

COUPLAGE D'UN EVACUATEUR VANNE AVEC UNE TRANCHE DE LAMINAGE, CAS DU BARRAGE DE SIDI SALEM EN TUNISIE

Combining gated spillway and flood damping, Sidi Salem dam in Tunisia

Abdelhamid Daoud, Khalil Jemmali

Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques

Direction de l'Exploitation des Barrages, 30 rue Alain Savary, TUNIS

Tél: +216 98 58 58 62 et 98 69 97 26, Fax: +216 71 80 09 64, e-mail: daoudabdelhamid@yahoo.fr, k.jemmali@yahoo.fr

Bernard Goguel, Sandrine Leclerc

COYNE ET BELLIER, Bureau d'Ingénieurs Conseils

9 allée des Barbanniers, 92632 GENNEVILLERS Cedex

Tél: +33 (0)1 4185 0369, Fax: +33 (0)1 4185 0374, e-mail: bernard.goguel@coyne-et-bellier.fr, sandrine.le-clerc@coyne-et-bellier.fr

Résumé

Indications sur le contexte tunisien, où l'évaluation de la crue de projet est un élément déterminant du dimensionnement des barrages réservoirs. Exemple de la vallée de la Medjerda avec les grands évacuateurs vannés de Nebeur (1954) et Sidi Salem (1982, cote d'exploitation surélevée de 5 m en 1999). Discussion du couplage évacuation - laminage, du projet aux consignes d'exploitation. Gestion pratique des 4 grandes crues de janvier février 2003.

Abstract

This paper provides information on the background in Tunisia, where the design flood is an essential component of the storage dam works. Example of the Medjerda valley, fitted with large gated spillways at Nebeur (1954) and Sidi Salem (1982, operating level raised by + 5 m in 1999). Discussion of spillage and flood damping storage relations, from the design to the operating rules. Practical management of 4 large floods in January February 2003.

I INTRODUCTION

Le barrage réservoir de Sidi Salem, en service depuis 1982 à 70 km à vol d'oiseau à l'ouest de Tunis, est la pièce maîtresse de l'aménagement du bassin de l'oued Medjerda qui couvre plus de 18 000 km². C'est le plus grand oued tunisien, au débit moyen le plus important, et le site est le dernier resserrement nettement marqué de la vallée avant la grande plaine aval, aménagée dans le cadre du Plan Directeur des Eaux du Nord [1].

Plusieurs autres barrages réservoirs contribuent à contrôler les eaux de ce bassin, à commencer par les deux ouvrages mis en service en 1955 : Nebeur sur l'Oued Mellègue [2], contrôlant 57% du bassin versant à Sidi Salem, très fortement envasé à présent (200 millions de m³ de capacité perdue en 50 ans, sur 335 au départ sous cote des PHE), et Ben-Métir [3], contrôlant 0,6% du bassin versant dans une zone de forte pluviométrie avec une eau de très bonne qualité.

Le tableau 1 et la carte des bassins versants (Fig. 1) résument la disposition des principaux aménagements, et montrent quelques autres aménagements analogues sur des bassins versants mitoyens. Sont ainsi pointés, notamment, les barrages d'amortissement des crues de Bir M'Cherga sur l'Oued Miliane [4] et Sidi-Saad sur l'Oued Zeroud [4, 5], qui encadrent celui plus ancien du Nebhana [6].

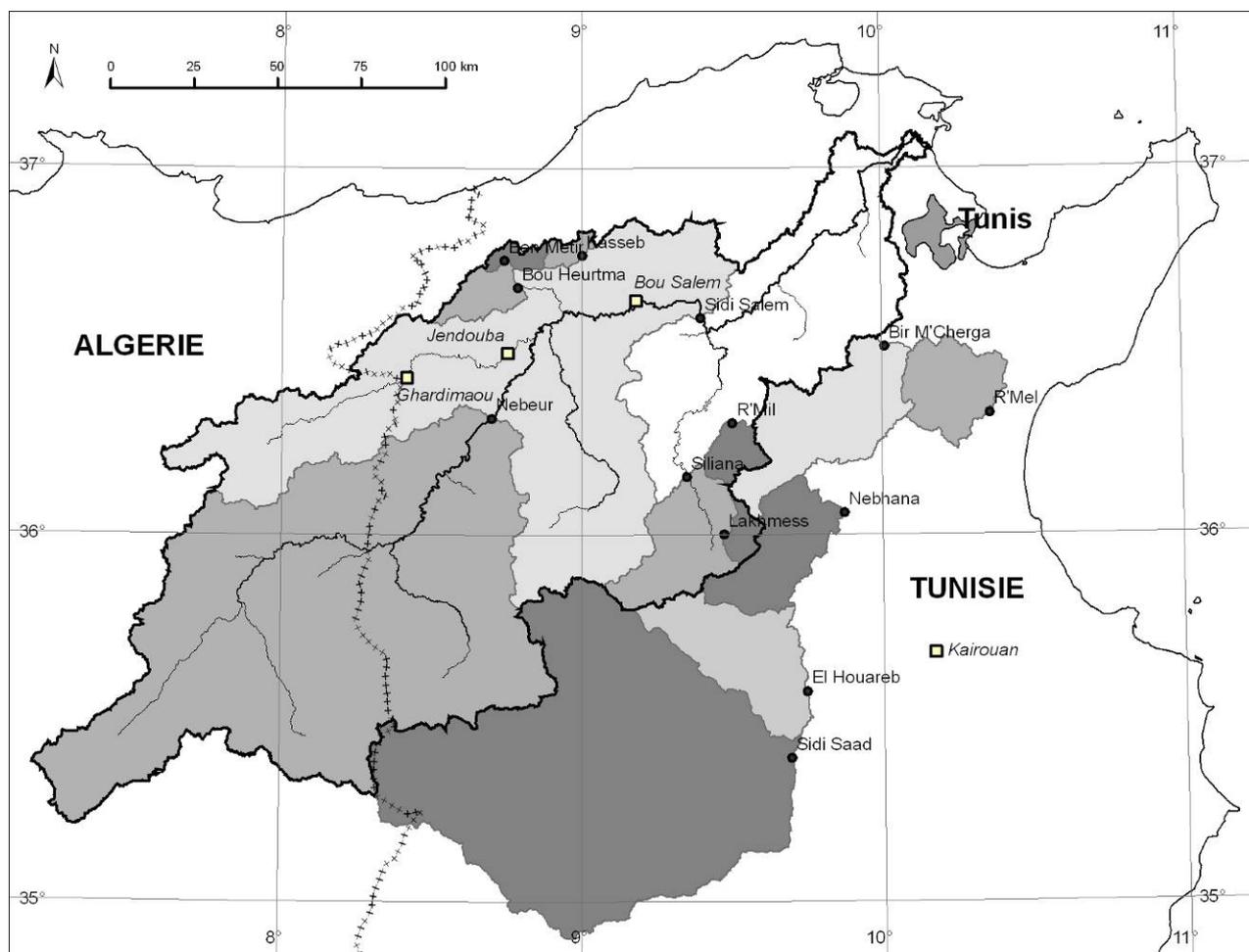
La pluviométrie moyenne annuelle sur la zone évoquée ici décroît de 1500 mm sur les hauteurs qui bordent le bassin de la Medjerda au Nord Ouest (les Monts de la Medjerda culminent à 1406 m), à 500 mm environ en limite Sud Est du bassin ; elle passe à 300 mm et moins sur la région de Sidi Saad, en amont de Kairouan.

Cet article rappelle l'importance des inondations de la basse vallée de la Medjerda, et les principes de base ayant présidé au dimensionnement et aux consignes d'exploitation du barrage principal, directement calquées sur celles établies en 1954 pour la gestion en crue du barrage amont du Nebeur-Mellègue, lui aussi muni de grandes vannes. Il dresse enfin le bilan de 4 crues marquantes survenues en série en janvier-février 2003.

Tableau 1 : caractéristiques comparées des principaux aménagements cités

Barrage ou B.V.	Achèv.	B.V. (km ²)	Capacité (millions de m ³ = hm ³)			Q évac. (m ³ /s)
			initiale	actuelle	laminage	
Nebeur-Mellegue	1954	10300	182	22	125	6030
Ben Metir	1954	103	62	57		990
Bou Heurtma	1976	+287 = 390	118	112		2660
Kasseb	1968	101	82	70		440
Sidi Salem	1981	7950	814	643	286	5530
Total Bassin Versant Sidi Salem		18250				
Lakhmess	1966	127	8	7		1000
Siliana	1987	1040	70	53		3220
R'Mil	2002	232	4	4		810
<i>Bassin aval Sidi Salem non contrôlé</i>		3700				
Autres bassins						
Nebhana	1965	855	87	63	21	4040
Bir M'Cherga	1971	1263	53	41	210	1150
Sidi Saad	1981	8575	209	116	1790	6500
El Houareb	1989	1120	95	80		2450
R'Mel	1999	675	22	22		1590

Figure 1 : carte des bassins versants



II CONDITIONS GENERALES

II.1 Destinations des principaux barrages

Les barrages de Sidi Salem, Nebeur, Bou Heurtma et Siliana ont un rôle important pour la gestion des crues et la lutte contre les inondations, et fournissent de l'eau régularisée aux utilisateurs aval.

Les barrages de Sidi Saad et d'El Houareb sur les oueds Zerroud et Merguellil ont été réalisés pour maîtriser les zones aval et plus particulièrement protéger la ville de Kairouan, et satisfaire leurs besoins en eau d'irrigation et la recharge de la nappe.

Le barrage de Bir M'Chergua protège la plaine de Naassen et Tunis-Sud contre les crues et fournit de l'eau d'irrigation.

II.2 Apports annuels et leurs variabilités

Les apports annuels enregistrés pour les différents Oueds en Tunisie indiquent une forte irrégularité par rapport à la moyenne des apports annuels, du fait de leur situation géographique se trouvant entre deux couloirs d'air froids et chauds provenant de l'Océan Atlantique et du Sahara.

Tableau 2 : apports des principaux barrages cités

Barrage	Oued	Mini (hm ³ /an)	Maxi (hm ³ /an)	Moyenne (hm ³ /an)
Sidi Salem	Medjerda	94	725	375
Nebeur	Mellegue	37	853	174
Beni Métir	El Lil	4	123	44
Bou Heurtma	Bou Heurtma	10	281	73
Kasseb	Kasseb	8	167	50
Siliana	Siliana	4	103	58
Lakhmess	Lakhmess	1	90	12
Bir M'Chergua	Miliane	3	111	18
Sidi Saad	Zeroud	15	272	63

II.3 Crues marquantes sur la Medjerda

Les pluies brutales et intenses qui s'abattent parfois en Tunisie provoquent des inondations susceptibles de causer d'importants dégâts. Plusieurs stations de jaugeage sont exploitées de longue date : Ghardimaou près de la frontière avec l'Algérie, puis Jendouba, Bou Salem (ex Souk-el-Khémis) en queue de retenue, commandant 16 360 km² de BV, Sloughia et Medjez-el-Bab en aval, commandant 20 930 km² de BV.

Parmi les crues les plus marquantes sur le cours aval de la Medjerda :

- Février 1907 : 1610 m³/s à Jendouba,
- Décembre 1931 : 2060 m³/s à Bou Salem, 2250 m³/s à Medjez el Bab, 336 hm³ d'apport,
- Janvier 1940 : 1800 m³/s à Jendouba,
- Septembre 1969 : 1485 m³/s à Bou Salem, 1440 m³/s à Medjez El Bab, avec une pointe de 6000 m³/s sur l'Oued Mellegue à l'entrée dans la retenue du Nebeur (point de contrôle K13),
- Mars 1973 : 3360 m³/s à Bou Salem, avec 550 hm³ d'apport en 3 jours et 790 hm³ d'apport en 5 jours ; à comparer à l'apport moyen annuel, qui est estimé à 675 hm³/an à cette époque, et moins de 600 à présent après développement des utilisations amont. Cette crue a été qualifiée de "centennale de référence", la crue de projet pour le barrage de Sidi Salem étant alors fixée au double en débits et apports, sur la même durée
- Janvier - Février 2003 : 1100 m³/s à Ghardimaou, 2840 m³/s au Nebeur-Mellegue (K13), 1055 m³/s à Jendouba et 1020 m³/s à Bou Salem ; avec 4 pointes de crues successives en 1 mois, ayant cumulé le milliard de m³ d'apports à Sidi Salem. La gestion de ces 4 crues en série a consisté à les laminier pour éviter des dégâts à l'aval puis les évacuer à temps, pour encaisser les suivantes.

III PRINCIPES DIRECTEURS DU PROJET DE SIDI SALEM

III.1 Caractéristiques de l'aménagement

Le barrage réservoir de Sidi Salem vise à fournir annuellement environ 500 hm³ d'eau régularisée, dont 10% pour l'alimentation urbaine et 90% pour l'irrigation, tout en amortissant les crues de la Medjerda pour protéger la plaine aval. Il produit aussi de l'énergie de pointe, avec une centrale de 36 MW (80 m³/s).

Fondé sur des marnes et grès du Miocène, le barrage est une digue en terre haute de 70 m, longue de 340 m en crête, avec 2 grandes galeries de dérivation de 8,20 m de diamètre, réutilisées en vidange de fond (pour 640 m³/s) et évacuateur de crues courantes (seuil libre en puits saturé à 690 m³/s). Il est muni d'un évacuateur de surface à 3 grandes vannes secteur totalisant 3 x 1400 = 4200 m³/s de capacité d'évacuation.

Le seuil de la tour déversante, fixant le niveau de la retenue maximale permanente, était initialement fixé à la cote 110 soit 9,50 m sous les PHEE (Plus Hautes Eaux Exceptionnelles) 119,50 ; il a été remonté à 115 en 1999 ; les seuils des grandes vannes de surface sont à la cote 105, et leur ouverture doit être limitée en sorte de laminer au mieux les crues jusqu'à une cote de référence fixée à 118,50 (Plus Hautes Eaux Centennales).

Une vanne d'irrigation (35 m³/s en bas de la tour à seuil libre) complète le dispositif. L'usine est séparée.

III.2 Principes directeurs du laminage et de la conduite en crue

Dans l'état initial des ouvrages, une tranche de laminage confortable permet un laminage naturel des crues courantes, jusqu'à saturation de la tour déversante à RN + 4 m. Dans cette première phase, l'exploitant a toute latitude d'évacuer par la vidange de fond le maximum acceptable par l'aval, en complément de ce qu'évacue la tour, dans la limite de 700 m³/s en principe. En pratique, la limite des inondations dommageables pour la vallée en aval s'est trouvée abaissée, de fait, à moins de 200 m³/s.

Le reste de la tranche de laminage doit n'être consommé que progressivement, en sorte de toujours garder la capacité de contrôler la crue de projet, en ouvrant les grandes vannes de surface juste ce qu'il faut pour y parvenir. La règle de conduite de l'évacuateur vanné consiste à imaginer le responsable isolé de toute information amont sur la formation et la montée en puissance de la crue. Livré à lui-même, n'ayant pour seules informations que l'évolution du plan d'eau et sa connaissance des états d'ouverture des vannes (d'où découle la connaissance des débits évacués), il doit pouvoir déterminer régulièrement, d'heure en heure ou toutes les 2 heures éventuellement, quel débit lâcher sur le pas de temps suivant, et comment le lâcher.

Le principe directeur essentiel de la conduite dans ces conditions d'un évacuateur vanné a été formalisé par M. de Montmarin vers 1954 pour le barrage amont du Nebeur sur l'oued Mellègue. Il a été pris en compte en 1974 pour le cadrage du projet de Sidi Salem (au lendemain de la grande crue de 1973, jugée centennale), exploité dans une note de 1982 sur les consignes d'exploitation en cas de crue (sous forme d'abaque à l'époque), recadré en 1999 à l'occasion de la surélévation de la retenue normale, et repris ultérieurement sous la forme d'un outil informatique d'aide à la gestion limite des crues.

Le principe reste pleinement applicable après le relèvement de la cote de retenue normale maximale, auquel le maître d'ouvrage a procédé en 1999 en surélevant le seuil de la tour déversante de 5 m, pour pallier la réduction de capacité utile résultant de la sédimentation dans le réservoir. La tranche de laminage serait alors réduite d'autant pour une retenue exploitée jusqu'à la cote 115. En pratique, l'exploitation conserve du creux d'amortissement des crues, ajusté selon la saison. Il reste néanmoins un risque d'accroissement de la fréquence et de l'importance des ouvertures des grandes vannes.

La stratégie de conduite des vannes consiste à n'augmenter le débit lâché qu'en cas de nécessité absolue. On suppose ainsi, de façon volontairement optimiste à chaque nouveau pas de temps et prise de décision, que la pointe de la crue est juste atteinte et que le débit entrant va décroître ; quitte à constater un pas de temps (une ou deux heures) plus tard que cette hypothèse était fautive, et réajuster alors à la hausse le débit évacué mais de façon toujours pareillement minimaliste.

D'autres stratégies sont concevables, si l'exploitant dispose d'informations additionnelles sur la crue en cours de formation et de propagation dans le bassin versant, ou d'atténuation plus en amont compte tenu des l'état de remplissage et de déversement des autres barrages de retenue ; ainsi que du souci de limiter autant que faire se peut les inondations aval. Mais le principe directeur essentiel considéré ici fixe une borne impérative des ouvertures, progressives et aussi tardives que possible, des vannes d'évacuation nécessaires à la protection majeure du barrage, dans la limite des estimations hydrologiques considérées comme bases de son dimensionnement.

III.3 Données de base

La crue centennale de référence, débit de pointe 3360 m³/s et apport total de 780 hm³, est directement tirée des observations de 1973. Elle connaît une phase de montée linéaire durant 48 heures (+ 70 m³/s par heure), un plateau de 7 heures, et une décrue linéaire à 50 m³/s, qui dure T_d = 67,2 heures.

La crue "de projet", base du dimensionnement extrême du barrage, est de même forme et durée mais avec une intensité double : Q_p 6720 m³/s, apport total 1560 hm³ en 122 heures (5 jours).

La crue décennale est simplement moitié de la centennale, et de même durée.

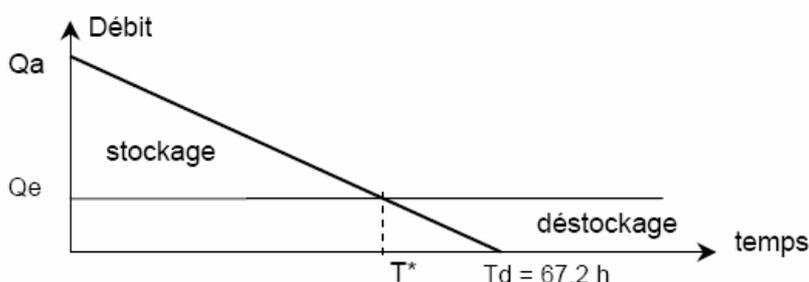
Le projet du barrage de Sidi Salem a été conçu en sorte de pouvoir absorber les crues décennales sans autres lâchures que le déversement naturel sur le seuil libre de la tour. Les conditions présentes sont durcies, pour ce qui est des débits à relâcher à l'aval.

Les consignes visent à plafonner la cote de remplissage à une limite 118,50 dite PHE centennales, pour toute crue ne dépassant pas la crue de référence ainsi qualifiée ; et, arrivé à pleine ouverture avant d'atteindre cette cote en principe, tenir les crues exceptionnelles sous la cote extrême PHEE 119,50.

III.4 Formule clé

L'idée fondatrice consiste à considérer que les fortes crues d'un bassin versant donné ont toujours à peu près la même durée. Pour minimiser le débit à évacuer par les vannes, on suppose à chaque pas de temps qu'il reste à courir le temps de décroissance linéaire suivant le pic (fin du plateau à débit max) de la crue, ce qui donne une idée du volume minimum d'apports restant à entrer dans la retenue. On calcule ainsi une estimation prévisionnelle minimale de l'apport à venir jusqu'à stabilisation du plan d'eau, pour un débit évacué provisoirement réglé au minimum nécessaire donc supposé constant.

Le calcul est reconsidéré à chaque pas de temps, donc si le débit d'apport n'a pas cessé de croître, on en déduira au pas de temps suivant un débit à évacuer majoré. A l'instant 0 du schéma ci-dessous la crue amorce sa décroissance, qui va durer ici à Sidi Salem T_d = 67,2 heures.



Le débit évacué Q_e est réglé pour que le stockage à venir occupe le volume encore disponible pour l'amortissement, c'est-à-dire la capacité restante DC entre la cote actuelle (instant zéro du schéma) et la cote des PHE admises (centennales).

En posant T* = durée prévisible de la phase de stockage, on a la relation :

$$DC = 0,5 (Q_a - Q_e) T^* \quad (1)$$

La similitude des 2 triangles permet d'écrire :

$$T^* / (Q_a - Q_e) = T_d / Q_a \quad (2)$$

D'où l'on tire :

$$Q_e = Q_a - (2 \cdot DC \cdot Q_a / T_d)^{0,5} \quad (3)$$

Au dessus de la cote limite fixée pour les PHE centennales, la consigne devient une obligation de maintenir complète l'ouverture des vannes, ou de les ajuster au débit entrant. D'autres considérations dictent les lâchures préventives en début de crue, le maintien du plus grand débit évacué durant la phase de décrue (pour reconstituer au plus tôt du creux d'amortissement des crues suivantes), et l'accompagnement de la baisse du plan d'eau.

IV LES CRUES DE JANVIER ET FEVRIER 2003

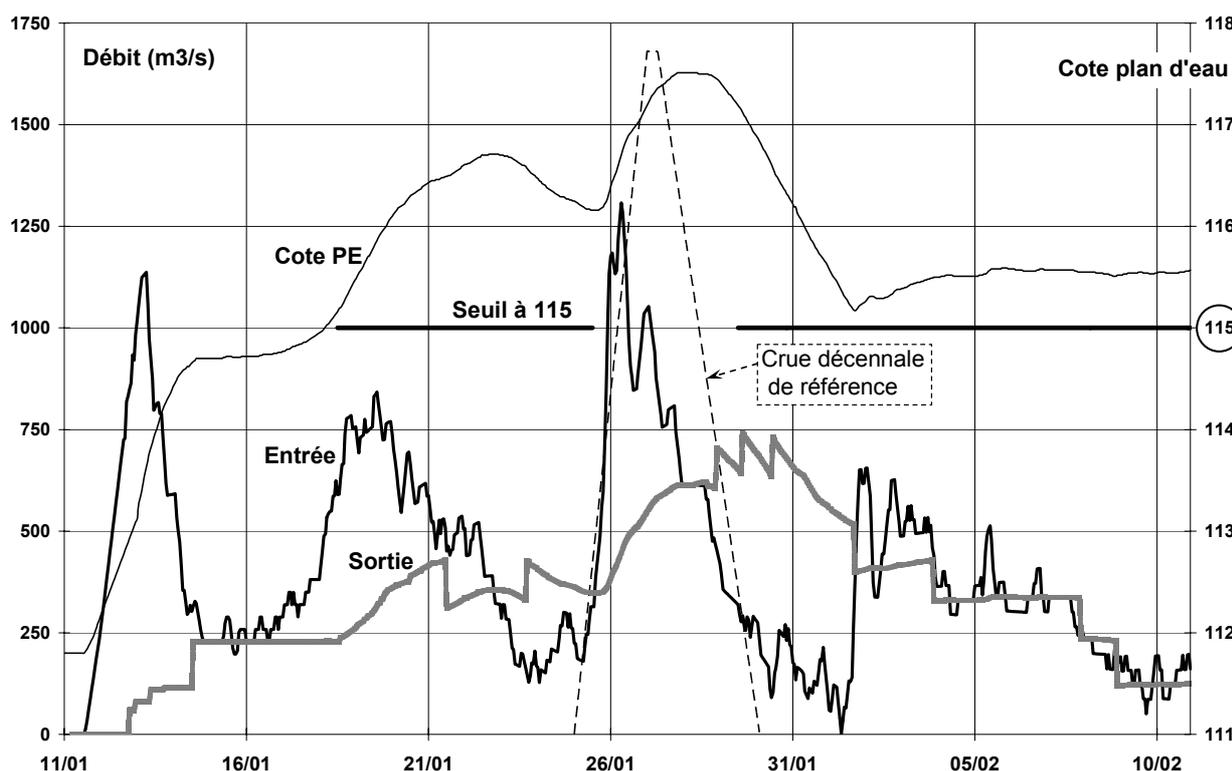
IV.1 Des apports cumulés exceptionnels

Quatre fortes crues sont survenues coup sur coup dans le bassin de la Medjerda au début de l'année 2003, après quatre années de sécheresse. Elles ont cumulé un milliard de m³ d'apports à Sidi Salem en un mois, et sont résumées dans le tableau 3 et la figure 2 qui suit.

Tableau 3 : résumé des 4 crues

Période (de 5 h à 5 h)	durée	Volume d'apport (hm ³)	Ratio / vol. crue décennale	Débit max entré (m ³ /s)	Débit max sorti (m ³ /s)
du 11 au 16 janvier	5 jours	187	0,5	1 135	228
du 16 au 24 janvier	8 jours	321	0,8	850	428
du 24 au 1 ^{er} février	8 jours	323	0,8	1 300	734
du 1 ^{er} au 11 février	10 jours	169	0,4	692	428
	31 jours	1 000	2,5		

Figure 2 : Hydrogrammes d'entrée et sortie, et cote de la retenue de Sidi Salem



IV.2 Une gestion active

La gestion de ces crues successives s'est appuyée sur :

- le suivi de près des conditions météorologiques par l'Institut National de Météorologie et internet,
- l'abaissement préventif des cotes des retenues amont pour encaisser les apports autant que possible,
- l'enregistrement des pluies dans les différentes régions, et des débits aux points de contrôle,
- le suivi en temps réel des remplissages des différents réservoirs.

Pour mieux gérer les crues hivernales, la Direction de l'Exploitation des Barrages a l'habitude de préparer les retenues pour faire face aux apports brutaux.

Après le déficit d'apports des années 2001-2002, qui avait descendu Sidi Salem sous les 270 hm³ de stock (cote 105), la retenue s'était assez vite remplie en début d'hiver. Un creux de 60 hm³ avait même été ménagé en décembre 2002, pour accroître la tranche d'amortissement. Le 11 janvier 2003 au matin, la retenue se trouve à la cote 111,80 c'est-à-dire 3,20 m sous le seuil déversant de la tour, disposant d'une capacité de stockage pour laminage de 163 hm³ avant déversement, en sus des 286 qui restent au dessus (dont 156, soit 55%, seront finalement consommés) :

- la première crue monte la cote à 114,72, et conduit à lâcher 228 m³/s par l'usine et la vidange de fond,
- la seconde crue amène au déversement, et jusqu'à la cote 116,71 ; la tour déverse 225 m³/s, les lâchures de fond (vidange et usine) sont un temps volontairement réduites d'une centaine de m³/s, pour soulager la vallée en aval qui doit faire face aux apports des oueds Siliana et Khalled,
- la troisième crue monte la cote jusqu'à 117,51, avec 621 m³/s lâchés à l'aval dont 425 par la tour ; il est décidé de majorer le débit lâché (jusqu'à 740 m³/s), pour accélérer la baisse et retrouver du creux,
- la 4^e crue arrive en fin de journée du 1^{er} février, mais ne relève plus qu'assez peu la cote de retenue qui reste contrôlée par la vidange de fond et l'usine à pleine capacité. La situation se stabilise avec 0,50 m de déversement résiduel sur la tour, la vidange de fond peut être progressivement refermée.

Ainsi, après complet encaissement de la première crue dans le creux disponible, et déversement de la seconde crue, la troisième a poussé le déversement sur la tour et réduit la tranche de laminage résiduelle. Il s'imposait alors d'augmenter le débit évacué, en accroissant l'ouverture de la vidange de fond, sans qu'il ait été encore besoin d'ouvrir les grandes vannes de l'évacuateur de surface.

IV.3 Bilan des évènements de janvier 2003

Dans la journée du 23 janvier 2003, la retenue atteignait pour la première fois de son histoire la cote 117,51, juste 1 m en dessous de la cote limite admise pour les crues centennales, ou 2 m sous les PHEE. Tous les paramètres de surveillance du barrage restaient dans des plages acceptables, comme cela a pu être très rapidement vérifié sur les mesures d'auscultation régulièrement faites par l'équipe d'exploitation.

L'historique de la crue exposé ci-avant est limité à la gestion de Sidi Salem. Les capacités d'amortissement des barrages réservoirs amont ont aussi été mobilisées dès les premiers jours de crue, sur les barrages de Bou Heurtma et Nebeur-Mellègue. Ce dernier a enregistré un débit de pointe entrant de 2840 m³/s le 11 janvier, avec un apport de 205 hm³, sans relâcher plus de 324 m³/s à l'aval.

L'analyse des pluies a montré que celles-ci avaient atteint des niveaux record sur le haut bassin de la Medjerda, nettement supérieures aux occurrences centennales : 229 mm en janvier au barrage du Nebeur, où la moyenne pour ce mois est de 53 mm, par exemple. Dans la moyenne vallée les pluies ont eu des périodes de retour intermédiaires entre 30 et 100 ans ; elles étaient plus courantes dans la partie aval du bassin.

Globalement, tant que les communications fonctionnent entre les barrages et la Direction de l'Exploitation à Tunis, celle-ci peut réguler autant que possible la gestion des masses d'eau transitant dans la vallée de la Medjerda. L'outil informatique de gestion limite de Sidi Salem en crue fournit la « ligne rouge » à ne pas dépasser, en dessous de laquelle des adaptations sont possibles pour ajuster les lâchures des différents barrages aux prévisions hydro-météo et aux comportements des affluents aval démunis de barrages réservoirs.

V COMPARAISON DE SIDI SALEM, SIDI SAAD ET NEBEUR

Les estimations hydrologiques disponibles lors du cadrage des projets d'aménagements influent sur les dimensionnements des projets de barrage, comme on peut le constater en comparant quelques grandeurs dans le tableau 4 page suivante. Surtout, les conditions régionales pèsent de façon déterminante sur l'organisation des projets : les PHE de la retenue de Sidi Salem sont limitées par la ville de Bou Salem en queue de retenue, ce qui a imposé le recours aux grandes vannes d'évacuation ; tout l'espace voulu est disponible en revanche à Sidi Saad, où la tranche de laminage a pu être relativement hypertrophiée pour protéger au mieux la plaine et la ville de Kairouan contre les inondations.

Il faut souligner ici l'énormité de la crue de l'Oued Zeroud à Sidi Saad à l'automne 1969 (débit de pointe à 17 000 m³/s), rappelée dans la référence [5], caractéristique d'une région semi-aride.

Tableau 4 : éléments de comparaison

	Sidi Salem	Sidi Saad selon [4] 1968	Sidi Saad selon [5] 1979
Bassin versant	18 250 km ² dont 7 950 en propre	8 950 km ²	8 575 km ²
Crue de projet	Apport 1 560 hm ³ Débit de pointe 6 720 m ³ /s	800 hm ³ 31 500 m ³ /s	2 170 hm ³ 32 500 m ³ /s
Tranche de laminage	535 réduite à 286 hm ³ par surélév.	700 hm ³	1 790 hm ³
Débit d'évacuation	Seuils libres 690 m ³ /s Vannes 4 840 m ³ /s	1 600 m ³ /s 0	6 500 m ³ /s 0

Le barrage plus ancien du Nebeur sur l'Oued Mellègue, contrôlant 10 300 km² dans le haut bassin de la Medjerda en amont de Sidi Salem en zone semi-aride, a perdu une grande partie de sa capacité de laminage du fait de son envasement très avancé. Les estimations modernes du risque de crue y dépassent nettement ses capacités d'évacuation : apport de 570 hm³ et débit de pointe 13 200 m³/s, pour Q maxi évacuable d'environ 6 000 m³/s. Les espoirs sont mis dans la construction de barrages amont "de 2^{ème} génération", visant à mieux contrôler les apports en stockant à la fois les sédiments et les pointes de crues, pour les laminer.

VI CONCLUSIONS

Le recours aux évacuateurs vannés impose des règles strictes de conduite en crue, pour garantir la sûreté des barrages réservoirs. Les règles présentées ici ont été conçues à l'origine des projets pour des exploitants livrés à eux-mêmes, coupés de toutes communications. Elles restent d'actualité plus de 50 ans après avoir été édictées. Elles fournissent une "ligne rouge" ultime, en dessous de laquelle des souplesses peuvent être consenties dès lors qu'on dispose d'une vision globale des pluies et débits en cours de concentration dans chaque bassin.

En Tunisie, le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques dispose d'une telle vision globale, avec – en plus des moyens de l'Institut National météorologique - 44 stations hydrométriques et 106 stations pluviométriques dotées des moyens de communication les plus modernes, et tous les points de contrôle du réseau constitués par les barrages eux-mêmes, pour optimiser les réponses à donner aux crues.

VII REFERENCES

- [1] Mouelhi, M., & Huynh, P. (1982). – *Le barrage de Sidi Salem sur l'Oued Medjerda en Tunisie*. Revue Travaux, **564** : 122-128.
- [2] de Montmarin, A. (1955). – *Le barrage de Nebeur, sur l'Oued Mellègue*. Travaux, **247**: 253-264.
- [3] Marty, H., & de Montmarin, A. (1955). – *Le barrage de Ben- Métir*. Travaux, **247**: 238-252.
- [4] Samama, M.R., Bonazzi, D. & Huynh, P. (1968). – Deux exemples de barrages pour l'amortissement des crues en Tunisie : Bir M'Cherga et Sidi-Saad. *Société Hydrotechnique de France*, Xèmes Journées de l'Hydraulique, IV-11: 1-10.
- [5] Mouelhi, M., Marinier, G., Mourez, J.P., & Alam, S. (1979). – Evacuateur de crue du barrage de Sidi Saad. *CIGB*, **Q.50 R..5** : 65-83.
- [6] Vigier, G. (1967). – Barrage sur l'Oued Nebaana (Tunisie). Travaux Sept. 1967: 173-180.
- [7] Abdelhedi, T. (2003). - Inondations et gestion. *Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques*
- [8] Ghorbel, A. (2003). – Rapport de synthèse: crues et inondations dans le bassin versant de la Medjerda, *Direction Générale des Ressources en Eau, Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques*.