

# Les changements climatiques au Mali et impacts

## *Climate Change and Its Impacts in Mali*

**Diarra Birama**

Agence Nationale de la Météorologie du Mali (MALI-METEO), Bamako, Mali – BP 237

E-mail : biramadia@yahoo.fr

### Résumé

Le Mali est un vaste pays sahélien avec un climat de type tropical sec caractérisé par une période humide de 4 à 3 mois et une période sèche de 6 à 9 mois.

L'économie du pays repose sur des ressources provenant essentiellement de l'agriculture, de l'élevage, des formations forestières naturelles et de la pêche, d'où l'extrême vulnérabilité de ce pays et de son économie au climat et à ses variabilités et ses changements potentiels.

L'environnement et les ressources naturelles ont connu au Mali, ces dernières décennies, une forte dégradation en relation avec l'augmentation importante de la population conjuguée à la persistance de conditions climatiques défavorables et à des systèmes d'exploitation pour la plupart extensifs et inadaptés.

Au cours des 70 dernières années (1941-2010), la pluviosité a diminué dans tout le pays par rapport à la période de référence de 1941 à 1970 avec un déficit global entre 10 et 28 %. Il faut noter que l'isohyète 1 200 mm n'existe plus au Mali. La température a évolué de 0,2°C à 0,8°C depuis la fin des années 1970 et cette hausse se poursuit.

Par ailleurs, le Mali dispose de ressources en eau de surface non pérennes importantes pour les régions éloignées des fleuves. Elles permettent de prolonger la durée ou de retarder le tarissement des nappes, d'augmenter par épandage d'eau les surfaces irriguées, de constituer des réserves pour les besoins humains et du cheptel, de faciliter le maraîchage de contre-saison. D'après les scénarios climatiques, on assisterait à une diminution de la pluviosité qui se traduirait par un déplacement des isohyètes vers le Sud et les températures seraient par contre en hausse dans toutes les localités du Mali. Les risques climatiques restent très importants avec la persistance de la sécheresse et les impacts seront davantage perceptibles sur la majorité des activités socio-économiques avec une réduction significative de plus de 30 % du niveau d'eau des fleuves, surtout pour le fleuve Niger à Koulikoro. Des propositions de solutions sont faites pour pallier les risques des effets de changements climatiques notamment à travers l'adaptation.

**Mots-clés :** changement climatique, pluviosité, sécheresse, Mali.

## **Abstract**

*Mali is a vast Sahelian country with a dry tropical climate characterized by a 3-to-4-month rainy season and a 6-to-9-month dry season.*

*The country's economy relies on resources mainly derived from agriculture, livestock and fisheries. Therefore, Mali and its economy are extremely vulnerable to climate and its variability and potential changes.*

*In the past few decades, Mali's environmental conditions and natural resources have experienced a sharp decline in relation to the significant increase in population, combined with the persistence of adverse climatic conditions and largely extensive and unsuitable farming systems.*

*Over the last 70 years (1941-2010), rainfall levels have declined throughout the country, compared with the baseline levels of 1941-1970, with an overall deficit estimated at 10-28%. It should be noted that the 1200 mm isohyet no longer exists in Mali. The temperature has been rising from 0.2° C to 0.8° C since the late 1970s and continues to soar.*

*In addition, Mali has significant non-perennial surface water resources in areas remote from rivers. These allow for the extension of the duration of aquifers or the delay of their drying up, the expansion of irrigated areas through water spreading and the creation of water reserves for human and livestock needs, and facilitate off-season market gardening. Climate scenarios predict a decrease in rainfall, resulting in a southward displacement of isohyets, while the temperatures would be rising in all the localities of Mali. Climatic risks remain very high with the persistence droughts and their impacts will be more perceptible on a majority of socio-economic activities, due to a significant decline (by more than 30%) of river water levels, especially in the Niger River in Koulikoro. Some solutions are suggested to mitigate the risks associated with climate change effects, particularly through adaptation.*

**Key words:** *climate change, rainfall, drought, Mali.*

## Introduction

Le Mali est un vaste pays sahélien d'une superficie de 1 241 238 km<sup>2</sup>, situé entre les 10° et 25° parallèles de latitude nord et entre les 4° de longitude est et 12° de longitude ouest. Il est un pays enclavé, au cœur de l'Afrique de l'Ouest, entouré de plus de 7 000 km de frontière avec sept (7) pays limitrophes. Il représente une zone de transition entre l'Afrique du Nord et l'Afrique subsaharienne.

Le climat du Mali est de type tropical sec. En fonction des quantités des précipitations moyennes annuelles (pluviosités moyennes annuelles), on distingue quatre types de climat à savoir :

- le climat saharien au Nord du pays où la pluviosité moyenne annuelle est inférieure à 200 mm ;
- le climat sahélien au Centre du pays avec une pluviosité annuelle moyenne comprise entre 200 mm et 600 mm ;
- le climat soudanien dans le Sud avec une pluviosité annuelle moyenne comprise entre 600 mm et 1 000 mm ;
- le climat soudano-guinéen dans l'extrême Sud du pays où la pluviosité annuelle moyenne est supérieure à 1 000 mm.

Le climat du Mali est caractérisé par une période humide de quatre (4) à trois (3) mois concentrée sur une seule saison entre juin et octobre (hivernage) avec des vents humides venant du Golfe de Guinée (mousson) soufflant du sud-ouest au nord-est, alternant avec une période sèche de huit (8) à neuf (9) mois où souffle l'harmattan (vent chaud et sec venant du Sahara) du nord-est au sud-ouest (Figures 1, 2).

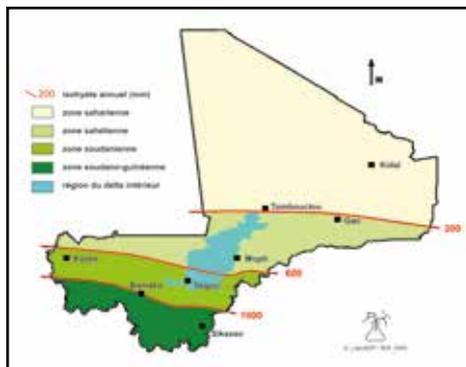


Figure 1 : Principales unités agro-écologiques du Mali

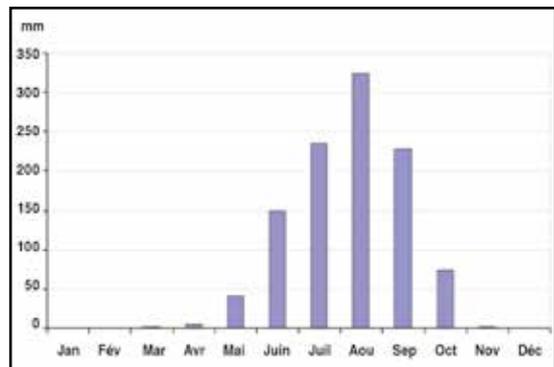


Figure 2 : Pluviométrie moyenne mensuelle (mm), 1971-2000, Kéniéba

Le régime pluviométrique du Mali, de type intertropical continental, se caractérise par une décroissance régulière des précipitations et de la durée de la saison pluvieuse du sud vers le nord (de plus de 1 000 mm à moins de 200 mm), une distribution irrégulière des précipitations dans l'espace et dans le temps.

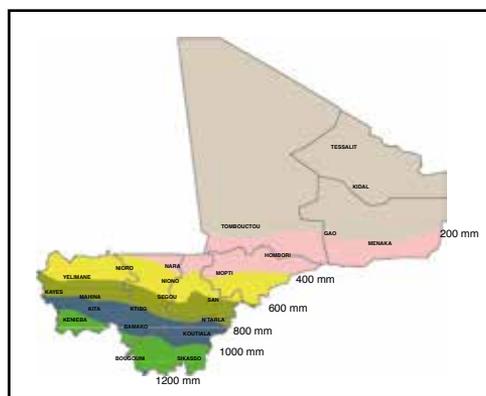
Les températures moyennes annuelles connaissent une légère augmentation du sud-ouest vers le nord-est (de 26 à 29°C). La température maximale sous abri varie entre 34 et 37°C et la minimale entre 21 et 23°C. Les températures maximales de l'année dépassent parfois les 45°C et les températures minimales sont souvent en dessous de 10°C au nord.

L'humidité relative maximale oscille entre 31 et 75 % et la minimale entre 11 et 38 %. L'humidité relative moyenne annuelle est inférieure à 50 % sauf dans la zone soudanienne. Elle est minimale en février-mars et maximale de juin à octobre.

L'évaporation et l'évapotranspiration sont importantes même dans les régions humides et ce en relation avec les températures élevées, les faibles humidités relatives et l'effet desséchant de l'alizé continental (l'harmattan).

La végétation au Mali est influencée directement par les types de climats et leur pluviosité. Aussi, les principaux types de végétation fluctuent du Nord semi-aride au Sud humide (Figure 3) :

- la zone subsaharienne ou désertique du Nord qui couvre 57 % du territoire abrite des steppes épineuses et des steppes herbeuses ;



**Figure 3: Pluviométrie annuelle moyenne (mm), 1971-2000**

- la zone sahélienne couvrant 18 % du territoire est le domaine des steppes arbustives ;
- les plaines inondables du fleuve Niger, notamment le Delta Intérieur contiennent des prairies aquatiques à graminées vivaces ;
- la zone soudano-sahélienne comporte des savanes arbustives et des parcs arborés ;
- la zone soudanienne, qui couvre environ 25 % du pays intègre des savanes arborées ;
- la zone soudano-guinéenne au Sud du pays est le domaine des forêts claires avec des formations dominées par des espèces ligneuses.

La population du Mali était estimée en 2016 à 18 343 000 habitants (INSTAT-Mali, 2016). La population malienne devrait doubler en moins de 20 ans. L'espérance de vie à la naissance est de 61,6 ans. La population est essentiellement rurale avec près des trois quarts qui résident en milieu rural. Ces dernières années, on note une augmentation du rythme de la croissance urbaine due, entre autres, à l'exode rural (MEA, 2010 a). La densité des populations y est très hétérogène: une faible densité inférieure à 2 habitants/km<sup>2</sup> dans les régions du Nord et qui dépasse 25 habitants/km<sup>2</sup> dans les régions du Centre et du Sud. Le découpage administratif du pays comprend les régions administratives subdivisées en cercles constitués de communes et un district urbain, la capitale Bamako.

L'économie du Mali repose sur des ressources provenant essentiellement de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, d'où l'extrême vulnérabilité de ce pays et de son économie au climat et à ses variabilités et ses changements potentiels. Le secteur primaire (agriculture, élevage et pêche) occupe plus de 80 % de la population active et représente 45 % du Produit Intérieur Brut (PIB) alors que le secteur secondaire (industrie) ne représente que 16 % du PIB et le secteur tertiaire (commerce, services) 39 %. Parallèlement aux ressources agricoles, le Mali a d'autres potentialités énergétiques, touristiques et artisanales, de même que minières. L'or occupe la troisième place au niveau des ressources destinées à l'exportation (après le coton et le bétail). L'économie du Mali est, de par sa nature actuelle, très exposée aux risques climatiques. Dans le budget de l'État, 15 % sont octroyés à l'Agriculture et 46 % sont des dotations à des secteurs vulnérables aux changements climatiques et donc à risque.

L'environnement et les ressources naturelles ont connu au Mali, ces dernières décennies, une forte dégradation en relation avec l'augmentation importante de la

population conjuguée à la persistance de conditions climatiques défavorables et à des systèmes d'exploitation pour la plupart extensifs et inadaptés. Cela s'est traduit par une pression démographique sur les ressources pour répondre à l'accroissement des besoins, notamment en produits agricoles, d'élevage, en produits ligneux et en équipements/infrastructures. Ainsi, en de nombreux endroits/secteurs, on assiste à une rupture de l'équilibre entre les utilisations et la conservation des ressources de l'environnement:

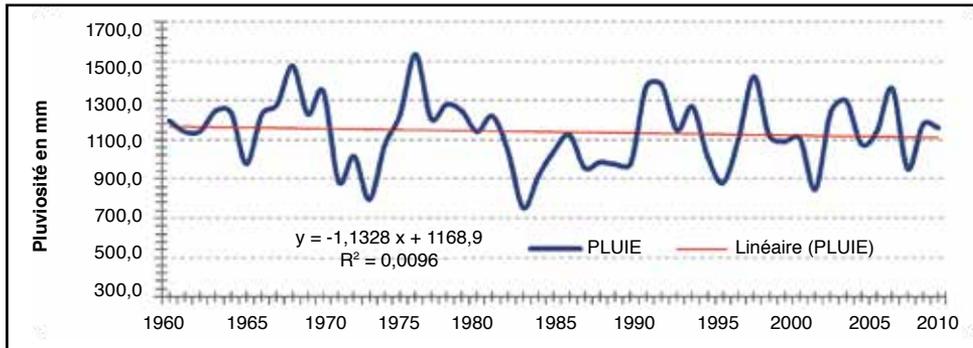
- au Nord, on observe une progression alarmante du processus de désertification sur une vaste étendue peu peuplée, avec un risque majeur d'ensablement du fleuve Niger et des mares et des lacs;
- au Sud et plus particulièrement autour des centres urbains, la pression sur les ressources encore disponibles s'accroît de manière inquiétante.

Pour faire face à ce défi, une politique environnementale est mise en place avec pour objectifs d'assurer une meilleure adéquation entre les besoins des populations et les ressources naturelles, la protection et la durabilité des ressources naturelles et une amélioration du cadre de vie des populations (MEA, 2010a).

La pauvreté au Mali est une préoccupation majeure avec en 2002 63,8 % de la population vivant dans la pauvreté et 21 % dans l'extrême pauvreté. La pauvreté qui était plutôt rurale gagne de plus en plus les grandes villes. Pour faire face à ce fléau, le Mali a fait du Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) un cadre unique de référence des politiques et stratégies de développement. Le troisième CSLP de 2012-2017 accorde une grande importance à la préservation de l'environnement et en particulier à la lutte contre les effets néfastes des changements climatiques en prenant en compte la Politique Nationale de Changement Climatique (PNCC) et la Stratégie Nationale de Changement Climatique (SNCC).

## **Évolution des situations climatiques au Mali**

Au cours des 70 dernières années (1941-2010), la pluviosité a diminué dans tout le pays par rapport à la période de référence de 1941 à 1970. Au cours des 30 dernières années (normale 1981-2010 comparée à la normale 1971-2000), elle demeure plus faible depuis 1970. Le déficit global a varié entre 10 et 28 %. En plus, les isohyètes ont migré du Nord au Sud entre la période de référence de 1951-1980 et la période 1981-2010. Il faut noter que l'isohyète 1 200 mm n'existe plus au Mali. (Figure 4)



**Figure 4 : Évolution de la pluviométrie enregistrée à la Station Météorologique de Sikasso au Mali**  
**Source : Mali Météo**

L'évolution du climat au Mali (Figure 5) s'est traduite durant les 50 dernières années par :

- une décroissance régulière de la quantité de pluie et une grande variation spatio-temporelle: 20 % de moins en précipitations en 1971-2000 par rapport à 1951-1970 avec un déplacement de 200 km vers le sud des isohyètes (MEA, 2010a) ;
- des lignes de grain caractéristiques du Sahel axées du nord au sud sur une distance de 500 à 750 km s'accompagnant souvent de vents forts et de pluies abondantes parfois catastrophiques ;
- une augmentation des températures du sud-ouest vers le nord-est avec des maximales relevées au cours de l'année pouvant atteindre ou dépasser les 45°C tandis que les minimales sont rarement en dessous de 10°C ;
- de fortes valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) en raison des températures élevées, des humidités relatives faibles et des vents forts ;
- la persistance de larges épisodes de sécheresses à partir des années 1970 entraînant des déficits pluviométriques assez importants durant certaines années.

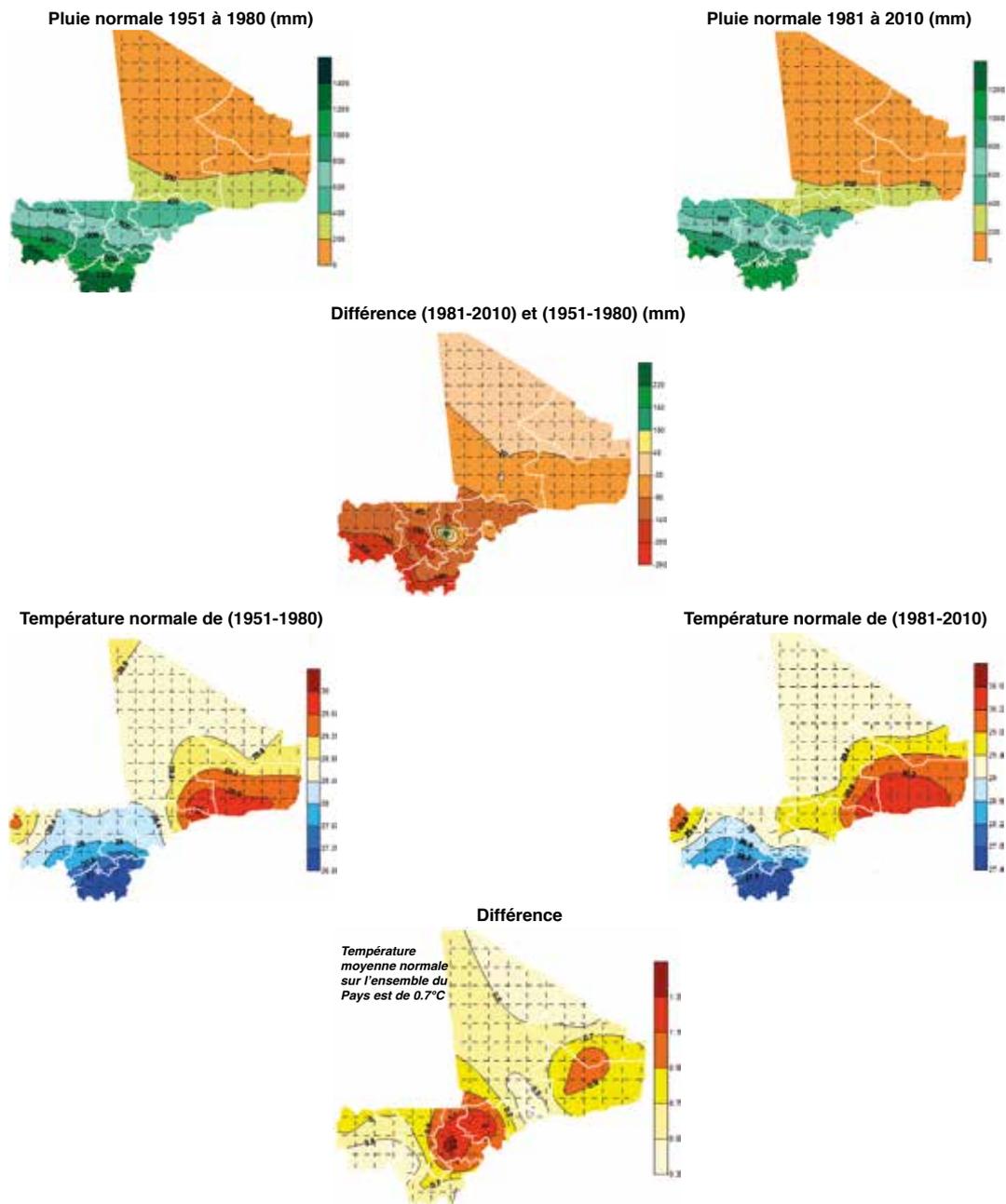
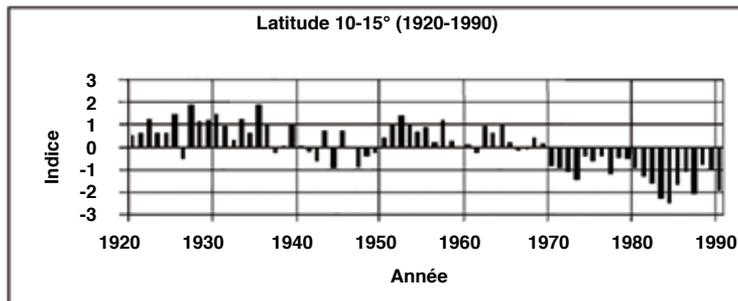


Figure 5: Évolution du climat au Mali de 1951 à 2010

Les données de températures relevées en Afrique de l'Ouest et particulièrement dans le Sahel indiquent un réchauffement plus rapide que la tendance mondiale, avec des augmentations allant de 0,2°C à 0,8°C depuis la fin des années 1970 (CEDEAO, 2009a). Les conditions climatiques connaissent des variations chroniques et de grande ampleur, surtout depuis le début des années 1970. La région a connu une rupture nette des séries pluviométriques et hydrométriques autour des années 1968-1972, avec 1970 comme année charnière (Figure 6). La baisse de la pluviosité moyenne annuelle avant et après 1970 va d'environ 15 % à plus de 30 % selon la zone (20 % pour le Mali). Cette situation a comme conséquence le glissement des isohyètes d'environ 200 km vers le sud.



**Figure 6 : Indice de variation de la pluviosité annuelle dans les hautes latitudes arides et semi-arides, Afrique de l'Ouest (Onibon, 2001; Andreini *et al.*, 2000)**

Le Mali a connu une chute globale des précipitations au cours des dernières décennies. Pour l'ensemble du pays, on peut noter entre 1921 et 2001 trois périodes (Figure 7) :

- de 1921 à 1940, la pluviosité a été caractérisée par une moyenne voisine de 700 mm/an avec une tendance à la baisse vers 1941 ;
- de 1941 à 1971, il a été constaté une moyenne pluviométrique annuelle inférieure à celle des deux décades précédentes mais passant par un maximum vers les années 1955 ;
- de 1971 jusqu'aux années 2000 où la tendance à la baisse a continué pour connaître un minimum de 400 mm par an au cours des années 1980.

Depuis l'an 2000, on a noté une alternance de périodes humides et de périodes sèches avec un niveau de précipitations qui reste faible par rapport aux années d'avant 1960.

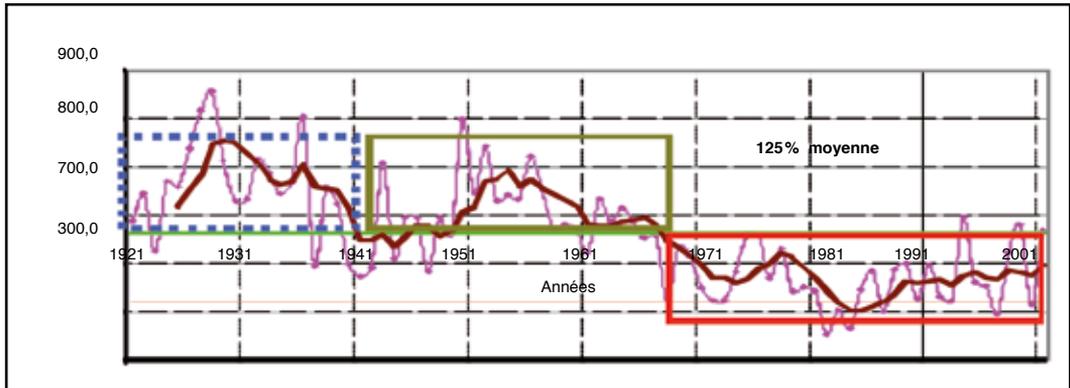


Figure 7 : Évolution de la pluviosité au Sahel – Mali (STP/CIGQE, 2008)

Par ailleurs, d'après le rapport IPCC, 2007 (*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) - Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)), les événements climatiques extrêmes ont changé en fréquence et/ou en intensité au cours des 50 dernières années. En Afrique de l'Ouest, des inondations dévastatrices, des sécheresses, des tempêtes, des changements soudains de températures, se sont produits de façon répétée.

Les événements climatiques dont la fréquence et l'intensité ont particulièrement augmenté ces dernières décennies au Mali sont :

- les sécheresses ;
- les inondations ;
- les vents forts et les vents de sable ;
- les fortes variations de températures.

Le Mali dispose aussi de ressources en eau de surface non pérennes importantes pour les régions éloignées des fleuves. Elles permettent de prolonger la durée ou de retarder le tarissement des nappes, d'augmenter par épandage d'eau les surfaces irriguées, de constituer des réserves pour les besoins humains et du cheptel, de faciliter le maraîchage de contre-saison. Elles sont estimées à environ 15 milliards de m<sup>3</sup>.

Les eaux de surface pérennes contribuent pour environ 10 à 15 % en volume à l'alimentation en eau des populations, le reste des besoins étant couvert par les eaux souterraines. La figure 8 illustre sur un siècle de suivi, à Koulikoro, les fortes fluctuations annuelles des débits du fleuve Niger.

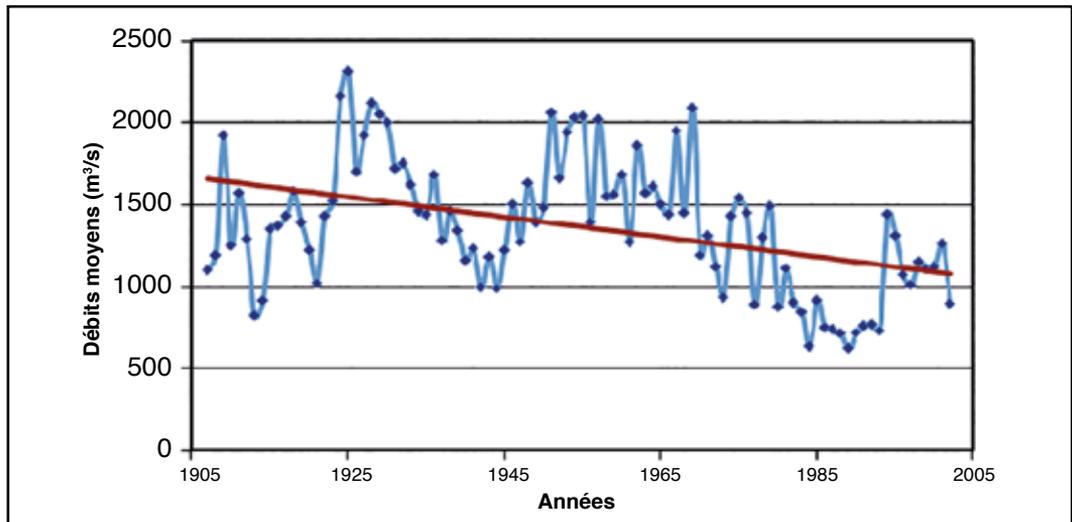


Figure 8 : Variations des débits annuels du fleuve Niger à Koulikoro (MMEE, 2006b)

Les ressources en eaux souterraines du Mali sont estimées à 2 700 milliards de m<sup>3</sup> de réserves avec un taux annuel de renouvellement évalué à 66 milliards de m<sup>3</sup> représentant la principale source pour l'alimentation en eau potable des populations.

Ainsi, le potentiel en ressources en eau renouvelables au Mali serait de l'ordre de 137 milliards de m<sup>3</sup>/an. En ce qui concerne la disponibilité des ressources en eau douce par tête d'habitant, elle serait de 11 417 m<sup>3</sup>/habitant/an (MMEE, 2006b). On est très loin du niveau de stress hydrique de 1 000 m<sup>3</sup>/habitant/an. Mais en réalité cette estimation est à relativiser dans ce cas précis car :

- le niveau de mobilisation de ces eaux reste très faible alors que le calcul de la disponibilité par tête d'habitant (11 417 m<sup>3</sup>/habitant/an) se base sur les eaux mobilisables et non déjà mobilisées ;
- ces ressources en eaux sont très mal réparties spatialement et l'accès des populations aux ressources reste limité ;
- la forte évaporation des eaux limite vite les disponibilités réelles au niveau des eaux de surface.

Même si le Mali dispose potentiellement d'importantes ressources en eau de surface et souterraines, certains handicaps et faiblesses actuels de ce secteur risqueraient d'être exacerbés par les effets des changements climatiques.

## Scénario des changements climatiques au Mali

La méthodologie utilisée pour ces scénarios exploite les outils MAGICC et SCENGEN du GIEC.

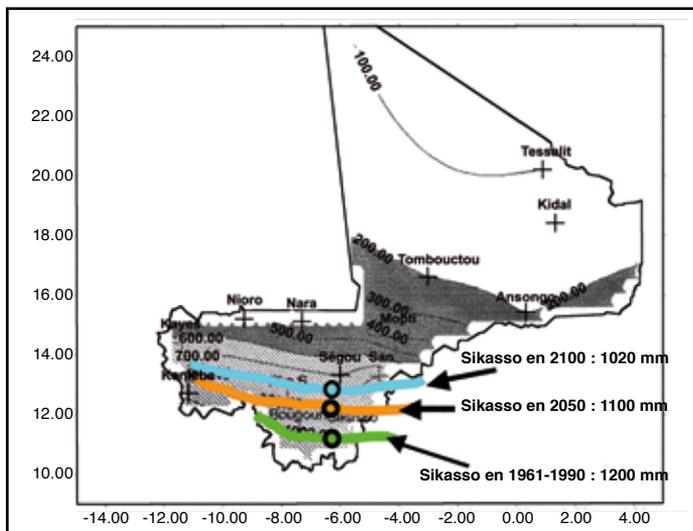
Les résultats obtenus sont les valeurs escomptées sur l'ensemble du pays des paramètres climatiques aux horizons temporels compris entre 2015 et 2100 pour la pluviosité et la température.

Pour toutes les localités du Mali, le scénario climatique le plus plausible prévoit une diminution de la pluviosité dont les taux de pertes par rapport à la normale sont reportés dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Scénarios de diminution de la pluviosité au Mali de 2020 à 2100**

Année	2020	2025	2030	2050	2100
Perte en %	1 à 5	2 à 6	5 à 8	5 à 10	22

Les résultats de cette étude ont montré que pour toutes les localités, on assisterait à une diminution de la pluviosité qui se traduirait par un déplacement des isohyètes vers le Sud (Figure 9).



**Figure 9 : Diminution de la pluviosité et déplacement des isohyètes vers le Sud dans la localité de Sikasso entre 1960 et 2100**

Les températures seraient par contre en hausse dans toutes les localités du Mali (Tableau 2).

**Tableau 2 : Scénarios de hausse des températures au Mali de 2020 à 2100**

Année	2020	2025	2030	2050	2100
Augmentation de la température	0,5°C	1°C	1,5°C	1,7°C	3°C

Selon l'analyse des événements extrêmes durant la période très humide du mois de juillet au Mali, la température maximale qui était de 30,5°C pour la période 1961-1990 serait pour le même mois de : i) 32,5°C en 2050 et l'occurrence des températures supérieures à cette valeur serait de 40 % ; ii) 34,5°C en 2100 et l'occurrence des températures supérieures à cette valeur serait de 36 %. L'analyse effectuée a montré une augmentation de cette probabilité entre 2025 et 2100.

En conclusion :

- la température moyenne augmentera de 30,5°C au cours de la période 1961-1990, à 32,5°C en 2050, et 34,5°C en 2100 ;
- une baisse de 10 à 15 % des précipitations serait observée, y compris un déplacement des isohyètes actuels vers le sud ;
- une baisse de 35 % des ressources en eau vers 2025 est prévue pour les eaux de surface et de 13 % pour les aquifères renouvelables, comparativement à la moyenne de 1961-1990 ;
- une hausse de la fréquence des inondations et des phénomènes météorologiques extrêmes serait observée avec de réels impacts sur les conditions de vie des populations, surtout en termes d'accès à l'eau potable, à la santé et de satisfaction des besoins de sécurité alimentaire ;
- les sécheresses dans la première moitié de l'hivernage, de mai à juillet vers 2025 voire, dès 2020.

Des situations de sécheresse seraient constatées sur la première moitié de l'hivernage (mois de mai, juin et juillet) à partir de l'horizon 2025 sur toutes les stations du pays pour une sensibilité climatique moyenne. Les mêmes situations pourraient s'installer dès l'horizon 2020 si la réaction du climat aux perturbations devenait plus rapide.

Suite à ces déficits pluviométriques, les sources d'approvisionnement naturelles en eau des communautés, constituées par les eaux de surface et les eaux souterraines superficielles seraient affaiblies dans une certaine proportion.

## Risques climatiques et inondations observés au Mali

Les différentes études réalisées sur les changements climatiques au Mali montrent que les principaux défis climatiques auxquels le pays est exposé sont entre autres : les sécheresses, les inondations, les vents forts, les fortes variations de température et les pollutions atmosphériques.

### Persistance de la sécheresse

Deux tiers (2/3) du territoire du Mali sont constitués de zones désertiques (arides et semi-arides) dans le Nord, subissant une sécheresse chronique depuis 1970. En 30 ans (1980-2010), le Mali a connu cinq (5) épisodes majeurs de sécheresse dont celles des années 1980 et 2005.

### Intensification des évènements d'inondations

Le Mali a subi 15 inondations en moins de quarante ans (1980-2014). Les principales zones à risques d'inondations se trouvent dans le Delta Intérieur du fleuve Niger (64 000 km<sup>2</sup>) qui est un écosystème particulier lié à l'hydrographie, s'étalant en bande le long du fleuve. Outre Bamako la capitale, les régions de Tombouctou, Gao, Mopti, Ségou, Kayes, Koulikoro et Sikasso figurent parmi les plus exposées (PANA, 2007).

### Diminution de la pluviosité couplée à une forte variabilité inter annuelle et intra-saisonnière des précipitations

Le régime pluviométrique au Mali est très affecté par la variabilité et les changements climatiques. Au cours des 70 dernières années (1941-2010), la pluviosité a diminué dans tout le pays par rapport à la période de référence de 1941 à 1970. Même si, en certains endroits tels que Bamako, Bougouni, Kayes, Mopti, Nioro et Ségou, la pluviosité a légèrement augmenté au cours des 30 dernières années (1981-2010 comparativement à 1971-2000), elle demeure plus faible depuis 1970. Le déficit d'ensemble varie entre 10 et 28 % avec l'exception de Tessalit qui a connu de récentes inondations en 2012 et 2013. En plus, les isohyètes ont migré du nord au sud entre la période de référence de 1951-1970 et la période 1971-2000. Il faut noter que l'isohyète 1 200 mm n'existe plus au Mali.

L'étude des risques climatiques menée a analysé les données disponibles depuis 1951 au niveau des stations météorologiques du pays sur la pluviosité et la température. Les résultats ont montré une variabilité inter annuelle entre les périodes 1951-1970 et 1971-2000. Il existe également une grande variabilité intra-saisonnière de la pluviosité à l'intérieur de chacune des quatre zones climatiques.

Toutes ces variations indiquent clairement une réduction de la pluviosité moyenne annuelle et une alternance persistante entre les années sèches et les années humides au niveau de toutes les stations, rendant difficile la gestion des risques climatiques. Néanmoins, pour les trois régions concernées à savoir Kayes, Koulikoro et Sikasso sur les dix dernières années, il y a une tendance à une hausse de la pluviosité à Kayes et Koulikoro au Nord, et une tendance à la baisse à Sikasso au Sud (Figure 9).

### **Augmentation de la température moyenne**

Le Mali est également caractérisé par une grande variabilité spatiale de la température et de la pluviosité. En temps normal, la température augmente du sud-ouest vers le nord-est avec des maximales relevées au cours de l'année pouvant atteindre ou dépasser les 45°C tandis que les minimales sont rarement en dessous de 10°C. Depuis la fin des années 1970, l'évolution du climat au Mali s'est traduite également par un réchauffement rapide avec des augmentations de températures allant de 0,2°C à 0,8°C (CEDEAO, 2009a).

### **Impacts des changements climatiques sur les domaines socio-économiques au Mali**

La majorité des activités socio-économiques est d'ores et déjà affectée par les impacts observés des changements climatiques. Il est à prévoir que ces impacts soient exacerbés dans le futur et constitueront des facteurs limitatifs pour le développement des régions cibles très sensibles aux variations de la pluviosité, où la plupart des ménages tirent 70 % de leurs revenus des secteurs de l'agriculture, de l'élevage et des forêts. Ils sont par conséquent les plus vulnérables aux effets des changements climatiques.

Les effets de la variabilité et des changements climatiques, tels que l'incertitude de la pluviosité, la hausse des températures, les longues périodes de sécheresse et la succession des inondations aux sécheresses ont rendu l'activité agricole de plus en plus précaire. Les tendances à la baisse des précipitations, la variabilité pluviométrique, et la hausse des températures conduiront à une forte évaporation-transpiration qui pourrait aggraver les pénuries d'eau dans les régions et réduire l'utilisation de l'eau dans les systèmes de production.

La diminution de l'accès à l'eau pourrait vraisemblablement accroître la compétition pour l'eau avec des risques de conflits. La plupart des lacs autrefois pérennes en période humide sont devenus intermittents ou temporaires à cause de la sécheresse. Ce changement est une perturbation majeure pour les populations rurales. Par exemple,

dans le Gourma, au cours des années 1980, seule la mare de Banzéna demeurait pérenne. Tous les autres plans d'eau se sont asséchés deux mois seulement après l'hivernage.

Aussi, on note une réduction significative de plus de 30 % du niveau d'eau des fleuves, surtout pour le fleuve Niger à Koulikoro.

Les effets socio-économiques de la perte de ces mares sont désastreux et leur réduction a amplement contribué à réduire la qualité de vie pour beaucoup de gens. Les femmes et les enfants, par exemple, doivent fréquemment marcher une journée entière pour chercher de l'eau potable. À l'avenir, les distances à parcourir à la recherche de l'eau vont probablement augmenter au fur et à mesure que les effets des changements climatiques continueront de se manifester. Le temps requis pour chercher de l'eau par ces groupes vulnérables a aussi un impact économique négatif dans la mesure où ces chercheurs d'eau ne peuvent pas contribuer à la productivité agricole. La possibilité de cultures de contre-saison pourrait être compromise.

L'élevage constitue un moyen d'existence important pour nombre de personnes particulièrement, dans les régions du Nord. Cette activité pourrait être affectée par les changements dans les régimes pluviométriques et l'augmentation des températures avec la diminution possible des fourrages et l'assèchement des mares. Les conséquences socio-économiques des impacts des changements climatiques sur le secteur de l'élevage sont les suivantes : i) la forte augmentation des prix du cheptel et de la viande suite à la réduction de l'offre en raison de la mortalité animale causée par la sécheresse ; ii) les changements dans les activités de subsistance pour un grand nombre de nomades vers des activités sédentaires ; iii) une réduction des recettes fiscales sur les animaux en pâturage ; iv) les changements dans la composition des troupeaux avec le remplacement progressif des bovins par de petits ruminants et des camelins et des possibilités d'aggravation des conflits.

En ce qui concerne les événements extrêmes, en 30 ans (1981-2010), les catastrophes naturelles incluant la sécheresse, les inondations et les épidémies (paludisme, maladies hydriques) ont affecté près de trois (3) millions de personnes et tué près de 3 300 personnes au Mali. Les plus importants épisodes de sécheresse en 1980-1981 et 2005 ont affecté respectivement 1,5 millions et 1 million de personnes avec des conséquences économiques importantes. Les sécheresses ont engendré une dégradation de l'environnement et des ressources naturelles comme le tarissement des points d'eau, l'abaissement du niveau de la nappe phréatique, la perturbation de la biodiversité, la baisse de la productivité et de la production. La persistance de la sécheresse a également

entraîné une forte migration des populations du nord vers le sud du pays, mais aussi la pratique de l'agriculture pluviale dans les bas-fonds et dans les vallées inondables des fleuves et des marigots, particulièrement pour la riziculture (PANA, 2007). La sécheresse a également des impacts sur l'environnement : on note une avancée du désert au rythme de 15 km par an, ce qui a un impact négatif sur les ressources naturelles à partir desquelles au moins 70 % des populations les plus vulnérables tirent leurs moyens de subsistance.

En 2003, les inondations ont provoqué près de 20 décès, la destruction de 6052 habitations, 12 000 ha de champs ont été inondés et des routes et des ponts ont été détruits (Sanogo, 2007). Si en 2003, les inondations ont affecté près de 10 000 personnes, en 2007 elles ont affecté près de 88 000 personnes (OFDA/CRED). En 2010, il y a eu près de 111 décès, 12 000 habitations détruites, 20 000 hectares de champs inondés et la destruction de routes et de ponts dans le pays. Le 28 août 2013, les inondations ont occasionné 56 décès avec beaucoup de dégâts matériels à Bamako. Les conséquences sanitaires des inondations sont souvent importantes. Elles se traduisent par une augmentation du risque épidémique de choléra, de méningite, de paludisme et des maladies hydriques et autres maladies climato-sensibles.

Les inondations sont généralement dues au débordement et aux crues des fleuves et cours d'eau mais aussi à la défaillance des systèmes de drainage. Elles font suite en général à de fortes précipitations et sont souvent liées, à la base, à une défaillance de l'aménagement du territoire et de la maîtrise de l'occupation du sol, avec une occupation non maîtrisée des bas-fonds inondables, des lits et des bassins des fleuves et des cours d'eaux et de leurs affluents. Les problèmes de dégradation de l'environnement et des sols avec des érosions et des ensablements faisant suite à la déforestation et aux feux de brousse constituent des facteurs de risques sous-jacents majeurs. Des pertes importantes en terres arables de l'ordre de 6,5 tonnes/ha/an, variant de 1 tonne au Nord à plus de 10 tonnes au Sud ont été observées.

La sécheresse, la température et le vent sont également des facteurs climatiques favorables au développement du criquet pèlerin. Si l'invasion concerne tout le territoire, le développement des criquets concerne des zones spécifiques appelées « aires grégariques » qui sont les lieux de régénération et les espaces vitaux habituels du criquet pèlerin, à savoir principalement : l'Adrar des Iforas (région de Kidal), Timetrine (frontière avec l'Algérie), le Tamesna (frontière avec le Niger) (Actu Criquet – Site web du Ministère de l'Agriculture), Tombouctou Nord-est et la Vallée de Tilemsi. L'invasion de 2004 a compromis les objectifs de production agricole de 30,2 % par rapport aux prévisions et occasionné pour le pays une dépense budgétaire supplémentaire de

7 milliards de F CFA (MEA, 2010a) ou environ 16 279 070 USD pour 1 USD = 430 F CFA (Dia, 2009).

Les changements climatiques vont causer d'importantes pertes dans la production agricole avec une réduction des rendements de coton estimée à 1 500 tonnes en 2005 et probablement jusqu'à 3 500 tonnes d'ici à 2025 (PANA, 2007). De même, la production de mil et de sorgho a baissé de 1 500 tonnes en 2005 et pourrait diminuer davantage de 2 524 tonnes en 2025. Selon les conclusions de divers modèles climatiques, les tendances climatiques pour de futurs scénario – sans une planification et une gestion améliorées, surtout de meilleurs plans de gestion de l'eau et des ressources naturelles – vont avoir un impact négatif sur les systèmes de moyens d'existence des communautés, notamment l'agriculture, la pêche, l'élevage et la foresterie qui ont un impact direct sur la sécurité alimentaire et la pauvreté des ménages. Ceci réduirait la disponibilité de la nourriture et créerait une situation alimentaire plus précaire chez les ménages les plus pauvres.

### Propositions de solutions

Aujourd'hui, le Mali dispose de 20 stations synoptiques, 50 stations climatologiques/ agro météorologiques et 300 postes pluviométriques. Cela reste extrêmement limité et ne permet guère de réaliser un suivi correct de l'évolution du climat de ce vaste pays. Avec une telle couverture en réseau de mesures, il est difficile d'avoir des prévisions fiables du climat à court, moyen ou long terme. C'est ce qui explique en partie la difficulté de simuler le comportement du climat à long terme à partir des grands modèles de circulation. Il faut alors :

- insister sur la nécessité de réhabiliter et surtout d'étendre le réseau de mesures Climat du Mali ;
- renforcer les capacités nationales sur les changements climatiques tant au niveau des services de la Météorologie Nationale qu'au niveau des administrations, acteurs privés et ONG concernés par ces aspects climatiques ;
- renforcer et promouvoir le développement et le recours aux modèles de prévision saisonnière et leur utilisation par les opérateurs agricoles ;
- renforcer et étendre l'opération « Pluies Provoquées » à d'autres zones du pays ;
- renforcer et étendre les zones d'intervention de la cellule d'assistance agro météorologique.

Pour faire face aux événements extrêmes pouvant survenir - particulièrement fréquents ces dernières décennies (sécheresses, inondations, tempêtes de sable, vents forts,

vagues de chaleur) - un groupe pluridisciplinaire suit la situation météorologique, en particulier durant la saison humide et diffuse des bulletins avec anticipation pour limiter les dégâts potentiels pouvant en résulter. Un comité de crise est aussi établi au niveau de l'administration territoriale dans ces conditions. Ce système d'alerte doit être soutenu afin :

- d'améliorer la réactivité aux événements climatiques extrêmes à travers le renforcement du système d'alerte existant et amélioré;
- de promouvoir la coopération régionale sur le Climat en Afrique de l'Ouest et y participer activement.

En ce qui concerne les ressources, les aspects suivants méritent d'être pris en considération :

- mauvaise répartition spatio-temporelle des ressources;
- grande évaporation des eaux de surface liée aux fortes températures/vents;
- niveau de mobilisation des ressources en eau très limité;
- dégradation continue de la qualité des ressources en relation avec les eaux usées, rejetées sans traitements préalables, mais aussi avec l'ensablement des cours d'eau, des lacs et des mares;
- baisse du niveau des nappes phréatiques ainsi qu'une augmentation du coefficient de ruissellement pour les petits bassins;
- diminution quantitative et qualitative des ressources en eau;
- étiages de plus en plus sévères au niveau des cours d'eau (assèchement précoce des points d'eau tels que les mares, les puits, etc.);
- démarrage et fin difficiles de la saison des pluies, poches de sécheresses (déficit d'eau) pendant la saison des pluies, diminution de la longueur de la saison (du nombre de jours pluvieux), de la production agricole, exode rural;
- diminution du nombre de jours de pluie et l'accroissement de l'intensité des pluies se traduisant par des inondations dans la plupart des cas;
- gaspillage et gestion non rationnelle des réseaux;
- dépendance des ressources en eau transfrontières en amont (Guinée).

## Conclusion

Les changements climatiques constituent une réalité de nos jours et pourraient se poursuivre si des mesures ne sont pas prises à temps. Les conséquences sont incalculables. Malheureusement, les climato-septiques pensent le contraire ce qui va ralentir les actions communes de lutte contre les changements climatiques.

## Références

- Andreini M., van de Giesen N., van Edig A., Fosu M., Andah W., 2000. Number 21, Volta Basin Water Balance ZEF – Discussion Papers on Development Policy Bonn, March 2000, ISSN: 1436-9931.
- CEDEAO, 2009 a. Programme d'Action Sous-Régional de Réduction de la Vulnérabilité aux Changements Climatiques en Afrique de l'Ouest. Partie I: Aperçu de la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest face aux changements climatiques et stratégies d'intervention, Communauté Economique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO).
- CSLP, 2012-2017. Revue annuelle du CSCRP 2012-2017, 04 et 05 juillet 2013, 121p.
- Dia C.D., 2009. L'Essor n°16413 du 2009-03-31.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, R. K. Pachauri et A. Reisinger, Geneva, Switzerland, IPCC, 104p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, R. K. Pachauri et L. A. Meyer, Geneva, Switzerland, IPCC, 151p.
- INSTAT-Mali, 2016. Annuaire de Statistique du Mali 2016. ([www.instat-mali](http://www.instat-mali), annuaire16\_Pub.pdf), 94p.
- MEA, 2010a. Rapport National sur l'état de l'environnement 2009. Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement, octobre, 2010.
- MEADD, 2017. Rapport Troisième Communication Nationale Du Mali A. La Convention Cadre Des Nations Unies Sur Les Changements Climatiques. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 247p.
- MMEE, 2006b. Élaboration de stratégie d'adaptation des ressources en eau aux changements climatiques. Programme d'Assistance aux études sur les changements climatiques réalisé avec l'appui des Pays Bas. Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau, 2006.
- OFDA/CRED International Disaster Database - Data version: v11.08

- Onibon H.-G., 2001. Simulation conditionnée des champs de pluie événementiels au Sahel : application de l'algorithme de GIBBS. Thèse de Doctorat de l'INPG, Mécanique des milieux géophysiques et environnement, Grenoble, France, Novembre 2001, 150 p.
- PANA, 2007. AEDD, Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques, Mali, 100 p.
- Rapports IPCC 2007, 2014. Vers une prospective des impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire : les enseignements du 5<sup>e</sup> rapport du GIEC.
- Sanogo C.A., 2007. Renforcer la résilience des systèmes énergétiques et des écosystèmes en Mali - Observatoire de la viabilité énergétique 2007.
- STP/CIGQE, 2008. Éléments de la politique Nationale d'adaptation aux changements climatiques. Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement – Mali.



Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.