

GÉOGRAPHIE

Étude de cas n°1 : Deux barrages face aux aléas climatiques



Le lac et le barrage de Bin el Ouidane au Maroc



Une vue par drone montrant des maisons endommagées après que de fortes inondations soudaines ont détruit plusieurs maisons lorsqu'un barrage a éclaté, à la suite de fortes pluies dans le village de Kamuchiri, Mai Mahiu, comté de Nakuru, Kenya le 29 avril 2024. REUTERS - Edwin Waita

1. Découverte de la situation-problème

Tâche n°1 : À partir des documents et photos ci-dessous, précisez à quels aléas ont été ou sont confrontés certains habitants du Maroc et du Kenya en complétant le tableau de la page suivante.



Le lac et le barrage de Bin el Ouidane au Maroc en juin 2024

Reportage concernant le Kenya :

https://youtu.be/fczc0ZZWbXo?si=092Lv_7fUIYVgCKp



	Au Maroc	Au Kenya
De quel aléa s'agit-il ?		
Où précisément dans le pays ?		
Cite une conséquence		

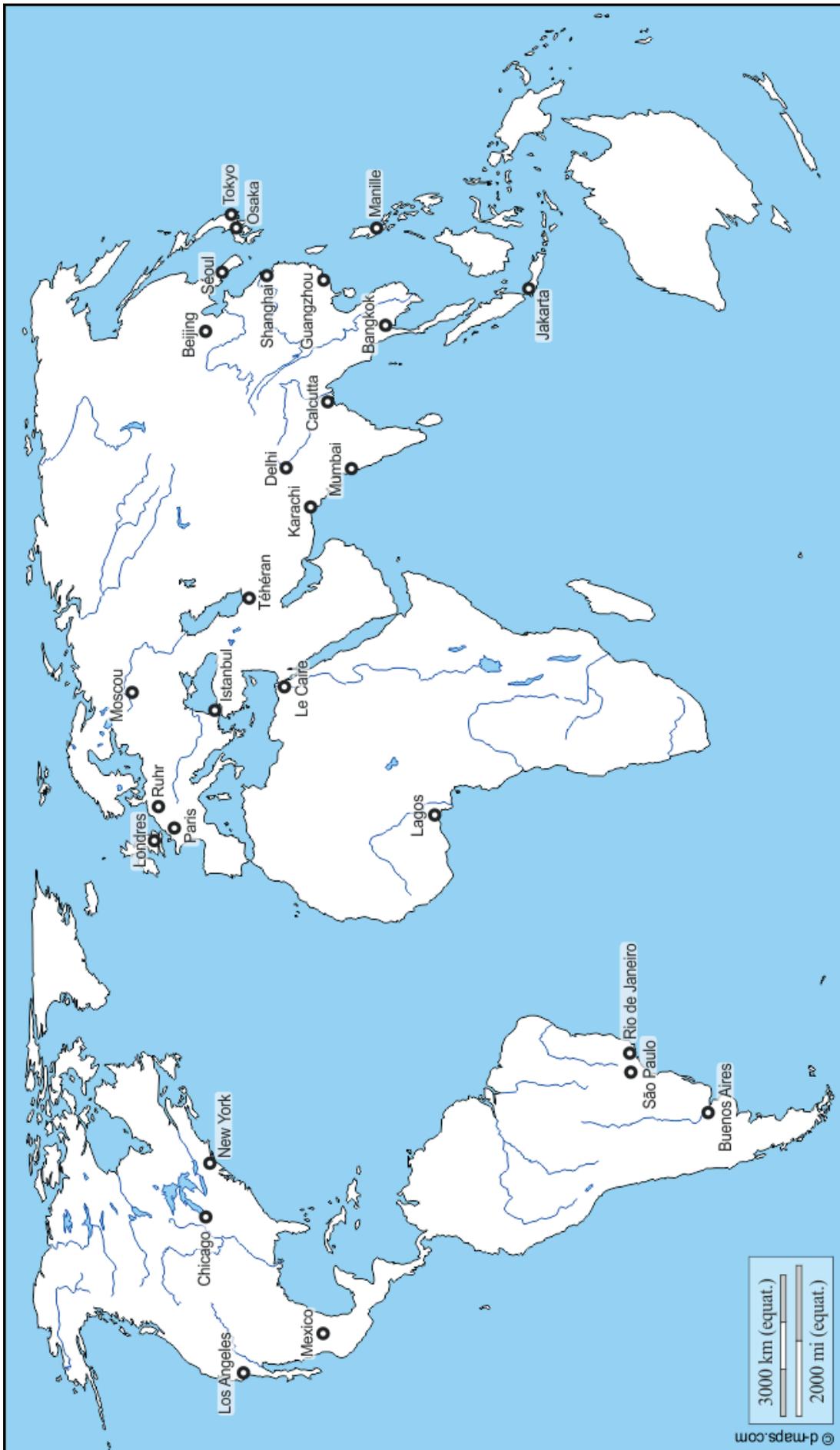
2. Rappel des principaux repères dans le monde

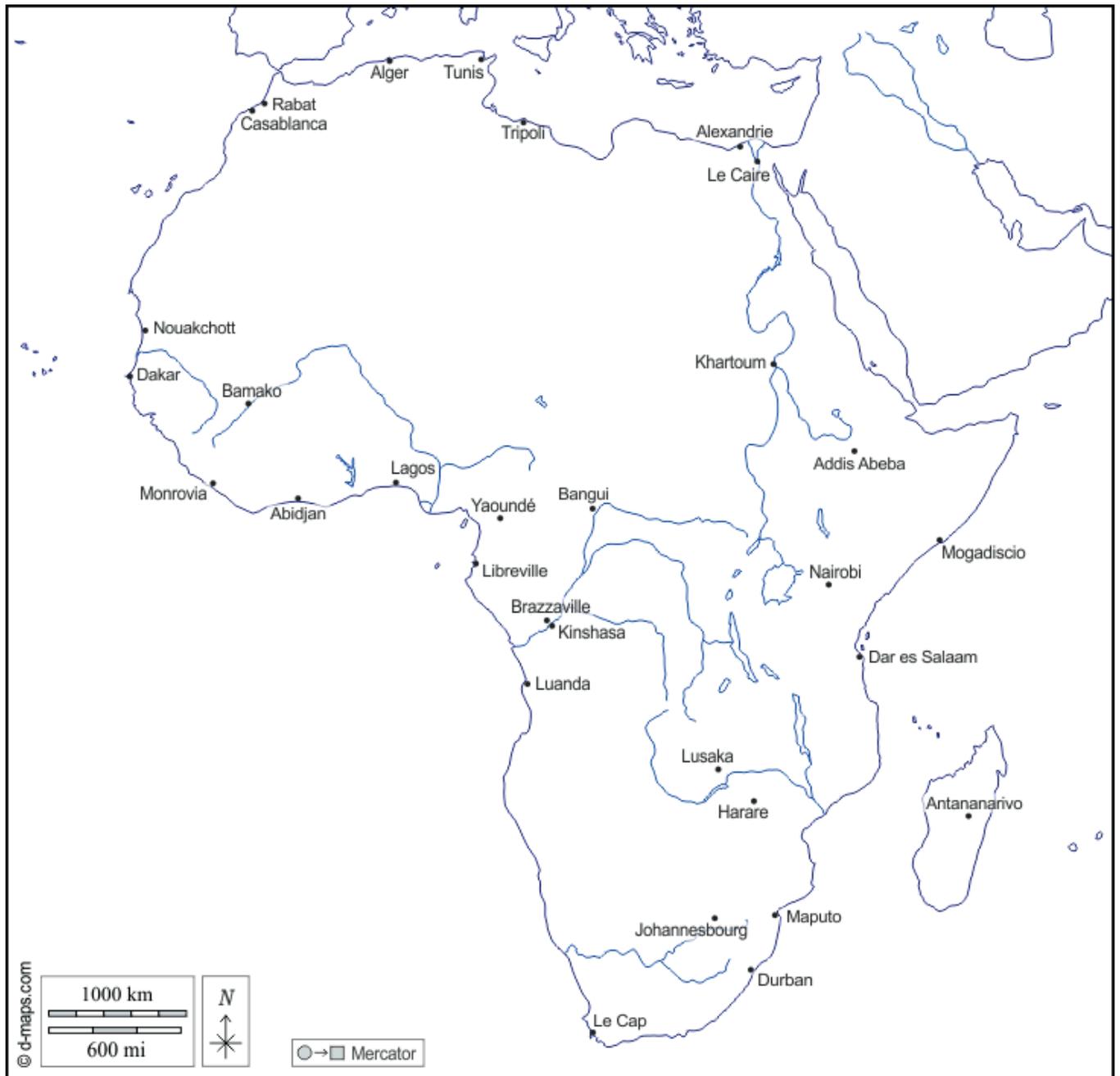
Tâche n°2 : Sur la carte du monde, et à partir de tes connaissances et/ou de ton atlas :

- Écris le nom des continents et des océans.
- Trace les deux cercles polaires, les deux tropiques, l'équateur et le méridien de Greenwich.
- Fais apparaître en pointillés le 50^e N et colorie la Belgique
- Trace en pointillés le 50^e parallèle (passant par la Belgique)
- Colorie en brun clair et délimite le plus précisément possible les chaînes de montagnes suivantes: Himalaya, Rocheuses, Andes, Rift africain.
- Écris au bon endroit le nom des fleuves suivants : Amazone, Mississippi, Gange, Huang He, Yangzi Jiang, Congo, Nil, Mékong, Indus, Brahmapoutre.

Tâche n°3 : Sur la carte d'Afrique

- Situe le plus précisément possible les deux lieux dont il est question dans cette étude de cas
- Trace l'équateur et les deux tropiques
- Délimite et écris le nom des différents repères naturels importants du continent : mers, océans, déserts, savane, forêts tropicales et chaînes de montagnes
- Indique le nom des principaux cours d'eau : Nil, Congo et Niger



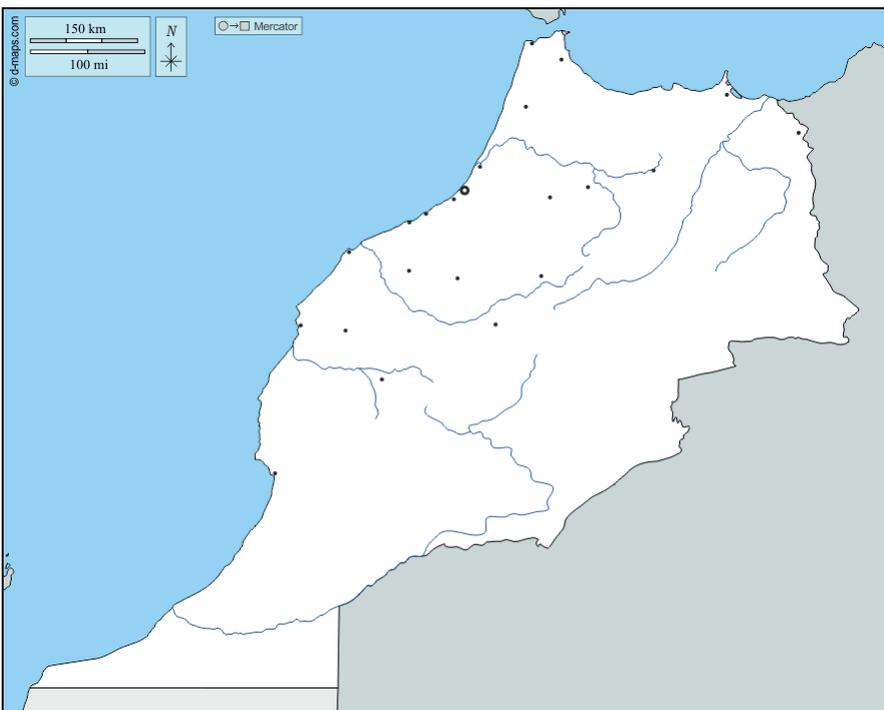


3. Localisation des aléas

Tâche n°4 : Situer les aléas de manière pertinente

Sur les cartes du Maroc et du Kenya :

- Situe le plus précisément possible le lieu où se situe les aléas évoqués
- Sur chacune de ces deux cartes, indique entre 5 et 8 repères pertinents qui permettent de localiser ces deux pays à l'échelle mondiale.
- Indique un titre à ta carte et, au besoin, réalise une légende



4. Utilités et éléments d'identification d'un barrage

Tâche n°5 : À quoi sert un barrage ? Comment reconnaître les espaces où ils se trouvent ?

a) *À partir de l'article page 12, précisez les utilités d'un barrage. Pourquoi sont-ils construits ?*

b) *Quel cas illustre la fiche de la page suivante ?*

c) *Quels éléments de cette fiche t'ont permis de l'identifier ?*

d) *De manière plus générale, comment reconnaît-on, vu du ciel, la présence d'un barrage ? Réalise un croquis en mettant en évidence les éléments naturels et humains qui nous permettent de les reconnaître.*



LÉGENDE :

ESPACES À RISQUES – Traces laissées par un aléa

Rupture d'un barrage



Lat. et Long. :
-20.138726° -44.122886°
Alt. : 787 m
Vue aérienne : 02-02-2019



Source :
Wikimedia Commons,
26-01-2019



Caractéristiques principales permettant l'identification

- Sur un cours d'eau, en aval d'un point (le barrage), tracés brunâtres montrant une inondation
- Utile de comparer la même vue avec une vue similaire plus ancienne



Brumadinho, le 25 janvier 2019 (BR)

- Coulée de boue constituée de millions de tonnes de résidus miniers inondant la vallée en aval du barrage, détruisant les villages et occasionnant de nombreux dégâts
- Barrage construit en 1976 en travers du ruisseau Ferro-Carvão d'une hauteur de 88 m et d'une capacité de 11 700 000 l
- Ancien réservoir de rétention pour les déchets de l'exploitation minière à la mine de Córrego do Feijão, ne recevant plus de déchets miniers depuis trois ans, en cours de démantèlement au moment de la rupture
- Rupture le 15-01-2019 causant 115 morts et 248 disparus



Localisation (facteurs et contraintes)

- En aval d'un barrage aménagé sur un cours d'eau avec lac de retenue
- Facteurs aggravant les risques de rupture : failles, dépôts miniers, défauts de construction, pression des sédiments stockés ...
- Possibilité d'observer l'étendue de la catastrophe avec les photographies publiées par Google



5. Analyse des aléas

Tâche n°6 : Réalise une analyse comparative des deux aléas en recherchant les informations dans les documents proposés et en indiquant les informations demandées en t'inspirant de la grille d'analyse d'un aléa ci-dessous. Choisis la façon dont tu veux communiquer tes réponses : un tableau, un texte, un plan... Celle-ci ne devra pas excéder une feuille A4 recto/verso.

Grille d'analyse d'un aléa				
Identification et description		Explication et prédiction		Évaluation
QUOI ?	OÙ ?	COMMENT et POURQUOI ?	QUELLE ÉVOLUTION PROBABLE ?	QUE FAIRE ?
<p><i>De quoi parle-t-on dans le sujet traité ?</i></p> <p><i>Que s'est-il passé ?</i></p>	<p><i>Où cet aléa s'est-il produit ? Indique les informations nécessaires permettant sa localisation.</i></p> <p><i>Dans quel type de milieu et dans quel cadre naturel (sol, relief, ...) est-il survenu ?</i></p> <p><i>En quoi l'espace où il est survenu était-il vulnérable ?</i></p>	<p><i>Comment expliquer la présence de cet aléa ?</i></p> <p><i>Quelles sont les causes naturelles et/ou humaines qui sont à son origine ?</i></p>	<p><i>Cat aléa est-il susceptible de se reproduire dans le futur ? Avec quelle période de retour ?</i></p> <p><i>Quels sont les facteurs qui pourraient expliquer son retour ?</i></p>	<p><i>Quelles sont les capacités de résilience de la population face à cet aléa ?</i></p> <p><i>Quelles sont les solutions existantes, à proposer et à réaliser pour en atténuer la fréquence ou en diminuer l'impact sur l'homme ?</i></p>

10

L'AVENIR
SAMEDI 10 AOÛT 2024

MONDE

Sécheresse et noyades, la mal

MAROC

En seulement six ans, le lac Bin el Ouidane, au Maroc, a perdu plus de 90 % de son eau. Pointées du doigt : les conséquences du réchauffement climatique. Mais une autre malédiction a frappé ce lieu paradisiaque.

À quatre heures de route de Marrakech, perdu au milieu des montagnes du Moyen-Atlas, en plein cœur du Maroc, le lac Bin el Ouidane offre un panorama idyllique. En ce mois de juin ensoleillé, ses eaux turquoise invitent à la détente. Ski nautique, kayak, balade en bateau, jet ski : les activités proposées aux touristes sont nombreuses pour profiter de ce plan d'eau exceptionnel. Mais pour combien de temps encore ? Hassan accueille les vacanciers sur l'embarcadère, en bas de l'hôtel : « Avant, l'eau du lac arrivait aux abords de la piscine de l'hôtel. Mais en six ans, le niveau a terriblement baissé. » Il faut désormais emprunter une voiturette de golf et descendre environ 200 mètres pour atteindre la marina. La profondeur actuelle du lac est de 22 mètres. En 2018, elle était de 138 mètres ! En cause : la sécheresse et la surconsommation d'eau. Les autorités sont assez démunies face à ce phénomène. Et pourtant, pour son agriculture, pour les villes et villages, c'est toute une région qui dépend de l'alimentation en eau de ce lac. Un projet prévoit la construction de nouveaux barrages pour relancer l'irrigation des terres agricoles et approvisionner les communautés en eau.

De la neige en hiver

La faiblesse des précipitations reste une source de souci majeure. Jusqu'en 2018, il neigeait encore chaque hiver dans la ré-



© JACQUES DUCHATEL

gion. La fonte de cette neige, ainsi que les précipitations tout au long de l'année alimentaient l'immense réservoir. Désormais, avec la sécheresse qui sévit depuis six ans, ce sont des centaines de millions de mètres cubes d'eau qui ont disparu. Les fortes chaleurs d'été sont également la cause d'une évaporation inhabituelle. Nizar Barak, ministre de l'Eau, le déclarait fin de ce mois de juin : « L'évaporation de l'eau a atteint un million et demi de mètres cubes par jour » sur l'ensemble des lacs du pays. En outre, cet été, vingt et une

Désormais rempli à seulement 77%, l'ouvrage hydrique se trouve à un tournant critique.

personnes sont décédées en une seule journée à cause de la chaleur, dans l'agglomération de Beni Mellal, juste au nord de Bin el Ouidane.

Le site d'information marocain francophone, le 360, titrait en février dernier : « Quand l'eau se fait rare ». Et relevait le niveau très faible du lac : « Face à une sécheresse persistante, le barrage Bin el Ouidane voit ses réserves s'amenuiser dangereusement. Désormais rempli à seulement 7,7 %, l'ouvrage hydrique se trouve à un tournant critique. Les conséquences se font déjà sentir dans les localités avoisinantes, où

l'eau devient une ressource de plus en plus rare. »

Paradoxalement, dans l'hôtel qui surplombe le lac, la vie suit son cours, paisiblement. Rien n'est fait pour rappeler aux touristes la rareté de l'eau. Les serviettes de bain des piscines sont changées plusieurs fois par jour, hammam et sauna tournent à plein régime. Rien n'est fait non plus pour sensibiliser les touristes aux dangers que représente le lac.

Un lac maudit ?

Au cours de ces dix dernières années, plusieurs personnes ont trouvé la mort dans le lac Bin el Ouidane. Des noyades aux raisons multiples : le manque de précaution ; l'inexpérience des loisirs aquatiques ; des abords non

aménagés qui rendent difficile l'accès à l'eau ; le réel danger que représente une eau lourde, dense, parce que peu renouvelée ; un fond vaseux, boueux et des obstacles naturels enfouis qui réduisent les chances de survie en cas de noyade ; la proximité du barrage lui-même, véritable géant de béton.

Un climat particulier

Par sa situation géographique, entre l'Europe méditerranéenne et l'Afrique saharienne, le Maroc se distingue par différents types de climats, qui vont de l'humide à l'aride. La partie sud du pays est particulièrement sujette à la sécheresse. Une sécheresse qui gagne aussi, petit à petit, les régions plus au nord.

Édiction du lac Bin el Ouidane



À cause de la sécheresse et d'une surconsommation, en six ans, le lac Bin el Ouidane a perdu plus de 90 % de son eau.

Le réchauffement climatique joue un rôle majeur dans cette évolution, qui met en danger la population, la faune et la flore. Et, bien entendu, les réserves d'eau, telles que celle du lac Bin el Ouidane.

Les températures ne cessent d'augmenter et les pics prévisions prévoient +5°, dans certaines zones du nord-ouest, d'ici la fin du siècle. Alors que les précipitations diminuent, en particulier dans ces mêmes zones. Avec des disparités importantes : elles sont actuellement de plus de 2 000 mm par an sur les reliefs au nord du pays, pour moins de 25 mm par an dans les plaines désertiques du sud du pays. D'où le projet du gouvernement

de mener à bien la construction de l'« autoroute de l'eau » (lire ci-contre).

Les conséquences des effets du réchauffement climatique sont importantes : récoltes moindres et de moins bonne qualité ; appauvrissement des couches rurales de la population, déjà les plus précarisées ; dégradation de la biodiversité ; pénuries d'eau...

Le Maroc est face à un défi colossal, qu'il doit relever urgemment.

JACQUES DUCHATEAU



La solution ? L'« autoroute de l'eau »

Le gouvernement marocain a mis en place un programme pharaonique.

Conscient de l'importance de résoudre ce problème et de gagner la course contre les conséquences du réchauffement climatique, le gouvernement marocain a mis en place un programme pharaonique. Celui-ci prévoit la construction de deux grands barrages dans la région de Beni Mellal Khénifra, au nord du pays, ainsi que d'autres barrages, plus petits, sur 61 sites. Ce projet s'inscrit dans le cadre du Programme d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation 2020-2027. Cette autoroute de l'eau permettra une interconnexion entre les régions du nord et les régions plus arides du sud du Maroc.

Ce programme se base également sur un plan directeur de l'ABHOER (l'Agence du bassin hydraulique de l'Oum er Rbia) qui évaluera au fil du temps les besoins des différents secteurs afin de gérer au mieux les ressources. Ce document sera un véritable guide de l'eau pour les trente prochaines années. Début de cette année 2024, le gouvernement a lancé la deuxième phase de ce projet « Autoroute de l'eau », dans le nord du pays. Les budgets alloués à celui-ci sont importants mais essentiels pour la sécurité de l'approvisionnement en eau potable de millions de personnes à travers tout le pays.

Il y a urgence. Les lacs gérés par l'ABHOER, comme celui de Bin el Ouidane, sont à un stade critique. Avec 215 millions de mètres cubes, l'ensemble de leurs réserves est à moins de 5 % de leur capacité maximale. Elles étaient de 414 millions (8,4 %) il y a un an. Un autre projet, à l'étude également, consisterait à récupérer les eaux usées, filtrées, pour l'agriculture. J.D.

À quoi sert un barrage ?

Pourquoi construit-on des barrages ? Pour quelles raisons décide-t-on de construire une retenue d'eau ?

L'Hastiérois Joël Boulanger est un ancien ingénieur de la société Franki. Il a parcouru le monde pour réaliser de grands chantiers : en Guinée Conakry, au Maroc ou encore au Canada. Il a participé à la construction d'un barrage en Égypte et pendant 17 ans, il a travaillé à la construction et à la gestion des barrages de l'Eau d'Heure.

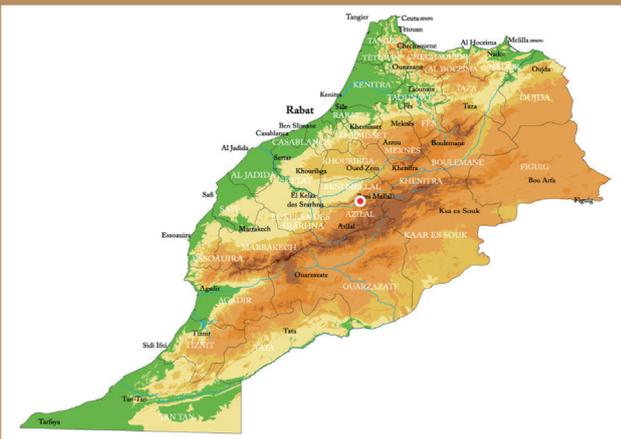
Il nous explique le fonctionnement d'un barrage : « Un barrage sert soit à faire une centrale électrique, s'il est équipé de turbines, soit à créer une réserve d'eau. Soit les deux. On peut aussi en construire pour préserver l'aval d'inondations. Certains barrages se remplissent la journée, avec une rivière qui les alimente. Et la nuit, ils se vidant en partie pour la production d'électricité. »

Aux barrages de l'Eau d'Heure, c'est le petit ruisseau de la Plate Taille qui alimente l'immensité des lacs. « On régule le système en fonction des besoins. »

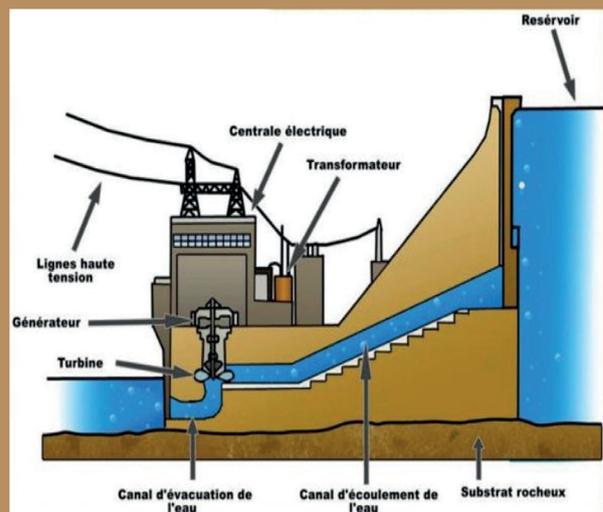
Une retenue d'eau qui se vide de manière importante, comme celle de Bin el Ouidane, fragilise également le barrage. « Il faut s'assurer que l'assise à la roche est suffisamment costaud. Quand l'eau se retire, des fissures peuvent apparaître. » Fissures qu'il faudra évidemment combler pour assurer la stabilité de l'ouvrage d'art. « Seulement ensuite, on pourra envisager de remplir la retenue d'eau. » En Belgique, tous les barrages sont suivis et inspectés continuellement.

Comment remplir une réserve d'eau, lorsque la sécheresse l'a en grande partie vidée ? « On peut aller chercher l'eau en profondeur, en forant à plusieurs centaines de mètres. Mais évidemment, le coût est important. » J.D.

Sur les deux photos ci-dessous, on voit à quel point l'eau s'est retirée. La première photo (© AdobeStock) date d'avril 2007. La deuxième, a été réalisée en juin 2024. Elles ont été prises quasi du même endroit. La ligne des arbres au centre, ou la végétation juste à gauche de l'eau, sont des repères faciles à retrouver et à comparer. C'est dramatiquement presque un jeu des 7 erreurs...



La retenue d'eau, le lac Bin El Ouidane, à son origine, couvrait une surface de 4000 hectares, sur une longueur de 15 km. Elle culmine à 840 mètres d'altitude. Ce qui en fait le lac le plus haut d'Afrique.



Plan de coupe d'un barrage avec centrale hydroélectrique.



Au cœur de l'Atlas, l'agriculture nécessite de grandes quantités d'eau, apportées par un système d'irrigation tentaculaire. © AdobeStock

Kenya: au moins 50 personnes tuées dans la rupture d'un barrage au nord de Nairobi

Au moins 50 personnes sont mortes au Kenya après la rupture d'un barrage au nord de la capitale Nairobi, alors que ce pays d'Afrique de l'Est est balayé par des pluies diluviennes aux conséquences meurtrières. Reportage dans un village ravagé par les coulées de boue.

Publié le : 29/04/2024 - 10:43. Avec notre correspondante à Nairobi, Gaëlle Laleix

Au Kenya, au moins une cinquantaine de personnes sont mortes dans l'effondrement d'un barrage. Cela s'est passé dans la nuit du 28 au 29 avril à Maï Mahiu, dans le comté de Nakuru, à une centaine de kilomètres au nord de Nairobi. Les fortes pluies de la nuit ont provoqué le débordement du bassin et la destruction de la digue.

À Ngueiya, un village en aval du barrage, c'est un paysage de désolation, avec une énorme coulée de boue, bordée d'arbres arrachés et de rochers qui ont roulé depuis la montagne. Il y a même un 4X4 perché dans des branchages.

Sous un auvent, dans la cour de l'école primaire de Ngueiya, Joseph est encore sous le choc. C'est vers 3h du matin que le déluge s'est abattu sur sa maison : « J'étais dans mon lit et j'ai entendu des hurlements dehors. J'ai voulu sortir mais ma porte était bloquée par la pression de l'eau. Elle s'est accumulée dans ma maison qui a été emportée d'un coup. C'est venu de nulle part et ça a tout emporté. Tout, même les murs. Il n'y a plus rien. »

Ann vient du village de Jérusalem. Sa famille en est la seule rescapée. Quand les torrents ont pris ses enfants, elle a pourtant cru ne jamais les revoir : « Ils ont été emportés par l'eau. On a tous été séparés. J'entendais mes enfants hurler au loin. Après une vingtaine de minutes, je me suis mise à nager. J'ai retrouvé une de mes filles étendue sur un arbre, je l'ai sauvée. J'ai nagé encore pour récupérer mon autre fille. »

Anthony, lui, est revenu voir les décombres de son village. De la boue et des débris ont remplacé sa ferme. À la sidération succède la colère : « nous sommes abandonnées par les autorités. Les communautés locales l'avaient dit : l'eau arrive, le volume monte. Le gouvernement aurait dû s'en occuper, il aurait pu enlever cette eau pour qu'elle ne monte pas à ce point. Et c'est arrivé... »

Espoir perdu de retrouver des rescapés

À cette heure, les espoirs de retrouver des rescapés sont quasi nuls. Secouristes et voisins continuent de chercher les corps des disparus. David Aderasu, de l'ONG Saint John ambulance, en a trouvé plusieurs : « J'ai trouvé des corps ici, vers Maï Mahiu, en contrebas, parce qu'ils ont été emportés par les eaux. Certains flottaient, d'autres étaient coincés dans la boue. Il y a une autre équipe, un peu plus bas, qui continue de creuser pour récupérer les corps toujours bloqués. »

Selon la Croix-Rouge kényane, 49 personnes sont toujours portées disparues et une centaine de foyers sont touchés. « Beaucoup de maisons se trouvaient sur les berges et ont été emportées, c'est pour ça que ce bureau est important, explique Joe Mbalu, secrétaire général adjoint en charge des opérations. Nous avons besoin de comprendre où vivaient les gens pour savoir où chercher. C'est pour ça que nous envoyons nos drones et collaborons avec la chefferie locale pour faire une carte de la population de la zone affectée. »

Ce n'est pas la première fois que le comté de Nakuru est le théâtre d'un tel accident : en 2018, déjà, l'effondrement du barrage de Solait avait fait près d'une cinquantaine de victimes. Le scénario était assez similaire : de fortes pluies avaient provoqué débordement puis destruction.

Plus tôt, ce lundi, le ministre de l'Intérieur a annoncé que tous les barrages du pays allaient subir une inspection dans les 24 heures. Car, ici, les pluies continuent et de violents orages sont attendus. La rentrée scolaire prévue aujourd'hui a été repoussée d'une semaine.

<https://www.rfi.fr/fr/en-bref/20240429-kenya-au-moins-42-personnes-tuées-dans-la-rupture-d-un-barrage-au-nord-de-nairobi-selon-le-gouverneur-local>



Un homme près d'un débordement de la rivière Tana, dans le nord-est du Kenya, le 28 avril 2024. [KEYSTONE - ANDRE KASUKU]

Un homme près d'une église inondée par le débordement de la rivière Tana, dans le nord-est du Kenya, le 28 avril 2024. [KEYSTONE - ANDRE KASUKU]



La rupture du barrage d'Old Kijabe au Kenya a provoqué la mort d'au moins 45 personnes, d'après les autorités locales. [KEYSTONE - AP PHOTO]



Lien vidéo

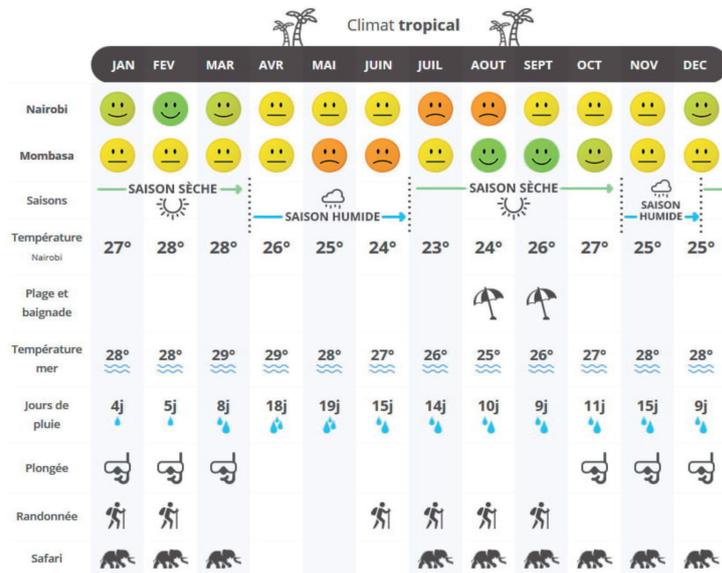
<https://www.rts.ch/info/monde/2024/article/la-rupture-d-un-barrage-au-kenya-provoque-la-mort-d-au-moins-45-personnes-28486410.html>



Lien vidéo

<https://youtu.be/tkAHJAUWbl?si=hZngTJ5uu-CC-MkTr>

Les meilleures périodes



<https://www.partir.com/Kenya/quand-partir.html>

