiques de débits de crue

Les chroniques de débit simulés et de débits observés ne couvrant pas les mêmes plages temporelles, le comparatif a été mené directement sur les débits de crue (en l'occurrence Q50) et non sur les chroniques de débit.

Les simulations (simulation hydrologique pixel et propagation maille à maille) tournent au pas de temps journalier sur une période de presque 40 ans avec une maille relativement fine contenu de l'échelle modélisée (environ 10 millions de kilomètres carré !). Un tel modèle prend ainsi plusieurs dizaines d'heures à tourner sur des clusters de calculs dédiés. Néanmoins un nombre important de simulations a été effectué afin d'affiner les paramétrisations régionales.

Il apparaît de manière générale des écarts de moins de 20%. Plus ponctuellement, sur certains secteurs au fonctionnement hydrologique complexe (et/ou pour lesquels les données de référence sont douteuses) des écarts pouvant aller jusqu'à +/- 50% peuvent être constatés.

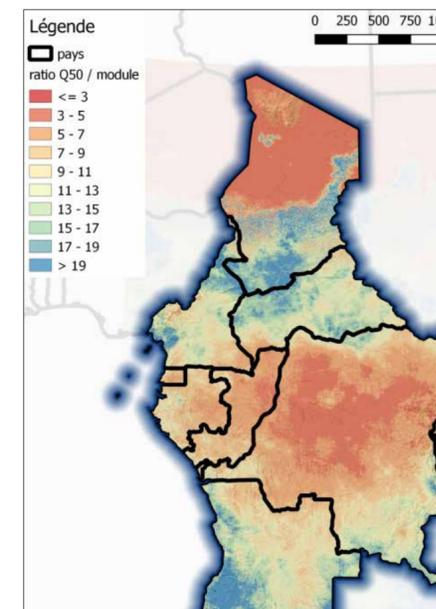
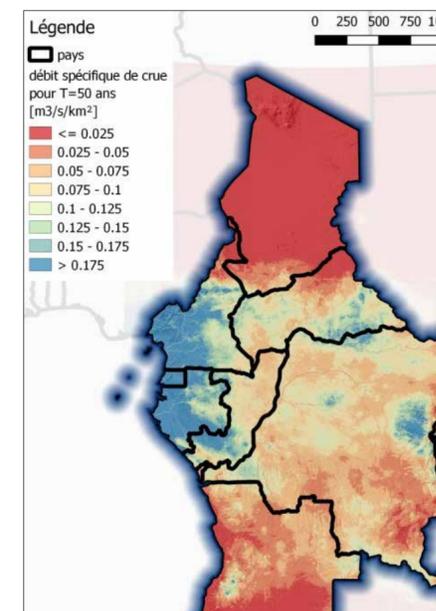


● Traitements statistiques

Les traitements statistiques effectués ont consisté à :

- Calculer au droit de chaque pixel élémentaire de 1,6 x 1,6 km² les quantiles de débit de crue via un ajustement selon une loi de Gumbel
- Calculer au droit de chaque pixel élémentaire de 1,6 x 1,6 km² les débits moyens interannuels

Ces deux grilles ont ensuite été soustraites l'une à l'autre afin de calculer un débit « net » de crue évoqué au paragraphe précédent.



● Limites de l'approche mise en œuvre et perspectives d'amélioration

► Limites inhérentes aux données topographiques utilisées

- Résolution horizontale insuffisante
 - Certains linéaires de gorges, trop étroits pour être « vus » par le MNT, conduisent à la création d'un barrage fictif (« fermeture » apparent des gorges)
 - La zone inondable cartographiée et les calculs hydrauliques sont réalisés avec une emprise minimale de 100 m alors qu'ils peuvent être beaucoup plus restreints
- Résolution verticale insuffisante : la résolution métrique ne permet pas d'apprécier finement les hauteurs d'eau d'inondations
- Obsolescence : certains secteurs ont été aménagés postérieurement à l'élaboration du MNT
- Non représentation du lit mineur et ouvrages hydrauliques (digues) susceptibles d'avoir un impact important sur le fonctionnement hydraulique

► Limites inhérentes à l'approche hydrologique

- Au niveau du modèle pluie-débit
 - Adéquation du modèle conceptuel GR4 dans certains secteurs au fonctionnement hydrologique complexe
 - Procédure de calage
 - Pas de temps journalier trop large sur les bassins versants amont (débits instantanés de crue sensiblement plus élevés que les débits journaliers)
- Au niveau du modèle de propagation
 - Laminage de la crue dans les plaines d'inondation non pris en compte
 - Pertes dans les lacs / réservoirs jalonnant le réseau hydrographique non prises en compte

► Limites inhérentes à l'approche hydraulique

- Rôle et capacité du lit mineur
- Variabilité longitudinale et transversale des coefficients de Strickler non intégrée
- Incapacité à représenter les fonctionnements hydrauliques complexes (zones de stockage, effets 2D, cours d'eau présentant des bras multiples)

► Analyse de sensibilité

Compte tenu des limites évoquées ci-dessus et afin d'examiner la robustesse des résultats produits, des analyses de sensibilité ont été menées en faisant varier certains paramètres / données d'entrée dans leur plage d'incertitude.

Les résultats ont montré que les écarts qui en résultaient en termes d'emprise de zone inondables restaient tout à fait limités, démontrant ainsi la robustesse de la méthode, nonobstant les limites indiquées ci-avant.

► Perspectives d'amélioration

Les perspectives d'amélioration reposent principalement, du moins dans un premier temps, sur l'utilisation de données topographiques plus fines. Compte tenu des temps de calculs très importants que cela engendrerait, une approche sur des zones plus réduites serait plus pertinente.

L'estimation des débits de crue pourrait être également perfectionnée en procédant à un calage plus fin des modèles grâce à :

- la mise à disposition de plus de données à des stations hydrométriques
- L'utilisation des lois statistiques telles que la loi GEV offrant plus de degrés de liberté que la loi de Gumbel.

Enfin, un affinage des méthodes hydrauliques, permettant une prise en compte plus juste de la contribution du lit mineur et des effets 2D ou 1D maillés (bras multiples) devra aussi être envisagé au risque de devenir à terme le maillon faible de l'approche (mais difficile à réaliser à une échelle aussi large).

GRANDS BASSINS VERSANTS DANS LA CEEAC

Le bassin versant est un espace géographique délimité par des lignes de partage des eaux. Il est irrigué par un réseau hydrographique se composant d'une rivière et d'affluents alimentant ce territoire.

Les bassins versants proviennent de la base internationale HydroSHEDS, elle-même issue d'un travail réalisé par le WWF sur la base du MNT SRTM qui a été forcé afin d'avoir une cohérence hydrographique.

Chaque bassin à ses caractéristiques propres liées à sa taille, sa forme, son orientation, la densité de son réseau hydrographique, le relief, son climat.

Source :
Modèle hydrologique BRLI - 2020
IGN FI / DSM
Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
Format d'impression : A2 - Echelle: 1/9 000 000
Réalisé le : 18/06/2020

Source :
Modèle hydrologique BRLI - 2020
UbyRisk / CatNat.net
IGN FI / DSM
Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
Format d'impression : A2 - Echelle: 1/9 000 000
Réalisé le : 31/03/2020

L'hydrographie dans la zone de la CEEAC se compose de plusieurs bassins versants ayant leur exutoire dans l'Océan atlantique.

Parmi ces bassins versants, celui du Congo se démarque avec sa superficie hors normes d'environ 3,7 millions de km² et sa cuvette centrale. Second bassin du monde en termes de débit après celui de l'amazone. Il représente à lui seul la moitié des eaux africaines déversées dans l'Océan Atlantique.

CARTE PAGE • 30

RISQUES D'INONDATIONS FLUVIALES DANS LA CEEAC

L'Afrique, et l'Afrique Centrale en particulier, est soumise à des risques d'inondations fluviales qui sont liées à des régimes hydrologiques marqués par une saison plus humide avec des précipitations pouvant être très élevées et soudaines. Les pays en zone équatoriale se situent en effet en pleine Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT) dont les variations (oscillations autour de l'équateur) produisent des saisons sèches et des saisons humides (moussons) très marquées. Des anomalies prolongées de la ZCIT peuvent produire de graves inondations ou sécheresses dans ces zones intertropicales.

Les conditions hydroclimatiques jouent donc un rôle majeur dans les inondations fluviales. Le cycle hydrologique connaît aujourd'hui des variations dues aux changements climatiques qui modifient le bilan ruissellement, infiltration, évapotranspiration et donc de ce fait les écoulements.

Les inondations causent de plus en plus de dégâts pour les sociétés humaines, en particulier en zone urbaine et périurbaine où la perméabilité des sols est réduite par l'artificialisation croissante des terres et une pression urbaine qui pousse parfois à l'occupation des zones inondables.

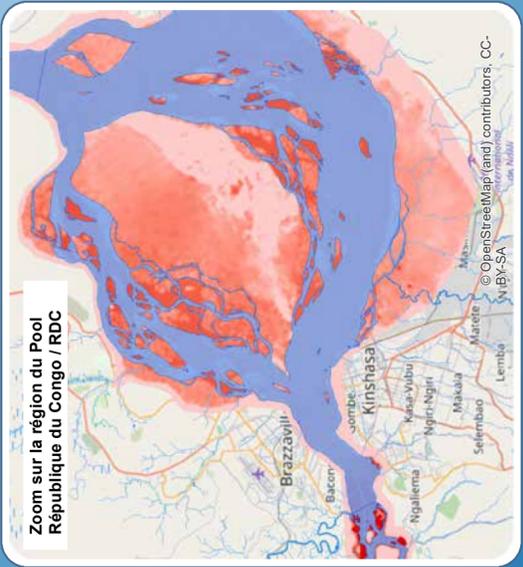
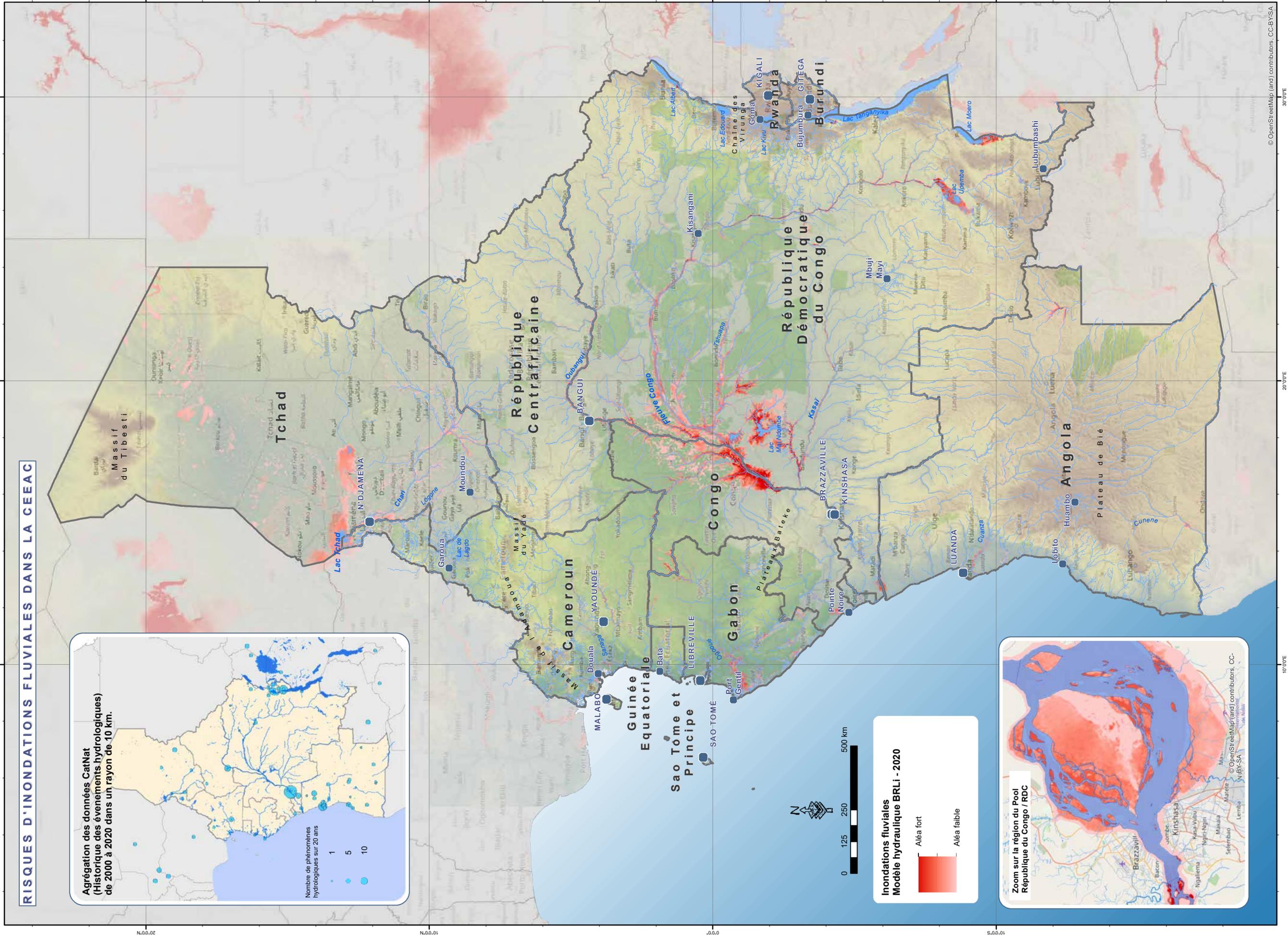
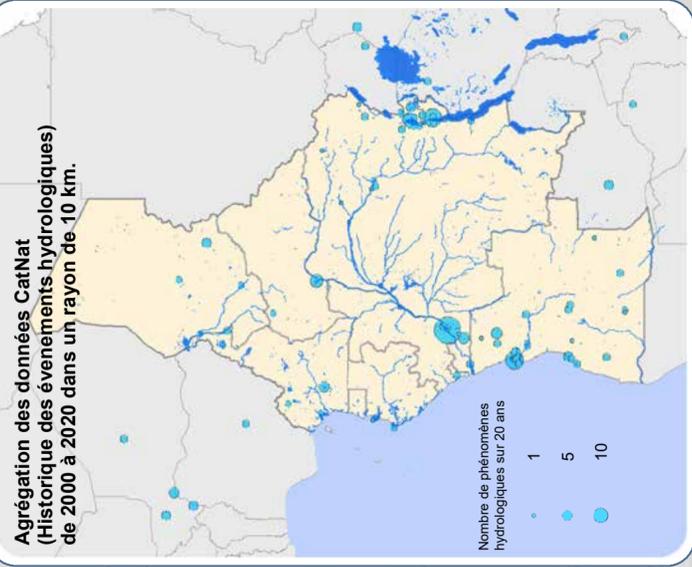
Au niveau de la CEEAC, la carte met en évidence les risques d'inondation fluviale dans les grandes plaines alluviales que ce soit la vallée du fleuve Congo en aval et au niveau de la confluence avec l'Oubangui, les pourtours du lac Mai Ndombe en RDC, les plaines autour du lac Tchad, les vallées du Chari et du Logone concernant les plaines au sud de N'Djaména et l'Extrême Nord du Cameroun, la vallée de l'Ogooué depuis Port Gentil au Gabon ou les plaines autour des lacs Moero et Upemba dans le Katanga en RDC.



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

RISQUES D'INONDATIONS FLUVIALES DANS LA CEEAC



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.



AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaines de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

INONDATIONS FLUVIALES BASSINS VERSANTS CHARI & LOGONE

LE CHARI

Le Chari est le principal fleuve du Tchad et prend sa source en République centrafricaine. Il représente 80 % des apports en eau du lac Tchad. Avec le Logone, ils inondent les Yaérés, une vaste plaine d'environ 6 000 km² située à au sud-ouest de N'Djaména.

Le débit du fleuve Chari a été observé pendant 58 ans (1933-1991) à N'Djaména, la capitale du Tchad située peu en amont du débouché du Chari dans le lac Tchad, donc en fin de parcours.

Le Chari est un fleuve assez abondant, mais il est fort irrégulier et connaît de longues périodes de basses eaux. Sur la période d'observation de 58 ans, le débit mensuel minimal a été de 8 m³/s (fleuve presque complètement à sec), tandis que le débit mensuel maximal s'élevait à 4 846 m³/s.

Débit du Chari Station hydro de N'Djaména

Mois	Débit (m ³ /s)
Janvier	661
Février	376
Mars	219
Avril	163
Mai	149
Juin	221
Juillet	501
Août	1146
Septembre	2156
Octobre	2953
Novembre	2743
Décembre	1426

Débit de la Logone Station hydro de Bongor

Mois	Débit (m ³ /s)
Janvier	117
Février	76
Mars	50
Avril	51
Mai	78
Juin	125
Juillet	432
Août	1045
Septembre	1636
Octobre	1506
Novembre	583
Décembre	202

LE LOGONE

La rivière Logone, principal affluent du Chari se jette dans celui-ci en rive gauche à N'Djaména. En période de crue, le Logone alimente les marais Touppouri en amont de Bongor. Le débit de la rivière Logone a été observé pendant 39 ans (1948-1986) à Bongor, ville du Tchad située à quelque 450 kilomètres de son confluent avec le Chari à N'Djaména. À noter que dans le secteur Bongor-N'Djaména, le débit du cours d'eau diminuera sous l'effet de défluences qui accentuent les phénomènes d'infiltration et de l'intense évaporation, non compensées par l'apport de nouveaux affluents suffisamment abondants.

COMMENTAIRES

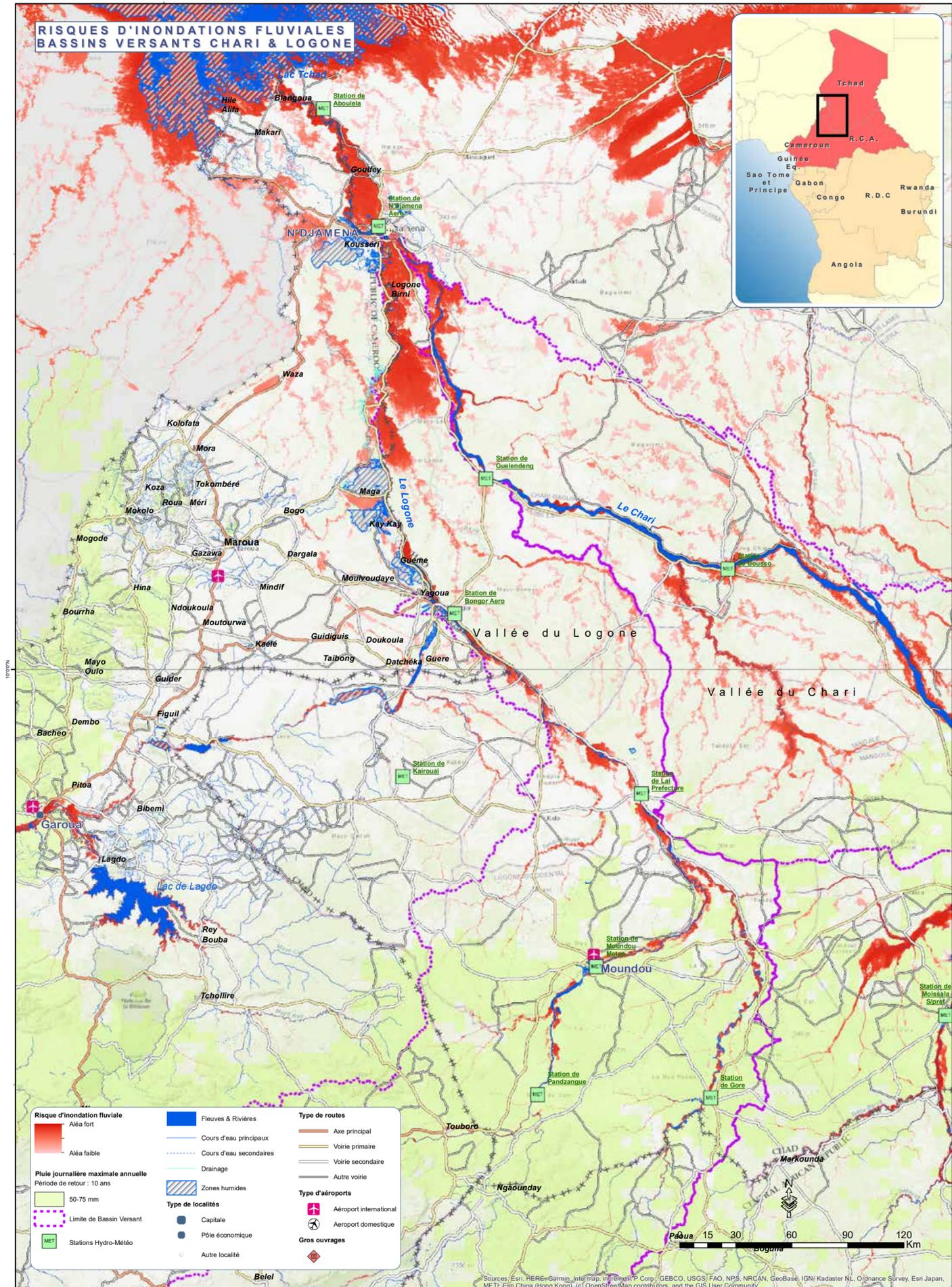
La carte figure à la fois les zones potentiellement inondables et les zones à risque de pluviométrie extrême (issues des données Arc2 de 1984 à 2019) au mois d'août. Les risques d'inondation fluviale concernent l'ensemble de ces deux grandes vallées alluviales particulièrement plates.

Le Chari comme le Logone se caractérisent par des indices d'irrégularité (rapport entre le débit maximum et le débit minimum) globalement élevés. Les débits de basses eaux sont très faibles car sur nombre de leurs affluents, les écoulements tarissent quelques mois après la fin des

précipitations. Le Logone est cependant plus sujet à des débits importants du fait qu'il bénéficie des pluies d'altitude sur le plateau de l'Adamaoua alors que le Chari est plus sensible au tarissement du fait de l'aridité des zones traversées.

Majoritairement on constate que les inondations catastrophiques ont lieu pendant des années de sécheresse hydrologique. De plus, elles ne sont pas toujours causées par le Logone et le Chari. Les zones affectées sont souvent sur des affluents, à l'exemple de Maroua, sur le Mayo Tsanaga. La localisation et la gravité des inondations fluviales dépendent beaucoup de la répartition des pluies sur le territoire et bien sûr des dispositions prises localement pour éviter les dégâts.

Source : Wikipedia 2020
Voir aussi : <https://journals.openedition.org/physio-geo/> : dynamique des extrêmes hydrologiques du système Chari-Logone



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

INONDATIONS FLUVIALES BASSIN VERSANT OUBANGUI

Source : Wikipedia 2020
Voir aussi : IRD Editions - Le Bassin de l'Oubangui - 2009

L'Oubangui est un affluent majeur du fleuve Congo mesurant 1120 km (2772 km si on intègre la rivière Uele). La rivière constitue en partie la frontière entre la République centrafricaine et la République démocratique du Congo. Il traverse Bangui, capitale de la RCA puis se dirige au Sud pour rejoindre le fleuve Congo en rive droite, constituant la frontière avec le Congo. L'Oubangui est navigable sur la portion aval à Bangui (avec des interruptions saisonnières dues au seuil rocheux de Zinga).

Le débit de la rivière est observé depuis 1911 à Bangui, capitale de la République centrafricaine située à quelque 600 kilomètres en amont du confluent avec le Congo et à une altitude de 336 mètres.

À Bangui, le débit annuel moyen ou module observé sur cette période a été de 4 090 m³/s pour un territoire de plus ou moins 523 000 km², soit plus des deux tiers de la totalité du bassin versant de la rivière qui fait 754 830 km².

La carte figure à la fois les zones potentiellement inondables et les zones à risque de pluviométrie extrême (issues des données Arc2 de 1984 à 2019) au mois d'août.

Avec des débits maximum pouvant atteindre ou dépasser 14 000m³/s, l'Oubangui est une rivière qui connaît des crues généralement en fin d'année entre octobre et décembre. La genèse de ces crues est liée à une pluviométrie particulièrement abondante dans cette zone inter tropicale (la position prolongée du front intertropical en haut de l'équateur peut engendrer des pluies diluviennes et donc des épisodes de crues). Par ailleurs l'Oubangui coule, sur certains tronçons comme à Bangui, sur des fonds rocheux, ce qui peut favoriser localement les inondations, le fleuve ayant moins de degré de liberté.

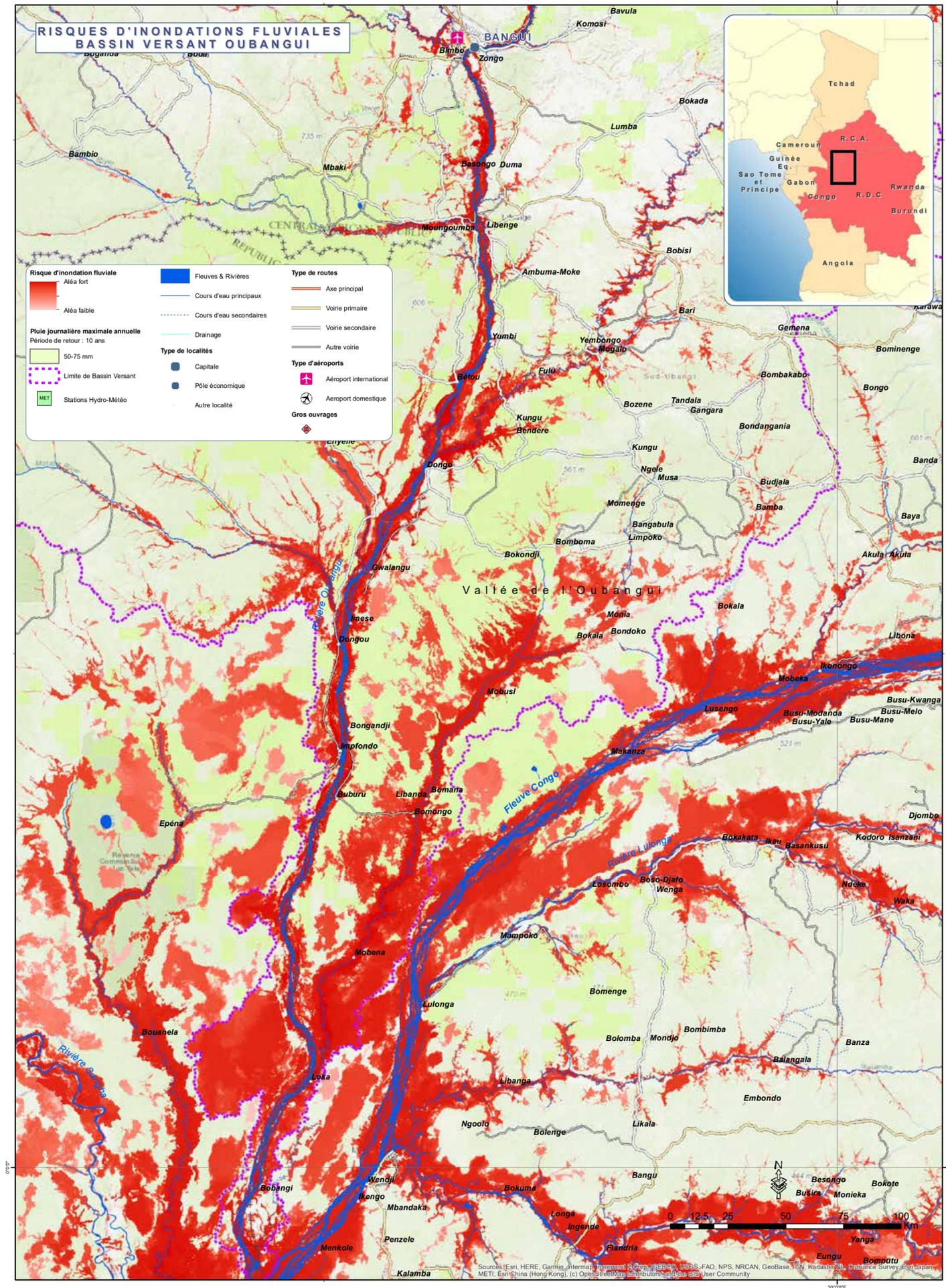
En octobre 2019 des inondations record, aggravées par des pluies incessantes pendant plusieurs jours (photo ci-dessous) ont fait plus de 30 000 sans abris.

Débit Oubangui Station hydro de Bangui

Mois	Débit
Janvier	2156
Février	1218
Mars	980
Avril	1092
Mai	1724
Juin	2772
Juillet	3962
Août	5840
Septembre	7882
Octobre	9115
Novembre	8064
Décembre	4344



Crue de l'Oubangui en 2019
© Florent Vergnes, AFP



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

INONDATIONS FLUVIALES BASSINS VERSANTS OGOOUE & NGOUNIE

L'Ogooué est le principal fleuve du Gabon, d'une longueur proche de 900 km et dont les eaux drainent 72% du territoire. Son bassin versant (environ 224 000 km²) est situé à 90% à l'intérieur du Gabon mais il revêt un caractère transfrontalier car le fleuve prend sa source au Congo (dans les Monts Ntalé, à une altitude de 840 mètres) et une petite partie de son bassin versant se situe également au Cameroun et en Guinée Equatoriale.

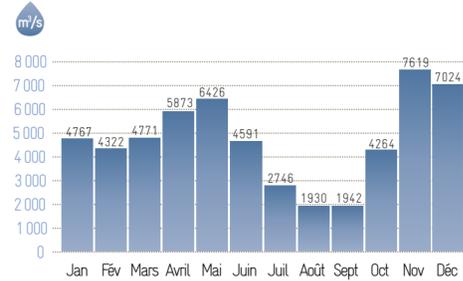
Il se jette dans l'océan Atlantique par un delta marécageux au sud de Port-Gentil, après avoir suivi un cours principalement d'est en ouest. Il alimente de nombreux lacs dans la portion aval de la ville de Lambaréné.

Son principal affluent est la Ngounié qui traverse Mouila, puis la ville de Fougamou avant de rejoindre l'Ogooué en amont de Lambaréné.

Le Gabon se caractérisant par un climat de type équatorial, chaud et humide, il bénéficie d'une pluviométrie abondante, oscillant en moyenne entre 1500 et 1800 mm par an, étalée sur 8 à 9 mois. L'Ogooué est ainsi un fleuve abondant, bien alimenté en toutes saisons et donc assez régulier.

Le débit de l'Ogooué a été observé depuis 1956 jusque dans la fin des années 80 à Lambaréné, chef lieu de la province du Moyen Ogooué et située légèrement en aval de la confluence avec la Ngounié.

Débit moyen mensuel (en m³/s)
Station hydrologique : Lambaréné
(Données calculées sur 46 ans)



COMMENTAIRES

La carte ci-contre montre clairement l'exposition aux risques d'inondations fluviales des localités situées en bordure de l'Ogooué ou de la Ngounié.

L'actualité récente ne dément cette exposition. De novembre à décembre 2019 le début de la saison des pluies a ainsi été marqué par des inondations dues aux crues et aux pluies diluviennes qui ont affecté les villes pleinement arrosées par l'Ogooué et ses affluents telles que Lambaréné, Ndjolé, Mouila et Fougamou. A Mouila 1500 ménages ont été impactés par ces inondations.

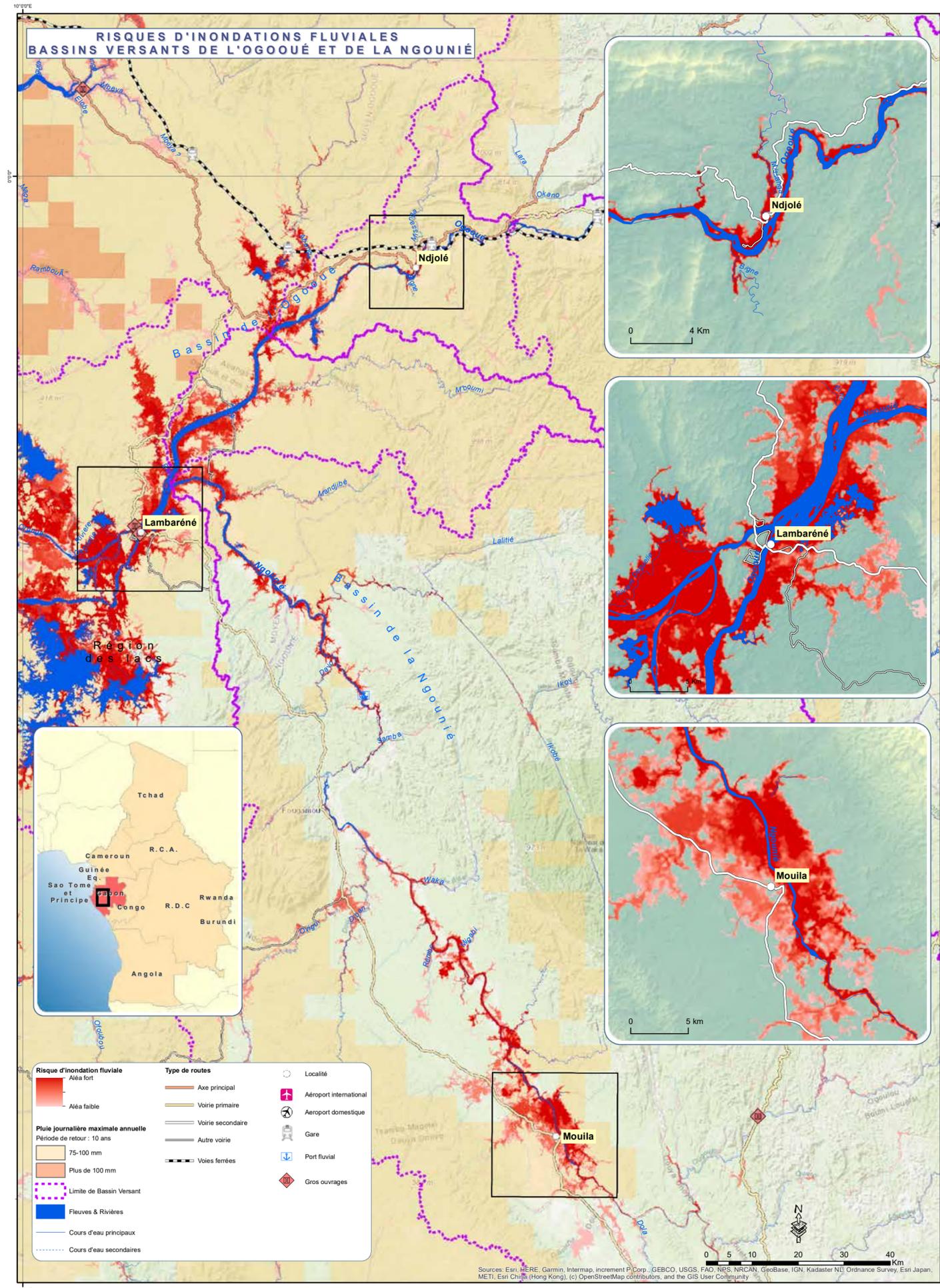
Durant la période mesurée, le débit journalier maximal estimé à 12 700 m³/s date de décembre 1961. Comme pour le fleuve Congo, cette dernière grande crue pourrait se reproduire, y compris de façon plus forte, et doit inciter à la vigilance au-delà des crues annuelles, déjà problématiques, que connaît l'Ogooué.

Il est primordial, pour mieux suivre l'hydrologie de ce cours d'eau, de le réinstrumenter, notamment à l'aune des conséquences du Changement Climatique en Afrique Centrale pour lesquelles des pluies potentiellement plus fortes sont attendues.



Inondations en 2019 à Lambaréné, à Mouila et à Ndjolé

Source :
Plate-forme Nationale pour la Prévention et la RRC/Gabon,
et Direction Générale de la Protection Civile, Gabon



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.



MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA GLISSEMENT DE TERRAIN

MÉTHODOLOGIE

Le modèle de l'UNDRR que nous avons utilisé traduit le risque de glissement de terrain basé sur un modèle d'estimation de la fréquence annuelle des glissements de terrain déclenchés par les précipitations. Les facteurs de prédisposition utilisés dans ce modèle sont : la pente, les conditions lithologiques, l'humidité du sol, la couverture végétale, les précipitations moyennes et l'exposition aux conditions sismiques.

Pour l'établissement du risque, le modèle UNDRR (fréquence des glissements) a été croisé avec le modèle d'occupation du sol Copernicus / Global Land Cover reclassé en 3 classes (Bâti / Cultures / Autres) selon la grille de conversion suivante :

Occupation du sol (Copernicus/Land Cover)

Indice UNDRR	Zone bâtie	Zone de culture	Autre
5	fort	moyen	faible
6	fort	fort	moyen
7	fort	fort	moyen

L'inventaire des glissements de terrain issu des catalogues CATNAT et de la NASA permettent de visualiser le nombre et la gravité des événements catastrophiques. La base de données CATNAT recense les événements survenus depuis 2001, selon une échelle de gravité (matériel, humaine et globale). Le niveau 0 correspond à un événement remarquable sans dommage alors que la catégorie 6 correspond à un cataclysme touchant

ANALYSE DE LA CARTE PAGE 42

Un glissement de terrain est un phénomène gravitaire entraînant vers le bas des matériaux constituant les pentes d'un relief, tels que la roche, le sol, un remblai artificiel ou un mélange de ces matériaux. Ce glissement peut être d'origine anthropique, naturel ou un mélange des deux.

Les principaux facteurs de prédisposition sont : l'altitude, la pente, l'orientation de la pente, la distance au réseau de drainage, le type de sol et le climat. Les principaux facteurs déclencheurs sont : la sismicité, la pluviosité, l'anthropisation et le volcanisme.

En Afrique, les événements de glissements de terrains sont très peu documentés. Bien souvent, seuls les événements catastrophiques pour l'homme sont référencés. Les événements naturels dans des zones non aménagées n'apparaissent que très peu dans la littérature.

Sur la CEEAC, l'essentiel des glissements de terrain représentés sur la carte (localisés depuis le Global Landslide Catalog de la NASA) est lié à de fortes pluies.

● Les glissements de terrain d'origine hydrologique

Le climat joue un rôle majeur dans les conditions d'infiltration de l'eau dans le sol. La période de précipitations intenses voire, parfois, extrêmes, qui succède la période de sécheresse, crée un climat propice au ruissellement et à la déstabilisation du sol. Le nombre de glissements de terrain augmente ainsi significativement de septembre à mai et diminue à partir du mois de juin.

Source carte page 40 :

Modèle d'estimation de la fréquence annuelle des glissements de terrain

- Centre international pour les géorisques /NGI
- Programme des Nations unies pour l'environnement (UNEP)
- UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR)

UbyRisk/CatNatNet et Global Landslide Catalog 2020 (NASA) pour les événements de glissements de terrain

Copernicus CLC pour l'inventaire d'occupation du sol (enjeux)

Open Street Map et MNT ALOS pour le fond de plan

Projection : WGS84 (EPSG : 4326)

Format d'impression : A2 - Echelle: 1/10 000 000

Réalisé le : 21/01/2021

plusieurs pays et dont les dommages matériels et humains (> 50 000 tués) sont extrêmement lourds, dépassant les capacités de gestion d'un pays et nécessitant une aide extérieure.



Affaissement d'infrastructure routière au Rwanda
© Rwanda police

L'impact de ces fortes pluies est également amplifié par l'artificialisation des sols (remblai, infrastructure...) ou la déforestation (déstabilisation de versant de montagne et des conditions d'infiltration de l'eau dans le sol).

L'augmentation en nombre et en gravité des inondations reflète en effet un changement du régime fluvial.

L'artificialisation des sols et la déforestation perturbent le fonctionnement naturel des bassins versants. Les rivières se retrouvent à inciser verticalement et/ou latéralement pour trouver de nouveaux exutoires générant de gros déplacements de matières via les glissements de terrain. Les berges sont également déstabilisées par les crues et plus particulièrement par les crues soudaines qui ont lieu suite à la rupture d'un barrage naturel (lobes de glissement de terrain qui obstrue le cours d'eau) ou à des pluies abondantes en sortie de période sèche.

Comme on peut le voir sur la carte, le Rwanda est particulièrement sensible aux glissements de terrain qui peuvent s'avérer particulièrement meurtriers. En mai 2016, près de 50 personnes ont perdu la vie dans quatre districts du Rwanda dans des glissements de terrain. En avril 2020, au moins 4 enfants ont trouvé la mort dans des glissements de terrain survenus dans un district du Nord du Rwanda suite à des pluies torrentielles. En mai 2020 ce sont 13 personnes qui ont perdu la vie suite à des glissements de terrain dans plusieurs régions au Nord et à l'Ouest du Rwanda.

La région est de la RDC est tout autant concernée par les risques de glissements de terrain suite à de fortes pluies. En août 2017, dans le nord-est de la RDC, en Ituri, un glissement de terrain dû à des pluies diluviennes, a provoqué la mort d'une quarantaine de personnes. Un pan de la montagne s'est effondré, emportant avec elle un camp de pêcheurs.

● Les glissements de terrain d'origine sismique et volcanique

Les glissements de terrain de cause sismique sont plus importants (en termes de déplacements de volume) mais moins nombreux comparés aux glissements de terrain d'origine hydrologique.

La zone la plus documentée est la zone du grand rift Est Africain très étudiée par les scientifiques. Dans cette zone montagneuse (pente forte) et au climat tropical humide (pluie intense), les séismes jouent un rôle important de déclencheur des glissements de terrain. Ces mêmes conditions de pentes fortes, pluies abondantes et sol argileux et volcanique se retrouvent dans la ligne du Cameroun.

Les glissements d'origine volcanique sont dus à l'apport de matière sur les pentes qui sont déstabilisées. Les glissements de terrain représentent alors la résilience du système et l'évolution naturelle de la pente.

● Les glissements de terrain dus à l'exploitation de minerais et aux infrastructures

Les travaux publics, et notamment la construction de routes, mènent assez souvent aux mouvements de terrain artificiels. Le long du réseau routier dans les terrains accidentés des deux bords du rift Kivu-Tanganyika se sont produits d'immenses glissements de terrain. Les raisons classiques sont soit la surcharge au sommet de la pente, soit l'enlèvement du support en bas de pente.

Dans les exploitations minières ou les carrières, de forts jets d'eau sont utilisés pour creuser le sol. Ces jets d'eau produisent des ravinelements et des affaissements secondaires qui peuvent être catastrophiques pour l'homme.

La formation de ravins sur des sols meubles argileux entraîne de nombreux glissements de terrain. C'est un phénomène très courant qui concerne beaucoup les zones urbaines en RDC (Kinshasa, Mbuji Mayi) ou au Congo (Brazzaville) et qui peuvent engendrer des dégâts particulièrement importants. Kinshasa compte, à elle seule, plusieurs centaines de têtes d'érosion, d'après le Centre de Recherches Géologiques et Minières.



Erosion ravissante sur terrain sablonneux en RDC
© AFP

● Phénomènes d'érosion ravissante

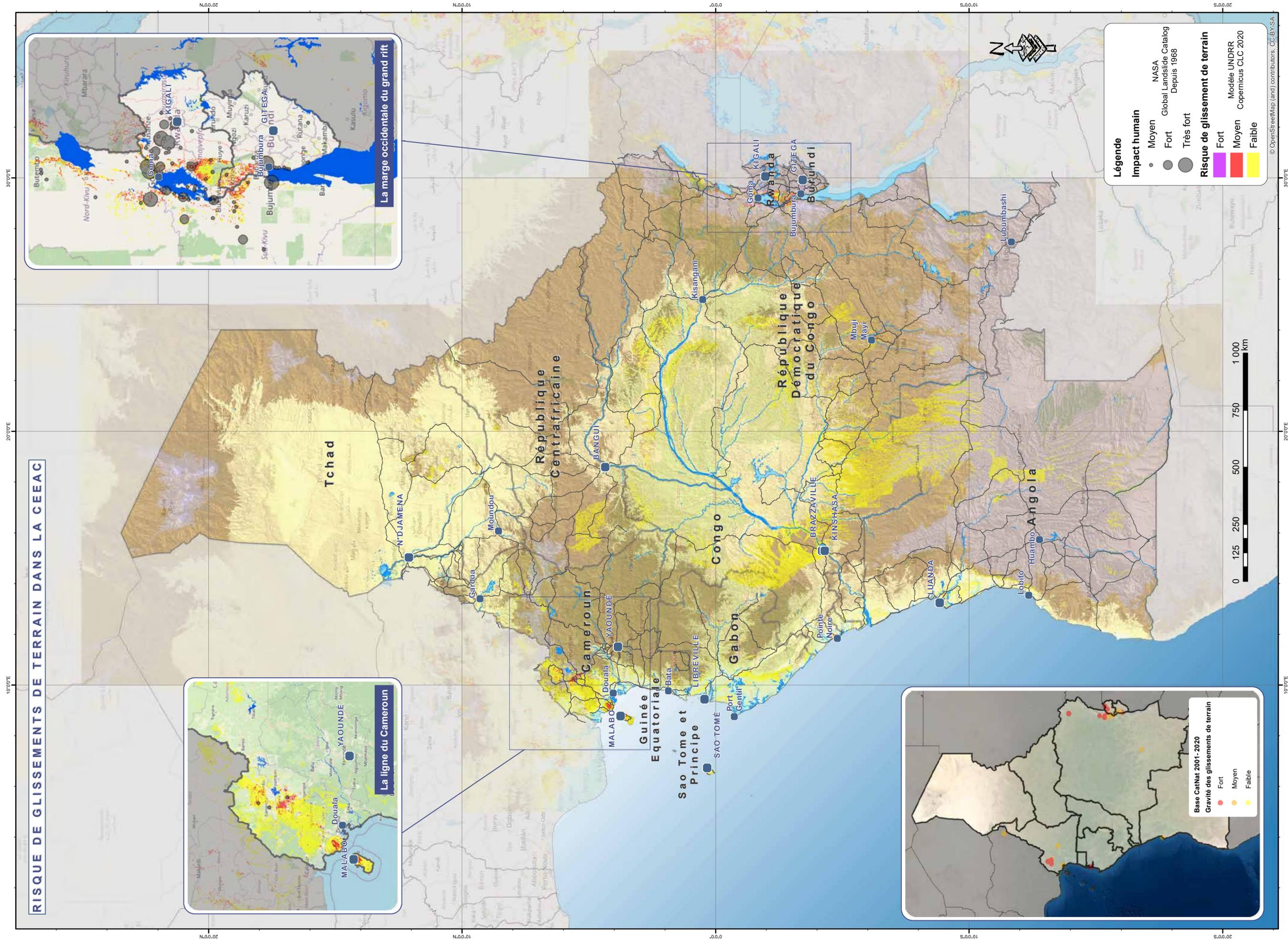
L'érosion ravissante est un phénomène très courant en RDC et au Congo sur certaines zones urbaines (Kinshasa, Brazzaville, Mbuji Mayi). Ce phénomène ne relève pas à proprement parler des glissements de terrain. Le ravinement se fait sur un sol meuble sableux (altérites sableuses). La couleur ocre du sable est due aux oxydes de fer. La profondeur de ces ravins peut aller au-delà de 40 m et engendrer des dégâts particulièrement importants.

Les érosions ravissantes constituent donc un frein au développement des villes concernées. Kinshasa compte, à elle seule, plusieurs centaines de têtes d'érosion, d'après le Centre de Recherches Géologiques et Minières.



Impact des glissements de terrain sur l'habitat précaire en RDC
© John Wessels / AFP

RISQUE DE GLISSEMENTS DE TERRAIN DANS LA CEEAC



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.



AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA SISMIQUE

Source :
UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) pour le modèle d'intensité (MMI) des séismes
US Geological Survey (USGS) pour les événements sismiques
Socio Economic Data and Applications Center (SEDAC)
GEOSCAN : Gouvernement canadien pour les données géologiques
Agence spatiale européenne - Copernicus CLC pour l'inventaire d'occupation du sol (enjeux)
Open Street Map et MNT ALOS pour le fond de plan
Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
Format d'impression : A2 - Echelle: 1/9 000 000
Réalisé le : 14/01/2020

DÉFINITION DES ÉCHELLES DE QUALIFICATION DES SÉISMES

Des contraintes (forces de compression, distension ou coulissage d'une faille) s'exerçant en permanence sur les roches en profondeur conduisent à une accumulation d'énergie qui finit par provoquer la rupture des roches. C'est à partir de cette zone de rupture (le foyer), qui se trouve en profondeur, que la déformation se propage dans toutes les directions, sous forme d'ondes sismiques. Ces ondes peuvent être enregistrées par un sismographe.

Un séisme se manifeste donc par des vibrations brutales à la surface de la Terre qui se propagent et provoquent des déformations et des destructions dans le paysage.

Deux échelles sont principalement utilisées pour qualifier et quantifier les séismes. Ces deux échelles sont :

- l'échelle de magnitude appelée échelle de Richter
- l'échelle d'intensité appelée échelle de Mercalli modifiée

• L'échelle de Richter

L'unité utilisée dans l'échelle de Richter est la magnitude. La magnitude du séisme estimée à partir d'un sismogramme est :

$$M = \log(A/T) + C$$

Où le log est le logarithme de base 10 ; A = l'amplitude maximale du mouvement crête à crête ; T = la période dominante du signal lorsque ce maximum est atteint ; C = terme correctif qui prend en compte les effets de propagation, c'est-à-dire la distance entre le séisme et la station (une fonction croissante).

En moyennant M sur tous les sismogrammes disponibles pour un événement, on obtient une estimation de la magnitude du séisme.

L'échelle de Richter étant une échelle logarithmique, chaque augmentation de 1 sur l'échelle correspond à une augmentation d'amplitude d'un facteur 10. Le séisme avec la plus grande magnitude a été enregistré au Chili en 1960. Cette magnitude maximale était égale à 9,5 sur l'échelle de Richter.

Concrètement, il faut qu'un séisme atteigne une magnitude de 3 sur l'échelle de Richter pour qu'il ait une chance d'être ressenti par des humains. À partir de 4, on le ressent nettement, mais il n'y a généralement pas de dégâts causés aux habitations. À partir de 5, les premiers dégâts peuvent apparaître.

Dans les faits, tout dépend de la solidité des bâtiments et de la nature du terrain. En décembre 2003, la ville de Bam, en Iran, a été rayée de la carte par un séisme d'une magnitude de 6,6. La catastrophe a fait plus de 40 000 morts. En cause, la très faible résistance aux vibrations des habitats traditionnels de Bam, construits en briques de boue séchées au soleil. Un bilan qui paraît très lourd lorsqu'on le rapproche de celui de la ville américaine de San Francisco, d'une magnitude de 7,1 en 1989. Le séisme avait provoqué de très nombreux dégâts, mais avait fait moins d'une centaine de victimes, grâce à l'utilisation de matériaux et de techniques parasismiques

pour la construction des édifices. Cette frappante comparaison illustre bien le fait que la connaissance du risque sismique et sa prise en compte dans les règles de construction constituent une des meilleures protections aux tremblements de terre.

• L'échelle de Mercalli modifiée

L'Echelle d'Intensité de Mercalli (ou plus précisément l'Echelle d'Intensité de Mercalli Modifiée) est une échelle permettant de mesurer l'intensité des séismes. Elle est fondée sur l'étendue des dégâts observés. Contrairement à l'échelle de Richter, l'échelle de Mercalli ne prend pas en compte directement l'énergie du séisme. Cette échelle est plus facile d'utilisation car il est plus facile de décrire les dégâts causés par un tremblement de terre que d'effectuer des mesures et des calculs pour obtenir une valeur sur l'échelle de Richter.

Cette échelle varie d'une valeur I = Instrumental à XII = Catastrophique.

- I : Aucun mouvement n'est perçu et l'homme ne ressent rien.
- II : Quelques personnes peuvent sentir un mouvement si elles sont au repos et/ou dans les étages élevés de grands immeubles.
- III : À l'intérieur des maisons, beaucoup de gens sentent un léger mouvement. Les objets suspendus bougent. En revanche, à l'extérieur, rien n'est ressenti.
- IV : À l'intérieur, la plupart des gens ressentent un mouvement. Les objets suspendus bougent. On ressent la vibration des fenêtres et de la vaisselle dans les placards.
- V : La plupart des gens ressent le mouvement. Les personnes qui sommeillent sont réveillées. Les portes claquent, la vaisselle se casse, les tableaux bougent, les petits objets se déplacent, les liquides peuvent déborder de récipients ouverts.
- VI : Tout le monde ressent le tremblement de terre. Les gens ont la marche troublée, les objets et tableaux tombent, le plâtre des murs peut se fendre, les arbres sont secoués. Des dommages légers peuvent se produire dans des bâtiments mal construits, mais aucun dommage structural.
- VII : Les gens ont du mal à tenir debout. Les conducteurs sentent leur voiture secouée. Quelques meubles peuvent se briser. Des briques peuvent tomber des immeubles. Les dommages sont modérés dans les bâtiments bien construits, mais peuvent être considérables dans les autres.
- VIII : Les chauffeurs ont du mal à conduire. Les maisons avec de faibles fondations bougent. De grandes structures telles que des cheminées ou des immeubles, peuvent se tordre et se briser. Les bâtiments bien construits subissent de légers dommages, contrairement aux autres qui en subissent de sévères. Les branches des arbres se cassent. Les collines peuvent se fissurer si la terre est humide. Le niveau de l'eau dans les puits peut changer.
- IX : Tous les immeubles subissent de gros dommages. Les maisons sans fondation se déplacent. Quelques conduits souterrains se brisent. La terre se fissure.
- X : La plupart des bâtiments et leurs fondations est détruit. Il en est de même pour quelques ponts. Des barrages sont sérieusement endommagés. Des éboulements se produisent. L'eau est détournée de son lit. De larges fissures apparaissent sur le sol. Les rails de chemin de fer se courbent.
- XI : La plupart des constructions s'effondrent. Des ponts sont détruits. Les conduits souterrains sont détruits.

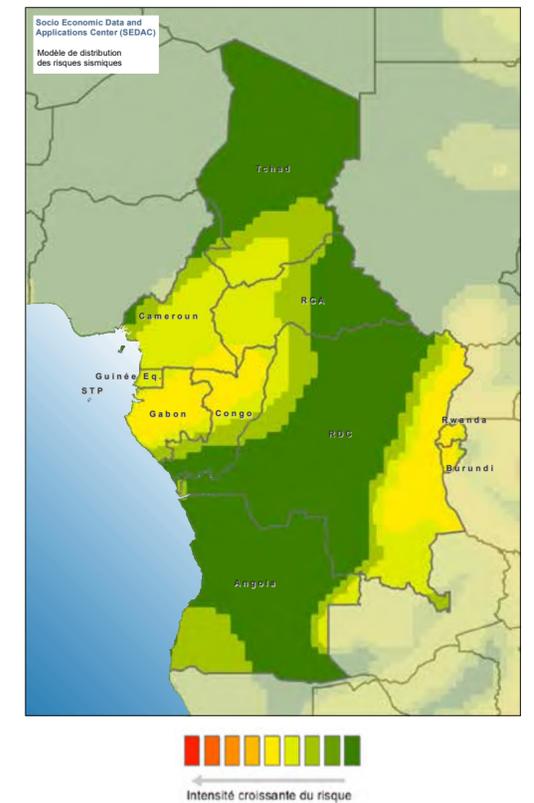
SOURCE ET MÉTHODOLOGIE

Le modèle de répartition des séismes de UNDRR est basé sur l'ensemble de données du Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP), converti en intensité de Mercalli modifiée (MMI).

Le risque a été évalué en couplant cette répartition des séismes à un inventaire d'occupation du sol fourni par le programme Européen Copernicus (Corine Land Cover) permettant de définir des zones géographiques plus ou moins vulnérables, les zones urbaines à fort enjeu étant considérées comme les plus vulnérables.

L'historique des événements est issu de la base de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS en anglais). Les événements considérés dans la carte sont ceux inclus dans la période [2000 - 2020] et d'une magnitude supérieure à 4.5. Les données ont été ensuite agrégées dans un rayon de 50 km pour évaluer la récurrence des événements sismiques sur 20 ans.

En complément de cette analyse la carte ci-contre est basée sur des données de magnitude (échelle de Richter). Cette carte est extraite d'une étude de la distribution relative et de la fréquence des risques sismiques mondiaux réalisée par le SEDAC (Socio Economic Data and Applications Center). Cette étude se base sur la vitesse de déplacement du sol (la plaque tectonique) pour définir la répartition des risques sismiques.



COMMENTAIRES DE LA CARTE PAGE 46

L'Afrique étant un très vaste continent, le risque sismique y est très varié d'une région à une autre. Dans la vallée du grand Rift Est-Africain (du golfe d'Aden, au Nord, jusqu'au Zimbabwe, au Sud en passant par l'arc occidental longeant la frontière Est de la République Démocratique du Congo) la lithosphère s'amincit marquant l'ouverture d'un futur océan à l'échelle de plusieurs millions d'années. L'essentiel de l'activité volcanique et de l'expansion du Rift a commencé il y a 30 millions d'années. Ce rift bordé de failles est le siège d'une intense activité sismique et volcanique.

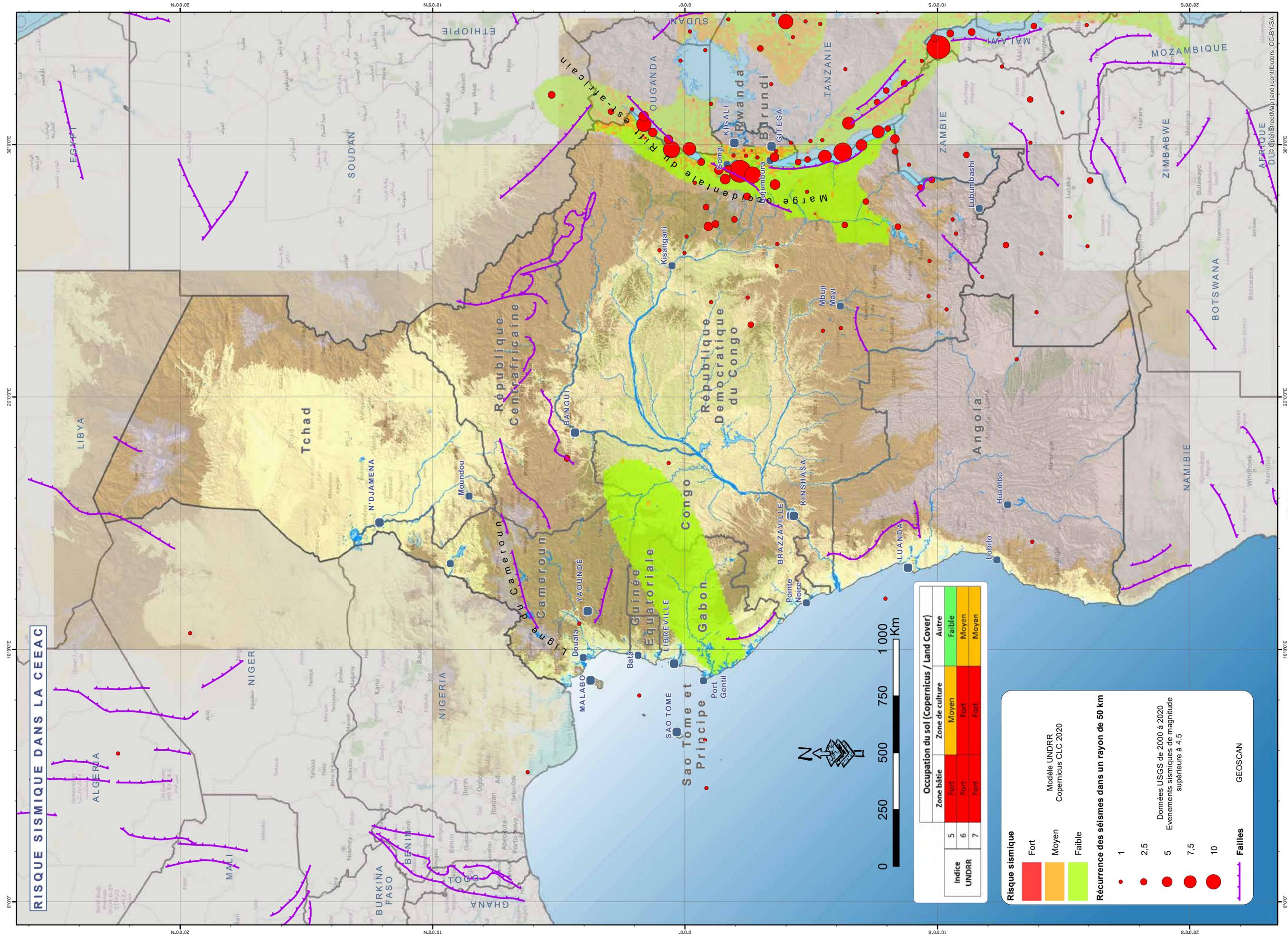
La ligne du Cameroun est également un rift qui s'étire entre le bassin du lac Tchad et le golfe de Guinée. La ligne volcanique du Cameroun est associée à du volcanisme cénozoïque et dépassent 2000 m d'altitude en moyenne. Le mont Cameroun (4040 m) est caractérisé par une activité sismique fréquente. Les éruptions volcaniques sont généralement précédées par des tremblements de terre comme par exemple ceux de 1868 et 1909.

En moyenne, la fréquence des manifestations sismiques autour du mont Cameroun est de 2 séismes tous les 3 jours. En raison de sa tectonique de soulèvement-basculement et de son dynamisme éruptif essentiellement effusif, ces séismes sont en général de faible intensité comprise entre 2,8 et 3,4 sur l'échelle de Richter.

La région de la CEEAC est également soumise à des zones de cisaillements majeurs locales. Ces zones sont :

- la zone de la fracture Romanche, qui est la frontière de la plaque Afrique et Amérique du Sud (au large du Ghana) ;
- les zones de fracture de Chain et de Charcot (au large du Niger)
- le grand cisaillement Centre Camerounais.

Dans ces zones, la sismicité est essentiellement une sismicité intraplaque tectonique. Les séismes intraplaques se produisent par la réactivation de zone de faiblesse préexistante dans le contexte d'un régime de contrainte. La déformation se produit par un mouvement de glissement des failles généralement orienté est-sud-est dans la région.



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.



AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaines de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA VOLCANIQUE

SOURCES ET MÉTHODOLOGIE

Les éruptions volcaniques sont des aléas très hétérogènes et susceptibles de changer brusquement en fonction du contexte et/ou du type de volcan. La durée d'une éruption peut varier de quelques heures à plusieurs dizaines d'années (voire siècles). Les périodes de repos plus ou moins longues entre deux éruptions (voire plusieurs siècles) empêchent parfois le développement d'une culture adéquate du risque.

Le risque volcanique est associé à un volcan donné. Il varie dans le temps et dans l'espace. Ce risque volcanique est un risque naturel majeur à cause de la potentielle violence de l'aléa, des difficultés à prévoir les éruptions et de l'accroissement constaté de la population et des équipements à proximité immédiate des volcans.

Le Programme sur le volcanisme mondial (Global Volcanism Program) de la Smithsonian Institution est hébergé au département des Sciences minérales du Musée national d'histoire naturelle, à Washington DC. La mission du GVP est de documenter, comprendre et diffuser des informations sur l'activité volcanique mondiale. Le GVP référence tous les volcans de la planète actifs au cours des 10 000 dernières années. Dès les premières phases d'une éruption, partout dans le monde, l'Institution agit comme un centre d'échanges de rapports, de données et d'images.

Les données de la Smithsonian Institution ont ici été utilisées afin d'illustrer la localisation, la récurrence ainsi que l'intensité des éruptions volcaniques. Cette intensité est évaluée sur l'échelle VEI (Volcanic Explosivity Index) qui est un indice d'explosivité du volcanique. Cette échelle varie de 0 à 8 selon

COMMENTAIRES

La majorité du magma émis sur Terre chaque année se fait sans présenter le moindre risque car il sort sous l'eau à des milliers de mètres de profondeur, le long des dorsales médio-océaniques (inter-plaques tectoniques). Dans le cas de la CEEAC, le volcanisme est intraplaque. Les deux grandes zones volcaniques se trouvent dans des zones de Rifts : Rift Est Africain (du golfe d'Aden, au Nord, jusqu'au Zimbabwe, au Sud en passant par l'arc occidental longeant la frontière Est de la république Démocratique du Congo) et la ligne du Cameroun.

Le **Rift Est Africain** est le siège d'une intense activité sismique et volcanique. Les différentes phases d'extension du rift ont généré un ensemble volcanique par remontées de panaches mantelliques. Les volcans **Nyamuragira** et **Nyiragongo** forment les centres éruptifs les plus actifs de la chaîne volcanique de Virunga, laquelle comprend 6 autres volcans éteints constituant un alignement est-ouest de 90 kilomètres de longueur.

Le volcan **Nyiragongo** est l'un des volcans les plus actifs d'Afrique. Il s'agit d'un stratovolcan de forme conique qui culmine à 3 470 mètres. Ce volcan est construit sur deux stratovolcans plus anciens : le **Baruta** au nord, le **Shaheru** au sud. Les stratovolcans sont des édifices de très grande taille qui se forment par accumulation de coulées de lave et de niveaux de cendres. Ils se caractérisent par des versants très pentus et la présence d'un dôme à son sommet, composé de lave très visqueuse et rempli de gaz.

Une centaine de cônes éruptifs (cône de cendres) s'alignent le long des fissures radiales au sud du **Shaheru** (à l'est du sommet) et le long d'une zone Nord-Est/Sud-Ouest qui s'étend jusqu'au **lac Kivu**.

Avant la catastrophe de 1977 durant laquelle le volcan s'est vidangé par ses flancs externes, le **Nyiragongo** recéléait dans son profond cratère sommital un lac de lave mesurant 1,2 km de large. Située à environ 15 km du volcan **Nyiragongo**, la ville de Goma qui compte près d'un million d'habitants est directement menacée. Le bilan humain et économique des deux dernières éruptions, en 1977 et en 2002 a été catastrophique. D'autres importantes éruptions se sont produites de juin à octobre 1982, puis de nouveau entre 1994 et 1996. Aujourd'hui, la population de Goma a doublé par rapport à 2002 laissant présager une catastrophe sans précédent dans la région en cas de nouvelle éruption.

Au nord-ouest du **Nyiragongo**, se trouve le second volcan le plus actif d'Afrique : le **Nyamuragira**. Contrairement au **Nyiragongo** à pentes raides, le **Nyamuragira** est un énorme volcan-bouclier de faible inclinaison. Les volcans boucliers sont des édifices construits en majorité par les coulées de

Source :
Smithsonian Institute / Global Volcanism Program pour l'historique des événements
GEOSCAN : Gouvernement canadien pour les données géologiques
Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
Format d'impression : A2 - Echelle : 1/9 000 000
Réalisé le : 14/03/2020

le volume des matériaux éjectés et la hauteur de la colonne éruptive. Les 8 degrés de cette échelle sont :

- 0 : **Hawaïen non explosif (effusif)** : Hauteur du nuage de cendres inférieure à 100 m / Volume éjecté supérieur à 1 000 m³
- 1 : **Hawaïen / Strombolien modéré** : Hauteur du nuage de cendres de 100 m à 1000 m / Volume éjecté supérieur à 10 000 m³
- 2 : **Strombolien / Vulcanien explosif** : Hauteur du nuage de cendres de 1 à 5 km / Volume éjecté supérieur à 1 000 000 m³
- 3 : **Vulcanien catastrophique** : Hauteur du nuage de cendres de 3 à 15 km / Volume éjecté supérieur à 10 000 000 m³ annuel
- 4 : **Vulcanien Plinien cataclysmique** : Hauteur du nuage de cendres de 10 à 25 km / Volume éjecté supérieur à 0,1 km³
- 5 : **Plinien paroxysmique** : Hauteur du nuage de cendres supérieure à 25 km / Volume éjecté supérieur à 1 km³
- 6 : **Plinien / Ultra-Plinien colossal** : Hauteur du nuage de cendres supérieure à 25 km / Volume éjecté supérieur à 10 km³
- 7 : **Ultra-Plinien méga-colossal** : Hauteur du nuage de cendres supérieure à 25 km / Volume éjecté supérieur à 100 km³
- 8 : **Ultra-Plinien Supervolcan apocalyptique** : Hauteur du nuage de cendres supérieure à 25 km / Volume éjecté supérieur à 1 000 km³

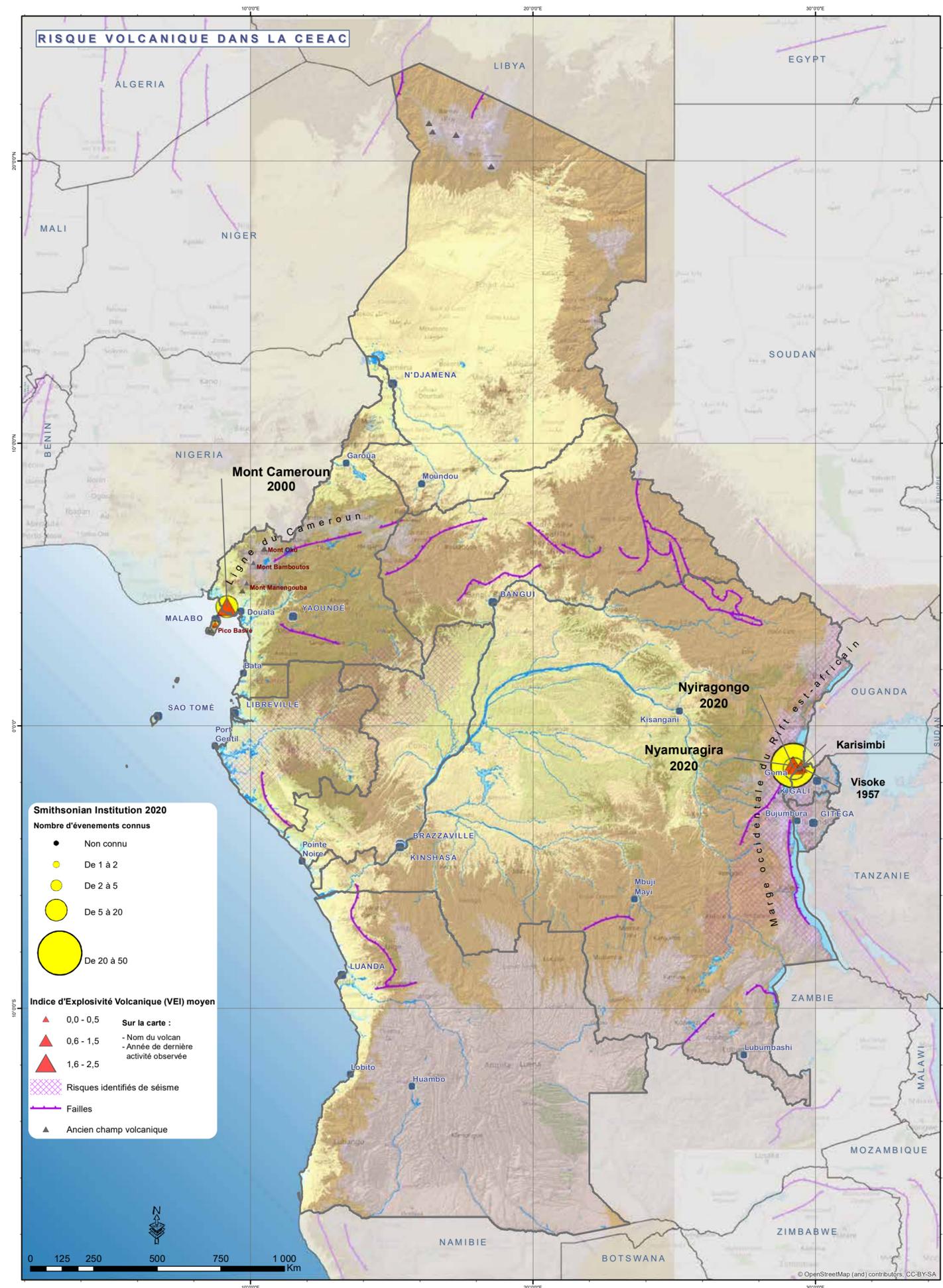
Chaque degré sur cette échelle représente un volume des matériaux éjectés 10 fois plus grand, c'est-à-dire une éruption 10 fois plus puissante que la précédente. Pour exemple, l'éruption colossale du Mont Saint Helens en 1980 a été classée VEI 5 mais la grande majorité des éruptions volcaniques actuelles ne dépassent pas VEI 3.

lave fluide et successives. Ce volcan s'élève à 3 058 m, à 25 km au nord du **lac Kivu**, sur la Vallée du grand rift est-africain. Il possède une petite caldera sommitale de 2 km sur 2,3 km dont les parois peuvent atteindre 100 mètres de haut. Il y avait jadis un lac de lave dans son cratère sommital qui était actif depuis au moins 1921, mais celui-ci s'est vidangé en 1938 lors d'une importante éruption fissurale. Les premières observations d'éruptions consignées remontent à 1550. D'anciennes coulées de lave sont visibles sur les flancs à plus de 30 km en contrebas du sommet, atteignant même le **lac Kivu**. Une importante éruption s'est produite en 2001 et la dernière éruption documentée a eu lieu en 2006. Néanmoins, une activité volcanique a été observé au niveau de la caldera en 2020.

À proximité du volcan **Nyiragongo**, le **lac Kivu** contient d'importantes poches de gaz (méthane et CO₂). Ces strates gazeuses enfouies dans le sol provoqueraient un risque majeur d'asphyxie si elles devaient remonter à la surface. Ce lac étant à proximité du volcan, une déstabilisation de ces couches stratigraphiques pourrait avoir lieu lors d'une éruption ou d'un séisme. Les dégazages brutaux qui s'en suivraient seraient dramatiques pour les villes limitrophes.

Le volcan **Visoke** se situe au nord-est du **lac Kivu**. Il fait partie des trois volcans actifs constituant le groupe central de la **chaîne des Virunga**. L'activité éruptive est dépendante d'un axe fissural d'orientation NE-SW, transverse par rapport à l'axe du rift.

La **Ligne Volcanique du Cameroun (CVL)** est associée à du volcanisme cénozoïque et dépasse 2000 m d'altitude en moyenne. Elle représente un alignement magmatique en partie océanique et en partie continentale. Le segment océanique est composé de quatre îles volcaniques alignées dans le golfe de Guinée (de l'île Pagalù ou Annobón au mont Cameroun) et la partie continentale s'étend du mont Cameroun au Lac Tchad. Active depuis le Crétacé, cette entité est souvent reliée à la mise en place à cette même époque du point chaud de Saint Helens. Cependant, l'absence de migration de l'âge de l'activité volcanique ne correspond pas au modèle habituel de point chaud. L'origine et la persistance de l'activité magmatique alcaline de cet alignement demeurent mal comprises. Le volcanisme alcalin lié à ce système de fractures de direction majeure N30° est circonscrit dans une bande d'environ 100 km de large sur plus de 1600 km de long. Le volcanisme exprimé le long de cette ligne a débuté à l'Eocène par la formation du Plateau Bamoun et se poursuit jusqu'à nos jours au mont Cameroun. Les **monts Bamboutos** et **Manengouba** sont, en volume, les deuxième et troisième plus grands volcans de la ligne du Cameroun. La dernière éruption du **mont Bamboutos** date de 0,5 Ma. La dernière éruption du **Mont Cameroun** date de l'an 2000.



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

HISTORIQUE DES ÉRUPTIONS DES 3 PRINCIPAUX VOLCANS DE LA ZONE

Mont Cameroun

N°	VEI	Année	Date de début	Date de fin
14135	2	2000	28/05/2000	15/09/2000
14134	2	1999	28/03/1999	17/04/1999
14133	1	1989	29/05/1989	29/05/1989
14132	2	1982	16/10/1982	12/11/1982
14131	2	1959	23/01/1959	19/03/1959
14130	2	1954	28/06/1954	26/07/1954
14129	0	1925		
14128	2	1922	03/02/1922	24/08/1922
14126	2	1909	28/04/1909	
14125	2	1871		
14124	2	1868		
14123	2	1866		
14122	2	1865		
14121	2	1852		
14120	2	1838		
14119	2	1825		
14118	3	1807		
14117	3	1650		
14116	3	-450		

Niyaragongo

N°	VEI	Année	Date de début	Date de fin
14107	2	2002	17/05/2002	20/02/2020
14106	1	2002	17/01/2002	03/02/2002
14105	1	1994	23/06/1994	16/03/1996
14104	1	1982	21/06/1982	17/10/1982
14101	1	1977	10/01/1977	10/01/1977
14100	1	1927	16/03/1927	10/01/1977
14099	1	1920		
14098	1	1918		
14097	1	1911		
14095	1	1906		
14094	1	1905		
14093	1	1902		
14092	1	1901		
14091	1	1900		
14090	1	1899		
14089	1	1898		
14088	1	1894		
14087	0	1891		
14086	1	1884		



Vue du Niyaragongo



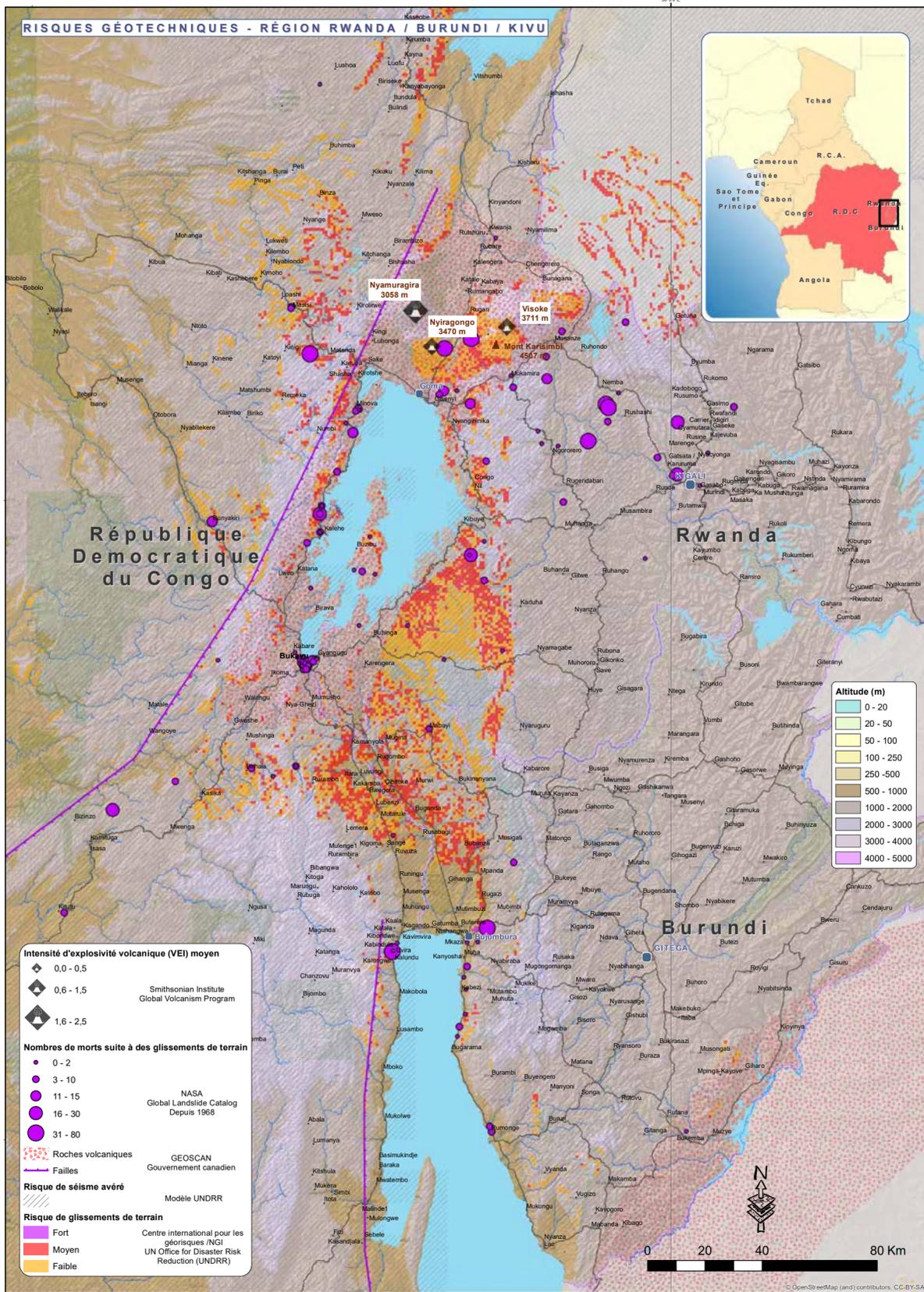
Eruption du Nyamuragira en 1991
© Smithsonian Institution

Vue du volcan Niyaragongo en 2014
© Neil Wetmore/MONUSCO

Cratères au sommet du mont Cameroun
© Amcaga

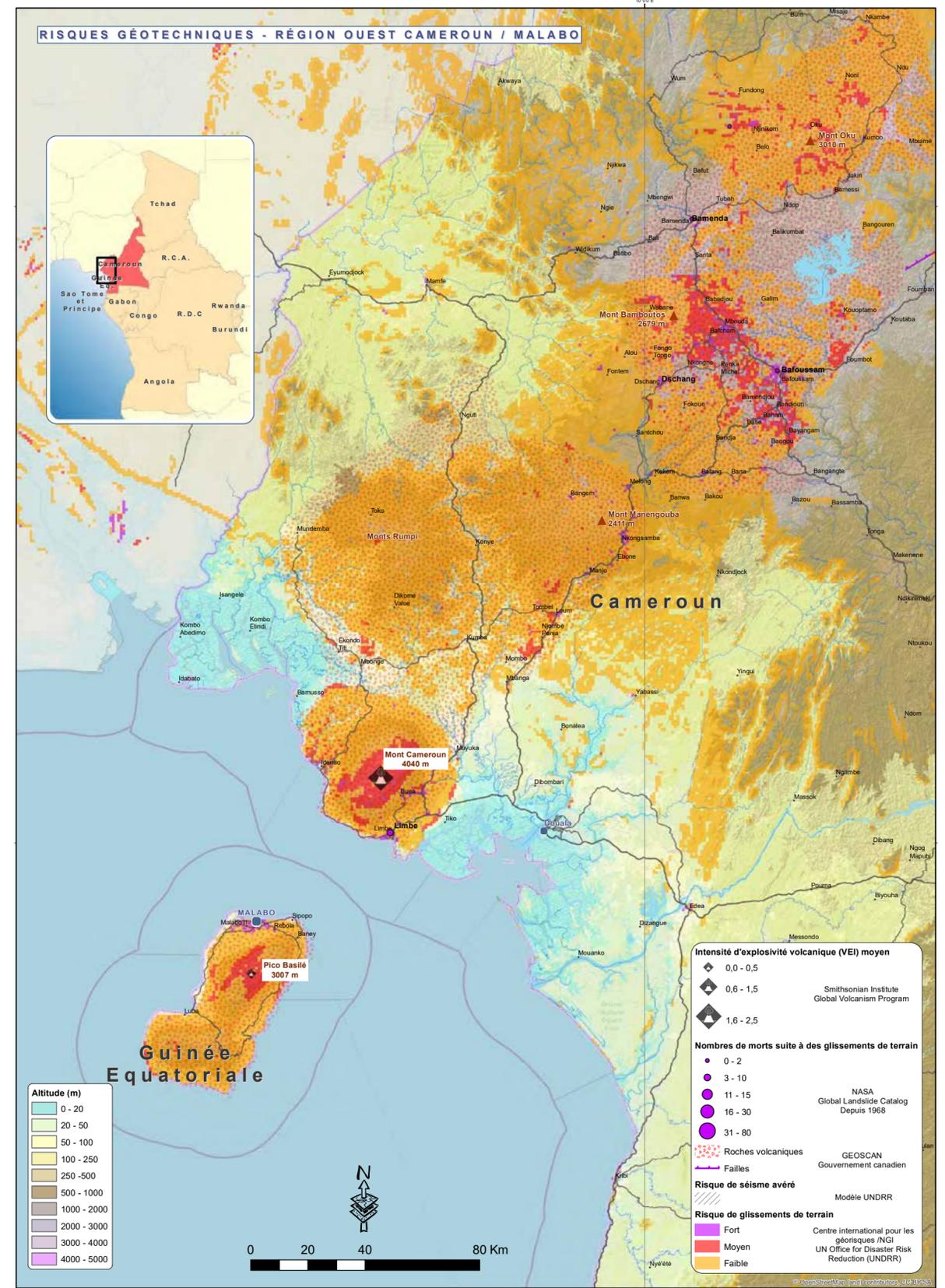
Nyamuragira

N°	VEI	Année	Date de début	Date de fin
22315	0	2018	18/04/2018	20/02/2020
22202	0	2016	27/11/2016	02/05/2017
20942	0	2014	30/05/2014	14/05/2016
20801	2	2011	06/11/2011	16/03/2012
14085	1	2010	02/01/2010	29/01/2010
14084	2	2006	27/11/2006	05/12/2006
14083	2	2004	08/05/2004	28/05/2004
14082	2	2002	25/07/2002	16/09/2002
14081	2	2001	06/02/2001	05/04/2001
14080	2	2000	27/01/2000	10/02/2000
14079	2	1998	17/10/1998	25/10/1998
14078	3	1996	01/12/1996	05/12/1996
14077	2	1994	04/07/1994	25/08/1994
14076	3	1991	20/09/1991	08/02/1993
14075	3	1989	24/04/1989	15/08/1989
14074	1	1987	30/12/1987	04/01/1988
14073	2	1986	16/07/1986	20/08/1986
14071	2	1984	23/02/1984	14/03/1984
14070	3	1981	25/12/1981	14/01/1982
14069	3	1980	30/01/1980	24/02/1980
14068	1	1976	23/12/1976	15/06/1977
14067	3	1971	24/03/1971	05/05/1971
14066	2	1967	23/04/1967	09/05/1967
14065	2	1958	07/08/1958	21/11/1958
14064	0	1957	28/12/1957	
14061	1	1956	17/11/1956	18/11/1956
14060	1	1954	21/02/1954	28/05/1954
14059	2	1951	16/11/1951	16/01/1952
14058	1	1951	25/07/1951	28/07/1951
14057	2	1948	01/03/1948	15/07/1948
14056	1	1938	28/01/1938	25/06/1940
14055	0	1921		17/01/1938
14054	0	1920		
14053	3	1912	03/12/1912	
14052	1	1909		
14051	0	1908		
14050	3	1907	07/11/1907	05/12/1907
14049	1	1907		
14047	2	1905	22/07/1905	25/09/1905
14046	2	1904	0	16/05/1904
14045	0	1902	22/04/1902	
14044	2	1901		
14043	1	1899		
14042	1	1896		
14041	2	1894		
14040	0	1882		
14039	0	1865		
14038	0	1550		



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.



MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA CLIMATIQUE

La définition du climat n'est pas unique. Dans le cadre de cet atlas où on souhaite spatialiser les aléas climatiques, on retiendra cette définition de Martine Tabéaud* : « *le climat est la synthèse des conditions atmosphériques à long terme d'un lieu. Elle comprend des paramètres temporels (les normales de températures, de pression, de pluviométrie...), la récurrence des types de temps en fonction du moment de l'année (la norme saisonnière) et la probabilité d'événements extrêmes.* »

Les modifications ou les perturbations climatiques sont des événements qui exercent une pression sur les sociétés humaines. Ces événements peuvent être caractérisés dans l'espace et dans le temps. Des événements météorologiques extrêmes comme les sécheresses peuvent être qualifiés par un écart à la normale saisonnière. Autrement dit, statistiquement c'est un écart à la distribution des moyennes de températures de saison. Leur occurrence est calculée soit par la fréquence (le nombre de jours par exemple), soit par leur intensité (par exemple une variation des températures 10% supérieure à la normale). Ce chapitre sur les risques climatiques s'articulera sur l'exploitation des données météorologiques : les données de précipitations et de températures.

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 impactent les activités humaines, les aménagements 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.

Dans le cadre de cet atlas, on abordera les risques climatiques par une approche spatiale. La diversité des territoires joue un rôle sur les conséquences observées : les espaces ruraux et les espaces urbains n'auront pas la même réponse face aux événements climatiques. Une vague de chaleur ou une sécheresse pourront causer d'importantes pertes pour le secteur agricole avec un impact direct et conséquent sur les populations rurales.

Tout phénomène climatique présentant des écarts conséquent à la normale climatologique peut être qualifié d'extrême. Parmi les risques climatiques potentiellement dangereux dans notre zone d'étude, on peut citer les phénomènes météorologiques extrêmes (inondations et sécheresses) ainsi que les conséquences directes liées aux changements climatiques. A une échelle plus fine, au niveau des villes, nous nous appuyons sur des diagrammes ombrothermiques pour cibler les périodes de l'année présentant le plus de risque d'inondation pluviale.

On distinguera dans ce chapitre une partie sur les phénomènes climatiques extrêmes et une partie concernant le changement climatique. Les données climatologiques utilisées permettent de spatialiser d'une part les zones présentant des risques avérés de précipitations extrêmes et d'autre part, à l'inverse, les zones soumises à des conditions récurrentes de stress hydrique.

DES CLIMATS ZONAUX

La CEEAC se situe en pleine zone intertropicale. Cette zone est soumise à des climats zonaux particulièrement variés, de très aride à très humide. La carte ci-contre, montrant la répartition des moyennes des précipitations annuelles, permet de localiser ces climats zonaux. Cette carte a été réalisée à partir des données Worldclim collectées entre 1970 et 2000.

Cette carte permet de caractériser la distribution des précipitations à l'échelle de la zone de la CEEAC. La saisonnalité s'exprime notamment par le rythme des précipitations au cours de l'année dans la zone intertropicale. On constate une variabilité pluviométrique importante d'une région à l'autre avec une orientation longitudinale des isohyètes de part et d'autre de l'équateur. La carte met également en évidence les singularités du climat littoral.

Cet étagement est particulièrement visible du Tchad aux régions nord du Cameroun et de la RCA et se traduit par des changements de paysage très marqués (paysage désertique, puis sahélien puis soudanien). Au sud

de la CEEAC, en Angola, on observe plutôt une orientation des isohyètes parallèle au littoral. L'extrême sud de l'Angola connaît un climat aride qui annonce les zones désertiques de Namibie.

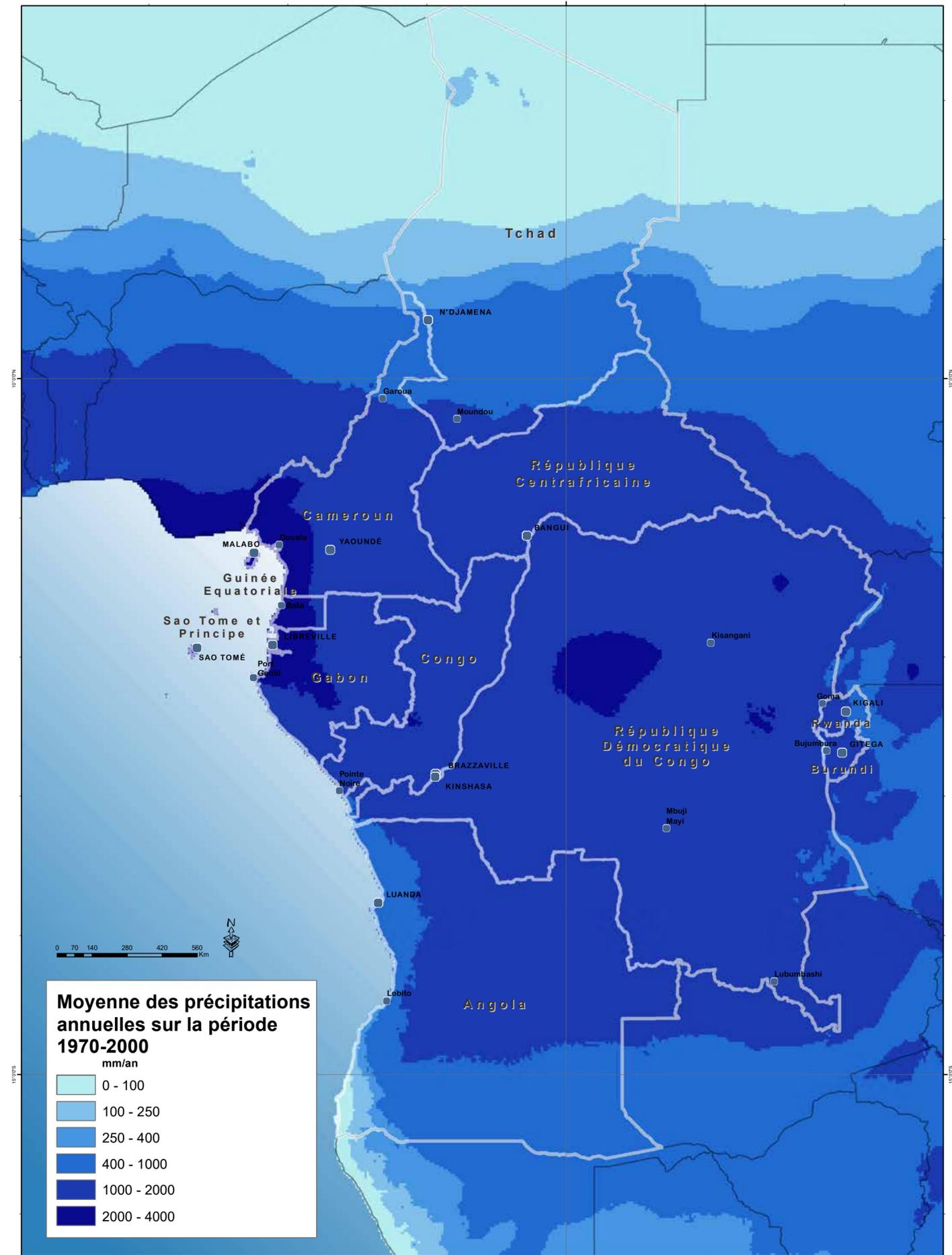
Les climats arides se divisent par trois sous climats :

- Climat hyperaride : de 0 à 100 mm/an
- Climat aride : de 100 à 250 mm/an
- Climat semi-aride : de 250 à 400 mm/an

Les précipitations comprises entre 1000 et 2000 mm englobent plusieurs types de climats. On retrouve notamment les climats tropicaux avec une alternance d'une saison sèche et une saison des pluies et les climats équatoriaux caractérisés par des pluies tout au long de l'année (jamais moins de 50 mm de pluie sur un mois) et sans saison sèche.

Le littoral se caractérise par une concentration pluviométrique importante, encore plus que dans le reste de la zone, avec des précipitations supérieures à 2000 mm/an. D'après les futures projections, cette zone sera concernée par une intensification des pluies au cours du XXI^e siècle.

PRÉCIPITATIONS ANNUELLES DANS LA CEEAC



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

* Ref :
Tabéaud Martine (2008). *Le climatologie générale*. 3^e édition. Armand Colin 126p.
CATTIAUX Julien, CHAUVIN Fabrice, DOUVILLE Hervé, RIBES Aurélien (2021). *Événements météorologiques extrêmes et changement climatique*.
Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950]
url : <https://www.encyclopedie-environnement.org/climat/evénements-meteorologiques-extrêmes-changement-climatique/>

EXTRÊMES PLUVIOMÉTRIQUES HISTORIQUES

MÉTHODOLOGIE

Par fortes pluies, on entend les observations qui ont une faible probabilité d'occurrence, qui s'écartent fortement d'une valeur moyenne ou de la tendance habituelle, ayant un fort impact sur les écosystèmes et les investissements humains. La quantité d'eau ainsi tombée en une seule journée peut égaler celle reçue sur un mois, voire plusieurs mois.

Les cartes représentent les zones pouvant subir, durant certaines périodes de l'année, des pluies très importantes – communément nommées pluies torrentielles – constituant un risque d'inondation pluviale. On définit ces pluies intenses par le cumul des précipitations sur 24h. Elles sont souvent issues d'un orage. Ces épisodes pluvieux d'une intensité extrême sont responsables dans la plupart des cas de crues éclair dans les cours d'eaux ayant une réponse hydrologique rapide, particulièrement dans les petits bassins versants.

Les dégâts dépendent de plusieurs facteurs : le relief, la nature et l'état de saturation en eau du sol, l'implantation des activités humaines, les mesures de protection (barrages, digues, recalibrage...) et les mesures préventives dans les zones inondables résiduelles (vide sanitaire, batardeau,

alerte, mise en sécurité). En zone urbaine, les effets sont dévastateurs car l'imperméabilisation des sols aggrave le phénomène de ruissellement (intensité, vitesse) et sature le réseau de drainage ou d'évacuation (parfois sous dimensionné ou obstrué).

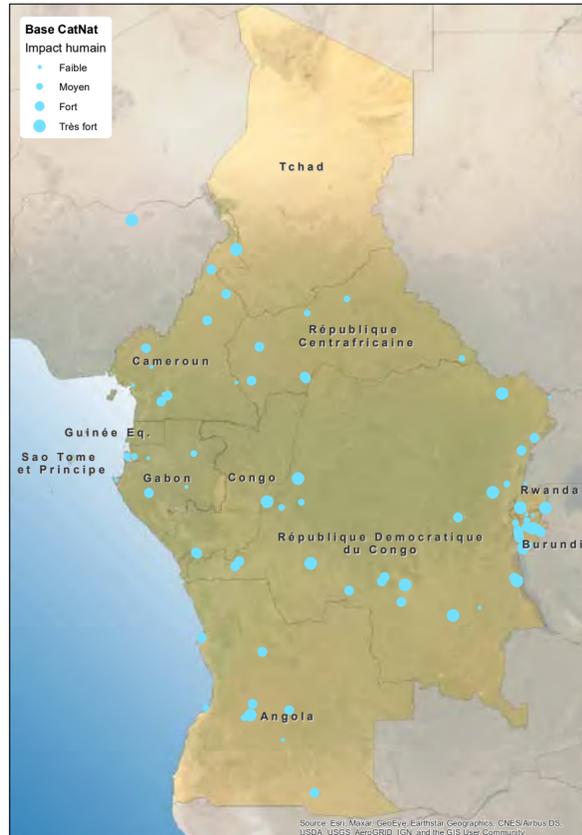
La classification est issue du traitement des maximums annuels de pluie journalières extraits des données ARC2 (African Rainfall Climatology) de 1984 à 2019. Les données ARC2 sont le résultat d'un projet d'estimation des précipitations en Afrique à différentes échelles spatiotemporelles en utilisant, en particulier, les données quotidiennes *in situ* de plus de 1000 stations ainsi que les estimations des précipitations par satellite.

Les 3 classes de sévérité sont définies comme suit :

- [250 - 300 mm) : Risque de quantités de pluie extrêmes
- [200 - 250 mm) : Risque de très fortes quantités de pluie
- [150 - 200 mm) : Risque de fortes quantités de pluie

Le défaut d'un tel traitement est qu'il ne prend pas en compte la récurrence de l'événement (période de retour) et qu'il considère des seuils fixes quelle que soit la région considérée.

Evénements pluviométriques extrêmes recensés dans la base CatNat entre 2010 et 2020



COMMENTAIRES CARTES

Les cartes mettent en évidence les extrêmes pluviométriques constatés depuis 1984. Sur 4 mois de l'année on observe les zones ou des pluies torrentielles ont pu être observées au moins une fois sur cette longue période.

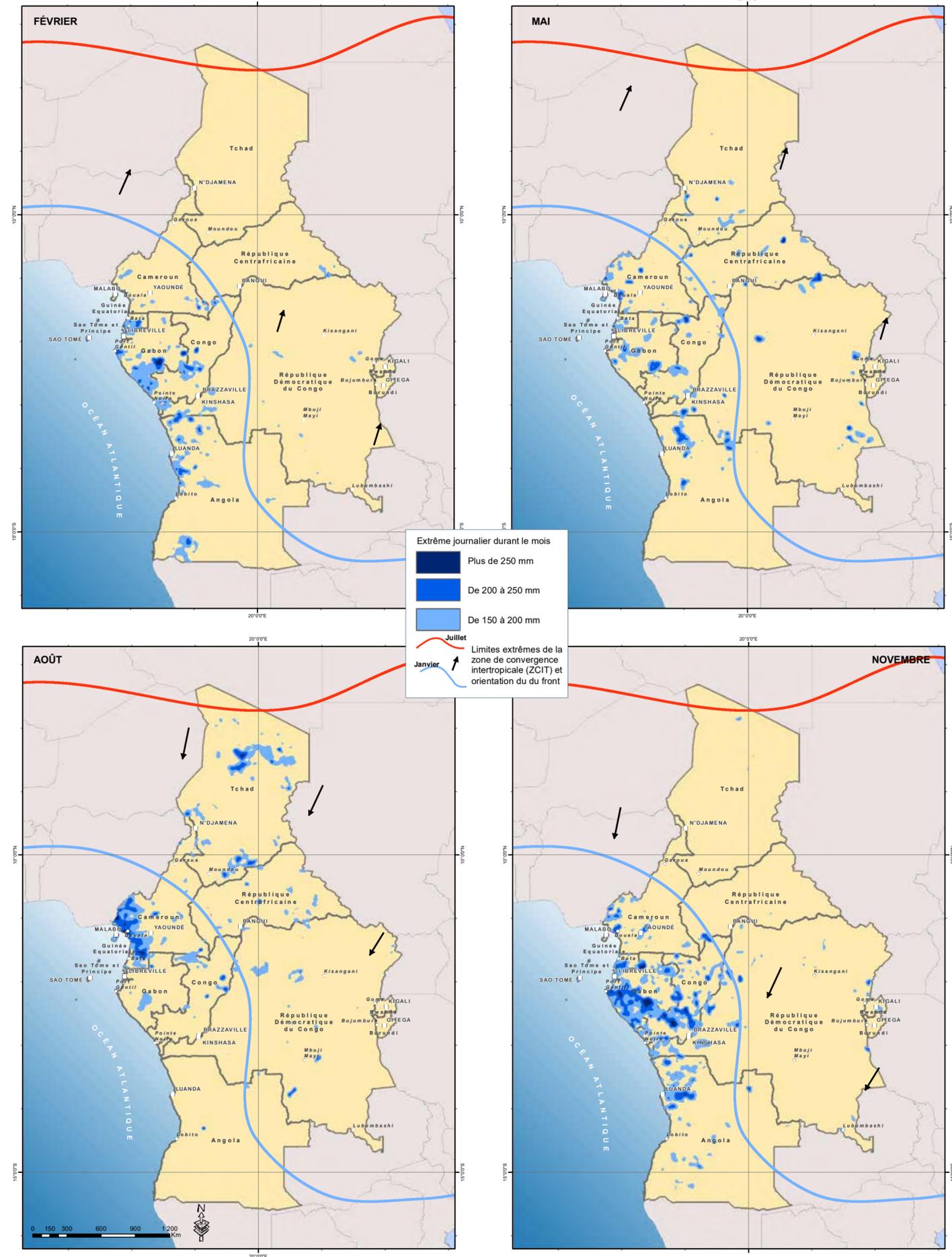
On voit qu'autour du mois de novembre tout le bassin de l'Ogooué au Gabon est soumis à un risque de pluie exceptionnelle.

La situation du Mont Cameroun proche du littoral contribue à maintenir une très forte pluviométrie sur la région autour de Limbe avec un risque fort autour du mois d'août.

Au Tchad, la dépression du Moundi au nord et la région de Moundou au Sud peuvent connaître de fortes pluies en juillet/août. Durant ces périodes pluvieuses ces zones peuvent subir des pluies exceptionnelles avec un fort risque d'inondation pluviale du fait de la saturation des sols.

En dehors de ces zones, le risque pluvial existe également partout, mais de manière moins « spectaculaire ». La « nature » et les réseaux de drainage anthropiques étant façonnés sur les pluies connues, une pluie plus forte qu'à l'accoutumée peut engendrer des dégâts.

RISQUE CLIMATIQUE - EXTRÊMES PLUVIOMÉTRIQUES HISTORIQUES DANS LA CEEAC



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

EXTRÊMES PLUVIOMÉTRIQUES POTENTIELS

MÉTHODOLOGIE

Il est délicat de traduire le risque pluviométrique dans une région aussi étendue que la CEEAC qui comporte de nombreuses zones climatiques particulièrement marquées et soumises à des régimes hydrométéorologiques très divers. De plus, la saisonnalité des précipitations est très différente selon les régions. Un extrême pluviométrique n'a pas le même sens dans une zone aride et dans une zone forestière humide ou la capacité des sols et du réseau hydrographique est plus adaptée pour absorber une forte pluie soudaine. Ainsi le risque pluviométrique est une notion tout à fait relative. Ce sont les seuils de criticité qui varient. Par exemple, à Libreville, au Gabon, on surveillera avec attention des pluies de plus de 70mm alors qu'à Ndjamenà on sera très inquiet dès 30 mm.

COMMENTAIRES CARTE

La carte ci-contre illustre les zones ayant une probabilité de 10% de subir durant l'année un événement pluviométrique extrême au moins aussi fort. Les seuils sont donc variables et directement liés aux extrêmes pluviométriques observés.

Dans le nord Cameroun ou le sud du Tchad, on note une zone présentant un risque de 50 à 75mm.

Les zones du sud ouest du Cameroun (Douala, Limbe), l'île de Biko (Malabo) et de Sao Tomé ainsi que toute la zone littorale de Guinée Equatoriale et du Gabon présentent un risque de pluies exceptionnelles de plus de 150 mm de pluie en une journée.

Le Burundi, le Rwanda, l'extrême Sud Est de la RDC (Lubumbashi) ainsi que la région de Luanda à Lobito présentent également un risque important de pluviométrie exceptionnelle compte tenu de la zone climatique.

Source :
USGS / CHIRPS 2000-2018
Projection : WGS84 (EPSG : 4326)
Format d'impression : A2 -
Echelle: 1/9 000 000
Réalisé le : 18/04/2021

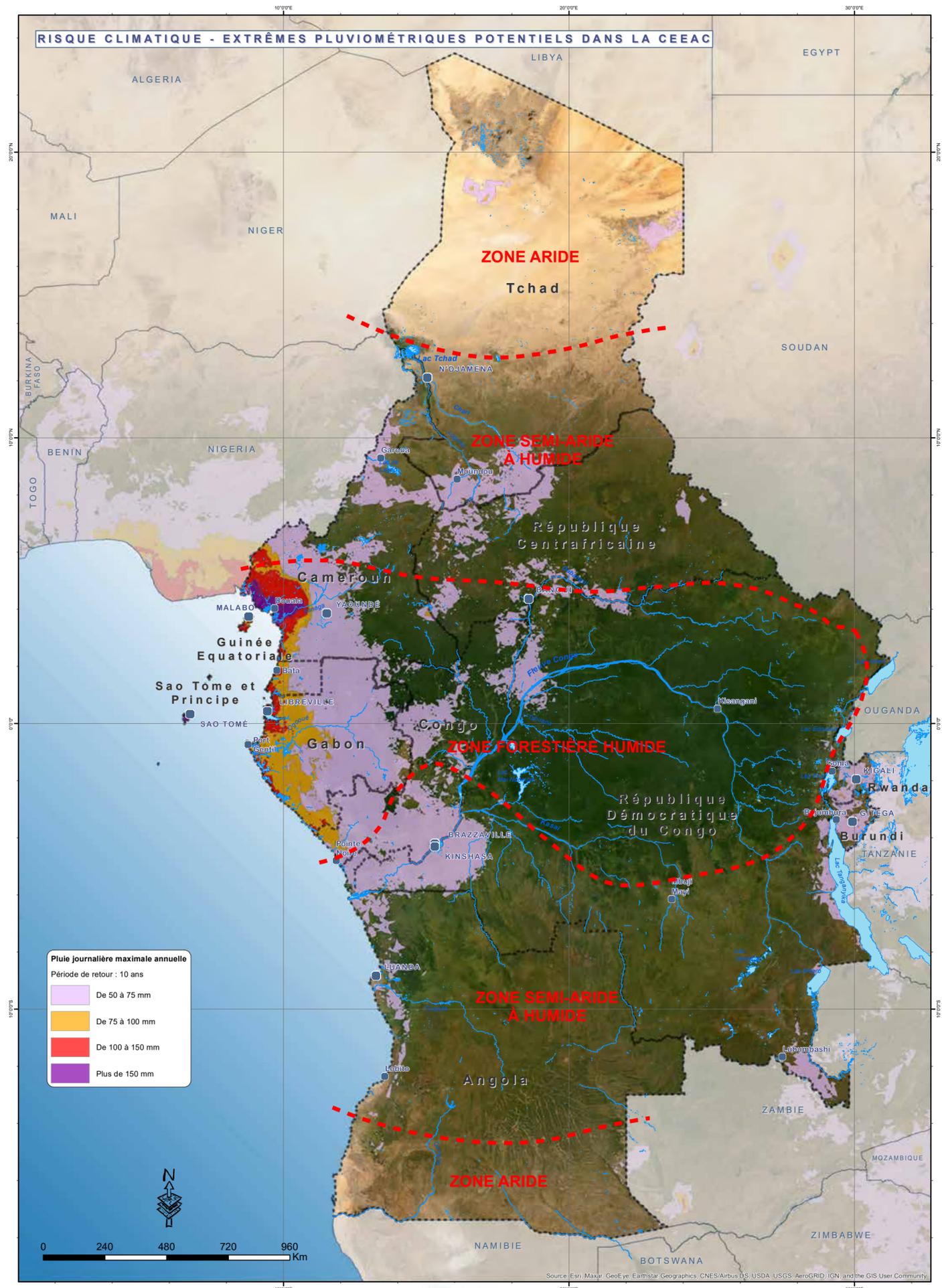
Afin de s'affranchir d'une analyse par seuils (qui sont nécessairement différents d'une zone climatique à l'autre) comme sur l'analyse précédente, nous privilégierons ici une approche par calcul de période de retour.

La période de retour caractérise le temps statistique entre deux occurrences d'un événement naturel d'une intensité donnée (ici des extrêmes pluviométriques). La période de retour (décennale) a été calculée selon la méthode statistique de Gumbel¹ sur les maxima annuels des pluies journalières à partir de la base de données CHIRPS de 2000 à 2018, fournie par l'USGS². Un épisode décennal (ou de période de retour 10 ans) veut dire que chaque année, un tel événement a une probabilité de 10% de se présenter (il n'est donc, par exemple, statistiquement pas impossible d'avoir deux événements décennaux deux années de suite ou aucun pendant 20 ans).

L'étude du MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute) de 2020 concernant l'Afrique de l'Ouest mais dont certaines des conclusions peuvent être appliquées à l'Afrique Centrale montre que la fréquence des risques hydro-climatiques et plus spécifiquement les inondations pluviales a augmenté considérablement au cours des dernières décennies, en particulier dans les zones arides.

Ainsi, avec les Changements Climatiques, les valeurs présentées (occurrence décennale) pourraient être amenées à augmenter, ou autrement dit, les valeurs présentées pourraient survenir plus souvent (plus forte occurrence, par exemple avoir 20% de chance chaque année - quinquennale- au lieu de 10%-décennale).

L'apparition de ces événements extrêmes peut être due à un changement dans la stationnarité des précipitations à l'échelle locale ou à grande échelle. Ce changement pourrait résulter de la variabilité interne et/ou de la composante anthropique du réchauffement climatique qui l'emporte sur la variabilité naturelle (MDPI - 2020).



¹ Une analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné, afin d'en définir les probabilités d'apparition future. La loi de Gumbel, est la forme limite de la distribution de la valeur maximale d'un échantillon de n valeurs. Le maximum annuel d'une variable étant considéré comme le maximum de 365 valeurs journalières, cette loi doit être capable de décrire les séries de maxima annuels.

² CHIRPS est un ensemble de données pluviométriques quasi-globales de plus de 30 ans qui incorpore une imagerie par satellite à résolution de 0,05° avec des données de station in situ.

La sécheresse est un déficit hydrique plus ou moins long. On s'intéressera donc aux variabilités temporelles du climat d'une zone donnée. La sécheresse climatique correspond à une période de l'année où les précipitations sont faibles, et où les températures sont élevées.

On peut caractériser un épisode par différents indicateurs :

- Météorologiques (les précipitations)
- Hydrologiques (débits des rivières ou bien le niveau des lacs ou de la nappe)
- Agricoles (humidité des sols ou état de la végétation)

Les extrêmes pluviométriques nous permettent de mettre en évidence les sécheresses climatiques récurrentes. Selon Martine Tabeaud (cf ref. p. 50), la sécheresse qualifie un déficit plus bref, généralement saisonnier, il se manifeste souvent par la raréfaction de la biomasse (faune et flore). Il faut bien distinguer la sécheresse et l'aridité. L'aridité renvoie à l'état d'un espace affecté par un bilan hydrique déficitaire, c'est-à-dire où les apports par les précipitations (P) sont inférieurs quantitativement aux pertes par évaporation sur les nappes d'eau (E) ou évapotranspiration du sol et des êtres vivants (Et) en bilan annuel ($P - E < 0$ ou $P - Et < 0$). Les climats arides reçoivent des précipitations allant de 50 et 100 à 250 mm/an tandis que les climats semi-arides reçoivent entre 250 à 400 mm/an.

Les cartes représentent les zones subissant des sécheresses météorologiques récurrentes par leur intensité, basées sur les données ARC2 (African Rainfall Climatology) de 1984 à 2019.

Les 3 classes de sévérité sont définies selon le maximum de pluie reçu durant les 35 dernières années sur le mois considéré :

- [0 - 5 mm] : Sécheresse très sévère
- [5 - 10 mm] : Sécheresse sévère
- [10 - 20 mm] : Sécheresse peu sévère

Les deux zones présentant un climat aride ou semi-aride sont la zone du Tchad et du Nord Cameroun d'une part, et la partie sud de l'Angola et

du sud est du Katanga en RDC, d'autre part, avec des périodes de forte sécheresse durant les saisons sèches (de mai à septembre pour le sud de l'Angola et d'octobre à juin au Tchad). Les cartes montrent assez nettement que lorsque le front intertropical (FIT) se déplace vers le nord, de janvier à juillet, la sécheresse s'atténue au Nord et apparaît au Sud.

Ces épisodes de sécheresse représentent un risque important pour les activités humaines. Le premier impact d'une sécheresse est la diminution de la ressource en eau. Celle-ci étant indispensable à la vie des écosystèmes terrestres, son amenuisement conduit à une détérioration des rendements agricoles, de la végétation ainsi que de la qualité de l'eau disponible, générant une insécurité alimentaire pour les populations. Elle accentue la malnutrition dans certains pays d'Afrique Centrale. C'est notamment le cas de l'Angola depuis quelques années. En effet, l'Angola est touché par des sécheresses aggravées par le phénomène climatique El Niño. Au cours du mois d'août, la saison sèche est particulièrement marquée au niveau du littoral Atlantique depuis Port Gentil au Gabon jusqu'au Sud de l'Angola. La région de Lubumbashi connaît également une période de sécheresse climatique de mai à septembre avec une très faible probabilité de pluie au mois d'août.

Depuis les années 1970, on estime que les pluies ont diminué de 50% dans l'ensemble du territoire tchadien. L'aridité est l'une des premières causes de l'exode rural, les populations se déplacent vers le sud du Tchad afin de chercher de l'eau pour y développer l'agriculture ou pour abreuver leurs bétails.

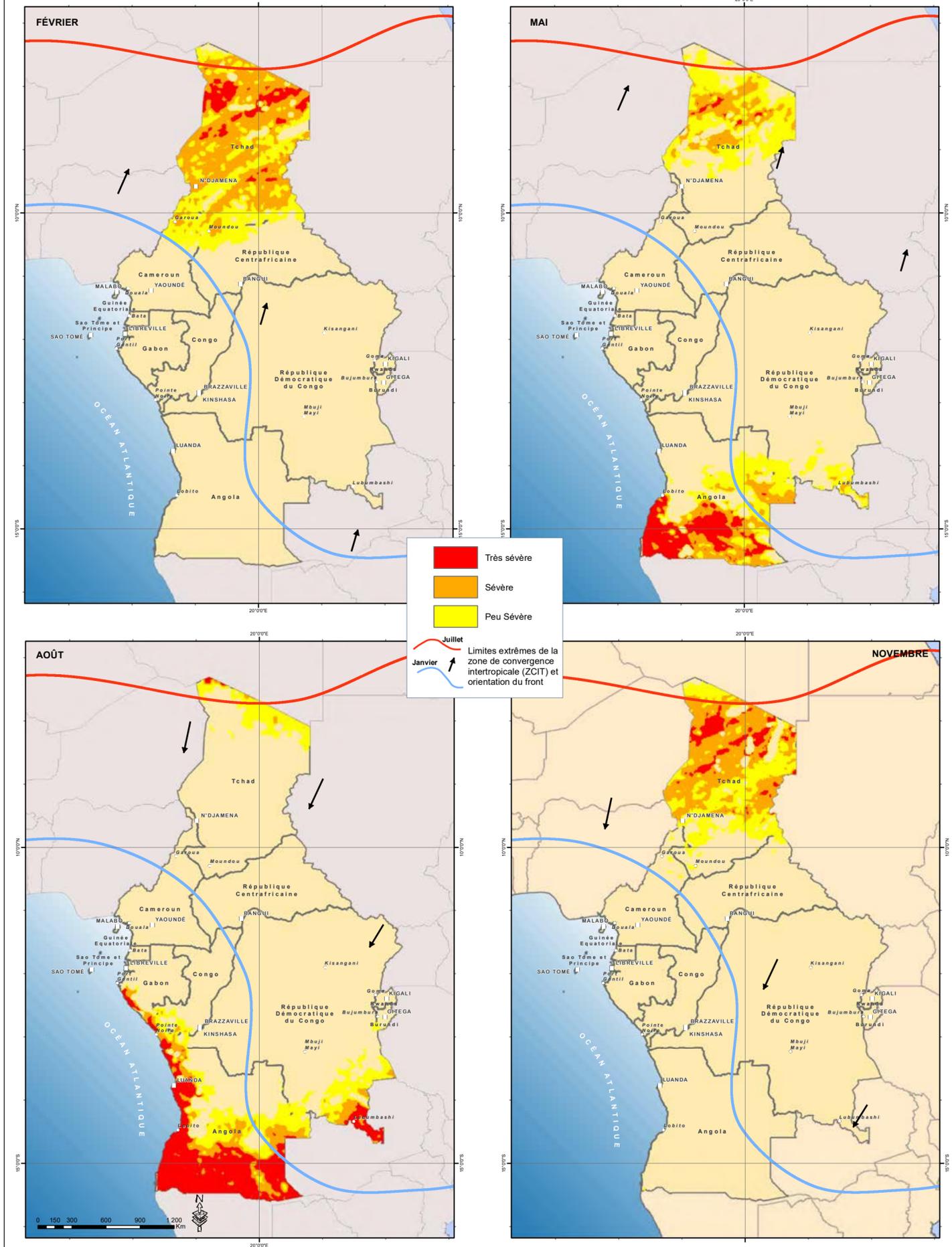
L'amenuisement de la ressource en eau des nappes phréatiques dans le contexte du changement climatique est un problème pour le Tchad et l'Angola. On observe, en particulier avec les cartes de changement climatique, que les zones arides avec peu de ressources en eau et touchées par la désertification sont en expansion du fait d'un risque de hausse de température au cours du siècle.

Enfin, les sécheresses intensifient les risques d'incendies et facilitent leur propagation.



Paysage aride du Tibesti, Tchad
© Michael Kertling

RISQUE DE SÉCHERESSE CLIMATIQUE DANS LA CEEAC



64 • LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Préoccupation mondiale, le changement climatique représente aujourd'hui un des sujets les plus abordés par les acteurs politiques. Le changement climatique a bien évidemment un impact sur l'agriculture et plus particulièrement la production alimentaire. Avec les tendances démographiques en hausse, il faudra produire plus et nourrir les futures populations dans un contexte climatique évolutif. Le changement climatique contribue à perturber le fonctionnement des sociétés humaines, que ce soit en termes de production alimentaire que de production végétale ou animale. A cela s'ajoute l'ensemble des actions anthropiques, et plus largement les impacts des activités humaines sur la gestion et l'exploitation des ressources naturelles, ainsi que sur les émissions de gaz à effet de serre.

Dans cette section, il s'agira d'aborder les projections réalisées sur 4 périodes différentes à partir des températures et des précipitations.

L'Afrique est aujourd'hui l'un des continents les plus impactés par le changement climatique, car déjà soumise à des températures moyennes plus élevées qu'ailleurs. Les populations et les systèmes de production sont dépendants des pluies : la diminution des précipitations aura pour effet de réduire le rendement des cultures, et représente donc un risque pour la sécurité alimentaire.

La pression démographique et l'amenuisement des ressources hydriques sont donc des problématiques auxquels il faut prêter la plus grande importance. Le continent africain représente 16,6% de la population mondiale, et n'est à l'origine que de 3,5% des émissions de CO₂. L'Afrique ne sera néanmoins pas épargnée par les effets du changement climatique issus des émissions mondiales.

Les mesures d'atténuation et d'adaptation ne prennent pas suffisamment en compte la dégradation généralisée des écosystèmes terrestres, alors que ces espaces ne permettent plus de séquestrer autant de carbone qu'auparavant.



MISE EN FORME DES DONNÉES

Les données historiques sont issues de la période 1970-2000. Il s'agit de moyennes annuelles auxquelles seront comparées les données issues des simulations de projection.

Les projections futures sont issues du modèle climatique du Centre National de Recherches météorologiques (tutelle de Météo France). Le CNRM-CM6-1 est un modèle du système terrestre qui dérive du noyau physique-dynamique et du modèle climatique couplé océan-atmosphère.

Un scénario peut être défini comme une représentation plausible d'un futur incertain, incluant parfois la trajectoire empruntée pour arriver à ce futur, construit à partir d'hypothèses et de paramètres moteurs cohérents entre eux. Une telle représentation n'est ni une prévision ni une projection mais une description de

ce que pourrait être une situation future sous certaines conditions. Les SSP (Shared Socio-economic Pathways / Trajectoires Socio-économiques communes) sont des narratifs de développement socio-économique explorant des évolutions plausibles du monde en l'absence de politiques et de mesures supplémentaires pour limiter le réchauffement climatique (Riahi et al, 2017).

Dans le cadre de l'atlas, la trajectoire socio-économique SSP245 a été utilisée. Ce scénario se base sur l'hypothèse d'un maintien des tendances sociales, économiques et technologiques actuelles.

Les projections futures correspondent aux 4 périodes suivantes :

- 2021-2040
- 2041-2060
- 2061-2080
- 2081-2100

ESTIMATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE - LA VARIATION DES TEMPÉRATURES

Afin de rendre exploitable les données, des calculs de moyennes annuelles ont été réalisés afin de pouvoir faire une comparaison entre les données projetées et récentes.

$$\text{Moyenne annuelle des } T^{\circ}\text{C période projetée} - \text{Moyenne annuelle des } T^{\circ}\text{C période de référence} = \text{Variation des températures}$$

Les cartes présentent un aperçu des projections des températures annuelles moyennes comparées à celle enregistrées sur la période 1970-2000. Le scénario choisi est modéré, à savoir qu'il rend compte d'une trajectoire économique qui suivrait les tendances actuelles.

Les cartes montrent des projections de température en nette hausse sur l'ensemble de la zone CEEAC. Les zones déjà arides au dessus de 10°N

(nord du Tchad) et en dessous de 15°S (sud de l'Angola) présentent un risque avéré de hausse importante de température dès la période 2020-2040. Sur la période 2040-2060 ces hausses pourraient encore s'intensifier au sud de l'Angola.

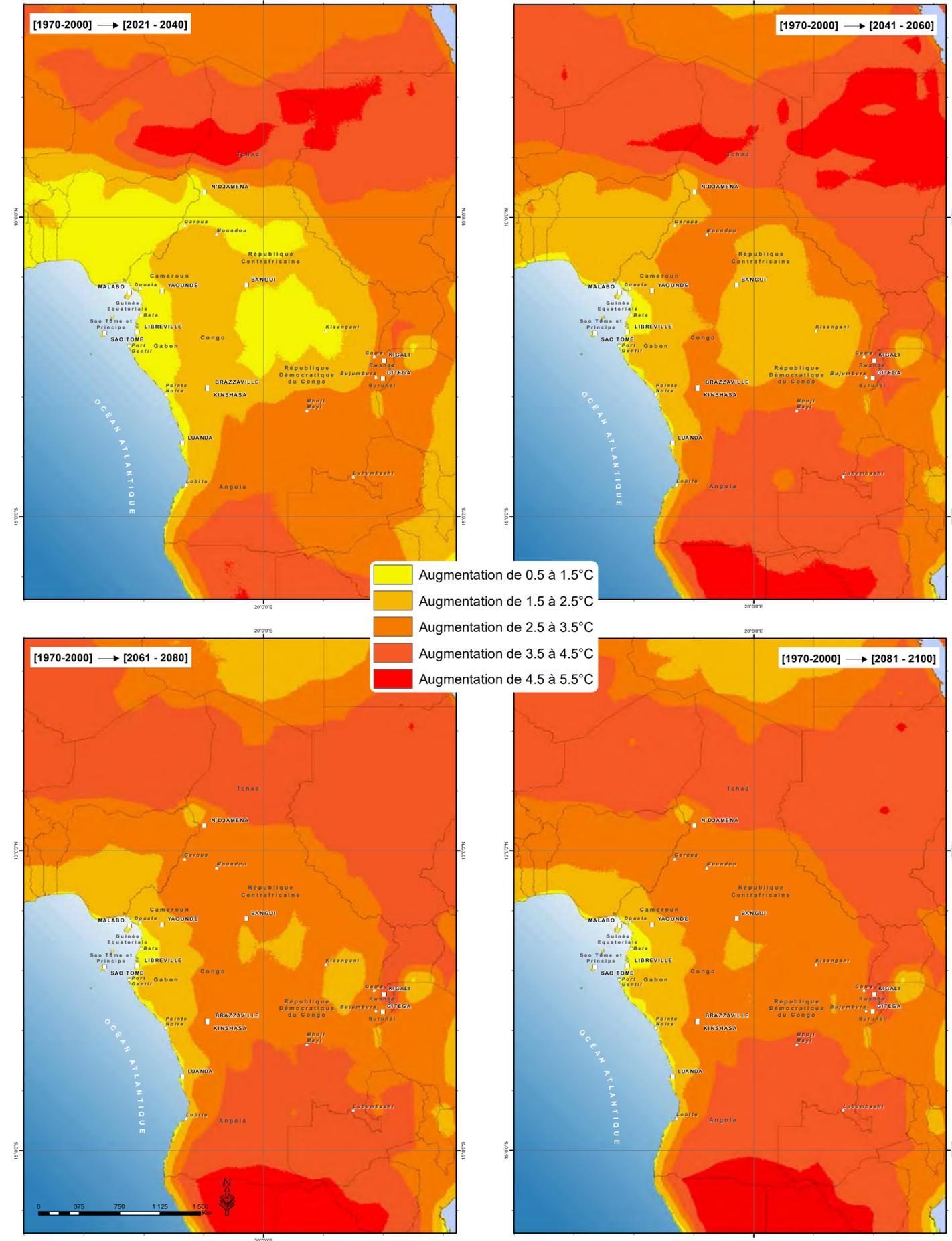
La façade océanique apparaît plus préservée avec des hausses se situant autour de 1°. On observe globalement un gradient de hausse parallèle au littoral qui se stabilise à partir de 2060.

D'autres régions risquent de subir des effets importants du réchauffement climatiques à partir de 2040 comme le sud et le sud-est de la RDC (Kasaï, Katanga) ainsi que l'est du Rwanda et du Burundi.

Ces hausses de températures représentent des risques de longue sécheresse qui pourraient porter atteinte à la biodiversité mais aussi aux conditions de vie humaine. De ce point de vue, cette région d'Afrique apparaît comme particulièrement vulnérable face au changement climatique.

CHANGEMENT CLIMATIQUE - VARIATION DES TEMPÉRATURES DANS LA CEEAC

PÉRIODE DE RÉFÉRENCE : 1970 - 2000



Référence : Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC concernant le statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

ESTIMATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE - LA VARIATION DES PRÉCIPITATIONS

Comme pour les températures, les cartes sont élaborées par comparaison entre la moyenne de pluviométrie annuelle sur une période récente et une période projetée :

$$\text{Moyenne annuelle des Pmm période projetée} - \text{Moyenne annuelle des Pmm période de référence} = \text{Variation des précipitations}$$

La carte présente un aperçu des projections de la pluviométrie par rapport à celles enregistrées sur la période 1970-2000. Les amplitudes observées sont comprises entre -150 mm et + 300 mm par rapport à la période 1970-2000.

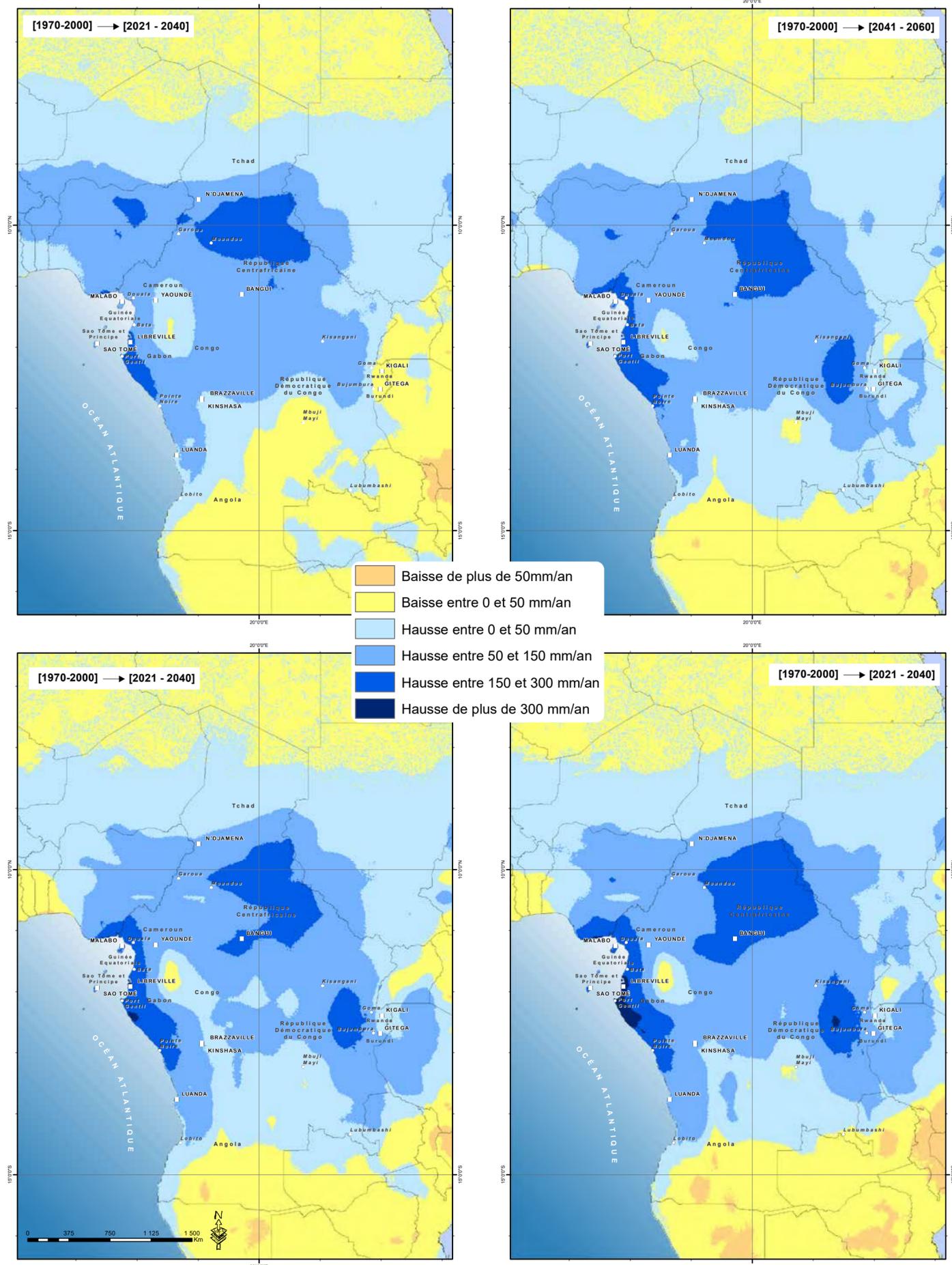
Certaines zones vont ainsi enregistrer un gain pluviométrique et d'autre un déficit.

Les cartes mettent en évidence quelques phénomènes saillants :

- La moitié sud de l'Angola ainsi que l'extrême nord du Tchad sont susceptibles de connaître dès la prochaine décennie des baisses pluviométriques pouvant atteindre -150 mm /an à l'extrême sud de l'Angola ;
- A l'inverse le sud du Tchad et une zone couvrant progressivement l'essentiel de la RCA risquent de connaître une hausse importante de la pluviométrie (+150 à 300 mm/an)
- L'ensemble de la zone littorale risque de connaître également une hausse de la pluviométrie allant en s'accroissant d'une période à l'autre. Ces hausses pourraient dépasser 300 mm/an au Gabon. On observe un gradient de hausse de pluie parallèle au littoral et décroissant à mesure qu'on s'en éloigne.
- L'est de la RDC (Kivu, Maniema) est également susceptible de voir ses précipitations annuelles augmenter notablement
- Enfin, une zone située au nord ouest du Gabon pourrait connaître des baisses de précipitation (-50 mm/an) de façon marquée à partir de 2060.

De manière générale, le GIEC prévoit une diminution de la durée des saisons humides et une légère augmentation des fortes précipitations en Afrique centrale. Les scénarios indiquent que la biodiversité va connaître une transformation. Sur la côte, la hausse du niveau de la mer menace les villes côtières. Tandis que l'aridification touchera les extrêmes sud et nord de la CEEAC, le phénomène de désertification pourrait être évité ou atténué par une gestion durable des territoires et des sols.

CHANGEMENT CLIMATIQUE - VARIATION DES PRÉCIPITATIONS DANS LA CEEAC
PÉRIODE DE RÉFÉRENCE : 1970 - 2000



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

RISQUES DE SUBMERSION MARINE ET D'ÉROSION CÔTIÈRE



MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'ALÉA DE SUBMERSION / ÉROSION MARINE

SUBMERSION MARINE

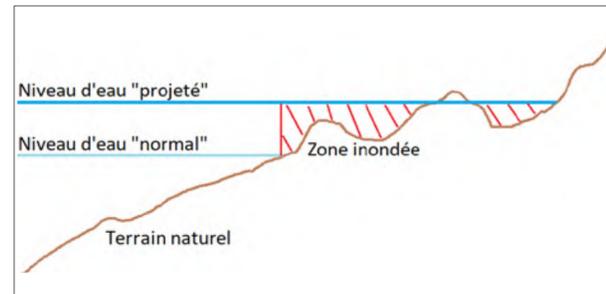
Les zones potentiellement inondées par phénomène de submersion marine sont calculées par projection de niveaux d'eau correspondant à différents scénarios, sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT). En première approche les zones inondées correspondent en effet aux territoires où la topographie est plus basse que le niveau d'eau retenu comme illustré sur la figure dessous.

Les niveaux d'eau à prendre en considération sont déterminés en combinant un niveau d'eau moyen des océans, la marée astronomique, une

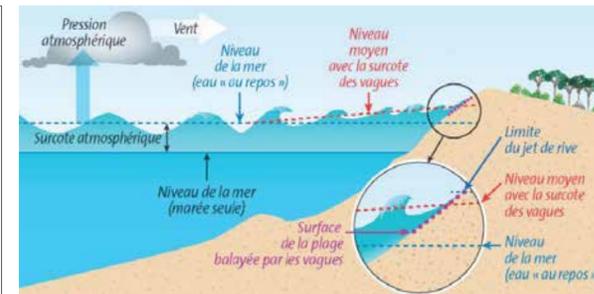
surcote de tempête et une élévation du niveau moyen des mers liée au changement climatique. La figure à suivre illustre une telle décomposition du niveau d'eau. Les MNT utilisés sont ALOS et SRTM.

A noter que cette méthode de calcul, si elle permet de réaliser des cartes d'aléas à petite et moyenne 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 en 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.

Projection des niveaux d'eau dans le cas des submersions marines



Les différentes composantes du niveau marin lors d'une tempête



EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE

L'évolution du trait de côte et des milieux littoraux résulte de plusieurs processus, marins, terrestres et anthropiques. En effet, la dynamique littorale est influencée par les transports de sédiments charriés par les cours d'eaux mais aussi par les courants marins. On distingue des zones plus actives le long du littoral, notamment aux embouchures des cours d'eaux. Dans ces zones, le positionnement du trait de côte varie d'une année à l'autre selon le transport de matériaux lors des crues.

Dans un contexte global de montée des eaux, le processus d'érosion du littoral s'installe durablement à l'échelle mondiale.

Pour l'évolution du littoral, deux traits de côte (un ancien et un récent) ont été digitalisés et/ou déterminés par traitement d'images satellites. La figure à suivre présente un exemple de numérisation du trait de côte.

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

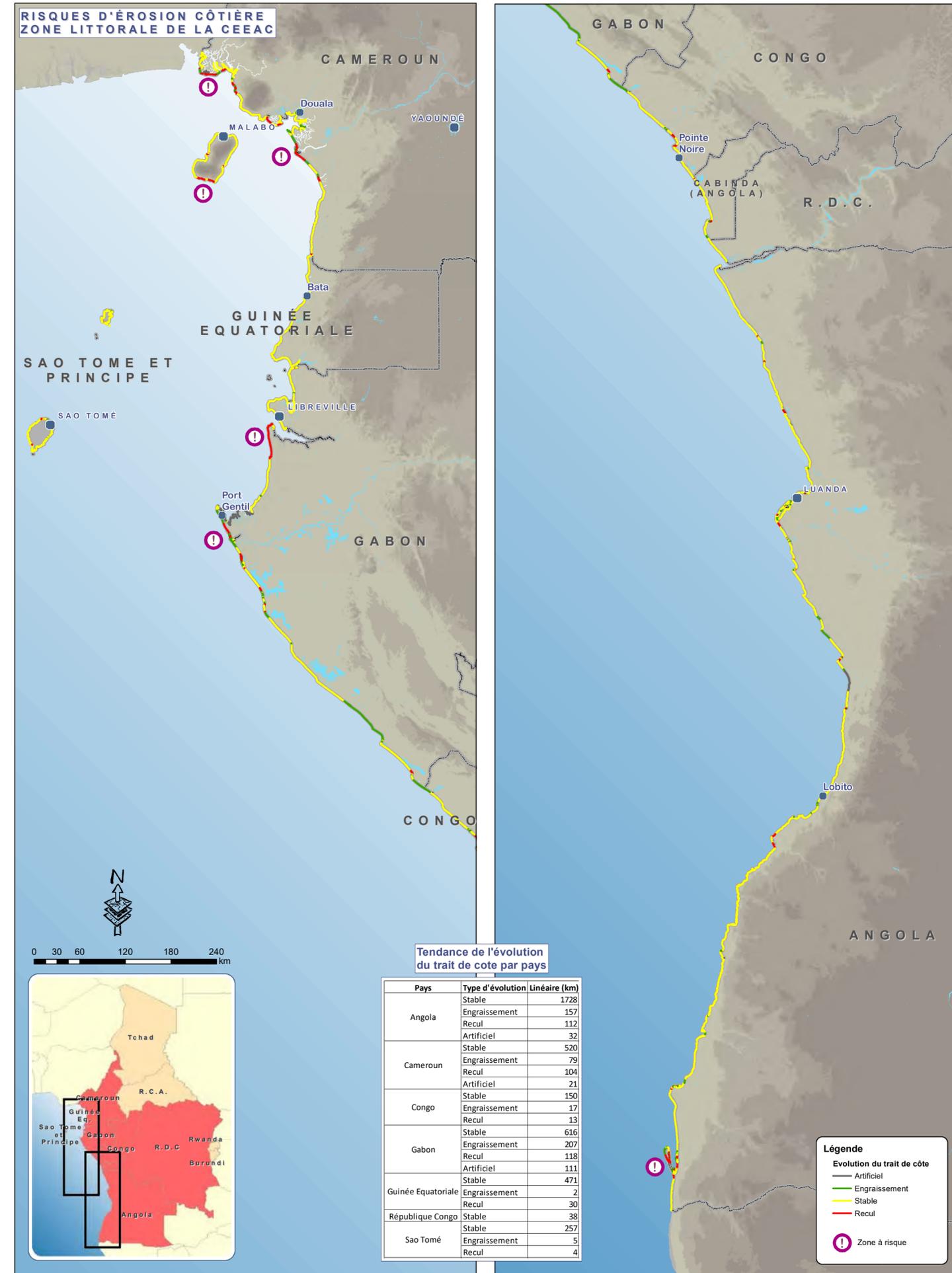
Pour déterminer l'aléa érosion à un horizon temporel donné, c'est-à-dire pour estimer la position future du trait de côte, la tendance exprimée par

la moyenne annuelle observée pour les deux traits de côte précédents sera extrapolée. Un traitement spécifique sous SIG a été 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 10 km de côte environ.

Les images Landsat 7 et Sentinel 2 ont été utilisées pour les cartographies réalisées à l'échelle des pays. Les images Google Earth de meilleure résolution ont été utilisées en compléments pour les « zooms » sur les grandes villes côtières à enjeux. Pour le Gabon, les traits de côte fournis par l'AGEOS ont également été utilisés.

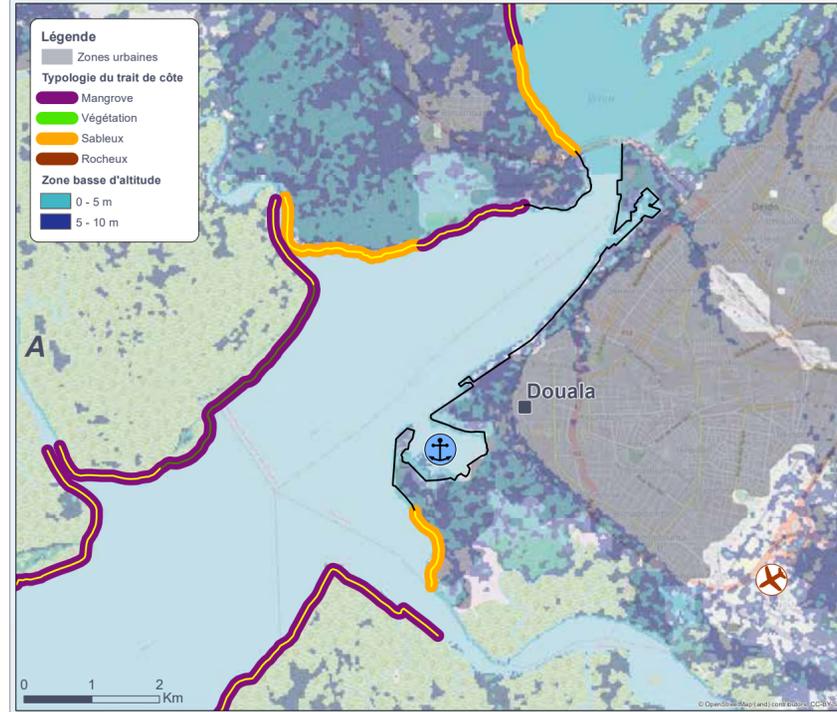
Deux limitations sont à noter dans cette méthode. D'une part la précision des résultats dépend de la précision de vectorisation des traits de côte par l'opérateur. Par ailleurs, la résolution de l'image satellite est aussi un facteur déterminant pour avoir une interprétation cohérente. Il faut aussi prendre en compte le décalage entre les données satellitaires récentes et anciennes. Néanmoins, cette méthode permet de dégager une dynamique générale avec une précision satisfaisante. D'autre part, la projection de la tendance passée ne présume pas nécessairement de l'évolution future : par exemple l'érosion peut être stoppée par un ouvrage en dur à l'arrière du trait de côte actuel (épis) ou au contraire l'érosion peut s'accroître du fait de la modification des conditions hydrodynamiques marines (élévation du niveau moyen des océans).

Exemple de digitalisation du trait de côte (érosion au Sud de Port Gentil au Gabon)



Risques côtiers liés à l'érosion et à la submersion marine

Littoral du Cameroun et de Malabo (Guinée Equatoriale)

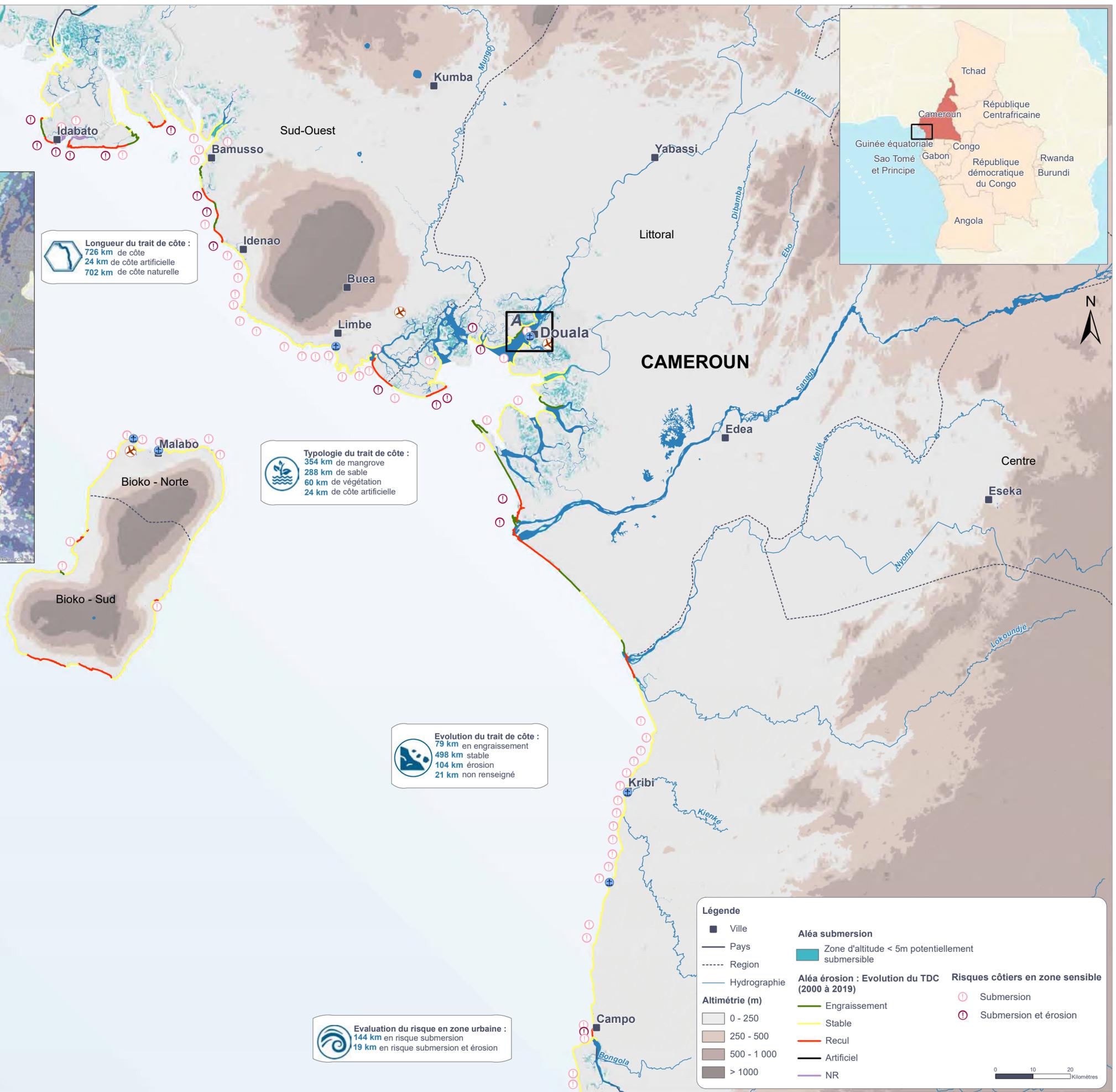


Longueur du trait de côte :
726 km de côte
24 km de côte artificielle
702 km de côte naturelle

Typologie du trait de côte :
354 km de mangrove
288 km de sable
60 km de végétation
24 km de côte artificielle

Evolution du trait de côte :
79 km en engraissement
498 km stable
104 km érosion
21 km non renseigné

Evaluation du risque en zone urbaine :
144 km en risque submersion
19 km en risque submersion et érosion



Methodologie

L'aléa érosion a été caractérisé en comparant l'évolution du trait de côte entre 2000 et 2019 sur des photographies satellites infrarouges (Sentinel 2019 et Landsat 2000). La résolution des clichés étant de 10m, seules les variations de 20 m ou plus ont pu être relevées.

L'aléa submersion a été caractérisé par des classes d'altitude des terres. Ces classes sont définies selon des références bibliographiques scientifiques qui prennent en compte les événements météorologiques extrêmes et la hausse du niveau de la mer. Les données altimétriques proviennent du SRTM fourni par la NASA et la NGA. Ces données ont été recueillies en février 2000.

Désormais, ce SRTM est disponible sur la plateforme de l'USGS et procure une résolution spatiale de 30m et une résolution verticale de 1m. En présence de couvert végétal, les données SRTM prennent en compte l'altimétrie de la cime des arbres et non celle du sol, ce qui conduit à sous-estimer l'aléa submersion au niveau des forêts.

En outre, grâce aux images Sentinel, la typologie du littoral a également été relevée (côte sableuse, falaises, côte artificialisée).

Les enjeux ont été caractérisés en deux catégories, espaces naturels et espaces urbanisés, sur la base des images satellites. L'enjeu est considéré comme important sur les espaces urbanisés. Pour des raisons de simplification des cartes, les enjeux intermédiaires comme les routes, les terres agricoles ou les zones naturelles d'intérêt comme les mangroves n'ont pas été pris en compte.

Les zones à risques ont été identifiées en croisant les espaces urbanisés avec la présence des aléas submersion et érosion.

Analyse

Les risques côtiers au Cameroun sont principalement liés aux submersions qui concernent environ 20% du linéaire côtier. Nous observons également sur la partie Nord un risque submersion associé au risque d'érosion côtière ce qui représente environ 3% du linéaire. Enfin, Des portions de littoral localisées surtout au Nord du pays sont également sujettes à l'érosion sur environ 14% du linéaire. Des zones à risques se trouvent disséminées sur toute la côte de la région Sud-Ouest et le Nord de la région Littoral, en particulier dans l'estuaire du Wouri incluant la ville de Douala. Dans la région Sud, la ville de Kribi et ses alentours sont sujets aux submersions.

Typologie de la côte	Linéaire (km)	Erosion (%)	Stable (%)	Accrétion (%)	Indéterminé (%)
Sableux	288	21	60	18	1
Mangrove	354	13	75	8	5
Artificiel	24	-	100	-	-
Autre	60	-	100	-	-

Légende

- Ville
- Pays
- - - - - Region
- Hydrographie
- Altitude (m)
 - 0 - 250
 - 250 - 500
 - 500 - 1 000
 - > 1000
- NR

Aléa submersion

- Zone d'altitude < 5m potentiellement submersible

Aléa érosion : Evolution du TDC (2000 à 2019)

- Engraissement
- Stable
- Recul
- Artificiel
- NR

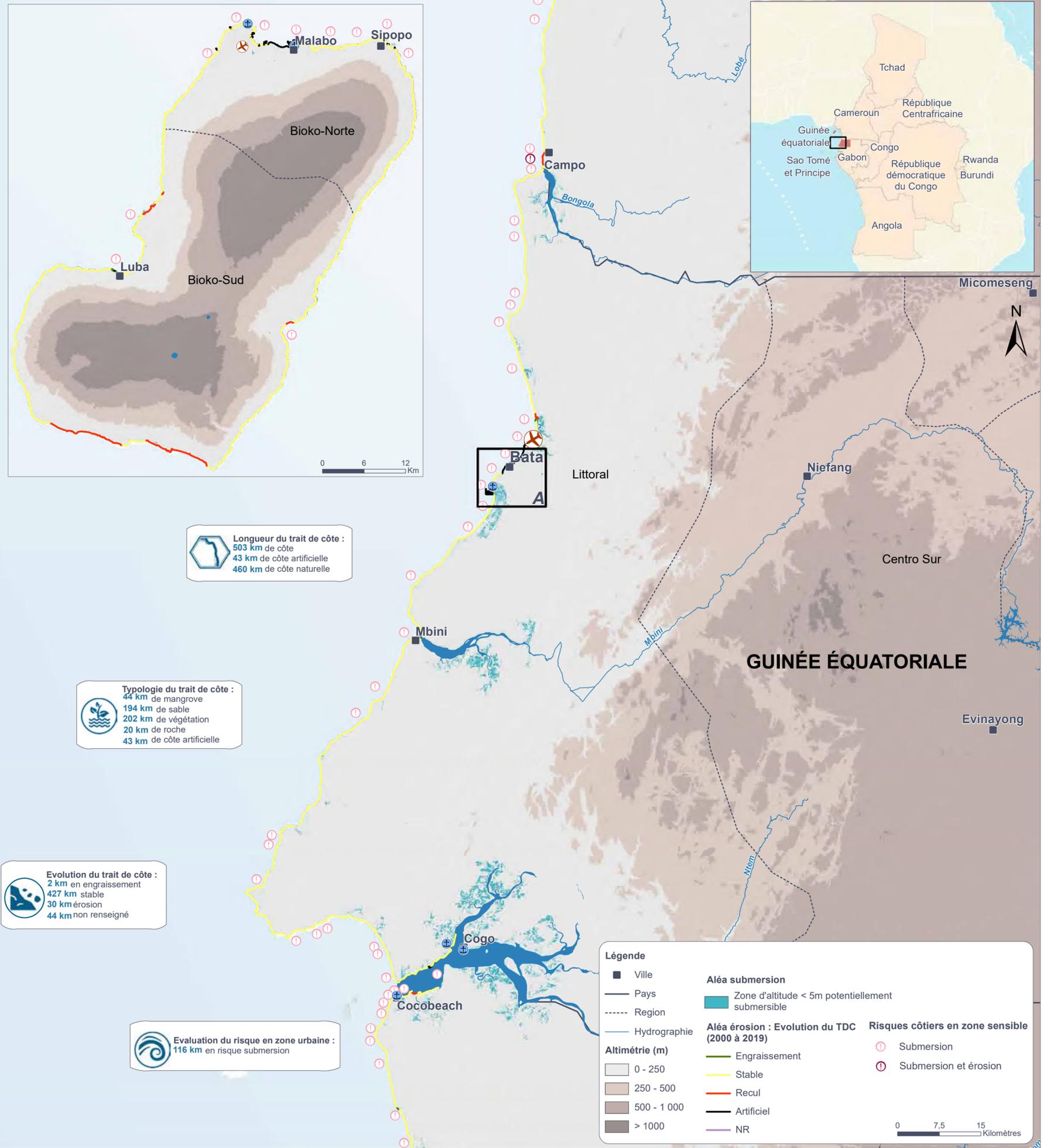
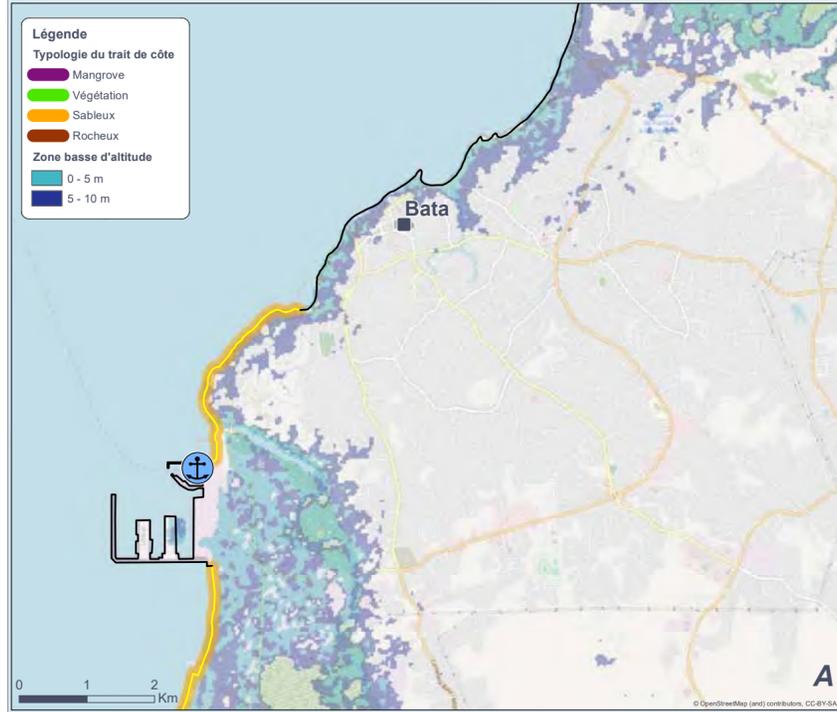
Risques côtiers en zone sensible (2000 à 2019)

- Submersion
- ⊗ Submersion et érosion

* Avec le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du programme ACP-UE pour le renforcement de la résilience aux catastrophes naturelles en Afrique subsaharienne / l'Union européenne et la Banque mondiale ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication.
With the financial support from the European Union in the framework of the ACP-EU Building Disaster Resilience to Natural Hazards in Sub-Saharan Africa / The European Union and World Bank Group are not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Risques côtiers liés à l'érosion et à la submersion marine

Littoral de la Guinée Equatoriale



Longueur du trait de côte :
 503 km de côte
 43 km de côte artificielle
 460 km de côte naturelle

Typologie du trait de côte :
 44 km de mangrove
 194 km de sable
 202 km de végétation
 20 km de roche
 43 km de côte artificielle

Evolution du trait de côte :
 2 km en engraissement
 427 km stable
 30 km érosion
 44 km non renseigné

Evaluation du risque en zone urbaine :
 116 km en risque submersion

Methodologie

L'aléa érosion a été caractérisé en comparant l'évolution du trait de côte entre 2000 et 2019 sur des photographies satellites infrarouges (Sentinel 2019 et Landsat 2000). La résolution des clichés étant de 10m, seules les variations de 20 m ou plus ont pu être relevées.

L'aléa submersion a été caractérisé par des classes d'altitude des terres. Ces classes sont définies selon des références bibliographiques scientifiques qui prennent en compte les événements météorologiques extrêmes et la hausse du niveau de la mer. Les données altimétriques proviennent du SRTM fourni par la NASA et la NGA. Ces données ont été recueillies en février 2000.

Désormais, ce SRTM est disponible sur la plateforme de l'USGS et procure une résolution spatiale de 30m et une résolution verticale de 1m. En présence de couvert végétal, les données SRTM prennent en compte l'altimétrie de la cime des arbres et non celle du sol, ce qui conduit à sous-estimer l'aléa submersion au niveau des forêts.

En outre, grâce aux images Sentinel, la typologie du littoral a également été relevée (côte sableuse, falaises, côte artificialisée).

Les enjeux ont été caractérisés en deux catégories, espaces naturels et espaces urbanisés, sur la base des images satellites. L'enjeu est considéré comme important sur les espaces urbanisés. Pour des raisons de simplification des cartes, les enjeux intermédiaires comme les routes, les terres agricoles ou les zones naturelles d'intérêt comme les mangroves n'ont pas été pris en compte.

Les zones à risques ont été identifiées en croisant les espaces urbanisés avec la présence des aléas submersion et érosion.

Analyse

Les risques côtiers en Guinée Equatoriale sont principalement liés aux submersions qui concernent environ 23% du linéaire côtier. Elles se trouvent disséminées sur toute la côte, en particulier dans la ville de Bata et de Malabo. Enfin, des portions de littoral localisées surtout au Nord de Bata sont également sujettes à l'érosion, sur environ 6% du linéaire.

Typologie de la côte	Linéaire (km)	Erosion (%)	Stable (%)	Accrétion (%)	Indéterminé (%)
Sableux	193,8	0,8	98	1	-
Mangrove	43,85	-	100	-	-
Artificiel	43,46	-	100	-	-
Autre	221,93	13	87	-	-

* Avec le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du programme ACP-UE pour le renforcement de la résilience aux catastrophes naturelles en Afrique subsaharienne / Union européenne et la Banque mondiale ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication.
 With the financial support from the European Union in the framework of the ACP-EU Building Disaster Resilience to Natural Hazards in Sub-Saharan Africa / The European Union and World Bank Group are not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Légende

- Ville
- Pays
- Region
- Hydrographie
- Altimétrie (m)
- 0 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1 000
- > 1000
- NR

Aléa submersion

- Zone d'altitude < 5m potentiellement submersible

Aléa érosion : Evolution du TDC (2000 à 2019)

- Engraissement
- Stable
- Recul
- Artificiel
- NR

Risques côtiers en zone sensible (2000 à 2019)

- Submersion
- Submersion et érosion

0 7,5 15 Kilomètres

Risques côtiers liés à l'érosion et à la submersion marine

Littoral du Gabon et de Sao Tomé

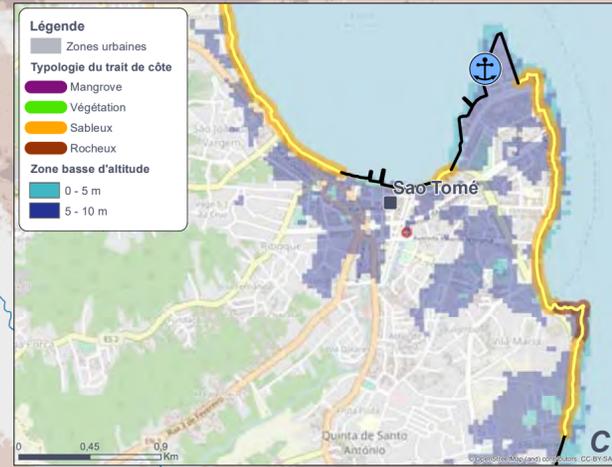
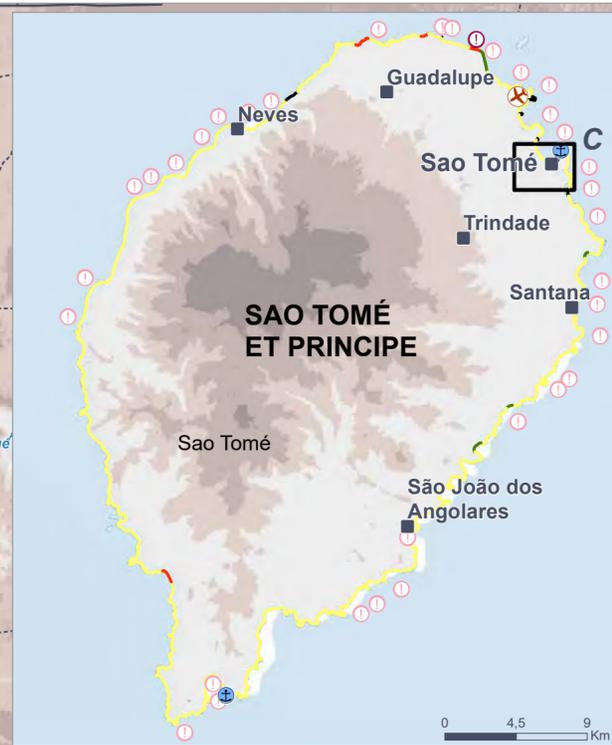
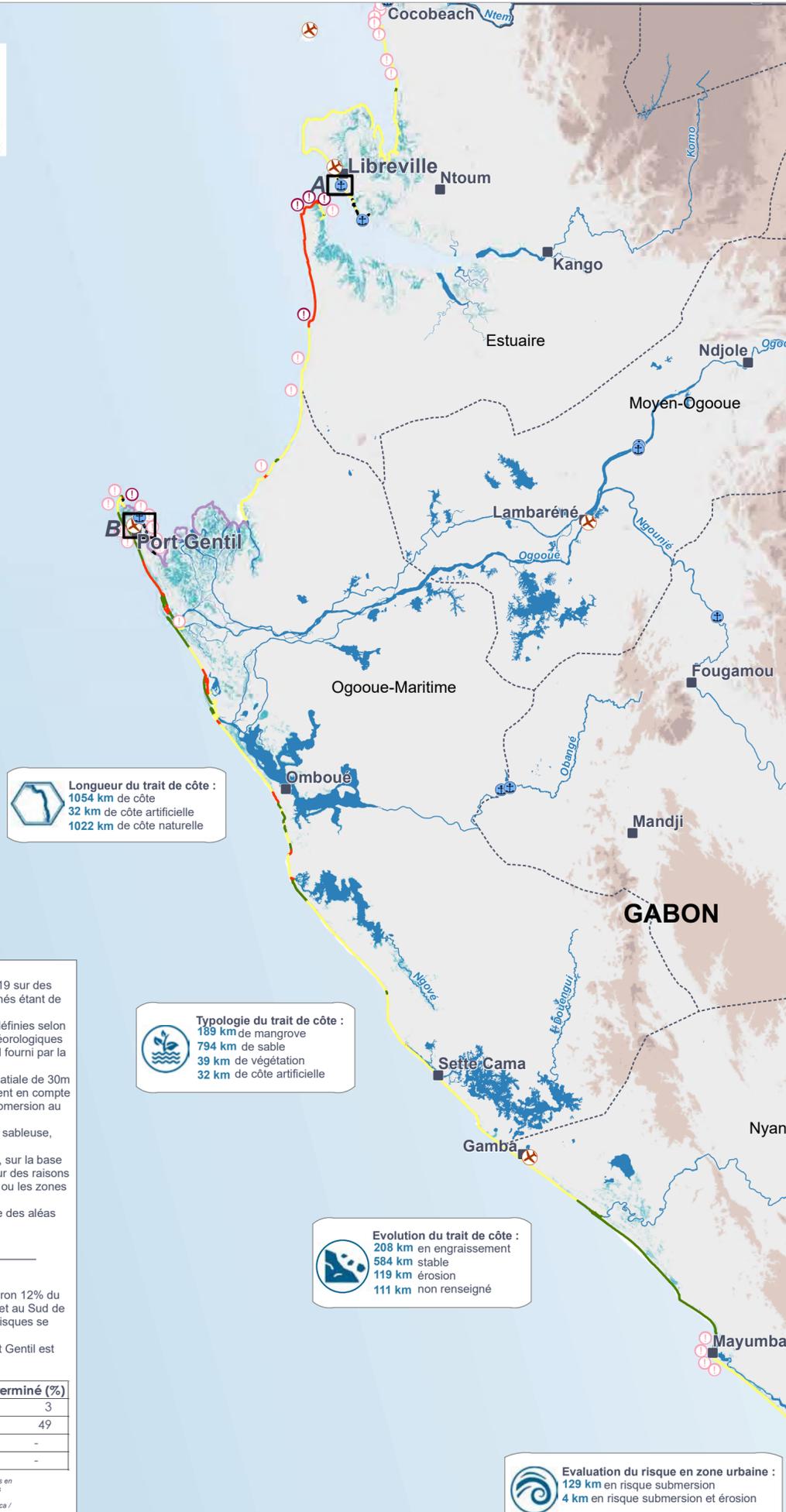


Longueur du trait de côte :
1054 km de côte
32 km de côte artificielle
1022 km de côte naturelle

Typologie du trait de côte :
189 km de mangrove
794 km de sable
39 km de végétation
32 km de côte artificielle

Evolution du trait de côte :
208 km en engraissement
584 km stable
119 km érosion
111 km non renseigné

Evaluation du risque en zone urbaine :
129 km en risque submersion
4 km en risque submersion et érosion



Longueur du trait de côte :
267 km de côte
6 km de côte artificielle
261 km de côte naturelle

Typologie du trait de côte :
90 km de sable
29 km de végétation
142 km de roche
6 km de côte artificielle

Evolution du trait de côte :
5 km en engraissement
252 km stable
4 km érosion

Evaluation du risque en zone urbaine :
45 km en risque submersion
1 km en risque submersion et érosion



Methodologie

L'aléa érosion a été caractérisé en comparant l'évolution du trait de côte entre 2000 et 2019 sur des photographies satellites infrarouges (Sentinel 2019 et Landsat 2000). La résolution des clichés étant de 10m, seules les variations de 20 m ou plus ont pu être relevées.

L'aléa submersion a été caractérisé par des classes d'altitude des terres. Ces classes sont définies selon des références bibliographiques scientifiques qui prennent en compte les événements météorologiques extrêmes et la hausse du niveau de la mer. Les données altimétriques proviennent du SRTM fourni par la NASA et la NGA. Ces données ont été recueillies en février 2000.

Désormais, ce SRTM est disponible sur la plateforme de l'USGS et procure une résolution spatiale de 30m et une résolution verticale de 1m. En présence de couvert végétal, les données SRTM prennent en compte l'altimétrie de la cime des arbres et non celle du sol, ce qui conduit à sous-estimer l'aléa submersion au niveau des forêts.

En outre, grâce aux images Sentinel, la typologie du littoral a également été relevée (côte sableuse, falaises, côte artificialisée).

Les enjeux ont été caractérisés en deux catégories, espaces naturels et espaces urbanisés, sur la base des images satellites. L'enjeu est considéré comme important sur les espaces urbanisés. Pour des raisons de simplification des cartes, les enjeux intermédiaires comme les routes, les terres agricoles ou les zones naturelles d'intérêt comme les mangroves n'ont pas été pris en compte.

Les zones à risques ont été identifiées en croisant les espaces urbanisés avec la présence des aléas submersion et érosion.

Analyse (Gabon)

Les risques côtiers au Gabon sont principalement liés aux submersions qui concernent environ 12% du linéaire côtier. Enfin, Des portions de littoral localisées surtout au sud de l'estuaire du Gabon et au Sud de Port-Gentil sont également sujettes à l'érosion sur environ 11% du linéaire. Des zones à risques se trouvent disséminées sur toute la côte, en particulier dans la région Estuaire et Ogooue-Maritime. La ville de Port Gentil est fortement sujettes aux submersions.

Typologie de la côte	Linéaire (km)	Erosion (%)	Stable (%)	Accrétion (%)	Indéterminé (%)
Sableux	794,6	15	56	26	3
Mangrove	189,0	-	50	1	49
Artificiel	31,7	-	100	-	-
Autre	38,8	2	92	3	-

Analyse (Sao Tomé et Príncipe)

Les risques côtiers à Sao Tomé et Príncipe sont globalement liés aux submersions qui concernent environ 17% du linéaire côtier. 96% du risque submersion se situe sur la région de Sao Tomé alors que seulement 4% se trouve sur la région de Príncipe. Enfin, des portions de littoral localisées surtout sur la région de Sao Tomé sont également sujettes à l'érosion, sur environ 1,5% du linéaire.

Typologie de la côte	Linéaire (km)	Erosion (%)	Stable (%)	Accrétion (%)	Indéterminé (%)
Sableux	89,5	5	89	6	-
Rocheux	142,7	-	100	-	-
Artificiel	5,6	-	100	-	-
Autre	29	-	100	-	-

Légende

- Ville
- Pays
- - - - Region
- Hydrographie
- Altitude (m)
 - 0 - 250
 - 250 - 500
 - 500 - 1 000
 - > 1000
- NR

Aléa submersion

- Zone d'altitude < 5m potentiellement submersible

Aléa érosion : Evolution du TDC (2000 à 2019)

- Engraissement
- Stable
- Recul
- Artificiel

Risques côtiers en zone sensible (2000 à 2019)

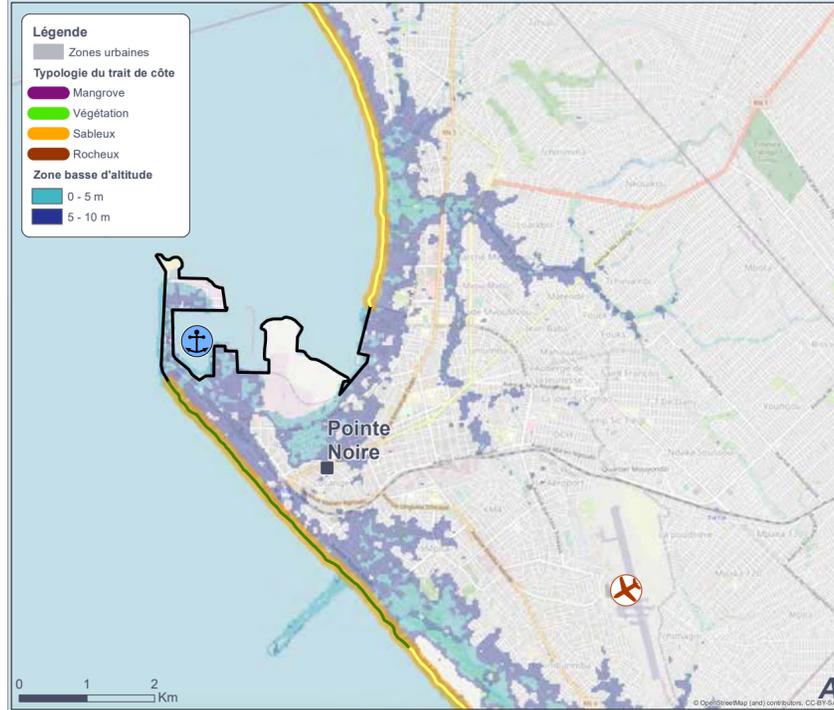
- Submersion
- Submersion et érosion

0 10 20 Kilomètres

* Avec le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du programme ACP-UE pour le renforcement de la résilience aux catastrophes naturelles en Afrique subsaharienne / l'Union européenne et la Banque mondiale ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication.
With the financial support from the European Union in the framework of the ACP-EU Building Disaster Resilience to Natural Hazards in Sub-Saharan Africa / The European Union and World Bank Group are not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Risques côtiers liés à l'érosion et à la submersion marine

Littoral du Congo, de la République Démocratique du Congo et de Cabinda (Angola)



Longueur du trait de côte :
181 km de côte
12 km de côte artificielle
169 km de côte naturelle

Typologie du trait de côte :
169 km de sable
12 km de côte artificielle

Evolution du trait de côte :
17 km en engraissement
139 km stable
13 km érosion

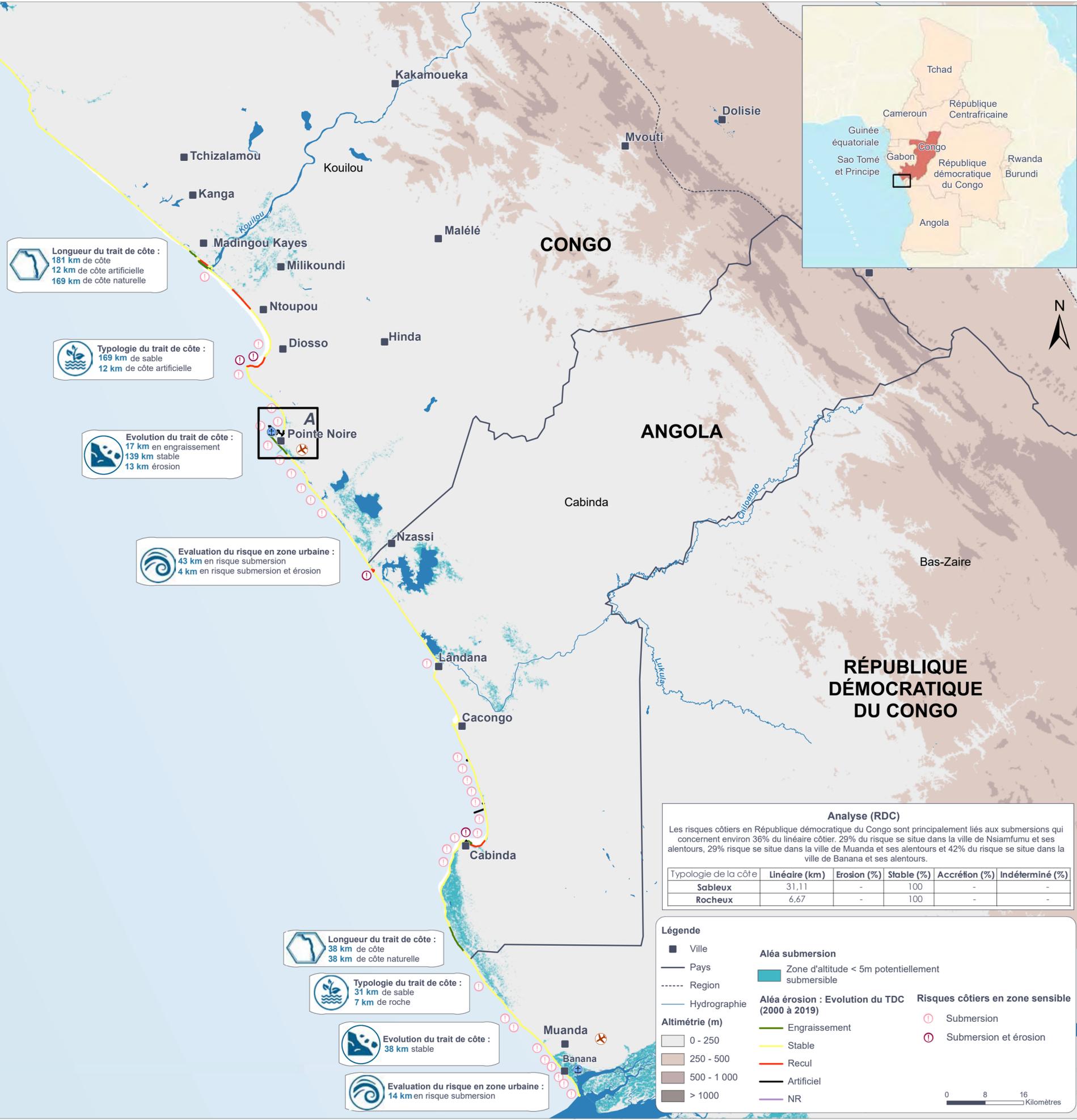
Evaluation du risque en zone urbaine :
43 km en risque submersion
4 km en risque submersion et érosion

Longueur du trait de côte :
38 km de côte
38 km de côte naturelle

Typologie du trait de côte :
31 km de sable
7 km de roche

Evolution du trait de côte :
38 km stable

Evaluation du risque en zone urbaine :
14 km en risque submersion



Methodologie

L'aléa érosion a été caractérisé en comparant l'évolution du trait de côte entre 2000 et 2019 sur des photographies satellites infrarouges (Sentinel 2019 et Landsat 2000). La résolution des clichés étant de 10m, seules les variations de 20 m ou plus ont pu être relevées.

L'aléa submersion a été caractérisé par des classes d'altitude des terres. Ces classes sont définies selon des références bibliographiques scientifiques qui prennent en compte les événements météorologiques extrêmes et la hausse du niveau de la mer. Les données altimétriques proviennent du SRTM fourni par la NASA et la NGA. Ces données ont été recueillies en février 2000.

Désormais, ce SRTM est disponible sur la plateforme de l'USGS et procure une résolution spatiale de 30m et une résolution verticale de 1m. En présence de couvert végétal, les données SRTM prennent en compte l'altimétrie de la cime des arbres et non celle du sol, ce qui conduit à sous-estimer l'aléa submersion au niveau des forêts.

En outre, grâce aux images Sentinel, la typologie du littoral a également été relevée (côte sableuse, falaises, côte artificialisée).

Les enjeux ont été caractérisés en deux catégories, espaces naturels et espaces urbanisés, sur la base des images satellites. L'enjeu est considéré comme important sur les espaces urbanisés. Pour des raisons de simplification des cartes, les enjeux intermédiaires comme les routes, les terres agricoles ou les zones naturelles d'intérêt comme les mangroves n'ont pas été pris en compte.

Les zones à risques ont été identifiées en croisant les espaces urbanisés avec la présence des aléas submersion et érosion.

Analyse (Congo)

Les risques côtiers au Congo sont principalement liés aux submersions qui concernent environ 24% du linéaire côtier. Nous observons également au sein de la ville de Tchilassi un risque submersion associé au risque d'érosion côtière en zone urbaine, ce qui représente environ 2% du linéaire. Enfin, Des portions de littoral localisées entre la ville de Madingou Kayes et Tchilassi sont également sujettes à l'érosion, sur environ 7% du linéaire. Les zones à risques se situent sur la partie Sud du pays, en particulier dans la ville de Pointe Noire et ses alentours.

Typologie de la côte	Linéaire (km)	Erosion (%)	Stable (%)	Accrétion (%)	Indéterminé (%)
Sableux	168,63	8,0	82	10	-
Artificiel	12,23	-	100	-	-

Analyse (RDC)

Les risques côtiers en République démocratique du Congo sont principalement liés aux submersions qui concernent environ 36% du linéaire côtier. 29% du risque se situe dans la ville de Nsiamfumu et ses alentours, 29% risque se situe dans la ville de Muanda et ses alentours et 42% du risque se situe dans la ville de Banana et ses alentours.

Typologie de la côte	Linéaire (km)	Erosion (%)	Stable (%)	Accrétion (%)	Indéterminé (%)
Sableux	31,11	-	100	-	-
Rocheux	6,67	-	100	-	-

Légende

- Ville
- Pays
- Region
- Hydrographie
- Altimétrie (m)
 - 0 - 250
 - 250 - 500
 - 500 - 1 000
 - > 1000
- NR

Aléa submersion

- Zone d'altitude < 5m potentiellement submersible

Aléa érosion : Evolution du TDC (2000 à 2019)

- Engraissement
- Stable
- Recul
- Artificiel
- NR

Risques côtiers en zone sensible (2000 à 2019)

- Submersion
- Submersion et érosion

0 8 16 Kilomètres

* Avec le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du programme ACP-UE pour le renforcement de la résilience aux catastrophes naturelles en Afrique subsaharienne / l'Union européenne et la Banque mondiale ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication.
With the financial support from the European Union in the framework of the ACP-EU Building Disaster Resilience to Natural Hazards in Sub-Saharan Africa / The European Union and World Bank Group are not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Risques côtiers liés à l'érosion et à la submersion marine

Littoral de l'Angola



Methodologie

L'aléa érosion a été caractérisé en comparant l'évolution du trait de côte entre 2000 et 2019 sur des photographies satellites infrarouges (Sentinel 2019 et Landsat 2000). La résolution des clichés étant de 10m, seules les variations de 20 m ou plus ont pu être relevées.

L'aléa submersion a été caractérisé par des classes d'altitude des terres. Ces classes sont définies selon des références bibliographiques scientifiques qui prennent en compte les événements météorologiques extrêmes et la hausse du niveau de la mer. Les données altimétriques proviennent du SRTM fourni par la NASA et la NGA. Ces données ont été recueillies en février 2000.

Désormais, ce SRTM est disponible sur la plateforme de l'USGS et procure une résolution spatiale de 30m et une résolution verticale de 1m. En présence de couvert végétal, les données SRTM prennent en compte l'altimétrie de la cime des arbres et non celle du sol, ce qui conduit à sous-estimer l'aléa submersion au niveau des forêts.

En outre, grâce aux images Sentinel, la typologie du littoral a également été relevée (côte sableuse, falaises, côte artificialisée).

Les enjeux ont été caractérisés en deux catégories, espaces naturels et espaces urbanisés, sur la base des images satellites. L'enjeu est considéré comme important sur les espaces urbanisés. Pour des raisons de simplification des cartes, les enjeux intermédiaires comme les routes, les terres agricoles ou les zones naturelles d'intérêt comme les mangroves n'ont pas été pris en compte.

Les zones à risques ont été identifiées en croisant les espaces urbanisés avec la présence des aléas submersion et érosion.

Analyse

Les risques côtiers en Angola sont principalement liés aux submersions qui concernent environ 17% du linéaire côtier. Nous observons également un risque submersion associé au risque d'érosion côtière sur environ 1% du linéaire. Enfin, Des portions de littoral sont également sujettes à l'érosion sur environ 6% du linéaire. Les zones à risques se trouvent disséminées sur toute la côte du pays. Malgré tout, la ville de Lobito est particulièrement sensible au risque submersion.

Typologie de la côte	Linéaire (km)	Erosion (%)	Stable (%)	Accrétion (%)	Indéterminé (%)
Sableux	1411,54	8,0	79	11	2,00
Rocheux	545,13	-	100	-	-
Artificiel	62,02	-	100	-	-
Autre	25,57	-	94	6	-

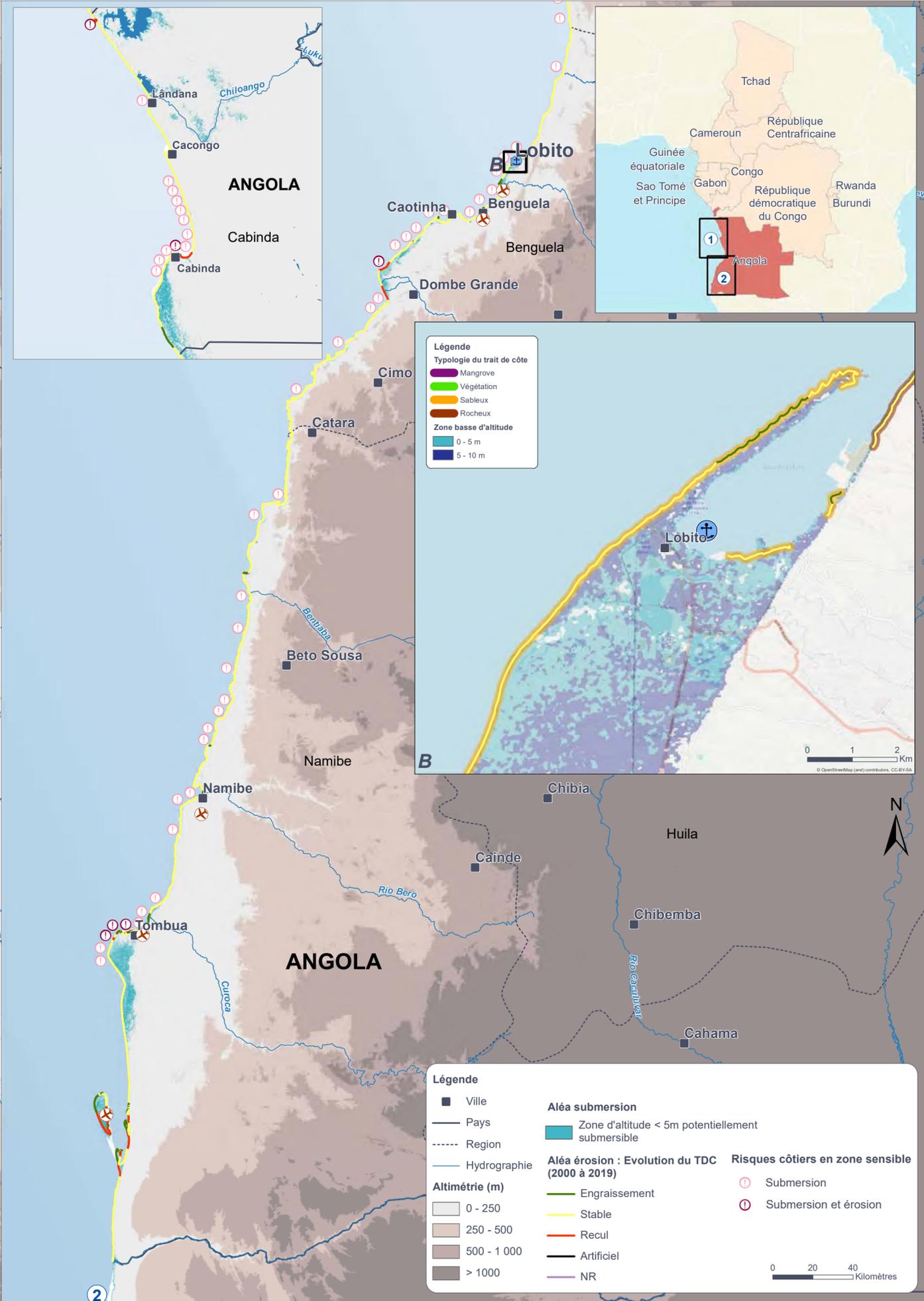
*Avec le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du programme ACP-UE pour le renforcement de la résilience aux catastrophes naturelles en Afrique subsaharienne // l'Union européenne et la Banque mondiale ne sont pas responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans cette publication.
With the financial support from the European Union in the framework of the ACP-EU Building Disaster Resilience to Natural Hazards in Sub-Saharan Africa / The European Union and World Bank Group are not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Longueur du trait de côte :
2044 km de côte
62 km de côte artificielle
1982 km de côte naturelle

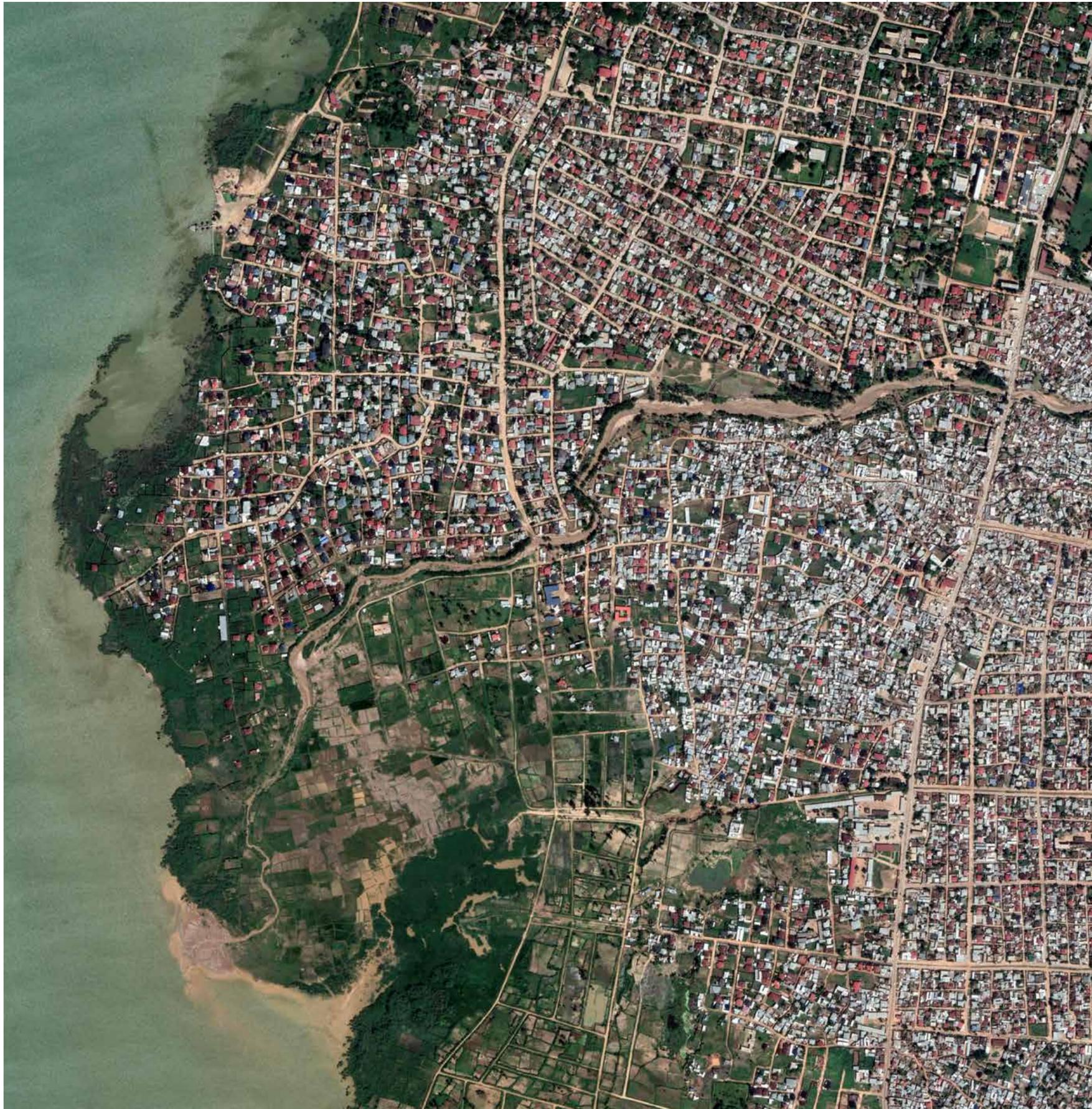
Typologie du trait de côte :
1412 km de sable
26 km de végétation
545 km de roche
62 km de côte artificielle

Evolution du trait de côte :
158 km en engraissement
1741 km stable
113 km érosion
32 km impossible

Evaluation du risque en zone urbaine :
351 km en risque submersion
26 km en risque submersion et érosion



RISQUES DE CATASTROPHES NATURELLES EN ZONE URBAINE



L'Afrique compte aujourd'hui 40% de population urbaine contre moins de 5% il y a un siècle. Face à cette explosion démographique des villes africaines, à une urbanisation parfois non maîtrisée dans un contexte de changement climatique, les défis en matière d'aménagement du territoire sont majeurs.

L'un des enjeux du XXI^e siècle est de construire et bâtir des villes résilientes en prenant en compte la disparité des contextes socio-économiques. La vulnérabilité d'une ville dépend en effet d'une multitude de facteurs qui sont en interaction, en particulier les facteurs sociologiques et psychologiques qui définissent les comportements individuels et collectifs permettant d'évaluer les capacités d'adaptation des populations citadines.

La réduction ou l'atténuation des risques de catastrophes naturelles passe par une connaissance du territoire (sa géographie, ses aménagements, son peuplement et son mode d'occupation), par le suivi des événements passés ainsi que par le développement de plans de prévention des risques ou de contingence. Les villes doivent disposer pour cela de méthodes et outils d'évaluation des risques intégrés à la planification urbaine : outils statistiques et géomatiques, cartographie, imagerie, outils de gestion et de suivi des équipements/aménagements, outils de simulation, etc.

Dans la majeure partie des grandes villes de la CEEAC, on constate en effet que ce n'est pas tant l'intensité des phénomènes naturels qui est à craindre que la faiblesse des politiques d'aménagement et d'urbanisme. Réduire la vulnérabilité et rendre les territoires résilients est primordial. En milieu urbain cela passe par le respect de règles de construction et d'aménagement, condition sine qua non à l'efficacité de systèmes de prévention et d'alerte précoce.

Les cartes urbaines présentées dans cet atlas montrent la disparité des risques de catastrophe naturelle en fonction des zones géographiques. Globalement toutes les grandes villes de la CEEAC sont soumises à un risque fort d'inondation pluviale. Les glissements de terrain qui accompagnent souvent les pluies torrentielles concernent également de nombreuses villes au relief accidenté sur terrain argileux. Plus spécifiquement les villes côtières sont concernées par l'évolution du littoral et le risque de submersion. Enfin Goma située dans la région du grand rift est-africain est particulièrement concernée par les risques volcanique et sismique.

Matrice des risques sur les villes

ville	pays	glissements de terrain	séisme	éruption volcanique	sécheresse climatique	inondation pluviales	inondation fluviales	érosion du littoral	submersion marine
Luanda	Angola				+	++	+		+
Lobito	Angola	+			++			+	+
Bujumbura	Burundi	++	+				++		
Yaoundé	Cameroun	+				+			
Douala	Cameroun					++	++		++
Garoua	Cameroun				++	++	++		
Brazzaville	Congo	+++				++	+		
Pointe Noire	Congo	+				++			++
Libreville	Gabon	+++				++		+	+
Port Gentil	Gabon					++		+	++
Malabo	Guinée Equatoriale	+	+	+					
Bangui	RCA	++				++	++		
Kinshasa	RDC	++				+++	++		
Kisangani	RDC					++	+++		
Mbuji Mayi	RDC	+++				+	+		
Goma	RDC		++	+++		++	+		
Kigali	Rwanda	++				+	+-		
Sao Tomé	STP	+				+			+
N'Djamena	Tchad				++	++	++		
Moundou	Tchad				++		++		

Références :
 d'Ercole Robert, Doffus Olivier, Gupta A., Thourer Jean-Claude, Aste J.-P. Présentation introductive. In: Bulletin de l'Association de géographes français, 72^e année, 1995-4 (septembre). Croissance urbaine et risques naturels, pp. 311-338.
 Nabil Touili. La gestion des risques multiples en zones urbaines : un modèle intégré d'analyses multirisques pour une résilience générale. Risques urbains, ISTE Ltd., 2018, 2 (1), <10.21494/ISTE.OP.2018.0265>. <hal-01872702>

84 • LUANDA

POPULATION

8 330 000 hab. (estimation 2020)

SURFACE

660 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

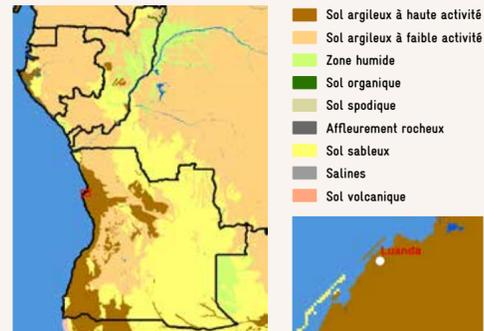
8° 50' 18" sud, 13° 14' 04" est

Capitale de l'Angola, et principal centre économique et portuaire, la ville se situe au nord-ouest du pays sur la côte de l'Océan Atlantique. La population de la ville est passée de 600 000 habitants en 1975 (date de l'indépendance) à plus de 8 millions aujourd'hui, soit plus de 25 % de la population totale du pays. Comme de nombreuses mégapoles ayant connu une croissance démographique effrénée, Luanda se caractérise par l'importance de ses bidonvilles, une insécurité persistante et un accès limité aux services de base (moins de 50 % de la population a accès à l'eau courante).

Le long de la baie, la *baixa*, ou ville basse, occupe une étroite plaine côtière, siège des principales activités commerciales et financières. La ville haute s'étend sur un plateau dominant la baixa par un escarpement raide et raviné. La ville haute est d'avantage résidentielle, et repousse sans cesse les muceques, quartiers populaires ne disposant d'aucun équipement collectif.

Crédit : Vennetier, Encyclopédie Universalis, 2021

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 439 mm/an

Climat semi-aride marqué par une saison très sèche de mai à octobre et une saison humide de novembre à avril avec des maxima en mars/avril.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

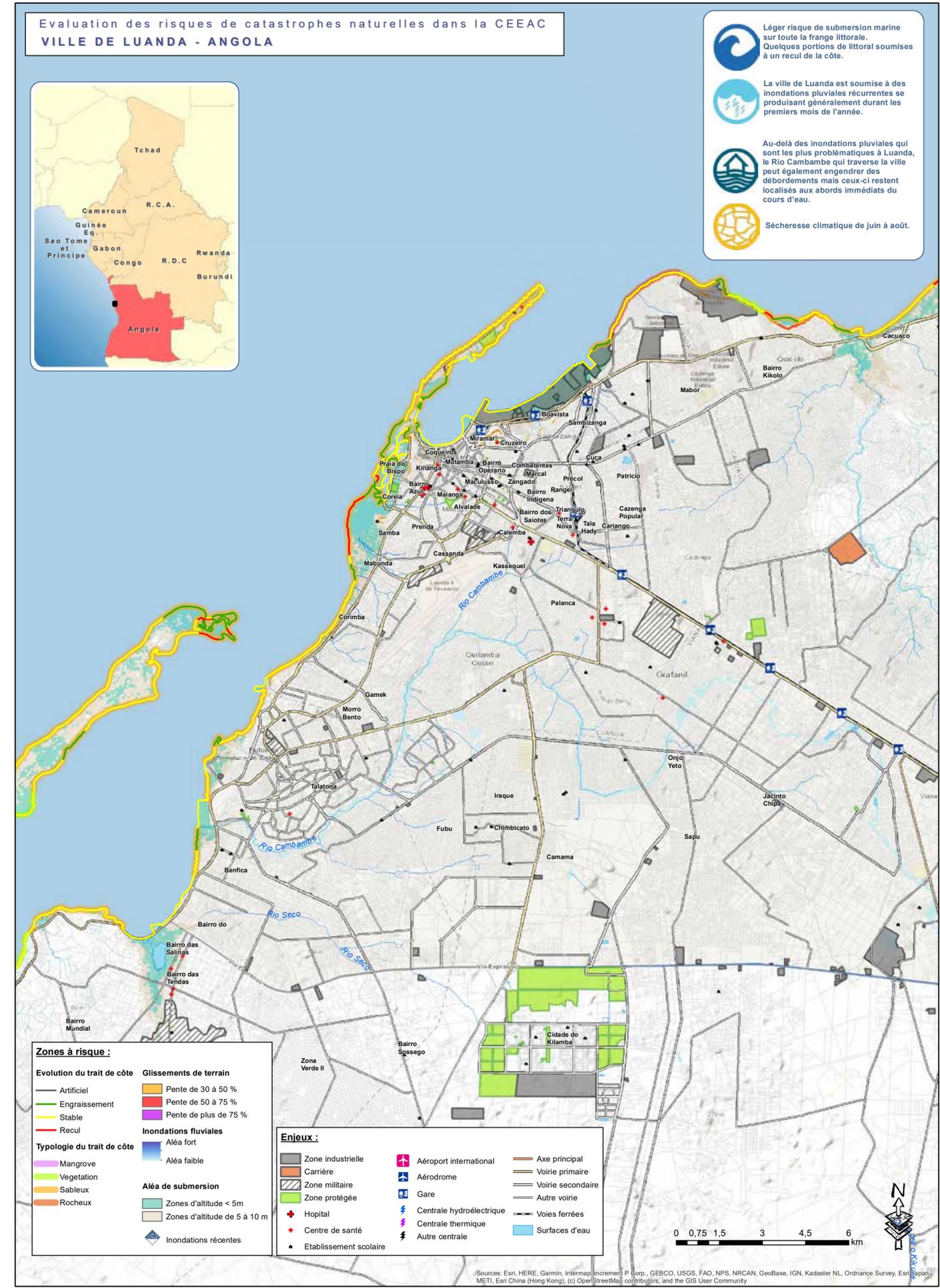
Luanda, ville littorale est exposée à l'oscillation du phénomène el El Niño et La Niña, qui causent respectivement des épisodes de sécheresse ou au contraire des inondations.

En janvier 2020, les pluies torrentielles tombées en 24 h ont causé la mort de plus de 40 personnes.

En avril 2001, de brusques inondations provoquées par des orages ont causé la mort de 16 personnes à Luanda



Vue aérienne de Luanda
Le port de Luanda
Inondations à Luanda
© Ampe Rogério/AFP



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

POPULATION

324 050 hab.

SURFACE

140 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

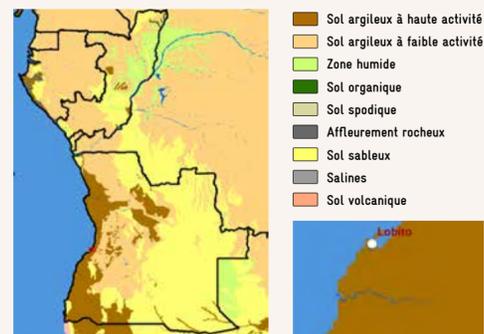
12° 22' sud, 13° 32' est

Lobito est une ville portuaire située dans le centre-ouest de l'Angola, dans la province de Benguela, à environ 27 km au nord de la ville de Benguela. Lobito est la troisième ville la plus peuplée du pays avec plus de 200 000 habitants. Son port en eaux profondes est le deuxième plus grand port de fret en Angola (après celui de Luanda). Le port constitue également le débouché de la ligne de chemin de fer en provenance de la province minière du Katanga en RDC.

Lobito se caractérise par une partie basse de la ville occupant toute la frange littorale, d'altitude inférieure à 20 m et une partie haute située sur un plateau d'altitude comprise entre 120 et 150 m, d'orientation parallèle à l'océan et parcouru de cours d'eau qui ravinent les versants en direction de la partie basse.

Credit : Wikipedia 2021

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 304 mm/an

Lobito se caractérise par un climat aride avec peu de pluie. La ville connaît une saison très sèche de mai à septembre avec des précipitations inférieures à 10 mm et une saison pluvieuse d'octobre à avril.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

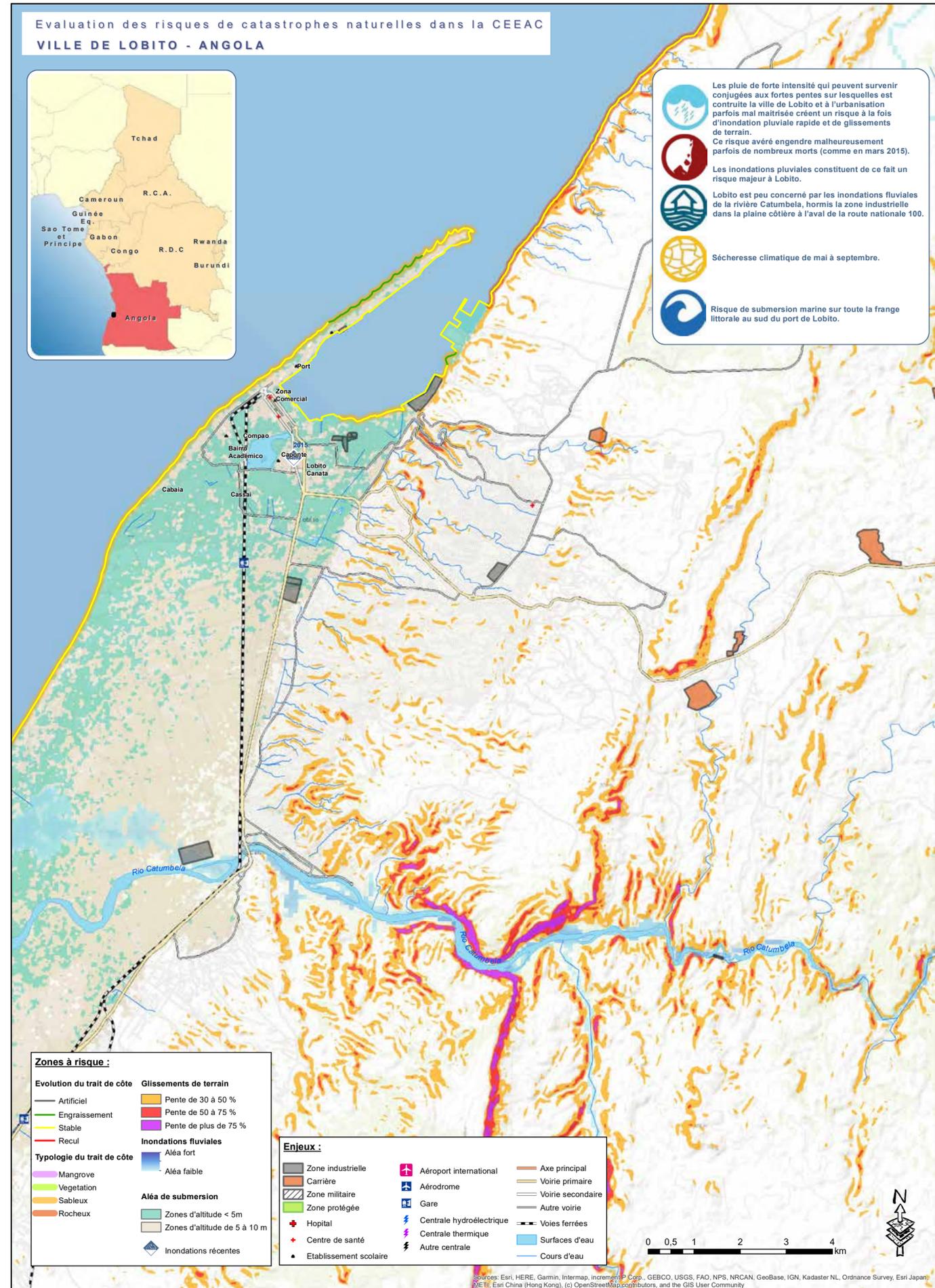
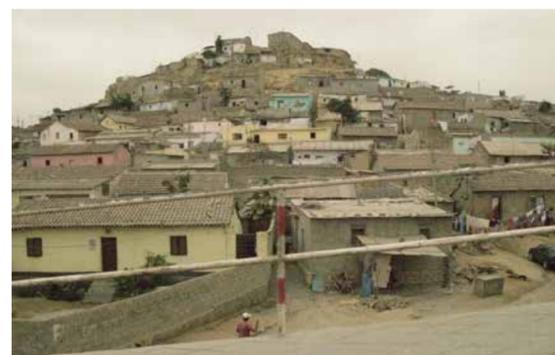
La ville de Lobito est essentiellement soumise à un risque d'inondation pluviale. Les graves sécheresses pouvant survenir en juillet août dans le sud de l'Angola sont par ailleurs susceptibles d'affecter significativement la production vivrière et donc l'approvisionnement de la ville.

En mars 2015, de fortes pluies ont provoqué la mort d'au moins 60 personnes dans la ville de Lobito. Les pluies, qui engendrent des glissements de terrain et l'effondrement de maisons, provoquent régulièrement des décès dans le pays. Mais cette catastrophe est de loin l'une des plus graves de ces dernières années.

Le port de Lobito © David Stanley

Collines de Lobito

Inondations de 2015 à Lobito



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

88 • BUJUMBURA

POPULATION

1 225 142 hab. (estimation 2020)

SURFACE

110 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

3° 22' 21" sud, 29° 21' 05" est

Capitale économique du Burundi, Bujumbura se trouve à l'extrémité nord-est du Lac de Tanganyika, qui est un des grands lacs de la vallée du rift. Grâce à son port et son aéroport international, Bujumbura participe au désenclavement du Burundi mais la ville se trouvant en situation excentrée sur le territoire burundais, la capitale administrative a été transférée à Gitega au centre du pays en 2018.

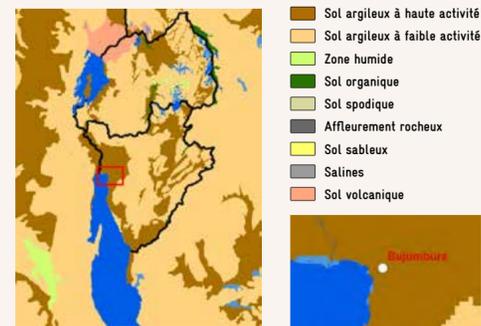
Le site, ouvert sur la plaine de la Ruzizi au nord, se resserre au sud entre les berges du lac (775 m) et le versant oriental de la dorsale Congo-Nil (1000m), traversé par des rivières torrentueuses. Le nord de la ville, autour de l'aéroport, est située dans une zone très plate (pente inférieure à 0.5%) et inondable.

La ville est passée de 50 000 habitants en 1962, date de l'indépendance à 1,2 million d'habitants environ en 2020. Le tiers de la superficie de la ville est cependant encore occupé par l'agriculture vivrière. Le long du lac, les activités de loisirs sont limitées par les infrastructures du port, par la pêche et par le quartier industriel aux entreprises variées.

Les quartiers populaires sont dispersés au nord et au sud de la ville. La plupart des quartiers urbanisés ont en commun une forte densité, un plan en grille, des constructions aux murs en briques crépis et aux toits de tôle, une omniprésence du secteur informel, et une voirie, parfois pavée, dont l'état hétérogène est aggravé par le débordement des rivières.

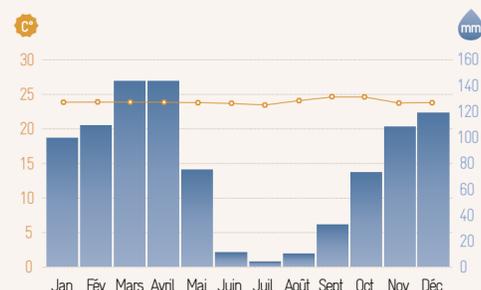
Credits : Sireva, Encyclopédie Universelle, 2021

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Le climat tropical (23°C), à faible pluviométrie (932 mm/an), est tempéré par la brise du lac. Les précipitations peuvent être plus abondantes de novembre à décembre et de mars à avril. La saison sèche dure 3 mois, de juin à septembre.

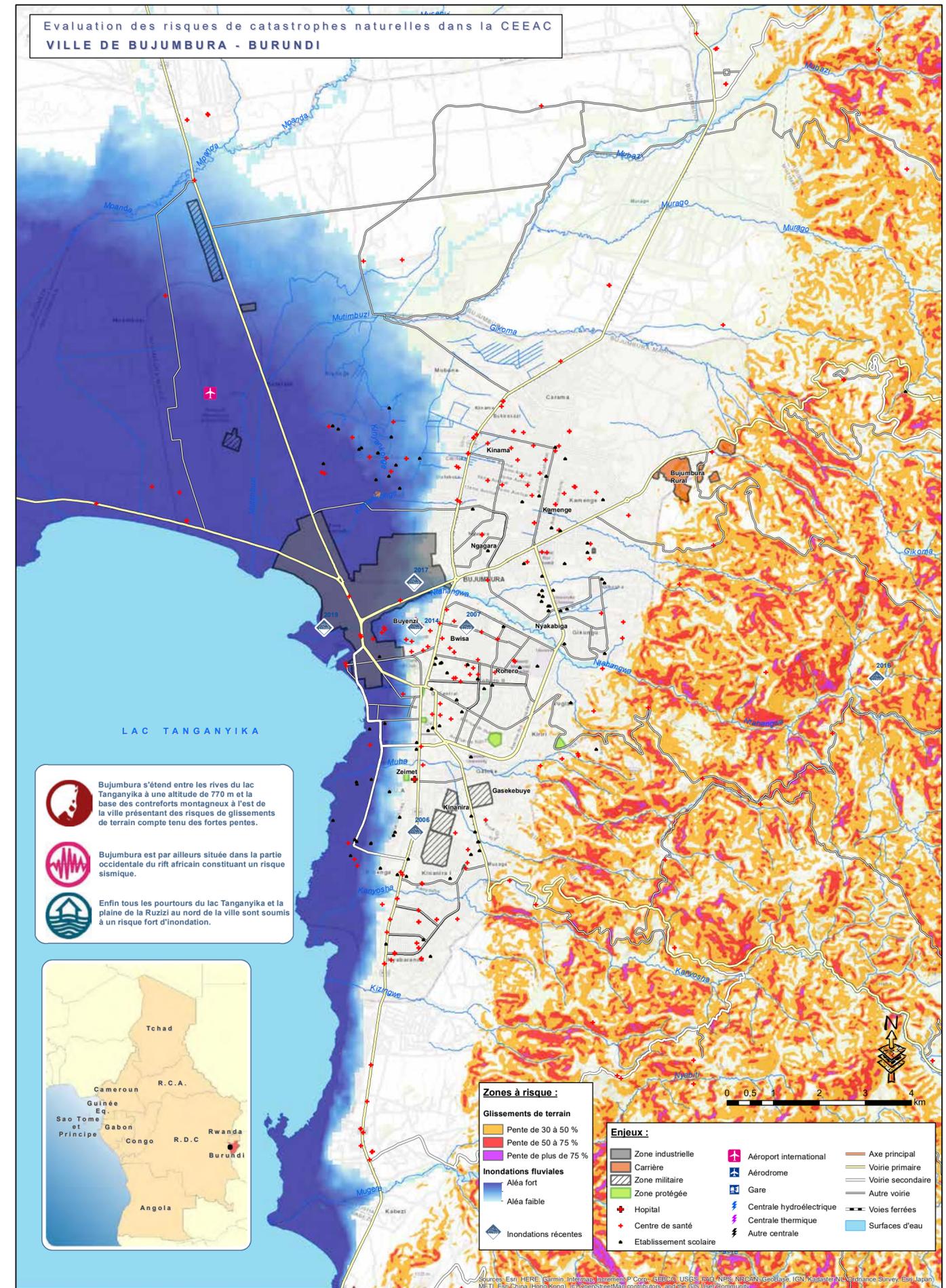


DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Compte tenu de sa configuration très plate aux abords et au nord du lac, la ville de Bujumbura est régulièrement concernée par des débordements de cours d'eau suite à de fortes pluies.

Fin décembre 2019 des pluies diluviennes, sur la zone de Buterere à Bujumbura, ont engendré des dégâts matériels très importants. Selon les chiffres de la Croix Rouge du Burundi début janvier 2020, près de 800 ménages, soit près de 3800 personnes ont été déplacés et regroupés dans différents sites.

Vue de Bujumbura depuis les hauteurs
Le lac Tanganyika à Bujumbura
Ravinement à Bujumbura



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

90 • YAOUNDÉ

POPULATION

4 100 000 hab. (estimation 2019)

SURFACE

320 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

3° 52' nord, 11° 31' est

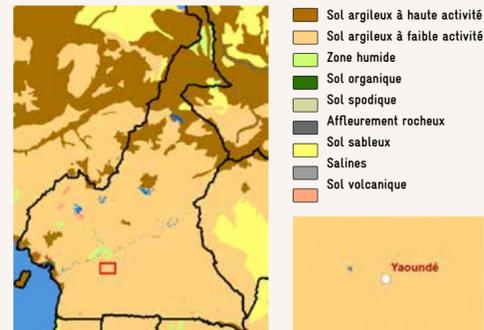
Yaoundé, capitale administrative du Cameroun depuis 1921, se situe dans la région Centre à près de 200 km du littoral. La ville de Yaoundé s'étend sur plus de 300 km² dont près des 2/3 sont urbanisés. Elle abrite une population estimée, en 2019, à 4 100 000 habitants.

L'organisation de l'espace urbain s'est moulée sur un relief de collines de 600 à 700 m d'altitude alternant avec des vallées. Les différents quartiers s'ordonnent en fonction du relief accidenté du site de la ville. Les routes et les bâtiments se développent principalement sur les hauteurs des différentes collines, tandis que les bas-fonds marécageux laissent souvent place à de l'agriculture vivrière, à la végétation et à de nombreux petits cours d'eau. Ces zones parfois insalubres sont également une réserve foncière pour le développement de l'habitat précaire.

Yaoundé concentre la plupart des fonctions politico-administratives dévolues à une capitale. Elle est par ailleurs le siège de la Banque centrale de la Communauté économique et monétaire de l'Afrique centrale (C.E.M.A.C.) et de nombreux autres organismes internationaux.

Credit : Pourtier, Encyclopédie Universalis 2021

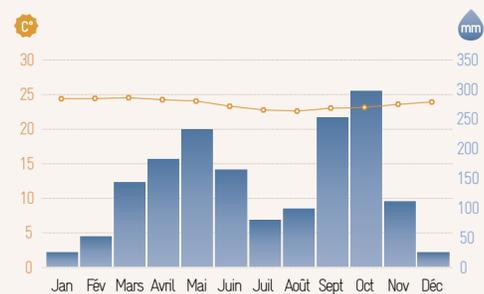
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1643 mm/an

Yaoundé bénéficie d'un climat d'altitude relativement clément avec une température stable en dessous de 25° toute l'année. Le climat se caractérise par une saison des pluies de mars à juin et de septembre à novembre. On observe une baisse des précipitations de juillet à août et de décembre à février.



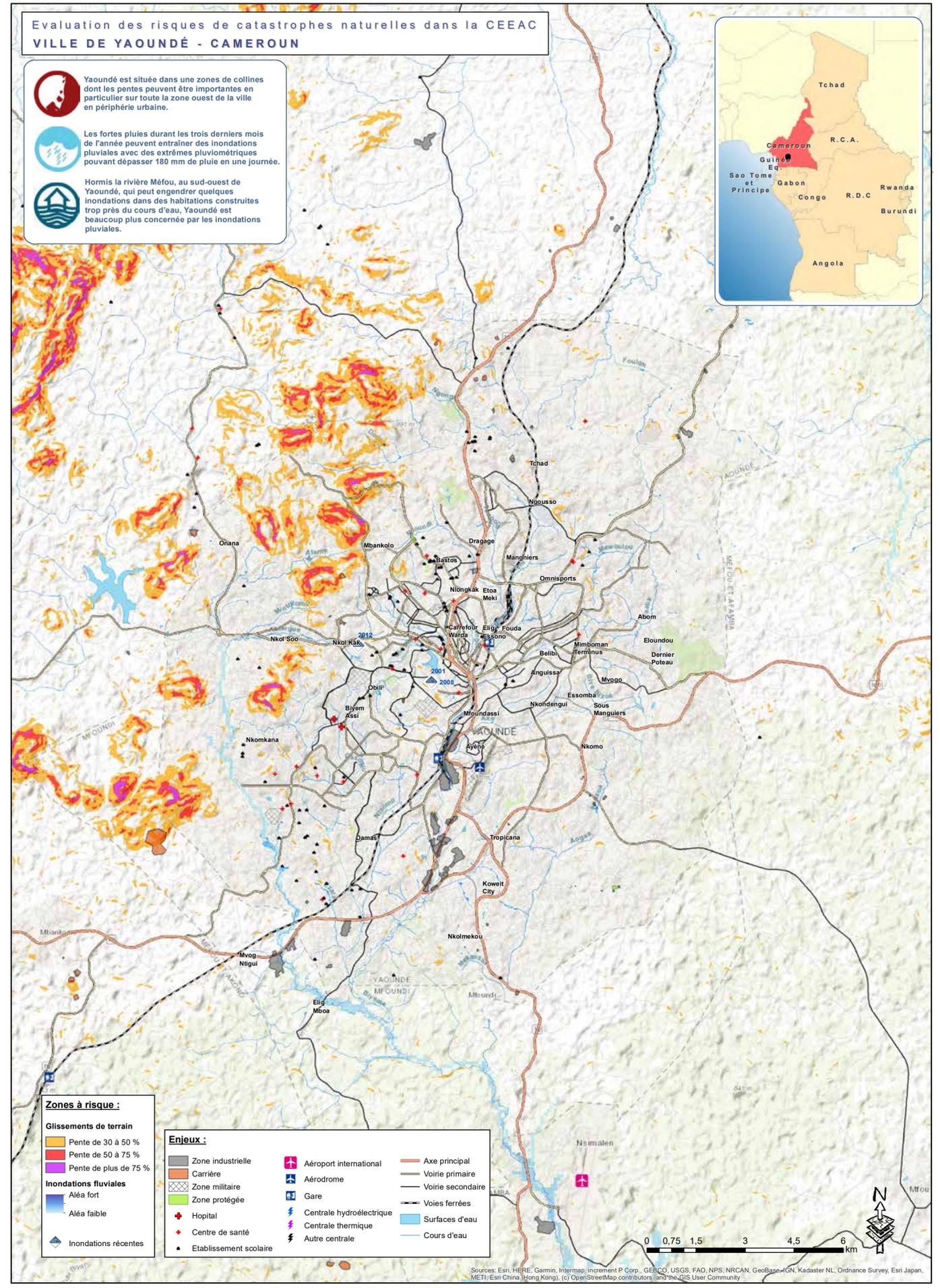
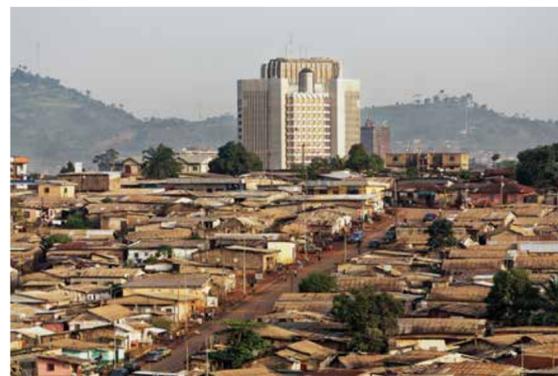
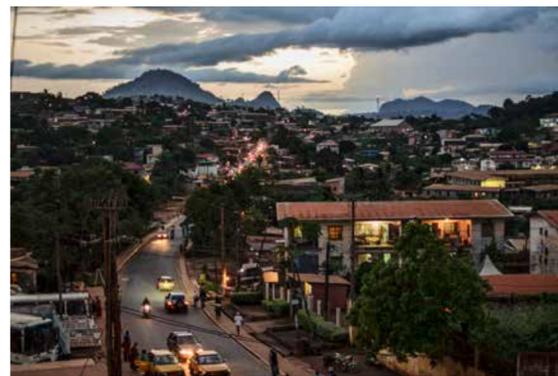
DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Yaoundé n'est pas soumise à de très gros risques de catastrophes naturelles malgré son relief de collines.

En novembre 2019 de fortes pluies ont engendré des glissements de terrain ayant provoqué d'importants dégâts matériels et plusieurs dizaines de morts.

En août 2020 des inondations ont conduit à suspendre la circulation entre les villes de Yaoundé et de Douala. Ces inondations n'ont pas causé de morts. Elles ont cependant paralysé le pays et ont eu pour effet de mettre plusieurs milliers de personnes sans abris.

Paysage de collines à Yaoundé
Immeuble de la BEAC à Yaoundé
Précarité de l'habitat dans les quartiers populaires



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

POPULATION

2 768 000 (estimation 2020)

SURFACE

210 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

4° 03' nord, 9° 42' est

Principal centre économique du Cameroun, Douala est le chef lieu de la province du Littoral, et s'est développé dès l'origine sur son port et ses voies ferrées.

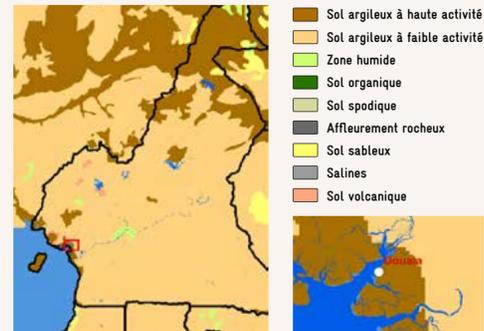
Située sur la rive gauche du Wouri, à 30 kilomètres de la mer, dans une région de mangrove chaude et humide, la ville s'étend sur une zone basse semée de dépressions marécageuses. La vie commerciale et administrative se concentre près du port, dans les quartiers modernes de Bonanjo et d'Akwa. La population dépasse 2.5 millions d'habitants en 2020.

La croissance urbaine a été difficilement gérée. Des quartiers ordonnés alternent avec des quartiers d'habitat spontané. Plus de la moitié de la population vit dans ces quartiers sous-équipés et dans des conditions précaires.

À l'est, la zone industrielle de Bassa fait de Douala la capitale économique du Cameroun avec toutes sortes d'industries. Sur la rive droite du Wouri, le faubourg de Bonabéri est relié à Douala par un pont de 1 800 mètres de longueur. Le port a un trafic de 7 millions de tonnes par an. Il est équipé pour la réparation des navires. Douala est un centre universitaire et possède des écoles spécialisées ainsi que des instituts de recherches.

Credit : Vennetier, Encyclopédie Universalis, 2021

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 3702 mm/an

Il pleut tout au long de l'année à Douala. Les précipitations sont extrêmes avec un cumul des précipitations de 3702 mm par an. On distingue une saison pluvieuse durant 8 mois de l'année de mars à octobre et une saison plus sèche de novembre à février avec des précipitations inférieures ou égales à 100 mm.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

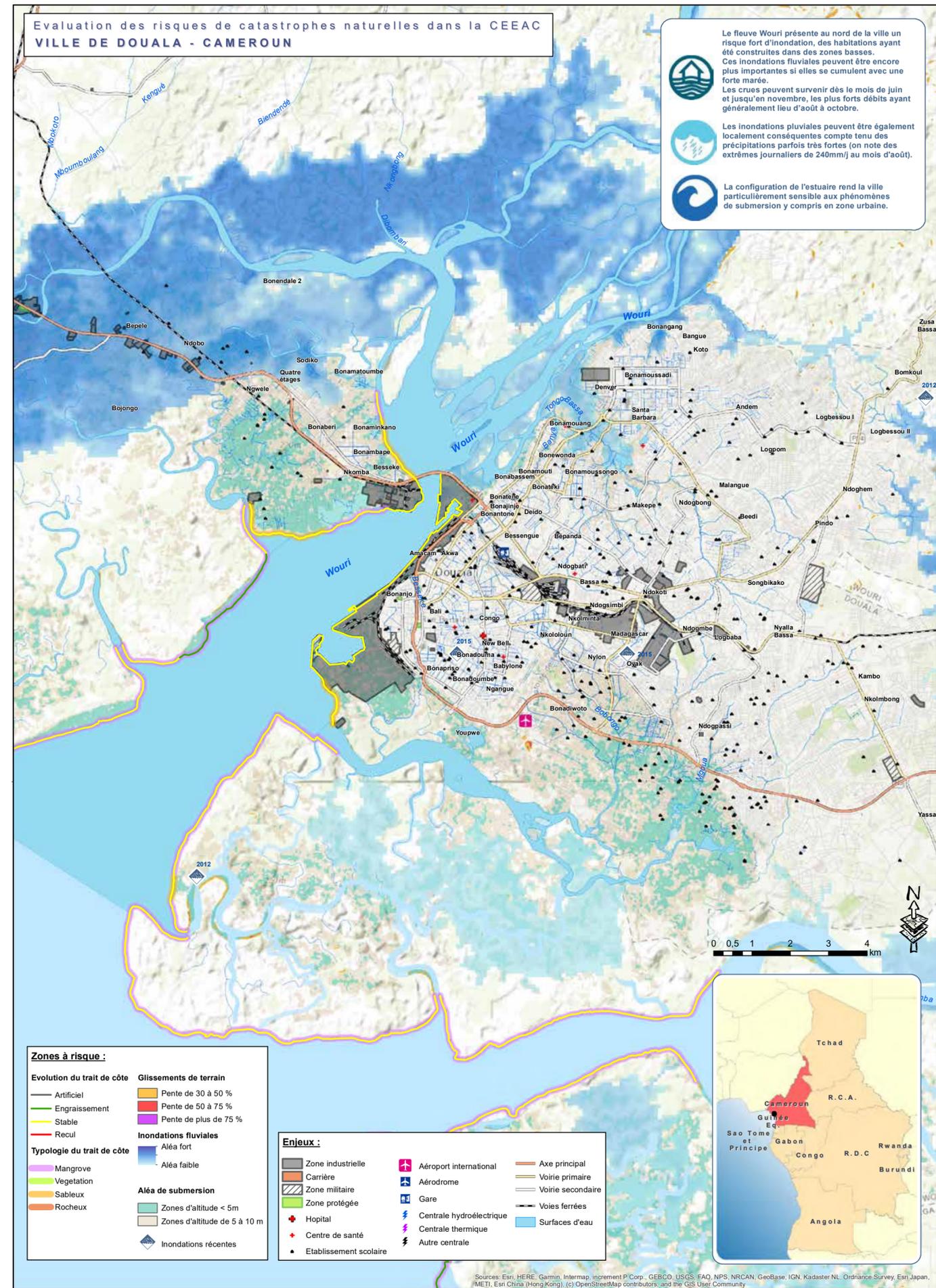
Douala se situe dans une plaine inondable sur le littoral atlantique. La ville est particulièrement exposée aux risques d'inondations et d'érosion côtière. Le risque apparait directement corrélé à la vulnérabilité sociale, du fait d'une occupation non planifiée de zones inondables.

En août 2020, suite aux fortes pluies, de nombreux quartiers populaires et résidentiels ont été inondés, le pont du Wouri et l'axe principal vers le port de Douala se sont retrouvés sous les eaux et des grands axes de sortie de la ville ont été parmi les nombreuses routes coupées à la circulation.

Diversité de l'habitat à Douala

Le port de Douala

Inondation dans les quartiers sous équipés de Douala



Le fleuve Wouri présente au nord de la ville un risque fort d'inondation, des habitations ayant été construites dans des zones basses. Ces inondations fluviales peuvent être encore plus importantes si elles se cumulent avec une forte marée. Les crues peuvent survenir dès le mois de juin et jusqu'en novembre, les plus forts débits ayant généralement lieu d'août à octobre.

Les inondations pluviales peuvent être également localement conséquentes compte tenu des précipitations parfois très fortes (on note des extrêmes journaliers de 240mm/j au mois d'août).

La configuration de l'estuaire rend la ville particulièrement sensible aux phénomènes de submersion y compris en zone urbaine.

Zones à risque :

Evolution du trait de côte

- Artificiel
- Engraissement
- Stable
- Recul

Glissements de terrain

- Pente de 30 à 50 %
- Pente de 50 à 75 %
- Pente de plus de 75 %

Inondations fluviales

- Aléa fort
- Aléa faible

Aléa de submersion

- Zones d'altitude < 5m
- Zones d'altitude de 5 à 10 m
- Inondations récentes

Typologie du trait de côte

- Mangrove
- Vegetation
- Sableux
- Rocheux

Enjeux :

- Zone industrielle
- Carrière
- Zone militaire
- Zone protégée
- Hopital
- Centre de santé
- Etablissement scolaire
- Aéroport international
- Aérodrome
- Gare
- Centrale hydroélectrique
- Centrale thermique
- Autre centrale
- Axe principal
- Voie primaire
- Voie secondaire
- Voies ferrées
- Surfaces d'eau

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

94 • GAROUA

POPULATION

900 000 habitants (estimation 2018)

SURFACE

50 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

9° 18' nord, 13° 24' est

Garoua est la capitale de la région du Nord du Cameroun située dans la vallée de la Bénoué, principal affluent du fleuve Niger et à plus de 1000 km, au nord, par la RN1, de la capitale, Yaoundé.

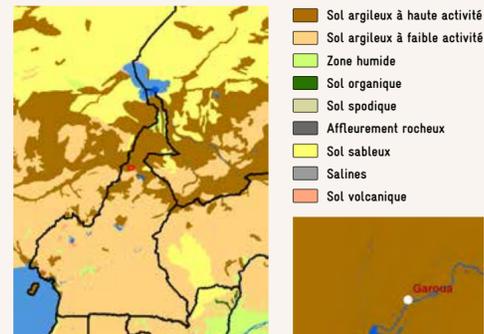
La ville est bordée au sud par la Bénoué et à l'ouest par un de ses affluents, la Souloungo. C'est à Garoua que le Mayo Kebi et la Bénoué confluent pour se diriger vers le Nigeria. Il s'agit d'une plaine alluviale avec des pentes quasiment nulles et des cours d'eau coulant en surface et dessinant de grands méandres.

La ville présente des densités très variables avec d'une part, un tissu urbain structuré et, d'autre part, des quartiers spontanés et anarchiques sujets aux inondations pluviales.

Située dans l'aire de production du coton, la ville est le siège de la principale entreprise production cotonnière du pays, la Sodecoton. Garoua est par ailleurs une ville au fort potentiel touristique entourée de nombreux parcs ou réserves. La région est cependant très affectée depuis plusieurs années par les conditions de sécurité.

Crédit : Production des risques dits « naturels » dans les grands centres urbains du Cameroun, EDP Sciences, 2018/4 Vol. 26

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1005 mm/an

Garoua bénéficie d'un climat tropical avec l'alternance d'une saison aride de novembre à mars et une saison des pluies d'avril à octobre.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

L'urbanisation non planifiée qui prévaut dans certains quartiers engendre chaque année et lors des fortes pluies des inondations importantes provoquant des dégâts matériels et accentuant la précarisation des populations.

En 2012, plus de 20 morts ont été recensés ainsi que plus d'un millier de personnes sans logement.

En 2016, la ville a subi un épisode pluvieux qui a causé la mort de 6 personnes.



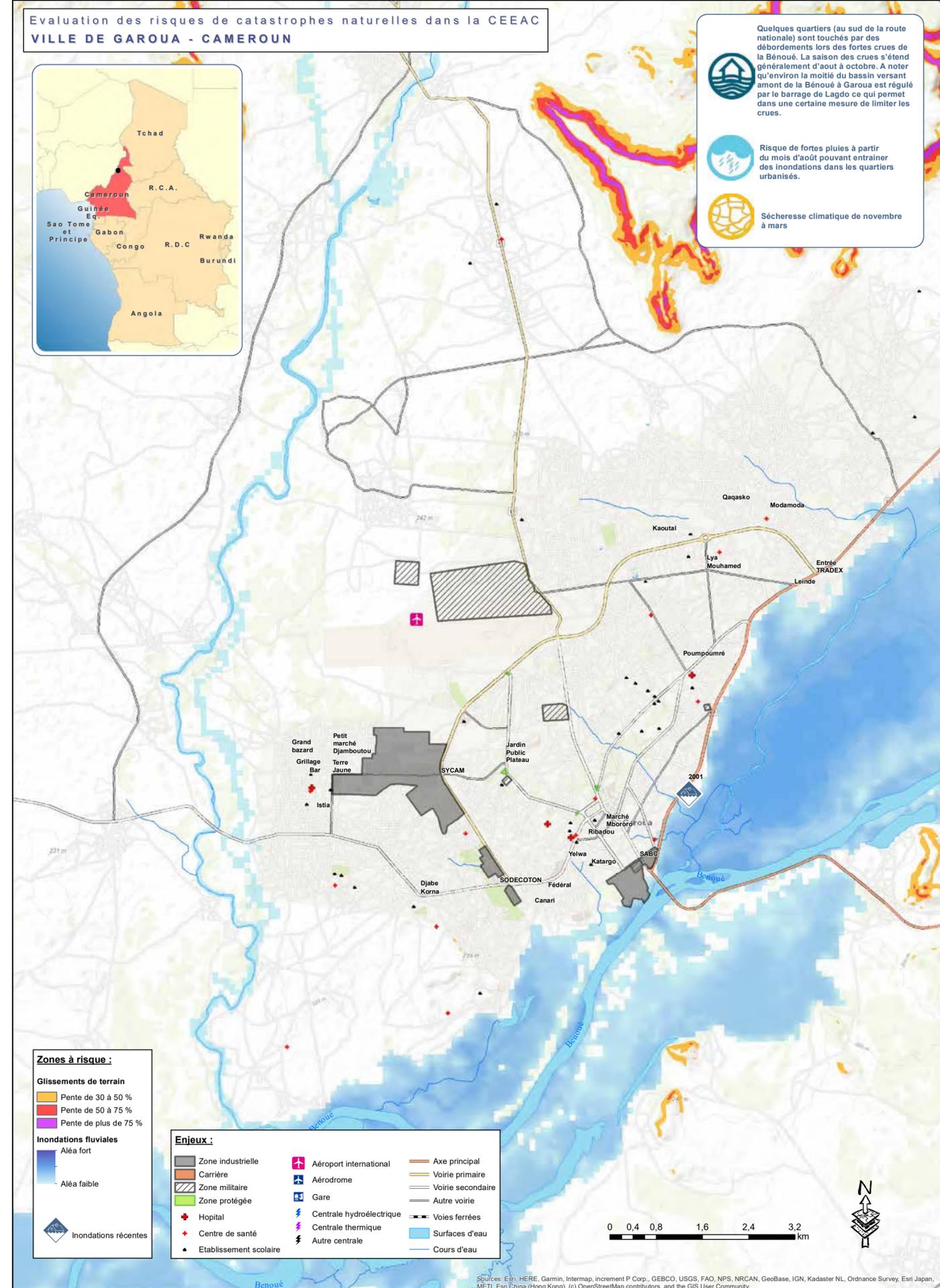
Plantations agro-industrielles de coton à Garoua
Récents aménagements à Garoua
© The Ways of Africa
Le fleuve Bénoué aux environs de Garoua



Débit du fleuve Bénoué (station de Garoua)



Evaluation des risques de catastrophes naturelles dans la CEEAC VILLE DE GAROUA - CAMEROUN



Quelques quartiers (au sud de la route nationale) sont touchés par des débordements lors des fortes crues de la Bénoué. La saison des crues s'étend généralement d'août à octobre. A noter qu'environ la moitié du bassin versant amont de la Bénoué à Garoua est régulé par le barrage de Lagdo ce qui permet dans une certaine mesure de limiter les crues.

Risque de fortes pluies à partir du mois d'août pouvant entraîner des inondations dans les quartiers urbanisés.

Sécheresse climatique de novembre à mars

Zones à risque :

Glissements de terrain

- Pente de 30 à 50 %
- Pente de 50 à 75 %
- Pente de plus de 75 %

Inondations fluviales

- Aléa fort
- Aléa faible

Inondations récentes

Enjeux :

- Zone industrielle
- Carrière
- Zone militaire
- Zone protégée
- Hopital
- Centre de santé
- Etablissement scolaire
- Aéroport international
- Aérodrome
- Gare
- Centrale hydroélectrique
- Centrale thermique
- Autre centrale
- Axe principal
- Voirie primaire
- Voirie secondaire
- Autre voirie
- Voies ferrées
- Surfaces d'eau
- Cours d'eau

Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

POPULATION

1 838 348 hab (estimation de 2017)

SURFACE

200 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

4° 16' 04" sud, 15° 16' 31" est

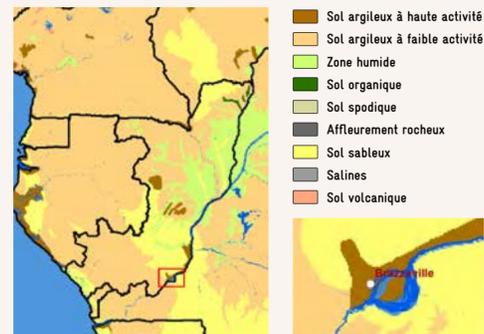
Capitale de la république du Congo, Brazzaville est située en bordure du Pool Malebo (ex-Stanley Pool), à l'amont des rapides de Kintambo, premiers d'une série de chutes et de rapides qui interdisent la navigation sur le cours inférieur du Congo. Elle partage avec Kinshasa une position stratégique de première importance au point de rupture de charge entre le réseau navigable du Congo et de ses affluents, et les voies ferroviaires et routières aménagées pour désenclaver les deux villes jumelles et leur hinterland.

La capitale du Congo compte plus de 1.8 millions d'habitants en 2017.

Brazzaville est construite selon une orientation Sud-Ouest / Nord Est parallèle au fleuve. Elle est bordée à l'ouest par le Djoué qui présente des risques de débordement et au nord par les contreforts des reliefs environnants pouvant présenter des pentes importantes et d'où partent des cours d'eau ou des ravines en direction du fleuve Congo ou du Djoué.

Credit : Pourtier, Encyclopédie Universalis, 2021

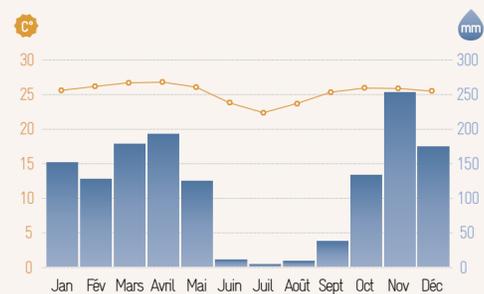
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1376 mm/an

Brazzaville bénéficie d'un climat tropical de savane avec une saison sèche. La température moyenne annuelle est de 25,3 °C et les précipitations annuelles sont de 1 376 mm. Novembre est le mois le plus humide avec 250 mm de précipitations et juillet le mois le plus sec avec moins de 10 mm de précipitations.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

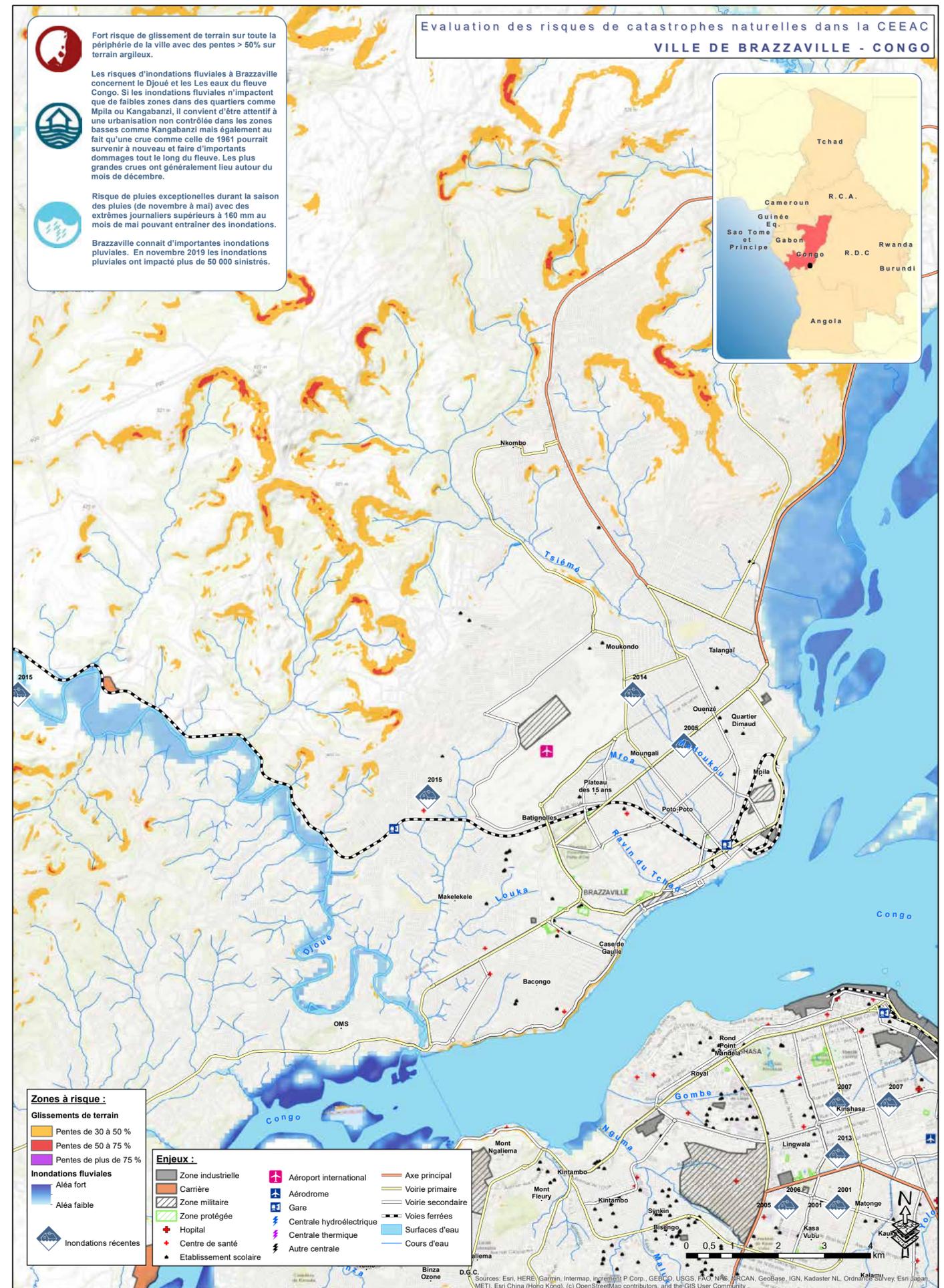
La plupart des quartiers périphériques de la capitale sont régulièrement frappés par les érosions, les ensablements et les inondations.

Entre septembre 2019 et janvier 2020, des pluies diluviennes ont provoqué des graves inondations et des glissements de terrain dans quasiment tous les quartiers de Brazzaville.

Ces inondations ont impacté 50 000 sinistrés. Des maisons et des routes ont été englouties par les sables. La corniche du fleuve Congo, s'est effondrée.



Vue de Brazzaville et du fleuve Congo
Lutte contre l'érosion à Brazzaville
© The Ways of Africa
Affaissement de la corniche en 2020



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

98 • POINTE NOIRE

POPULATION

Plus d'un million d'habitants en 2017

SURFACE

145 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

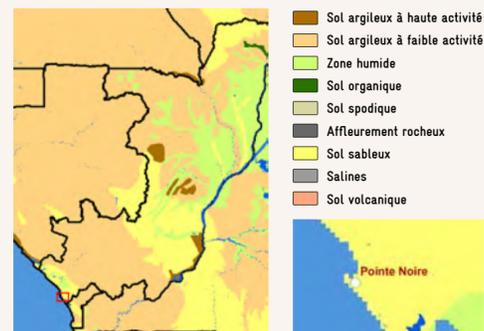
4° 47' 53" sud, 11° 52' 22" est

Deuxième ville de la république du Congo, Pointe Noire a vu sa population s'accroître considérablement du fait de ses activités portuaires. Les activités industrielles (raffinerie de pétrole) et le commerce (import-export, redistribution) sont en effet liés à la fonction portuaire de la ville. Brazzaville a ainsi connu une très forte et rapide croissance urbaine passant de 30000 habitants dans les années 50 à plus d'un million aujourd'hui.

La ville est située dans le prolongement d'une étroite plaine littorale en contrebas d'un plateau qui prolonge le Mayombe, massif montagneux de faible altitude, lequel sépare Pointe-Noire de la capitale Brazzaville située 510 kilomètres à l'est. Le site de Pointe-Noire est entrecoupé de collines et de vallons marécageux. Les dunes littorales et les marnes sableuses rappellent les caractéristiques de côte à lido. La construction du port en eau profonde a cependant entraîné un net recul du trait de côte de l'ordre de deux à trois mètres par an. Les projets d'extension devront s'attacher à ne pas accentuer cette menace.

Credit : Vennetier, Encyclopédie Universalis / Wikipedia 2021

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1643 mm/an

Pointe-Noire bénéficie d'un climat tropical de savane assez doux. L'année climatique est caractérisée par une saison sèche de juin à septembre avec une absence quasiment totale de pluie.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

De façon récurrente, entre octobre et décembre la région du Kouilou où se situe Pointe Noire subit des pluies parfois diluviennes qui provoquent des dégâts matériels et humains très importants. La vétusté du réseau d'assainissement ne fait qu'amplifier l'impact de ces inondations sur les populations.

Pointe Noire est également concernée par le risque de submersion marine. L'érosion côtière est notamment exacerbée par l'extraction des sédiments pour diverses utilisations. On assiste ainsi à une dégradation des cordons littoraux accentuée par les actions anthropiques. L'implantation du port en eau profonde, par exemple, a perturbé les transferts et la dynamique sédimentaires.

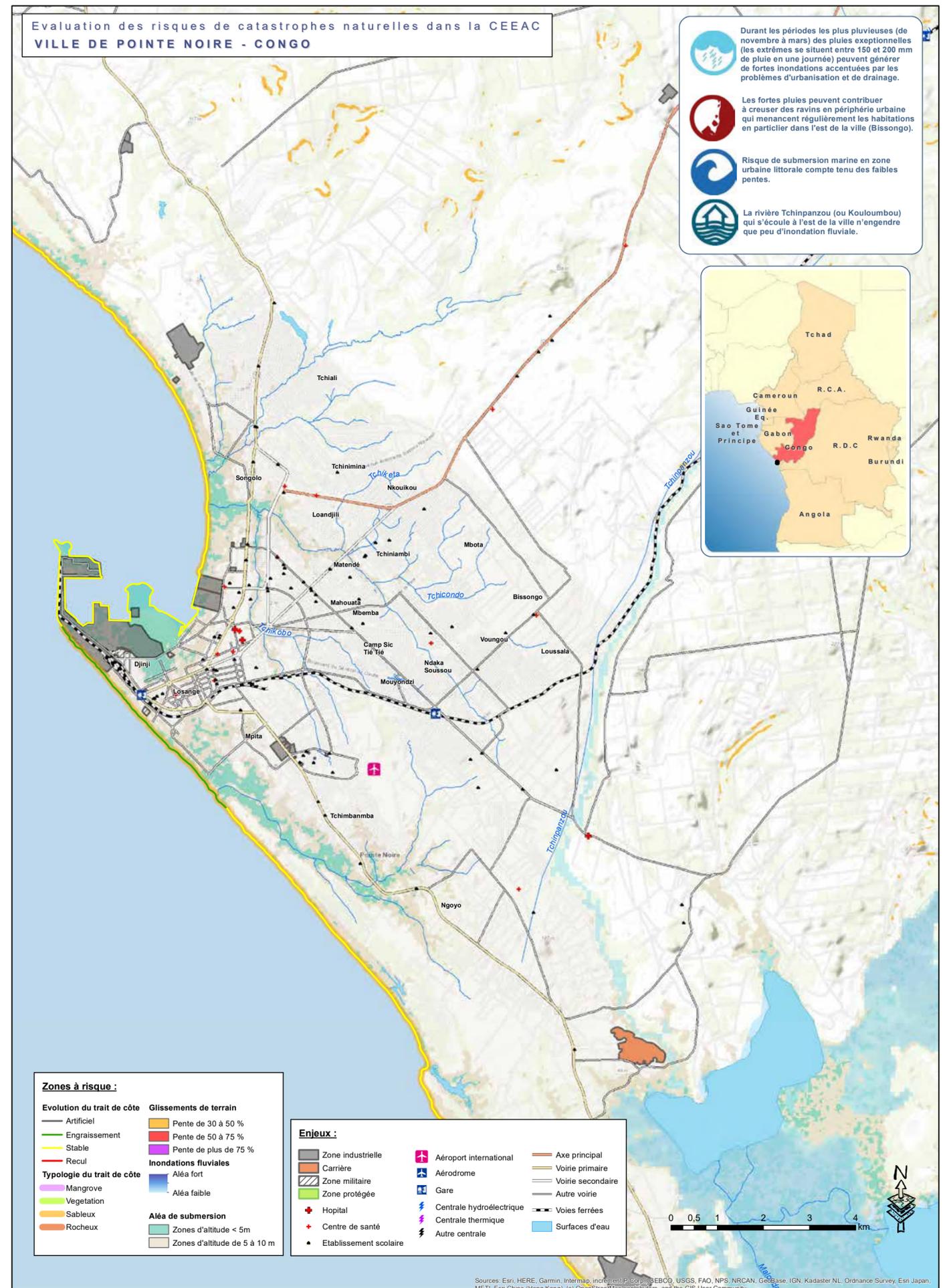
En décembre 2019, plus de 200 000 personnes ont été touchées sur l'ensemble du Congo et en particulier à Pointe Noire par les inondations causées par des pluies diluviennes.



Vue aérienne de Pointe Noire
© Harry Purwanto

Vue du port de Pointe Noire
© lepratiquecongo.com

Inondation à Pointe Noire
© adiac-congo



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

100 • LIBREVILLE

POPULATION

800 000 habitants environ

SURFACE

200 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

0° 23' 24" nord, 9° 27' 15" est

Capitale du Gabon, Libreville se situe sur la rive droite de l'embouchure des fleuves Komo et Remboue, plus communément appelé « estuaire du Gabon ». En 1960, la capitale de la République gabonaise ne comptait que 30 000 habitants. Elle en compterait aujourd'hui plus de 800 000 soit près de la moitié de la population globale du pays

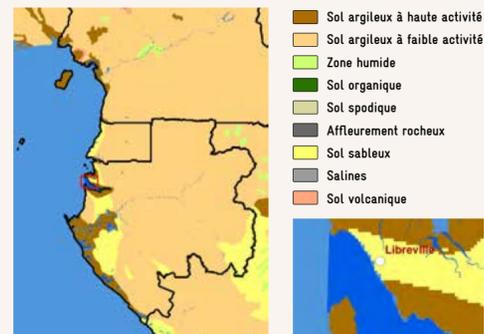
Le site de Libreville est composé d'une alternance de collines (126 mètres au mont Bouët) et de vallons à fond plat souvent marécageux (profil de « boîte à œuf »). Cette topographie impose de fortes contraintes sur l'organisation de l'espace urbain et guide ses différenciations sociales. Les beaux quartiers privilégient ainsi les sommets des collines et le front de mer, l'habitat populaire étant relégué dans les fonds de vallons (matitis). L'essentiel de la voirie se situe sur les lignes de crête qui parcourent la ville, les versants étant totalement sous équipés.

La ville est entourée de zones de mangrove qui bordent un réseau hydrographique ramifié autour de la ville. Seule la RN1 permet de quitter Libreville pour l'intérieur du pays.

La ville tend à se développer vers le nord en zone plate et inondable et le long de la RN1 en direction de Ntoun.

Credit : Pourtier, Encyclopédie Universalis, 2021

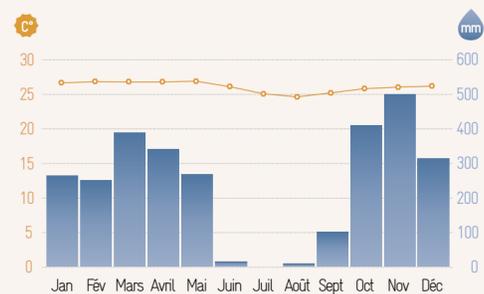
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES

Cumul des précipitations 2883 mm/an

Libreville est soumis à un climat tropical avec une longue saison sèche de juin à septembre et un très fort taux d'humidité toute l'année. Le cumul des précipitations par an est de 2883 mm avec un risque régulier de pluie très abondante entre novembre et mars.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

La capitale du Gabon, contrairement à la ville de Port Gentil semble bénéficier d'une évolution relativement stable de son trait de côte. Sa situation géographique dans l'estuaire la préserve d'une érosion rapide. La voirie principale, en bord de mer, protégée par un système d'enrochement, nécessite cependant une surveillance permanente pour anticiper les risques d'affaissement.

Le front Sud de l'estuaire (Pointe Denis) est depuis plusieurs années confronté à une érosion côtière très marquée qui commence à impacter les habitations villageoises.

La ville est par ailleurs sujette à des inondations récurrentes lors de la saison des pluies dues essentiellement à un développement anarchique des constructions et une absence d'aménagement des voiries dans les petits bassins versants côtiers (Menie Ovono et al., 2017). Le risque est accentué par la précarité et la vulnérabilité qui caractérise les populations de ces bas fonds marécageux.

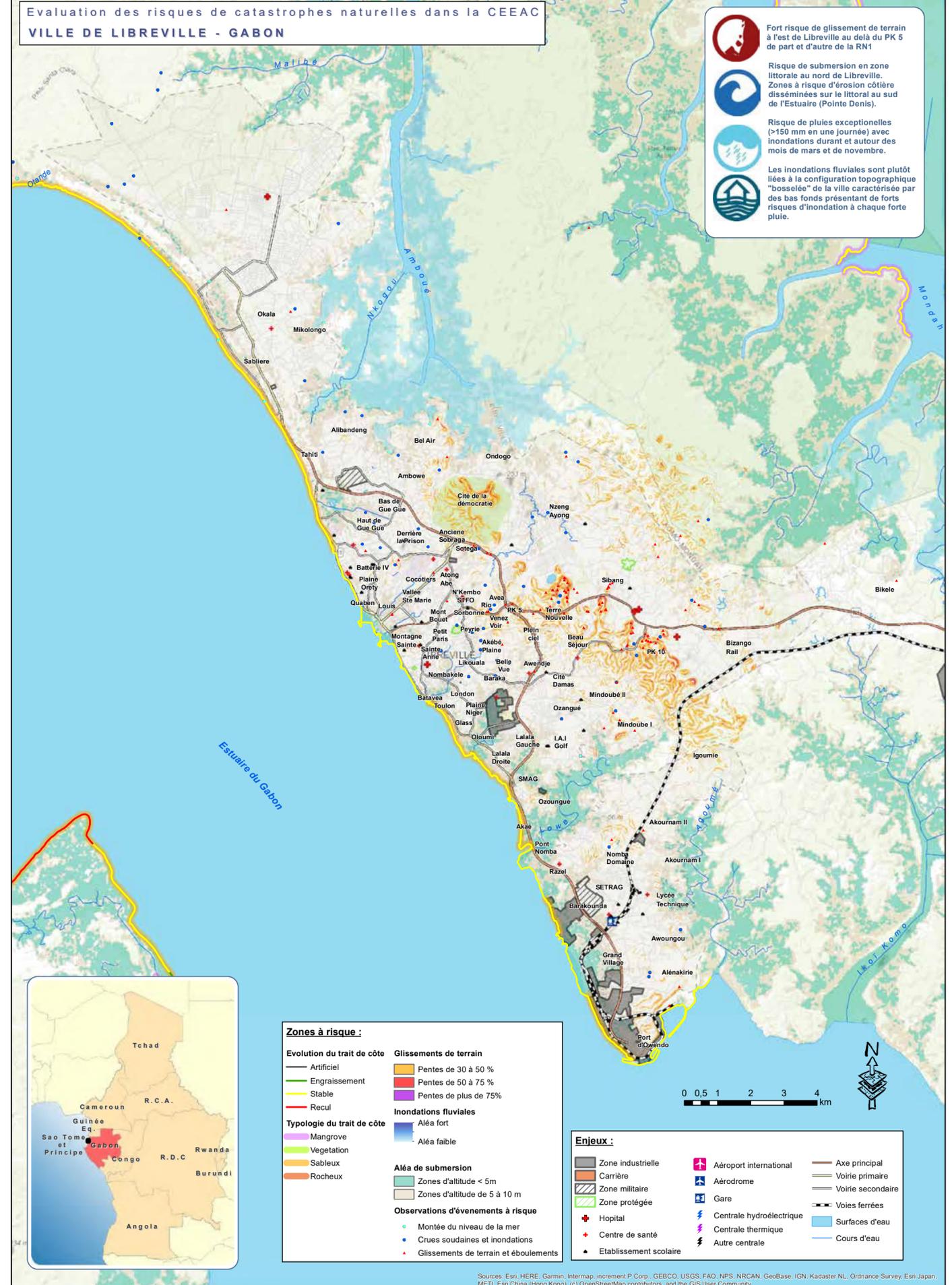
La configuration topographique de la ville rend les bas fonds particulièrement sensibles aux inondations pluviales et aux débordements des cours d'eau. Certaines plaines du centre ville font régulièrement face à des problèmes d'inondations (Oloumi, Sainte Marie) accentués par un mauvais entretien des voiries et des réseaux de drainage.

La nouvelle ville d'Angondjé au nord est quand à elle construite en pleine zone inondable.

En octobre 2019, des pluies diluviennes ont provoqué de graves inondations et des glissements de terrain. À Libreville, les conséquences de ce phénomène ont été visibles quasiment dans tous les quartiers. Les voiries centrales peuvent devenir quasiment impraticables en cas de forte pluie.



Vue du port Mole
© KennedyBkp
Occupations précaires sur les versants
© Camille Pinet



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

102 • PORT GENTIL

POPULATION

130 000 hab. (estimation 2019)

SURFACE

35 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

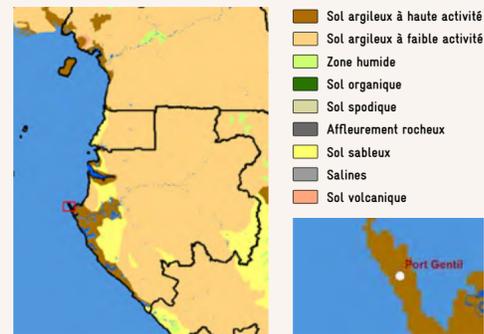
0° 43' 00" sud, 8° 46' 30" est

Capitale économique et port maritime du Gabon, la ville s'est développée sur un cordon littoral, aussi appelé l'île Mandji. Port Gentil se situe à plus d'une centaine de km au sud de Libreville mais demeure inaccessible par la route. Le fleuve Ogooué dont l'embouchure se situe au sud de la ville constitue la seule voie d'accès vers l'intérieur du pays.

Port-Gentil produit l'essentiel des richesses du Gabon à travers l'activité pétrolière mais aussi grâce à l'industrie du bois. Son développement est globalement lié à la santé de ces deux secteurs d'activité.

Port Gentil est une ville sans relief située entre 2 à 4 mètres au dessus du niveau de l'Océan. La ville est ainsi particulièrement vulnérable aux risques d'érosion côtière et de submersion marine.

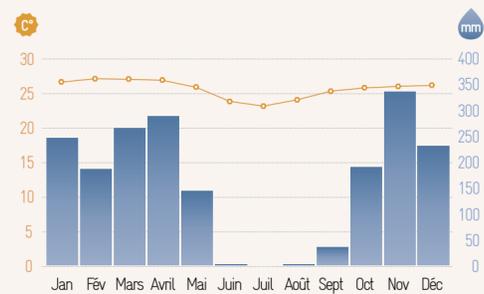
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1952 mm/an

Port Gentil, est soumis à un climat tropical de savane avec une saison sèche de 3 mois bien marquée entre juin et août, des pluies pouvant être abondantes le reste de l'année et des températures oscillant autour de 25° toute l'année.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Port Gentil subit régulièrement des inondations pluviales. Le réseau de canalisations de la ville, très insuffisant, accentue le risque d'inondation.

La ville de Port Gentil est également touchée par l'érosion côtière. Certaines portions du littoral reculent de plusieurs mètres de terre par an. L'impact du changement climatique pourrait avoir des répercussions très visibles sur la ville qui devra s'adapter pour en limiter les effets.

En juin 2020 la ville de Port-Gentil s'est retrouvée sous l'eau après des pluies diluviennes. Si aucune perte de vie humaine n'est à déplorer, la pluie a occasionné d'importants dégâts dans certains quartiers. Plusieurs habitations et administrations se sont retrouvées dans l'eau.

Source Gabon review - Juin 2020

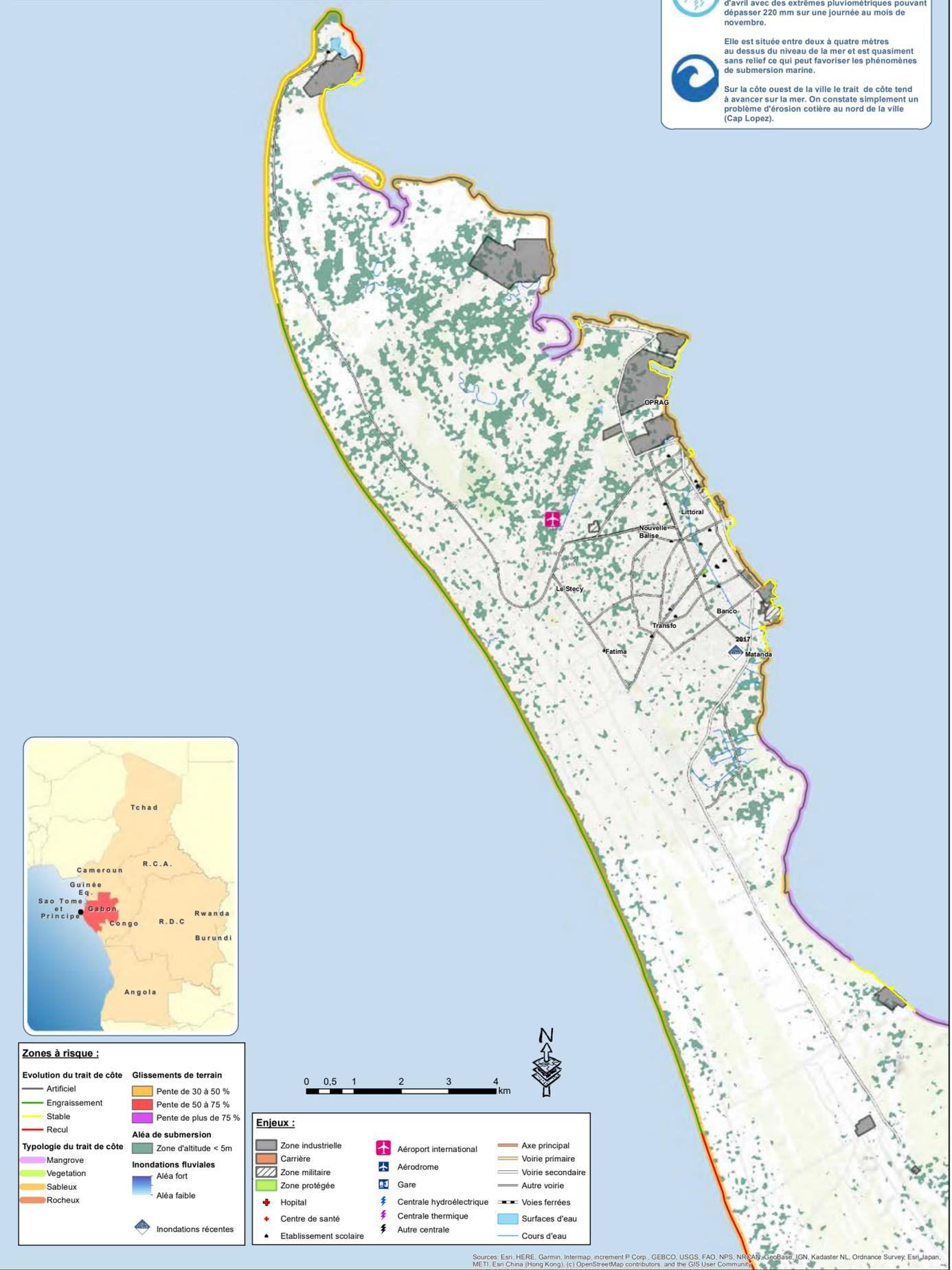


Vue aérienne de Port Gentil
© quotatrip.com

Le Cap Lopez à Port Gentil
© 100% Gabona

Erosion côtière sur le littoral sableux
© lepratiquegabon.com

Evaluation des risques de catastrophes naturelles dans la CEEAC VILLE DE PORT GENTIL - GABON



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

104 • MALABO

POPULATION

Moins de 200 000 hab. (estimation 2012)

SURFACE

65 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

3° 45' 07" nord, 8° 46' 25" est

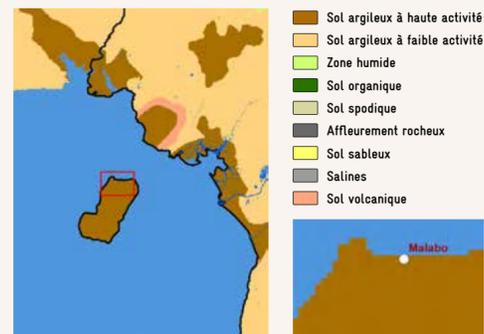
Malabo est devenue la capitale de la Guinée Equatoriale indépendante en 1968. Malabo se situe sur l'île de Bioko située à une centaine de kilomètres au large de Douala au Cameroun.

Malabo est le centre économique et financier du pays dont l'essor est lié à la découverte et à l'exploitation des gisements de pétrole de Guinée Equatoriale dans les années 1980-1990. Son port maritime, l'un des plus profonds de la région, possède plusieurs quais d'amarrage et exporte par ailleurs du cacao, du bois et du café.

La ville est également dotée d'un aéroport international qui dessert Bata, sur la côte de la partie continentale de la Guinée équatoriale.

L'île de Bioko est une île tropicale volcanique haute, dont le point culminant, le volcan du Pic Basilé, culmine à plus de 3000 m d'altitude. La ville de Malabo fait partie de la tranche littorale basse au nord de l'île.

PÉDOLOGIE



Vue aérienne de Malabo
© Wikimedia Commons/Frokor
Port de Malabo
© Wikimedia Commons



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 2349 mm

Malabo est soumis à un climat tropical de mousson (climat équatorial) avec des précipitations importantes la majeure partie de l'année. La saison sèche courte a peu d'effet sur le climat global.

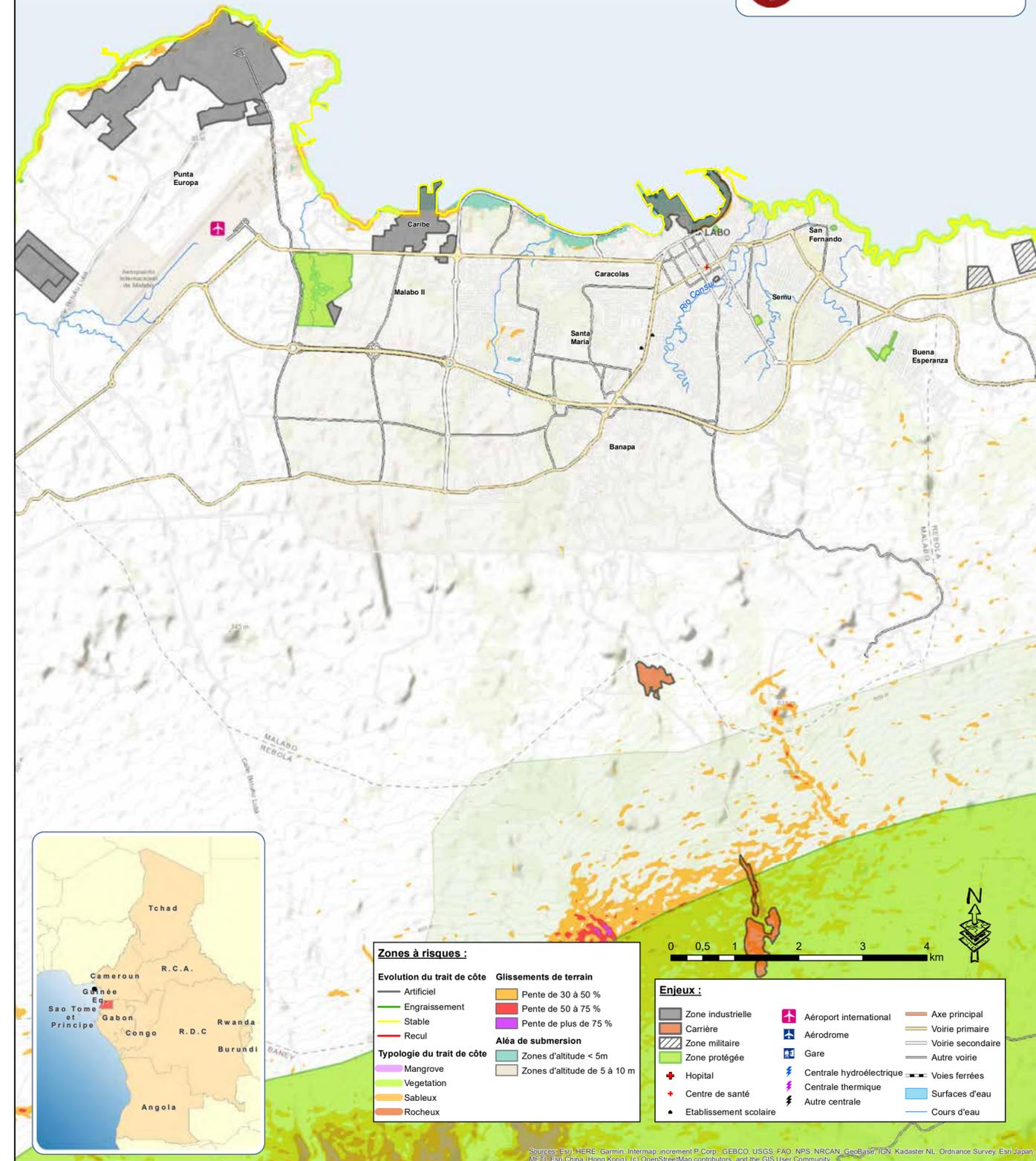


DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Soumis à un climat pluvieux, en particulier entre juin et octobre, les voiries et caniveaux des quartiers sous intégrés se retrouvent régulièrement inondés.

En novembre 2015, des pluies torrentielles ont provoqué des inondations dans certains quartiers les plus pauvres de la capitale. Une grande partie de la ville a été touchée, laissant des milliers de personnes exposées aux maladies d'origine hydrique et sans habitation.

Evaluation des risques de catastrophes naturelles dans la CEEAC VILLE DE MALABO - GUINÉE EQUATORIALE



- La ville de Malabo subit un climat très pluvieux toute l'année particulièrement entre juin et octobre avec des extrêmes pluviométriques pouvant atteindre 250 mm de pluie en une journée au mois d'août. Le risque d'inondation pluviale dans un contexte d'urbanisation croissante est donc assez fort.
- Malabo est situé dans une zone de faible risque sismique.
- Le volcan Santa Isabel (ou Pico Basilé) situé à 20 km au sud de la capitale est toujours actif (dernière éruption en 1923).
- Les rares secousses sismiques de faible intensité peuvent provoquer des glissements de terrain dans la zone de Malabo. Le risque n'est cependant pas majeur.

Zones à risques :

- Evolution du trait de côte
 - Artificiel
 - Engraissement
 - Stable
 - Recul
- Typologie du trait de côte
 - Mangrove
 - Vegetation
 - Sableux
 - Rocheux
- Glissements de terrain
 - Pente de 30 à 50 %
 - Pente de 50 à 75 %
 - Pente de plus de 75 %
- Aléa de submersion
 - Zones d'altitude < 5m
 - Zones d'altitude de 5 à 10 m

Enjeux :

- Zone industrielle
- Carrière
- Zone militaire
- Zone protégée
- Hopital
- Centre de santé
- Etablissement scolaire
- Aéroport international
- Aérodrome
- Gare
- Centrale hydroélectrique
- Centrale thermique
- Autre centrale
- Axe principal
- Voie primaire
- Voie secondaire
- Autre voirie
- Voies ferrées
- Surfaces d'eau
- Cours d'eau

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

POPULATION

Entre 800 000 et 1 million d'hab. (estimation 2020)

SURFACE

123 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

6° 07' 08" sud, 23° 35' 32" est

Bangui est la capitale et la plus grande ville de la République centrafricaine. La ville se situe sur la rive droite de l'Oubangui, qui marque la frontière entre la Centrafrique et la RDC,

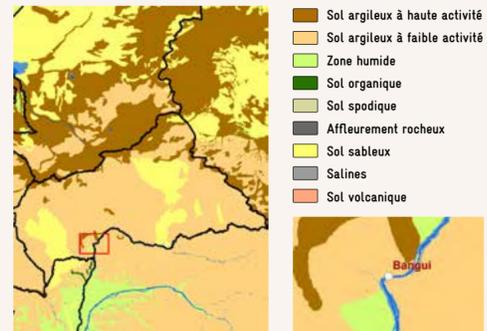
qui marque la frontière entre la Centrafrique et la RDC, Les rapides de l'Oubangui limitent le transport fluvial des produits commerciaux, ils constituent historiquement un point de rupture de charge pour la navigation à vapeur. La majeure partie de la ville s'étend sur une plaine marécageuse à l'ouest des collines de Gbazabangui qui coupent la localité selon un axe nord-sud. A l'est, sont situés le couloir de Ndrès et les collines de Kassai.

Principale destination de l'exode rural, Bangui rassemble des populations originaires de toutes les régions de Centrafrique. Le quart de la population centrafricaine se concentre aujourd'hui à Bangui. Les violences politiques que la ville connaît depuis les années 1990, a contribué à rendre le secteur industriel moribond générant une situation durable de sous-emploi. Ainsi la plupart des activités relèvent du secteur informel, et les habitants ont recours à l'agriculture vivrière au sein même de l'agglomération donnant à la ville un aspect rural.

La capitale centrafricaine héberge également le siège de la Communauté économique et monétaire en Afrique centrale (C.E.M.A.C.) et ses fonctionnaires internationaux.

Credit : Pourtier, Encyclopédie Universale, 2021 / Wikipedia

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1520 mm/an

Bangui est soumis à un climat tropical humide. Il pleut toute l'année et la température oscille autour de 26°. Cependant de novembre à février, on distingue une saison plus sèche avec des moyennes de précipitations inférieures à 100 mm tandis que le reste de l'année, de mars à octobre on enregistre des précipitations comprises entre 100 et 230 mm.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Bangui se situe sur les berges de la rivière Oubangui qui présente un risque d'inondation majeur pouvant être accentué par un phénomène de reflux exercé sur les eaux de son affluent, le Mpoko, au niveau de la zone de confluence à Bimbo.

En 2019, le fleuve a été responsable d'un déplacement de plus de 28 000 personnes suite à une crue qui a envahi une partie du pays (American red cross). Environ 8000 personnes se seraient retrouvées sans domicile. Au niveau de Bangui l'un des facteurs aggravant de cet épisode de crue fut l'obstruction des réseaux d'assainissement. Des quartiers entiers se sont ainsi transformés en véritables marécages. La stagnation des eaux a favorisé les épidémies de Choléra et autres.

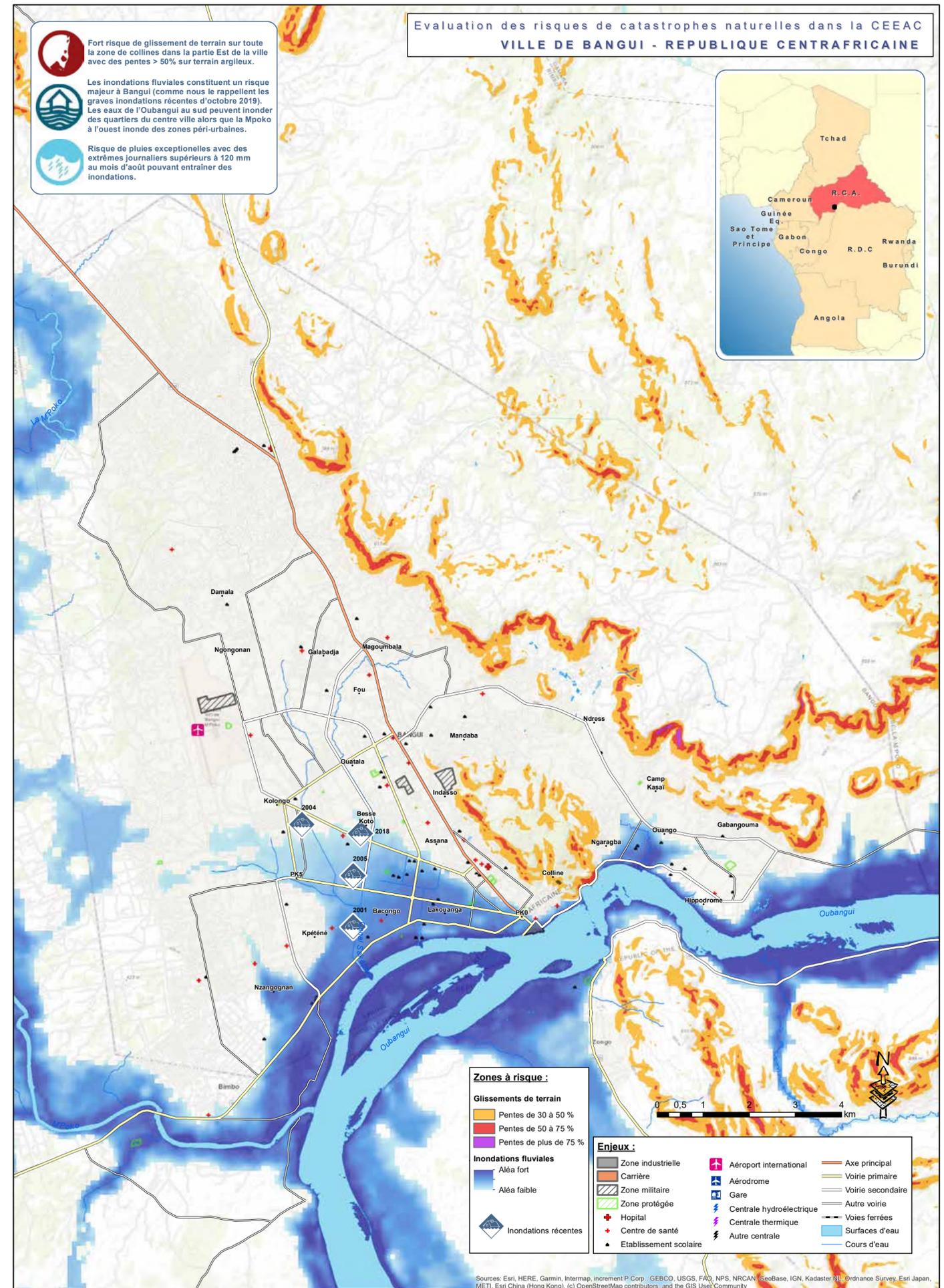
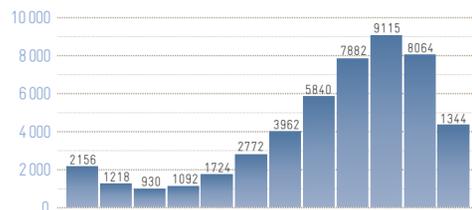
Vue aérienne de Bangui



Octobre 2019 - Un quartier inondé après la crue de l'Oubangui à Bangui



Débit moyen mensuel du fleuve Oubangui (en m³/s) Station hydrologique : Bangui Données calculées sur 84 ans (1911-1994)



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

POPULATION

Plus de 14 millions d'hab. (estimation 2020)

SURFACE

420 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

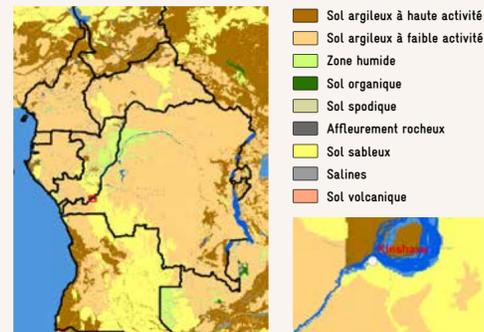
4° 19' 30" sud, 15° 19' 20" est

Capitale de la RDC, Kinshasa est une ville tentaculaire se situant sur la rive gauche du fleuve Congo. Elle fait face à la capitale du Congo-Brazzaville. C'est une ville ayant bénéficié d'un urbanisme quadrillé à l'époque coloniale mais qui a connu dans la deuxième partie du XX^e siècle une croissance urbaine extraordinaire et plus ou moins anarchique (la ville ne comptait que 200 000 habitants en 1950). Selon les projections, la ville devrait atteindre le rang de la deuxième ville la plus peuplée du continent africain à l'horizon 2030. Les rapides en aval de la ville empêchent toute navigation fluviale vers l'océan. En amont, en revanche, le fleuve est navigable jusqu'à Kisangani constituant un des axes majeurs de circulation entre la capitale et l'intérieur du pays.

Le relief de Kinshasa est formé d'un plateau continental à l'est, le plateau de Kwango, d'une chaîne de collines escarpées au sud et d'une plaine marécageuse et inondable aux abords du fleuve Congo, en amont de la ville dans la zone du « pool ».

La ville de Kinshasa est traversée par de nombreuses rivières qui coulent du sud au nord (N'Djili, N'sele en particulier) pour se jeter dans le fleuve accentuant les risques de débordement en zone urbaine.

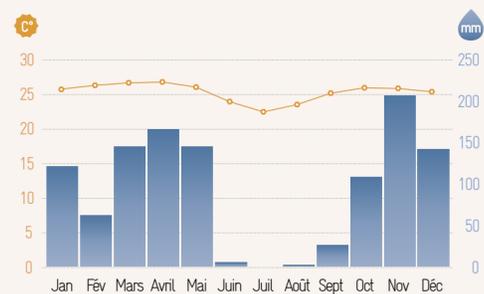
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

La Ville de Kinshasa a un climat tropical chaud et humide avec :

- une saison des pluies de fin septembre à fin mai avec de fortes pluies aux mois de novembre et d'avril ainsi qu'un léger ralentissement de pluies entre les mois de janvier et de février ;
- une saison sèche de juin à septembre.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

C'est durant les mois de novembre /décembre que les risques d'inondation pluviale et fluviale sont les plus importants (forte pluviométrie et fort débit du fleuve).

A Kinshasa, les zones inondables se retrouvent essentiellement le long des cours d'eau qui traversent la ville. La situation est particulièrement préoccupante sur les berges des rivières Bumbu, Funa, Lukunga, Gombe, N'djili, Lubudi (Basoko), Thsangu, Mekori (Mokali), Yolo, Matete, Mampenza et ses affluents.

Credit : Water, Megacities and global change, Monographie de Kinshasa, 2016

Fin novembre 2019, au moins 41 personnes sont mortes à Kinshasa, victimes de pluies diluviennes qui ont provoqué inondations, glissements de terrains et électrocutions. Les dégâts matériels et humains sont importants avec 80 % des dégâts causés par des constructions anarchiques.

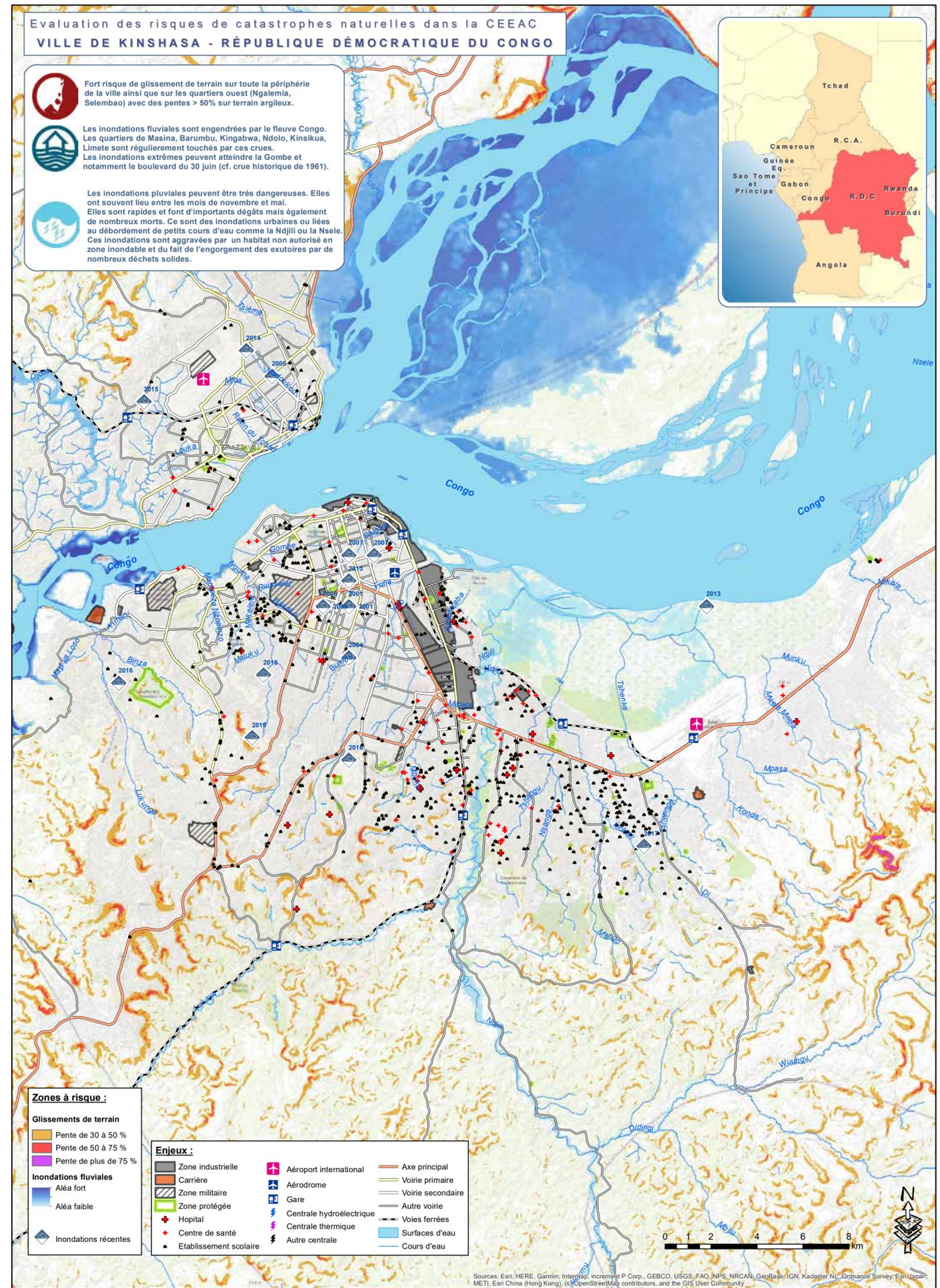
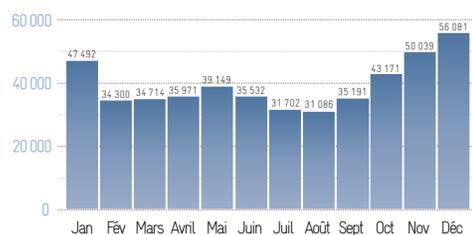
Source : France 24, 2019



Grand marché de Kinshasa © Smithsonian Institution
Inondation de la voirie à Kinshasa © TVSMonde



Débit moyen mensuel du fleuve Congo (en m³/s)
Station hydrologique : Kinshasa
Données calculées sur 81 ans



Fort risque de glissement de terrain sur toute la périphérie de la ville ainsi que sur les quartiers ouest (Ngalemia, Selembao) avec des pentes > 50% sur terrain argileux.

Les inondations fluviales sont engendrées par le fleuve Congo. Les quartiers de Masina, Barumbu, Kingabwa, Ndolo, Kinsikua, Limete sont régulièrement touchés par ces crues. Les inondations extrêmes peuvent atteindre la Gombe et notamment le boulevard du 30 juin (cf. crue historique de 1961).

Les inondations pluviales peuvent être très dangereuses. Elles ont souvent lieu entre les mois de novembre et mai. Elles sont rapides et font d'importants dégâts mais également de nombreux morts. Ce sont des inondations urbaines ou liées au débordement de petits cours d'eau comme la N'djili ou la N'sele. Ces inondations sont aggravées par un habitat non autorisé en zone inondable et du fait de l'engorgement des exutoires par de nombreux déchets solides.

Zones à risque :

- Glissements de terrain
 - Pente de 30 à 50 %
 - Pente de 50 à 75 %
 - Pente de plus de 75 %
- Inondations fluviales
 - Aléa fort
 - Aléa faible
 - Inondations récentes

Enjeux :

- Zone industrielle
- Carrière
- Zone militaire
- Zone protégée
- Hôpital
- Centre de santé
- Etablissement scolaire
- Aéroport international
- Aérodrome
- Gare
- Centrale hydroélectrique
- Centrale thermique
- Autre centrale
- Axe principal
- Voie primaire
- Voie secondaire
- Autre voirie
- Voies ferrées
- Surfaces d'eau
- Cours d'eau

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

110 • KISANGANI

POPULATION

Plus de 1,5 millions d'hab. (estimation 2016)

SURFACE

66 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

0° 30' 45" nord, 25° 11' 14" est

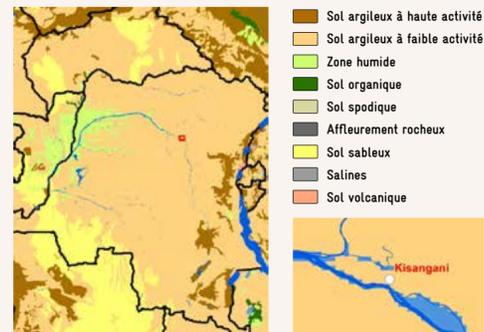
Kisangani est à l'origine un poste militaire établi par Stanley sur un îlot du fleuve Congo, en 1877.

Distante de 1724 km par voie fluviale de la capitale Kinshasa (nécessitant un mois de navigation), Kisangani est située à l'endroit où la rivière Lualaba prend le nom de Congo. La ville s'étend du fleuve Congo à la rivière Tshopo.

Comme beaucoup d'agglomérations du bassin congolais, la ville est un port fluvial développé à un point de rupture de charge entre le bief navigable du Congo, qui s'étend jusqu'à Kinshasa, et le bief amont, coupé par les chutes Boyoma (ex-Stanley Falls) et contourné par une voie ferrée de transbordement. Si les quartiers modernes sont établis sur la rive droite, les quartiers traditionnels se sont étendus sur les deux rives du fleuve. Les autorités avaient fait de Kisangani, un pôle de développement économique en favorisant l'implantation de nouvelles industries (textile, agroalimentaire, verrerie), en ouvrant un aéroport international et en construisant une centrale hydroélectrique non loin de la ville, sur le Tshopo. Depuis la fin des années 1990, l'économie et les conditions de vie locales ont beaucoup été affectées par les conflits armés récurrents et l'insécurité.

Credit : Vennetier, Encyclopédie Universalis, 2021

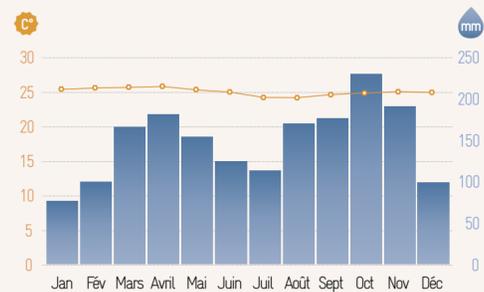
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1802 mm/an

Kisangani est soumise à un climat tropical humide avec des précipitations importantes toute l'année. Même pendant le mois le plus sec la pluviométrie approche 100 mm/mois. Les températures sont stables tout au long de l'année (25°C).



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

La topographie de la ville, très plane entre le fleuve Congo et la rivière Tshopo la rend particulièrement vulnérable aux inondations fluviales

En 2015, plusieurs quartiers de la ville de Kisangani ont été inondés durant plusieurs semaines. Des inondations causées par la crue du fleuve Congo consécutive à des pluies qui se sont abattues sur plusieurs villes des deux Kivu, du Maniema et du Katanga, situées en amont du fleuve.

Plusieurs centaines de ménages habitant le long du fleuve ont été contraints de quitter leurs habitations.

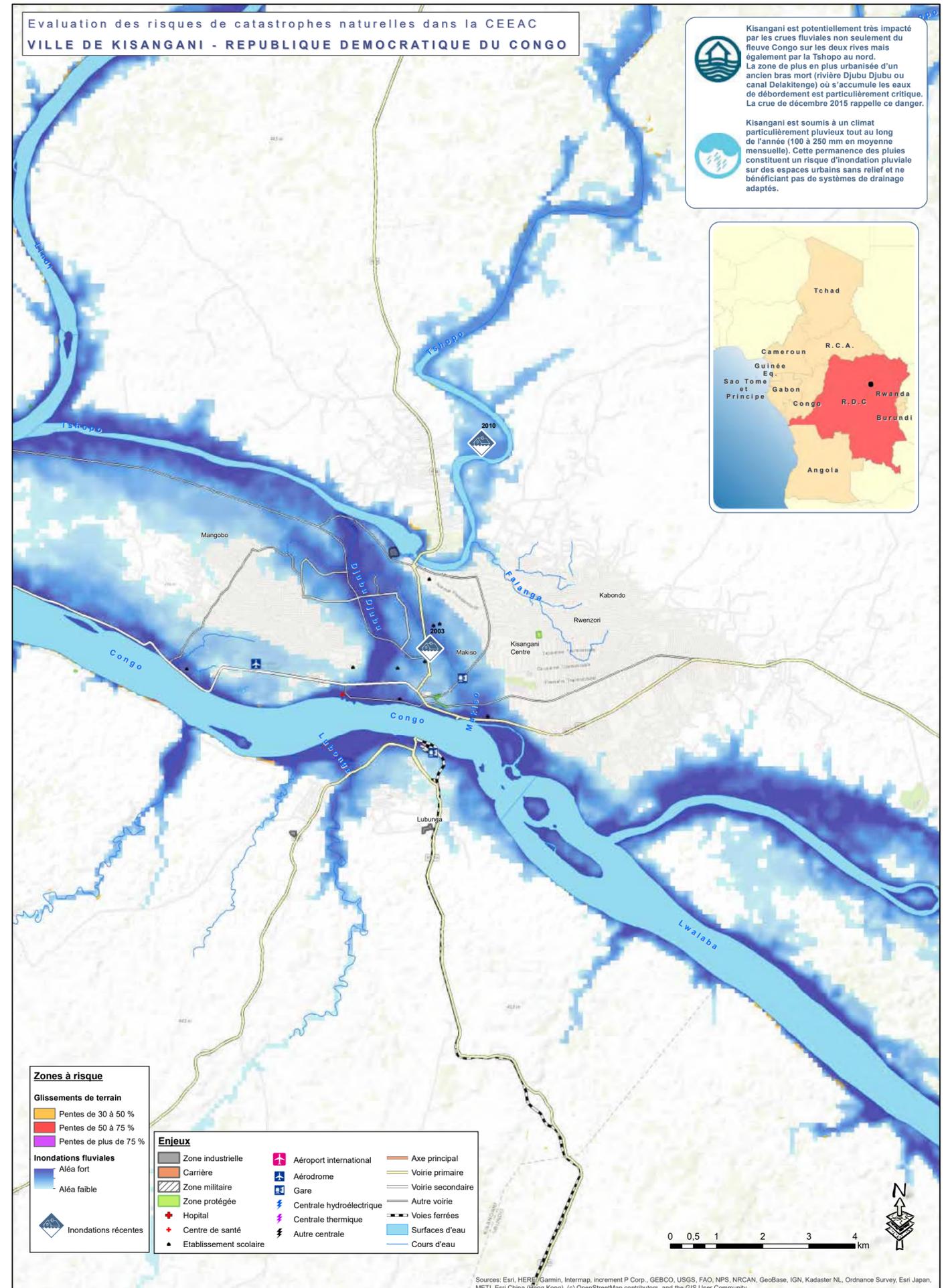
Credit : Radio Okapi 2015

En décembre 2019 les pluies ont causé la montée des eaux du fleuve Congo et de la rivière Tshopo. Les populations de Kisangani 1 et de Makiso ont vu leurs maisons envahies par les cours d'eau, laissant des centaines de personnes sans abri.

Credit : Franco24.com



Vue de Kisangani
© Pierre Galinier - flickr
Inondation de 2020 à Kisangani
© Franco24.com



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

112 • MBUJI MAYI

POPULATION

2,6 millions d'hab. (estimation 2020)

SURFACE

102 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

6° 07' 08" sud, 23° 35' 32" est

Située sur la rive droite de la rivière portant le même nom, la ville de Mbuji Mayi est bornée au nord par la rivière Muya et au sud par la rivière Kanshi.

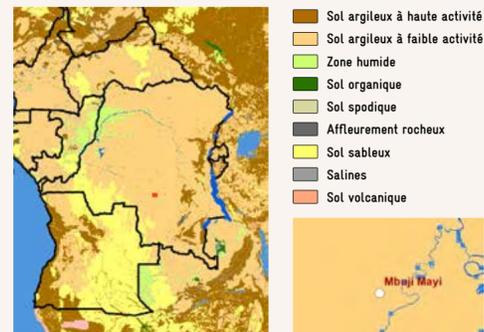
Mbuji Mayi est la capitale de la province du Kasai oriental, située au centre de la RDC. C'est la deuxième ville du pays. Mbuji Mayi est située sur le plateau du Kasai à une altitude de 630 m environ. Les zones de dépression qui caractérisent le secteur sont sujettes aux effondrements, particulièrement lors du passage des eaux de ruissellement. Les pentes sur le plateau sont généralement faibles mais longues (7 % en moyenne).

La ville représente depuis longtemps un attrait pour l'exportation de diamant. Au début des années 1980, le gouvernement a libéralisé l'exploitation du diamant et plusieurs mines d'exploitation artisanale se sont ouvertes un peu partout dans la ville et aux alentours. La ville s'étant développée rapidement et se caractérise par un urbanisme décousu.

Les rues sont en très mauvais état, voire impraticables et l'alimentation en électricité est défective, voire inexistante. En outre, la présence de têtes d'érosion dans la ville, dues notamment à la recherche de diamants, complique les déplacements et peut compromettre la sécurité des gens et des habitations.

Credit : Wikipedia 2021

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1520 mm/an

Mbuji-Mayi bénéficie d'un climat tropical de savane avec une saison sèche de juin à août et une longue saison pluvieuse de septembre à mai avec des quantités de pluie oscillant entre 150 et 200 mm par mois. Le mois le plus pluvieux est le mois de novembre. La température moyenne annuelle est de 25.1 °C



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

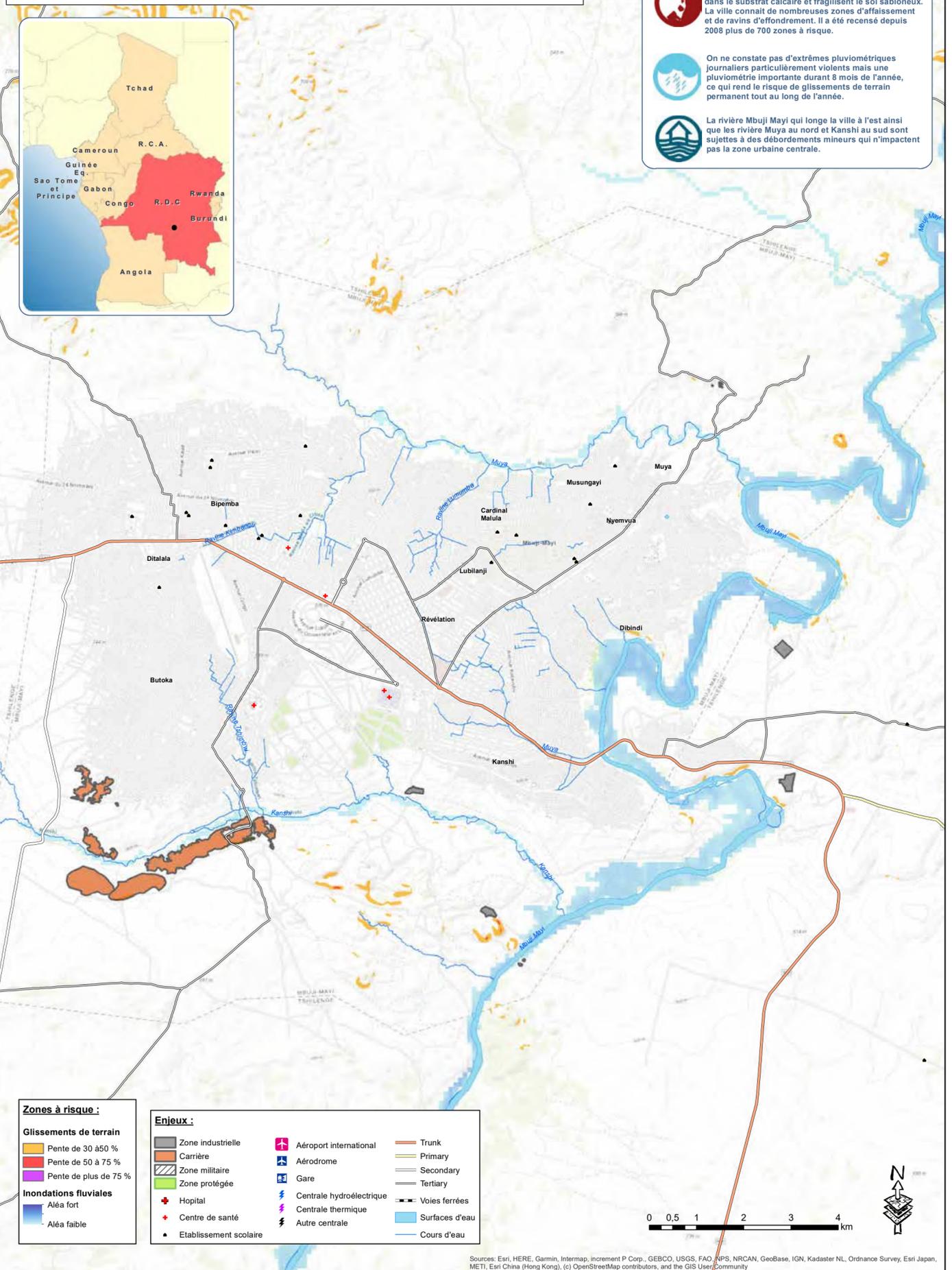
La ville de Mbuji Mayi présente un sol de composition sablonneuse supporté par du calcaire, facilement dissout par les eaux pluviales infiltrées. Ceci favorise la formation de cavités souterraines. Le sol de cette ville est à un état de dégradation inquiétant caractérisé par des érosions, ravins, effondrements et autres affaissements. Plus de 700 lieux d'érosion ou d'effondrement ont été recensés en 2008 par la coordination urbaine de l'environnement et la Coopération technique belge (CTB).

En 2006, des pluies torrentielles se sont abattues sur Mbuji Mayi et ont provoqué un affaissement de terrain au quartier Mikela, dans la commune de Dibindi. Le bilan était particulièrement lourd avec 200 familles restées sans abri.

Vue aérienne de Mbuji Mayi
Erosion du sol à Mbuji Mayi



Evaluation des risques de catastrophes naturelles dans la CEEAC VILLE DE MBUJI MAYI - RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO



Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

POPULATION

650 000 hab. (estimation 2020)

SURFACE

55 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

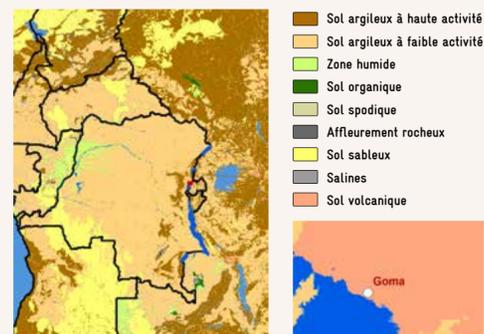
1° 41' 36" sud, 29° 13' 31" est

Goma est une ville de l'Est de la République Démocratique du Congo. Située à environ 1 500 mètres d'altitude dans la vallée du Rift, Goma est le chef-lieu de la province du Nord-Kivu. La ville s'étend sur la rive nord du lac Kivu. Elle est bâtie sur d'anciennes coulées de lave issues de la chaîne volcanique de Virunga, et principalement sur celles du volcan Nyiragongo situé à 20 km plus au nord.

La ville doit son nom au volcan éteint autour duquel elle s'est installée, le mont Goma. Le cratère du mont Goma, envahi par les eaux du lac Kivu avec lequel il communique, abrite le port de la ville fréquenté quasi exclusivement par la navette assurant la liaison Goma-Bukavu.

Ville frontalière, elle côtoie Gisenyi, à l'est, petite ville rwandaise au caractère balnéaire qui contraste avec l'urbanisme chaotique de Goma qui peine à se développer du fait des problèmes récurrents d'instabilité politique.

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1192 mm/an

Goma bénéficie d'un climat de type tropical d'altitude. Le climat est caractérisé par de nombreux mois avec des pluies assez fortes. Il n'y a qu'une courte saison sèche entre juin et août et celle-ci est peu marquée. La température moyenne annuelle à Goma est de 20 °C.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Le volcan Nyiragongo est l'un des volcans les plus actifs et les plus dangereux en Afrique. La dernière éruption spectaculaire date du 17 janvier 2002, dont la coulée de lave a ravagé une partie de la ville (environ 20%). Goma demeure sous cette menace permanente.

La région est par ailleurs soumise à de fréquentes secousses sismiques qui peuvent à tout instant déstabiliser les poches de méthane et de dioxyde de carbone situées sous le lac Kivu, ce qui entraînerait des risques d'asphyxie.

La précarité qui caractérise l'habitat urbain rend la ville particulièrement vulnérable aux différents risques de catastrophe naturelle auxquels elle est soumise.

Crédit : Deday, Michel. (2011). Le Nyiragongo: volcan de tous les dangers et maîtrise des risques. LAVI. 153. 16-29. 10.13140/2.1.4948.5449.

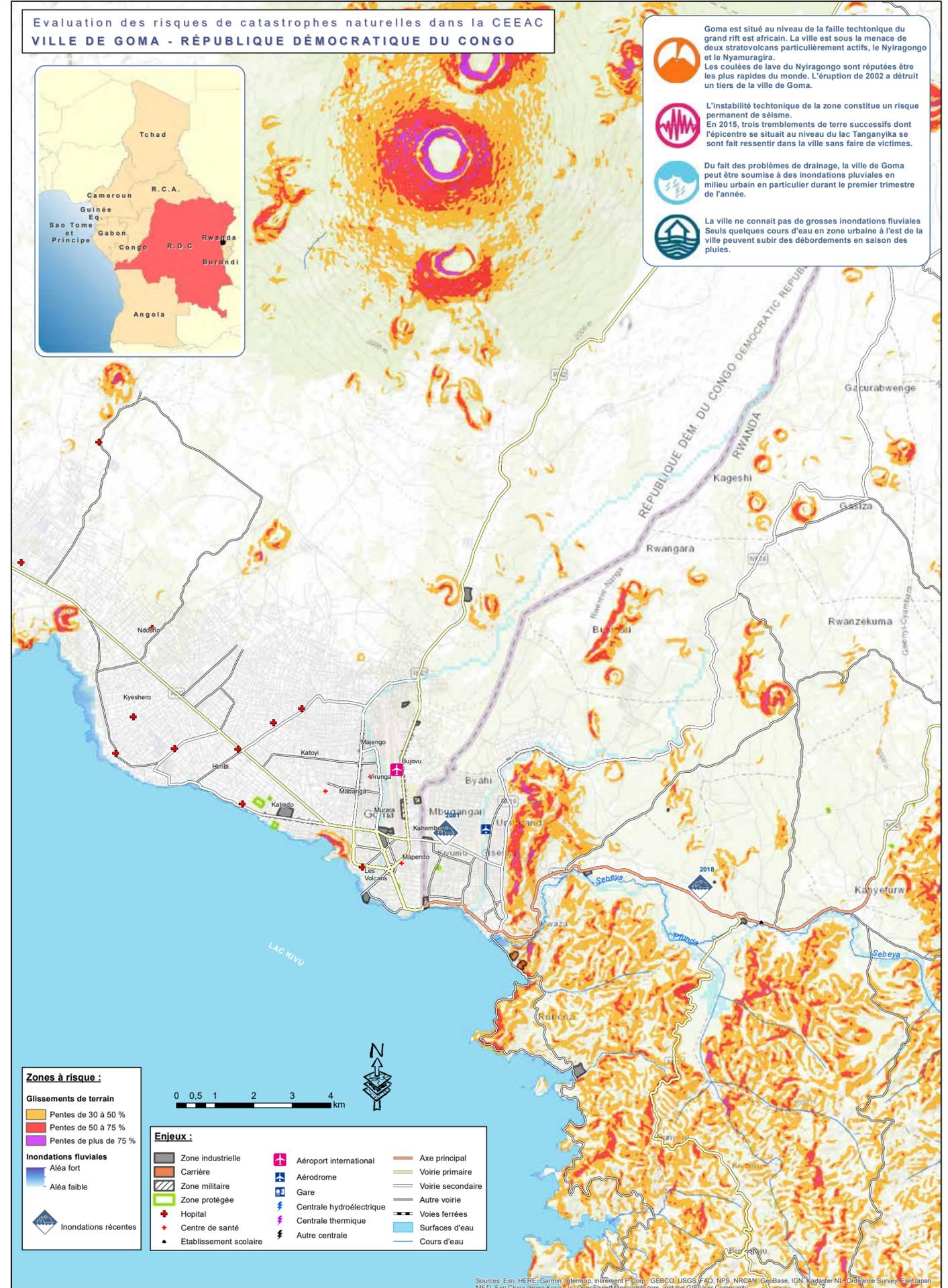


Vue aérienne de Goma © Hicham Daoudi

Bord du lac Kivu à Goma © Martijn Munneke

Volcan Nyiragongo © Josep Tsongo

**Evaluation des risques de catastrophes naturelles dans la CEEAC
VILLE DE GOMA - RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO**



Goma est situé au niveau de la faille tectonique du grand rift est africain. La ville est sous la menace de deux stratovolcans particulièrement actifs, le Nyiragongo et le Nyamuragira. Les coulées de lave du Nyiragongo sont réputées être les plus rapides du monde. L'éruption de 2002 a détruit un tiers de la ville de Goma.

L'instabilité tectonique de la zone constitue un risque permanent de séisme. En 2015, trois tremblements de terre successifs dont l'épicentre se situait au niveau du lac Tanganyika se sont fait ressentir dans la ville sans faire de victimes.

Du fait des problèmes de drainage, la ville de Goma peut être soumise à des inondations pluviales en milieu urbain en particulier durant le premier trimestre de l'année.

La ville ne connaît pas de grosses inondations fluviales. Seuls quelques cours d'eau en zone urbaine à l'est de la ville peuvent subir des débordements en saison des pluies.

- Zones à risque :**
- Glissemens de terrain
 - Pentes de 30 à 50 %
 - Pentes de 50 à 75 %
 - Pentes de plus de 75 %
 - Inondations fluviales
 - Aléa fort
 - Aléa faible
 - Inondations récentes

- Enjeux :**
- Zone industrielle
 - Carrière
 - Zone militaire
 - Zone protégée
 - Hopital
 - Centre de santé
 - Etablissement scolaire
 - Aéroport international
 - Aérodrome
 - Gare
 - Centrale hydroélectrique
 - Centrale thermique
 - Autre centrale
 - Axe principal
 - Voie primaire
 - Voie secondaire
 - Autre voie
 - Voies ferrées
 - Surfaces d'eau
 - Cours d'eau

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

POPULATION

1,2 millions d'hab. (estimation 2020)

SURFACE

200 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

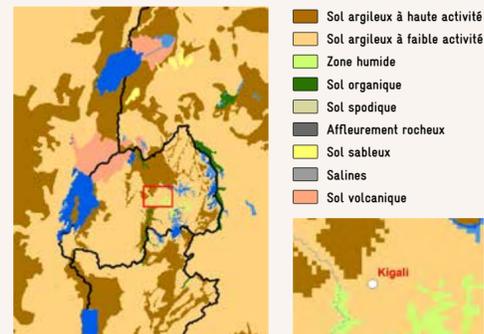
1° 57' 34" sud, 30° 05' 17" est

Kigali est la capitale du Rwanda et le centre économique et administratif du pays. La ville est construite sur plusieurs collines à 1500 m d'altitude et est entourée à l'ouest par la rivière Nyabarongo.

Comme c'est le cas dans de nombreuses villes rwandaises, les quartiers de Kigali s'articulent autour de collines et de quartiers. Malgré une topographie très accidentée ne facilitant pas l'aménagement, Kigali a vu ces dernières années l'aboutissement de grands travaux afin d'asphalter le réseau secondaire et tertiaire de la capitale et de passer à deux bandes les axes structurants. Kigali se différencie nettement de nombreuses villes d'Afrique subsaharienne par sa propreté et la qualité de sa voirie même dans les quartiers périphériques. La ville s'impose comme capitale « modèle » en termes de propreté et d'innovation. Même si la ville promeut une politique de circulation douce visant à désengorger la circulation automobile du centre-ville par l'aménagement de voies piétonnes et de pistes cyclables l'expansion galopante de la capitale rwandaise a donné lieu à la multiplication d'implantations informelles, où les habitants vivent dans un état précaire, avec un accès limité à des infrastructures adaptées et à des services de base. La politique actuelle vise à déplacer progressivement ces populations vers des zones présentant un moindre risque.

Credit : Wikipedia 2021 / Banque Mondiale

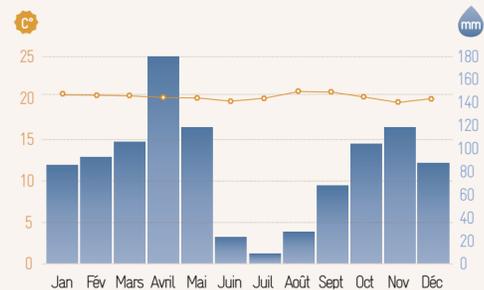
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1000 mm

Kigali est soumise à un climat tropical d'altitude. Les températures sont tempérées par l'altitude et oscillent toute l'année autour de 20°C en moyenne. La saison sèche se situe entre juin et août. Le mois le plus pluvieux est le mois d'avril.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

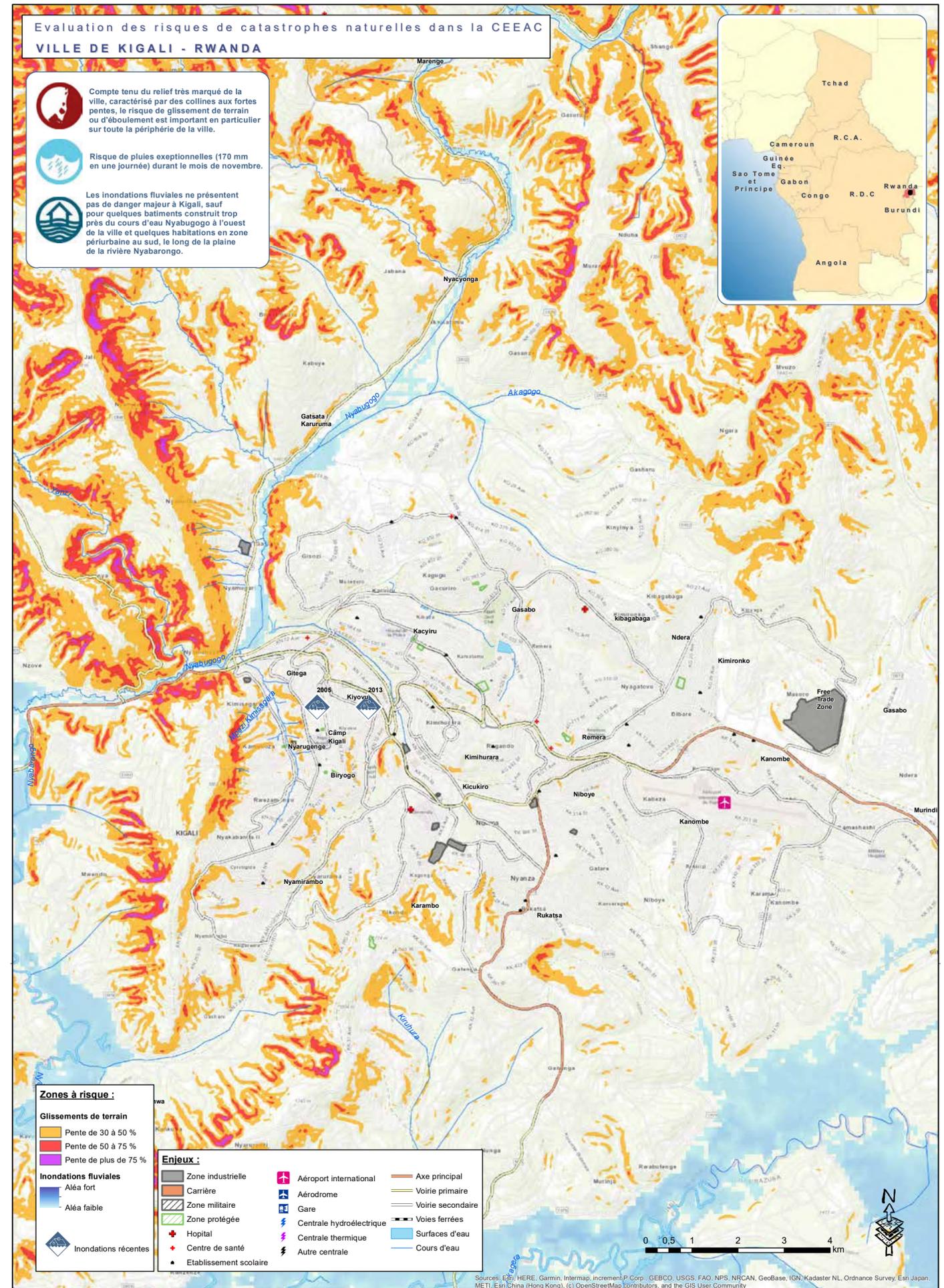
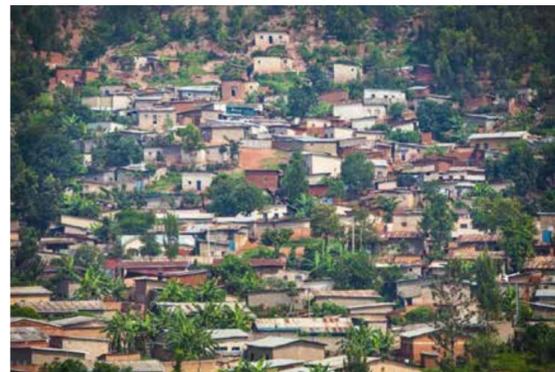
La situation géographique et les caractéristiques topographiques de Kigali, conjuguées dans certains quartiers au manque d'infrastructures de drainage et de solutions permettant d'accroître l'infiltration et de ralentir le ruissellement, exposent la ville à de fréquentes inondations ainsi qu'à des glissements de terrain.

Pour autant la ville de Kigali se distingue par les efforts menés en matière d'aménagement urbain et de gestion des déchets. Elle est présentée comme la ville la plus propre d'Afrique.

Le 25 décembre 2019, des pluies torrentielles ont provoqué des inondations de grande ampleur à Kigali, causant la mort d'au moins quatre personnes et endommageant une centaine d'habitations.

Source : Banque Mondiale 2020

Vue de Kigali
© Nomami / flickr
Habitat populaire sur les versants de Kigali
© Getty/Peter Stuckings
Inondations à Kigali
© Worldbank



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

118 • SAO TOMÉ

POPULATION

72 000 d'hab. (estimation 2015)

SURFACE

35 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

0° 20' 07" nord, 6° 43' 51" est

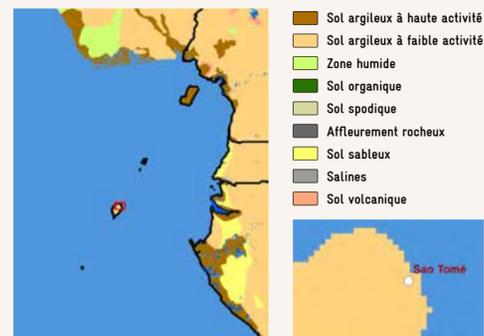
São Tomé, capitale de la république démocratique de São Tomé et Príncipe, se situe sur l'île de São Tomé appartenant, d'un point de vue géomorphologique, à la ligne volcanique du Cameroun. C'est la plus grande ville du pays avec plus de 70 000 habitants en 2015. Elle se situe à 300 km des côtes gabonaises.

L'île de São Tomé est une île tropicale montagneuse comportant un ancien volcan de plus de 2000 m. La ville de São Tomé est localisée sur la côte Nord-Est de l'île autour de la baie Ana Chaves.

São Tomé est également un port, mais la faible profondeur de ses eaux l'empêche de recevoir des bateaux de fort tonnage. On y pratique la pêche au gros (espadons et marlins). L'activité portuaire est dominée par l'exportation du cacao, du bois et des bananes.

La ville conserve son caractère de petite ville tropicale avec de nombreuses anciennes maisons coloniales entretenues ou réhabilitées. Compte tenu de sa taille modeste et même si sa population demeure pauvre, on ne retrouve pas à São Tomé, comme dans d'autres villes de la CEEAC, les problèmes liés à une croissance urbaine non maîtrisée.

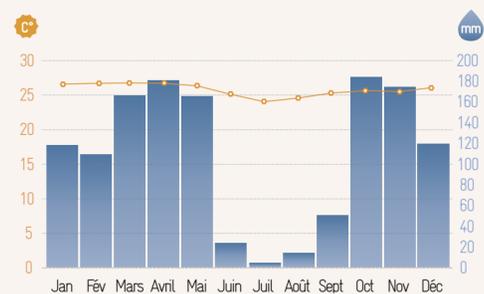
PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1285 mm/an

São Tomé se caractérise par un climat tropical avec une saison des pluies relativement longue et une saison sèche courte. La saison des pluies s'étend d'octobre à mai, tandis que la saison sèche couvre les quatre mois restants. La ville de São Tomé reçoit en moyenne un peu plus de 1200 mm de précipitations par an. Les températures dans la ville sont relativement constantes, et oscillent autour de 25°C.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Le risque d'érosion côtière à São Tomé est modéré et les risques d'inondations et/ou de glissements de terrain sont faibles à très faibles.

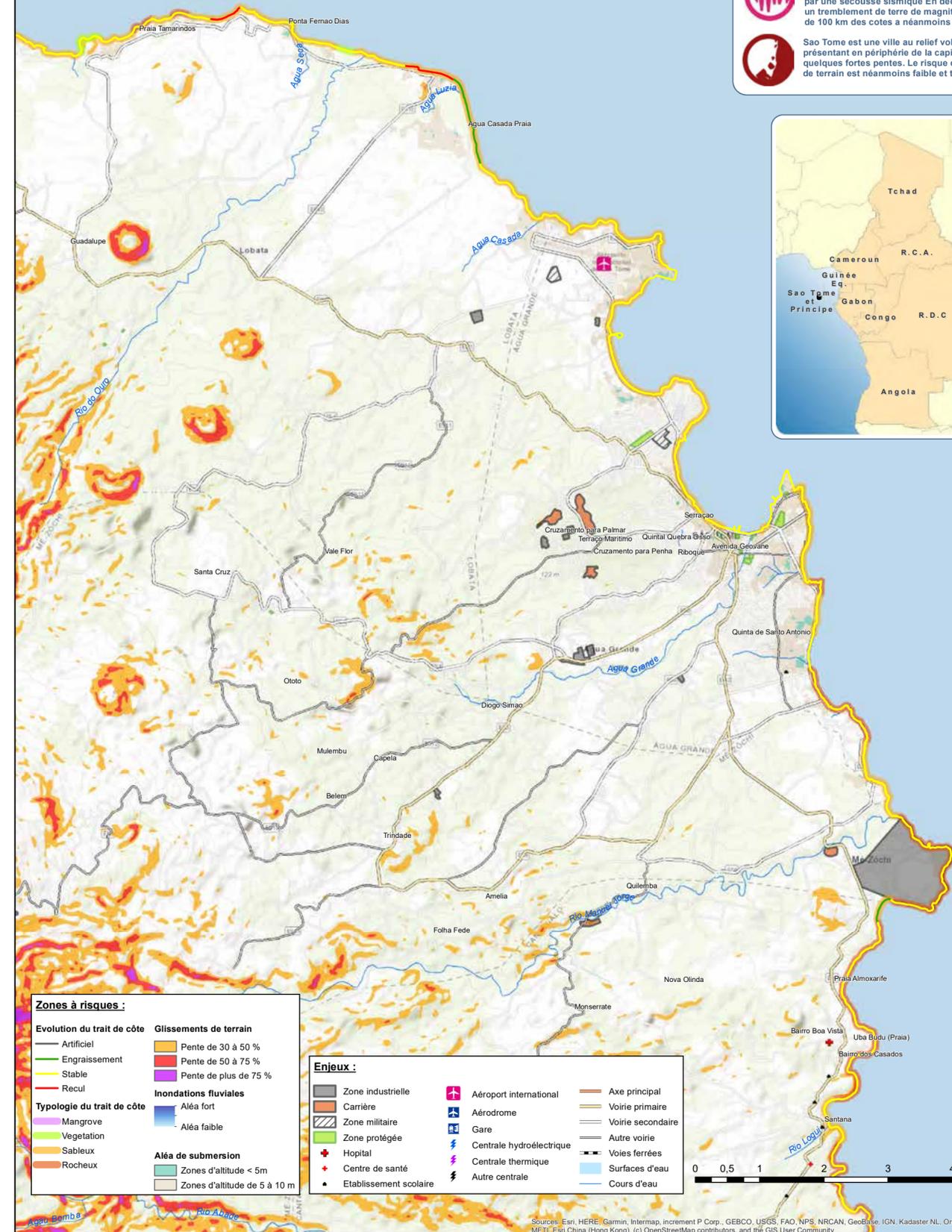
Baie de Ana Chaves, Sao Tomé



Vue aérienne de Sao Tomé



Evaluation des risques de catastrophes naturelles dans la CEEAC VILLE DE SAO TOMÉ - SAO TOMÉ ET PRINCIPE



- Le littoral côtier est relativement stable en dehors de quelques portions au nord de la ville. Comme pour toutes les villes côtières le changement climatique peut accroître le risque de submersion.
- La ville de Sao Tome est soumise à un climat tropical avec une longue saison des pluies (de septembre à mai). Le risque d'inondation urbaine demeure cependant faible.
- Bien que située sur la ligne volcanique du Cameroun la ville de Sao Tome, comme toute l'île, présente un risque très faible d'être impactée par une secousse sismique. En décembre 2019, un tremblement de terre de magnitude 5.5 à moins de 100 km des côtes a néanmoins été ressenti.
- Sao Tome est une ville au relief volcanique présentant en périphérie de la capitale quelques fortes pentes. Le risque de glissement de terrain est néanmoins faible et très localisé.



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries. AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

120 • NDJAMENA

POPULATION

1,5 millions d'hab. (estimation en 2020)

SURFACE

230 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

12° 07' nord, 15° 03' est

Capitale du Tchad, La ville de N'Djaména se situe en zone sahélienne, à la confluence du fleuve Chari et de la rivière Logone. N'Djaména est l'unique grande ville d'un pays faiblement urbanisé.

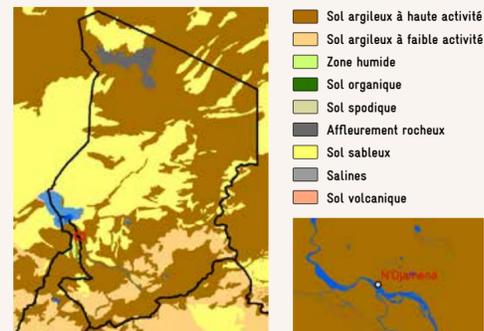
Sa population n'était que de 17 800 habitants en 1945. Sous l'effet d'un exode rural amplifié, après l'indépendance, par les sécheresses et l'insécurité elle a connu une croissance urbaine continue jusqu'à nos jours.

Le site de plaine alluviale exposée aux inondations en période de crue crée de fortes contraintes pour l'extension et les aménagements urbains. En l'absence de plan directeur, l'urbanisation progresse en combinant dynamiques informelles et lotissements planifiés, comme ceux qui investissent les espaces situés au nord de l'aéroport. Deux ponts franchissent désormais le Chari, facilitant le développement de nouveaux quartiers sur la rive gauche.

Par ailleurs, le Tchad a été classé comme le pays le plus vulnérable aux changements climatiques. 90 % du lac Tchad, situé à une centaine de kilomètres de N'Djaména, a disparu ces 50 dernières années sous l'effet conjugué de sécheresses et d'une augmentation des prélèvements d'eau pour l'irrigation.

Credit : Pourtier, Encyclopédie Universalis, 2021

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitation 481 mm/an

N'Djaména subit un climat aride avec une saison sèche durant 9 mois, tandis que la saison humide est d'une durée de 3 mois (de juillet à septembre). Le cumul des précipitations annuel est inférieur à 500 mm par an. La végétation se trouve ainsi en stress hydrique une bonne partie de l'année.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

La topographie très plane de la ville avec de nombreuses cuvettes contribue à la stagnation des eaux lors des épisodes pluvieux.

Les cuvettes au sud de la ville sont occupées par des habitats informels et précaires, avec un faible accès à l'eau potable aggravant la vulnérabilité des populations lors des inondations. La stagnation des eaux entraîne de nombreuses maladies et demeure une véritable source d'insalubrité.

Les débits du fleuve Chari augmentent sensiblement aux cours des mois de juillet à Novembre, avec un pic au mois d'octobre. C'est notamment durant les mois de septembre à Novembre que les inondations interviennent.

La fin de l'année 2019 a été marquée par des inondations importantes, avec de nombreux quartiers devenus inaccessibles.

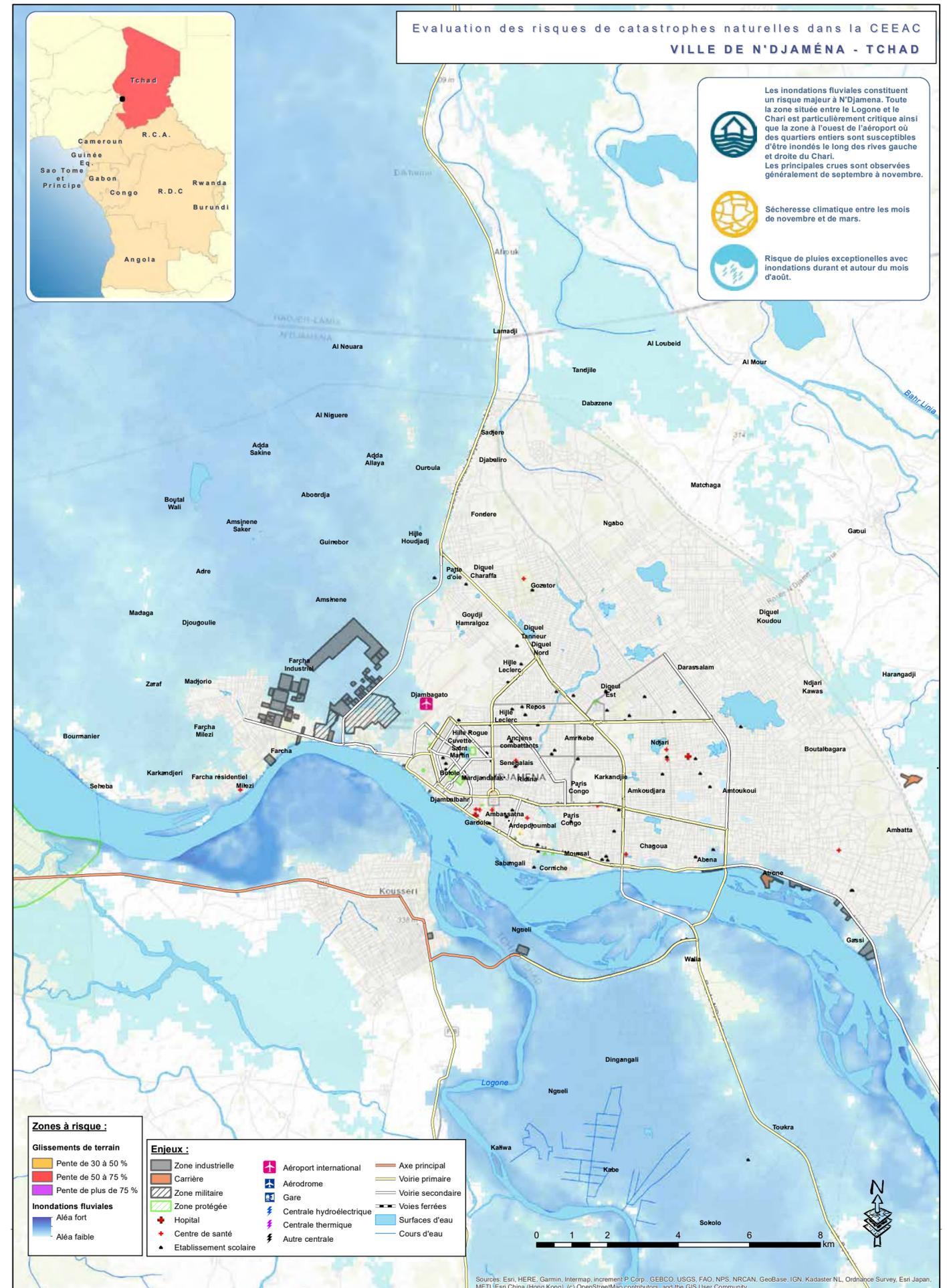
En 2020 N'Djaména a subi des inondations pluviales lors des mois de juillet à août, et des inondations fluviales de septembre à novembre dues en partie à la rupture de la digue de protection qui a été submergée par la montée des eaux du fleuve Chari.

Vue aérienne de N'Djaména

Inondation à N'Djaména en 2020



Débit moyen mensuel du fleuve Chari (en m³/s)
Station hydrologique : N'Djaména
Données calculées sur 58 ans (1933-1991)



DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

122 • MOUNDOU

POPULATION

140 000 hab. (estimation 2012)

SURFACE

29 km² (zone urbaine)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

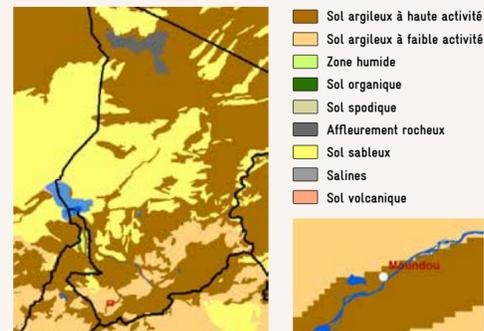
8° 34' 00" nord, 16° 05' 00" est

Moundou est la seconde ville et la capitale économique du Tchad (commerce, transformation du coton, manufacture de tabac). Situé à l'extrémité sud-ouest du pays, à proximité de la RCA et du Cameroun et à 475 km au sud de la capitale N'Djamena, la ville est construite sur la rive gauche de la rivière Logone à proximité du Lac Wey qui présente une menace de débordement pour la ville.

Chef-lieu de la région du Logone Occidental et du département du Lac Wey, elle compte près de 98 000 habitants lors du recensement de 1993 et sans doute environ 200 000 habitants en 2020.

Moundou se trouve dans la plaine alluviale du Logone à 398 m d'altitude.

PÉDOLOGIE



GRAPHIQUES (DÉBIT, OMBROTHERMIE,...)

Cumul des précipitations 1078 mm/an

Moundou bénéficie d'un climat tropical avec une saison humide de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. Le mois le plus pluvieux est le mois d'août avec plus de 250 mm de pluie. La température moyenne oscille entre 25°C et 30°C.



DERNIERS RISQUES RECENSÉS

Le débordement du Logone et du lac Wey durant la saison des pluies expose la ville à des risques d'inondation sept mois par an. La moitié de la commune se trouve en zone inondable. Plus de 80 000 habitants sont concernés.

La mauvaise qualité des réseaux d'assainissement augmente l'impact des inondations pluviales et fluviales que subit de façon récurrente la ville de Moundou. Les risques sont d'autant plus grands que le système d'assainissement des eaux de pluie est mal conçu et que la ville est dépourvue de services d'évacuation des eaux usées et de collecte des déchets. La stagnation des eaux, en particulier, favorise le développement de maladies. Elle place Moundou parmi les localités où la mortalité liée au paludisme est la plus élevée du pays.

Par ailleurs Moundou subit une période de sécheresse absolue de novembre à février qui empêche toute culture si l'on ne possède pas de puits.

Crédit : AFD

En août 2019, de grosses pluies se sont abattues sur la ville. De nombreux quartiers se sont retrouvés totalement inondés. Du quartier Doyon à Mbombaya en passant par Dombao, Djarabé et Gueldjem, les eaux de pluies stagnantes ont rendu certains endroits difficilement accessibles.



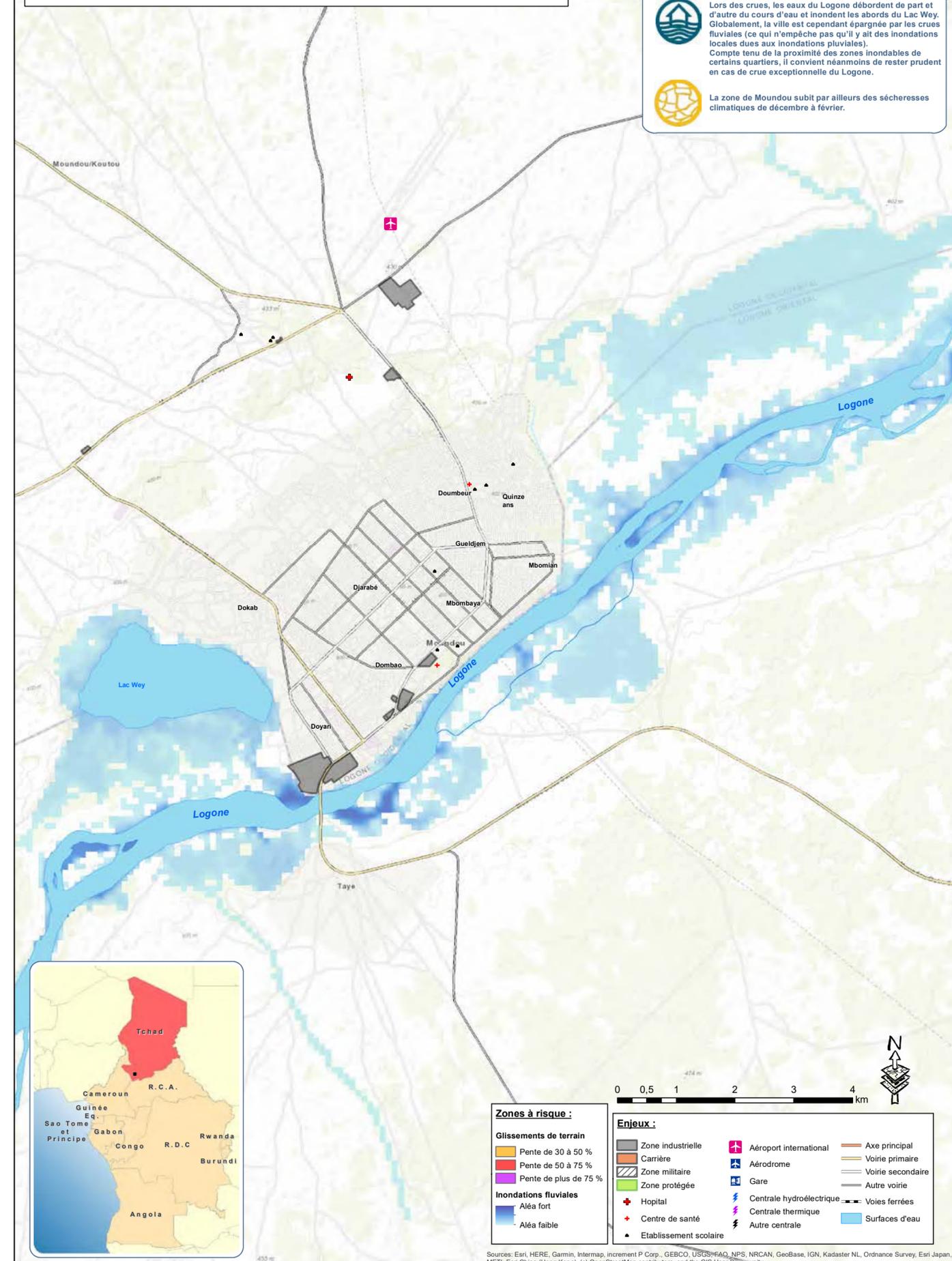
Vue aérienne de Moundou avec le lac Wey © Google Earth

Vue de Moundou © Adamou / Twitter

Eaux stagnantes à Moundou © AFD



Evaluation des risques de catastrophes naturelles dans la CEEAC VILLE DE MOUNDOU - TCHAD



la ville de Moundou est construite sur la rive gauche du Logone à proximité du Lac Wey.

Lors des crues, les eaux du Logone débordent de part et d'autre du cours d'eau et inondent les abords du Lac Wey. Globalement, la ville est cependant épargnée par les crues fluviales (ce qui n'empêche pas qu'il y ait des inondations locales dues aux inondations pluviales). Compte tenu de la proximité des zones inondables de certains quartiers, il convient néanmoins de rester prudent en cas de crue exceptionnelle du Logone.

La zone de Moundou subit par ailleurs des sécheresses climatiques de décembre à février.

Zones à risque :		Enjeux :	
Glissements de terrain	Inondations fluviales	Zone industrielle	Aéroport international
Pente de 30 à 50 %	Aléa fort	Carrière	Aérodrome
Pente de 50 à 75 %	Aléa faible	Zone militaire	Gare
Pente de plus de 75 %		Zone protégée	Centrale hydroélectrique
		Hopital	Centrale thermique
		Centre de santé	Autre centrale
		Etablissement scolaire	
			Axe principal
			Voie primaire
			Voie secondaire
			Autre voie
			Voies ferrées
			Surfaces d'eau

DISCLAIMER: The designations employed and the map presentations do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of ECCAS concerning the legal status of any country, territory, city, area of its authorities, place names, or the delineation of its frontiers or boundaries.

AVERTISSEMENT: Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC, de la Banque mondiale, de l'Union européenne ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

Conception graphique et mise en page

Charlotte DEVANZ

Crédits photographiques

Images satellites (page de couverture et pages 22, 36, 64, 78) :

© Google Earth

© Bing Virtual Earth

© Esri, Maxar, Earthstar Geographics, USDA FSA, USGS, AeroGRID, IGN, IGP, and the GIS User Community

Copyright©2020, Communauté Economique des Etats d'Afrique Centrale (CEEAC)

Haut de Gué Gué

BP 2112 Libreville – Gabon

Contact : contact@ceeac-eccas.org

Tel : + (241) 01 44 47 31

+ (241) 01 44 47 32

Site Web : <http://ceeac-eccas.org>

Produit par :

Groupement IGN FI – BRLI

Site Web : <https://www.ignfi.fr>

<https://brli.brl.fr>

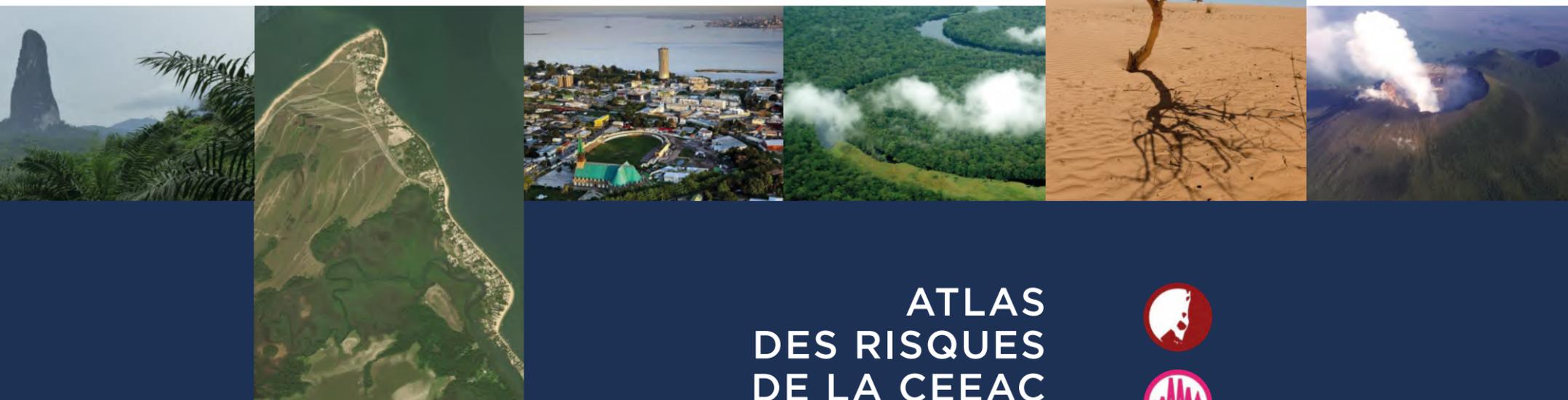
Cette publication peut être reproduite en totalité ou en partie et sous n'importe quelle forme à des fins pédagogiques ou non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur du droit d'auteur, sans modification de son contenu ni sa structure, à condition de faire mention de la source.

Les appellations utilisées et les présentations n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part de la CEEAC ou organismes de coopération quant au statut juridique des pays, territoires, villes, domaine de compétence, les noms de lieux ou de la délimitation de ses frontières ou limites.

La CEEAC souhaiterait recevoir un exemplaire de tout ouvrage utilisant cette publication comme source.

Cette publication ne peut être vendue ni utilisée à quelque fin commerciale sans l'accord préalable et par écrit du Secrétariat général de la Communauté Economique des Etats d'Afrique Centrale (CEEAC).

A des fins bibliographiques et de référence, cette publication doit être citée en tant que *Atlas des Risques de la CEEAC, (2020)*.



ATLAS DES RISQUES DE LA CEEAC

Cet Atlas a été réalisé en 2020-2021 par le groupement IGN FI - BRLI dans le cadre du projet de renforcement de capacités en réduction des risques de catastrophes de la CEEAC financé par l'Union Européenne et géré par la Facilité Mondiale pour la Prévention des Catastrophes et le Relèvement (GFDRR) de la Banque Mondiale.

