

Changement climatique : il est encore temps !

Un oasis urbain au sein du désert africain

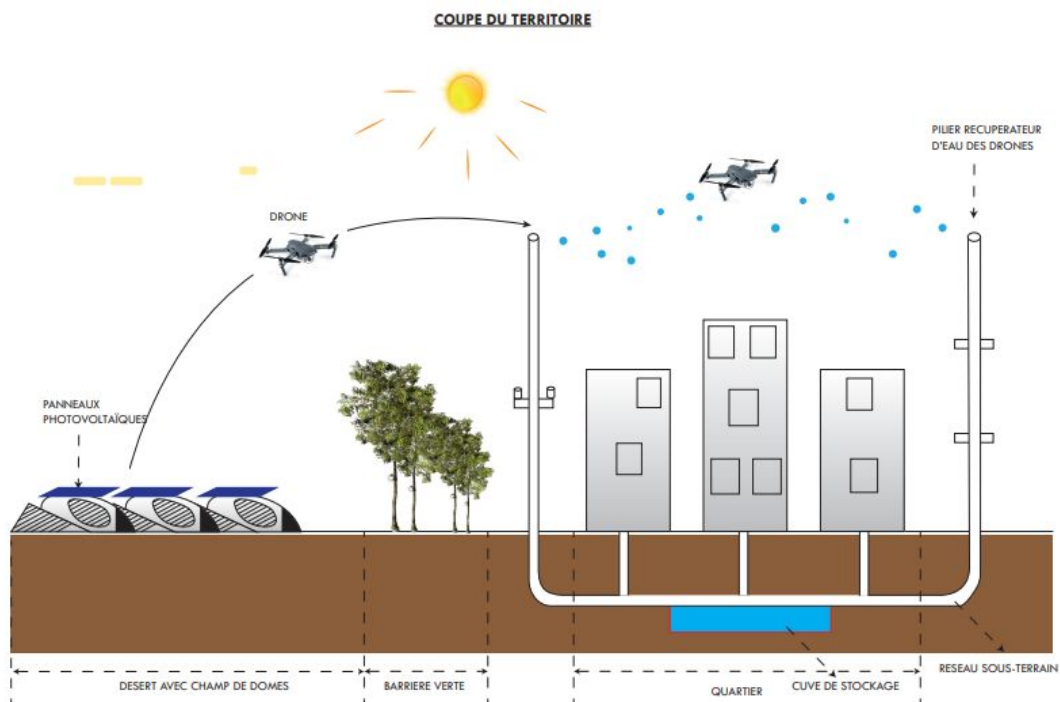


Figure 1. Coupe du territoire

Étudiants de l'Université de Technologie de Compiègne :

AGACHE Nicolas, *Ingénierie Mécanique*

LEFEVRE Mélissa, *Ingénierie Urbaine*

FOTSO Arnold, *Ingénierie Urbaine*

Le réchauffement climatique est désormais attesté par le 4^{ème} rapport du GIEC et se traduit par l'augmentation des températures moyennes de l'air et des océans, l'augmentation du niveau de la mer et la fonte des glaciers. Selon le territoire considéré, les conséquences peuvent être différentes. Le GIEC prévoit un fort assèchement dans la région du **Sahel Occidental qui fait aujourd'hui face aux défis de l'adaptation au changement climatique.**

Cette région serait la plus touchée par les conséquences du réchauffement climatique en Afrique, à savoir les pertes agricoles, les pertes de biodiversité, un accès à l'eau limité et une augmentation des décès. De plus, de nombreux habitats ne sont plus adaptés et menacent de s'effondrer.

Dans un tel contexte il semble naturel de se demander : **Quels aménagements peuvent-être réalisés en Afrique pour contrer les effets du réchauffement climatique ?**

Les aménagements seront pensés à l'échelle d'un vaste quartier reproductible pouvant accueillir 200 habitants, adapté pour répondre aux conséquences du réchauffement climatique. Ce projet peut être dupliqué et adapté à des populations plus nombreuses. Ce territoire est conçu pour être autosuffisant en eau. Le quartier imaginé se situe dans une ville du Sahel Occidental et se situe à proximité immédiate du désert et à une distance de 100 km du littoral.

Les aménagements développés dans cet oasis urbain ciblent les points suivants : **la sécheresse, les pertes agricoles, l'avancée du désert, l'accès à l'eau et les habitats.**

I/ Lutter contre la sécheresse : permettre un accès à l'eau innovant

Le système de création d'eau dans des conditions extrêmes de sécheresse permettra de répondre aux besoins en eau des habitants, de développer une barrière verte et de favoriser les cultures. De fait, le système vise à rendre le territoire d'étude autosuffisant en eau.

1) Dispositif de création d'eau dans le désert

Le désert a la particularité de présenter un brouillard en haut des dunes le matin et des vents forts qui peuvent largement être exploités. Malgré les températures très élevées pouvant être atteintes la journée et même si l'air paraît totalement sec dans le désert, la teneur en eau de l'air sous forme de vapeur peut être exploitée. Celle-ci se situe généralement entre 10% et 30%. Notre dispositif innovant s'appuie sur deux axes et les allie pour optimiser la **récupération d'eau en zone aride.**

Le premier axe sur lequel se base le dispositif est un système pouvant capter l'humidité de l'air à n'importe quel moment de la journée, même dans des conditions extrêmes. De fait, le fonctionnement du système est basé sur la mise en place d'un **condenseur**. Il s'agit d'un échangeur thermique permettant la transformation de vapeurs surchauffées en liquide grâce à une chambre aux parois finement perforées qui génère de la condensation. Les gouttelettes ainsi produites sont repoussées vers un tuyau grâce à des petites dents hydrophobes placées à la fin du condenseur.

Le second axe s'inspire du **biomimétisme** et plus particulièrement du scarabé *Stenocara*. Cette espèce a la faculté de récolter des gouttelettes d'eau dans le brouillard grâce à 3 paramètres qui sont : sa surface hydrophile, la nature non uniforme de sa carapace et son inclinaison qu'il a par rapport au vent. Afin de reproduire ce phénomène, la forme de l'installation sera celle d'un dôme situé en haut des dunes, constitué de micro rainures et de micro bosses ainsi que d'un polymère à base de coton présentant la faculté d'être hydrophile ou hydrophobe en fonction des conditions de température. Une

légère inclinaison permet le ruissellement de l'eau qui reproduit la géométrie de la carapace. Le dôme sert donc de système d'optimisation de récupération de l'eau mais aussi de structure et de protection pour l'autre dispositif composé du condensateur.

La condensation de l'eau et le dépassement du point de rosée permettent d'obtenir une eau de bonne qualité. De fait, un simple traitement anti-bactérien contre les micro-organismes et contre les plus grosses particules qui auraient pu entrer dans le système (insectes, sable) par des systèmes de microfiltration sera donc suffisant pour la rendre potable. Une fois le système de filtration passé, l'eau est dirigée vers une cuve de stockage se trouvant dans la partie la plus basse du dôme (l'inclinaison facilitant son transport).

La fusion de tous ces axes résulte en la création d'un champ de dômes. Chacun allie l'innovation qui permet de créer de l'eau à partir de l'humidité de l'air (système de condensation) et la forme inspirée du biomimétisme. De plus, chaque dôme possède un panneau photovoltaïque au dessus de lui présentant un double avantage : créer de l'énergie électrique pour alimenter le condenseur mais aussi créer de l'ombre au dessus du dôme afin d'économiser des degrés à refroidir. Il s'agit donc d'un cercle vertueux.

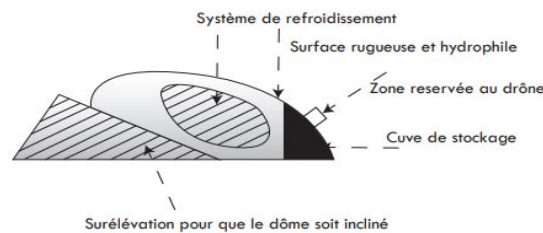


Figure 2. Représentation du dôme

2) Acheminement de l'eau vers le territoire

L'eau créée à partir de notre dispositif est dédiée à la consommation des habitants, à l'irrigation pour l'agriculture et à la création d'un climat plus supportable pour les population victimes du réchauffement climatique.

Une fois les processus de récupération, création, filtration et stockage terminés, l'eau doit être acheminée depuis les dômes vers le territoire par un système facilement constructible.

Le transport de l'eau se réalisera par une flotte de 16 drones qui réaliseront des allers-retours entre les dômes dans le désert et la périphérie du quartier d'étude. Ces drones, fabriqués à partir de matériaux récupérés dans un atelier présent dans le quartier, auront une capacité de stockage de l'eau de 20 à 50L. Ils sont alimentés en énergie par un panneau photovoltaïque situé à leur sommet et disposent d'un moteur pour effectuer leur déplacement. Ils disposent d'une technologie leur permettant de stationner à une altitude donnée.

Les drones présentent une surface adaptée à la zone de stockage de l'eau au niveau du dôme. Pour récupérer l'eau, ils se posent sur la surface dédiée du dôme et puisent l'eau par un système de pompage par gravitation.

Deux possibilités s'offrent à eux : **déposer l'eau dans des systèmes cylindriques pour alimenter la ville en eau ou diffuser l'eau à une altitude donnée.**

Les systèmes cylindriques sont au nombre de huit et disposés en périphérie de la ville, à une distance régulière de telle sorte à entourer la ville. Ils présentent deux bases de repos pour les drones. Les systèmes cylindriques sont des tubes de 30 cm de diamètre et de hauteur 4 mètres. La forme du haut est adaptée à celle du drone pour que celui-ci puisse se déposer dessus. Le drone déverse alors l'eau dans ce pilier. Cette eau est alors conduite dans une cuve par un réseau souterrain, relié au réseau d'eau de la ville par des canalisations. La cuve de stockage est présente sous les bâtiments du quartier. Ce dispositif permet de couvrir les besoins en eau de l'ensemble des habitants du quartier (eau domestique et eau agricole).

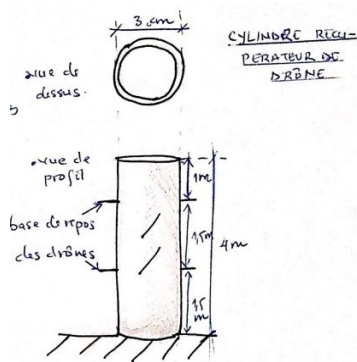


Figure 4 Représentation du cylindre récupérateur d'eau

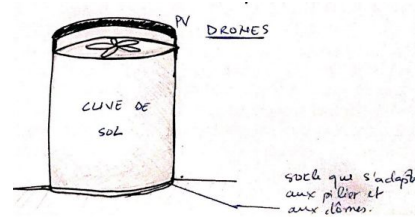


Figure 5 Représentation d'un drone

Lorsque les besoins d'eaux agricoles et domestiques sont satisfaits, les drones s'attèlent à la création d'une barrière verte et d'un microclimat urbain en cas de pic de chaleur en diffusant de la brume à une altitude fixe.

La barrière verte est permise par l'arbre tropical *Casuarina*, capable de coloniser des sols très pauvres en minéraux et de les re-végétaliser. Il s'intègre parfaitement dans la lutte contre la désertification par sa faculté d'adaptation au milieu sahélien. Les drones se placent au dessus de la barrière verte, diffusent de la brume et humidifient ainsi le milieu pour rendre la pousse des arbres plus facile. Cette barrière verte s'oppose à l'avancée du désert et permet de capter les émissions de GES.

En cas de pic de chaleur, les drones se positionnent au dessus des lieux de vie regroupant de nombreuses personnes et diffusent de la brume pour les rafraîchir et créer un microclimat urbain.

La quantité d'eau domestique nécessaire pour un habitant de ce quartier serait de l'ordre de **130 L/jour/habitant**. En ce qui concerne l'agriculture, nous souhaitons également diminuer les besoins en eau. Les méthodes agricoles utilisées seront ainsi basées sur l'utilisation de l'urine. Le volume d'eau nécessaire à la production agricole serait donc de **8 100 L d'eau/15 jours**. La quantité d'eau est dimensionnée pour répondre aux besoins de 200 habitants.

Pour atteindre l'autosuffisance en eau, la capacité de stockage de la cuve doit être supérieure à la demande maximale d'eau à tout instant. Le prélèvement de l'eau pour les cultures se faisant tous les quinze jours, la cuve doit être en mesure d'accueillir ce volume ainsi que le volume représentant l'eau domestique de l'ensemble des habitants : $V_{min, cuve \text{ stockage}} = 8100 + 130 \times 200 = 34\ 100 \text{ L}$

Le volume d'eau à prélever quotidiennement est au minimum égal au besoin d'eau domestique de l'ensemble des habitants additionné avec le volume d'eau pour les cultures divisé par le nombre de jours d'attente (15), ainsi : $V_{min, \text{ à prélever}} = 130 \times 200 + (8100/15) = 26\ 540 \text{ L}$

Les drones ont au maximum une capacité de 50L. Le nombre minimal d'allers-retours entre les dômes et les piliers est donc égal à 531. Le volume de stockage du dôme est de 9140 L d'eau.

Le besoin en eau étant égal à 26 540 L, le nombre de dômes nécessaires pour un quartier de 200 habitants est égal à 2,9. Nous choisissons donc d'installer **3 dômes** en périphérie du quartier pour une population de 200 personnes.

II/ Programmation architecturale

1) Caractéristiques du bâtiment

Dans un contexte de forte croissance démographique et d'exode rurale, la demande en habitations ne va cesser d'augmenter. La consommation énergétique des bâtiments en Afrique est aujourd'hui très élevée à cause des matériaux utilisés. En effet, le béton et le verre accumulent la chaleur. L'oasis urbain sera constitué de bâtiments durables, construits avec des matériaux locaux, adaptés au climat et en partie bio-dégradables.

Les bâtiments possèdent tous un grand patio central au rez-de-chaussée. Cet espace est dédié à un jardin partagé et permet également de refroidir le bâtiment car il laisse place à la réalisation d'**une ventilation transversale**. Il est desservi par un puits de lumière, permettant un confort visuel ainsi qu'une économie d'énergie. Les bâtiments seront également tous équipés de panneaux photovoltaïques et solaires thermiques afin de profiter du fort taux d'ensoleillement pour réduire la consommation en énergie

2) Dispositif de valorisation de l'urine pour l'agriculture

L'objectif est de proposer une agriculture efficace, capable de modifier de façon durable le visage du désert. L'urine est utilisée pour le phosphore qu'elle contient, grande richesse pour l'agriculture. Elle permet de fertiliser des terres et assurer une autonomie alimentaire à base de végétaux.

Les bâtiments de notre quartier présentent un système de collecte particulier des eaux usées. En effet, dans une volonté de créer un quartier autosuffisant en eau il est nécessaire de valoriser ces eaux ménagères. Le système de récupération sera de deux types. Le premier concerne les eaux des sanitaires. Une cuve de stockage prévue à cet effet est présente sous chaque bâtiment. L'urine est donc valorisée pour permettre un meilleur rendement agricole et apporter des éléments essentiels aux plantes, au moment de leur croissance. Le deuxième concerne les eaux des douches et éviers. Celles-ci sont traitées de manière très simple pour éliminer les éventuels résidus de produits ménagers. Ces eaux servent exclusivement à arroser des espaces agricoles présents à l'intérieur des bâtiments.

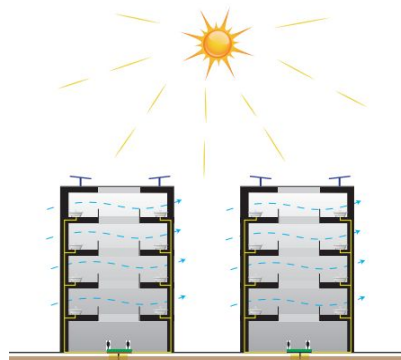


Figure 5. Représentation du bâtiment

Conclusion

Notre projet d'ingénierie novateur pourrait révolutionner le cadre de vie de plusieurs milliers de personnes dans la région du Sahel. Nous avons conçu un quartier pour 200 personnes, facilement reproductible dans un territoire africain. Comme expliqué précédemment, ce projet a pour vocation à être installé dans le désert, vaste zone couvrant plusieurs millions de kilomètre carrés sur le continent.

Durant sa réalisation nous nous sommes également rendus compte à plusieurs reprises de certaines difficultés techniques qui peuvent intervenir. Par exemple le système d'acheminement de l'eau le plus simple aurait été de relier les dômes à la ville par un réseau souterrain. En revanche, celui-ci aurait engendré des travaux plus lourds que ceux nécessaires à l'implémentation des cylindres hors sol.

De plus, nous avons conscience que certains aspects techniques mériteraient d'être précisés mais nous sommes convaincus que des spécialistes dans le domaine auraient la capacité de mettre ce projet en oeuvre.