

CRUE EXCEPTIONNELLE ET INONDATIONS AU COURS DES MOIS D'AOÛT ET SEPTEMBRE 2012 DANS LE NIGER MOYEN ET INFÉRIEUR

Sighomnou¹ D., Tanimoun¹ B., Alio¹ A., Zomodo¹ L., Ilia¹ A., Olomoda¹ I., Coulibaly¹ B., Koné² S., Zinsou² D., Dessouassi² R.

1 : Projet GIRE 2, Autorité du Bassin du Niger

2 : Observatoire du Bassin du Niger

Résumé : *Alors que les écoulements des mois d'août et septembre 2012 sont notablement déficitaires dans le Niger Supérieur, des crues exceptionnelles sont enregistrées dans le même temps dans les secteurs du Niger Moyen et Inférieur. Les débits de pointe enregistrés à Niamey et Lokoja ont atteint des records jamais égalés depuis le début des observations à ces stations, il y a environ un siècle. La période de retour de cet événement exceptionnel qui a engendré des inondations avec des pertes en vie humaines et des dégâts très importants dans les deux secteurs concernés, est estimée à 125 ans. Les données pluviométriques disponibles montrent que ces événements sont consécutifs à de fortes précipitations enregistrées sur ces deux parties du bassin, mais les transformations de l'état de surface des sols dans la région concernée jouent également un rôle très important. Cet état de fait, devrait très probablement conduire, dans les prochaines années, à des fortes crues et des inondations de plus en plus fréquentes dans cette partie du bassin du Niger. La recherche d'un nouvel équilibre entre cette nouvelle dynamique des écoulements du fleuve et celle des populations riveraines constitue un enjeu important sur lequel les décideurs et les scientifiques doivent se pencher. Le retour d'expérience de la gestion de l'événement exceptionnel de 2012 montre toutefois que les autorités politiques compétentes ne tiennent pas toujours compte des données et informations scientifiques disponibles. Cet état de fait traduit très probablement un déficit de communication qu'il faudrait combler, entre les producteurs de l'information hydrologique, les décideurs et les populations concernées.*

I – INTRODUCTION

Le fleuve Niger a connu au cours des mois d'août et septembre 2012, une crue exceptionnelle dans les secteurs du Niger moyen et inférieur, provoquant de fortes inondations dans la région de Niamey et dans les localités situées en aval au Bénin et au Nigeria. Cette crue est consécutive à de fortes précipitations enregistrées sur ces deux parties du bassin, notamment au Burkina Faso, au Niger, au Nigeria et au Cameroun, mais également aux transformations de l'état de surface des sols dans la région concernée. Ces transformations qui sont le résultat de l'accroissement démographique et de la péjoration climatique de la période récente, ont conduit à favoriser le ruissellement au détriment de l'infiltration. Les lignes qui suivent présentent une analyse des événements sur la base des informations hydrométéorologiques brutes issues des observations de terrain jusqu'à la fin du mois de septembre 2012.

II – DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Les données pluviométriques que nous disposons sur le sujet se limitent malheureusement à celles du Niger et du Burkina Faso. Les informations en provenance du Cameroun et du Nigeria font également état de très fortes précipitations, mais nous n'avons pas encore reçu de données précises.

Les données reçues du Service de la Météorologie Nationale du Niger, indiquent que la hauteur des précipitations enregistrées, au 30 septembre 2012, sur la portion nigérienne du bassin du fleuve Niger est légèrement au dessus de la moyenne. En



particulier, les données pluviométriques de Tillabéri et Niamey montrent que les hauteurs de précipitations de ces localités sont proches de la valeur enregistrée une fois tous les 3 ans en récurrence humide. Toutefois, le mois d'août concentre à lui seul plus de la moitié de ces précipitations (*327mm contre une hauteur moyenne mensuelle de l'ordre de 160mm à Niamey*), enregistrées en quasi-totalité dans le courant des deux premières décades du mois. Il faut également noter la journée particulièrement pluvieuse du 18 août dans la région, avec une hauteur de précipitations de 119mm enregistrée au poste de Niamey-Aéroport. La concomitance de fortes précipitations signalées autour de la même date du Nord Cameroun au Sénégal (*156mm en moins de 2 h à Dakar le 25-08-2012*) laisse penser que ces précipitations particulières ont touché une partie très importante du bassin du Niger. La particularité des précipitations de l'année 2012 dans la région tient donc à leur concentration dans un laps de temps relativement court, sur un sol dont le degré de saturation était déjà bien élevé, avec les pluies du mois de juillet, d'où un ruissellement plus important.

Cette particularité est également valable pour la portion burkinabé du bassin du fleuve Niger. En effet, les données pluviométriques reçues du Service Hydrologique Nationale du Burkina Faso, indiquent que les deux premières décades du mois d'août ont été marquées par le maintien de l'activité de mousson sur tout le pays, la deuxième décade ayant été plus arrosée que la première. Des cumuls de précipitations de 100 à 160mm en 1 à 5 jours (*deux fois en un mois dans certaines localités*) ont été enregistrés dans toutes les provinces de la portion nationale du bassin du Niger au Burkina Faso, du mois d'août jusqu'à la deuxième décade du mois de septembre 2012. Les fortes précipitations ont concerné en particulier les provinces de Soum, Oudalan et Yagha. Le cumul de précipitations au 30 septembre 2012 dépasse 750mm dans certaines localités (*pour des pluies moyennes annuelles qui atteignent rarement les 600mm dans la région*), notamment dans les provinces de Séno et Yagha, avec des hauteurs de précipitations mensuelles variant entre 200 à 320mm au mois d'août et de 150 à 200mm en septembre.

Nous n'avons malheureusement pas de données précises sur la hauteur des précipitations au niveau des autres parties du bassin concernées par cette crue particulière de l'année 2012. Les données du Burkina et du Niger sont toutefois corroborées par les informations reçues du Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement (ACMAD), qui indiquent que des précipitations très supérieures aux normales ont été enregistrées dans l'ensemble de la région du Niger Moyen au cours de cette même période. Il faut également rappeler que les travaux du 15^{ème} forum de Prévision Saisonnière en Afrique de l'Ouest (PRESAO), avaient prévu pour le Niger, un cumul saisonnier de précipitations au-dessus de la normale, avec une probabilité de 40%, contre seulement 25% pour des précipitations en dessous de la normale. Il en résulte, conformément aux mêmes prévisions, que des écoulements "normaux à excédentaires" étaient attendus dans le Niger Moyen et Inférieur.

III – DONNEES HYDROMETRIQUES

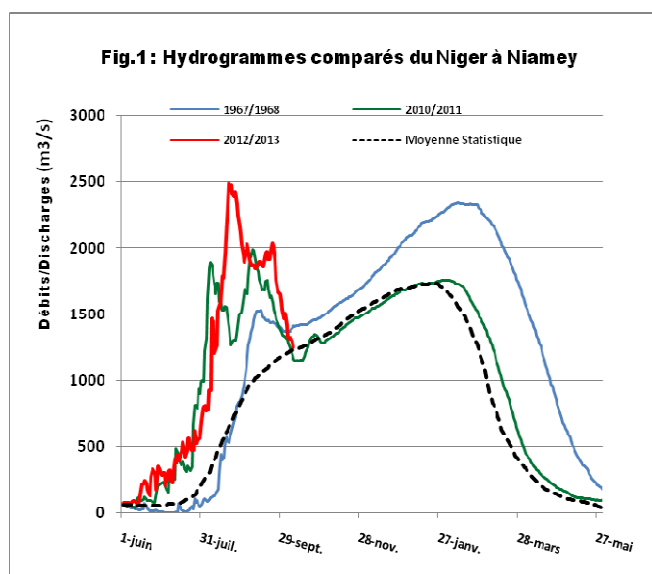
Il faut noter que l'hydrogramme de la crue du Niger est bimodal dans la région du Niger Moyen, alors qu'il comporte une seule pointe dans le Niger Supérieur, le Delta Intérieur et le Niger Inférieur. Cette particularité du Niger Moyen vient de ce que les écoulements dans cette partie du bassin sont successivement influencés par les précipitations locales sur le bassin des affluents en provenance du Burkina Faso, du Niger et du Bénin, puis par celles en provenance de la partie Nord du bassin et notamment de la Guinée. La première pointe de crue enregistrée dans la période de juillet à septembre est appelée "crue locale", alors que la seconde qui survient entre novembre et mars est appelée "crue guinéenne".



Notre analyse va porter essentiellement sur la crue particulière des mois d'août et septembre 2012 dans les secteurs du Niger Moyen et Inférieur. Le tableau 1 présente les valeurs caractéristiques de cette crue à Niamey et à Lokoja, en comparaison avec celles enregistrées depuis le début des observations à ces deux stations, pendant les années les plus humides connues de la sous région.

Tableau 1 : Débits du Niger à Niamey et Lokoja pendant les années humides exceptionnelles

Année hydrologique	Q _{max} . Août (m ³ /s)		Q _{max} . Septembre (m ³ /s)		Q _{max} . annuel (m ³ /s)		Observations
	Niamey	Lokoja	Niamey	Lokoja	Niamey	Lokoja	
1967 / 1968	959 (31-8-67)	11 747.2 (31-8-67)	1 531 (13-9-67)	19 320 (30-9-67)	2 337 (10-2-68)	21 598 (10-10-67)	On notera que le débit maximum annuel était enregistré lors de la crue guinéenne à Niamey, pendant la période humide d'avant 1970, alors qu'il est enregistré plutôt pendant la crue locale au cours des dernières décennies. A Lokoja par contre, la pointe de la crue est invariablement enregistrée en septembre-octobre.
1969 / 1970	1 078 (31-8-69)	18 674 (31-8-69)	1 402 (30-9-69)	27 018 (30-9-69)	2 365 (3-2-70)	27 018 (30-9-69)	
1998 / 1999	1 428 (1-8-98)	13 319 (28-8-98)	1 989 (19-9-98)	17 790 (30-9-98)	1 989 (19-9-98)	23 798 (23-10-98)	
2010 / 2011	1 898 (6-8-10)	14 249 (29-8-10)	2 002 (7-9-10)	19 558 (30-9-10)	2 002 (7-9-10)	20 986 (19-9-12)	
2012/2013	2 492 (21-8-12)	17 892 (31-8-12)	2 037 (03-9-12)	31 692 (29-9-12)	2 492 (21-8-12)	31 692 (29-9-12)	

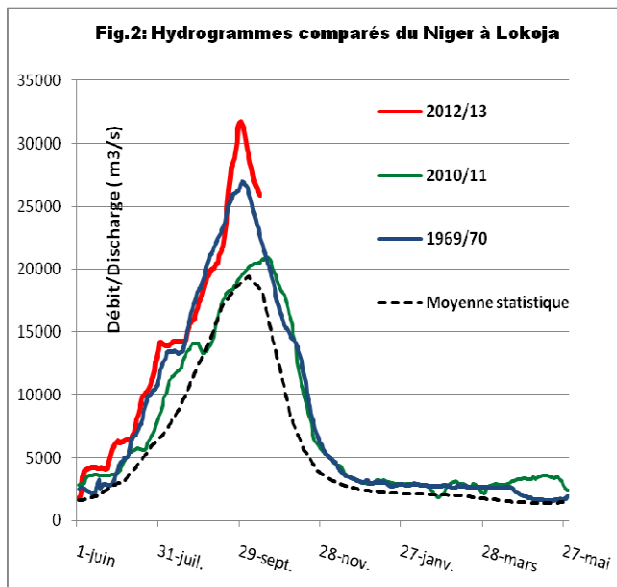


Les données du tableau 1 et la figure 1 montrent que la valeur du débit instantané de pointe (2492 m³/s) enregistrée le 21 août 2012 est la plus élevée jamais enregistrée à la station hydrométrique de Niamey, depuis le début des observations en 1929. La montée des eaux a par ailleurs été très rapide, comparativement aux années antérieures, puisqu'on est passé d'un débit instantané de 1000 à 2492m³/s en une semaine. Sur la base d'une analyse statistique de la chronique des débits maximums de la station de Niamey, la période de retour de cet événement exceptionnel est estimée à 125 ans.

Grâce au réseau de stations hydrométriques suivi dans le cadre du volet Niger-HYCOS du projet GIRE 2, il a été possible de vérifier que cette crue exceptionnelle du Niger Moyen est liée principalement aux apports des affluents de la rive droite en amont de Niamey. Il s'agit notamment du Gorouol, du Dargol et de la Sirba, qui prennent leur source au Burkina Faso. En effet, le débit du Niger à Kandadji (station située en aval de la confluence avec le Gorouol) en amont de Niamey le 21 août est de 934m³/s, soit 37% de la valeur du débit de pointe à Niamey estimé à 2492m³/s, à la même date. En tenant compte de la contribution du Gorouol au débit du Niger à Kandadji, on en déduit que l'apport des affluents de la rive droite à la formation du débit de pointe du 21 août 2012 à Niamey représente plus du double de celui du fleuve Niger.



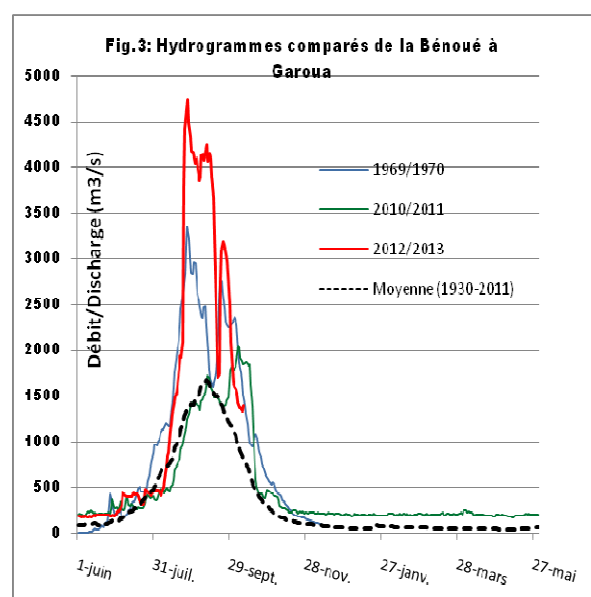
Cette crue particulière de l'année 2012 fait partie d'une série d'événements extrêmes qui sont devenus fréquents depuis quelques années dans la région du Niger Moyen. En effet, quatre des plus forts débits du fleuve Niger à Niamey, depuis le début des observations en 1929, ont été enregistrés en 1998, 2003, 2010 et 2012. Les quatre événements sont tous caractérisés par l'importance de la crue locale qui prend le pas sur la crue guinéenne qui enregistrerait habituellement le plus fort débit de la localité.



Depuis le début de l'année hydrologique 2012-2013, le niveau des écoulements du fleuve Niger à la station hydrométrique de Lokoja (**Fig.2**) se situe au-dessus des valeurs habituelles. Le débit maximum du mois de juillet 2012 atteignait déjà $14000\text{m}^3/\text{s}$, valeur habituellement enregistrée vers la fin du mois d'août ou en début septembre. Le débit moyen journalier maximum de $31692\text{ m}^3/\text{s}$ enregistré le 29 septembre 2012 est le plus élevé jamais observé à cette station depuis sa création en 1914, soit depuis 98 ans. Sa période de retour est estimée à 125 ans.

Le réseau de stations hydrométriques suivi dans le cadre du volet Niger-HYCOS du projet GIRE2 nous permet de montrer que l'essentiel des eaux responsables de la crue du Niger à Lokoja proviennent de la Bénoué, son affluent principal. En effet, les apports du cours principal du Niger au débit de pointe observé à Lokoja le 29 septembre sont estimés à $8500\text{m}^3/\text{s}$ à la station hydrométrique de Baro située en Amont de Lokoja, soit seulement 27% de la valeur du débit de pointe. Il faut noter par ailleurs que la crue du Niger à Lokoja atteint habituellement son maximum entre septembre et octobre, alors que la pointe de la crue guinéenne transite à Niamey entre les mois de novembre à mars, pour atteindre Lokoja plusieurs mois plus tard.

La **figure 3** présente l'hydrogramme des écoulements de la Bénoué à Garoua en regard de l'hydrogramme moyen et de ceux de deux années humides bien connues de la région. Elle montre que la crue a été également exceptionnelle dans cette localité cette année 2012. La valeur du débit moyen journalier maximum de $4742\text{m}^3/\text{s}$ enregistrée le 26 août 2012 a une récurrence proche de la cinquantennale humide et représente la deuxième valeur de débit la plus forte jamais enregistrée à cette station depuis le début des observations en 1930. La montée des eaux a été par ailleurs très rapide, comparativement aux années antérieures. En effet, le débit est passé de 1900 à $4742\text{ m}^3/\text{s}$ en seulement cinq jours.



Il faut noter que la station hydrométrique de Garoua se situe en aval du barrage hydroélectrique de Lagdo (d'une capacité 6 km³) et subit les influences de ce dernier depuis sa mise en eau en 1982. Ainsi, la crue enregistrée à Garoua en août 2012 résulte d'une combinaison des effets de fortes précipitations enregistrées dans la région et de la vidange préventive du barrage de Lagdo.

Avant d'atteindre Lokoja où elle rejoint le Niger, la Bénoué reçoit d'autres affluents importants en aval de Garoua dont en particulier le Mayo Kébi et le Faro avant d'entrer au Nigeria, puis le Gongola, la Donga et la Katsina Ala du côté du Nigeria. Les très fortes précipitations enregistrées sur le bassin versant de ces affluents (*situés dans des régions plus humides où la pluie annuelle peut dépasser largement les 3000 mm*) contribuent à grossir considérablement les écoulements de la Bénoué. De ce fait, ses apports au débit du fleuve Niger à Lokoja peuvent avoisiner le triple de ceux du bras principal, comme cela a été le cas cette année 2012.

IV – DONNEES SUR LES INONDATIONS

L'importance et l'étendue des inondations par débordement d'un cours d'eau sont liées à la fois aux caractéristiques de son débit, au volume écoulé et aux caractéristiques hydrauliques des zones inondables. La hauteur du plan d'eau correspondant au débit maximum instantané de 2492m³/s enregistrée à la station hydrométrique du Pont Kennedy à Niamey le 21 août 2012 est de 618 cm. Cette cote est située à environ un mètre au dessus du niveau de la crue normale à cette station. Les inondations qui en ont résulté dans Niamey et ses environs ont causé des dégâts très importants. A la mi-septembre, les ONG et les services compétents de l'administration nigérienne évaluent à plus de 520000 le nombre de sinistrés, 81 pertes en vies humaines et d'importants dégâts matériels. Les dégâts matériels incluent des milliers de maisons et de nombreuses écoles effondrées ainsi que des surfaces cultivables inondées.

Les photos des deux planches ci-dessous présentent un aperçu des dégâts alors que la carte de la **figure 4** montre la situation des inondations dans la ville de Niamey et ses environs le 29 août 2012, soit une semaine après la pointe de la crue.

1Planche1:Locaux de la Société Nationale de Transport Nigérien sous les eaux d'inondation



2Planche2: Maisons détruites par les eaux d'inondation à Harobanda, sur la rive droite du Niger





Fig.4 : Carte d'inondation de Niamey et environs élaborée à partir d'observations satellitaires du 29/08/12
http://www.disasterscharter.org/web/charter/activation_details?p_r_p_1415474252_assetId=ACT-405.

La carte de la figure 4 est sur plusieurs points comparable à celle produite conjointement (**fig.5**), quelques années plus tôt, par le Centre Régional AGRHYMET et l'ABN (Trebossen H. et *al.*, 2007), sur la base des données hydrométriques et cartographiques alors disponibles. Il s'agit d'une carte d'aide à la décision, quant aux risques d'inondation sur la ville de Niamey en cas de survenue d'une crue de récurrence centennale.

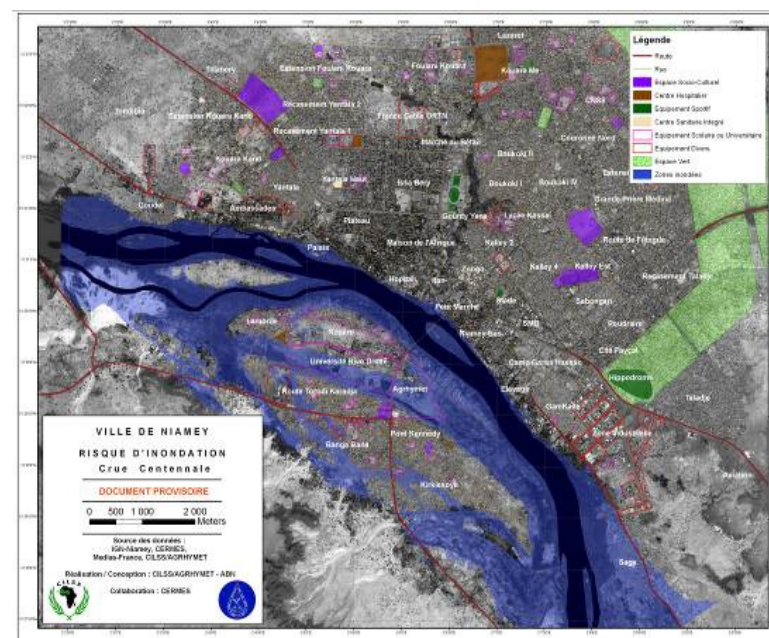


FIG.5 : Carte de risque d'inondation crue centennale (CRA, ABN, 2007)

Les hypothèses de base d'élaboration de la carte des risque d'inondation à Niamey et la vérification à postériori au moyen des données de la crue 2012 montrent toutefois que certaines conclusions de l'étude devraient être nuancées. Cependant, les dégâts matériels et les pertes en vies humaines enregistrés cette année dans la ville de Niamey auraient été moins importants si les conclusions de l'étude avaient été prises en compte par les autorités compétentes.



L'onde de la crue enregistrée à Niamey a évolué vers l'aval et affecté les localités de Karimama, Malanville et d'autres localités du Nord du Nigéria. Les autorités béninoises évaluent au nombre de quatre les pertes en vies humaines et 10000 sinistrés sans abris dans ces localités. Les dégâts matériels sont également très considérables, dont 10 milles hectares de cultures vivrières.

Les dégâts sont également très importants dans le nord du Nigeria, mais nous n'avons reçu aucune information précise sur le sujet. Il faut toutefois noter qu'afin de préserver les barrages de Kainji et Jebba des effets néfastes éventuels de la crue exceptionnelle, les gestionnaires de ces deux retenues ont procédé à des vidanges préventives. Les effets combinés de cette vidange, des précipitations et des écoulements issus des affluents du Niger Inférieur (*y compris les eaux de la vidange préventive des barrages situés sur certains de ces affluent dont en particulier, Shiroro sur la Kaduna et Lagdo sur la Bénoué*), ont conduit à la crue exceptionnelle enregistrée à Lokoja et aux importantes inondations associées.

3 Planche3 : Maisons englouties par les eaux d'inondation dans la localité de Lokoja



La hauteur du plan d'eau correspondant à la pointe du débit (31692m³/s) enregistrée à Lokoja le 29 septembre 2012 est de 12,84 m. Cette cote est située à plus de 3,30m au-dessus du niveau de la crue normale à cette station. Les inondations qui en ont résulté dans l'agglomération de Lokoja et les localités situées en aval ont causé de très importants dégâts, y compris sur les installations des exploitations pétrolifères du Delta Maritime du Niger, mais nous n'avons pas reçu les détails sur le sujet.

Des inondations très importantes ont également été enregistrées sur la Bénoué, avec des conséquences similaires à celles déjà décrites ci-dessus, notamment dans la localité de Garoua au Cameroun, où 500 sinistrés ont été dénombrés, ainsi que quelques décès. Comme sur le cours principal du fleuve Niger, ces inondations sont consécutives à de très fortes précipitations qui ont également conduit les gestionnaires du barrage de Lagdo, en amont de Garoua, à procéder à une vidange préventive qui a contribué à accroître l'ampleur de la crue.

V – ANALYSE ET COMMENTAIRES

Les transformations subies par la "crue locale" du Niger dans le secteur du Niger Moyen, tant sur sa forme que sur son ampleur, ont attiré l'attention de la communauté scientifique qui y a consacré de nombreuses publications (Mahé et *al.*, 2002 et 2003, Abou Amani & Nguetora, 2002, Okechukwu et *al.*, 2010, Descroix et *al.*, 2011 et 2012). En effet, bien que les crues exceptionnelles enregistrées dans la région



soient liées aux fortes précipitations et à leur répartition dans le temps telles que décrites plus haut, ces travaux montrent que les transformations de l'état de surface des sols dans le bassin versant des cours d'eau concernés ont également joué un rôle très important. Les conditions de ruissellement se sont beaucoup améliorées dans la région soudano-sahélienne africaine à laquelle appartiennent les bassins des principaux cours d'eau des régions concernées par la "crue locale" et notamment les affluents burkinabé du fleuve Niger, principaux contributeurs aux débits de cette crue dans la région de Niamey. Ces modifications sont la résultante de l'accroissement démographique et de la péjoration climatique des quatre dernières décennies, qui ont eu des impacts sur l'utilisation des sols (extension des cultures, déforestation, etc.), engendrant un fort encroûtement des surfaces qui favorise le ruissellement au détriment de l'infiltration. Il en résulte que des précipitations de moindre importance peuvent conduire de nos jours à des crues très importantes, notamment quand elles surviennent après la saturation des sols par des précipitations antérieures. On notera par exemple que les analyses statistiques ont montré que le débit de pointe de la crue locale à Niamey en 2012 a une récurrence plus que centennale alors que celle des précipitations de la même année à Niamey est inférieure à la quinquennale humide. Outre les autres impacts bien connus des changements climatiques (IPCC, 2001), cet état de fait conduira très probablement, dans les prochaines années, à de fortes crues et des inondations de plus en plus fréquentes dans cette partie du bassin.

D'autre part, le comblement partiel du lit mineur du fleuve tout le long de son parcours, consécutif à l'ensablement lié au même phénomène décrit ci-dessus a conduit à la diminution de sa capacité. Cet état de fait contribue à l'augmentation des volumes d'eau déversés dans le lit majeur du fleuve et par voie de conséquence, à aggraver les inondations. Toutefois, l'un des facteurs le plus important qui explique l'importance des dégâts liés aux inondations actuelles sur le bassin du Niger tient au fait que les établissements humains se sont multipliés dans la zone inondable du lit majeur du fleuve Niger au cours de la période récente, en raison de la faiblesse des crues et des inondations.

Pour ce qui concerne l'impact de la crue exceptionnelle de l'année 2012 en aval de Niamey, outre les inondations, il est important d'analyser ses conséquences sur la gestion des ouvrages hydrauliques et notamment les barrages de Kainji et Jebba au Nigeria. Le volume total des eaux qui a transité par Niamey depuis le début de l'année hydrologique 2012/2013 a atteint la valeur de 11,10km³ à la date du 30 septembre 2012. Cette valeur est équivalente aux ¾ de la capacité du barrage de Kainji estimée à 15 km³, alors que la crue guinéenne dont les apports sont habituellement plus importants est encore attendue. La station limnimétrique de Niger-HYCOS au niveau de ce barrage indique que le niveau du plan d'eau est à 138,48m le 30 septembre 2012 (*pour un volume d'eau de l'ordre de 11km³ dans la retenue*), soit un niveau remplissage équivalant au niveau moyen interannuel à cette période de l'année. Ces données intègrent toutefois les effets de la vidange préventive du barrage entreprise par les gestionnaires de l'ouvrage pour se prémunir contre l'impact de la crue exceptionnelle en cours. Il en va de même pour le barrage de Jebba situé en aval de Kainji. Ces actions ne sont pas sans conséquences sur les inondations dans les localités situées en aval et notamment dans les agglomérations urbaines dont Lokoja en particulier, comme indiqué plus haut.



VI – PREVISION ET PREVENTION DES INONDATIONS

Les solutions pour lutter contre la submersion des terres agricoles et des zones habitées en régions urbaines sont bien connues. Outre la construction des digues, il faut libérer le lit mineur du sable qui diminue sa capacité et de tous les obstacles qui entravent la circulation rapide des eaux au moment de leur montée. Certaines de ces propositions sont toutefois inapplicables et le coût des opérations prohibitif, notamment quand il s'agit de la protection des investissements réalisés dans les anciennes zones d'épandage de la crue.

D'autre part, bien que leur influence soit généralement minime lors des crues exceptionnelles, les ouvrages hydrauliques peuvent être utilisés comme exécrateurs de crue et permettre d'atténuer l'ampleur des inondations dans certaines localités. L'utilisation des ouvrages en projet sur le Niger (*Fomi en Guinée, Taoussa au Mali et Kandadji au Niger*) peut ainsi être envisagée dans ce sens. Toutefois, pour ce qui concerne la localité de Niamey, l'utilisation du barrage de Kandadji ne peut être envisagée pour les inondations causées par la crue locale. En effet, seul le Gorouol se jette dans le Niger en amont de cet ouvrage. La confluence avec le Dargol et la Sirba (les deux autres affluents principaux qui sont à l'origine de la crue locale) se situe malheureusement en aval de l'ouvrage qui ne pourra ainsi pas jouer un rôle significatif sur l'atténuation des inondations des mois d'août et septembre dans la localité de Niamey.

La lutte contre les inondations à Niamey est également rendue difficile par l'importance des établissements publics et privés (Eglises, Mosquées, Ecoles, Campus universitaire de Niamey, etc..) qui se sont multipliés dans la zone inondable du lit majeur du fleuve Niger, en raison de l'absence prolongée des inondations, consécutive à la faiblesse des crues des décennies 70 et 80. Dans ces conditions, il appartient aux pouvoirs publics d'arbitrer entre le coût des dégâts en cas de non protection et celui de l'ouvrage à mettre en place pour la protection. C'est sur cette base qu'il lui sera possible d'entreprendre toutes les actions nécessaires pour la prévention des risques encourus ou de faire libérer les zones dont la protection contre les inondations est impossible.

En ce qui concerne le Nigeria et notamment les localités situées en aval de grands ouvrages hydrauliques (Kainji, Jebba, Shiroro et Lagdo), dont l'agglomération urbaine de Lokoja en particulier, des actions préventives d'écêtement des crues peuvent être envisagées au niveau de ces ouvrages, mais en cas de menace de remplissage précoce comme cela a été le cas en 2012, la simultanéité de fortes précipitations et des opérations de vidange préventive visant à préserver ces ouvrages peut plutôt contribuer à l'aggravation des inondations dans les localités situées en aval.

La lutte contre les inondations passe également par la prévision des crues. Toutefois, tout en reconnaissant que la protection absolue contre les inondations n'est techniquement pas possible, l'expérience vécue à Niamey en 2012 conduit à se demander si cette prévision est toujours efficace ?

En effet, l'ABN dispose de l'expertise, des équipements et des outils adéquats pour assurer le suivi du fleuve et faire des prévisions d'écoulement en différents points de



son réseau. C'est ainsi qu'elle avait annoncée la crue du mois d'août 2012 à Niamey au moins dix jours avant son apparition. Bien que ces prévisions méritent encore d'être affinées, les résultats publiés auraient pu contribuer à l'atténuation des dégâts. D'autre part, une carte des zones inondables à Niamey en cas de crue exceptionnelle a été établie par l'ABN et le Centre AGRHYMET (Trebossen et *al.*, 2007). Ces données et informations n'ont pas été utilisées par les autorités compétentes du Niger pour entreprendre des actions préventives sur le terrain. Cet état de fait découlerait au moins en partie d'un déficit de communication et notamment de la diffusion des informations hydrologiques ainsi que leur signification concrète sur le terrain. Cet aspect de la question mériterait d'être encore bien travaillé.

Ces observations montrent que le monitoring hydrologique peut contribuer à la prévision et la prévention des risques d'inondation, toutefois des éléments socio-économiques et politiques interviennent également. Ces éléments concernent notamment les décisions à prendre par rapport au niveau de protection à envisager ainsi que les actions à entreprendre pour assurer la protection des vies et des biens. De ce point de vue, il faut souligner que l'équilibre entre les besoins et les risques est fondamental pour les questions de développement socio-économique. C'est ainsi, par exemple, que des populations installées dans les zones inondables, ne sont pas toujours disposées à quitter ces zones exposées, en raison de la valeur économique qu'elles ont acquises, quarante ans après le début des années de sécheresse qui ont favorisé l'occupation d'anciennes zones d'épandages de la crue du Niger à Niamey.

VII - CONCLUSION

Le fleuve Niger a traversé, comme les autres cours d'eau de l'Afrique tropicale au cours des décennies 70 et 80, une période de modération de ses crues, ce qui a conduit les riverains à perdre de vue l'ampleur des inondations consécutives à ses débordements et à s'installer dans les zones inondables de son lit majeur. Après le retour des précipitations moyennes à excédentaires observé depuis la fin des années 1990, on assiste de plus en plus à des crues exceptionnelles, notamment dans la région du Niger Moyen. Les effets des fortes précipitations sont accentués par les transformations de l'état de surface des sols dans le bassin versant des cours d'eau concernés. Cet état de fait, devrait très probablement conduire, dans les prochaines années, à des fortes crues et des inondations de plus en plus fréquentes dans cette partie du bassin du Niger. Ces inondations seront de plus en plus dommageables pour les populations si des dispositions idoines ne sont pas prises par les autorités compétentes, sur la base des informations et des données précises fournies par les hydrologues. L'enjeu de la question est de trouver à terme, un nouvel équilibre entre la dynamique des écoulements du fleuve et celle des populations riveraines qui vivent tout le long de son cours. Le retour d'expérience des événements récents montre que la qualité de la communication, entre les décideurs et les scientifiques, doit être prise en compte pour aider à trouver une solution rapide au problème.



REFERENCES

Albergel, J., 1987. Sécheresse, désertification et ressource en eau de surface. Application aux petits bassins versants du Burkina Faso. *In* : The influence of Climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources. (Proc. of Vancouver Symposium, August 1987). IAHS publ. N° 168, 355 - 365.

IPCC, 2001. *Climate Change 2001 : Impacts, adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. (Ed. by McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S.) Cambridge University Press, UK, 1032p

Amani A., Nguetora M., 2002. Evidence d'une modification du régime du fleuve Niger à Niamey. Proceedings de la 4^{ème} Conf. Internationale FRIEND du PHI de l'UNESCO, Cape Town, IAHS Publ. n° 274, pp. 449-456.

Mahé G., Dray A., Paturel J.E., Cres A., Kone F., Manga M, Cres F.N., Djoukam J., Maiga A., Ouedraogo M., Conway, Servat E., 2002. Climatic and anthropogenic impacts on the flow regime of the Nakambe River in Burkina Faso. Proceedings de la 4^{ème} Conf. Internationale FRIEND du PHI de l'UNESCO, Cape Town, IAHS Publ. n° 274, pp. 69-76.

Mahé G., Leduc C., Amani A., Paturel J.-E., Girard S., Servat E., Dezetter A., 2003. Augmentation récente du ruissellement de surface en région soudano-sahélienne et impact sur les ressources en eau. In, Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions (Proceedings of an international symposium held at Montpellier, April 2003). IAHS Publ. n°278 ; 215-222 pp.

Trebossen H., Brachet Ch., Sighomnou D., 2007 : Prévention du risque d'inondation à Niamey. Rap. Interne Centre régionale AGHRYMET et ABN.

Okechukwu Amogu, Luc Descroix, Kadidiatou Souley Yéro, Eric Le Breton , Ibrahim Mamadou , Abdou Ali, Théo Vischel, Jean-Claude Bader, Ibrahim Bouzou Moussa , Emmanuèle Gautier, Stéphane Boubkraoui and Philippe Belleudy, 2010. Increasing River Flows in the Sahel? ; *Water* 2010, 2, 170-199; www.mdpi.com/journal/water.

Luc Descroix, Okechukwu Amogu, Kadidiatou Souley Yéro, Daniel Sighomnou, Arona Diedhiou, 2010. A paradoxical increase in runoff in the Sahel (West Africa). Hydrology Conf. 2000 The changing physical and social environment; Hydrologic Impacts and feedbacks. 11-13 oct., 2010. San Diego, USA.

Luc Descroix, Pierre Genthon, Okechukwu Amogu, Daniel Sighomnou, Jean-Louis Rajot, Michel Vauclin; 2011. Recent hydrological change of sahelian rivers. The case of the 2010 red flood of the Niger river at Niamey. Poster présenté à l'American Geophysical Union (AGU) meeting, San Francisco, décembre 2011

Luc Descroix, Pierre Genthon, Okechukwu Amogu, Jean-Louis Rajot, Daniel Sighomnou, Michel Vauclin ; 2012. Change in Sahelian Rivers hydrograph: the case of recent red floods of the River Niger in the Niamey region *Global and Planetary Change* 98-99 (2012)18-30, Aug-2012.

Luc Descroix, Ibrahim Bouzou Moussa, Pierre Genthon, Daniel Sighomnou, Gil Mahé, Ibrahim Mamadou, Jean-Pierre Vandervaere, Emmanuèle Gautier, Oumarou Faran Maiga, Jean-Louis Rajot, Moussa Malam Abdou, Nadine Dessay, Kadidiatou Souley Yéro, Harouna Karambiri, Rasmus Fensholt, Jean Albergel, Jean-Claude Olivry. Impact of Drought and Land-Use Changes on Surface-Water Quality and Quantity: The Sahelian paradox (accepted for publication as book Chapter in ***InTech Science/open minds***; info@intechopen.com).

