

Architecture et permis de construire au Cameroun à l'épreuve du changement climatique : le cas de la ville de Douala.

Architecture and building permits in Cameroon in the face of climate change:
case study of the city of Douala.

Auteur 1 : Christophe NKUINA,

Christophe NKUINA, Ph.D

Département d'Architecture et Urbanisme, Université de Douala, IBA à Nkongsamba, Cameroun

Déclaration de divulgation : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

Conflit d'intérêts : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

Pour citer cet article : NKUINA .Ch (2025). « Architecture et permis de construire au Cameroun à l'épreuve du changement climatique : le cas de la ville de Douala », African Scientific Journal « Volume 03, Numéro 30 » pp: 0200 – 0229.



DOI : 10.5281/zenodo.15607303
Copyright © 2025 – ASJ



Résumé

Depuis que l'architecture existe, elle compose avec le climat, s'établissant là où il est propice, là où la combinaison du soleil et de la pluie a façonné un environnement généreux ; le climat est plus qu'une ressource pour l'architecture, il en est l'une des raisons d'être. Initié par la révolution industrielle au milieu du XIXe siècle, avec l'usage de combustibles fossiles, le changement climatique est une réalité indiscutable. Le présent article voudrait répondre à la question de l'opérationnalité du permis de construire dans le contexte du bâtir au Cameroun et spécifiquement dans la ville de Douala, portant une attention aux dispositions légales qui encadrent la délivrance de ce document et au regard de la place que la bioclimatique occupe dans l'architecture aujourd'hui. Notre objectif vise à illustrer combien l'insertion réglementaire de certaines stratégies constructives dans les exigences de l'obtention du permis de construire peut permettre à la ville de participer à la résilience à travers une approche gagnant-gagnant. Cette recherche, part de l'activité en tant que chercheur mais aussi en tant que professionnel du secteur de l'architecture dans la ville de Douala. Notre approche méthodologique s'appuie sur l'observation, la participation et les sources documentaires. Ce concept exploratoire et expérimental nous a porté à un recueil de données qui ont ensuite fait l'objet d'une analyse critique et prospective sur l'efficacité des pratiques actuelles et futures dans une ville comme celle de Douala. Les résultats de cette recherche qui se veulent stratégiques face au réchauffement climatique se rendent visibles quand nous nous référons à un exemple de projet tel celui de Francis Keré au Burkina Faso et dans lequel la résilience au climat a été mise au centre de la conception architecturale.

Mots clés: *adaptation; architecture; changement climatique; environnement; permis de construire.*

Abstract

Since architecture existed, it has dealt with the climate, settling where it is favorable, where the combination of sun and rain has created a generous environment; climate is more than a resource for architecture, it is a reason for being. Initiated by the industrial revolution in the mid-nineteenth century, with the use of fossil fuels, climate change is an indisputable reality. This article shows how in a context of climate change a structuring the components of the building permit dossier can contribute to the resilience of the architecture to this climate change which has not only negative effects but also potentialities. The question to be answered is whether the building permit is operational in the context of construction in Cameroon and specifically in the city of Douala, the legal provisions governing the issuance of this document and the place that bioclimatic occupies in architecture today. Our goal is to illustrate how the regulatory integration of certain constructive strategies into building permit requirements can enable the city to participate in resilience through a win-win approach. This research, which begins as a researcher but also as a professional in the architectural sector in the city of Douala. Our methodological approach is based on observation, participation and documentary sources. This exploratory and experimental concept led us to a collection of data that was then critically and prospectively analyzed on the effectiveness of current and future practices in a city like Douala. The results of this research, which are intended to be strategic in the face of global warming, become visible when we refer to an example of a project such as that of Francis Keré in Burkina Faso, in which climate resilience has been placed at the center of architectural design.

Keywords: *adaptation; architecture; building permit; climate change; environment.*

Introduction

L'augmentation de la température, la fonte des glaciers ou la montée du niveau des mers sont des preuves visibles du changement climatique. Inéluctablement, ce changement climatique s'accompagne aussi de variations importantes dans le régime des précipitations et dans la sévérité des événements extrêmes. Les secteurs socio-économiques et l'environnement naturel ne peuvent être indifférents au regard de ces transformations dues au dérèglement climatique. La croissance des températures de saisons chaudes induites par le dérèglement climatique est préoccupante pour les villes des latitudes tropicales comme Douala au Cameroun et préoccupante parce qu'elle exacerbe le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU), réduisant entre autre le confort thermique à l'intérieur des bâtiments. L'adaptation au changement climatique, souvent négligée faute de vision claire des enjeux et des leviers d'action, devient indispensable et seule une appropriation locale peut permettre l'engagement d'actions pertinentes pour anticiper, réduire les effets négatifs et bénéficier des opportunités du changement climatique sur le long terme. L'architecture à travers sa chaîne d'acteurs peut contribuer à atténuer le dérèglement climatique et ses effets, tout en restaurant le lien avec l'environnement naturel dont nous sommes désormais tous appelés à préserver. La condition restera de la repenser comme interface entre climat et ambiance, et de réactualiser un certain nombre de questions qui, sans être nouvelles, se posent de façon beaucoup plus insistantes depuis que les effets du changement climatique se font clairement sentir.

Le secteur du bâtiment dont nous savons assumer copieusement une responsabilité dans les émissions de CO₂, et partant de gaz à effet de serre (GES) qui sont les principaux catalyseurs du changement climatique devient un moteur de transition vers un environnement bâti plus résilient, économe en ressources et de fait, être une solution au changement climatique. Si le secteur du bâtiment doit faire face au défi de devoir limiter ses émissions de GES, tout en améliorant, la qualité des services qu'il offre aux occupants des bâtiments, les architectes et les designers urbains, s'ils acquièrent les connaissances et les compétences adéquates, deviennent des acteurs potentiels de l'atténuation et de l'adaptation à ce changement climatique autant plus que leurs décisions influencent les émissions de GES dans le secteur du bâtiment.

Cet article tient à argumenter sur le changement climatique afin de renforcer la prise de conscience à son égard et ensuite illustrer à travers des propositions, combien une bonne structuration réglementaire du dossier d'obtention d'un permis de construire spécifiquement dans la métropole de Douala peut, à travers des technologies et pratiques, stimuler les principaux protagonistes de l'architecture, de l'urbanisme et du secteur des constructions en général à devenir non seulement des acteurs fondamentaux de l'atténuation des effets du changement climatique mais bien plus à contrôler

la résilience à ce phénomène devenu planétaire. Nous voulons d'autre part mettre en avant les opportunités qu'offre, cette adaptation notamment concernant la consolidation de l'impact du secteur de la construction sur le développement social, économique et l'amélioration de la qualité de vie.

Le présent travail, de nature descriptive, s'appuie sur une démarche analytique et expérimentale. Nous partons de l'idée de fournir un état de connaissance sur le changement climatique à l'échelle globale et sur son impact en se référant à la littérature de référence laquelle est le résultat de nombreuses explorations. A travers des connaissances acquises dans l'exercice professionnel et dans la recherche, nous procéderons à une présentation climatique de la ville de Douala et de suite, après une analyse *ex post* de l'état structurel, un cadre mélioratif sera proposé pour la constitution d'un dossier de permis de construire dans cette ville et ce en définissant et des stratégies technologiques qui pourraient participer à la résilience dans un contexte où la manifestation des effets conséquents au réchauffement climatique est un fait. Trois principales sources ont été mobilisées pour cette recherche : les sources documentaires et les sources iconographiques et les analyses personnelles fondées sur les résultats de l'exercice professionnel en tant qu'Architecte. Les approches historique, empirique et l'analyse des résultats déjà existants ont guidé la collecte de données ; tandis que le traitement des données a fait recourir à l'analyse de contenu. Il a été question d'interroger la littérature sur le climat global, l'écologie environnementale, l'habitat contemporain [1] et les technologies constructives [2] capables de stimuler une adéquation à l'évolution climatique de notre planète comme illustrée par l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Trois axes principaux structurent les résultats de cette recherche : la présentation du changement climatique comme une donnée devant désormais participer au processus de la conception architecturale et urbanistique ; l'impact négatif de ce dérèglement sur le climat et les apports positifs de la résilience à ce phénomène ; ensuite, un potentiel canevas capable faire entrer dans l'imaginaire collectif des professionnels du secteur de la construction y compris le régulateur, la nécessité d'adopter une attitude et une politique de résilience au changement climatique.

2. Le dérèglement climatique planétaire entre actualité et évolution

Le débat sur le réchauffement climatique est en fait interrompu depuis de nombreuses années dans le monde scientifique, car il est désormais largement admis qu'il est sans équivoque. Depuis 1950 la plupart des changements observés sont sans précédents à l'échelle millénaire. La cause principale s'individualise dans l'augmentation des concentrations de « gaz à effet de serre » dans l'atmosphère d'origine anthropique, principalement le dioxyde de carbone (CO₂). Le plus récent rapport de l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) ou GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) fournit l'estimation la plus récente des changements climatiques intervenus

depuis l'époque industrielle et propose différents scénarios prévisionnels pour le XXI^e siècle. Chaque scénario est basé sur une hypothèse d'atténuation de la perturbation climatique, induite par plusieurs stratégies possibles globales afin de réduire la production de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre. La principale conséquence de l'effet de serre sur le climat est le réchauffement progressif de l'atmosphère et des océans, qui semble sans équivoque et étayée par de nombreuses données scientifiques indépendantes.

L'augmentation de la température moyenne mondiale de la surface terrestre et des océans de 0,85°C pour la période 1880-2012, correspond une prévision en hausse pour la fin du XXI^e siècle, avec des valeurs comprises entre 0,3 et 4,8 °C selon les scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Une élévation progressive du niveau de la mer au niveau mondial résulte directement dépendante de l'augmentation de température et est également quantifiée avec un bon degré de fiabilité grâce à aux différentes séries de mesures marégraphiques réparties dans le monde entier.

Les scénarios prévisionnels s'accordent également sur une future élévation du niveau de la mer même si l'entité se situe dans une fourchette assez large. Une bonne interprétation de ces scénarios inclut également l'évaluation des mouvements de sol liés aux processus géologiques régionaux et locaux qui peuvent avoir des incidences significatives son ampleur réelle de cette élévation du niveau de la mer. L'évaluation de la variation d'autres paramètres climatiques tels que les précipitations, est elle aussi importante même si plus controversées. En toutes circonstances, l'adaptation au changement climatique implique différents niveaux et types de suivi, de planification et de gestion politique, dans des domaines tels que la planification urbaine, l'architecture, la protection civile, les plans d'urgence, l'approvisionnement en eau, la santé, l'agriculture, l'environnement, les infrastructures technologiques.

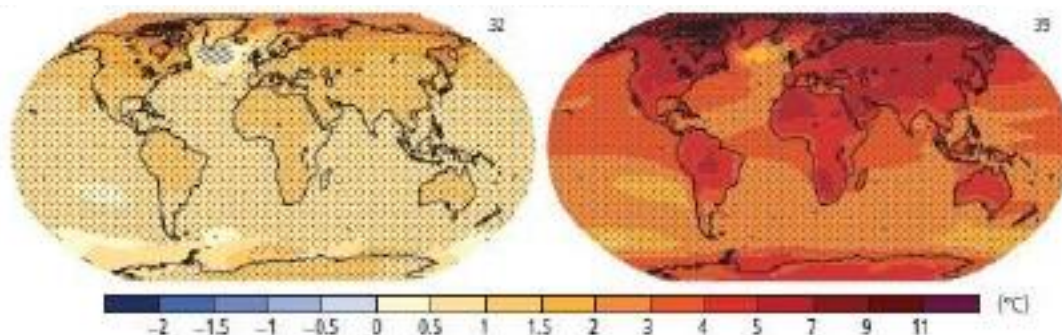
L'impact des activités humaines n'étant pas précisément connu et Conscients du problème que pourrait poser le changement climatique à l'échelle du globe il fût décidé de lancer un programme de recherche climatologique mondial, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE) créent le Groupement Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) plus connu sous *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* en 1988. Celui-ci doit assurer le suivi scientifique des processus de réchauffement climatique.

Ceci se fonde sur le fait que, pour être prêt pour l'avenir, il est important de comprendre comment le climat va continuer changer. Notre avenir n'est pas déjà décidé : il dépendra de nombreux choix que nous ferons maintenant et dans les années à venir. Le réchauffement climatique continuera au moins jusqu'en 2050 avant que les températures ne se stabilisent (source : IPCC/GIEC).

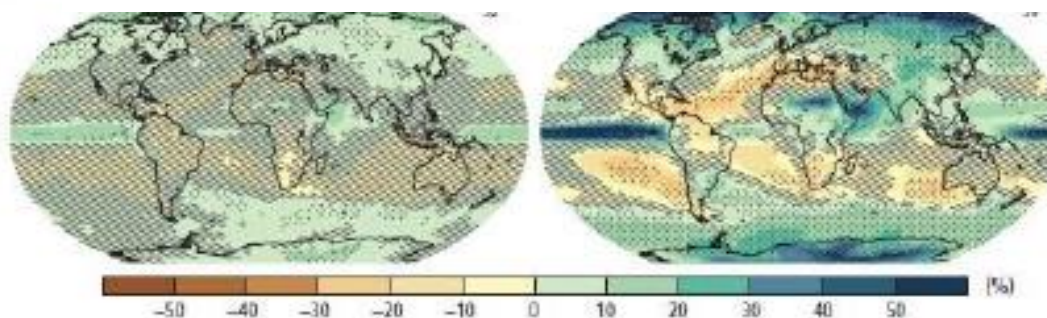
Les modèles climatiques montrent que, même si nous réduisons fortement les émissions de gaz à effet de serre à partir de maintenant, le réchauffement ne s'arrêtera pas complètement d'ici 2050 au moins. En effet, les activités humaines responsables des émissions de gaz à effet de serre ne peuvent pas être mises à zéro immédiatement ; mettre en œuvre les actions de réduction des émissions de gaz à effet de serre prend du temps (même si elles sont faites massivement). Une réduction plus importante des gaz à effet de serre ralentirait et réduirait le réchauffement.

Figure 01 : Scénarios futurs pour les variables climatiques températures (a), précipitations (b), niveau de la mer (c) selon le rapport le plus récent de l'IPCC (2014). deux possibles scénarios de référence sont proposés : le plus optimiste (RCP2.6) et le plus pessimiste (RCP8.5) parmi ceux hypnotisé sur la base des divers niveaux d'intervention diminutifs des émissions de gaz à effet de serre.

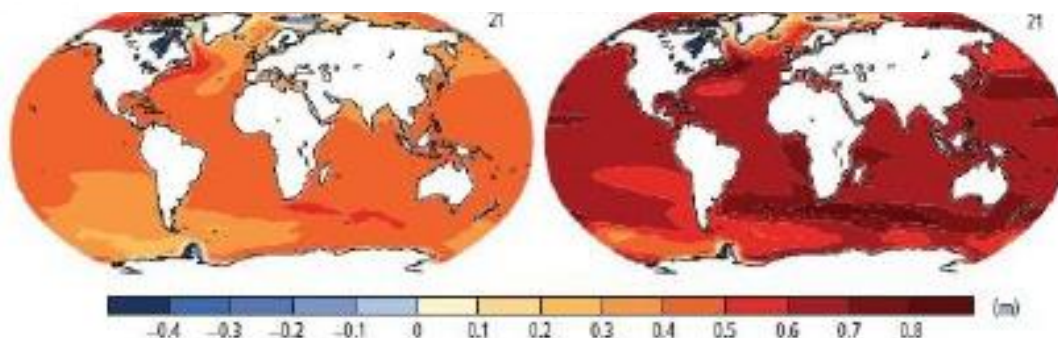
(a) Moyenne de variation de la température superficielle (1986-2005 à 2081-2100)



(b) Moyenne des variations de précipitation (1986-2005 à 2081-2100)



(c) Moyenne des variations du niveau de la mer (1986-2005 à 2081-2100)

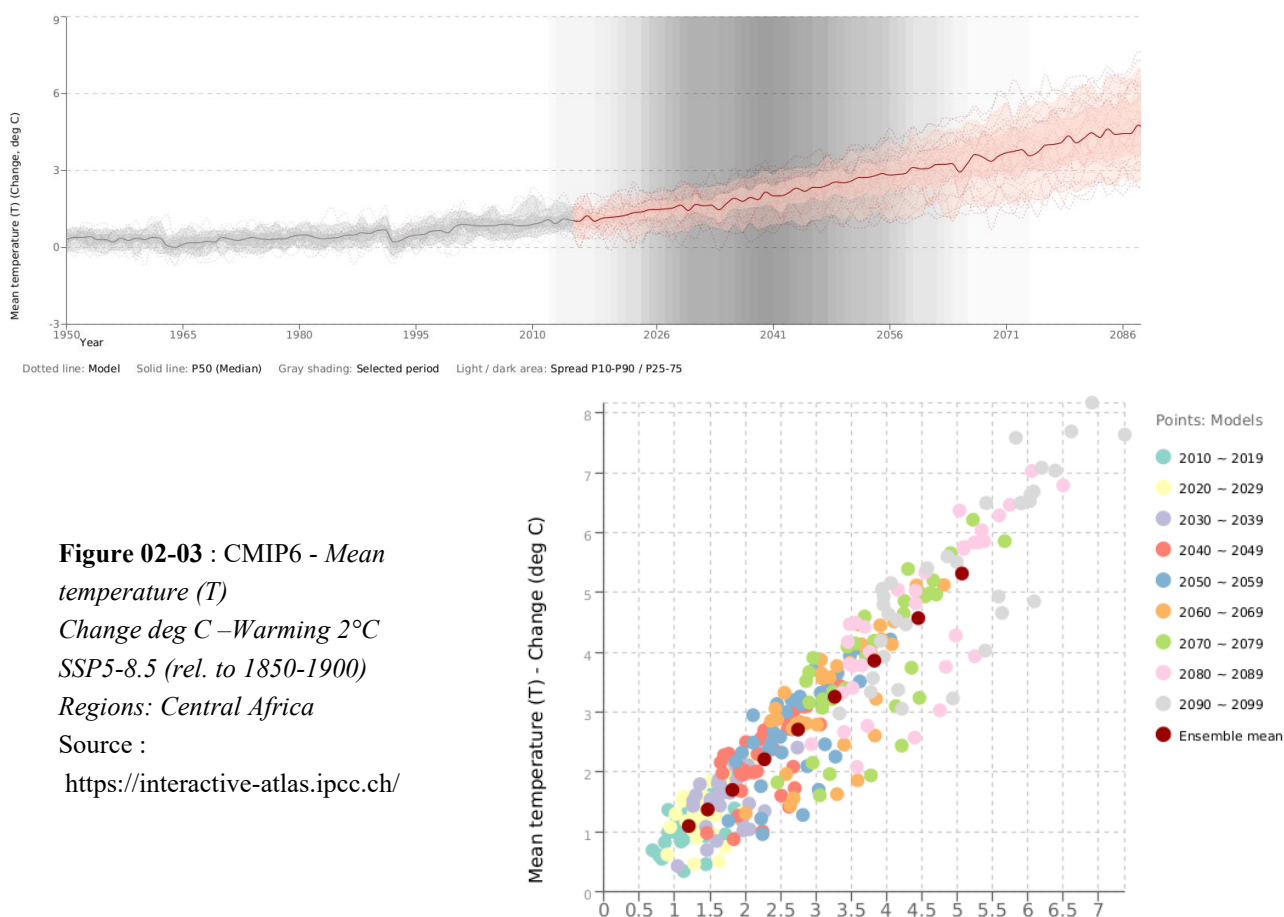


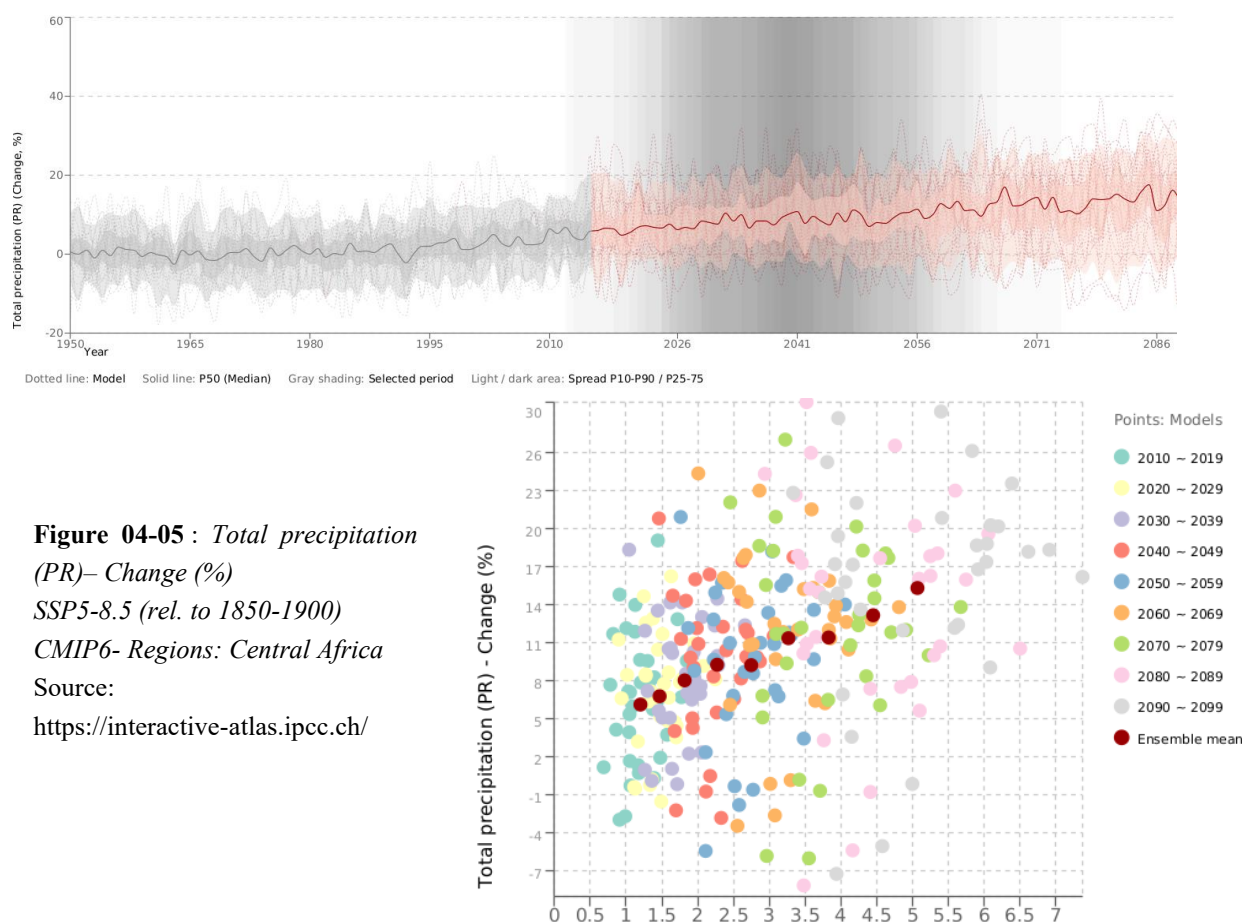
Source : IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report.

Après 2050, les modèles climatiques montrent des niveaux de réchauffement très différents, en fonction des actions que nous entreprendrons dans un avenir proche.

Par exemple, en réduisant massivement et rapidement les émissions de dioxyde de carbone dès maintenant et tout au long du XXI^e siècle, le réchauffement s'arrêterait vers le milieu du siècle, atteignant d'ici la fin du siècle environ 1,5°C ou 2°C de plus que cela. Toutes les régions du monde vont subir de nouveaux changements climatiques. Le réchauffement se poursuivra à des vitesses différentes dans le monde entier, avec une intensité plus forte sur la terre ferme que dans l'océan et sera plus intense dans l'Arctique. Chaque région de la terre est unique et subit le changement climatique de manière différente. Mais plus le réchauffement est important, plus le changement climatique est fort et généralisé dans chaque région.

En Afrique centrale les changements climatiques provoqués par l'homme ont augmenté la probabilité d'assister à plusieurs événements météorologiques extrêmes simultanément ou à courte distance les uns des autres ; oui Il s'agit d'événements dits multiples. Les événements multiples peuvent avoir un impact encore plus grand sur la nature et l'homme de ce que ces phénomènes causeraient individuellement. L'Atlas interactif de l'IPCC/GIEC montre à travers les graphes des figures 1,2,3,4,5 et 6 comment la température et les précipitations vont changer avec le réchauffement climatique dans la zone Afrique centrale.





2.1. L'évolution du climat de la ville de Douala en contexte de changement climatique global

Les effets du changement climatique sont déjà bien visibles dans la ville de Douala: augmentation des températures de l'air, ainsi que la multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les canicules et les inondations.

Selon le sixième rapport de l'IPCC/ GIEC, les températures de la surface terrestre augmentent de 0,2°C par décennie, avec des projections laissant présager un dépassement potentiel des 2°C d'ici 2050. Les petits territoires côtiers, notamment en raison de leurs caractéristiques physiques et situation géographique sont souvent considérés comme des espaces privilégiés de « révélation » locale des enjeux de ces changements [3]. En juin 2015, des pluies inhabituelles ont causé de graves inondations dans la ville de Douala, affectant plus de 1500 familles et tuant trois personnes. Le Cameroun est régulièrement affecté par des précipitations extrêmes conduisant à des inondations. Ainsi, en 2014, l'événement de pluie extrême ayant affecté le plus de personnes au cours des dernières décennies a touché environ 250000 personnes (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED*, 2015). Depuis l'année 2000, au moins 12 inondations majeures ont été enregistrées au Cameroun – affectant à chaque occurrence plusieurs milliers de personnes.

La côte camerounaise, et plus précisément Cap Cameroun dans l'arrondissement de Douala VI, subit de plein fouet ces effets. Cette île est confrontée aujourd'hui à des phénomènes climatiques majeurs, notamment l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des températures et l'intensification des vents violents [4].

Figures 06-07 : Douala : Inondations géantes - 20 juin 2015



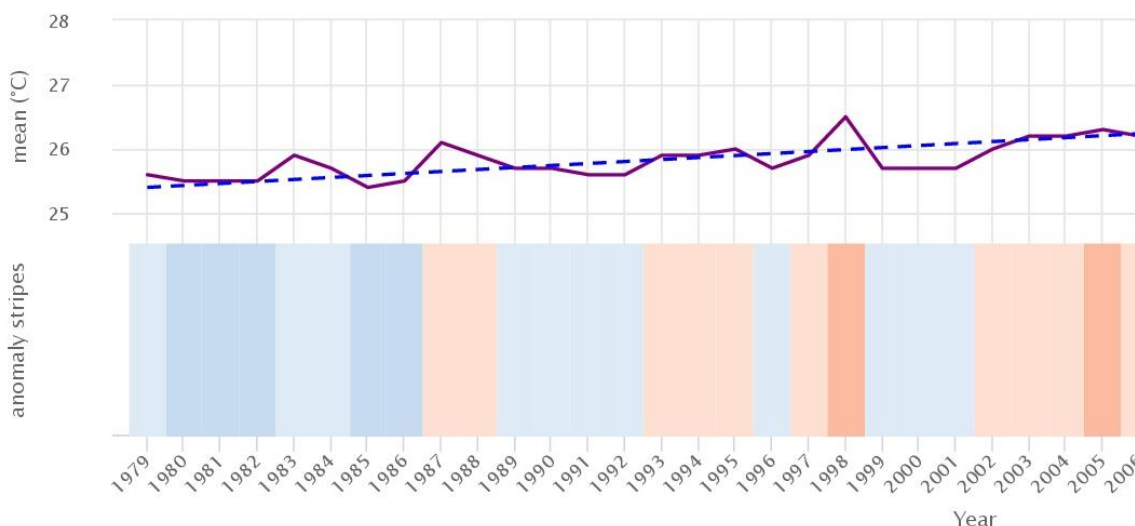
Source : <https://www.camerou1.mywhc.ca>



Source : <http://www.cameroon-info.net>

Le changement climatique n'est pas uniforme à l'échelle mondiale et y partant, la ville de Douala subit les effets de ce phénomène de manière spécifique. Sur les diagrammes en dessous, nous pouvons voir comment le changement climatique a déjà affecté la ville de Douala au cours des 40 dernières années. La source de données utilisée pour l'élaboration des graphes est ERA5, la cinquième génération de ré analyse atmosphérique du climat mondial du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT), couvrant la période de 1979 à 2021, avec une résolution spatiale de 30 km. Les données ne montrent pas les conditions à un endroit précis. Les différences locales et les microclimats n'apparaissent pas. Par conséquent, les températures réelles seront souvent plus élevées que celles affichées, notamment dans les villes, et les précipitations peuvent varier localement, en fonction de la topographie.

Figure 08 : Douala 4.05°N, 9.70°E. - Température annuelle moyenne, tendance et anomalie, 1979 -2024



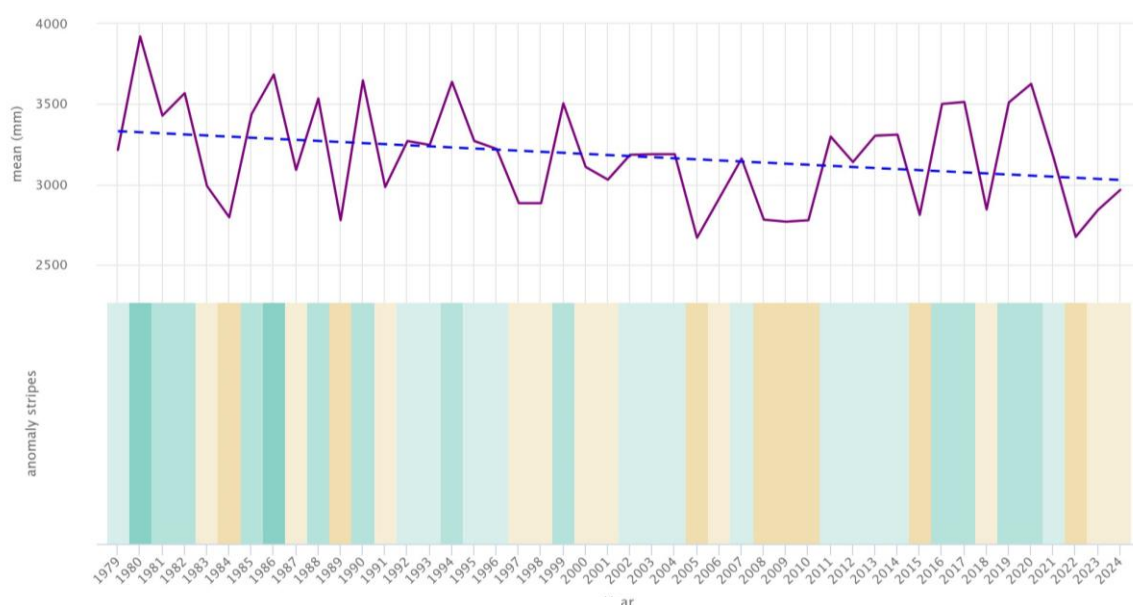
Source : <https://www.meteoblue.com/fr/climate-change>

Le graphique ci-dessus illustre l'évolution de la température annuelle moyenne pour la ville de Douala. La ligne bleue en pointillés représente la tendance linéaire du changement climatique. Si la ligne de tendance monte de gauche à droite, la tendance de la température est positive et il fait de plus

en plus chaud dans la région de Douala en raison du changement climatique. Si elle est horizontale, aucune tendance claire n'est observée, et si elle descend, les conditions à Douala se refroidissent au fil du temps. Dans la partie inférieure du graphique figurent les "bandes de réchauffement". Chaque bande de couleur représente la température moyenne d'une année - bleu pour les années plus froides et orange pour les années plus chaudes.

Le graphique inférieur montre l'anomalie de température pour chaque mois depuis 1979 et indique de combien il a fait plus chaud ou plus froid que la moyenne climatique sur 30 ans de 1980 à 2010. Ainsi, les mois orange ont été plus chauds et les mois bleus plus froids que la normale. Dans la plupart des endroits, nous constaterons une augmentation des mois plus chauds au fil des ans, ce qui reflète le réchauffement de la planète associé au changement climatique.

Figure 09 : Douala 4.05°N, 9.70°E. – Précipitations annuelles moyenne, tendance et anomalie – 1979 -2024



Source : <https://www.meteoblue.com/fr/climate-change>

Le graphique supérieur montre l'anomalie de température pour chaque mois depuis 1979 jusqu'à aujourd'hui. L'anomalie vous indique de combien il a fait plus chaud ou plus froid que la moyenne climatique sur 30 ans de 1980 à 2010. Ainsi, les mois rouges ont été plus chauds et les mois bleus plus froids que la normale. Dans la plupart des endroits, vous constaterez une augmentation des mois plus chauds au fil des ans, ce qui reflète le réchauffement de la planète associé au changement climatique. Le graphique inférieur montre l'anomalie des précipitations pour chaque mois depuis 1979. L'anomalie nous indique si un mois a reçu plus ou moins des précipitations que la moyenne climatique sur 30 ans depuis 1980. Ainsi, les mois verts ont été plus humides et les mois bruns ont été plus secs que la normale.

3. De la nécessité d'une adaptation au changement climatique planétaire

3.1. L'intérêt socio-économique et environnemental

L'adaptation est indissociable de la notion de vulnérabilité que le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) définit comme « le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes du changement climatique, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes ».

La vulnérabilité d'un système ou d'un territoire dépend de trois facteurs : son exposition aux impacts, sa sensibilité, sa capacité d'adaptation. Mettre en œuvre des politiques d'adaptation permet de réduire la vulnérabilité du territoire. Les stratégies d'adaptation doivent donc être envisagées comme un volet central dans la conduite des politiques publiques de gestion et développement d'un territoire, en vue d'améliorer la résilience des systèmes non seulement écologiques, mais aussi économiques et sociaux. La plupart des mesures spécifiques à l'adaptation s'apparentent à des bonnes pratiques dont les bénéfices peuvent être immédiats et améliorer rapidement la qualité de vie des habitants, quelles que soient les évolutions du climat. C'est pourquoi nous pouvons les appeler mesures « sans-regret » l'adaptation à un nouveau climat est donc dorénavant inévitable.

Le secteur de l'immobilier est particulièrement vulnérable aux risques physiques liés au changement climatique. Leur durée de vie implique que les bâtiments construits à l'heure actuelle devront faire face à un climat nouveau, plus instable et ponctué d'événements météorologiques extrêmes. Le cadre normatif lié au changement climatique évolue depuis les années 1903. La nécessité d'initier une démarche d'adaptation du parc bâti et surtout celui d'une ville comme Douala est donc indispensable pour limiter les coûts futurs, qu'ils soient assuranciers ou bien liés à une reconstruction après un sinistre, bien souvent plus conséquents que l'adaptation par anticipation.

La résilience du bâtiment face au changement climatique est encore trop peu considérée par les acteurs de l'immobilier qui, pour la plupart, n'ont pas connaissance des ressources existantes en termes d'adaptation. L'augmentation de l'ampleur et de la fréquence des événements ne pourra que reporter de plus en plus le coût de la non-adaptation sur les acteurs du secteur des constructions.

3.2. Ressources pour l'adaptation du secteur des constructions au réchauffement climatique

Les bâtiments sont la base de nos activités quotidiennes puisqu'associés à tous les aspects du développement d'un pays, comme l'éducation, la santé, l'emploi, les services communautaires, les infrastructures et la communication. L'importante responsabilité du secteur du bâtiment des émissions

de gaz à effet de serre (GES) en découle et s'identifie dans l'utilisation importante d'énergie issue des combustibles fossiles dans les bâtiments pour assurer un certain confort thermique, l'éclairage, le chauffage de l'eau, le matériel et les appareils électriques, ainsi que la production de matériaux de construction.

Le secteur du bâtiment fait donc face au défi de devoir limiter ses émissions de GES, tout en maintenant, voir même en améliorant, la qualité des services qu'il offre aux occupants des bâtiments. De plus, la contribution du secteur du bâtiment au PIB d'un pays est généralement de 5 à 15 pour cent en moyenne, et représente 5 à 10 pour cent des emplois au niveau national. Le fait d'atténuer les effets du changement climatique dans le secteur du bâtiment représente également des possibilités de développement de l'économie verte et de l'augmentation du nombre d'emplois « verts ». Le secteur du bâtiment offre de vastes opportunités de réduction des émissions GES tout en renforçant le développement durable au plan national et international. Nous indiquerons ici de suite des technologies et des pratiques du secteur du bâtiment capables de stimuler développer des plans d'action en matière de technologies qui soutiennent l'atténuation des effets du changement climatique et le développement durable. Des technologies durables pendant les phases de conception, de construction, d'exploitation et de démolition des bâtiments, sont nécessaires si l'on veut pouvoir atténuer les émissions de GES générées par le secteur du bâtiment. Le *hardware* (le matériel) doit fonctionner en harmonie avec le *software* (processus associés à l'utilisation du *hardware* tels que les pratiques, les expériences, le savoir-faire et *l'orgware* (La faisabilité de la mise en œuvre et de la diffusion des nouvelles technologies, y compris mener des politiques de soutien et renforcer les capacités de la main d'œuvre).

En tant que principal responsable des émissions de gaz à effet de serre (GES), le secteur du bâtiment se présente aussi comme le secteur ayant « le plus gros potentiel pour réduire efficacement, de manière rentable et sur le long terme, les émissions de gaz à effet de serre » (*United Nations Environment Programme Sustainable Building and Construction Initiative - UNEP SBCI*, 2009). On estime que, d'ici 2050, la consommation d'énergie dans le bâtiment peut être réduite de 60%, si une action est menée dès maintenant. Beaucoup d'obstacles empêchent de réaliser ce potentiel. D'après les estimations du GIEC (Groupe Intergouvernemental sur le Changement du Climat), le nombre de barrières dans le secteur de la construction est plus élevé que dans n'importe quel autre secteur [5]. Nous pouvons identifier et classer les principaux obstacles en 4 groupes:

1. Manque de sensibilisation et faible accès aux connaissances techniques
2. Segmentation et fragmentation du secteur de la construction
3. Mesures financières de dissuasion
4. Comportement consumérisme et effet rebond

Le Quatrième Rapport d'Évaluation Intergouvernemental du GIEC (*IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change*) identifie les principales sources d'émissions de GES associés aux bâtiments comme suit: chauffage d'une pièce, climatisation d'une pièce, chauffage de l'eau, éclairage artificiel et l'utilisation d'appareils [5]. Ce rapport identifie aussi trois catégories de mesures pour réduire les émissions de GES des bâtiments qui sont:

- Réduire la consommation d'énergie des bâtiments et leur énergie intrinsèque
- Utiliser plus d'énergies à faibles émissions de carbone, et favoriser une plus grande part d'énergie renouvelable
- Contrôler les émissions de GES autres que le CO₂ [5].

En plus de ce qui est cité ci-dessus, d'autres mesures pour atténuer les effets du changement climatique incluent la création d'opportunités dans le secteur du bâtiment pour:

- Séquestrer le carbone, soit statiquement en utilisant des matériaux spéciaux dans les bâtiments,
- soit en continue via l'insertion de plantes vertes dans les bâtiments et sur les chantiers
- Promouvoir des comportements durables grâce aux habitants et aux acteurs

Dans ce contexte, les méthodes d'atténuations dans le secteur du bâtiment reviennent à déployer et à concevoir des stratégies, des technologies et des pratiques qui:

1. Réduisent la demande et la consommation d'énergie associées aux bâtiments - de la conception, la construction, la cession, à la rénovation et à la fin de vie
2. S'orientent vers des énergies à faibles émissions de carbone
3. Maximisent les opportunités des bâtiments pour séquestrer le carbone
4. Favorisent les changements de comportements pour atteindre un style de vie durable

La faisabilité de la mise en œuvre et de la diffusion des nouvelles technologies, y compris mener des politiques de soutien et renforcer les capacités de la main d'œuvre. L'intégration systématique des *hardwares, softwares et orgwares*, forme une structure pour entretenir le *heartware*, via des programmes éducatifs, des campagnes de sensibilisation publiques, ainsi de suite... Une approche systématique comme celle-ci pourra nous permettre de mieux positionner le secteur du bâtiment pour qu'il atteigne son potentiel d'atténuation, et pour que le cadre de vie et de travail des occupants soit amélioré, particulièrement dans les pays en développement.

En utilisant l'approche systématique et les objectifs cités ci-dessus, les typologies d'atténuation dans le secteur du bâtiment peuvent être définies avec une clarté opérationnelle. C'est particulièrement utile dans les pays en développement, où une évaluation des besoins technologiques) peut être effectuée

pour identifier les typologies d'atténuation les plus efficaces en termes de convenance socio-économique, contextuelle et temporelle.

En détail, huit typologies d'atténuation efficaces sont identifiables dans ceci :

- Conception solaire passive
- Technologies d'amélioration des performances des conceptions solaires passives
- Conception active
- Séquestration du carbone
- Production d'énergies renouvelable sur place
- Structure et matériaux
- Santé et confort
- Site et terrain

Les pratiques et techniques d'atténuation dans les huit typologies, en fonction de leurs natures, peuvent être déployées et mise en place dans les nouveaux bâtiments et les bâtiments en travaux.

La typologie d'atténuation des conceptions solaires passives est plus applicable aux nouveaux bâtiments, et devrait être prise en considération dès le début de la construction. Les stratégies de conceptions sont les principes de base, pour fournir un confort thermique par exemple, aux occupants du bâtiment, d'une manière économe en énergie. Il n'y a pas besoin d'utiliser d'équipement mécanique, elles sont donc plus facile à mettre en place, et n'engendre en général pas de coût additionnel. Par conséquent, la typologie d'atténuation des conceptions solaires passives doit être considérée comme un pré requis pour tous les nouveaux bâtiments.

4. Du dossier de permis de construire dans la ville de Douala

4.1. La restructuration du dossier du permis de construire à Douala pour une résilience «gagnant-gagnant» au changement climatique

La municipalité peut mettre en œuvre plusieurs mesures d'adaptation de type « gagnant-gagnant» sur son territoire. Pour les besoins de notre étude, seules les mesures permettant d'atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain, La réduction de la consommation énergétique des bâtiments, l'intégration de stratégies architecturales passives et de mesures d'efficacité énergétique seront prises en considération. Les outils dont disposent les municipalités en général pour favoriser l'adoption de mesures d'adaptation « gagnant-gagnant » sur leur territoire peuvent être rattachés à l'une des catégories suivantes :

- outils de planification;
- réglementaires;

- participation et de sensibilisation citoyenne;
- financement;
- de maîtrise foncière et d'intervention.

L'inscription de l'enjeu climatique en général et de mesures « **gagnant-gagnant** » en particulier dans les outils de planification témoigne d'une volonté politique d'en tenir compte, ainsi, bien que la mise en œuvre d'actions concrètes passe essentiellement par les outils règlementaires, La mise à l'agenda du changement climatique passe d'abord par son intégration dans le plan d'urbanisme.

Pour inciter ses habitants à mettre en œuvre des mesures d'adaptation « gagnant-gagnant », la Ville peut aussi choisir la voie de la sensibilisation et de la participation citoyenne, encourager et appuyer certaines actions par le biais d'incitatifs financiers, fiscaux et fonciers ou contribuer directement à la réalisation de projets d'aménagement urbain ou architectural exemplaires. Ces outils fonctionnent cependant sur la base d'une adhésion volontaire. L'adhésion de la population aux démarches entreprises par la Ville pour s'adapter au changement climatique est indispensable. Les outils de participation, de sensibilisation citoyenne, d'intervention, de financement et de maîtrise foncière doivent donc être complémentaires aux outils de planification et de réglementation.

L'architecture occupe de fait une position stratégique pour travailler à l'adaptation des villes au changement climatique parce qu'elle est en mesure de faire le pont entre les connaissances scientifiques et les débats sociaux, d'analyser en finesse les vulnérabilités urbaines et de prendre en compte les subtilités du système urbain [6]. Les professionnels du domaine de l'architecture et de l'urbanisme disposent de quatre leviers d'action pour mettre en œuvre des mesures d'adaptation « gagnant-gagnant » dans leurs projets architecturaux et urbains. Ces leviers sont : la forme urbaine, le couvert naturel, l'architecture et les matériaux de revêtement.

Le tableau.1 illustre la composition des pièces techniques faisant objet de la composition du dossier de permis de construire dans la ville de Douala. La structuration de la documentation est fondamentalement limitée à la production des éléments graphiques et a des attestations. Peu d'intérêt est porté aux stratégies qui pourraient être proposées au professionnel et aux maîtres d'ouvrage des projets architecturaux afin que la production architecturale participe au processus de résilience au changement climatique.

LISTE DES PIECES TECHNIQUES CONSTITUANT UN DOSSIER DE DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE A DOUALA (CAMEROUN)	
DESIGNATION DES PIECES - DOSSIER TECHNIQUE	MENTIONS

Tableau 1: Pièces constituant demande de permis de construire à la communauté Urbaine de la ville de Douala

• Un devis descriptif, quantitatif et estimatif des travaux. • Un plan de masse des constructions à édifier ou à modifier et de situation du terrain. • Des plans d'exécution comprenant les plans de masse • Des constructions à édifier ou à modifier, de fondation, de distribution, de toiture, de façade, de coupes et de structure s'il y a lieu à des échelles définies dans le, modèle de demande de permis de construire. • Un contrat de suivi des travaux avec un ingénieur de Génie Civil régulièrement inscrit au tableau de l'Ordre National des Ingénieurs de Génie Civil du Cameroun (ONIGC) le cas échéant	i- Pour les bâtiments recevant du public, la demande de permis de construire doit comporter en annexe outre les éléments ci-dessus énumérés, les notes de calcul de structure et corps d'état secondaires visés par les ingénieurs inscrits aux tableaux des ordres professionnels concernés ; ii- Les bâtiments de hauteur supérieure ou égale à dix (10) mètres au-dessus des fondations ou situés dans les zones à risque doivent en outre comporter les notes de calcul de structure et corps d'état secondaires, un rapport d'étude géotechnique du sol, un projet d'exécution et une notice de sécurité; iii- Une Attestation de Conformité Environnementale délivrée par la Communauté Urbaine de Douala, le cas échéant, conformément aux dispositions de la Délibération N° 09/CUD/SG/2021 du 31 Mars 2021 instituant la procédure de délivrance de l'Attestation de Conformité Environnementale à la Communauté Urbaine de Douala (CUD)
---	--

L'état des lieux de constitution du dossier de permis de construire dans la ville de Douala se limite fondamentalement à la question de la production du volume architectural en conformité avec une structure résistante. Cette approche est très limitative dans un contexte où la résilience aux aléas du changement climatique offre peu d'alternatives. La municipalité est à date le seul gagnant dans la production architecturale puisque les modalités d'obtention d'un permis de construire sont plus axé sur le renflouement financier des caisses et nous n'identifions pas de stratégies pouvant porter à un développement du bâti dans la ville de Douala sous clé « **gagnant-gagnant** » mais « **gagnant-perdant** » et dans laquelle le maître d'ouvrage se retrouve dans la catégorie perdante.

Cette situation pourrait être inversée à travers des suggestions qui intégreraient la liste des pièces à produire et des stratégies à actualiser dans les projets architecturaux et ce, non seulement pour améliorer la qualité du bâti à l'échelle urbaine mais faire face au changement climatique. Les architectes et urbanistes pourront être amenés à penser désormais les projets ayant à disposition des éléments qui des fois les échappent par manque de disponibilité d'un cadre référentiel.

Le Tableau 2 suivant présente plusieurs outils (de conception, réglementaire, et de sensibilisation) qui peuvent être à la portée de la municipalité mère de Douala pour favoriser l'intégration de mesures d'adaptation «gagnant-gagnant» dans le dossier de demande de permis de construire ;; améliorant ainsi le précédent (Tableau1). Elle devrait ainsi mettre en évidence le rôle important que la municipalité

jouer dans la lutte au changement climatique et devenir pilote pour les autres Municipalité du Cameroun.

Tableau 2. Suggestions d'intégration d'exigences aux pièces constituant demande de permis de construire à la communauté urbaine de la ville de Douala pour une adaptation au changement climatique

LISTE DES PIECES TECHNIQUES ET DES EXIGENCES CONSTITUANT UN DOSSIER DE DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE A DOUALA (CAMEROUN) INTEGRE D'UNE DEMANDE DE REDUCTION DES COUTS DU PERMIS	
DESIGNATION DES PIECES - DOSSIER TECHNIQUE	CLASSES D'EXIGENCES AU PROJET ARCHITECTURAL POUR REDUCTION DU COUT DE PERMIS DE CONSTRUIRE
• Un devis descriptif, quantitatif et estimatif des travaux. • Un plan de masse des constructions à édifier ou à modifier et de situation du terrain. • Des plans d'exécution comprenant les plans de masse • Des constructions à édifier ou à modifier, de fondation, de distribution, de toiture, de façade, de coupes et de structure s'il y a lieu à des échelles définies dans le modèle de demande de permis de construire. • Un contrat de suivi des travaux avec un ingénieur de Génie Civil régulièrement inscrit au tableau de l'Ordre National des Ingénieurs de Génie Civil du Cameroun (ONIGC) le cas échéant.	• Conception solaire passive • Technologies d'amélioration des performances des conceptions solaires passives • Conception active • Séquestration du carbone • Production d'énergies renouvelable sur place • Structure et matériaux • Santé et confort • Site et terrain
MENTIONS	
i - Pour les bâtiments recevant du public, la demande de permis de construire doit comporter en annexe outre les éléments ci-dessus énumérés, les notes de calcul de structure et corps d'état secondaires visés par les ingénieurs inscrits aux tableaux des ordres professionnels concernés ; ii - Les bâtiments de hauteur supérieure ou égale à dix (10) mètres au-dessus des fondations ou situés dans les zones à risque doivent en outre comporter les notes de calcul de structure et corps d'état secondaires, un rapport d'étude géotechnique du sol, un projet d'exécution et une notice de sécurité; iii - Une Attestation de Conformité Environnementale délivrée par la Communauté Urbaine de Douala, le cas échéant, conformément aux dispositions de la Délibération N° 09/CUD/SG/2021 du 31 Mars 2021 instituant la procédure de délivrance de l'Attestation de Conformité Environnementale à la Communauté Urbaine de Douala (CUD).	

Le tableau 3 présente plusieurs outils (de planification, réglementaire, financier et de sensibilisation) qui sont à la portée de la municipalité de Douala pour favoriser l'intégration de mesures d'adaptation « gagnant-gagnant ». Elle devrait ainsi mettre en évidence le rôle important que les municipalités ont à jouer dans la lutte au changement climatique.

Tableau 3. Classes d'exigences stratégiques intégrables aux pièces du dossier demande de permis de construire à la communauté urbaine de la ville de Douala pour une résilience aux aléas du changement climatique.

Tableau 4. Potentielle fiche d'évaluation et de notation des stratégies présentes dans les projets architecturaux introduits à la communauté urbaine de la ville de Douala pour demande d'obtention du permis de construire

ORDRE	D'ATTÉNUATION	SUGGESTIONS DE PRATIQUES TECHNOLOGIQUES
1	Conception solaire passive	1.a - Sélection du lieu
		1.b - Conception sensible au soleil
		1.c - Conception sensible au vent
		1.d - Conception et technologie des maisons passives
2	Technologies d'amélioration des performances des conceptions solaires passives	2.a - Cycle de vie et processus de conception intégré
		2.b - Isolation thermique des bâtiments
		2.c - Système de façade haute performance
		2.d - Technologie de capture de lumière naturelle
3	Conception active	3.a- Systèmes de ventilation, air conditionné hautement
		3.b - Système d'éclairage efficace
		3.c - Technologies d'optimisation de l'utilisation de l'eau
4	Séquestration du carbone	4.a- Matériaux à faible coût en carbone et permettant de le séquestrer
5	Production d'énergies renouvelables sur place	5.a- Technologies solaires
6	Structure et matériaux	6.a - Adapter les fondations
		6.b - Choisir des revêtements de murs et de toits à fort albédo
		6.c - Désolidariser les éléments de structure
		6.d - Orienter le bâtiment et les espaces
		6.e - Rigidifier la structure
7	Santé et confort	7.a - Favoriser la circulation de l'air
		7.b - Installer des dispositifs de protection solaire
		7.c - Limiter et adapter les parois vitrées
		7.d - Rafraîchir les espaces intérieurs par ventilation
8	Site et terrain	8.a - Adapter la végétation au climat
		8.b - Limiter les variations du taux d'humidité du sol
		8.c - Désimperméabiliser les sols
		8.d - Végétaliser les abords du bâtiment

Source : Auteur

CLASSES D'EXIGENCES	Types de pratiques Technologiques actualisées dans le projet Architectural [Présence =Oui, Absence =Non]			Poids / Valeur fixé pour la pratique Technologique dans un projet architectural en %	Note attribuée à la pratique Technologique dans un projet architectural [0 - 5]	Note pesée pour une compensation financière / Réduction du coût de permis de construire
Conception solaire passive	1.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	1.b	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	1.c	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	1.d	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$\Sigma A_{i1} = 100\%$	B_{i1}	Note pesée = $\Sigma A_{i1} \times B_{i1}$
Technologies d'amélioration des performances des conceptions solaires passives	2.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	2.b	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	2.c	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	2.d	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$\Sigma A_i = 100\%$	B_{i2}	Note pesée = $\Sigma A_{i2} \times B_{i2}$
Conception active	3.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	3.b	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	3.c	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$A = 100\%$	B_{i3}	Note pesée = $\Sigma A_{i3} \times B_{i3}$
Séquestration du carbone	4.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$\Sigma A_i = 100\%$	B_{i4}	Note pesée = $\Sigma A_{i4} \times B_{i4}$
Production d'énergies renouvelable sur place	5.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$\Sigma A_i = 100\%$	B_{i5}	Note pesée = $\Sigma A_{i5} \times B_{i5}$
Structure et matériaux	6.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	6.b	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	6.c	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	6.d	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	6.e	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$\Sigma A_i = 100\%$	B_{i6}	Note pesée = $\Sigma A_{i6} \times B_{i6}$
Santé et confort	7.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	7.b	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	7.c	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	7.d	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$\Sigma A_i = 100\%$	B_{i7}	Note pesée = $\Sigma A_{i7} \times B_{i7}$
Site et terrain	8.a	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	8.b	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	8.c	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
	8.d	Oui	Non	-- %	0 1 2 3 4 5	
				$\Sigma A_i = 100\%$	B_{i8}	Note pesée = $\Sigma A_{i8} \times B_{i8}$

C= NOTE PESÉE TOTALE

L'évaluation des projets (Tableau 4) assujettis à l'obtention d'une autorisation de construction pourrait être faite avec une attention sur les stratégies utiles à la résilience (Tableau 3) et en cas d'application par les professionnels du secteur des constructions plus précisément architectes des bonus pourraient être accordés aux maîtres d'ouvrages par un processus de rabais du coût de permis de construire et d'ici la volonté de faire face aux effets du changement climatique qui ne peut être stimulé que par les autorités se verra actualisée de manière non pressante mais compensatrice et dès lors l'objectif « gagnant-gagnant » deviendra d'actualité auprès de tous les acteurs autant que par la concrétisation des rabais du coût de permis de construire tous seront désormais portés à développer dans leurs projets les stratégies adéquates et ainsi le concept se verra vulgarisé. La Municipalité n'étant pas surtout capable d'actualiser toute seule l'activité d'édification de la ville.

Tableau 5. Hypothèse de calcul de la note pondérée pour une réduction du coût du permis de construire en référence

L'effectivité du rabais ne pourrait être envisagée qu'après vérification de la **conformité** du projet après exécution. A cet effet, deux hypothèses peuvent être faites :

- après l'examen du projet en commission et approbation, communication peut être faite au maître

Méthode suggérée de calcul de la note pondérée pour une réduction du coût du permis de construire en référence au Tableau 4

- Le type de pratique technologique est une identifiable dans le Tableau 3 et dont le personnel de la commission d'évaluation des projets vérifiera de l'actualisation ou non dans le projet architectural.
- Le Poids **A_i** / Valeur de la pratique technologique est un pourcentage fixe défini par le régulateur (Communauté Urbaine de Douala) ; sa valeur dépendra de l'impact de la stratégie par rapport à la résilience changement climatique. Pour chaque classe d'exigence la somme des pourcentages est de 100.
- La Note attribuée à la pratique technologique **B_i** variant de 0 à 5 est définie par les experts de la commission d'évaluation de l'intégration des pratiques de résiliences au changement climatiques dans les projets architecturaux.

1- [Poids (**A_i**)] X [Note de pratique technologique (**B_i**)] = Note pesée de la pratique technologique.

2- Somme des notes pesées de la classe d'exigence [**Σ (A_ix B_i)**] = Note de la classe d'exigence (zone d'évaluation).

3- Somme des Notes des classes d'exigences (zones d'évaluation) **Σ [Σ (A_ix B_i)] = (C)** = Note finale de l'intervention et définition du niveau d'adaptation de l'ouvrage (projet architectural) évalué au changement climatique.

4- [Note finale de l'intervention (**C**) variant de 0 à 5] X [Montant base défini par la Communauté urbaine de Douala] = **Montant du rabais à effectuer sur le coût traditionnel du permis de construire.**

5- **Soustraction du** Montant du rabais sur le coût traditionnel du permis de construire = **Gain financier** pour projet architectural / **Gain environnemental** pour la Communauté Urbaine de Douala régulateur de l'adaptation de la municipalité au changement climatique.

Source : Auteur

d'ouvrage du coût réel du permis de construire et avec mention du rabais envisagée et information du fait qu'il ne sera effectif qu'après vérification de la conformité.

- une réduction effective du coût de permis de bâtir dès approbation du projet par la commission et exigence de dépôt d'une caution par le maître d'ouvrage et équivalente au rabais effectué, laquelle lui sera automatiquement remboursée à la fin du projet après vérification de la conformité.

5. La bioclimatique en architecture comme une solution de résilience en contexte de changement climatique.

Du fait du changement climatique, les bâtiments seront de plus en plus soumis à des températures extrêmes et à des vagues de chaleur sur la durée. D'autres aléas climatiques verront leur intensité ou leur fréquence augmenter, ce qui entraînera également des conséquences sur les bâtiments. L'architecture moderne, ainsi que le mode de vie actuel, dépend de beaucoup de systèmes tels que la climatisation, et des matériaux comme le béton, l'asphalte ou le verre. Ces matériaux ne sont cependant pas adaptés aux fortes chaleurs, aux inondations, ou encore aux mouvements de terrain, et des systèmes de rafraîchissement tels que l'air conditionné sont eux-mêmes source d'émissions de gaz à effet de serre, entraînant des boucles de rétroaction qui aggravent l'impact du changement climatique sur le bâtiment. L'architecture bioclimatique est ainsi une solution aux problématiques rencontrées en matière de résilience des bâtiments, mais d'autres enjeux du secteur du bâtiment trouvent également des solutions dans cette conception architecturale :

- **L'adaptation au changement climatique** : la prise en compte de l'environnement local dans l'architecture bioclimatique permet d'augmenter la résilience des bâtiments face aux aléas climatiques.
- **L'atténuation du changement climatique** : l'utilisation de matériaux issus de sources naturelles et/ou venant de la proximité du lieu d'implantation du bâtiment permettent de diminuer la contribution du secteur aux émissions de gaz à effet de serre globales. Le fait de s'appuyer sur des ressources locales limite aussi les émissions liées à leur transport.
- Le **manque de ressources** à venir et donc le besoin de trouver d'autres matériaux pour la construction, la réhabilitation ou la rénovation de bâtiments trouve une réponse dans l'attention portée aux types et à la provenance des matériaux dans une conception bioclimatique.
- **L'autonomie du bâtiment** en gestion de crise climatique est également facilitée par une conception bioclimatique, qui favorise l'autonomie du bâtiment vis-à-vis des réseaux d'eau ou d'électricité par exemple.

Face aux enjeux de l'adaptation et de l'atténuation du changement climatique, il est donc essentiel de renouveler nos méthodes de construction et de réhabilitation/rénovation. L'architecture bioclimatique fait partie des solutions pour que le secteur du bâtiment puisse relever le défi du changement climatique car elle répond à la fois aux enjeux d'adaptation en tenant compte de l'environnement présent et futur du bâtiment, et aussi à ceux de la décarbonation du secteur immobilier en proposant des bâtiments sobres voire passifs.

L'intégration de stratégies bioclimatiques à l'architecture des bâtiments constitue une mesure d'adaptation «gagnant-gagnant» parce qu'elle permet d'une part de réaliser des économies

d'énergie, une mesure d'atténuation, et de favoriser l'adaptation du bâti aux conditions climatiques actuelles et futures.

La question climatique se pose de plus en plus lors de la conception, réhabilitation ou rénovation du parc bâti. Le changement climatique pose des défis majeurs aux bâtiments, sur les questions de résilience comme sur celles de la décarbonation du secteur. Parmi les diverses approches préconisées pour faire face au changement climatique, l'architecture bioclimatique est présentée comme une solution avantageuse. Cette conception architecturale accorde une importance centrale à l'environnement immédiat du bâtiment, grand oublié des périodes modernes de construction. Développer l'approche bioclimatique renouvelle le regard sur les constructions traditionnelles. la réappropriation des savoirs traditionnels limite la standardisation des constructions, qui n'intègre pas les variations locales relatives aux lieux d'implantation des bâtiments, et constitue un bon levier d'action pour répondre aux impératifs d'atténuation ou d'adaptation aux enjeux du changement climatique

. Un bâtiment à architecture bioclimatique est un bâtiment dont l'implantation et la conception prennent en compte, au moment de la conception et donc avant même la construction, le climat et l'environnement immédiat, afin de réduire les besoins en énergie pour le rafraîchissement, l'éclairage et d'être mieux adapté aux risques climatiques. Cette architecture peut également prendre en compte les besoins en mise hors d'eau ou la nature des sols. L'architecture bioclimatique vise également à utiliser le moins possible des moyens techniques mécanisés et de l'énergie extérieure au site. .

5.1. Ce qu'est l'architecture bioclimatique en zone climatique chaude et humide

En zones au climat tropical chaud et humide tel que celui de la ville de Douala, l'enjeu principal pour atteindre un bon niveau de confort hygrothermique est de se protéger de la chaleur. Pour cela, il existe quatre stratégies complémentaires: la protection solaire, la ventilation, l'inertie thermique et l'isolation. Concevoir bioclimatique, c'est tenir compte de ces stratégies, s'opposer fondamentalement au rafraîchissement artificiel et utiliser le climat d'un site pour concevoir un bâtiment confortable. Cette approche qui peut être déclinée pour tous les climats, permet non seulement de favoriser des conditions de confort pour les occupants mais aussi de limiter au maximum les besoins énergétiques. Il est donc recommandé de profiter au maximum de toutes les stratégies bioclimatiques, mais aussi de les compléter avec des moyens artificiels là où les dispositifs bioclimatiques ne satisfont pas les occupants. Ces deux stratégies sont souvent complémentaires et favorisent la limitation des dépenses énergétiques. Néanmoins, on doit faire attention à quelques incompatibilités. Construire bioclimatique revient d'une part à limiter les apports de chaleur solaires ou internes, et d'autre part à favoriser la dissipation de la chaleur accumulée dans le bâtiment vers

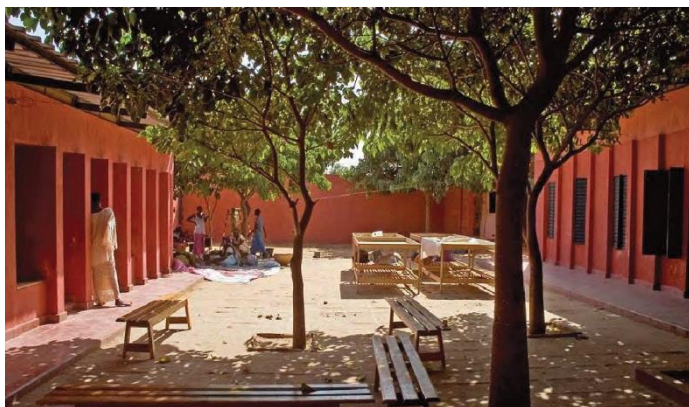
l'extérieur. A l'inverse, quand on utilise des moyens artificiels de rafraîchissement, on est censé de ne pas utiliser la ventilation naturelle pour évacuer la chaleur accumulée dans le bâtiment vers l'extérieur, mais à rendre le bâtiment étanche au renouvellement d'air.

Les stratégies de conception bioclimatique les plus intéressantes pour atteindre le confort thermique en climat tropical sont :

• **Protection solaire** : Cette stratégie consiste à bien concevoir le plan-masse, choisir une bonne orientation de chaque bâtiment et bien utiliser la végétation. La protection solaire doit également être conçue à l'échelle de chacune des composantes de l'enveloppe des bâtiments :

- en premier lieu protection solaire des toitures : fort albédo (teinte claire), double toiture ventilée et/ou utilisation de matériaux isolants (indispensable pour les bâtiments à climatisation artificielle);
- brise-soleil tels que volets ou casquettes pour les ouvertures, fenêtres et portes qui seront, en outre, étanches à l'air pour les bâtiments climatisés ;
- revêtement avec un fort albédo pour les murs les plus exposés au rayonnement solaire et isolation thermique dans le cas de bâtiments à climatisation artificielle. Pour une utilisation diurne des bâtiments, on peut donc en plus de la toiture prioriser une protection solaire des parois Est, pour une utilisation permanente, il faut protéger les murs Est et Ouest.

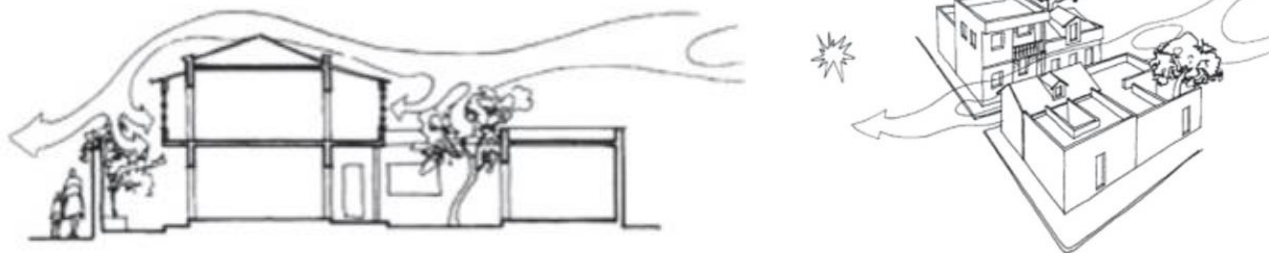
Figures 10-11: végétalisation des espaces extérieurs et abords



Source : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02025559>

• Ventilation

Figure 12: The use of the courtyard-house typology



Source : Bioclimatic Architecture in Warm Climates- <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12036-8>

Pour les bâtiments bioclimatiques, la ventilation participe au confort thermique des occupants par deux moyens :

- Elle favorise la perte de chaleur du corps par convection (vitesse d'air) et par évaporation de la sueur). Une ventilation permanente est bénéfique pour les climats tropicaux chauds et humides (cas de la ville de Douala).

- Elle permet l'évacuation de la chaleur accumulée dans la masse interne du bâtiment, tant pour les apports solaires que pour les apports internes. La ventilation joue aussi un rôle essentiel de renouvellement de l'air intérieur pour apporter de l'air neuf aux occupants et pour lutter contre différentes pollutions (CO₂, composés organiques volatiles COV, moisissures, humidité), facteur primordial pour la santé des occupants évitant aussi les pathologies de l'enveloppe du bâtiment. Dans ce cas précis, on parle de ventilation hygiénique.

• **Inertie thermique**

Dans un climat à forte amplitude thermique jour-nuit comme celle tropicale chaude et humide, recourir à des parois (murs et planchers) ayant une bonne inertie thermique permet de différer l'onde de chaleur qui va pénétrer dans le bâtiment au cours de la journée, et donc de se protéger de la chaleur pendant les heures les plus chaudes. Si les épaisseurs des parois sont telles que l'onde thermique atteigne les faces intérieures la nuit (cas des dalles de toiture en béton), il sera nécessaire d'assurer une très bonne ventilation nocturne pour évacuer cette chaleur restituée à l'intérieur du bâtiment. Si toutefois en journée l'inertie ne suffit pas à assurer le confort, on peut ajouter des brasseurs d'air pour procurer une sensation de rafraîchissement (sans ouvrir les fenêtres) par stimulation de l'évapotranspiration sur la peau. Pour les bâtiments utilisés jour et nuit, il est possible également que malgré la ventilation nocturne, il y ait une surchauffe dans le bâtiment : dans ce cas, des espaces extérieurs peuvent être prévus pour le sommeil.

• **Isolation thermique**

L'isolation thermique protège du transfert de chaleur à travers un élément architectural. Elle est d'autant plus intéressante lorsqu'il existe un écart important de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, notamment quand l'ambiance intérieure est climatisée avec une température de consigne basse.

Pour les bâtiments climatisés situés dans des climats très chauds comme celui de la ville Douala, l'importance de l'écart de température entre les moyennes extérieures et l'ambiance intérieure rafraîchie rend l'isolation indispensable pour limiter les apports de chaleur par conduction. Dans ce

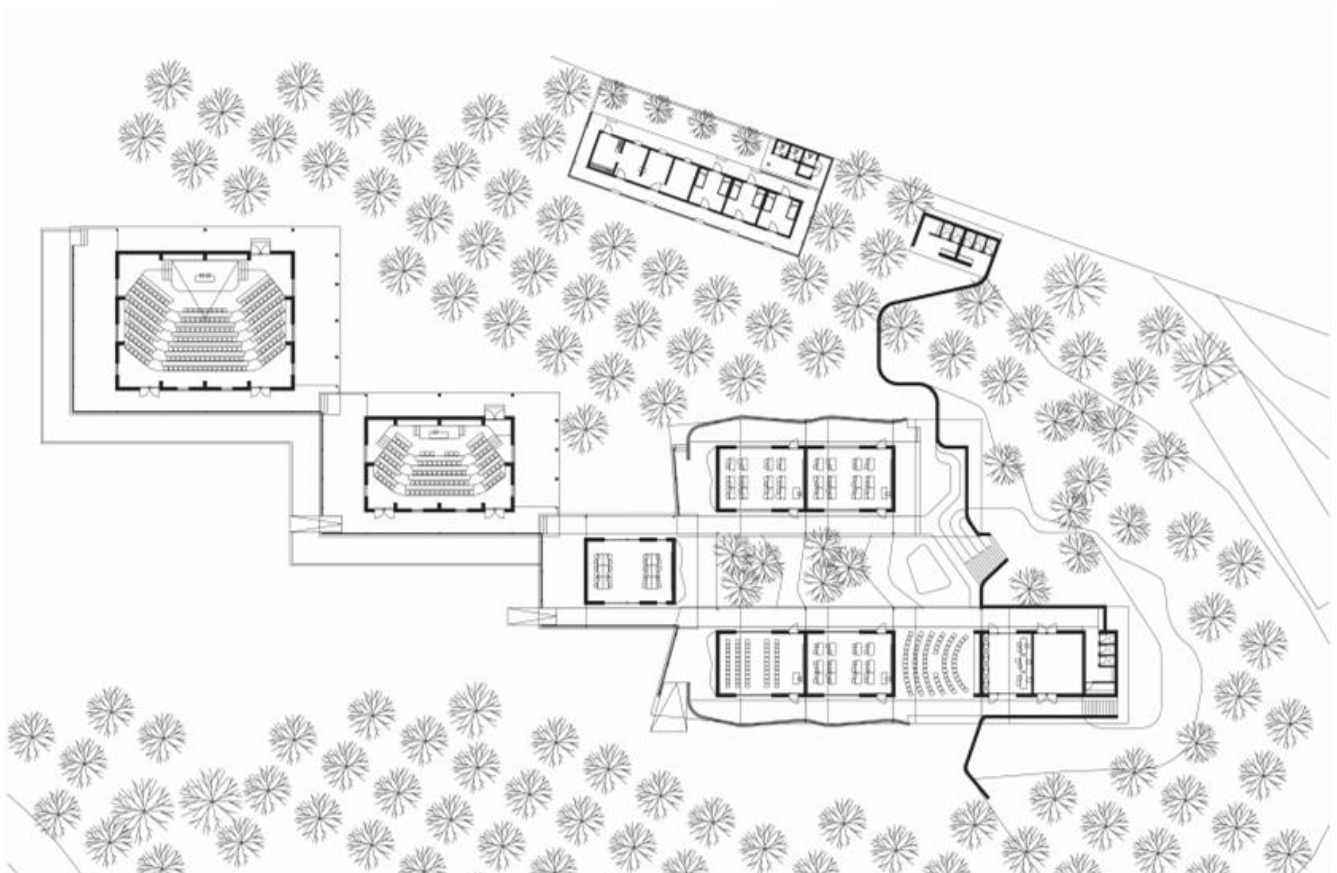
cas, pour limiter les coûts liés à un traitement isolant, il peut être envisagé de n'isoler en phase de construction, que les parties climatisées du bâtiment.

5.2. Cas d'étude: Institut de technologie du Burkina Faso (2021), conçu par Kere Architecture

L'Institut de Technologie du Burkina Faso (Projet de l'Architecte Francis Kéré) est conçu à l'aide d'un système de modules répétés, abritant des salles de cours et des fonctions auxiliaires, disposés orthogonalement pour définir une cour rectangulaire. La disposition orthogonale des modules permet au campus de s'agrandir progressivement en fonction de ses besoins. Les modules sont échelonnés, ce qui permet à l'air de s'écouler à travers le vide central, créant un espace frais où les élèves peuvent se détendre et interagir.

S'appuyant sur l'expérience acquise à l'école secondaire *Naaba Belem Goumma* (Gando, Burkina Faso), les murs sont faits d'argile locale coulée, coulée in situ. Cette méthode innovante a permis d'achever la construction dans un délai serré, en utilisant de grands coffrages qui ont permis de couler un module entier en une seule section.

Figure 13. Planimétrie du Bloc 1 – salles de cours – Keré Architecture



Source : Keré Architecture

Figure 14. Vue panoramique du site



Source : Keré Architecture

Le complexe composé d'un certain nombre de modules répétitifs, dans lesquels les limites des locaux pédagogiques sont clairement visibles même de l'extérieur, a été recréé sous la forme d'un «U». De cette manière, l'air circule en permanence entre la cour et les locaux de l'établissement.

Situé dans une plaine inondable, le projet comprenait d'importants travaux d'aménagement paysager visant à protéger les bâtiments. Pendant la saison des pluies, l'eau est acheminée dans un grand réservoir souterrain qui est ensuite utilisé pour irriguer les vastes plantations de mangues du campus.

Figure 15 a-b-c Burkina Institute of Technology (2021), Koudougou, Kere Architecture - Keré Architecture



a



b



c

Autour de chaque classe se trouvent des couloirs et des passages ombragés encadrés par des paravents faits d'eucalyptus locaux. Installés en façade supplémentaire, ils ne limitent pas les échanges d'air, mais favorisent au contraire les processus de ventilation grâce aux ouvertures. Dans le même temps, les murs en terre cuite contribuent à garder l'intérieur frais grâce à l'hygroscopique du matériau.

Bien que les salles de classe aient besoin de climatisation mécanique en raison de l'équipement informatique, les murs d'argile massifs contribuent de manière significative au refroidissement des espaces intérieurs.

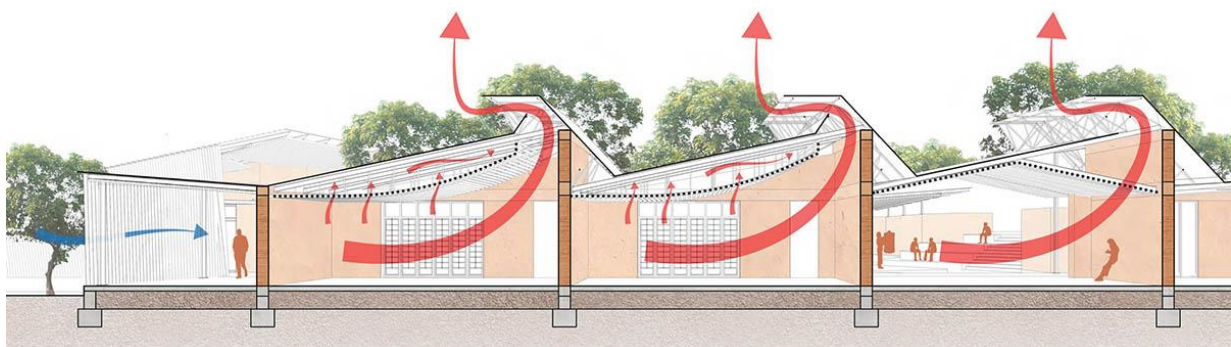
Figure 16. Qualité Architecturale avec des matériaux locaux



Source: <https://pragmatika.media> – photo Jaime Herraiz

Les profils de toit répétitifs créent un rythme dynamique et forment une cheminée à l'arrière de chaque module où l'air chaud accumulé peut être libéré. Les plafonds suspendus, en bois d'eucalyptus local, égayent les espaces intérieurs et complètent les murs d'argile lisse. Pour créer un sentiment d'unité avec le reste du campus, les bâtiments sont revêtus d'une peau transparente de bois d'eucalyptus.

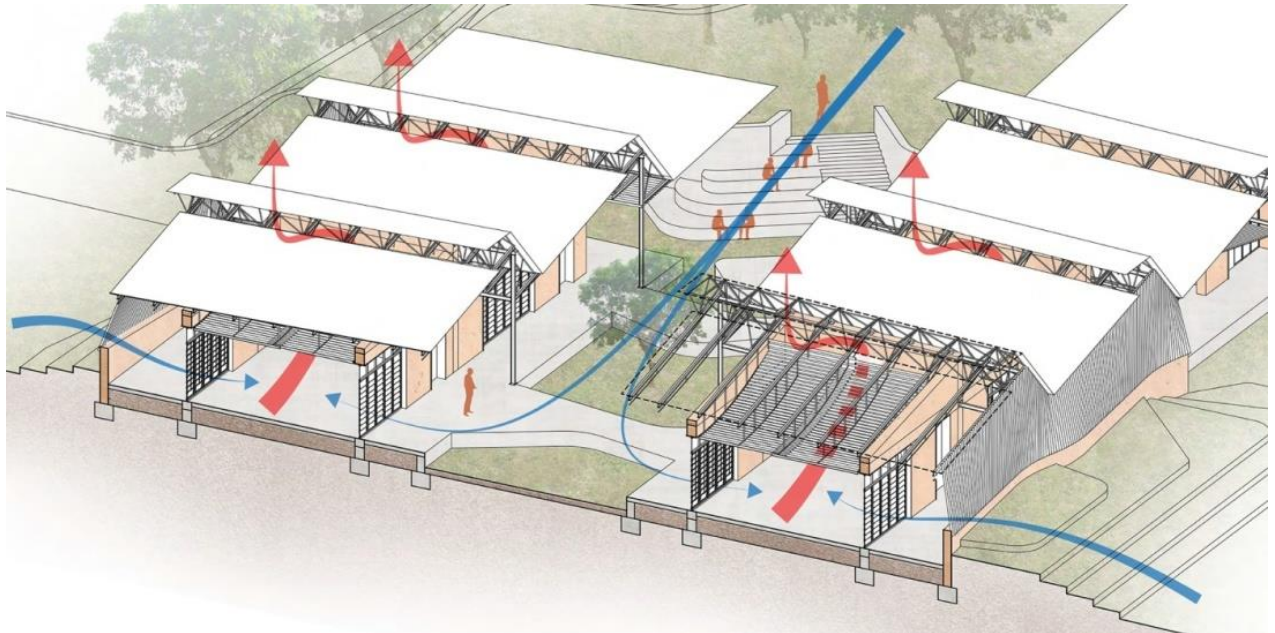
Figure 17. Stratégies environnementales - Schéma du système de climatisation



Source : <https://pragmatika.media>

Au lieu de fenêtres, Kere utilise des volets. Grâce à eux, la ventilation de l'air se fait de bas en haut et l'excès de chaleur et d'humidité s'échappe par le système à double toiture selon le principe de la cheminée. De plus, l'utilisation de volets comme éléments du toit et des fenêtres permet d'éviter la lumière directe du soleil et d'améliorer la qualité de l'éclairage dans les salles de classe.

Figure 18. Stratégies Environnementales – Vue Axonométrique



Source : <https://pragmatika.media>

Le projet optimise la stratégie de ventilation de la cheminée naturelle. L'air extérieur frais qui pénètre par de grandes ouvertures structurées autour du bois local horizontal du Louvre se réchauffe à l'intérieur et sort sur le dessus par une configuration de toiture conçue pour aider à évacuer cet air chaud montant.

L'auteur du bâtiment présenté tire profit des spécificités du climat local et de l'environnement naturel. L'application efficace de l'énergie propre combinée avec une bonne compréhension de la complexité et la fragilité des écosystèmes existants en est un autre trait distinctif du cas d'études choisies. Ces questions sont extrêmement importantes, en particulier dans les zones tropicales à la lumière de l'accélération des changements climatiques, qui obligent à prendre des mesures qui conduiraient à la réduction du potentiel de réchauffement planétaire ainsi que une exploitation plus consciente des ressources du globe.

6. Conclusion

Au cours des prochaines décennies, le principal changement que nous apportera le réchauffement planétaire ne sera peut-être pas le changement climatique lui-même. Il peut s'agir de l'incertitude concernant les conditions climatiques futures, qui était marginale au cours des siècles précédents et, par conséquent, a souvent été négligée dans la prise de décision. Aujourd'hui, l'incertitude sur les changements climatiques futurs est si grande qu'elle rend inadéquates de nombreuses approches traditionnelles de la conception architecturale, urbaine et d'autres investissements à long terme. Le présent article fait valoir que les utilisateurs finaux ne doivent pas s'attendre à ce que les climatologues résolvent ce problème en fournissant des prévisions climatiques sûres et précises en temps utile. Une incertitude scientifique fondamentale empêchera les modèles climatiques de fournir ces informations rapidement. La variabilité naturelle qui rend difficile la détection et l'attribution des changements climatiques empêchera également les observations de le faire. Les utilisateurs finaux (acteurs du secteur des constructions et régulateurs) doivent donc changer leur façon de prendre des décisions et introduire l'incertitude climatique dans leurs pratiques quotidiennes. Si l'incertitude est prise en compte dans toutes les décisions à long terme, de nombreux projets architecturaux, urbains et d'infrastructures seront mieux adaptés à l'avenir, et les répercussions des changements climatiques resteront moins importantes et plus gérables [7]. Seule une telle stratégie d'adaptation peut nous faire gagner le temps dont nous avons besoin pour attendre que les politiques d'atténuation (encore à mettre en œuvre) deviennent efficaces.

Si le régulateur par un appui au niveau local, par exemple à travers la restructuration de la composition du dossier de demande de permis de construire accompagne l'action des principaux acteurs du secteur de l'architecture, il serait capable d'offrir de vastes opportunités de réduction des émissions GES tout en renforçant le développement durable à l'échelle locale. Ce support du régulateur pourrait se consolider par :

- l'impulsion à l'intégration de nombreuses stratégies dans les projets architecturaux à présenter pour l'obtention d'un permis de construire ;
- la stimulation au développement de ces stratégies dans les nouveaux projets architecturaux et ce par l'implémentation d'un mécanisme de réduction du coût de permis de construire. Le régulateur et Les professionnels en se mouvant de la sorte disposent fondamentalement d'un levier d'action pour mettre en œuvre des mesures d'adaptation «gagnant-gagnant» entre les promoteurs de projets architecturaux et les responsables locaux qui sont soucieux de la résilience de leurs villes aux effets du dérèglement climatique. Tous les acteurs, maître d'ouvrage compris subiront ainsi chacun à son niveau un impact positif conséquent de leurs modes d'actions.

7. Références bibliographiques

- [1] C. BONICCO-DONATO, *Heidegger et la question de l'habiter : une philosophie de l'architecture*. Marseille : Parenthèses, [2019].
- [2] A. LIEBARD, et A. DE HERDE, *traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques* ; Éditeur, Moniteur, [2006].
- [3] F. BERTRAND, *Aux frontières de l'urbain - Petites villes du monde* , journals.openedition.org. [2016].
- [4] P. MBEVO FENDOUNG, *Vulnérabilité et adaptation des populations de cap cameroun*, Mémoire de Master en géographie, Université Yaoundé1 [2019].
- [5] M. LEVINE, and D. ÜRGE-VORSATZ, *Residential and commercial buildings, in Climate Change: Mitigation of Climate Change*, edited by: Metz, B., Davidson, O. R., Bosch, P. R., Dave, R., and Meyer, L.A., 388-446, Cambridge University Press, Cambridge, U. K. [2007].
- [6] L. BEDSWORTH , & E. HANAK, "*Adaptation to Climate Change*," Journal of the American Planning Association, Taylor & Francis Journals, vol. 76(4), pages 477-495 [2010].
- [7] S. HALLEGATTE , , *Global Environmental Change 19* , 240–247 [2009].
- Climate Change - Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC* (978 0521 88010-7 Hardback; 978 0521 70597-4 Paperback) [2007].
- Guide des actions adaptatives au changement climatique : Le bâtiment face aux aléas climatiques*
www.taloen.fr/ressources 30.03.2021.