



**TYOLOGIE DES CRUES EN MILIEU SEMI ARIDE : CAS DU
BASSIN VERSANT D'AIN SEFRA (MONT DES KSOUR, ATLAS
SAHARIEN, SUD-OUEST ALGERIEN)**

**FLOODS TYPOLOGY IN SEMIARID ENVIRONMENT: CASE OF AIN
SEFRA WATERSHED (KSOUR MOUNTAINS, SAHARIAN ATLAS, SW
OF ALGERIA)**

DERDOUR A., BOUANANI A., BABAHAMED K.

Laboratoire de recherche n°25. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
BP 119, 13000 Tlemcen, Algérie

samederdour@yahoo.fr;

RESUME

Le bassin versant d'Ain Sefra d'une superficie de 1957 km² situé dans le sud-ouest du territoire dans la région appelée Monts des Ksour. Il est moyennement allongé et caractérisé par un réseau assez ramifié, de fortes pentes et des terrains relativement imperméables, de nature lithologique variée, offrant un environnement favorable au développement de fortes crues.

L'écoulement superficiel dans cette région semi-aride est lié au régime pluviométrique local. Les crues, de type orageux sont variables et très irrégulières et de courte durée. Les débits de pointe sont très élevés par rapport aux modules moyens. Caractérisés par une montée très rapide, ils entraînent des inondations agressives au niveau des berges et même dans la ville d'Ain Sefra. La décrue lente est toujours suivie d'un tarissement prolongé. L'automne est signalé comme saison de grand risque d'inondation. Le débit en période d'étiage, témoigne des potentialités phréatiques que produit le relief atlasique de la région, ce qui dévoile une relation hydrologique assez forte entre les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Mots clefs : Bassin Versant, Ain Sefra, Crues, semi-aride, débits.

ABSTRACT

The watershed of Ain Sefra covers an area of 1957 km², it is located in the SW of Algerian territory in an area called Ksour Mountains. It is moderately elongated and characterized by a fairly widespread network, steep slopes and relatively impermeable terrains with variety lithology, providing a favorable environment for the development of flashfloods.

The surface flow regime in this semi-arid region is consistent with the rainfall. Floods are highly variable and irregular, short and stormy, with very high peak flows if compared to the average modules, they are characterized by a very fast rise, leading severe damages in Ain Sefra city, and a slow decline followed by a prolonged dry period. Autumn is reported as risky season. The flow in dry periods demonstrates a groundwater potential, which is produced by the Atlas relief that shows a fairly strong hydrological relationship between surface water and groundwater.

Key words: Watershed, AinSefra, floods, semi-arid, flow.

INTRODUCTION

D'après les informations de l'International Disaster Database (IDD: la base de données en matière de catastrophes internationales) du Centre de Recherche sur l'Epidémiologie des Désastres (CRED), les inondations sont classées au premier rang des catastrophes naturelles dans le monde au cours de la dernière décennie (2003-2012). Elles représentent 48.2% des catastrophes enregistrées en 2013 à l'échelle mondiale, causant près de 32 millions de victimes, soit 33.2 % du nombre total des personnes touchées par les catastrophes naturelles (CRED, 2014).

En l'Algérie, les inondations sont marquées comme l'une des catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus destructrices. L'inondation du 10 Novembre 2001 du quartier de Bab El Oued à Alger, avec un débit de crue max de 730 m³/s et un apport total de 2.600.000 m³, est la plus meurtrière avec 772 décès (Guenefi, 2004).

Historiquement, la ville d'Ain Sefra, objectif de notre étude, connaît des inondations récurrentes suite aux débordements de l'oued Ain Sefra (Confluence entre oued Breidj et oued Tirkount) dont nous citons les principales:

- 10 octobre 1904 (une trentaine de victimes, dont la célèbre écrivaine Isabelle Eberhardt). (Henine, 2010)
- L'inondation du 5 mai 1990, des pertes humaines et des dégâts matériels considérables. Le niveau des eaux a atteint plus de 2 mètres de hauteur dans le centre-ville d'Ain Sefra.
- 22 octobre 2000 une famille de 5 personnes a trouvé la mort, et plusieurs familles sinistrées. (Henine, 2010)
- 14 novembre 2004, des dégâts matériels importants (Lahlah, 2004).
- 19 octobre 2007, des dégâts importants au niveau du centre-ville d'Ain Sefra. Beaucoup de passerelles et ponts ont été endommagés et beaucoup de terres agricoles inondées et les récoltes ravagées. (Benhamed, 2007)
- 1 octobre 2014 Un enfant de 11 ans emporté par les crues (Aps, 2014)

L'étude des crues des oueds de l'Algérie reste un domaine inconnu, seules quelques indications très ponctuelles sont données dans les annuaires hydrologiques algériens. Partant de cette constatation, nous nous sommes intéressés à l'étude de ce phénomène très important aussi bien pour la connaissance du comportement hydrologique de nos oueds que pour toute étude d'aménagement hydraulique dans sa conception et sa gestion.

Nous allons présenter dans cette contribution une synthèse des résultats obtenus au niveau du bassin de l'oued Ain Sefra (1957 km²), Confluent et réceptacle des oueds Braidj et Tirkount.

En effet, en se basant sur les données de crues (débits instantanés) mesurés à la station d'Ain Hadjadj (20 Km en aval d'Ain Sefra) sur une période de 32 ans (de 1977 à 2008) par les services de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H), nous avons mis en lumière la répartition des écoulements du bassin versant d'Ain Sefra pour en déduire les paramètres de comportement. On se limitera dans cette étude des crues, à leurs caractères généraux tels que leur genèse, leur puissance et leur fréquence en précisant par ailleurs, le potentiel et les risques hydrologiques qu'elles représentent.

CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le bassin Versant d'Ain Sefra Situé dans le sud-ouest dans la région appelée Monts des Ksour et faisant partie du bassin du Sahara, forme la partie amont du grand bassin versant de l'Oued Namous qui déverse ces eaux dans le grand erg occidental. Il est situé entre les longitudes (1° 0' 0'' et 0°03'00'' W) et les

latitudes (32°30'22'' et 33°00'00''N). Le bassin se présente comme un bassin enclavé et entouré de montagnes, dominé au sud par un relief accentué du Djebel Mekther (2035m), au sud-ouest par le Mir El Djebel (2109m) et le Djebel Mzi (2206m), au nord le Djebel Aissa (2236m) et au nord-ouest par le Djebel Morghad (2136m) et le Djebel Bouamoud (Figure 1). Le bassin est très exposé aux aléas climatiques en générant directement des crues violentes.

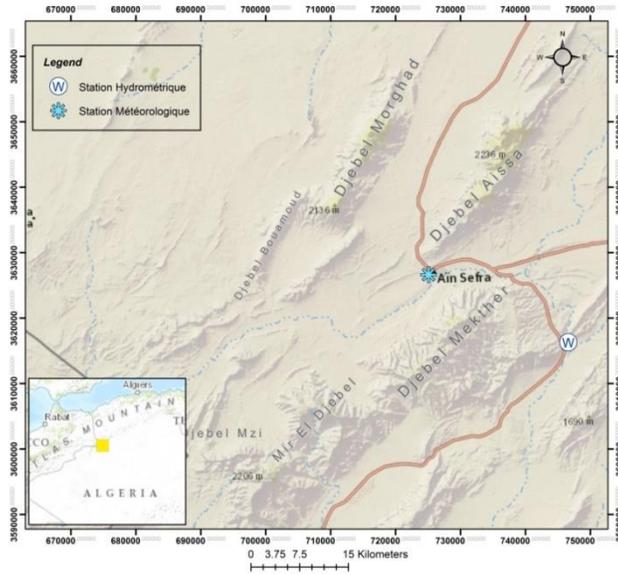


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DU BASSIN VERSANT

Nous avons déduit les caractéristiques morphologiques du bassin d'Ain Sefra à partir de techniques digitales et de modèles numériques du terrain MNT.

Le bassin versant d'Ain Sefra occupe une superficie de 1957 km² pour un périmètre de 236 km, avec un indice de compacité de 1.49, ce qui caractérise un bassin moyennement allongé. Il correspond à une région montagneuse assez élevée avec certains sommets qui culminent à plus de 2000 mètres d'altitude. La présence de massifs montagneux favorise la concentration des eaux de ruissellement vers les dépressions. (Derdour et al. 2013).

Avec 67 Km de long, le talweg considéré le plus important prend sa naissance dans le flanc nord du Djebel Morghad. Dans son trajet sud-est il reçoit l'oued

Noufikha, ensemble ils forment l'oued Sfissifa, qui poursuit la même direction jusqu'à sa jonction avec son important affluent l'oued Breïdj, qui prend naissance à Djebel Mzi, puis continue dans la même direction pour rencontrer l'Oued Tirkount qui draine les eaux du Djebel Morghad et Djebel Aïssa et présente 29.6% de la surface du bassin versant d'Ain Sefra (Figure 2). Ces deux oueds se rencontrent au centre de la ville d'Ain Sefra pour former l'oued Ain Sefra qui se dirige vers le sud et reçoit d'autres oueds comme les oueds Tiout et Sam, donnant un seul Oued celui de Rhouïba, pour devenir à la fin l'oued Namous qui se perd dans le grand Erg occidental à 370 km de son origine. Le réseau est assez ramifié et dense ce qui permet une collecte aisée des eaux de précipitations pour les conduire vers l'exutoire.

D'après l'étude hypsométrique on constate que l'altitude la plus fréquente est comprise entre 1200 et 1400m représentant ainsi 57 % de la surface totale. Les altitudes inférieures à 1100 m ne représentent que 2 % de la surface totale et l'altitude médiane est de 1334 m. Le bassin d'Ain Sefra est caractérisé par des pentes assez fortes en amont, la pente diminue en aval à partir de la confluence de l'oued Sfissifa avec l'oued Breïdj. On peut distinguer trois types de pentes : 1) Une pente relativement faible entre (0 et 6 %) aux basses altitudes (1058-1400), d'où la présence d'une vallée encaissée dans la région d'El Hendjir, et Ain Sefra, occupant 79 % de la surface. Ceci entraîne la formation de larges zones inondables s'étendant jusqu'à la ville d'Ain Sefra. 2) Une pente moyennement forte entre (6 et 25 %) vers les altitudes (1400-1600), d'où la présence d'un plateau intermédiaire dans les piémonts des Djebels : la surface occupée est de 12 %. Une pente très forte (supérieur à 25%) aux altitudes (1600-2213) expliquant la présence de montagnes qui occupent 8 % de la surface totale du bassin, ces pentes confèrent à l'oued un caractère violent et torrentiel (Figure 3). La pente moyenne du talweg principal est de 0.25% et le temps de concentration évalué à partir de la formule de Giandotti est de 8.87 h.

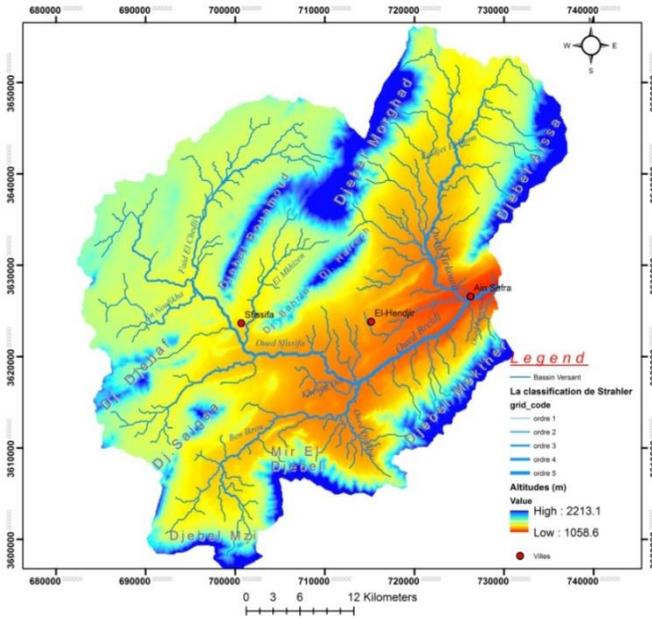


Figure 2 : Bassin versant d'Ain Sefra

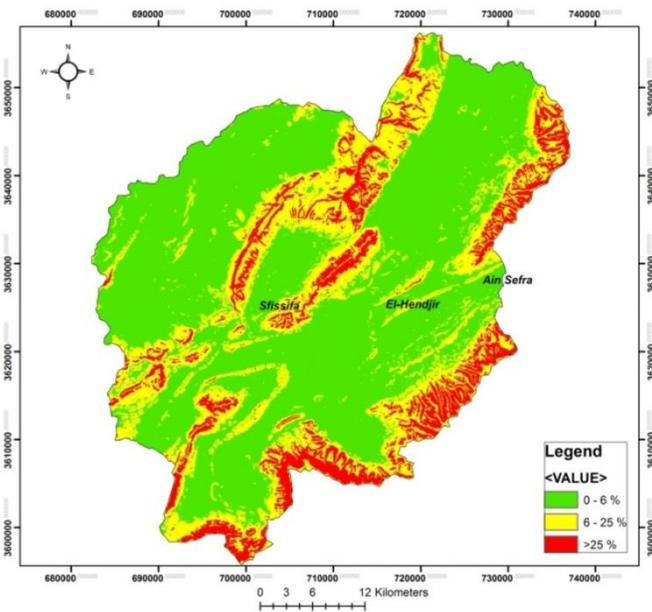


Figure 3 : Carte des pentes

La densité du drainage est aussi un paramètre important. Il permet de décrire le degré de développement du réseau hydrographique. Pour un réseau hydrographique d'une longueur totale de 1815 km dans le bassin d'Ain Sefra, la densité de drainage calculée par la loi de HORTON est de l'ordre de 0.9 km/km², la vitesse de ruissellement évaluée par le rapport entre la longueur du cours d'eau principal et le temps de concentration a atteint 7.5 Km/h, et le cours d'eau principal a atteint l'ordre 5 à l'exutoire Selon la classification de Strahler.

CONTEXTE GEOLOGIQUE DU BASSIN D'AIN SEFRA.

La série stratigraphique du bassin versant d'Ain Sefra s'étale du Trias au Quaternaire récent avec une prédominance de formations appartenant aux formations Mésozoïques. Le bassin est enclavé entre les anticlinaux Jurassiques de Morghad, Aissa, et Bouamoud au Nord et de Mekther, Mir El Djbel et Mzi au Sud qui encadrent les synclinaux des grès crétacés d'Ain Sefra, Tirkount-Mekalis, Hendjir, Mekhizen et Sidi Maamar. D'après Kacemi (2014) la formation de Tiout appartenant au Crétacé inférieur est la plus importante avec une épaisseur de 1065m. Les formations Quaternaires sont peu épaisses mais recouvrent de grandes surfaces dans le bassin, elles sont connues par leurs fortes perméabilité, comme c'est le cas des oueds Breïdj et oued Tirkount qui ont laissé dans leurs rives d'importants dépôts alluvionnaires qui contiennent une nappe exploitée par de nombreux puits dans le cadre de la mise en valeur des terres. Les formations Quaternaires sont constituées par plusieurs types de dépôts :

- Les limons anciens : attribués au Plio-Quaternaire et Quaternaire ancien, constituent des alluvions connus par Galmier (1970) sous le terme de « formation Turfacée », ce sont des limons et de microconglomérats. D'après Douihasni (1970) à ces limons anciens sont rattachés des tufs et travertins localisés à proximité des sources souvent liés à des accidents.
- Les colluvions de piémonts constitués de cailloutis de pente cimentés par des carbonates, forment les brèches de pente
- Les colluvions anciennes, peu épaisses, sont localisées sur les étendues planes ou dans les dépressions de faible pente. Ce sont des formations argilo-sableuses et conglomératiques.
- Les alluvions récentes : elles jalonnent les lits des Oueds et sont constituées de sables.

- Les formations éoliennes : Elles sont assez répandues dans la région d'Ain Sefra. Ces accumulations sableuses constituent les dunes qui jalonnent la partie nord et nord-est du Djebel Mekther.

La Figure 4 présente la carte géologique du bassin versant d'Ain Sefra extraite à partir de la carte géologique de l'Algérie (Cornet et Deleau, 1951). Les faciès qui prédominent largement dans les Monts des Ksour sont les formations gréseuses (jurassique et crétacé), mais sont le plus souvent argileux entrecoupés de bancs marneux ou quartzeux compacts, leurs perméabilités restent donc très faibles dans l'ensemble, sauf pour les grès albiens qui constituent la nappe la plus importante de la région et la plus exploitée par de nombreux forage, les grosses sources de la région constituent les exutoires naturels de cette nappe (Derdour, 2010).

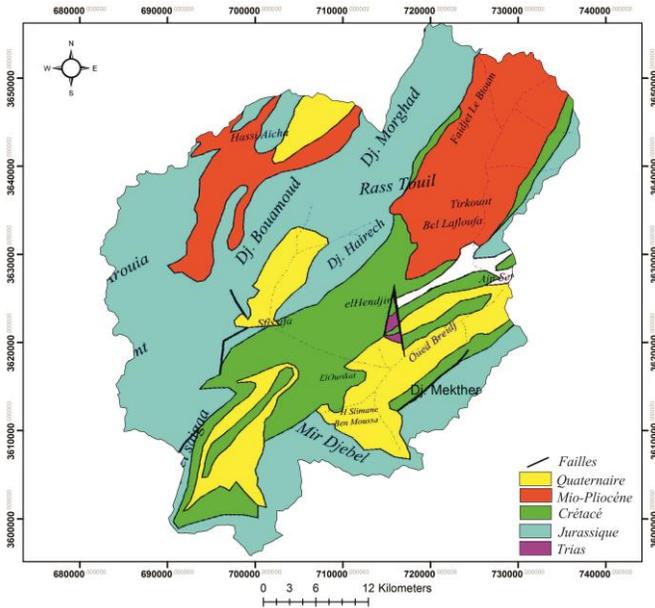


Figure 4 : Carte géologique du bassin d'Ain Sefra, (Cornet et Deleau, 1951) modifiée

COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE

Contexte climatique

La région est caractérisée par un climat semi-aride selon l'indice de Stewart ($Q_2=16.12$), avec des étés secs et chaud où les précipitations sont quasiment absentes et l'évaporation particulièrement forte. Les hivers sont frais et parfois très froids, avec des intensités des précipitations souvent importantes en automne. La série de données disponibles de 1980 à 2014 à la seule station météorologique de la région celle d'Ain Sefra, montre que la région d'Ain Sefra est caractérisée par des irrégularités pluviométriques interannuelle et mensuelle importantes, avec une moyenne annuelle de 185 mm, où le maximum pluviométrique enregistré est de 439.8 mm en 2008. La moyenne des précipitations mensuelles est de l'ordre de 30.64 mm pour le mois le plus humide (octobre) et de 3.92 mm pour le mois le plus sec (juillet). Le diagramme ombrothermique de la station d'Ain Sefra (Figure 5) fait ressortir une aridité étalée sur sept mois du mars à septembre où le total pluviométrique mensuel en mm est dépassé par le double des températures en °C. La température moyenne annuelle y est de l'ordre de 17.5 °C.

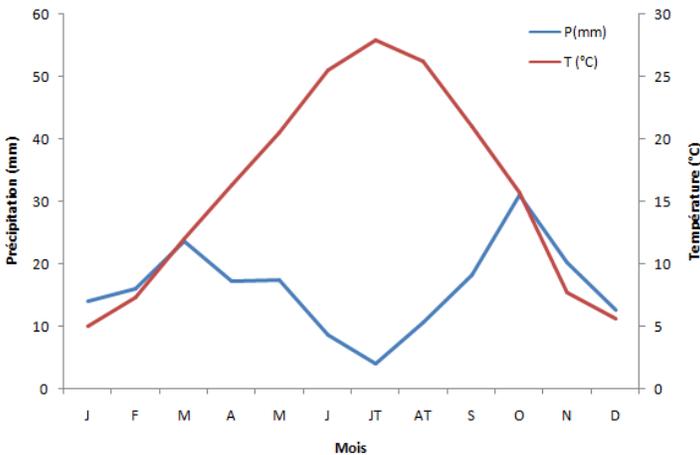


Figure 5 : Diagramme ombro-thermique de la station d'Ain Sefra

Débits moyens annuels et mensuels

L'analyse des débits mesurés sur une période de 32 ans (de 1977 à 2008) à la station d'Ain Hadjadj (20 Km en aval d'Ain Sefra) est basée sur les données recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

A l'échelle annuelle, l'oued d'Ain Sefra reçoit un débit moyen de $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une surface drainée de 1957 km^2 , le débit moyen est très faible justifié par la nature peu fréquente de l'écoulement, de courte durée et de type orageux ; ainsi, 12 années sur 32 présentent des débits supérieurs au débit moyen interannuel. Le maximum moyen annuel de $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$ a été observé en 1991, alors que le minimum moyen annuel de $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$ a été remarqué en 2006 ce qui confirme la grande variabilité interannuelle de débits dans la région d'étude. La Figure 6 montre que les débits dans le bassin d'Ain Sefra suivent les hauteurs pluviométriques mensuelles. Le débit maximum mensuel de $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ est enregistré en octobre. Il correspond au mois le plus pluvieux de l'année avec une précipitation moyenne mensuelle de 30.6 mm , ce qui justifie la grande fréquence de formation de crues pendant cette période de l'année. Le mois de juillet est considéré comme le plus sec de l'année. Les coefficients de variation (cv) des débits moyens mensuels de l'Oued Ain Sefra qui varient entre 1.74 et 14.5 témoignent de l'extrême irrégularité mensuelle des débits. Le bassin d'Ain Sefra se classe d'après la classification des régimes hydrologiques des rivières de [Pardé, 1959] dans les régimes simples de type pluvial, où les hautes eaux s'enregistrent en automne généralement et les basses eaux en été. L'infiltration est faible par rapport aux précipitations suite au taux élevé d'évaporation, pour le bassin de l'Oued Ain Sefra durant la période (1985-2005), 97.05 % de la pluie s'évapore, 1.28 % s'infiltrate et 1.67 % ruisselle (DERDOUR, 2010).

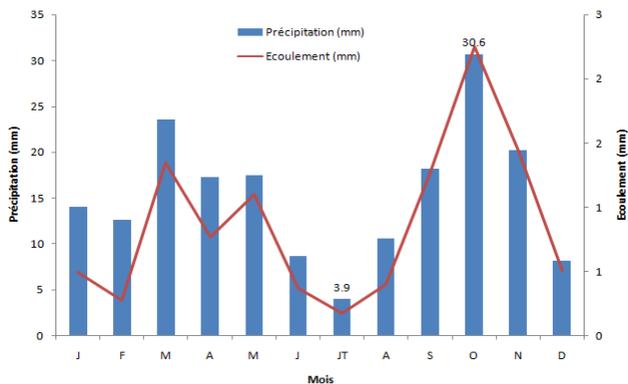


Figure 6 : lames d'eau précipitées et écoulées au niveau de l'oued Ain Sefra

Les études isotopiques sur le Tritium (Conrad et Fontes, 1972 ; OSS, 2003) ont montré l'existence d'eaux récentes dans la nappe des grès crétacés de la région de l'Atlas Saharien Occidental, et qu'elle est considérée comme une zone de recharge du système aquifère de du Sahara Septentrional par l'infiltration des eaux météorique dans les affleurements perméables du bassin d'Ain Sefra. Ould Baba Sy (2005), a estimé l'infiltration moyenne annuelle à 1.069 Mm³ durant la période de crues (1974-1989), du total du ruissèlement moyen annuel évalué à 5.181 Mm³/an. Il arrive parfois que le bassin ne reçoit pas de pluie pendant de longues périodes, toutefois on observe de faibles débits (généralement inférieur à 0.02 m³/s soutenu par l'apport des eaux souterraines.

L'étude des débits extrêmes de l'oued Ain Sefra

Les crues du bassin versant d'Ain Sefra sont exclusivement d'origine pluviale. Elles résultent généralement de fortes averses. La morphologie du bassin contribue à amplifier les débits de pointe observés aux exutoires qui varient de quelques m³/s à 751 m³/s (Figure 7) où le maximum est enregistré le 24/10/2000. Sur 16 événements enregistrés ($Q_{max} > 100$ m³/s), l'automne est signalé comme saison de grand risque avec 11 crues, soit 69 % des crues de la série. Aussi, la région a connu trois crues de débits de pointe supérieure à 500 m³/s. Les crues sont généralement de courte durée, avec des temps de montée assez courts, et des décrues plus lentes, généralement suivies d'un tarissement prolongé. Toutefois, le caractère le plus redoutable des crues du bassin versant d'Ain Sefra est leur violence et la rapidité avec lesquelles elles se produisent.

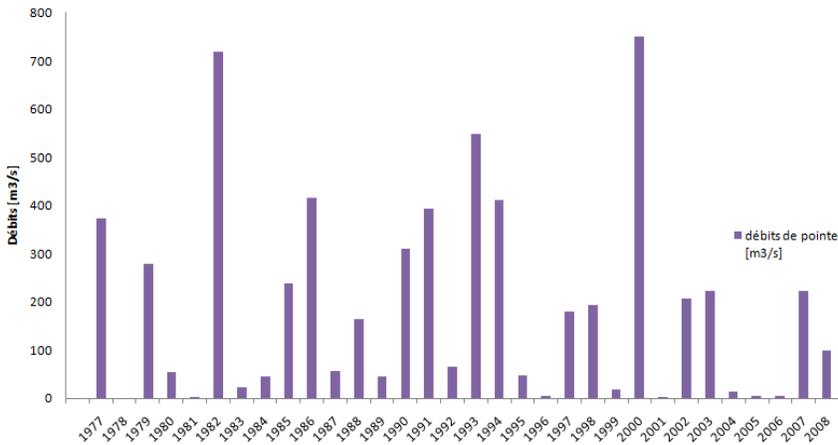


Figure 7 : Variation des débits de pointe de l'Oued Ain Sefra

La crue du 26 octobre 1977 par exemple, avec un débit de pointe évalué à 373 m³/s, a causé d'importants dégâts matériels dans les quartiers populaires de la ville d'Ain Sefra. La crue a duré près de 35 heures, le débit de pointe a été atteint après 8h, alors que la décrue a mis 27 h pour revenir au débit initial (soit 3 fois le temps de montée).

Une autre crue, celle du 05 Mai 1990 est l'une des crues les plus dévastatrices de l'histoire de la ville d'Ain Sefra, plusieurs morts, de centaines de sinistrés et des dégâts matériels très lourds. Du 26/04/1990 au 04/05/1990, Le bassin d'Ain Sefra a connu une séquence pluviométrique exceptionnelle (Rappelons que la moyenne mensuelle du mois de Mai est de 20.5 mm). La station météorologique d'Ain Sefra a enregistré un cumul de 123 mm pendant les 09 jours, et 113.4 mm dans la seule après-midi du 05/05/1990, avec une intensité de 18 mm/h pendant quatre heures et quarante minutes. Suite à ces pluies abondantes, tous les cours d'eau du bassin ont réagi par de forts gonflements hydrologiques et des débits importants vers l'aval, le niveau des eaux a atteint plus de 2 mètres de hauteur dans le centre-ville d'Ain Sefra. La station hydrologique d'Ain Hadjadj située en aval de la ville a enregistré un débit de pointe de 392.72 m³/s et un volume de 27.71 millions de mètre cube pendant la période de crue. Pour la crue du 24 octobre 2000, la montée a duré 6h et la décrue a mis 29h pour revenir au débit initial (soit 5 fois le temps de montée). Les débits ont atteint un record avec une pointe de 750.8 m³/s, malgré le taux faibles des précipitations enregistrées à la station d'Ain Sefra 7.2 mm. Cela pourrait s'expliquer par la répartition spatiale des précipitations qui reste plus importante dans les sommets des montagnes (>2000m) qu'à Ain Sefra située plus bas. Les pluies intenses qui ont certainement touché une partie du bassin versant ont visiblement échappé à la mesure. Une famille de 5 personnes a trouvé la mort, plusieurs habitants étaient contraints de quitter les lieux laissant place aux furies des eaux. Les rues et ruelles étaient complètement paralysées dont certaines endommagées et fermées à la circulation.

Un autre exemple de crues, celle de 19 octobre 2007 (Photo 1), le débit a atteint un maximum (222.7 m³/s) après une intensité exceptionnelle de précipitation de 50 mm en une heure (Rappelons que la moyenne mensuelle du mois d'octobre est de 32.2 mm). Cette crue est caractérisée par un temps de montée très rapide (04 heures). Des dégâts importants ont été enregistrés au niveau du centre-ville d'Ain Sefra, beaucoup de passerelles et ponts au niveau du bassin versant ont été endommagés (Photo 2). Tous les cars, les voitures et les camions en direction du Nord comme ceux allant au Sud ont été paralysés à Ain Sefra puisque toutes les routes furent endommagées.



Photo 1. Confluence Oued Breidj-Oued Tirkount (19/10/2007) (DERDOUR)

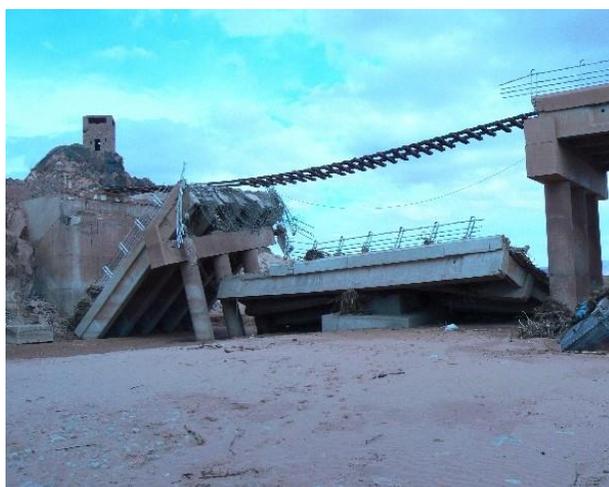


Photo 2. Dégâts de la crue de 19 Octobre 2007

Les hydrogrammes de crues observés à la station hydrométrique d'Ain Hadjaj disponibles (Figure 8) sont dans l'ensemble simples, de forme pointue, caractérisant des crues monogéniques avec une seule montée et une seule descente. Les durées des crues sont généralement de quelques heures pour les plus brèves (crues du 24/10/2000 et 19/10/2007) à deux journées pour les plus longues (crues du 05/05/1990 et 25/10/1977). Le temps de montée est assez bref (généralement de quelques heures) et les temps de base de quelques heures, tandis que les décrues sont plus longues (27 heures pour la crue du

25/10/1977). Ces délais de montée qui sont relativement courts constituent un grand risque pour la ville, laissant très peu de temps pour réagir.

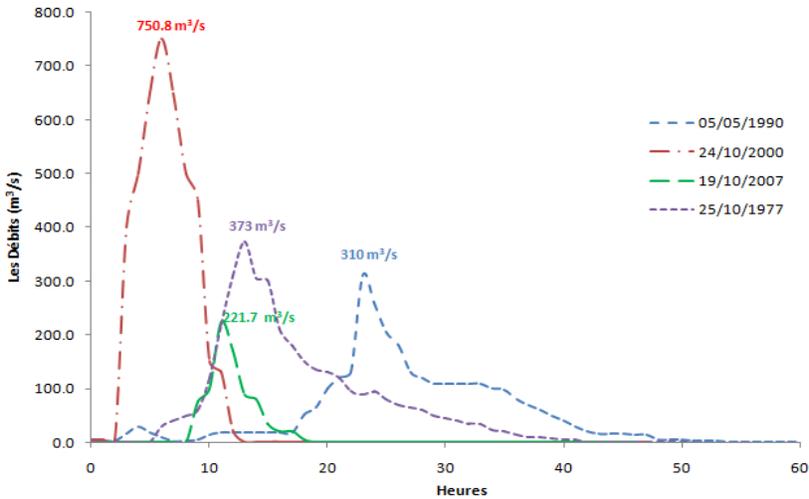


Figure 8 : Hydrogrammes de crues de l'oued Ain Sefra

Analyse fréquentielle des crues maximales annuelles

L'analyse fréquentielle en hydrologie est une approche statistique de prédiction basée sur des calculs probabilistes utilisant l'historique des événements pour prédire des fréquences d'apparitions futures. Cette analyse devra permettre, d'estimer les quantiles correspondant aux périodes de retour, retenues dans le cadre de la présente étude : 10, 20, 50, 100 et 200 ans. Après avoir testé plusieurs lois (Exponentiel, GEV, Gamma, Gumbel, Normal, Log-Normal), l'échantillon de 32 années de débits max de l'Oued d'Ain Sefra s'adapte bien à la loi de Gumbel qui est fréquemment utilisée pour rendre compte des valeurs extrêmes en hautes eaux (Figure 9). L'analyse fréquentielle de la série de débits maximaux de l'Oued d'Ain Sefra permet d'estimer les probabilités d'occurrence des crues et leurs périodes de retour (Tableau 1).

Tableau 1 : Les débits de retour après l'ajustement selon une loi de Gumbel

Période de retour T =	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	200 ans
Débit (m³/s)	463	580	731	845	958

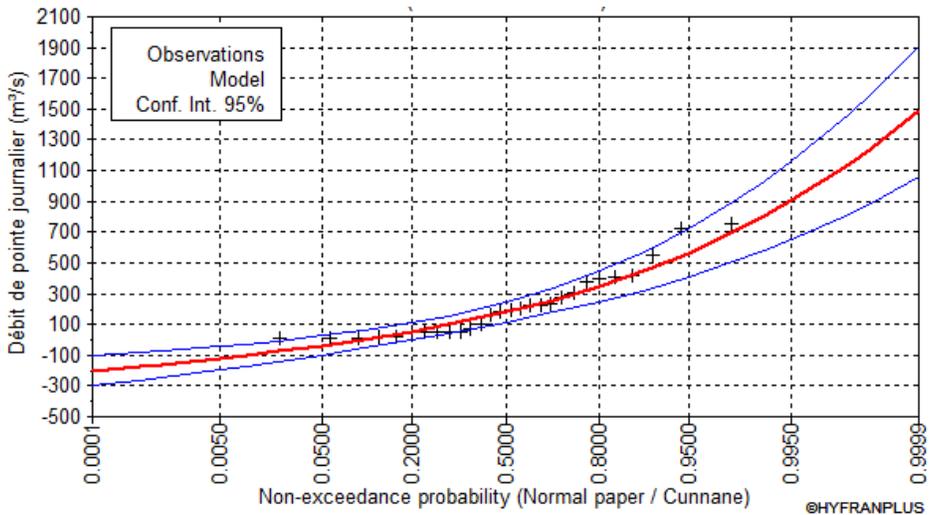


Figure 9 : Ajustement des débits journaliers maximums à une loi de Gumbel

CONCLUSIONS

Ce travail constitue une première contribution dans l'analyse des phénomènes hydrologiques du bassin versant d'Ain Sefra. L'étude nous a permis de déterminer les caractéristiques du bassin et les principaux traits du régime d'écoulement. Le milieu physique du bassin est caractérisé par des pentes fortes, des sols peu perméables, moyennement allongé ($K_c = 1,3$) avec un réseau hydrographique bien hiérarchisé. Cette configuration morphologique offre un environnement favorable au développement de fortes crues. Le débit annuel moyen du bassin versant d'Ain Sefra est de l'ordre de $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ calculé d'après les observations hydrométriques à la station d'Ain Hadjadj. Quant au maximum moyen annuel, il est de $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Les coefficients de variation des débits moyens mensuels varient entre 1.74 à 14.5, ce qui traduit l'extrême irrégularité de ces débits, résultant des conditions climatiques, géologiques et géomorphologiques, qui règnent dans ce secteur. Les crues du bassin versant d'Ain Sefra sont très rapides et très violentes, causant des dégâts matériels et humains importants. La décrue assez lente permet de supposer l'existence d'un inféro-flux important. On enregistre une concordance entre le régime d'écoulement et le régime pluviométrique de la région d'étude. Cependant durant certaines périodes, la station hydrométrique enregistre des débits importants par rapport au taux faible des précipitations au niveau de la station

météorologique d'Ain Sefra. Cela pourrait s'expliquer par la répartition spatiale des précipitations qui reste plus importante dans les sommets des montagnes (>2000m) qu'à Ain Sefra située plus bas. Un débit d'étiage (<0.02m³/s) se produit fidèlement dans l'oued, témoin des potentialités phréatiques de la nappe des grès crétacés de la région et d'une relation hydrologique assez forte entre les eaux superficielles et les eaux souterraines. A l'échelle mensuelle les crues du mois d'octobre, sont plus violentes et plus fréquentes, constituant une menace contre la ville d'Ain Sefra. L'étude des écoulements extrêmes de l'Oued Ain Sefra, permet de confirmer le caractère d'irrégularité des débits, et met en évidence le caractère torrentiel dû à la forte intensité des précipitations qui surviennent en automne. Un certain nombre d'aménagements ont été entrepris par la direction des ressources en eau de la Wilaya de Naama après l'inondation de 19/10/2007, par la protection des berges au niveau de plusieurs zones vulnérables par des murs de soutènement et surélévation en béton armé, pour favoriser la stabilisation des berges contre l'érosion et éviter les débordements des eaux de crues. Toutefois, il serait plus judicieux de procéder à des aménagements en amont par la réalisation de seuils, et de digues écrêteurs pour l'amortissement des flux. Il est nécessaire aussi d'installer des stations hydrométriques aux niveaux de l'Oued Breïdj et Oued Tirkount ainsi que des stations météorologiques autour du bassin, leurs mesures instantanées ont un intérêt capital dans la prévention contre les crues à l'aval du bassin. Aussi un système pilote d'alerte et d'annonce de crues en amont du bassin d'Ain Sefra doit être mis en place pour pouvoir évacuer à temps les gens en aval et protéger la population contre les inondations.

REFERENCES

- APS (2014). Algérie Presse Service, article Naâma : le corps d'un enfant emporté par les crues repêché à Oued El ksar à Ain-Sefra publié le 30 Nov 2014.
- BENHAMED W., (2007). Crues des oueds et inondations à Naâma, Tiaret et Tlemcen PERSISTANCE DU MAUVAIS TEMPS. Publié dans L'Expression le 21 - 10 - 2007
- CONRAD G. & FONTES J.C. (1970). –Hydrologie isotopique du Sahara Nord-Occidental. "Isotope Hydrology 1970", A.I.E.A., Proceed. Symp. Vienne (1970) 405-419.
- CORNET A. ET DELEAU P. (1951). –Carte géologique au 1/500.000. Publiée par le service de la Carte Géologique d'Algérie.
- CRED. (2014).- Annual Disaster Statistical Review 2013 The numbers and trends, Université Catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique. 50 p.

- DERDOUR A. (2010). –Modélisation hydrodynamique de la nappe des grès Crétacé de Remtha. Monts des Ksour. Mémoire de Magister Université de Tlemcen. 101p.
- DERDOUR A. et Al. (2013). – Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Bassin versant d'Ain Sefra, Sud-Ouest Algérien). Séminaire sur le développement des sciences, de la vie et de l'univers. Tlemcen 14-15 Mai 2013.
- DOUIHASNI M. (1976). –Etude géologique de la région d'Ain Ouarka-Bousemghoun (partie centrale des Monts des Ksour). Stratigraphie et Analyse structurale. Thèse 3^{ème} cyc. Univ Oran. 272p.
- GALMIER D. (1970). – Photogéologie de la région d'Ain Sefra (Atlas Saharien, Algérie). Thèse Doctorat d'état. Fasc. Sc. De Paris. 320 p.
- GUENEFI D. (2004). – Gestion risque inondation. Application réglementaire pour la sauvegarde des personnes et des biens. Actes des journées techniques des risques naturels : Inondation, Prévision, Protection. Batna 15-16 Décembre 2004.
- HENINE B., (2010) : Inondations dans la ville d'Aïn-Sefra. Publié dans Le soir d'Algérie le 17-08-2010
- KACEMI A. (2014). –Evolution lithostructurale des Monts des Ksour (Atlas Saharien, Algérie) au cours du Trias et du Jurassique : Géodynamique, typologie du bassin et télédétection. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Abou Bakr Belkaid ; Tlemcen, Algérie. 249 p.
- LAHLAH S, (2004). Les inondations en Algérie. Actes des journées techniques des risques naturels : Inondation, Prévision, Protection. Batna 15-16 Décembre 2004.
- OSS (2003). –Système Aquifère du Sahara Septentrional. Volume 2 : Hydrogéologie. Projet SASS. Rapport. Coupes. Planches. Annexes. Tunis, Tunisie. 275p.
- OULD BABA SY M. (2005). – Recharge et paléorecharge du système aquifère au Sahara Septentrional. Thèse de Doctorat en géologie. Université de Tunis. 271p.
- PARDE J. (1959). –Cours de Potamologie. Ecole.Ing. Hyd. Grenoble.2vol