

# BILANS D'EAU ET APPORTS DE CRUES EXCEPTIONNELLES DE L'OUED BOUNAMOUSA, (ALGERIE ORIENTALE) : IMPLICATIONS POUR LA GESTION DU BARRAGE CHEFFIA.

Samia AFFOUN IKHLEF<sup>1</sup>, Azeddine MEBARKI<sup>2</sup> et Mohamed TAABNI<sup>3</sup>

1 Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie.

2 Laboratoire LASTERNE, Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie.

3 Laboratoire RURALITES, Université de Poitiers, France.

Reçu le 19/02/2018 – Accepté le 17/06/2019

## Résumé

La sécurisation des ressources en eau, de même que l'atténuation des effets néfastes des inondations sont des objectifs majeurs dans la gestion intégrée des eaux dans le bassin de la Mafragh en Algérie orientale.

Cet article porte sur l'analyse des bilans d'eau et des apports des crues exceptionnelles de l'oued Bounamoussa (affluent de la Mafragh), au barrage Cheffia. La création en 1965 de cet ouvrage de régularisation, d'une capacité initiale de 171.9 hm<sup>3</sup>, répondait à des besoins multisectoriels (eau potable, irrigation, eau pour l'industrie). La réduction des inondations de la plaine en aval est l'autre but de cet aménagement.

Après la présentation des principales caractéristiques physiques du bassin versant (575 km<sup>2</sup>) et les données hydro-techniques du barrage Cheffia, l'analyse a porté sur les bilans d'eau et de leur variabilité sur une période de 47 ans. Les données de deux événements de crue exceptionnels (ceux des 27-28 mars 1973 et des 22-23 février 2012) sont, par ailleurs, étudiées en vue d'une meilleure appréhension de la gravité de ces phénomènes extrêmes sur la gestion de l'ouvrage. Le caractère brutal des crues de l'oued Bounamoussa, souvent aggravé par des vidanges imposées pour sécuriser l'ouvrage dans l'urgence, constitue un risque pour les installations humaines en aval.

**Mots clés:** Bassin versant, hydrologie, barrage, bilan d'eau, crues, Oued Bounamoussa.

## Abstract

Securing water resources, as well as mitigating the adverse effects of floods, are major objectives in integrated water management in the Mafragh basin in eastern Algeria.

This article deals with the analysis of the water balances and the contributions of the exceptional floods from Wadi Bounamoussa (tributary of the Mafragh), to the dam Cheffia. The creation of this dam in 1965 (with an initial capacity of 171.9 hm<sup>3</sup>) met multisectoral needs (drinking water, irrigation, water for the industry) and also reducing downstream floods.

After the presentation of the main physical characteristics of the watershed (575 km<sup>2</sup>) and the hydro-technical data of the Cheffia dam, the analysis focused on water balances and their variability over a period of 47 years. The data of two exceptional flood events (those of March 27-28, 1973 and February 22-23, 2012) are also studied in order to better understand the gravity of these extreme phenomena on the management of the dam. The brutal nature of the floods of the Bounamoussa Wadi often aggravated by drainages imposed to secure the dam in an emergency constitutes a risk for downstream human settlements.

**Keywords:** Watershed, hydrology, dam, water balance, floods, Bounamoussa Wadi.

## المخلص.

ان تأمين الموارد المائية والتخفيف من التأثيرات السلبية للفيضانات تمثل الأهداف الرئيسية لتسيير المتكامل لمياه الحوض التجميعي للمفرغ بشرق الجزائر.

هذا المقال يدور حول تحليل معطيات الموازنة المائية وكذلك مداخل الفيضان الاستثنائي لواد بوناموسة (رافد واد المفرغ) على مستوى سد الشافية (طاقة استيعابه الأولية: 171.9 هك<sup>3</sup>). إن انشاء هذا الحاجز المائي في سنة 1965 كان يهدف لتلبية حاجيات قطاعات متعددة (الماء الشروب، الري، الصناعة) وتخفيض الفيضانات على المنطقة السهلية بمصب واد المفرغ.

بعد عرض الخصائص الطبيعية الرئيسية للحوض التجميعي (575 كم<sup>2</sup>) والمعطيات الهيدروتقنية لسد الشافية، تم تحليل معطيات الموازنة المائية وتغيراتها على مدى 47 سنة. من جهة أخرى تمت دراسة معطيات مناسبة قصوى استثنائية سجلت في 27-28 مارس 1973 وفي 22-23 فيفري 2012 وذلك من أجل فهم أفضل لخطورة هاتين الظاهرتين ومدى تأثيرهما على تسيير السد. إن الطبيعة العنيفة والمفاجئة لفيضانات وادي بوناموسة تشكل خطرا على التجمعات البشرية الواقعة بالمنطقة السفلى غالبا ما يزيد من خطورتها التفريغ العاجل الذي يفرضه تأمين السد.

**الكلمات المفتاحية:** حوض تجميعي، هيدرولوجيا، سد، موازنة مائية، مناسب، واد بوناموسة.



caractère représentatif de ces éléments sur les modalités de gestion du barrage en lien avec les risques d'inondation en aval (Affoun et al., 2018b).

## 1. LE BARRAGE DE CHEFFIA ET SON BASSIN VERSANT

### 1.1. Le bassin versant

Le barrage de la Cheffia, situé à 50 km au Sud-Est de la ville d'Annaba, contrôle une superficie drainée de 575 Km<sup>2</sup>, soit 57.7 % de la superficie totale du bassin versant de l'oued Bounamoussa.

Le relief du bassin au barrage de Cheffia est caractérisé par une topographie accidentée où les altitudes culminent à 1404 m à Djebel M'cid vers le Sud, 1106 à Djebel Oum Ediss au Sud-Est, 810 à Kef Hdjar Mrekeb à l'Ouest (Fig. 2). Les altitudes sont plus modérées vers le Nord, elles sont de 739 m à Kef Bouabed, 490 à Kef

El Abid (Kef Draa Bou Ndor) vers le Nord-Ouest, elles se limitent à 463 à Ras El Warda vers le Nord-Est.

Sur le plan géologique, les massifs montagneux sont constitués essentiellement de terrains gréseux plissés, peu perméables, de l'Eocène supérieur-Oligocène (Monographie du barrage de Cheffia). La forêt couvre environ la moitié (52%) de la superficie du bassin versant (Conservation des Forêts de la wilaya d'El Tarf, 2017) ; limitant les effets de l'érosion et favorisant l'infiltration sur les grès numidiens fracturés (Affoun, 2006).

Les paramètres morphométriques du relief et du réseau hydrographique sont résumés dans le tableau 1. La valeur du temps de concentration T<sub>c</sub> pour les entrées à la retenue, adoptée par l'ANBT, est de 6 heures (DEMRH, 1975).

**Tableau 1 :** Paramètres morphométriques du bassin versant de Cheffia (DEMRH, 1975)

Surface (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Indice de compacité	Altitude minimale (m)	Altitude maximale (m)	Altitude moyenne (m)	Indice de pente de Roche	Longueur du talweg principal (km)	Densité de drainage (km/km <sup>2</sup> )
575	106	1.24	125	1404	562	0.17	43	3.1

Dans le contexte climatique humide de l'extrême Nord-Est algérien, la lame précipitée moyenne annuelle observée sur 47 ans (1970/71-2016/2017) à la station de Cheffia-barrage est de l'ordre de 802 mm/an. L'évapotranspiration potentielle varie entre 1200 et 1400 mm (carte ANRH, 2003) et la lame d'eau écoulée moyenne interannuelle est de 247 mm soit un apport moyen de 142 hm<sup>3</sup>. Le module est estimé à 4.64 m<sup>3</sup>/s. d'après les données ANBT de 47 ans d'observation). Le coefficient moyen de ruissellement calculé est, selon monographie barrage, de l'ordre de 30 %, ce qui correspond à celui des Côtiers Constantinois. Enfin, l'évaporation moyenne annuelle s'élève à 8 hm<sup>3</sup>/an.

### 1.2. Données hydrotechniques du barrage Cheffia :

**La digue** du barrage Cheffia est en terre, de 50 m de hauteur, comportant à l'amont un masque d'étanchéité constitué par une couche de matériaux argilo-sableuse compactée. La cote en crête (niveau d'arase 0) est de 169 m pour une longueur de 650 m.

**La retenue** est d'une capacité totale de 158,8 hm<sup>3</sup> (bathymétrie de 2004) à la cote de retenue normale (CRN) de 165 m ; la capacité initiale étant d'environ 172 hm<sup>3</sup>. La cote au niveau des plus hautes eaux (PHE) est de 167 m.

**L'évacuateur de crue** comporte une tour équipée d'une vanne cylindrique, une galerie d'évacuation d'une

capacité maximum d'évacuation de 1800 m<sup>3</sup>/s, pour une crue centennale (Photo.1).

**Un tunnel de prise d'eau et de vidange de fond** d'une longueur de 156,50 m, avec des diamètres de : largeur=10,69 m et de hauteur =11,80 m et deux conduites de prise d'eau de 200 m<sup>3</sup>/s. Le puits de la vidange de fond est équipé d'une vanne batardieu, de 2 vannes de garde de type wagon, de 2 vannes de réglage de type secteur et 4 vannes de dévasement.

D'après la monographie du barrage de Cheffia, le volume régularisé a été fixé à 95 hm<sup>3</sup>, réparti entre 61 millions m<sup>3</sup> pour l'irrigation, et 34 millions de m<sup>3</sup> pour la ville d'Annaba (la population urbaine était de 168800 habitants, selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat –RGPH- de 1966).



**Photo 1 :** Vue du barrage de Cheffia (Affoun, 2018)

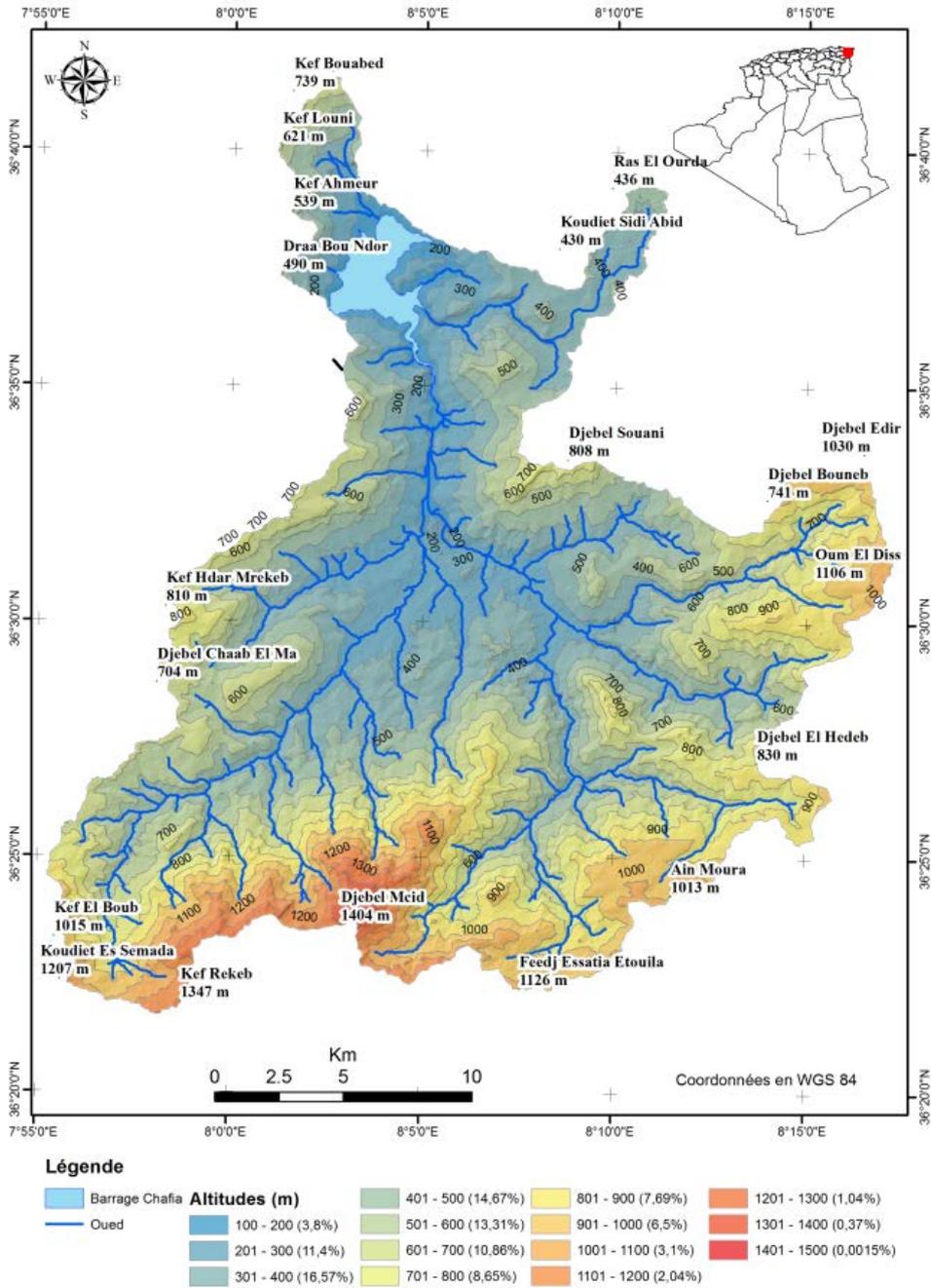


Figure 2 : Le bassin versant de la Bounamoussa vu à travers un MNT.

## 2. BILANS D’EAU DU BARRAGE ET LEUR VARIABILITE

### 2.1. Données de base

La connaissance précise de la capacité d’un réservoir en fonction de la cote du plan d’eau est un élément essentiel de son contrôle et de sa gestion notamment durant les crues. L’analyse des éléments constitutifs du bilan et le suivi de l’évolution mensuelle et interannuelle des eaux du barrage sont basés sur une relation simplifiée qui peut être schématisée par la figure 3 (Mihoubi et al, 2013). La détermination des termes de ce bilan se base sur la courbe de remplissage (Hauteur-Surface-Volume d’eau) du barrage, permettant de suivre l’évolution de la capacité de la retenue.

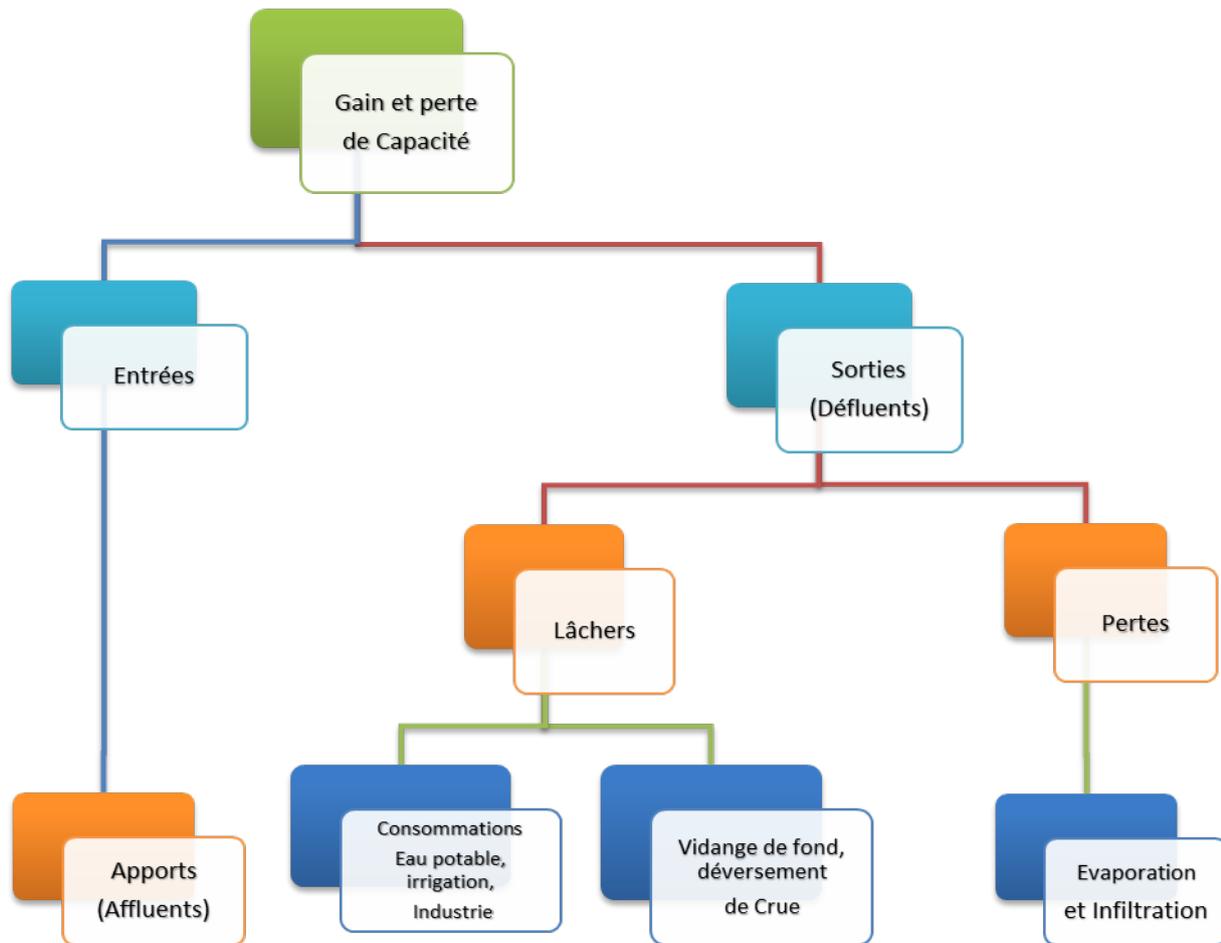


Figure 3 .Schéma représentatif des éléments du bilan d'eau du barrage de Cheffia.

La courbe hauteur-volume (Seguis et al, 1993) d'un grand barrage dépend de la précision métrique des courbes de niveau qui sont indispensables à sa réalisation. Il est nécessaire de connaître les volumes entrants et sortants de la dépression ainsi que les variations du niveau d'un plan d'eau avant la détermination de la courbe de remplissage.

## 2.2. Apports solides et envasement

La moyenne annuelle des apports solides de la période d'observation de 1946/47 à 1953/54 a été estimée à 199822 tonnes/an, ce qui correspond à un envasement moyen annuel de  $0.125 \text{ hm}^3/\text{an}$  (on admet que  $1 \text{ m}^3$  de vase pèse 1.6 tonnes dont 1 tonne de matières solides et 0.6 tonne d'eau), soit  $6.25 \text{ hm}^3$  en 50 ans, selon l'étude d'avant-projet du barrage de Cheffia. La dégradation spécifique du bassin est de l'ordre de 347.51 tonnes  $/\text{km}^2/\text{an}$ , valeur relativement modeste, mais supérieure à celle calculée ( $236.4 \text{ t}/\text{km}^2/\text{an}$ ) sur l'oued Kébir-Est, affluent de la Mafragh (Khanchoul, 2006). Le taux d'érosion modéré du bassin s'explique principalement par la lithologie marquée par la présence notable de formations gréseuses (Louamri et al, 2013). Le couvert végétal occupe 50% de la surface du bassin versant (forêt, maquis, cultures annuelles); il assure une protection relativement efficace contre l'érosion de la zone amont.

Les courbes de remplissage du barrage de Cheffia ont été établies, en utilisant les données des 3 levés bathymétriques effectués par l'organisme gestionnaire du barrage en 1965 (SEGGTH, 1965), en 1986 (ANB, 1986) et en 2004 (ANB, 2004), pour une hauteur d'eau tous les 50 cm (Fig. 4) :

- période 1965-2004 : la hauteur du plan d'eau initial est passée de 125 m en 1965 à 131.38 m en 2004, ce qui représente un volume d'envasement cumulé de  $13.165 \text{ hm}^3$  pour la période de 39 ans d'exploitation du barrage, soit un taux de sédimentation moyen de  $0.337 \text{ hm}^3/\text{an}$ , et une dégradation spécifique du bassin versant de  $939 \text{ t}/\text{an}/\text{km}^2$ . Ce résultat issu des mesures bathymétriques montre que le taux d'envasement moyen a été sous-estimé par l'étude d'avant-projet ( $0.125 \text{ hm}^3/\text{an}$ ) ;
- période 1965-1986 : l'envasement cumulé sur cette durée de 21 ans est de  $3.59 \text{ hm}^3$ , soit un taux de sédimentation moyen de  $0.171 \text{ hm}^3/\text{an}$ , résultat d'une dégradation spécifique de  $475 \text{ t}/\text{an}/\text{km}^2$  ;
- période 1986-2004 : la retenue a connu sur cette période de 18 ans un cumul de sédimentation atteignant  $9.57 \text{ hm}^3$ , conséquence d'une dégradation spécifique de  $1479 \text{ t}/\text{km}^2/\text{an}$ . Le taux d'envasement est de  $0.532 \text{ hm}^3/\text{an}$ , quatre fois supérieur à celui prévu dans l'étude précédant la construction du barrage.

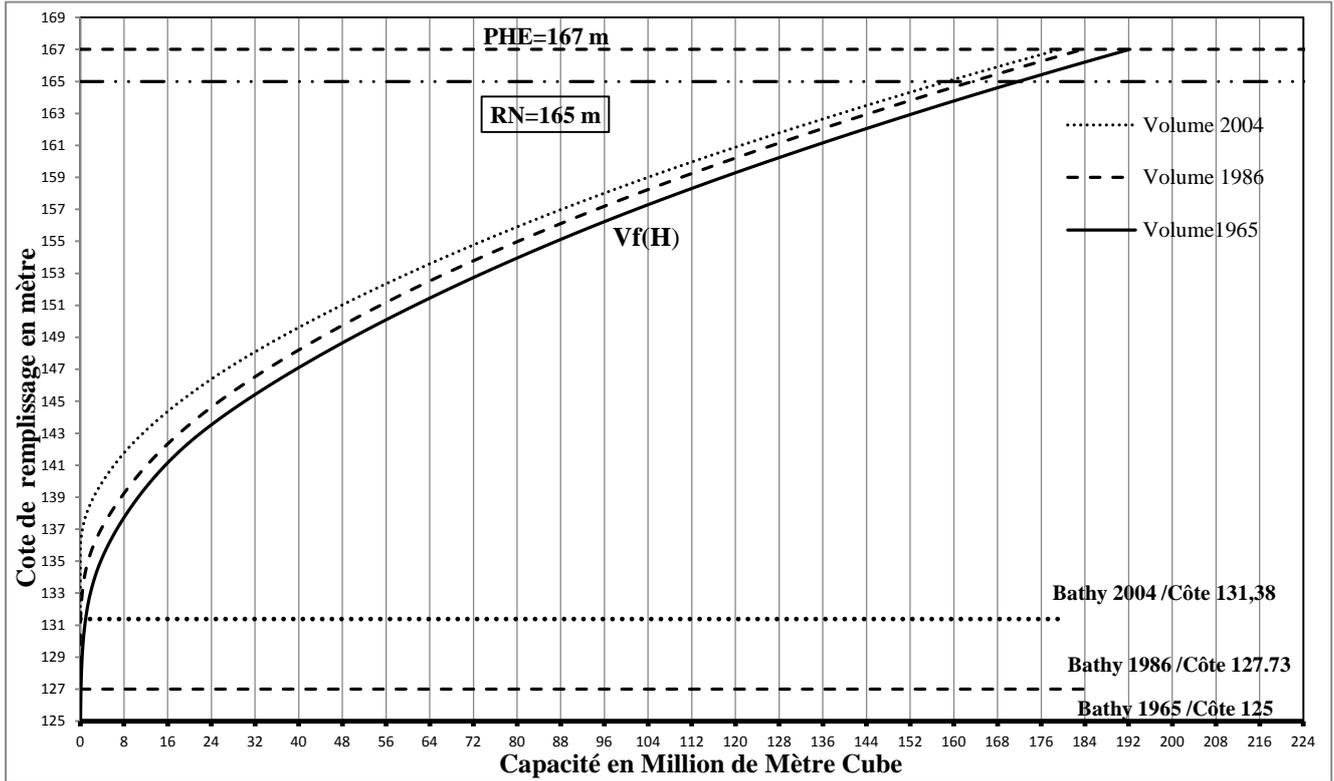


Figure 4 : Evolution de la courbe Capacité- Hauteur du barrage de Cheffia.

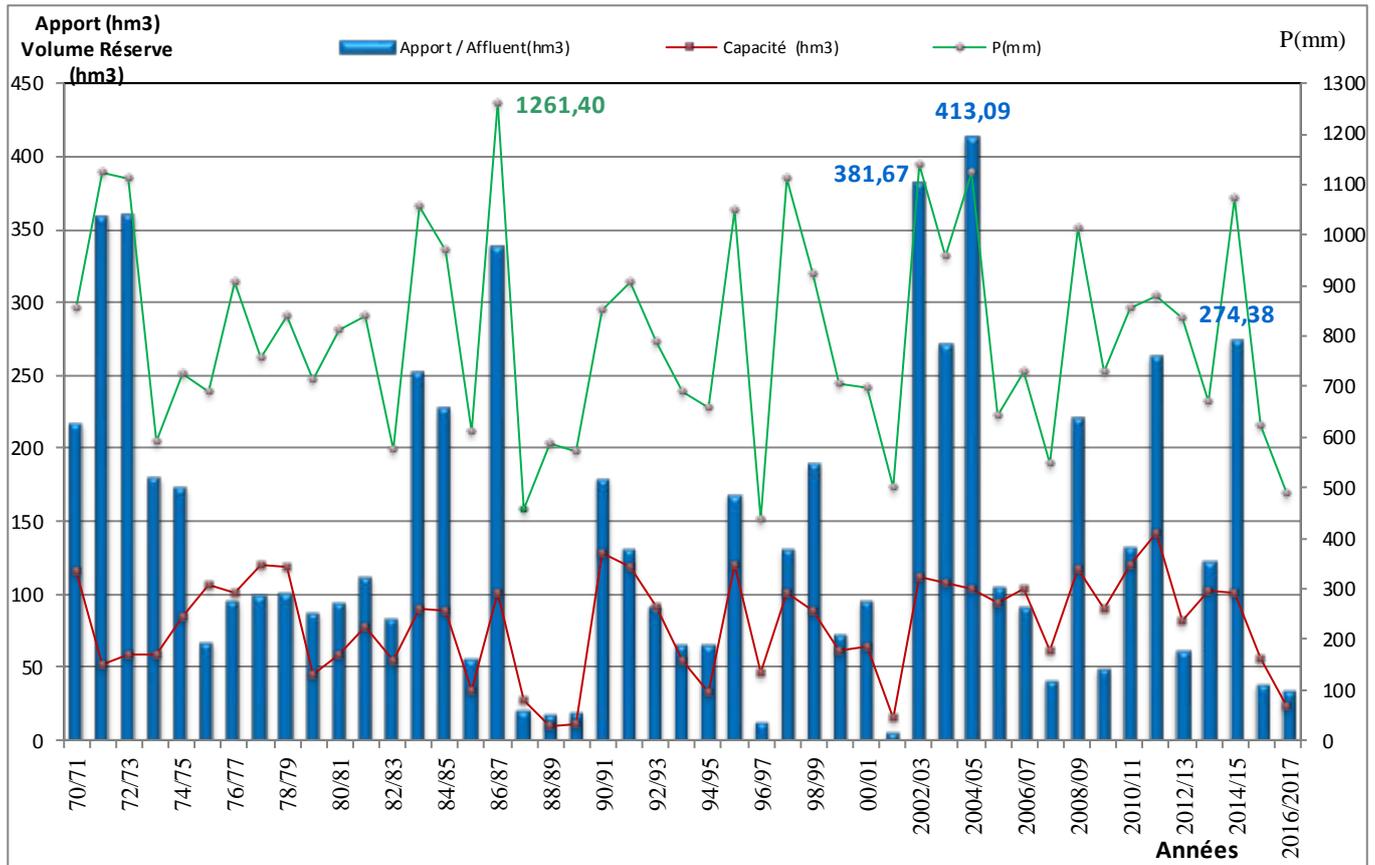


Figure 5 : Variations annuelles des principaux éléments du bilan du barrage de Cheffia : précipitations, apports et réserves. (Période : 1070/71- 2015 /17)

### 2.3. Variabilité des apports en eau et des volumes régularisés :

La période de mise en eau d'avril 1965 à août 1970 n'a pas été prise en compte dans les bilans d'eau du barrage établis sur la période 1970/71–2016/17 (Fig. 5). Le maximum annuel des apports liquides a été enregistré durant l'année humide 2004/2005 (413 hm<sup>3</sup>) à la suite de pluies abondantes (1260 mm/an enregistrées à la station de Cheffia-barrage). Ce volume représente 3 fois l'apport interannuel de l'oued Bounamoussa (142 hm<sup>3</sup>/an) et se rapproche de l'apport centennal humide (selon une loi de distribution log-normale) qui est de l'ordre de 473 hm<sup>3</sup> pour un intervalle de confiance de 90 % (DEMRH, 1975).

L'apport des années 1970/71, 1983/84 et 2011/12, ayant atteint respectivement 217, 253 et 264 hm<sup>3</sup>/an se rapproche de l'apport décennal humide estimé à 252 hm<sup>3</sup>. Le minimum annuel (5.84 hm<sup>3</sup>) d'une fréquence sèche, quasiment millénaire, a été enregistré durant l'année hydrologique particulière de 2001/2002 et ce,

pour un apport pluviométrique annuel enregistré à la station Cheffia de 502.5 mm.

Le remplissage de la retenue est irrégulier dans le temps. L'allure générale de la courbe des réserves de fin d'année montre qu'elle épouse la forme de la courbe des apports : soutenue en année humide (103.82 hm<sup>3</sup>), la réserve du barrage fléchit de façon remarquable en années sèches (14.85 hm<sup>3</sup> en 2001/02 ; 9.08 hm<sup>3</sup> et 11.46 hm<sup>3</sup> respectivement en 1988/89 et 1989/90).

La figure 6 illustre les régimes hydrologiques de l'oued Bounamoussa au barrage sur trois années typiques (cycle annuel humide, moyen et sec). L'année humide 2004/05 montre une répartition saisonnière marquée par l'abondance des apports, de novembre à avril et ce, par opposition la saison hydrologiquement sèche qui s'étale de mai à octobre. En année sèche (2001/02), le régime est marqué par l'indigence générale des apports sur l'année. L'année moyenne 2010/11 reproduit grossièrement le même régime qu'en année humide avec cependant de forts écarts dans les modules mensuels.

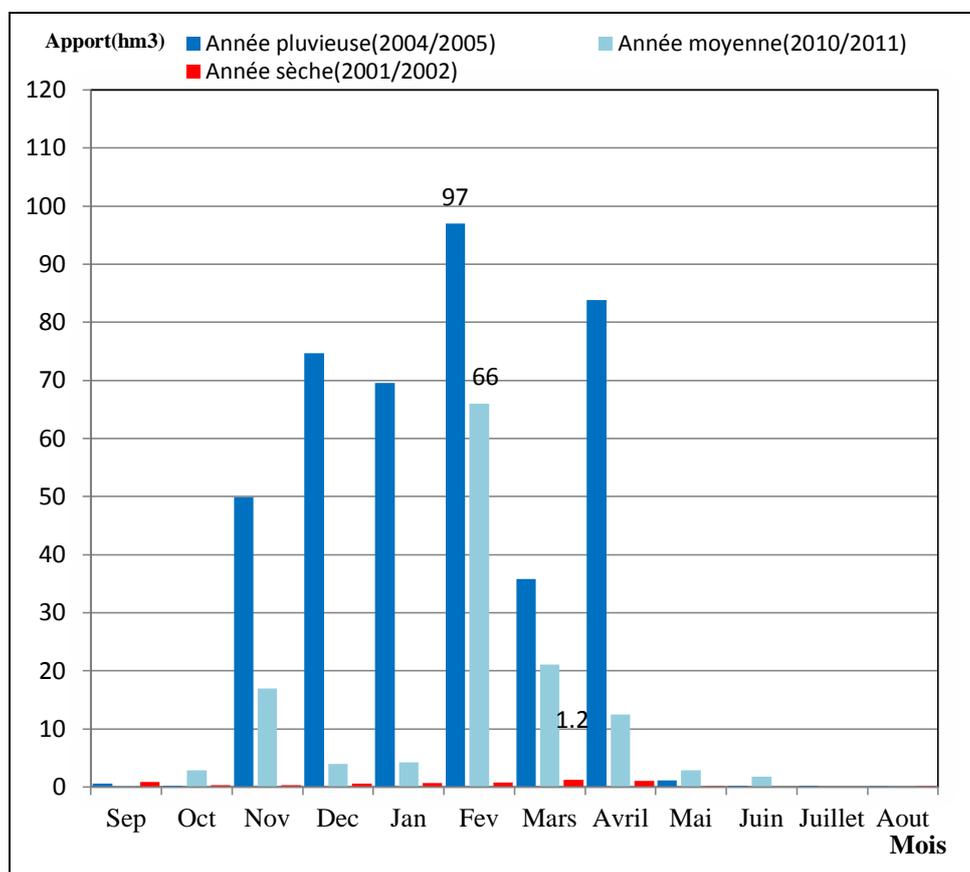
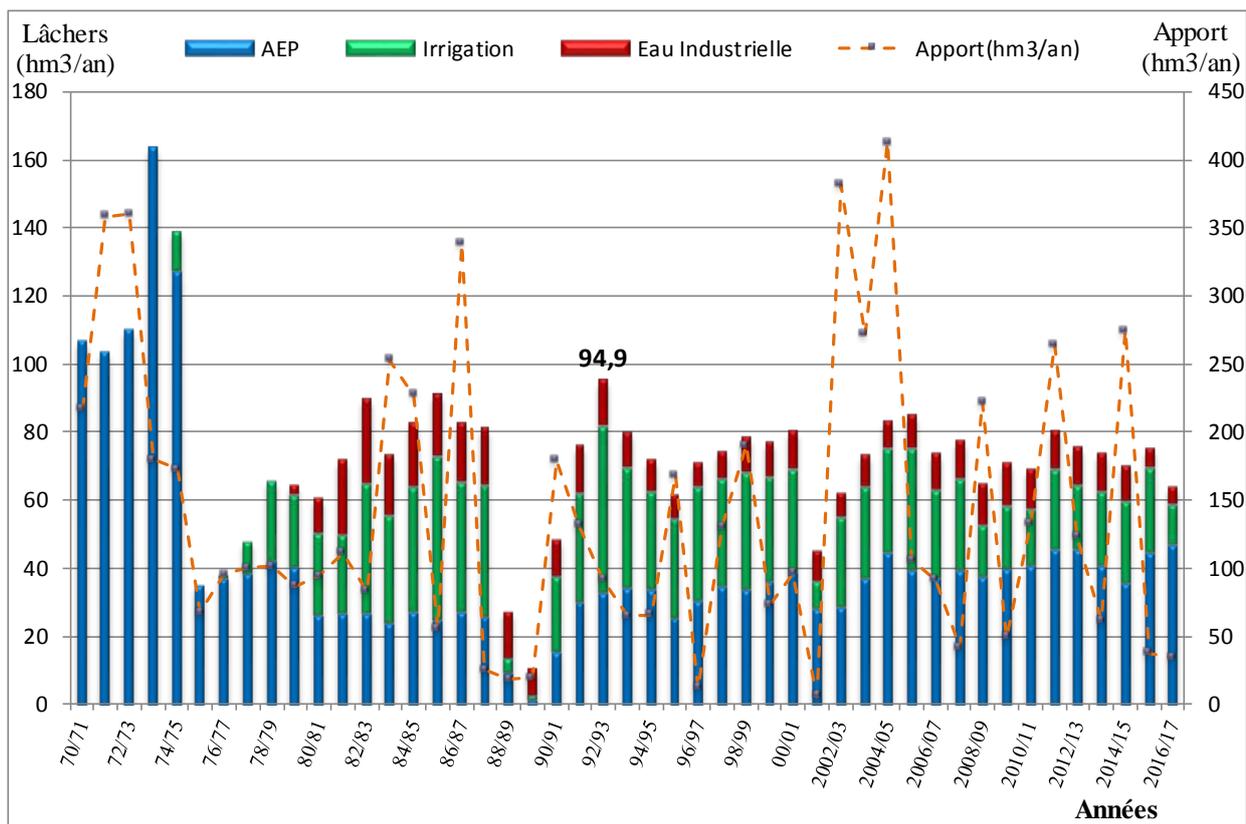


Figure 6 : Variation mensuelle des apports en années sèche, humide et moyenne

Le volume régularisé interannuel moyen (volume des lâchers au profit des trois secteurs d'utilisation) est estimé, à 74.48 hm<sup>3</sup>, soit 78.4% du volume régularisé théorique (VR) fixé initialement à 95 hm<sup>3</sup>/an. Ce dernier a été atteint une seule fois en 1992/1993 où les besoins ont été couverts avec un taux de satisfaction de 100% (Fig. 7).

**BILANS D'EAU ET APPORTS DE CRUES EXCEPTIONNELLES DE L'OUED BOUNAMOUSA, (ALGERIE ORIENTALE) :  
IMPLICATIONS POUR LA GESTION DU BARRAGE CHEFFIA.**



**Figure.7** : Variation annuelle des lâchers : AEP, irrigation et eau industrielle

**3. Les crues exceptionnelles de l'oued Bounamoussa et leurs impacts :**

Sur 11 crues sélectionnées au barrage de Cheffia, les temps de base les plus fréquents sont de 24 à 72 heures, et leur allongement peut durer près d'une semaine à l'exemple de la crue des 30-31 décembre 2003 et des 01-05 janvier 2004. Le caractère le plus marqué des crues de l'oued Bounamoussa est leur rapidité (temps de montée de 12 à 14 heures). Il en résulte des hydrogrammes de crues complexes (Sibari et al, 2001 ; Saïdi, 1994 et 2010).

Dans la présente étude, deux crues exceptionnelles, ayant marqué le fonctionnement du barrage et occasionné des inondations à l'aval, ont été sélectionnées :

- la crue de mars 1973, dont le débit maximum journalier moyen mesuré le 27 mars est de 1047.9 m<sup>3</sup>/s (apport : 90.5 hm<sup>3</sup>) ;

- la crue de février suivie de celle de mars 2012 : le débit maximum instantané mesuré le 22 février 2012 était de 1429 m<sup>3</sup>/s et l'apport moyen journalier était de 73.2 hm<sup>3</sup>; la crue des 9 -10 mars 2012 a produit un débit maximum instantané de 985.6 m<sup>3</sup>/s.

Une autre crue de même niveau a été signalée pendant les travaux de construction du barrage, le 29 avril 1963 avec un débit de 1300 m<sup>3</sup>/s provoquant des dégâts sur le chantier (monographie du barrage de Cheffia).

**3.1. Analyse de la crue de 1973**

En l'absence de mesures instantanées de la crue de mars 1973, nous avons utilisé les données des apports journaliers enregistrés durant l'épisode de crue. La lame d'eau précipitée journalière du 27 mars, était de 173.6 mm soit 44.2% du total pluviométrique du mois de mars (392.7 mm à Cheffia barrage).

L'apport hydrologique a atteint 139.2 hm<sup>3</sup> durant seulement 48 heures, ce qui représente 73.9 % du total mensuel (188.3 hm<sup>3</sup>) ; le volume total de vidange de fond effectué en deux jours était de 121.6 hm<sup>3</sup> (Fig. 8).

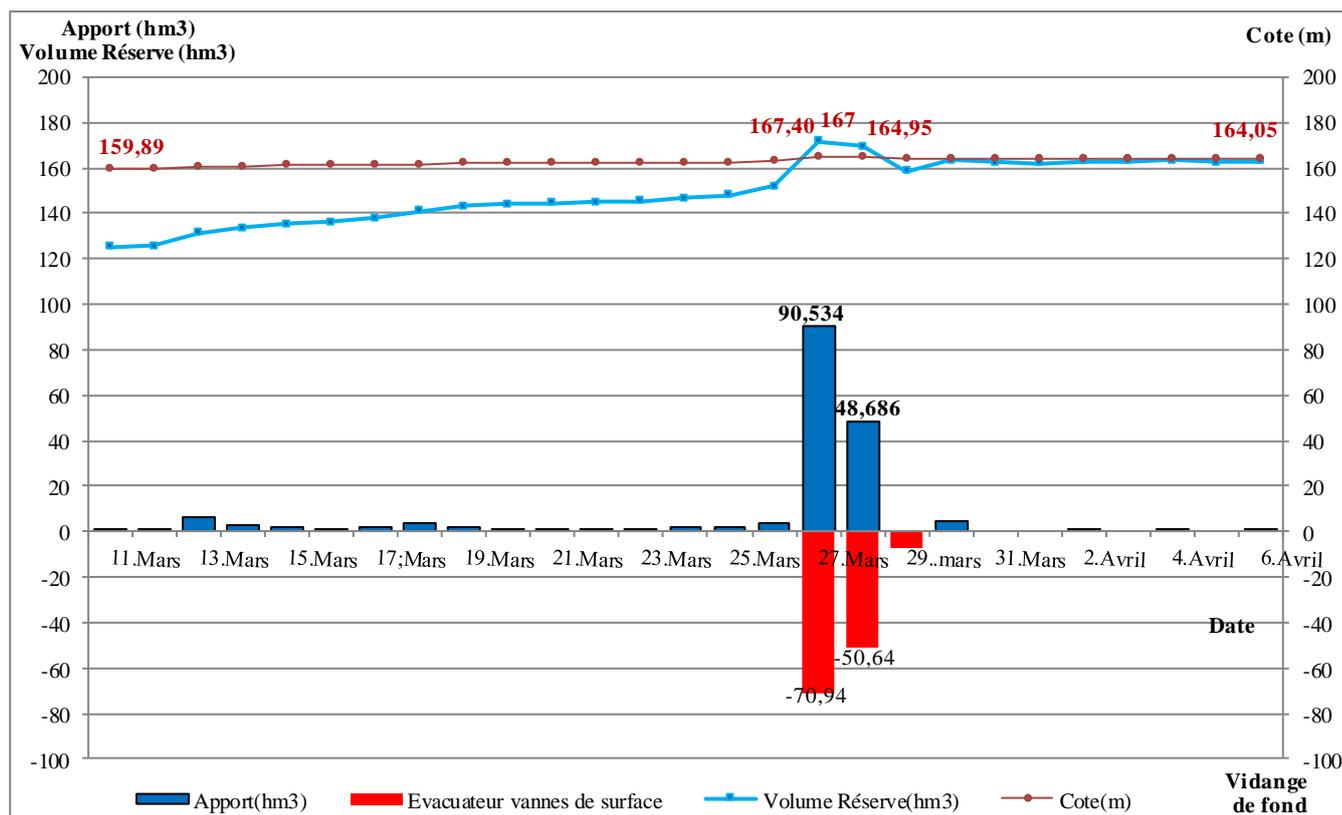


Figure 8 : Crue de mars 1973 : variations journalières des apports, volumes évacués, réserves Et hauteurs d'eau au barrage Cheffia.

D'après un rapport établi par la DPRH (1973a, 1973b), le déroulement et la gestion de la crue peuvent être résumés comme suit, sachant que la pluie observée durant les 72 heures précédentes était de 90.3 mm et que du 27 au 28 mars 1973, la pluviométrie enregistrée à la station Cheffia-barrage a atteint 173 mm :

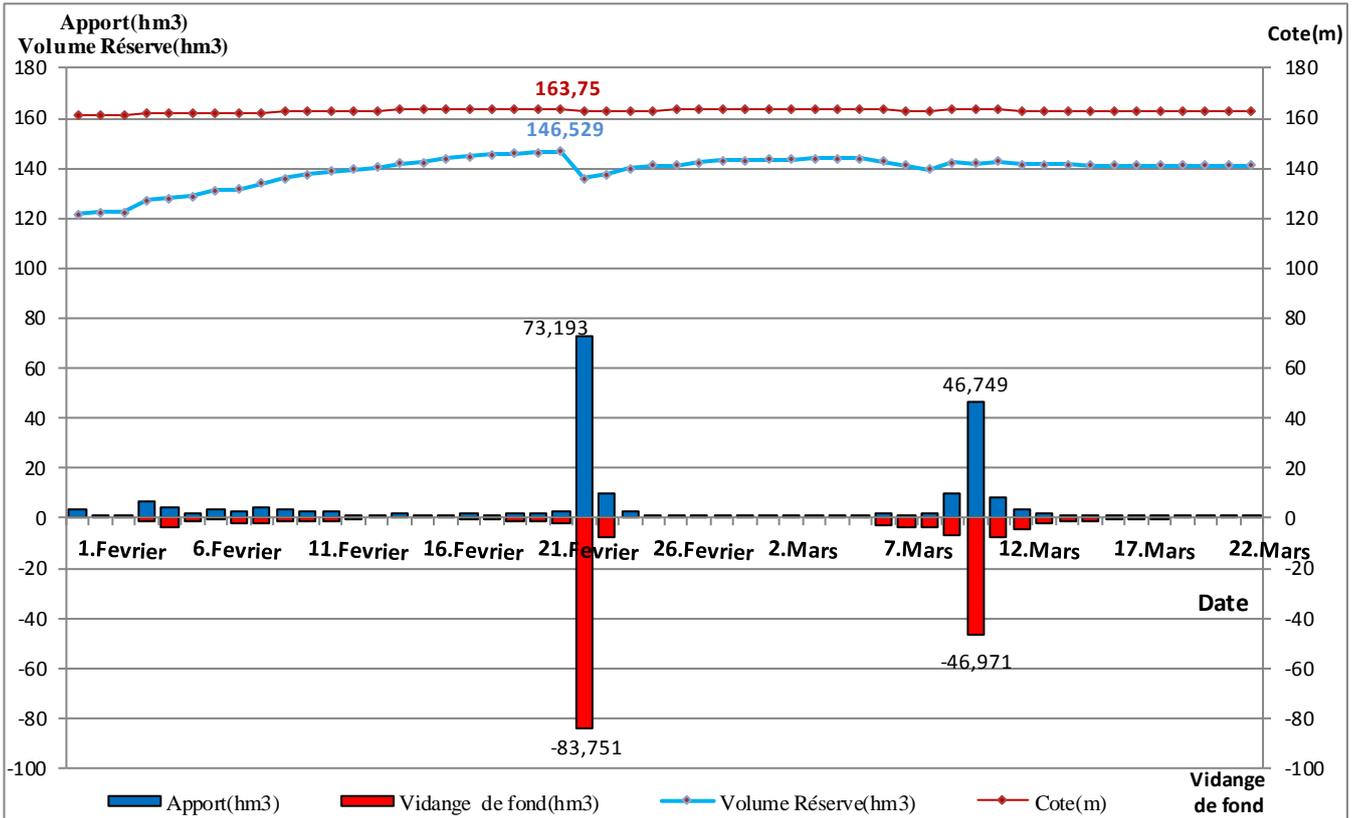
*Le mardi 27 mars à 8 :00, le niveau du lac du barrage était déjà à 164.95 m. A 11 :00 (3 heure après), le niveau du lac du barrage a atteint la cote des PHE (167 m). A 18 :15, au plus fort de la crue (moment de pointe), le plan d'eau a dépassé la cote PHE pour atteindre 167.40 m environ et le débit évacué était de 1650 m³/s. Le niveau d'eau monte à l'aval d'environ 1 m au-dessus de la plate-forme (évacuateur de crue) provoquant la submersion du puits de pompage des eaux de fuites et l'inondation des galeries de contrôle et de drainage.*

Le rapport d'expertise de l'étude de confortement des grands barrages en exploitation (ANBT, 2006), précise que : « Le problème de cette crue, est que le débit entrant est non connu et les documents d'archives disponibles au niveau de l'exploitation sont contradictoires et ne permettent pas sa reconstitution. La vanne cylindrique a été totalement ouverte à une cote supérieure ou égale à la cote de retenue normale. Le débit relâché à l'aval a donc atteint la valeur de la crue du projet soit 1800 m³/s. Le déversoir d'El Karmet (digue secondaire) a fonctionné sous une charge non connue et peut être avant l'ouverture de la vanne cylindrique. Cette dernière qui était commandée

*automatiquement par un flotteur, ne s'est pas ouverte à temps et qu'un laps de temps qui s'est écoulé avant l'ouverture manuelle de cette vanne explique que le plan d'eau a dépassé la cote 165 m »*

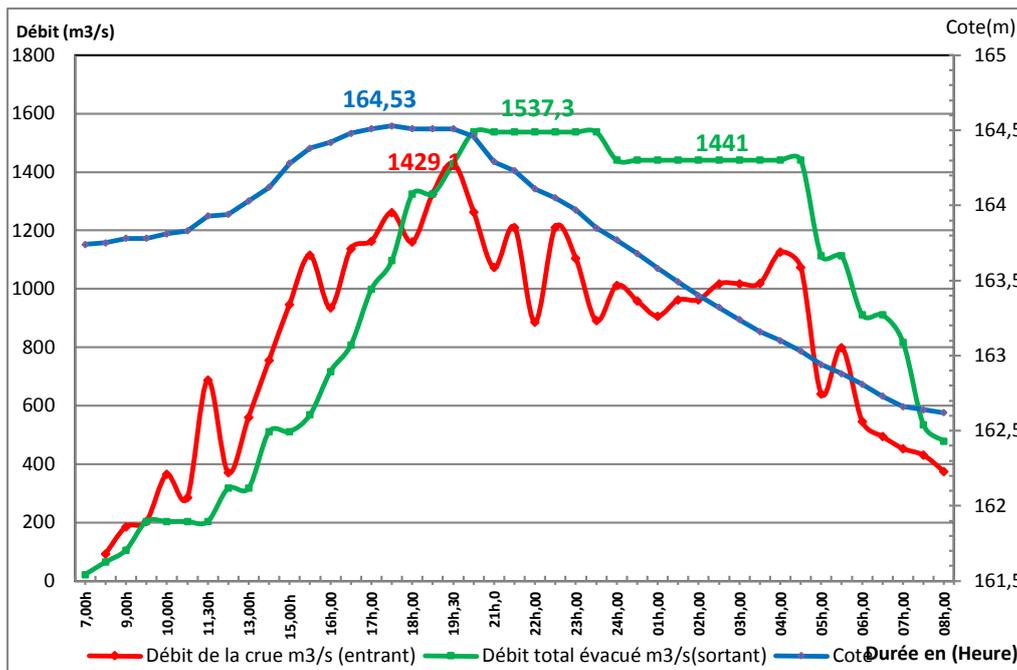
### 3.2 Analyse des crues de février et mars 2012

Pour analyser ces deux crues, nous avons mis à profit les mesures effectuées par la direction d'exploitation du barrage de Cheffia. Lors de la crue du 22 février, le débit maximum instantané enregistré était de 1429.1 m³/s. L'apport maximum journalier était de 73.2 hm³ (51.72 % du total mensuel estimé à 141.5 hm³) et la vidange de fond effectuée en 24 heures était de 83.8 hm³ (Fig. 9).



**Figure.9.** Crues du 22 février et du 10 mars 2012 : variations journalières des apports, volumes évacués, réserves et hauteurs d'eau au barrage Cheffia.

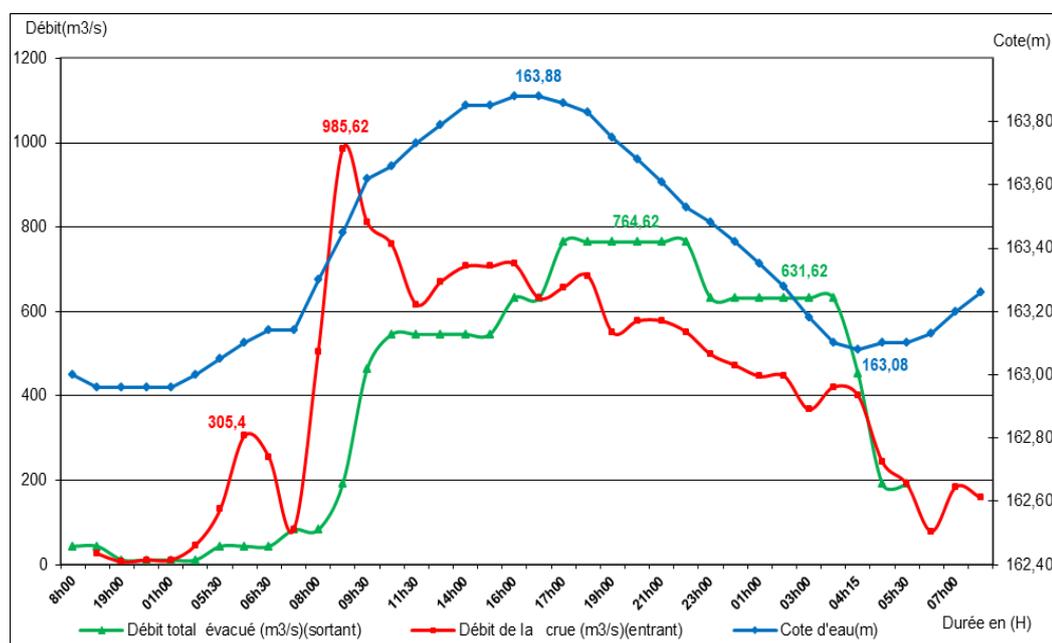
L'hydrogramme horaire de la crue des 22-23 février 2012 reproduit les enregistrements disponibles au barrage sur une durée de 25 heures, avec débit maximum instantané de 1429 m<sup>3</sup>/s, atteint après un temps de montée d'environ 12 heures (Fig.10). Ce débit représente 1,5 fois le débit moyen journalier qui est de 930.6 m<sup>3</sup>/s. Le débit maximum évacué (1537.3 m<sup>3</sup>/s) a dépassé le débit maximum entrant pendant plusieurs heures.



**Figure. 10.** Crue des 22-23 février 2012 : hydrogramme horaire et débit évacué au barrage Cheffia.

**BILANS D'EAU ET APPORTS DE CRUES EXCEPTIONNELLES DE L'OUED BOUNAMOUSSA, (ALGERIE ORIENTALE) :  
IMPLICATIONS POUR LA GESTION DU BARRAGE CHEFFIA.**

La crue des 9-10 mars 2012 s'est déroulée quinze jours après la crue précédente. L'hydrogramme horaire montre une crue complexe avec deux pics, respectivement 305,4 et 985,6 m<sup>3</sup>/s (Fig. 11). L'apport total est évalué à 50 hm<sup>3</sup> et le volume total évacué équivaut à 48.6 hm<sup>3</sup>. Cette crue a été gérée également par une évacuation totale des apports entrants, aggravant l'impact des inondations à l'aval.



**Figure. 11.** Crue des 9-10 mars 2012 : hydrogramme horaire et débit évacué au barrage Cheffia.

### 3.3. Impacts des crues

#### 3.3.1. Dégâts de la crue de mars 1973

Lors de la crue de mars 1973, un volume total de 121 hm<sup>3</sup> a été évacué en 48 heures dont 70 hm<sup>3</sup> durant le premier jour de la crue (27 mars). Ces lâchers remarquables ont causé de graves dégâts sur la plaine de Annaba-Tarf, la hauteur d'eau ayant dépassé 1 m sur les zones à très faible pente de Ben M'hidi et Asfour (d'après notre enquête auprès des habitants de la région). Les conséquences ont touché le bassin de dissipation qui a été entièrement détruit impliquant des répercussions sur l'exploitation du barrage (Photos 2 et 3).

#### 3.3.2 Dégâts de la crue de février 2012

Ils se sont traduits par la dégradation du talus à l'exutoire du bassin de dissipation (rive gauche de l'oued) et la détérioration d'un tronçon de la conduite d'irrigation. Plus à l'aval, sur la plaine de Annaba-El Tarf, le secteur hydro-agricole a été extrêmement touché, la surface totale exposée aux inondations a été estimée à 9300 ha (DRE El Tarf, 2012). Les photos montrent les dégâts causés par la crue du 22 février 2012 : terres agricoles submergées, débordement sur les rives de l'oued Kebir-Est où la hauteur d'eau a dépassé la hauteur des digues de protection des terres agricoles réalisées dans le cadre du projet d'aménagement hydroagricole de la plaine El Tarf –Bouteldja. Suite à l'inondation de la Route Nationale 44 reliant l'agglomération de Bouhallala (Daira de Ben M'hidi) et Annaba, la hauteur d'eau a dépassé les 80 cm (Photos 4, 5,6 et 7).



**Photos. 2 et 3.** Vue générale des dégâts sur le bassin de dissipation, crue des 27 et 28 mars 1973. (Source : ANBT barrage de Cheffia, 2015).

**BILANS D'EAU ET APPORTS DE CRUES EXCEPTIONNELLES DE L'OUED BOUNAMOUSA, (ALGERIE ORIENTALE) :  
IMPLICATIONS POUR LA GESTION DU BARRAGE CHEFFIA.**



**Photo .4.** Inondation de l'agglomération de Bouhllallah. (Daira de Ben M'Hidi) RN 44 vers Annaba. (Source : Wilaya d'El Tarf , 2012)



**Photos.7.** Inondation à l'aval d'oued Bounamoussa (Source : Wilaya d'El Tarf, 2012).



**Photo.5.** Inondation du nouvel aéroport d'Annaba vers la commune El Chat (chemin de wilaya 109). ( Source : Wilaya d'El Tarf , 2012)



**Photo .6.** Inondation sur les rives du Kebir-Est (Righia vers Sebaa) plaine de Bouthelja. (Source : Wilaya d'El Tarf , 2012).

Sur les 24 communes de la région, 15 ont été touchées par les inondations dont 9 communes ont encouru un risque élevé sur une surface de 40 km<sup>2</sup> (DRE d' El Tarf, 2012). Le bilan des services de la protection civile de la wilaya d'El Tarf (DPC, 2012) fait part du décès de 3 personnes, le sauvetage de 142 personnes et de 17 familles. D'autres sources signalent un total de 700 familles sinistrées à l'échelle de la wilaya. Le coût économique a été estimé à environ 1 milliard de dinars concernant aussi bien les opérations de réaménagement au niveau de plusieurs secteurs, que l'indemnisation des agriculteurs (DRE El Tarf, 2012 ; DSA El Tarf, 2012).

### **CONCLUSION**

Le barrage de Cheffia est caractérisé par des apports hydrologiques très irréguliers dont dépendent les trois secteurs utilisateurs concurrentiels en eau (la ville, l'industrie et l'agriculture irriguée).

Les exemples des deux crues de mars 1973 et de février 2012 ont montré le risque encouru par les zones aval du barrage (plaine d'Annaba-El Tarf) où les inondations se produisant sur des sols saturés et une topographie plane, mal drainée (faible capacité d'évacuation de l'oued Mafragh).

L'adaptation d'un modèle de gestion en temps réel des phénomènes extrêmes passe par la préconisation d'outils d'alerte susceptibles d'anticiper les ondes de crue et leurs impacts à l'aval.

Dans cette région bien arrosée de l'extrême Nord-est algérien, où les besoins en eau sont multiples et en forte croissance, seul un aménagement intégré sur l'ensemble du bassin versant de la Mafragh permettrait, parallèlement à la mobilisation des abondantes ressources en eau de surface, la maîtrise des inondations récurrentes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFOUN S., 2006. Ressources en eau mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh. Mémoire de Magistère. Université Mentouri de Constantine, Mémoire de Magistère, 187 p.
- AFFOUN IKHLEF S. MEBARKI A. et TAABNI M., 2017. Bilans d'eau et gestion des apports des crues exceptionnelles de 1973 et de 2012 au barrage Cheffia (Oued Bounamoussa, Algérie orientale). Séminaire international « Comment gérer la ressource en eau dans un contexte de changement climatique global », Rouen (France), 20 et 21 décembre 2017.
- AFFOUN IKHLEF S., MEBARKI A. et TAABNI M., 2018a. Apports hydrologiques du barrage de Cheffia et impact sur la disponibilité de la ressource en eau dans la région d'Annaba-El Tarf (Algérie orientale). Colloque international Eau-Environnement-climat'2018(E<sup>2</sup>C-2018). Hammamet (Tunisie), 22-23-24 octobre 2018.
- AFFOUN IKHLEF S., MEBARKI A. et TAABNI M., 2018b. Phénomènes climatiques extrêmes et gestion des eaux du barrage de Cheffia (Extrême Nord-Est algérien). Journées scientifiques du réseau Eau et Climat au Maghreb « Pour une gestion durable des lacs de barrage au Maghreb », Constantine (Algérie), 6-8 novembre 2018.
- A.N.B. (Agence Nationale des Barrages), 1986. Exploitation du barrage de Cheffia. Tableau des mesures 1986 : hauteur -surface -capacité. Etude Geok art.
- A.N.B. (Agence Nationale des Barrages), 2004. Exploitation du barrage de Cheffia, Tableau des mesures 2004 : hauteur-surface-capacité. Etude FUGRO GEOID SAS et LEM.
- A.N.B.T. (Agence Nationale des Barrages et Transferts), 2006. Etude de confortement des grands barrages en exploitation. Mission 1 : Diagnostic et expertise, barrage de la Cheffia.
- D.E.M.R.H. (Direction des Etudes de Milieu et de la Recherche Hydraulique), 1975. Etude de régularisation du barrage de Cheffia compte tenu de l'envasement.
- D.P.C. (Direction de la Protection Civile), 2017. Données historiques concernant le risque inondation dans la Wilaya d'El Tarf.
- D.P.R.H., 1973a. Rapport de crue survenue au barrage de la Cheffia (Chetibi H.). Division d'exploitation et de contrôle des barrages de l'Est, Skikda.
- D.P.R.H., 1973b. Crue du 27 mars 1973 : rapport sommaire provisoire (suivant minute remise à Monsieur le directeur de l'hydraulique de Annaba le 1<sup>er</sup> avril 1973) (Montel B.). Division d'exploitation et de contrôle des barrages.
- D.R.E. (Direction des Ressources en Eau), Wilaya d'El Tarf, 2012. Rapport sur la situation des inondations du 22 février 2012 (dégâts causés aux infrastructures hydrauliques).
- D.S.A. (Direction des Services Agricoles), Wilaya d'El Tarf, 2012. Rapport sur le coût des dégâts par filière de la crue du 22 février 2012 sur le secteur agricole.
- KHANCHOUK K., 2006. Quantification de l'érosion et des transports solides dans certains bassins versants du Nord-Est algérien. Thèse de Doctorat, Université Annaba, Algérie, 287p.
- LOUAMRI A., MEBARKI A., LAIGNEL B., 2013. Variabilité interannuelle et intra-annuelle des transports solides de l'Oued Bouhamdane, à l'amont du barrage Hammam Debagh (Algérie orientale), Hydrological Sciences Journal, Journal des Sciences Hydrologiques, 58 :7, pp.1559-1572.
- MEBARKI A., 2010. La région du Maghreb face à la rareté de l'eau. L'exemple du défi algérien : mobilisation et gestion durable des ressources. ICID+18 2nd International Conference: Climate, Sustainability and Development in semi-arid regions August 16-20, 2010, Fortaleza - Ceará, Brazil
- MIHOUBI N., MEBARKI A., LAIGNEL B., 2013. Hydrologie et bilans d'eau d'un barrage en zone karstique semi-aride : Hammam Grouz (Oued Rhumel, Algérie), Bulletin des Sciences Géographiques, N°28, pp. 37-44.
- MIOSSEC M.A., 1975. Les pluies exceptionnelles de mars 1973 en Tunisie. Bulletin de l'Association des Géographes Français, n°428, pp. 279-288.
- SAIDI M.E.M., 1994. Genèse et propagation des crues en Milieu Sub-aride : Exemple de l'Oued Souss (Maroc). Bulletin de l'Association des Géographes Français, n°71-1. pp. 94-111.
- SAIDI M.E.M., 2010. Les Crues de l'Oued Ourika (Haut Atlas, Maroc) : Evènement extrêmes en contexte montagnard semi-aride. Comunicações Geológicas, 2010, t.97, pp.113-128
- S.E.G.G.T.H. Monographie des grands barrages (Barrage de la Cheffia), SCET.NEYPIC- AFRIQUER.
- S.E.G.G.T.H., 1965. Exploitation du barrage de Cheffia, Tableau des ressources et des capacités.
- SEGUIS L, ALBERGEL J., BADER J-C, 1993. Construction de la courbe de remplissage d'un réservoir par bilan hydrologique et applications, Hydrol. continent. Vol. 8, n° 1, pp. 63-69.

**BILANS D'EAU ET APPORTS DE CRUES EXCEPTIONNELLES DE L'OUED BOUNAMOUSA, (ALGERIE ORIENTALE) :  
IMPLICATIONS POUR LA GESTION DU BARRAGE CHEFFIA.**

SIBARI H., HAIDI S., AIT-FORA A., 2001. Typologie des crues et érosion mécanique dans un bassin versant de zone semi-aride : bassin versant de l'Inaouene, Science et changements planétaires/ Sécheresse. Vol. 12, n° 3, Septembre 2001, pp. 187-93.