

Centre d'Etudes Doctorales : Langues, Patrimoine et Aménagement du Territoire
Formation doctorale : Ressources, Aménagement du Territoire et Développement Local
Axe de recherche : Etudes Géographiques
Laboratoire d'Analyses Géo-environnementales, Aménagement et Développement durable

**Thèse pour l'obtention du Doctorat en Lettres et Sciences Humaines
Option : Géographie Physique**

**Titre :
Géomorphologie fluviale et anthropisation dans la vallée du Beht
(Bassin du Sebou)**



Thèse présentée par : **Soumia IDRISSE** *** Sous la direction de : **Pr. Ali TAOUS**

Date de soutenance : le samedi 29 juin 2019

Membres du Jury :

Pr. Abdelhamid Mezghab (FLSH-UMP- Oujda)	Président
Pr. Najim Aloaune (FLSH - DM- USMBA- Fès)	Rapporteur
Pr. Khalid Obda (FLSH- SF – USMBA – Fès)	Rapporteur
Pr. Abdelkader El Guerouani (FST- USMBA- Fès)	Examineur
Pr. Ali Taous (FLSH- SF – USMBA – Fès)	Encadrant

Année universitaire : 2018/2019

Photo de la couverture : Oued Beht à Ouljet Soltane -le 27/4/2018

Dédicace

A mes chers parents, Lhaj Mohammed IDRISSI et Lhaja Aicha Omari pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs Kamar, Bouchra, Laila et Asmae pour leurs amours, encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, Jamal Eddine, Taoufiq et Khalil pour leur appui et leur encouragement,

A mes chères nièces et mes chers neveux,

A mon oncle Sidi Lghali et sa femme Rabiaâ , mes cousines et cousins pour leur soutien,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Remerciements

Merci A Dieu le Tout Puissant

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener cette thèse à son terme.

Je voudrais tout d'abord remercier grandement mon directeur de thèse Monsieur Ali TAOUS pour toute son aide. Je suis ravi d'avoir travaillé en sa compagnie car outre son appui scientifique, il a toujours été là pour me soutenir et me conseiller au cours de l'élaboration de cette thèse. Il a toujours été disponible, ses conseils ont toujours été judicieux et il a su maintenir ma motivation afin que je puisse achever ce travail.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur Abdelhamid Mezghab, Professeur à l'Université de Mohamed Premier, Faculté des Lettres et Sciences Humaines pour l'honneur qu'il me fait d'être président dans mon jury de thèse.

J'adresse également mes remerciements à Mr Obda Khalid Professeur à l'Université de Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Lettres et Sciences Humaines Sais pour avoir accepté de participer à mon jury de thèse.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur Najim Aloaune, Professeur à la Faculté des Lettres et Sciences Humaines Dhar Lmahraz, ainsi qu'à Monsieur Abdelkader El Guerouani, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Fès, de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être rapporteurs de cette thèse.

Je remercie Monsieur Laaouane Mohamed, Directeur du Laboratoire d'Analyses Géo-environnementales d'Aménagements et de Développement Durable (LAGEA DD), pour m'avoir accueilli au sein de Laboratoire (LAGEA-DD) lorsque j'ai commencé ma thèse en 2013. Je tiens à remercier également les professeurs Obda Khalid, Amyay M'hamed, Tribak Abdellatif, Idrissi Janati Abdelhamid, Houari Abdelghani et Youssef Benbrahim, ils ont toujours été disponibles.

Je tiens à remercier toute ma famille et particulièrement mon très cher frère Sidi Mohamed Jamal Eddine IDRISSE qui est la personne qui m'a toujours soutenue, encouragé à continuer mon cursus universitaire du Master au Doctorat. Je peux le comparer à une étincelle qui m'a accompagnée en éclairant mon chemin. Sincèrement sans lui je ne peux pas y aboutir.

Je tiens à remercier toute ma famille qui a tout fait pour m'aider, qui m'a soutenu et surtout supporté dans tout ce que j'ai entrepris. Particulièrement mon cher frère Sidi Taoufik pour sa patience, son temps et ses conseils. C'est lui qui m'a accompagné tout au long de mes sorties de terrain.

Il m'est impossible d'oublier la famille de Kharraz Mohamed pour son aide précieuse pour mes sorties du terrain en particulier à Ouljet Soltane. Elle a toujours fait tout son possible pour m'aider et me donner le plus d'information. Egalement, je tiens à remercier chaleureusement Oussama, Khalid, Saïda, Youssouf et Oumaima qui m'ont accompagnés et amplement aidés lors de mes sorties de terrain et pour leur aide aux prélèvements des échantillons.

Je remercie également Mr Karidi Taib (Directeur de la Société de Géotechnique et de Génie civile à Mohammedia) qui m'a donné l'opportunité de réaliser les analyses de mes échantillons au laboratoire de l'étude du sol. Egalement, mes remerciements vont à Mr Mostapha qui a été toujours disponible pour m'accompagner au Laboratoire S2G à Mohammedia et pour m'aider dans le transport de mes échantillons.

Mes derniers remerciements vont à toutes les personnes avec qui j'ai partagé mes études et notamment les années de thèse.

Résumé :

Géomorphologie fluviale et anthropisation dans la vallée du Beht (bassin du Sebou)

L'objectif de cette thèse est la caractérisation de la géomorphologie fluviale de l'Oued Beht, tout en analysant l'état de l'action anthropique dans la vallée. La méthode préconisée s'est basée sur plusieurs sources de données : le travail de terrain, l'exploitation des données hydro-climatiques, documents cartographiques, les photos aériennes, l'image satellitaire, les données des recensements de la population, les analyses de laboratoire, etc.

L'étude a permis de déterminer le contrôle géologique et morphostructural de la morphologie de la vallée dans les zones du Haut, Moyen et Bas Beht. Cette dernière montre des tronçons étroits aux gorges dans les terrains résistants et des méandres divagants ou libres au niveau des zones élargies dans les terrains friables, comme c'est le cas à Ouljet Soltane et à Souk Larbaa de Beht. En amont du barrage El Kansera, la plaine alluviale et le lit fluvial du Beht sont formés de sédiments grossiers (galets et graviers) emballés dans une matrice fine sableuse ou sablo-limoneuse. Ces derniers sont surmontés par une série limoneuse. Les sédiments grossiers sont généralement mis en place par des crues fortes irrégulières. En aval du barrage, la pente devient très faible, les méandres libres sont très sinueux et les sédiments alluviaux sont préférentiellement fins, sableux et limoneux.

L'anthropisation de la vallée du Beht date depuis les périodes anciennes anté-romaines, puisque des vestiges archéologiques indiquent l'existence de sites antiques le long du Beht. Mais son impact sur le système fluvial du Beht est devenu de plus en plus important surtout depuis l'époque du protectorat français (1912-1956), suite à l'accroissement de la population et à la mutation du mode de l'occupation. En fait, la mise en service du barrage El Kansera depuis 1935 et les aménagements hydro-agricoles associés ont largement modifié le fonctionnement hydro-sédimentaire et le paysage morphologique du Bas Beht. Plus récemment, l'anthropisation du système fluvial du Beht s'est renforcée suite à l'augmentation de la population, l'urbanisation, l'aménagement du bassin versant, l'exploitation des ressources fluviales, la construction d'un nouveau barrage à Ouljet Soltane en amont du bassin...

Mots clés : Oued Beht – Géomorphologie fluviale – Plaine alluviale – Lit fluvial - Méandres – Coupe type – Sédiments fluviaux – Anthropisation – Barrage El Kansera – Aménagement hydro-agricole – plaine du Gharb.

ملخص :

الجيومورفولوجية النهرية و التوطن البشري بوادي بهت (حوض سبو)

هدف هذه الأطروحة هو دراسة الجيومورفولوجية النهرية بوادي بهت (حوض سبو) مع دراسة مدى ضغط التوطن البشري و تدخلاته بهذا الوادي. و لقد اعتمدت الدراسة عدة مصادر لجمع المعلومات حول الموضوع المدروس : العمل الميداني و المعطيات المناخية و الهيدرولوجية و الخرائط الطبوغرافية و الجيولوجية و الصور الجوية و معطيات إحصاء الساكنة و نتائج التحليلات المخبرية...

و لقد تبين من خلال الدراسة مدى ارتباط شكل وادي بهت بالخصائص الجيولوجية للأراضي التي يمر بها بكل من مناطق عالية بهت، وسط بهت و سافلة بهت، حيث يظهر شكل الوادي ضيق و بخوانق عند المرور بأراضي ذات صخور صلبة مقاومة ، بينما تظهر المنعطفات الطليقة في الأجزاء النهرية المتسعة بالصخور الهشة.

في المقاطع النهرية عالية سد القنصرة يظهر السهل الفيضي متسع، كما هو الحال في منطقة أولجة السلطان و منطقة سوق الأربعاء – واد بهت ، و هو يتكون من رواسب نهرية خشنة ذات حصى و حصيم و لحام رملي و تطلوها رواسب دقيقة من الطمي. كل هذه الرواسب تعبر عن حمولة امتطاحات نهرية قوية غير منتظمة. أما سافلة سد القنصرة فيتميز وادي بهت بانحدار ضعيف حيث تظهر المنعطفات طليقة و جد منعرجة، أما الرواسب النهرية فهي أساسا دقيقة ، تتكون في غالبيتها من رمال والطيني.

و قد تبين من خلال هذه الدراسة أن التوطن بالوادي قديم، حيث أوضحت الدراسات الأركيولوجية و جود عدة مواقع أثرية منتشرة على طول واد بهت وهي تعود إلى زمن ما قبل الرومان ، لكن يبدو أن الوقع البشري أصبح يظهر أكثر فأكثر منذ مرحلة الحماية الفرنسية (1912-1956) و بعدها ، حيث عرفت ساكنة الحوض ارتفاعا ملحوظا ووقع تغير في أنماط استغلال الأرض بالحوض النهرية. فبعد الاشتغال بسد القنصرة منذ سنة 1935 و كذا تهينة الهيدروفلاحة لأراضي السهل الفيضي سافلة السد، و قع تغير مهم في السلوك الهيدرولوجي و الرسابي كما تم تغير المشهد المرفلوجي النهرية لواد بهت السفلي. و في السنوات الأخيرة، توطد التوطن البشري أكثر في المنظومة النهرية لواد بهت ، حيث ارتفع عدد سكان الحوض النهرية بشكل ملحوظ ، و استمرت التدخلات البشرية بانتشار العمران و تهينة الأراضي و استغلال الموارد النهرية و بناء سد ولجة السلطان بعالية الحوض.

كلمات مفاتيح :

واد بهت – الجيومورفولوجية النهرية – السهل الفيضي – السرير النهرية – منعطفات نهرية – مقطع نموذجي رواسب خشنة – رواسب نهرية – توطن بشري – سد القنصرة- تهينة هيدروفلاحة – سهل الغرب.

Sommaire

Introduction générale.....	4
Chapitre 1 : Les contextes physique et humain du bassin versant du Beht.....	19
Chapitre 2 : Morphométrie, hydrographie du bassin versant et comportement hydrologique du Beht.....	58
Chapitre 3 : La vallée du Beht, morphologie générale, héritages quaternaires, typologie et sectorisation morphologiques.....	92
Chapitre 4 : Caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en amont du barrage El Kansera.....	127
Chapitre 5 : La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera.....	182
Chapitre 6 : Anthropisation et mutation socio-spatiales de la vallée du Beht.....	220
Conclusion générale.....	268
Références bibliographiques.....	276
Liste des illustrations.....	284
Annexe.....	298
Liste des abréviations utilisées dans le texte.....	302
Table des matières.....	303

Introduction générale

1. Localisation géographique du bassin versant du Beht

Oued Beht est un affluent rive gauche de l'Oued Sebou. Son bassin versant est situé entre les latitudes 33° et 35° N et longitudes 5° et 7° W. Il occupe la partie sud-ouest du bassin du Sebou. Il prend ses sources sur la bordure occidentale du causse moyen atlasique, puis il draine la bordure septentrionale du Plateau central. A sa sortie de ce domaine, il traverse le couloir sud rifain, puis la partie méridionale de la plaine du Gharb, ou il conflue avec le Sebou à Mograne. Limité au nord du Gharb, à l'est du Sais de Meknès, au sud du Moyen Atlas et à l'ouest du Plateau central (fig.I.1).

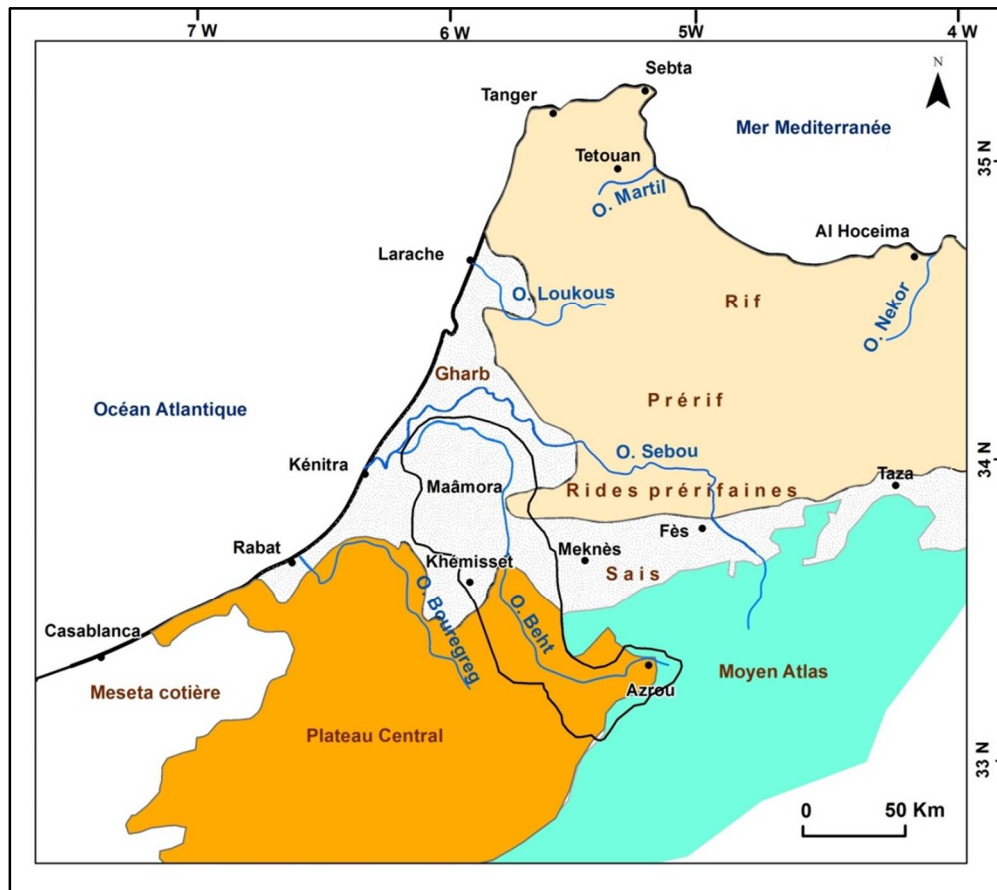


Figure. I.1. Localisation géographique du bassin versant du Beht

2. Aperçu sur les travaux antérieurs

Avant de commencer à exposer la problématique de cette thèse, nous donnons ici un aperçu sur les études géographiques et géologiques antérieures qui se sont intéressées au bassin versant du Beht. Cet inventaire n'est pas exhaustif, puisqu'on s'est intéressé seulement aux quelques travaux ayant une relation avec la thématique de recherche de notre thèse.

Du point de vue géologique et géomorphologique, on peut citer plusieurs travaux ayant précisé les aspects géomorphologiques, stratigraphiques, la nature lithologique et les caractéristiques structurales des terrains traversés par le Beht et/ou ses affluents.

On peut citer par exemple l'étude de J.C. Faugères (1978), sur les rides sud-rifaines qui a esquissé les grands traits de la géologie du bassin du Beht, dans la zone des rides, la lithologie des

terrains et les aspects stratigraphiques y ont été déterminés. Les terrains carbonatés du causse moyen-atlasique ont été cartographiés et caractérisés par J. Martin (1981). La géologie des terrains paléozoïques (Meseta) et permo-triasiques situés en bordure du causse moyen-atlasique ont été caractérisés par D. Oughach (1987). L'évolution géologique du bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur a été déterminée par P. Cirac (1985) qui a suivi la dynamique sédimentaire de comblement et la paléogéographie du bassin au cours de cette période. Kh. Boumir (1990) s'est intéressée essentiellement au paléo-environnement mio-pliocène du bassin de Saïs de Meknès-Fès. D. Fassi (1993) avait consacré son travail de thèse d'état aux formations superficielles du Saïs de Fès et de Meknès, tout en suivant l'évolution paléogéographique plio-quaternaire de cette région. Son travail a concerné surtout la partie orientale du bassin du Beht. Dans sa thèse, K. Bargach (2011) a étudié les déformations plio-quaternaires dans la partie frontale de la chaîne du Rif, au niveau des rides pré-rifaines, du bassin du Saïs et de la plaine du Gharb méridionale.

Concernant les études de géomorphologie ayant abordé la vallée du Beht, on cite tout d'abord l'étude de J. Dresh en 1933, qui est considérée comme étant la plus ancienne étude qui avait visé la partie de la vallée en amont des rides pré-rifaines, actuellement inondée par la retenue du barrage d'El Kansera. Dans son étude l'auteur s'est intéressé aux terrasses fluviales quaternaires de l'Oued Beht, tout en estimant, l'altitude des différents niveaux alluviaux caillouteux.

En 1964, J. le Coz avait mené une étude détaillée sur la vallée du Beht depuis l'aval du barrage El Kansera jusqu'à Sidi Slimane. Son travail représente une étude géographique régionale exemplaire sur le Gharb. Il y avait abordé la corrélation des glaci-terrasses quaternaires de la vallée du Beht, en se référant à la chronologie continentale déjà établie par Choubert (1956) sur la base des stratotypes des autres régions. Comme résultat, il avait dressé la carte simplifiée des terrasses du Bas Beht tout en déterminant leur disposition morphologique le long de la vallée depuis le barrage El Kansera à Sidi Slimane.

En 1966 G. Bryssine et al dans un livret guide d'excursion dans la plaine du Gharb ont apporté des informations géomorphologiques, hydrologiques et pédologiques sur la plaine du Bas Beht.

En 1969 G. Beaudet avait effectué une étude géomorphologique sur le Plateau Central marocain et ses bordures. Dans son étude l'auteur s'est intéressé à la géomorphologie du Haut et du Moyen Beht, en décrivant le paysage morphologique et l'organisation structurale des unités du relief qui appartiennent au bassin versant. Il avait étudié de façon explicite les niveaux alluviaux quaternaires de la vallée supérieure et moyenne du Beht.

M. Aberkane en 1989, dans le cadre de sa thèse d'Etat, a révisé l'étude de J. Le Coz (1964) et a apporté des résultats nouveaux sur les formations fluviales quaternaires du Bas Beht,

notamment en ce qui concerne la pétrographie des galets, les encroûtements calcaires et les phénomènes post-sédimentaires de rubéfaction ayant affecté ces formations fluviales. M. Merghich (1989) dans sa thèse de géologie a étudié essentiellement la minéralogie et la géochimie des alluvions actuelles du Haut Beht.

En 1992 N. Bouab a mené une étude des caractères géomorphologiques, sédimentologiques et chronostratigraphiques des terrasses fluviales quaternaires de la vallée de l'Oued Beht d'El Kansera à Sidi Slimane. Elle avait dressé une carte géomorphologique à l'échelle de 1/20000, montrant la distribution de six niveaux de terrasses le long du Beht.

L'étude de thèse de doctorat réalisée par M. Maâkili en 2006 est consacrée aux équilibres hydrologiques et environnementaux du bassin de drainage du Beht, en amont du barrage El Kansera. Ce travail a mis en évidence les mécanismes géographiques et hydrologiques qui commandent l'écoulement à l'intérieur du bassin versant du Beht.

Les travaux récents effectués dans le cadre de la thèse de géologie de A. Laabidi, 2016, A. Laabidi et al. 2014 et A. Laabidi et al. 2016, ont porté surtout sur l'étude morpho-sédimentologique des dépôts du Moyen Beht (amont du barrage El Kansera). Le travail s'est intéressé surtout à la sédimentologie des dépôts et aux conditions morphostructurales et dynamiques de leur mise en place. De même, dans le cadre de la thèse de géoscience et de l'environnement, les travaux de F. Lakhili, et al. 2015 et F. Lakhili, 2018 ont portés sur l'évaluation de la qualité des eaux et des sédiments et la cartographie de l'érosion hydrique dans le bassin versant du Haut Beht (Maroc). Dont elle a effectué une étude qualitative des eaux et des sédiments de surface. Egalement, elle a évalué qualitativement le risque d'érosion hydrique dans le bassin versant du Beht par la méthode des directives PAP/CAR, à fin de générer la carte des états érosifs.

D'autres travaux ayant concerné des thématiques diverses ont été réalisés sur la vallée du Beht. On cite par exemple le travail de thèse de H. Katmour en 2004, qui était consacré à l'étude des mutations spatiales et leurs impacts sur la dynamique contemporaine dans le bassin supérieur du Beht et plus précisément dans le bassin de Tigrigra (Moyen Atlas). L'auteur détermine les facteurs d'équilibre et de déséquilibre dans le bassin de Tigrigra, tout en adoptant une classification des milieux selon leur état de vulnérabilité à l'érosion, à la dégradation et leur stabilité relative. La thèse d'état de F. Amraoui (2005) a caractérisé les réservoirs hydrogéologiques du couloir sud rifain et qui sont drainés en partie par le Beht. La thèse de doctorat a étudié les aspects hydroclimatiques du bassin de Beht. La thèse de A. Abdalaoui (1998) en chimie-physique a étudié la problématique d'eutrophisation, de pollution et de qualité de l'eau dans la retenue du barrage El Kansera et à son amont. M. Combe 1975, M. Kili et al. 2006 et 2008, ont étudié la structure des réservoirs hydrogéologiques du Gharb et de la Maâmora.

L. Jennan (1986) a retracé les grands traits de l'évolution de campagnes du Moyen Atlas et de ses bordures dans sa thèse en géographie. En abordant l'organisation tribale des espaces communautaires, la restructuration du système pastoral et le nouveau maillage de l'espace pendant l'époque coloniale. Egalement, il a étudié la variété des dynamiques spatiales et les formes d'adaptation et d'organisation de la société rurale qui en résultent.

3. Contexte scientifique du projet de thèse, objectifs et méthodologie

Au Maroc, souvent les études géomorphologiques des systèmes fluviaux et des vallées fluviales ont été réalisées dans le cadre de recherches portant sur l'évolution géomorphologique à l'échelle régionale et dans des études concernant l'analyse morpho-stratigraphique et sédimentologique des terrasses fluviales quaternaires. Ce type d'études classiques sont nombreuses dans la littérature de la géographie physique et complètent les apports des autres branches de cette discipline et des sciences de la terre.

La problématique de cette thèse s'inscrit dans le cadre des recherches de géomorphologie fluviale et de l'évolution récente des systèmes fluviaux anthropisés. Il s'agit d'une thématique géomorphologique relativement peu abordée jusqu'à nos jours dans la majorité des vallées évoluant dans les bassins versants marocains, bien que les aspects hydrologiques de ses milieux soient plus ou moins bien étudiés.

Le projet de recherche formulé pour cette thèse a pour objectif principal l'étude de géomorphologie fluviale de la vallée de l'Oued Beht, tout en étudiant son état d'anthropisation actuel. Cet objectif global comporte des objectifs secondaires et spécifiques qu'on peut tracer comme suivant :

- Détermination des conditions et facteurs physiques et humains de la morphogénèse fluviale à l'échelle du bassin versant du Beht.
- Caractérisation géomorphologique générale de la vallée du Beht et ses rapports avec les unités morphologiques et les terrains géologiques traversés dans le bassin versant.
- Caractérisation de la plaine alluviale et du lit fluvial de l'Oued Beht et leur différenciation amont-aval.
- Etude des aspects d'anthropisation et ses impacts à l'échelle du bassin du Beht et à l'échelle de tronçons fluviaux.

4.- Méthodologie et moyens de l'étude

Nous avons retenu trois grandes approches appliquées à la vallée du Beht, dont le croisement des données nous a permis de répondre aux objectifs fixés dans ce travail de thèse :

On s'est basé en premier lieu sur la collecte et l'exploitation des données, travaux antérieurs et documents d'archives, cartographiques et photographiques. En effet, depuis longtemps, de

nombreux auteurs ont exploité le terrain pour en extraire de l'information sur la vallée étudiée. Ces recherches ont concerné : la géographie régionale, la géologie, la géomorphologie, la climatologie, l'hydrologie, la biogéographie, la géographie humaine... Le dépouillement des documents s'est faite de façon classique et manuelle ou par le biais de méthodes numériques. Cette approche nous a permis de caractériser globalement, le contexte physique et humain de la vallée étudiée, notamment en ce qui concerne, le contexte géologique et géomorphologique, la morphométrie, l'hydrographie et l'hydrologie du bassin du Beht, la population et l'occupation du sol. L'image satellitaire Google Earth nous a été d'un grand secours pour faire des observations morphologique le long de la vallée.

Le travail de terrain nous a permis de produire les données et de réaliser l'essentiel de ce travail. Plusieurs missions de terrain ont été effectuées durant les années de notre thèse. Les premières investigations ont concerné l'exploration géomorphologique générale, à l'échelle de la vallée depuis l'amont jusqu'à l'aval, en cherchant à caractériser la vallée de Beht en fonction des unités géologiques et géomorphologiques traversées. Cette étape nous a permis d'aborder la sectorisation de la vallée et de déterminer les tronçons d'étude détaillée.

En second lieu les investigations de terrain ont visé l'analyse géomorphologique à l'échelle des tronçons fluviaux, choisis respectivement dans les zones amont, médiane et aval du bassin de Beht. Ces prospections de terrain ont permis la caractérisation et la cartographie de la plaine alluviale et des lits fluviaux associés, ainsi que la détermination de leurs aspects morpho-sédimentaires. Les principales informations prises en compte sont les suivantes : la morphologie de la plaine alluviale et les caractéristiques des formations alluviales qui la composent, la morphologie et le style du lit fluvial, les unités morpho-sédimentaires fonctionnelles, les mouilles et les seuils, la nature et l'état des berges, caractéristiques de la ripisylve...

Pour bien caractériser les conditions morpho-hydrodynamiques des milieux de dépôts, notre méthodologie s'est basée également sur les levés de coupes, choisies comme représentatives dans les différents tronçons du Beht étudiés. Après description et interprétation morphodynamique des faciès observés sur ces coupes, des échantillons ont été prélevés pour les analyses. Ces dernières ont concernés la granulométrie et la pétrographie des galets, qu'on a réalisées sur place. Les analyses granulométriques des faciès fins sont faites au laboratoire d'Analyses Géo-environnementale, d'Aménagement et Développement Durable (LAGEA-DD) à Fès et au Laboratoire de l'étude du sol de la Société de Géotechnique et de Génie Civile S2G à Mohammedia.

Nous avons également essayé de suivre l'évolution et les mutations morphologiques récentes du Beht dans certains tronçons. L'étude diachronique a permis de visualiser et spatialiser l'évolution des lits mineur et majeur, à partir de l'interprétation des photographies aériennes de différentes missions (1962, 1983) et des images satellites de 2014 et 2017. Les tendances opérées par le biais de ces documents ont été contrôlées par l'observation du terrain. Cette méthode nous a

permis de suivre le changement du tracé du Beht durant les cinq dernières décennies et aussi l'évolution du mode d'occupation du sol de la plaine alluviale, dans les différents tronçons étudiés.

En ce qui concerne l'étude de l'anthropisation de la vallée du Beht, elle s'est basée sur deux échelles d'analyse, l'échelle générale du bassin versant et l'échelle détaillée du tronçon :

- L'information sur l'anthropisation et son évolution à l'échelle du bassin versant du Beht, a été acquise en se basant sur les travaux antérieurs et les données des recensements de la population et des établissements publics. Nous avons insisté à avoir l'information concernant l'humanisation du bassin versant et les modes de l'occupation de l'espace et les mutations socio-spatiales dans la vallée du Beht. L'échelle temporelle a concerné les périodes anciennes, historiques et les périodes plus récentes (coloniale, post-coloniale et actuelle).
- L'analyse du mode d'occupation du sol à l'échelle des tronçons, nous a permis de mettre en vigueur les particularités paysagères de chaque tronçon. Notamment en termes de pratiques et de type d'agriculture pratiquée, habitat et infrastructures, exploitation de granulats alluvionnaires, les interventions des aménagements hydrauliques et hydro-agricoles ...

Le traitement des données s'est opéré à l'aide d'outils informatiques (logiciels de traitement de données). Le traitement statistique des données climatiques (précipitations, températures), hydrologique (débits) et granulométriques a été effectué sur Excel. La cartographie et illustrations cartographiques ont été réalisées en utilisant les logiciels de cartographie Arc Gis, et Global Mapper.

5. Rappels, définitions et concepts

5.1. Définitions

La géomorphologie fluviale étudie et explique la genèse et l'évolution des formes fluviales. C'est une science qui se situe en fait à l'intersection de la géographie, la géologie, la sédimentologie, l'hydrologie et l'hydraulique, auxquelles elle empreinte de nombreux éléments pour les insérer dans son propre champ d'analyse et sa propre logique d'investigation. Cette discipline s'intéresse également à étudier les fonctionnements hydro-morphodynamiques anciens et actuels des milieux fluviaux et de retracer leur histoire géomorphologique. Selon l'échelle de temps prise en compte, elle peut aborder l'étude de la genèse d'une vallée et de ses terrasses fluviales à l'échelle du Quaternaire, comme elle peut concerner l'évolution des tendances hydro-morphologiques plus récentes concernant les fonds de vallées et les lits fluviaux (A. Taous, 2005).

Concernant les milieux fluviaux actuels, la géomorphologie fluviale a en fait un double objectif, d'une part elle doit analyser les processus physiques régissant le fonctionnement des cours d'eau, elle correspond à l'aspect dynamique de la discipline ; on parle de « dynamique fluviale » ou

géodynamique fluviale. Cette dernière s'intéresse à étudier les forces qui agissent dans les lits des rivières par le fait des courants, des débits liquides et solides, puis les aspects et les particularités géométriques des lits fluviaux et les déformations qu'ils subissent sous l'action des forces en question (M. Pardé, 1936 ; J. Demangeot, 1945). D'autre part, elle doit analyser les formes qui en résultent ; ce qui relève l'autre volet qui correspond à la morphologie fluviale (J.P. Bravard et F. Petit, 1997 ; J.P. Bravard et J.R. Malavoi, 2010).

5.2.- Concepts du « système fluvial » et de l'« hydrosystème fluvial »

Depuis les années 1960–70, la géomorphologie fluviale repose sur de solides bases conceptuelles, résumées dans la notion du « système fluvial » établie par (S.A. Schumm, 1977). Par la suite, durant les années 80-90, la notion du système fluvial a été améliorée par la notion de l'hydrosystème fluvial (C. Amoros et G.E. Petts, 1993).

5.2.1.- Le système fluvial

Le système fluvial est désigné selon S.A. Schumm (1977) par l'arrangement significatif d'entités morphologiques que sont les pentes, les plaines d'inondation et les lits de cours d'eau dans un bassin versant. Comme tout système ouvert, le système fluvial est caractérisé par des limites, qui sont celles du bassin versant, par des thalwegs hiérarchisés, ainsi que par des flux entrant et sortant qui sont l'eau et les sédiments. Ces flux sont définis par les variables environnementales dites aussi variables de contrôle correspondants aux débits liquide et solide transitant dans le système (J.P. Bravard et F. Petit, 1997).

Globalement, S.A. Schumm (1977) avait proposé de découper le système fluvial en trois zones dans lesquelles coexistent les processus d'érosion, de transport et de dépôt des sédiments : dans la zone amont du bassin versant il y a production de la charge sédimentaire puisque l'érosion domine (érosion > accumulation). Dans la zone de transition, le transport d'eau et de sédiments transite de la zone de production vers la zone de stockage ; dans ce cas le transport domine et l'érosion égale l'accumulation (érosion = accumulation) ; quant à la zone aval, elle est marquée par le stockage de sédiment (accumulation > érosion).

En synthétisant les travaux antérieurs, A. Taous (2005) considère que le système fluvial peut être défini comme étant l'ensemble des unités hydrographiques fonctionnelles drainant un bassin versant. Dans ce dernier s'effectue le transit de l'eau et de sédiments dans un chenal principal de l'écoulement de l'amont vers l'exutoire (fig. I.2).

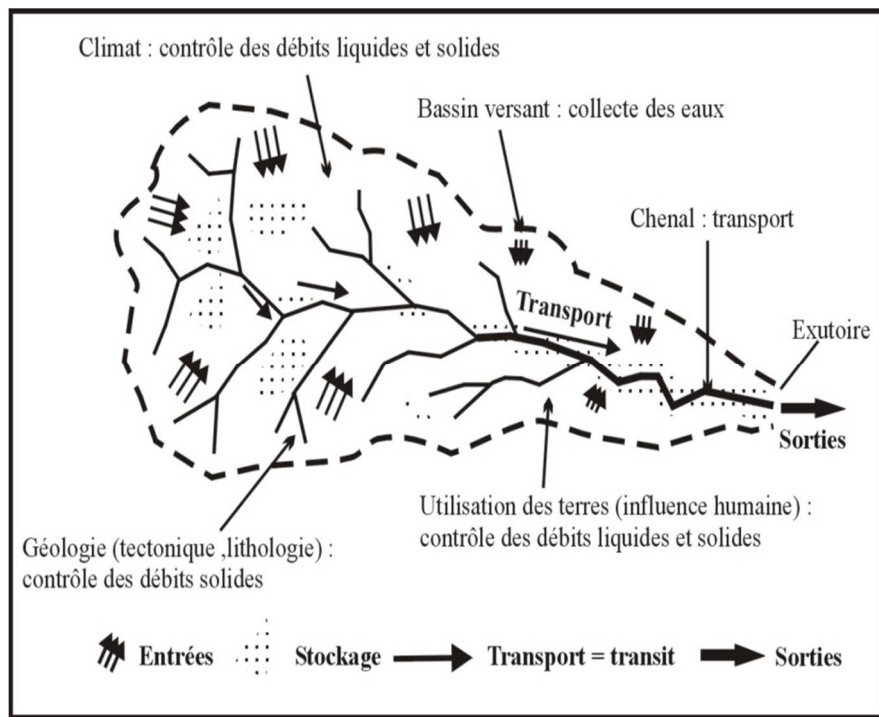


Figure. I.2. Schéma synthétique d'un système fluvial (A. Taous, 2005)

Ce système est contrôlé par trois types de facteurs essentiels : climatiques, géologiques et anthropiques, qui déterminent des flux de matières (eau et sédiments) d'entrée, de stockage temporaire, de transport et de sortie. Ces facteurs déterminent en fait les variables de contrôle (ou extrinsèques) du système qui sont le débit liquide et le débit solide, qui contrôlent à leur tour des variables de réponse (ou variables intrinsèques).

Dans le système fluvial, les variables de contrôle, correspondant au débit liquide et à la charge solide, jouent à l'échelle du bassin versant sous l'influence de la géologie, du climat et du couvert végétal et aussi de l'influence anthropique dans les bassins humanisés. Ces variables s'imposent directement au cours d'eau et contrôlent son fonctionnement et son évolution géomorphologique avec le temps en agissant sur les variables de réponse. Ces dernières sont la largeur du chenal, sa profondeur, la sinuosité, la pente locale, la granularité du sédiment. Ces dernières variables permettent à chaque cours d'eau de s'ajuster aux mutations des variables de contrôle (S.A. Schumm, 1977 ; J.R. Malavoi et J.P. Bravard, 2010).

Rappelons aussi une autre notion intéressante concernant le concept d'équilibre dynamique (*dynamique steady state*) ; ce concept postule que les systèmes fluviaux sont capables de retrouver un état proche de l'origine après une perturbation, due à une cause géologique, climatique ou anthropique (J.P. Bravard et F. Petit, 1997). Les rivières sont dites en équilibre dynamique lorsqu'elles ajustent leurs variables de réponse au profit des fluctuations des variables de contrôles (débit liquide et débit solide). En effet, dans des conditions d'équilibre, des flux d'énergie entrant dans le système sortent après avoir généré des flux de matière qui sont à l'origine des processus

régissant la dynamique et la morphologie dans le système fluvial. La rupture d'équilibre initial ne se réalise que lorsque les entrées au système subissent des modifications importantes et durables. Ce qui engendre un réajustement autour d'autres conditions moyennes d'équilibre qui sont différentes de celles de l'ancien équilibre et en conformité avec les nouvelles conditions (A. Taous, 2005).

Dans les systèmes fluviaux, les cours d'eau drainent des bassins versants plus ou moins importants et dissipent l'énergie disponible en y réalisant un travail géomorphologique déterminant, par les phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation (A. Taous, 2005). Les cours d'eau et leurs unités morphologiques fonctionnelles sont dynamiques et continuellement en évolution, en adaptant leur largeur, leur pente, leur profondeur, leur sinuosité, leur sédiment à fin d'assurer le transit optimal des débits liquides et solides, face à une perturbation d'origine géologique, climatique ou anthropique (G. Gangbazo, 2011). Ils subissent ainsi des modifications géomorphologiques en fonction des variations spatio-temporelles des flux liquides et sédimentaires qu'ils transportent (D. Knighton, 1998 ; J.P. Bravard et F. Petit, 1997 ; A. Ramoul et al., 2016). Cela peut aboutir à la métamorphose fluviale qui correspond à un changement d'état de tronçons fluviaux au sein du système fluvial (J.P. Bravard et F. Petit, 1997 ; A. Taous 2005).

5.2.2. L'hydrosystème fluvial

L'hydrosystème fluvial est une notion hydro-morphologique-écologique. Il est considéré en fait comme un sous-système emboîté dans le système fluvial de Schumm, qui reste une notion géomorphologique classique (fig. I.3), (C. Amoros et G.E. Petts, 1993).

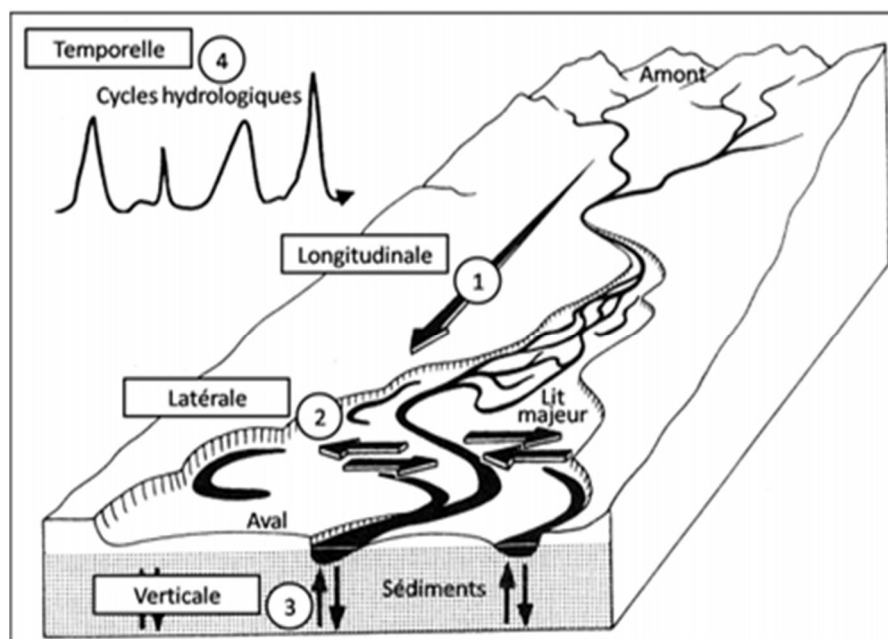


Figure. I.3. Emboîtement schématisé de l'hydrosystème dans le système fluvial (d'après C. Amoros et G.E. Petts, 1993)

Dans la notion de l'hydrosystème fluvial, le cours d'eau est considéré comme un système complexe à quatre dimensions : la dimension longitudinale (1), correspondant aux différents gradients de matière (eau et sédiments) et d'énergie amont-aval. Le couplage et échanges de matières et d'énergie entre le chenal principal d'écoulement, la nappe phréatique d'accompagnement et la plaine alluviale, et éventuellement les versants, structurent les dimensions transversale (2) et verticale (3) de l'hydrosystème. Tandis que la variabilité hydrologique de l'écoulement fluvial, en fonction du temps, structure l'hydrosystème dans sa dimension temporelle (4) (P. Molnar, 2011).

5.3. Les plaines alluviales et les lits fluviaux

Dans les systèmes fluviaux, généralement les plaines alluviales occupent les fonds de vallées et sont souvent dominées par des terrasses alluviales plus anciennes pléistocènes et/ou holocènes (fig. I.4). Ces plaines, plus ou moins larges selon les cas, résultent d'accumulations d'alluvions et comportent le lit fluvial où transitent l'eau et le sédiment et qui délimité par des berges supportant la ripisylve. Ce lit est souvent décomposé en lit majeur qui est façonné par les crues exceptionnelles, le lit moyen qui correspond aux submersions de fréquences moyennes et le lit mineur où circule l'écoulement ordinaire de la rivière (A. Taous, 2005).

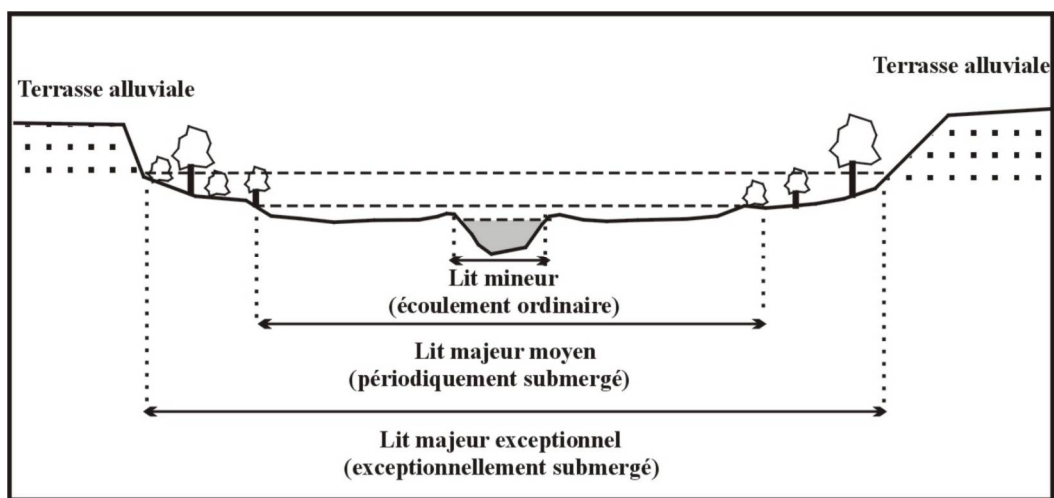


Figure. I.4. Schéma simplifié montrant l'emboîtement des lits majeur, moyen et mineur dans un cours d'eau (d'après A. Taous, 2005)

5.4. Les styles fluviaux

Dans les systèmes fluviaux on distingue classiquement quatre types de styles morphologiques de cours d'eau en fonction de deux paramètres qui sont la sinuosité et la multiplicité des chenaux (fig. I.5) :

- style rectiligne : lit à chenal unique ; faible indice de sinuosité ($Is < 1,2$)
- style à méandres : lit à chenal unique ; indice de sinuosité élevée ($Is > 1,2$)

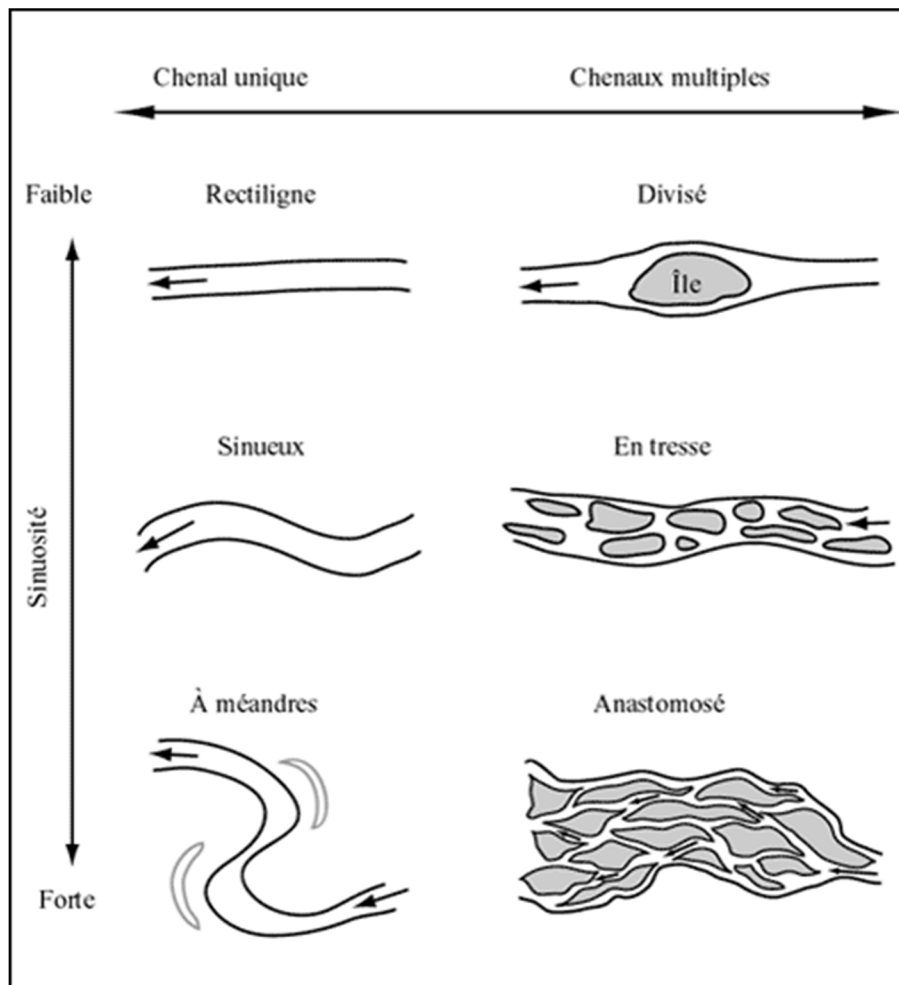


Figure. I.5. Les types de styles fluviaux selon les critères de sinuosité et de multiplicité des chenaux (classification de B.R. Rust, 1978)

-style en tresses : lit à chenaux multiples ; faible sinuosité des chenaux, chenaux très dynamiques latéralement, sont séparés par des bancs vifs ou faiblement végétalisés. Les chenaux et les bancs font partie du lit mineur.

-style à anastomoses : le lit se divise en plusieurs bras, sinueux et étroits, relativement peu dynamiques, séparés par des îles végétalisées dont le niveau topographique est celui de la plaine alluviale. Les anastomoses sont des formes fluviales du lit majeur.

Globalement on distingue dans la catégorie des méandres deux principaux types : les méandres encaissés ou les méandres de vallée et les méandres libres ou méandres de plaines alluviales. Un troisième type intermédiaire décrit par certains auteurs correspond aux méandres ancrés (R. Coque, 1993 ; J.P. Bravard et F. Petit, 1997).

6.- Anthropisation des systèmes fluviaux

Les systèmes fluviaux sont considérés comme des espaces géographiques ayant une histoire (S.A. Schumm, 1977 ; P. Pigeon, 2010), du fait qu'ils sont fréquentés depuis l'antiquité par l'homme et ses activités, et sont aujourd'hui largement sollicités en raison de leurs ressources naturelles (terres fertiles, eau, forêt...). Les bassins fluviaux et les cours d'eau sont exploités dans

les différentes activités économiques (agriculture, eau, énergie hydro-électrique, extraction de granulats alluvionnaires...) et sont souvent le siège d'emprises humaines plus ou moins importantes (urbanisation, infrastructure, déforestations, barrages, dérivations, aménagements divers, etc.). Ces emprises influencent largement les fonctionnements hydrologiques et morphogéniques des cours d'eau.

L'emprise des sociétés humaines sur le milieu fluvial, touche en fait la majorité des rivières à l'échelle mondiale, puisque dans les années 2000, 37% des grandes rivières du monde étaient qualifiées de fragmentées à cause des écoulements perturbés par la mise en place de barrages et de canaux de dérivation des eaux (P.A. Nelson et al., 2005 ; D. Mélodie, 2016). Au Maroc la plupart des systèmes fluviaux sont soumis à l'action de l'homme, et leurs paysages naturels sont souvent affectés par l'anthropisation (A. Taous, 2013).

Contrastant à leur caractère attractif, les espaces fluviaux présentent également des zones à risques fluviaux, (inondations, érosion, pollution), souvent amplifiés par l'exploitation incontrôlée des ressources naturelles et la mise en place des aménagements inadéquats.

Donc, comprendre et gérer l'évolution des cours d'eau est devenu aujourd'hui un objectif de première importance, reposant sur une prise de conscience qui vise essentiellement la préservation et la sauvegarde de ces milieux. Pour ce faire, on doit acquérir une bonne maîtrise du fonctionnement hydromorphodynamique de ces paysages ; afin de saisir l'impact des interventions humaines dans les processus morphogéniques qui les régissent. Cette maîtrise permettra certainement de déterminer les limites de l'exploitation de ces milieux et de spatialiser les problèmes et les modes d'interventions (A. Taous, 2005, 2013).

7.- Présentation du mémoire de thèse

En réponse aux objectifs fixés, après l'introduction générale, le mémoire de cette thèse est composé de six chapitres :

- Le premier chapitre présente essentiellement les composantes naturelles et humaines de la vallée de Beht. Il aborde les aspects géologiques, géomorphologiques en plus du contexte climatique, de la pédologie ainsi que le couvert végétal du bassin versant. L'aspect humain est également abordé mais de façon plus générale car on va l'étudier explicitement dans le chapitre 6 qui porte sur les modes d'anthropisation du bassin versant du Beht.

- Le deuxième chapitre détaille les composantes morphométriques, hydrographiques du bassin versant du Beht, tout en exposant les caractéristiques hydrologiques essentielles du cours d'eau. Il analyse tout d'abord les caractéristiques géométriques et topographiques du bassin versant du Beht, ensuite la configuration du réseau hydrographique, sa hiérarchisation. Le fonctionnement

hydrologique du Beht est étudié de façon sommaire, à travers la détermination du régime hydrologique et l'étude fréquentielle des débits de crues par l'ajustement par la loi de Gumbel.

-Le troisième chapitre est consacré à l'étude de la géomorphologie de la vallée du Beht dans la finalité de caractériser la morphologie de la vallée en fonction des unités géologiques et morpho-structurales traversés, ce qui a conduit à la sectorisation de la vallée en tronçons relativement distincts. Ce chapitre a étudié de même les héritages quaternaires conservés sur les versants de certains tronçons de la vallée. Les styles fluviaux actuels développés le long du Beht ont été identifiés, depuis le point de confluence des oueds Tigrigra et Ifrane au point de confluence du Beht avec le Sebou au niveau de Mograne.

-Le quatrième chapitre a porté sur la morphologie fluviale à l'échelle des tronçons de vallée situés en amont du barrage El Kansera, en analysant les aspects morphosédimentaires de la plaine alluviale et des lits du Beht. A priori, dans ce chapitre on s'est intéressé à la caractérisation du paysage morphologique actuel de la plaine alluviale et du lit de l'oued. L'étude des coupes et d'échantillons a permis la caractérisation sédimentologique des dépôts de la plaine alluviale et du lit fluvial. Une analyse diachronique portant sur l'évolution depuis 1962 à 2014 du tracé du Beht a été réalisée, en se basant sur les photos aériennes et les images satellitaires Google Earth.

-Le cinquième chapitre a abordé les tronçons fluviaux situés en aval du barrage El Kansera. La plaine alluviale et le lit fluvial ont été étudiés dans les tronçons situés immédiatement en aval du barrage El Kansera et plus à l'aval, dans la plaine du Gharb. Nous avons suivi les mêmes démarches que dans le cas du chapitre précédent.

-Le sixième chapitre a traité les différents aspects de l'anthropisation et son évolution dans la vallée du Beht depuis l'antiquité jusqu'à l'actuel. On a insisté surtout sur les principales étapes de l'installation de la population, les mutations socio-spatiales et les aménagements réalisés dans le bassin versant. L'étude de l'évolution récente de la population du bassin versant s'est basée sur les données des recensements de 1982, 1994, 2004 et 2014. Par la suite, le chapitre a abordé les modes d'occupation du sol, dans différents tronçons et les types d'aménagements réalisés, notamment les aménagements hydrauliques, hydro-agricoles et leurs impacts sur le paysage et la morphologie fluviales en aval du barrage El Kansera.

La conclusion générale fait la synthèse des résultats acquis en réponse aux objectifs visés par la thèse. Elle soulève ensuite les perspectives de recherche dans le futur.

Chapitre 1

Les contextes physique et humain du bassin versant du Beht

Introduction

- 1. Géologie et géomorphologie**
- 2. Topographie, pentes et exposition des versants**
- 3. Climat, végétation et sols**
- 4. Contexte humain et occupation du bassin**

Conclusion

Introduction

Dans ce chapitre on va essayer de dégager tout d'abord les principales caractéristiques physiques du bassin versant de Beht. En effet, le bassin versant d'un cours d'eau constitue une entité topographique et hydrographique fondamentale sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et ses effets sur l'écoulement superficiel et sur la morphodynamique fluviale (G. Réménieras, 1986 ; J.P Bravard et F. Petit, 1997 ; A. Taous, 2005). Il nous a paru ainsi opportun, après avoir délimité et localisé le bassin versant du Beht, d'aborder dans un premier temps son contexte physique, notamment la géologie, la géomorphologie, la topographie, le climat, le sol et la végétation. Les héritages quaternaires, seront décrits brièvement dans ce chapitre, ils seront abordés de façon plus détaillée dans le troisième chapitre. L'objectif, est d'abord de mieux connaître la nature lithologique des terrains et les caractéristiques des unités géomorphologiques traversées par la vallée du Beht, et de déterminer les caractéristiques climatiques (température et précipitations), le couvert végétal et les sols.

Dans un second axe on présente le contexte humain du bassin versant. On a considéré que la composante humaine a une influence sur le comportement hydrologique et morpho-sédimentaire du Beht ; c'est pourquoi on a cherché à caractériser de façon générale l'humanisation du bassin, en rappelant l'historique de l'installation humaine et ses activités, la densité de la population et l'occupation du sol.

La réalisation de ce chapitre s'est basée principalement sur les travaux antérieurs, l'exploitation des cartes géologiques et topographiques qui couvrent le bassin du Beht, les données climatiques et hydrologiques de l'AHBS et le travail de terrain.

1. Géologie et géomorphologie

La connaissance de la géologie et la géomorphologie du bassin versant du Beht s'avère indispensable pour mieux comprendre l'influence des caractéristiques lithologiques et physiographiques des terrains et du relief sur la morphologie de la vallée et sur le comportement hydrologique, dynamique et sédimentaire du cours d'eau du Beht. Sachant bien que le relief, la nature lithologique du substrat, son hétérogénéité et son degré d'imperméabilité contrôlent largement la forme, les caractéristiques du réseau hydrographique, l'hydrodynamique, mais aussi les sols, la végétation, la quantité et la qualité des sédiments fluviaux.

1.1. Géologie

L'étude géologique permet de connaître la nature, les caractéristiques et la répartition des affleurements rocheux livrés à l'érosion dans le bassin versant du Beht, et alimentant le cours d'eau en sédiments. De façon générale, le bassin versant de l'oued Beht est constitué de terrains variés allant du Paléozoïque jusqu'au Quaternaire, dont la répartition spatiale diffère de l'amont vers l'aval

(fig. 1.1). En se basant sur les grandes unités géologiques drainées par le Beht on peut distinguer trois grands tronçons : le Haut Beht, le Moyen Beht et le Bas Beht.

1.1.1. Le Haut Beht

Il commence depuis la confluence des affluents des Oueds Tigrigra et Ifrane. Les branches supérieures de ces affluents drainent les terrains calcaires et dolomitiques diaclasés du Lias inférieure et moyen du causse moyen-atlasique. Ces formations sont recouvertes par endroits par des épanchements basaltiques d'âge quaternaire qui dévalent le long de la vallée de Tigrigra dans le bassin d'Azrou pour atteindre la tête de la vallée supérieure du Beht. Ensuite, l'oued draine des terrains paléozoïques variés du plateau central marocain (Méséta). Il s'agit d'un socle formé essentiellement par des schistes variés, des schistes gréseux, des flyschs et des quartzites (fig. 1.1 ; pl. ph. 1.1a et b). Des roches de dolérites et microgranites hercyniens se présentent en affleurements très limités sous formes de filons (J. Martin et B. Lepoutre, 1967). Depuis la confluence des oueds Tigrigra et Ifrane, le Beht façonne sa vallée dans des terrains carbonifères. Ceux-ci correspondent notamment aux schistes du Viséen supérieur des plateaux de Tassaft El Haj et Telt et de la cuvette d'Ouljet Soltane. Au nord de cette cuvette, affleure la série schisto-gréseuse namurienne des plateaux de Tafoudaïte à l'ouest et d'Assaraoui à l'est. Cette série est parfois percée par de multiples filons de microgranites et de dolérites. Par endroit, les formations paléozoïques sont couvertes en discordance par les terrains mésozoïques, représentées par des formations triasiques d'argiles - gréseux rouges salifères, des formations gypsifères et des basaltes, ainsi que par des marnes et des calcaires dolomitiques jurassiques. Les héritages quaternaires dans le bassin du Haut Beht occupent notamment le fond des gorges façonnées par le Beht, à la faveur des confluences élargies ou de méandres (G. Beaudet, 1969). Ils apparaissent plus nettement dans la cuvette d'Ouljet Soltane, où ils s'organisent en glacis- terrasses étagés relativement bien étendus.

1.1.2. Le Moyen Beht

Ce tronçon commence depuis le bassin de Souk Larbaâ du Beht. Il est délimité à l'est par les plateaux du Saïs de Meknès et à l'ouest par les bas plateaux de Zemmour. Puis, le cours d'eau se prolonge en aval, pour traverser la gorge du barrage El Kansera et façonner sa vallée entre les rides prérfaines, côté est, et les plateaux de Zemmour côté ouest. Dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht, affleurent les terrains permo-triasiques, en particulier dans sa partie méridionale où apparaissent des assises rouges du Trias (argiles, dépôts gypsifères, grès) (fig.1.1 ; pl. ph. 1.1c). En revanche, dans sa partie septentrionale, affleurent des formations jurassiques dominées par les calcaires et les dolomies qui s'organisent en corniches surmontant les formations permo-triasiques (pl. ph. 1.1d).

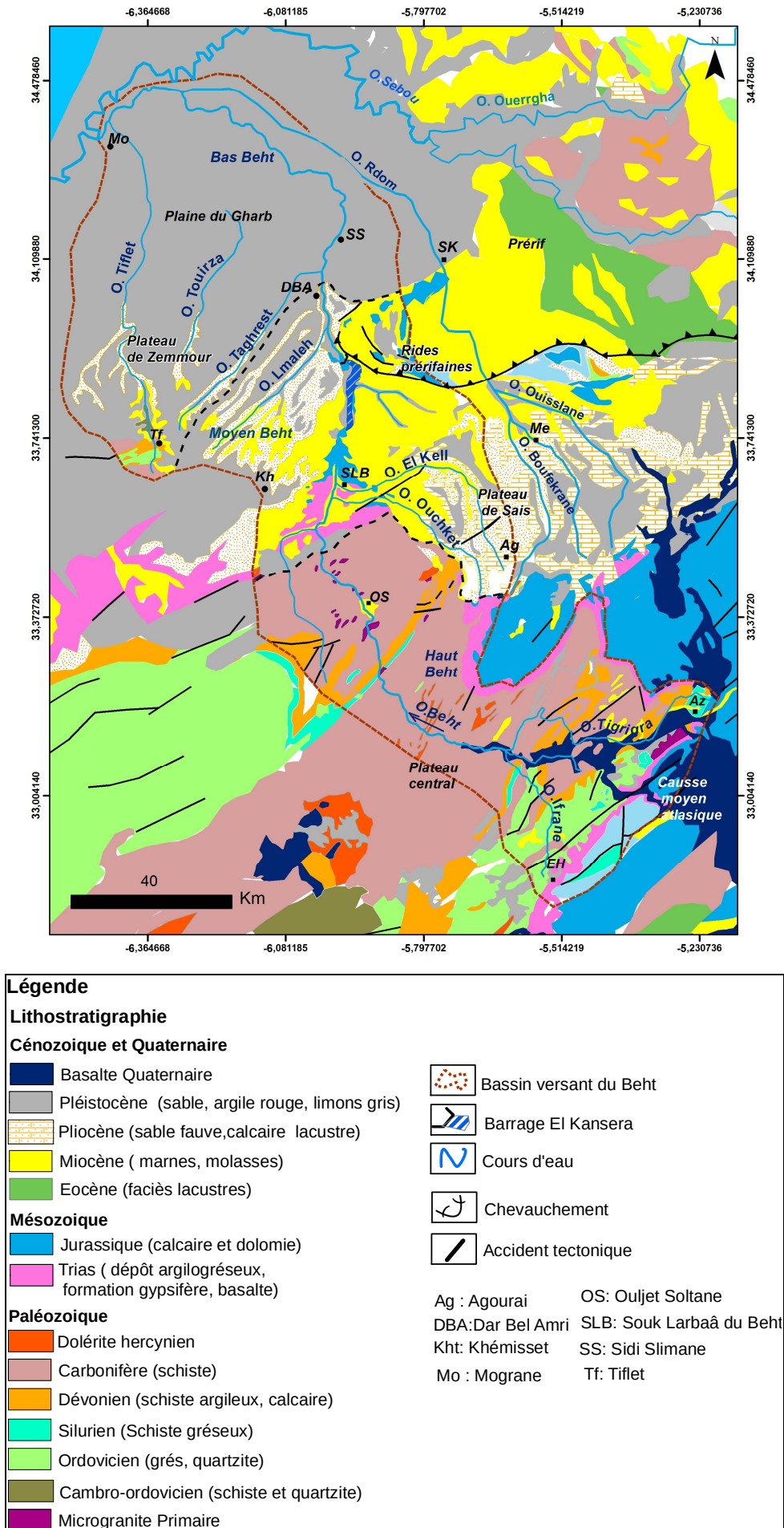


Figure. 1.1. Contexte géologique général du bassin versant du Beht

Dans ce bassin confluent les oueds El Kell et Ouchket, affluents de rive droite du Beht. Ces cours d'eau drainent les terrains marneux et les molasses miocènes, ainsi que les sables fauves et les calcaires lacustres pliocènes du plateau de Sais de Meknès. Ce dernier est limité vers le sud par un rejet de flexures orientées sud-ouest/nord-est (P. Taltasse, 1953 ; M. Mint Chevie, 2011). Plus en aval, les reliefs des rides sud – rifaines qui surplombent Oued Beht à sa sortie du barrage El Kansera, sont soulevées en particulier par le charriage chevauchant vers le sud et la remontée diapirique du Trias salifère sous-jacent au Mio-Plio-Quaternaire (J.C. Faugères, 1978) (pl. ph. 1.1e). Ces rides s'observent nettement sur la rive droite de l'oued Beht. Elles sont constituées essentiellement de formations calcaires et des marno-calcaires d'âge triasique et jurassique, surmontées par les «grès de Zerhoun» attribués au Bathonien, alors que les molasses de base du Miocène enveloppent les plis des rides calcaires. Globalement, dans cette zone, la tectonique s'est y manifestée principalement par des plis, d'importants chevauchements, des écailles et des failles. Les terrains du Miocène et du Mio-Pliocène qui recouvrent la nappe pré-rifaine (pl. ph. 1.1f), montent une série épaisse comportant les molasses à la base sur tout le pourtour du Gharb, puis les marnes bleues tortoniennes et enfin les sables dits « sables de Dar Bel Amri » du Pliocène (G. Bryssine et al., 1966). Quant à la rive gauche, elle est bordée par les terrains des bas plateaux de Zemmour, formés principalement par les marnes néogènes et les sables caillouteux villafranchiens. Ces plateaux sont drainés par des petits affluents du Beht, comme par exemple Oued El Maleh qui draine vers le Moyen Beht; et par Oued Tiflet et d'autres oueds qui se perdent en aval dans la plaine du Gharb (Bas Beht). En ce qui concerne les héritages alluviaux quaternaires dans la vallée moyenne du Beht, ils sont bien représentés et relativement étendues dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht qui montre six niveaux de terrasses quaternaires (G. Beaudet, 1969). Celles-ci sont observées également en amont du barrage El Kansera, où ils s'organisent en terrasses étagées de part et d'autre du cours d'eau. En aval du barrage, les terrasses fluviales s'étendant depuis El Ganzra à Dar Bel Amri sous formes de six niveaux de terrasses fluviales (N. Bouab, 1992).

1.1.3. Le Bas Beht

Le cours inférieur du Beht se développe principalement dans la partie sud - ouest de la plaine du Gharb qui correspond structuralement à un secteur subsidant. Ici le cours d'eau s'étend depuis Dar Bel Amri, à l'amont de Sidi Slimane pour confluer avec le Sebou à Mograne. La plaine du Gharb est une zone subsidante comblée sur une grande épaisseur par des alluvions quaternaires et récentes amenées par le Sebou et ses affluents (A. Piqué, 1994). Les formations alluviales quaternaires anciennes composées de cailloutis et limons, plongent sous la plaine du Gharb ; les plus récentes, du Soltanien affleurent en bordure de la plaine du Gharb ; ce sont des faciès limoneux de couleur rouge à jaunâtre, avec quelques niveaux de cailloutis à la base. Tandis que les dépôts limoneux plus ou moins sableux et argileux du Gharbien recouvrent l'ensemble de la plaine

(G. Bryssine et al., 1966). J. Le Coz (1964) avait remarqué que la grande extension des formations du Gharbien est l'une des principales originalités morphologique et sédimentologique de la plaine du Gharb. La partie sud-ouest du Gharb est dominée par les bas plateaux de Zemmour couverts en partie par la forêt de Maâmora. Cette partie est drainée par des petits cours d'eau comme Oued Tiflet et d'autres cours d'eau qui se perdent dès l'entrée dans la plaine. Par exception, quelques affleurements des grès dévoniens et ordoviciens apparaissent au sud de Tiflet (G. Beaudet et al., 1966).

1.1.4. Tectonique

La tectonique du Haut bassin du Beht s'est manifestée généralement par des plis à grands rayon de courbures qui ont affecté les terrains paléozoïques de la Meseta ; ces terrains sont également affectés par des failles de direction préférentielle sud-ouest/ nord-est proche de N45. Il s'agit principalement d'accidents tectoniques de directions hercyniennes réactivées par la tectonique alpine, qui individualisent des compartiments abaissés ou soulevés (G. Beaudet, 1969). La tectonique post-Miocène a favorisé le jeu vertical de failles de l'ordre de quelques dizaines de mètres, tout en provoquant aussi des décrochements. Ces failles ont manifesté également dans la zone du couloir sud rifain, séparé des rides par l'accident majeur sud-rifain (K. Boumir, 1990). Dans la zone des rides, la tectonique alpine s'est manifestée par des plis, des chevauchements vers le sud et l'écaillage des terrains (J.C Faugères, 1978). La plaine du Gharb est une dépression affectée par la subsidence.

1.1.5.- Répartition relative des terrains géologiques dans le bassin du Beht

L'étude de la répartition des terrains dans le bassin versant du Beht (fig. 1.2 et tab. 1.1) montre que les formations géologiques d'âge paléozoïque sont prédominantes, puisque elles couvrent 36% de la superficie totale, avec domination des schistes du Carbonifère (26%). Les formations d'âge quaternaires représentent 29% de la superficie totale ; l'essentiel de faciès correspond aux sables et argiles rouges du Pléistocène avec 24% et seulement 5% des limons de l'Holocène. L'affleurement des formations d'âge cénozoïque occupe 27% de la superficie totale représentés par les sables fauves, les calcaires lacustres, les grès du Pliocène, les marnes et les mollasses du Miocène (respectivement 14,5% et 12%). Quant aux formations d'âge mésozoïque, elles sont peu présentées (seulement 8%) et affleurent en particulier dans le bassin du Souk Larbaâ du Beht, notamment dans sa partie méridionale par les dépôts argilo-gréseux et les formations gypsifères et les basaltes avec 4% ; les calcaires et dolomies du jurassique affleurent dans la partie septentrionale avec 2%.

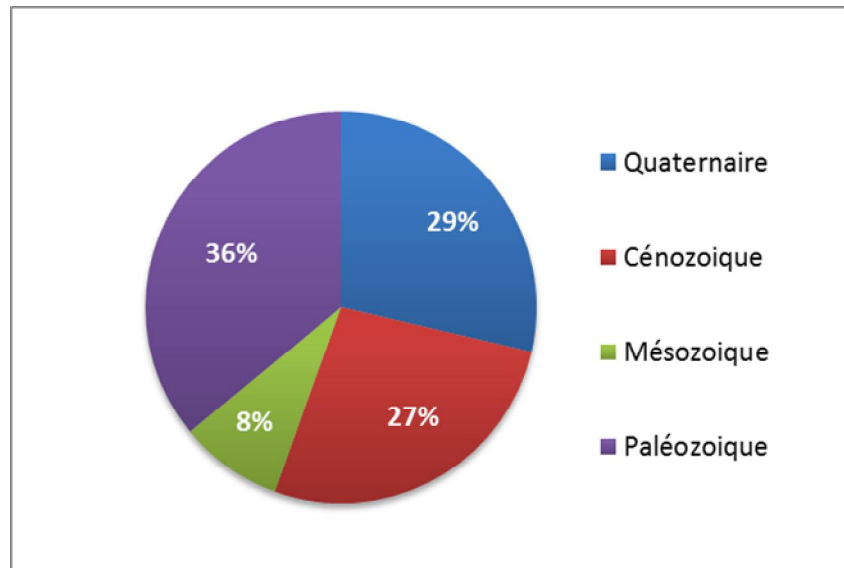


Figure. 1.2. Répartition surfacique relative des terrains dans le bassin versant du Beht selon leur âge géologique

Ere géologique	Superficie (en %)	Etage	Faciès	Superficie (en%)
Quaternaire	29	Holocène	Limons	4,93
		Pléistocène	Sables, argiles rouges, limon cailloutis	24,00
Cénozoïque	27	Pliocène	Sables fauves, Calcaires lacustres	14,50
		Miocène	Marnes, mollasses	12,00
		Eocène	Faciès lacustres	0,3
Mésozoïque	8	Jurassique	Calcaires, dolomies	2
		Trias	Argiles, gypses, basaltes	6
Paléozoïque	36	Carbonifère	Schistes	26
		Dévonien	Schistes argileux, calcaire	4,30
		Silurien	Schistes gréseux	0,90
		Ordovicien	Grès et quartzite	5,00
		Cambro-Ordovicien	Schistes et quartzites	0,10

Tableau. 1.1. Représentativité des formations géologiques du bassin versant du Beht, selon leur âge et leur lithologie



a- Affleurement de schistes du Viséen dans la vallée du Haut Beht



b- Affleurement du substratum schisteux à Ouljet Soltane



c- Affleurement des argiles rouges triasiques à Souk Larbaâ du Beht



d- Affleurement de calcaires liasiques dans la vallée du Beht à Sfassif



e - Affleurement des calcaires liasiques à Jbel Jbil et Jbel El Kansera



f- Affleurement des marnes du Miocène en rive gauche du Beht à Beauséjour

Planche photos. 1.1. Exemples d'affleurements de formations géologiques dans la vallée du Beht

1.2. Unités et paysage géomorphologies

De point de vue géomorphologique, le bassin versant de l'Oued Beht offre une variété de paysages et d'unités de relief (fig. 1.3). De l'amont vers l'aval le cours d'eau traverse : l'extrémité occidentale du causse moyen atlasique, les unités orientales du Plateau Central, la partie occidentale du sillon sud- rifain, les rides pré-rifaines, les bas plateaux de Zemmour et la Plaine du Gharb (Atlas du bassin de Sebou, 1970).

1.2.1. Le paysage géomorphologique du Haut Beht

Le cours supérieur du Beht parcourt des paysages géomorphologiques distincts. D'abord les deux branches les oueds Tigrigra et Ifrane prennent naissance à partir des sources de Tigrigra et Ifrane qui émergent sur la périphérie occidentale du causse moyen atlasique karstifié. Ils parcourent ensuite la dépression orientale du plateau central à formations permo-triasiques. Au nord de cette dépression, la confluence des oueds Tigrigra et Ifrane donne naissance à l'oued Beht proprement-dit ; ce dernier traverse ensuite les plateaux du haut pays et les plateaux du palier topographique intermédiaire.

a)- Le causse moyen -atlasique

Les oueds Tigrigra et Ifrane, principaux affluents supérieurs du Beht, prennent naissance dans l'extrémité occidentale du causse moyen atlasique karstifié ; précisément dans les entablements rigides des causses d'El Hajeb, Ifrane et Ain Leuh, étagés vers 1400, 1500, 1800 m d'altitude. Ce sont des plateaux carbonatés du Lias inférieur et moyen dominés par les calcaires et les dolomies et recouverts par endroits par des épanchements volcaniques de basaltes quaternaires (J. Martin et B. Lepoutre, 1967). Leurs rebords occidentaux surplombent l'extrémité orientale de la dépression orientale du Plateau central.

b)- Le Plateau Central

Le Plateau Central fait partie des trois principaux bombements du socle hercynien du Maroc atlantique. C'est un fragment soulevé du socle paléozoïque de la Meseta qui est situé entre le bassin de Sebou et celui d'Oum Er-Rabia. L'ensemble de ce plateau est constitué principalement de schistes et schistes quartzitiques (J. Martin et al., 1964). On y reconnaît l'existence et la disposition de quatre unités majeures de relief constituant : au pied du Moyen Atlas, la dépression orientale qui étale ses plaines surmontées de barres rocheuses ; puis, se tient le Haut pays déjeté vers l'est où se juxtaposent des massifs de crêtes culminantes. Au nord et à l'ouest du Haut pays, se tiennent deux larges gradins formant des paliers topographiques dits « intermédiaire » et « inférieur » (G. Beaudet, 1969).

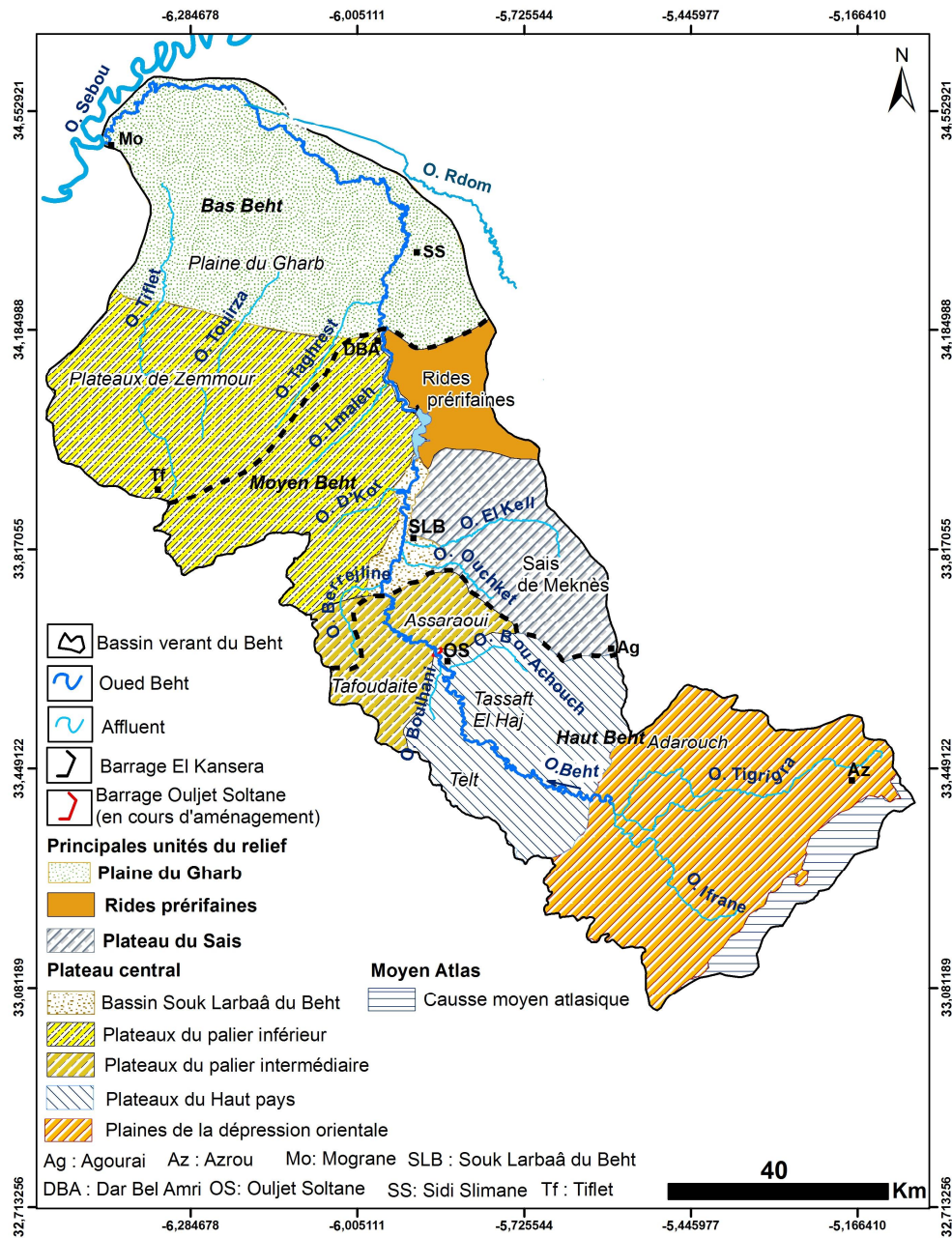


Figure.1.3. Carte simplifiée montrant les différentes unités géomorphologiques drainées par le Beht

b.1. La dépression orientale :

La partie septentrionale de la dépression orientale est formée par les plaines d’Azrou qui sont limitées au sud par les plaines de Mrirt, à l’ouest par les plateaux du haut pays et au nord par les causses d’El Hajeb et Agourai. Ses plaines sont subdivisées par des alignements parallèles de crêtes en compartiments orientés SW-NE et entaillés par les branches supérieures du Beht, formant un relief de type appalachien caractéristique. Ce sont des étendues rigoureusement planes façonnées dans les schistes du Viséen supérieur et recouvertes en partie par une chape basaltique. Elles sont drainées par les Oueds Tigrigra et Amghass qui s’encaissent vers l’aval en petits canyons à blocailles dans les basaltes. L’entaille de l’oued Ifrane et ses affluents interposent un paysage composé de simples replats à Ain Leuh et des buttes isolés de la corniche principale (G. Beaudet,

1969). Les bassins de l'oued Ifrane sont caractérisés par des couloirs schisteux au fond desquels s'allongent d'étroites plaines (Atlas du bassin du Sebou, 1970).

b.2-Le Haut pays :

Depuis la confluence des oueds Tigrigra et Ifrane, le Beht draine les Hauts pays formés de moyennes montagnes à crêtes culminantes atteignant 1600 m, de plateaux découpés et des dépressions de vallée, le tout forme un relief appalachien caractéristique. L'ensemble est façonné dans des matériaux schisteux et quartzeux datant du Primaire. L'Oued Beht, d'abord, il entaille sa vallée entre les plateaux de Tassaft El Haj-Achmèche à l'est et ceux de Telt à l'ouest, puis il rejoint la dépression d'Ouljet Soltane qui fait partie de la retombée septentrionale du Haut pays. Au nord de cette dépression, le cours d'eau creuse sa vallée entre les deux plateaux d'Assaraoui côté est et Tafoudaite côté ouest. Ces plateaux sont dominés par un paysage de collines vers le sud, alors que vers le nord ils sont découpés en lanières convexes inclinées du SSE au NNW, par les oueds tributaires du bassin triasique de Souk Larbaâ du Beht (G. Beaudet, 1969).

1.2.2. Le paysage géomorphologique du Moyen Beht

La vallée du Moyen Beht est façonnée à son début, dans le bassin triasique de Souk Larbaâ du Beht. Vers l'ouest, elle draine une partie des bas plateaux de Zemmour, tandis que vers l'est et le nord-est elle draine dans un premier temps le plateau de Sais de Meknès qui fait partie du sillon sud rifain et par la suite les terminaisons occidentales des rides pré-rifaines.

a. Le bassin de Souk Larbaâ du Beht

A la sortie des plateaux du haut pays, le Beht tronçonne la partie orientale du palier topographique inférieur, en longeant le synclinal triasique de Souk Larbaâ du Beht. Ce synclinal est enserré par le Sais de Meknès à l'est et les bas plateaux Zemmour à l'ouest qui s'abaissent et se raccordent au Gharb méridional par les étendues sableuses de la Maâmora. C'est un bassin triangulaire situé au pied du palier topographique intermédiaire, où apparaissent les assises rouges du Trias, tantôt modelées en longues pentes concaves cultivées, tantôt lacérés en badlands abrupts. Alors qu'au nord les corniches qui les surmontent sont ourlées des affleurements clairs du Miocène (G. Beaudet, 1969).

b. Le Sais de Meknès

Le bassin du Saïs constitue une partie du sillon sud rifain qui s'est formé au Miocène supérieur après effondrement des bordures septentrionales de la Meseta occidentale et du Causse moyen-atlasique (K. Boumir, 1990). L'appellation de Saïs, historiquement réservée à la région de Fès, a été étendue au plateau de Meknès et correspond à la partie centrale du sillon sud-rifain. Il s'agit d'une zone déprimée par rapport aux rides pré-rifaines situées au nord, et par rapport au Plateau

Central et au Causse moyen-atlasique qui la limite au sud. Les limites du Saïs suivent assez fidèlement l'extension des formations lacustres pliocènes de Saïs qui couronnent le plateau (H. Faraj et al., 1966). Le plateau de Sais de Meknès est tabulaire et s'organise par paliers qui s'élèvent de Meknès à Agourai. Il se présente en plateau caractérisé par l'encaissement du réseau du Beht moyen à l'ouest et du Rdom au nord. Par contre d'Agourai au sud et aux abords de Meknès au nord le Sais prend figure d'une plaine à peine égratignée de quelques valons aux pentes doucement convexes. Au sud, de part et d'autres de Oued El Kell supérieur, les plans du Sais se raccordent aux topographies planes de l'angle nord-est du Plateau central que domine l'escarpement du Causse d'Agourai. Entre les versants érodés, Oued El Kell est encaissé de plus de 100 m. D'abord il se dirige vers le nord puis à hauteur de Meknès, il dessine un grand coude vers l'ouest en direction du Beht. Ses affluents de rive gauche sont tous parallèles ayant découpés la partie occidentale s'inclinant vers le bassin de Souk Larbaâ du Beht (G. Beaudet, 1969).

c.-Les bas plateaux de Zemmour

Ces plateaux sont constitués de marnes néogènes et de sables caillouteux villafranchiens descendant en pente douce depuis le sud où ils se tiennent à 450-500 m, jusqu'au nord où on les retrouve à 250 m en bordure du Gharb. Ces bas plateaux sont réduits à de minces lanières entre les vallées des oueds orientés SW-NE qui dévalent vers le Gharb ou vers le Beht. Aux approches du Gharb, les vallées n'entaillent plus que la masse indifférenciée et peu résistante des marnes néogènes. Leurs versants sont convexes, très réguliers et leur modelé est affecté par le défrichement anthropique : selon la raideur de la pente, l'épaisseur du dépôt de versant, apparaissent plusieurs ravines et des arrachements de solifluxion (G. Bryssine et al., 1966).

d.-Les rides pré-rifaines

Elles sont ainsi nommées parce que leur histoire géologique est liée à celle des montagnes rifaines qu'elles bordent. Elles constituent un domaine complexe constitué de terrains triasique et jurassique surtout des calcaires et des marno-calcaires, surmontés par les grès qui sont attribués au Bathonien. Les mollasses de base du Miocène enveloppent les plis des rides calcaires (G. Bryssine et al., 1966). Ce complexe de rides est accidenté et affecté de plissements récents, d'âge Plio-quaternaire puisqu'ils affectent le Miocène supérieur et Pliocène marneux de l'avant-fosse du Rif (A. Michard et al, 2008). Il est traversé profondément par la vallée du Beht.

1.2.3. Le paysage géomorphologique du Bas Beht

Le cours inférieur du Beht draine une nouvelle entité géomorphologique qui correspond à la plaine du Gharb, où il conflue avec Oued Sebou à Mograne. Après sa traversée dans les rides, en aval de Dar Bel Amri (à l'amont de Sidi Slimane), Oued Beht draine la partie méridionale du bassin subsident du Gharb. Ce dernier résulte des mouvements d'effondrement de la partie ouest du Sillon

sud-rifain qui ont persisté durant tout le Quaternaire (A. Michard, 1976) et qui ont largement influencé le réseau hydrographique régional (A. Taous et al., 2016). En surface la plaine du Gharb correspond aujourd'hui à une vaste plaine alluviale, autrefois marécageuse où vient se confluer les oueds affluents du Sebou comme le Beht, l'Ourgha et le Rdom. Elle est encadrée par un double alignement de dunes et lagunes littorales par le rebord forestier de Maâmora et par les collines de Chrarda et du Haut Gharb (J. Le Coz, 1964). La plaine du Gharb présente la forme d'une cuvette triangulaire sans relief à pente généralement douce et inclinée vers son centre. Elle est exhaussée au niveau des oueds qui coulent entre des berges à levées naturelles surélevées par rapport à la plaine environnante plate. Les dépôts alluvionnaires actuels ou subactuels de nature limoneuse ne couvrent pas l'ensemble de la plaine ; ils s'étalent tout le long des lits des principaux oueds. On peut ainsi distinguer un nombre d'unités géomorphologiques dans cette plaine (G. Bryssine et al., 1966) :

- les vastes dépressions (*Merjas*) qui sont des surfaces d'inondations, qui formaient en hiver avant leur assainissement durant les années 1930-1960, des lacs à bords marécageux, et en été une plaine verdoyante avec quelques étangs résiduels ;
- la plaine proprement dite, plate à altitude légèrement plus élevée ;
- les zones des levées alluviales tout le long des principaux oueds ;
- Enfin les glacis du Zrar qui s'élève en pente douce vers le sud-est.

2. Altitude, pente et exposition des versants

Les facteurs météorologiques et géomorphologiques varient avec l'altitude du relief, les pentes et l'exposition des versants et influencent amplement les conditions d'écoulement, d'érosion et de production de sédiments dans le bassin versant.

2.1. L'altitude

L'altitude du relief influence largement le comportement hydrologique et géodynamique du bassin versant, car de nombreux facteurs météorologiques tels que les précipitations, la température et les débits spécifiques des cours d'eau varient fortement avec l'altitude (A. Taous, 2005).

Les tranches d'altitude dans le bassin versant de l'Oued Beht présentent un gradient décroissant de l'amont vers l'aval (fig. 1.4). Le Haut Beht montre de fortes altitudes atteignant plus de 1250 m, limités aux rebords septentrionaux et occidentaux du Causse moyen-atlasique, le point culminant est de 2146 m à Jbel Boukhitane. En se déplaçant vers la dépression orientale l'altitude décroît progressivement. Ici, dans les plaines et les bassins déprimés, l'altitude ne dépasse pas 900m, contrairement aux crêtes culminantes qui peuvent atteindre 1200 m. Dans la zone du Haut pays (plateaux de Tassaft El Haj et Telt), et au niveau des plateaux du palier topographique intermédiaire (Tafoudait et d'Assaraoui) les altitudes varient de 450m à 1050m. L'altitude atteint une valeur de 300 m au fond de la vallée du Beht dans les bassins d'Ouljet Soltane et seulement

160m dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht. En se déplaçant vers le cours inférieur du Beht, les tranches d'altitudes se limitent à des basses et moyennes altitudes (50m-250m) et (250m-450). Les basses altitudes marquent les bas plateaux de Zemmour côté ouest et la partie méridionale de plaine du Gharb. Alors que les altitudes comprises entre 250m et 450m sont observés dans les collines préifaines situées à l'est de la retenue d'El Kansera. L'altitude continue à décroître en se déplaçant vers l'aval de Dar Bel Amri ou l'altitude atteint de valeurs inférieures à 50 m.

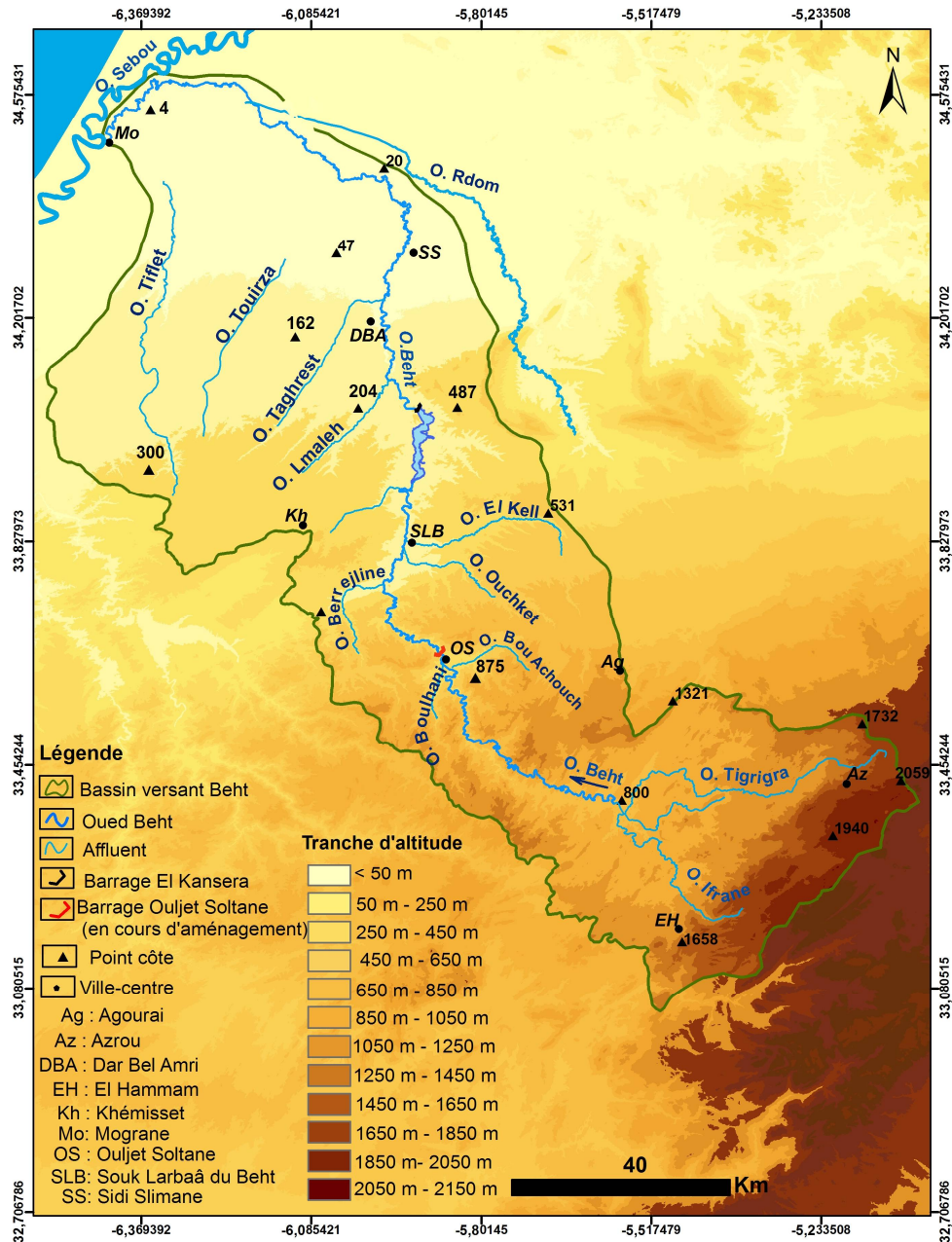


Figure. 1.4. L'hypsométrie du bassin versant de l'Oued Beht

L'analyse des tranches d'altitude dans le bassin versant du Beht nous permet d'en déduire la répartition surfacique en km^2 (tab. 1.2 et fig. 1.5) :

-. La tranche des hautes altitudes (supérieures à 1250 m) est d'environ 8 % dans le bassin ; elle occupe essentiellement les rebords occidentaux du Causse moyen-atlasique (Sidi Mguid ; 2077 m)

et les reliefs des crêtes culminantes de la dépression orientale (Jbel Khemis Tafgout ; 1263m) aux environs d'El Hammam.

-. Les tranches d'altitude intermédiaire comprise entre 450 et 850 m, couvrent 30% du bassin versant et représentent les plateaux lanières du Haut pays et du palier topographique intermédiaire (plateaux de Tassaft El Haj-Telt et ceux d'Assaraoui-Tafoudaite).

-. La tranche d'altitude dominante est celle des basses altitudes, comprises entre 50 et 250m. Elle occupe 40% du bassin versant et domine largement le bassin du cours inférieur du Beht, s'étendant depuis le barrage El Kansera jusqu'à Mograne. Ces altitudes caractérisent particulièrement l'aval de Dar Bel Amri qui coïncide avec la partie méridionale de la plaine du Gharb, où l'altitude décroît pour atteindre des valeurs inférieures à 5m.

Tranche d'altitude	Superficie km ²	Pourcentage
<50	1561,5	18,46
50 -250	1778,5	21,03
250-450	1405,8	16,62
450 - 650	562,1	6,65
650 -850	569,2	6,73
850 -1050	945,1	11,18
1050 -1250	824,4	9,75
1250-1450	239,6	2,83
1450-1650	160,2	1,89
1650-1850	225,3	2,66
1850-2050	183,6	2,17
>2050	1,8	0,02
Total	8457,0	100,00

Tableau.1.2. Distribution surfacique des classes d'altitude dans le bassin du Beht

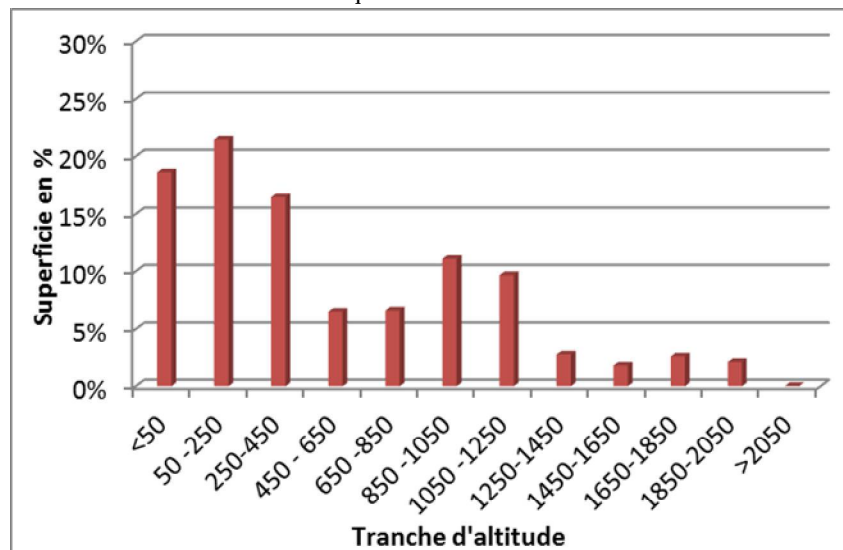


Figure.1.5. La répartition surfacique des tranches d'altitude dans le bassin versant du Beht

2.2. La pente

L'écoulement et l'érosion dans un bassin versant sont conditionnés par la pente des versants et du lit fluvial. La pente influence directement la vitesse de l'écoulement dans le réseau hydrographique et par conséquent la compétence du cours d'eau et la mobilisation des matériaux sédimentaires transportés. Le bassin versant du Beht est hétérogène de point de vue de la répartition des classes de pente (fig. 1.6), qui diffère selon les trois zones du bassin, le Haut Beht, le Moyen Beht et le Bas Beht.

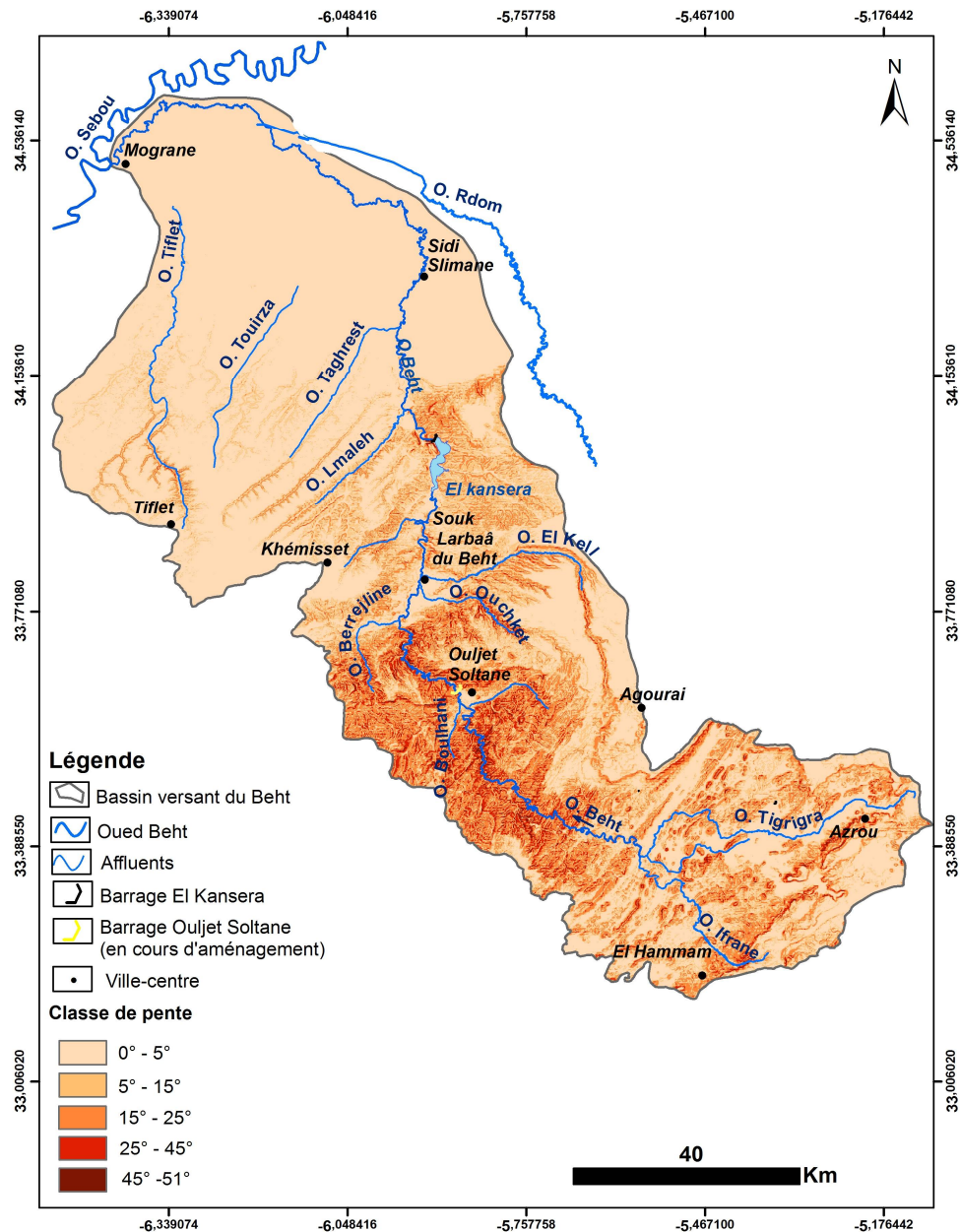


Figure 1.6. Répartition des classes de pentes dans le bassin versant du Beht

Le premier sous bassin, drainé par les branches supérieures des oueds Tigrigra et Ifrane est caractérisée par des pentes faibles (0° -5°) à moyenne (5° -15°). Les faibles pentes se rencontrent particulièrement au niveau des bassins déprimés d'Ifrouzid, d'Amghass et la dépression d'Adarouche ; alors que les pentes raides à fortes, représentent les versants des crêtes culminantes

qui s'alternent aux bassins. Les très fortes pentes sont limitées aux corniches limitrophes du causse moyen -atlasique. Dans le Moyen Beht, la répartition spatiale des classes de pentes diffère de ce qu'on a vu dans le Haut Beht, puisque les pentes fortes dominent au niveau des versants des croupes étroites des plateaux de Telt côté ouest et Tassaft El Haj côté est. Elles dominent aussi dans les versants convexo-concaves qui délimitent la vallée du Moyen Beht au nord d'Ouljet Soltane, et qui sont façonnés dans les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui. La classe de pentes très fortes est très peu représentée dans cette partie du bassin versant. Les bassins d'Ouljet Soltane et de Souk Larbaâ Oued Beht présentent des pentes faibles à moyennes. Quant au bassin du Bas Beht, il se caractérise majoritairement par des faibles pentes ($<5^\circ$), puisqu'il se développe dans la plaine du Gharb.

L'analyse des résultats obtenus sur la répartition des pentes (tab. 1. 3 et fig. 1.7) montre que 62% de la surface du bassin versant se caractérise par une faible pente, inférieur à 5° , ce qui est en relation avec l'importante étendue du bassin du cours inférieur du Beht dans la plaine du Gharb. Les terrains à forte pente comprise entre 15° et 25° , représentent 34%. Elles sont rencontrées essentiellement dans les versants des plateaux de Tassaft El Haj-Achmèche et au niveau des plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui. En revanche, 3.9% seulement des terrains ont une pente comprise entre 25° et 45° (fig. 1.7). Les autres classes de pentes partagent environ 39% de la superficie du bassin versant.

Classe de pente	Surface km2	Pourcentage
$<5^\circ$	5292	62,0
$5^\circ-15^\circ$	1497,7	18,1
$15^\circ-25^\circ$	1362,2	15,5
$25^\circ-45^\circ$	298,3	3,9
$> 45^\circ$	6,61	0,5
Total	8457	100

Tableau. 1.3. Répartition des classes de pente dans le bassin versant du Beht

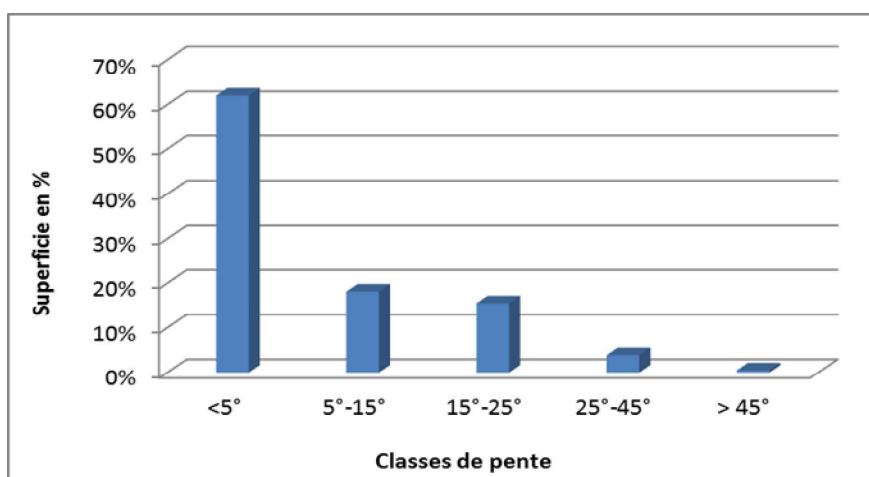


Figure. 1.7. Répartition surfacique des classes de pentes dans le bassin du Beht

2.3. L'exposition des versants

L'exposition des versants influence la répartition et l'étagement de la végétation sur les versants selon les conditions d'ensoleillement et détermine aussi les conditions de ruissellement, d'érosion et de production de sédiments. Il s'agit d'un facteur déterminant parce qu'il conditionne le potentiel morphogénique et oriente ainsi la dynamique érosive (J.M. Avenard, 1995). L'exposition des versants influence largement le gradient pluviométrique et l'ensoleillement

L'analyse de la carte du bassin de Beht élaborée sous Arc Gis à partir du modèle numérique de terrain (fig. 1.8), montre une variété de couleur reflétant la diversité de l'exposition des versants. Selon cette carte on a pu distinguer 8 classes d'exposition des versants allant du nord vers le nord-ouest.

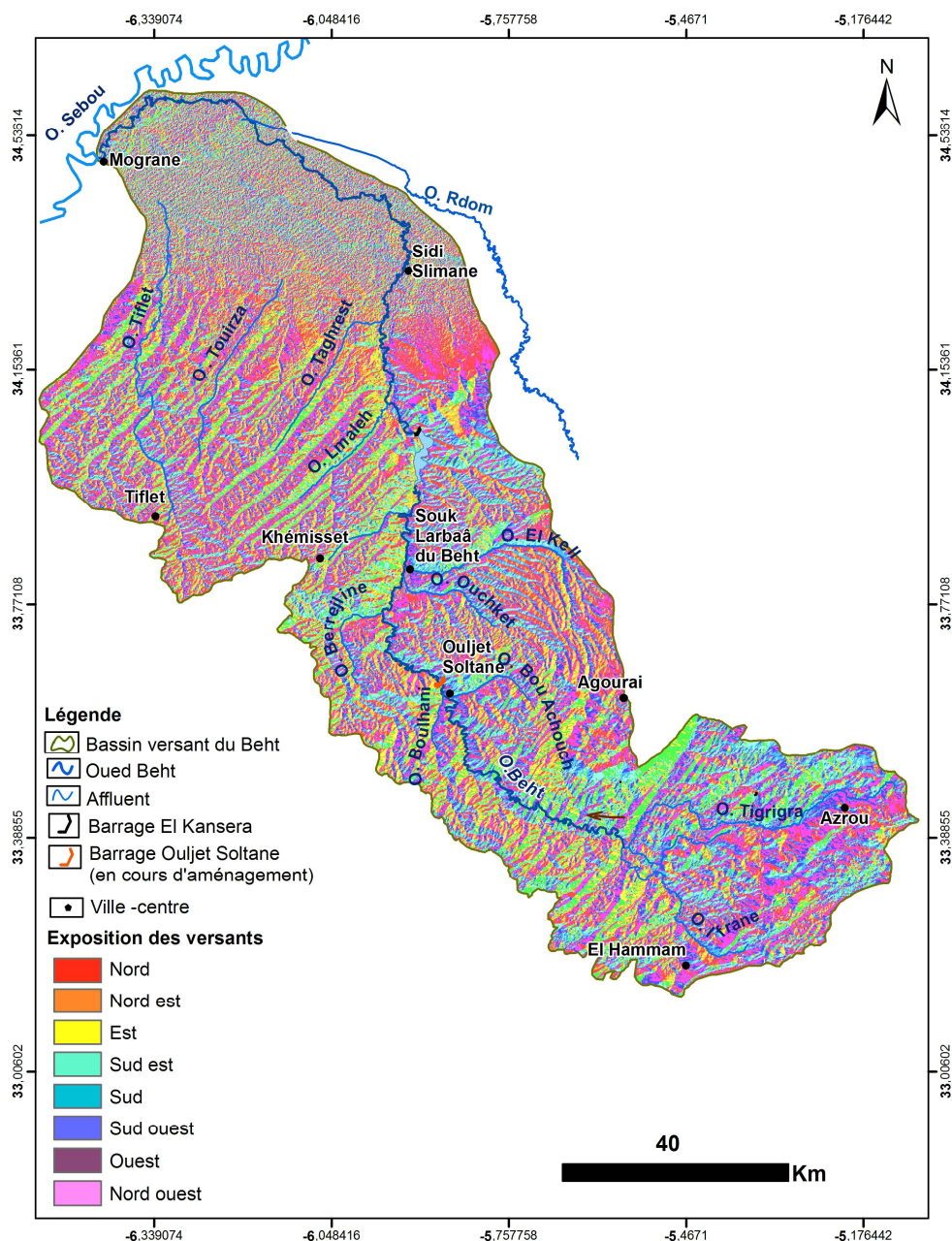


Figure. 1.8. Exposition des versants dans le bassin versant de l'Oued Beht

On a calculé la représentativité surfacique des 8 classes d'exposition (tab.1.4 et fig. 1.9). Les versants d'orientation nord et ses variantes nord-est et nord-ouest, représentent respectivement 17%, 11% et 18%. Ce sont les plus arrosées et les mieux ensoleillées, ce sont les plus tournés vers la solifluxion en présence des roches tendres vis-à-vis de l'érosion. Alors que ceux exposés au sud et ses variantes sud-est et sud-ouest représentent respectivement 11% ; 12% et 10%. Ils sont plus chauds et plus secs favorisant le ruissellement. Quant à ceux orientés vers l'ouest et l'est, ils représentent respectivement 12% et 10%.

Exposition des versants	Superficie km2	Pourcentage
Nord	1410,51	17
Nord-Est	948,99	11
Est	829,42	10
Sud-Est	982	12
Sud	963,4	11
Sud-Ouest	826,78	10
Ouest	997,92	12
Nord-Ouest	1497,65	18
Total	8457	100

Tableau. 1.4. Superficie des expositions des versants dans le bassin versant du Beht

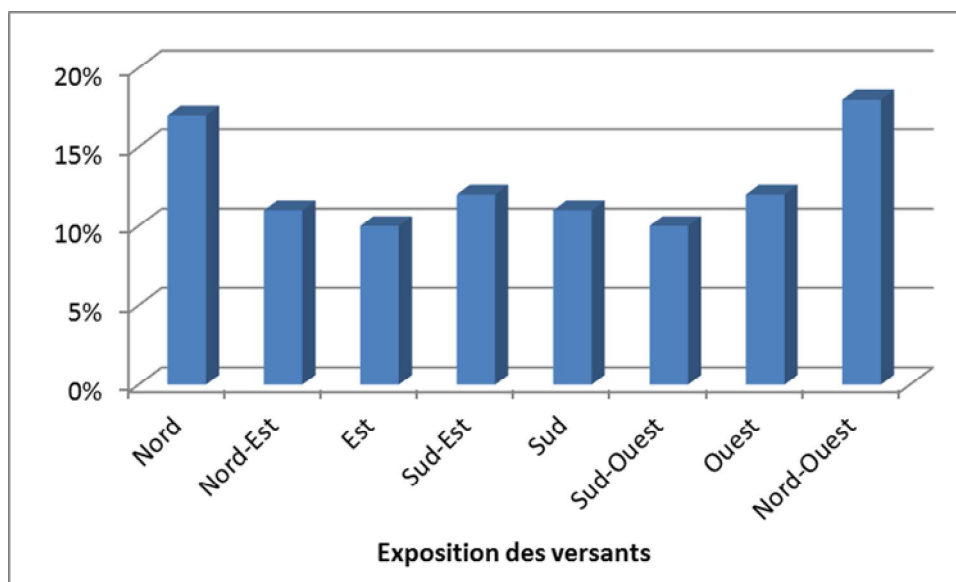


Figure. 1.9. Histogramme de la répartition surfacique de l'exposition des versants dans le bassin du Beht

3. Climat, végétation et sols

Le contexte climatique détermine l'écoulement fluvial et le type de régime hydrologique, ainsi que les processus de la géodynamique externe, notamment les modalités d'érosion et de genèse de sédiments dans le bassin versant. Le climat contrôle également le couvert végétal et le type des sols, qui sont intimement liés et qui ont une action combinée sur la réaction hydrologique

du bassin versant (A. Taous, 2005). L'abondance du couvert végétal contribue en effet, d'une part à la régulation de l'écoulement et d'autre part à la protection des versants contre l'érosion. Elle influence également le taux de l'évapotranspiration et la vitesse de l'écoulement sur les versants. La typologie des sols est liée à la lithologie et la végétation. Elle intervient dans le taux d'infiltration, le taux d'humidité, la capacité de rétention d'où la nécessité de déterminer les types de sols présents dans le bassin versant.

3.1. Climat

Le climat fait référence aux conditions météorologiques moyennes touchant un endroit donné pendant une longue période de temps. Son étude exige l'analyse des conditions météorologiques quotidiennes, mensuelles et annuelles pendant plusieurs décennies. Il se définit à partir de l'analyse de certains éléments météorologiques comme les précipitations et la température. Ces éléments influencent largement le bilan et le comportement hydrologique des bassins versants. En hydrologie la connaissance des précipitations est essentielle, car celles-ci conditionnent le fonctionnement du cycle de l'eau. Leur impact est déterminant sur les écoulements de surface, retenues d'eau naturelles ou artificielles, et nappes d'eau souterraines. La variation des précipitations et de la température se traduit au niveau des variables de contrôle d'un bassin versant, qui sont principalement le débit liquide et la charge solide du cours d'eau (S.A. Schumm, 1970 ; J.P. Bravard et F. Petit, 1997 ; A. Taous, 2005).

Dans l'objet d'étudier le contexte climatique du bassin versant de l'Oued Beht, nous avons analysé les séries pluviométriques dans quatre stations, alors que pour l'analyse des séries chronologiques thermiques on s'est limité à deux stations vue l'indisponibilité des données dans les autres stations.

3.1.1. Les stations climatiques et les séries de données utilisées

L'étude de l'évolution temporelle de la pluviométrie dans le bassin versant du Beht repose sur des séries pluviométriques annuelles qui sont enregistrées au niveau de quatre stations météorologiques, choisies sur la base des critères de la durée et la qualité de données. Les stations utilisées sont situées dans le Haut Beht : la station d'Ifrane aéroport, celle de Sidi El Mekhfi et celle d'Ouljet Soltane ; la station d'El Kansera est située dans le Moyen Beht (fig. 1.10). La station d'Ifrane est la seule qui offre une longue série chronologique de 72 ans, tandis que les trois autres présentent des séries chronologiques de 33 ans (tab. 1.5). Quant à l'étude de l'évolution thermique, on s'est basé sur les données de températures enregistrées et disponibles dans les stations d'Ifrane aéroport et Barrage El Kansera.

Station météorologique	Coordonnées			Données disponibles	Série de données
	X	Y	Z		
Ifrane aéroport	524000	323200	1640	Précipitations Température	1934/2007
Sidi El Mekhfi	507600	31180	1075	Précipitations	1980/2012
Ouljet Soltane	45625	33806	305	Précipitations	1981/2013
Barrage El Kansera	45210	38262	100	Précipitations Température	1980/2013

Tableau. 1.5. Localisation et séries de données des quatre stations météorologiques étudiées dans le bassin versant du Beht

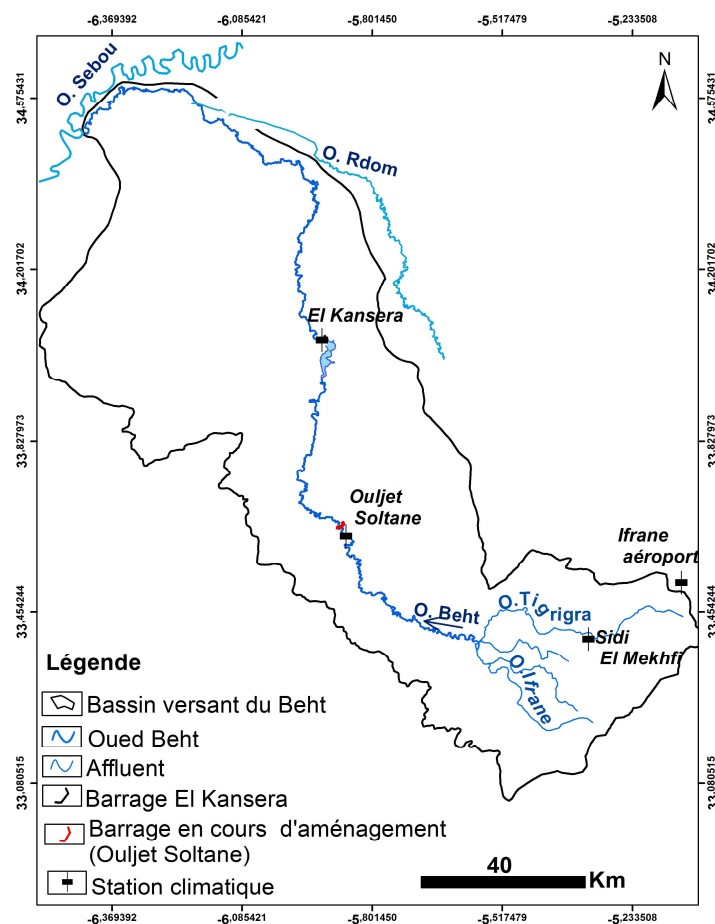


Figure. 1.10. Les stations climatiques étudiées dans le bassin versant de l'oued Beht

3.1.2. Analyse des données pluviométriques

Pour identifier et caractériser le régime pluviométrique du bassin versant, on fait habituellement recourt aux précipitations moyennes mensuelles et annuelles (évaluées sur une période donnée) et à leurs variations. Nous avons calculé les moyennes annuelles, c'est-à-dire la hauteur moyenne des précipitations annuelles tombant à chaque endroit (station) et qui est aussi

appelée module annuel. Ensuite, les moyennes mensuelles des précipitations établies sur une dizaine d'année pour les quatre stations. L'ensemble de ces moyennes est utilisé pour déduire les répartitions spatiale et temporelle des précipitations dans le bassin versant.

a). Les précipitations mensuelles et saisonnières

Les représentations graphiques des précipitations moyennes mensuelles pour les quatre stations, nous ont permis de visualiser la distribution spatiale et temporelle des pluies mensuelles. En effet les moyennes mensuelles des précipitations sont différentes d'une station à l'autre et de l'amont vers l'aval du bassin versant :

- Pour la station d'Ifrane-aéroport, les valeurs moyennes enregistrées dépassent souvent 100mm. Ces moyennes sont enregistrées pendant six mois (novembre, décembre, janvier, février, mars et avril). Tandis que les faibles valeurs moyennes inférieures à 100 mm sont enregistrées pendant les mois du reste de l'année. La valeur maximale mensuelle des précipitations dépasse 500 mm au mois de décembre et au mois de janvier (544 mm).
- Les stations Sidi El Mekhfi, Ouljet Soltane et barrage El Kansera, enregistrent moins de précipitations. En gros, les moyennes mensuelles enregistrées sont inférieures à 100 mm ; elles sont respectivement égales à 81,87 mm ; 78,23 mm et 71,84 mm. Elles ne dépassent que rarement 50mm. Les valeurs maximales sont enregistrées dans la station de Sidi El Mekhfi avec 396 mm, tandis qu'elles sont inférieures à 300 mm à Ouljet Soltane et barrage El Kansera (fig. 1.11).

En fait, cette variabilité spatiale de la pluviométrie mensuelle au cours de l'année suit un gradient décroissant sud – nord. Du fait que les hauteurs pluviométriques décroissent du sud - est vers le nord. De même les moyennes pluviométriques mensuelles permettent de distinguer deux types de mois : les mois à faible pluviométrie avec une valeur inférieure à la moyenne, ils marquent la saison sèche ; les mois à forte pluviométrie, avec une valeur supérieure à la moyenne, qui marquent la saison humide pour la région étudiée.

Au niveau saisonnier, le bassin versant du Beht reçoit des précipitations marquées par une variation mensuelle, laissant apparaître un automne plus pluvieux (pic en décembre) et un printemps un peu moins arrosé (minimum en mai). La station d'Ifrane fait exception à cette règle car elle est la plus arrosée, ayant reçue des précipitations importantes même au printemps avec des moyennes qui dépassent 100 mm. Les mois d'été, notamment juillet et août sont les mois arrosés pour toutes les stations.

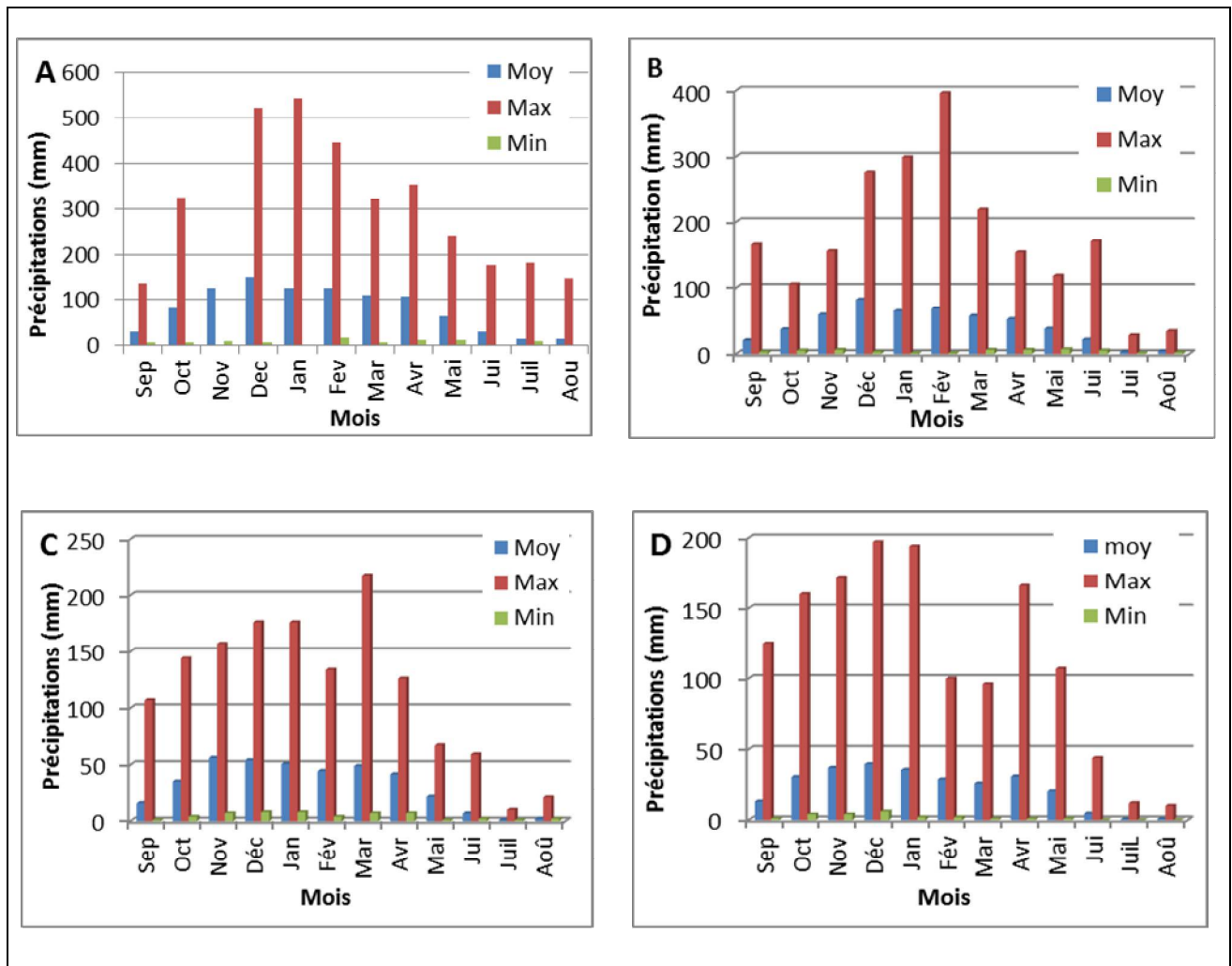


Figure. 1.11. Précipitations moyennes, maximales et minimales mensuelles des quatre stations météorologiques (Ifrane aéroport (A), Sidi El Mekhfi (B), Ouljet Soltane (C) et Barrage El Kansera (D) (ABHS, 2013).

b). Les moyennes annuelles des précipitations

L'analyse des moyennes annuelles des précipitations pour les quatre stations (fig. 1.12, 1.13, 1.14 et 1.15) fait apparaître une inégalité dans la distribution spatiale de la pluviométrie dans le bassin versant du Beht :

Pour la station d'Ifrane aéroport, la série chronologique analysée comporte 72 ans. Les modules les plus élevés sont enregistrés pendant les années 1963, 1968 et 1996 ; leurs valeurs ont dépassé 1400 mm pour atteindre respectivement 1794 mm, 1456 mm et 1866 mm. La moyenne ainsi calculée de cette série chronologique de 72 ans est égale à 970 mm. Dont 30 années sont excédentaires ayant des moyennes supérieures à la moyenne interannuelle, alors que 42 années sont déficitaires avec des moyennes inférieures à 970 mm.

Quant aux trois autres stations les moyennes interannuelles calculées sont inférieures à 550mm. A Sidi El Mekhfi la moyenne calculée est égale à 507mm pour une série chronologique de 33 ans, 17 années sont déficitaires contre 16 années excédentaires. Plus en aval dans le bassin du Beht, à la station d'Ouljet Soltane la série chronologique étudiée est composée de 32 années. La

moyenne ainsi calculée est de l'ordre de 379 mm ; les années excédentaires sont de 17 années, tandis que les années déficitaires sont de 15 années. Finalement la station du barrage El Kansera a enregistré la moyenne la plus basse pour une série chronologique de 31 ans, qui est égale à 264 mm. L'analyse de cette série montre que le nombre des années déficitaires (18 années) ayant des modules inférieurs à la moyenne interannuelle l'emporte sur les années excédentaires (13 années).

Généralement l'évolution des précipitations dans le bassin versant du Beht suit une tendance régressive, puisque les moyennes interannuelles ont présenté un gradient décroissant de l'amont vers l'aval, depuis la station d'Ifrane à la station du barrage El Kansera. Ceci traduit l'effet des altitudes et de l'exposition des reliefs vers le nord-ouest, depuis les plateaux du causse moyen-atlasique (station Ifrane), en passant par les crêtes et les massifs du Plateau Central (station d'Ouljet Soltane) pour rejoindre les rides prérifaines (station El Kansera). Ainsi, il semble que la répartition spatiale des précipitations fait apparaître le contrôle important des précipitations par le relief (P. Oettli et P. Camberlin, 2009).

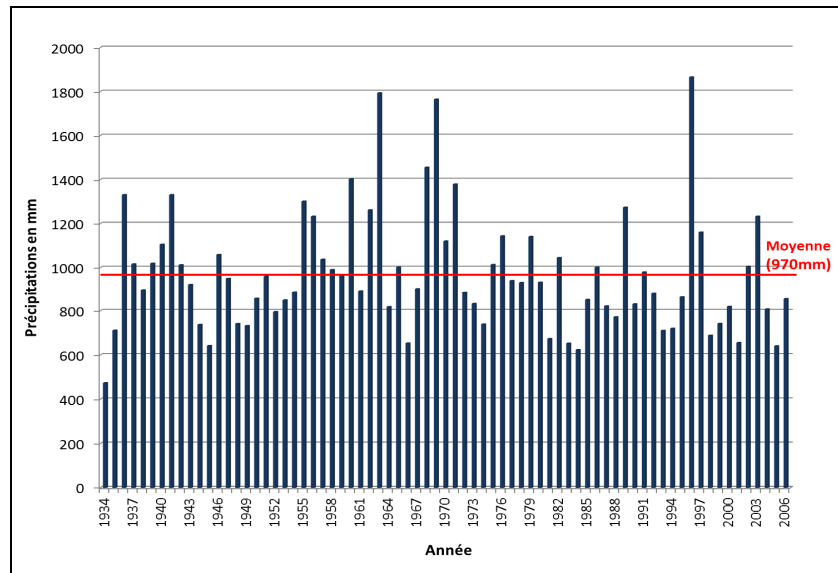


Figure.1.12. Moyennes annuelles des précipitations à la station d'Ifrane- aéroport (1934/2007)

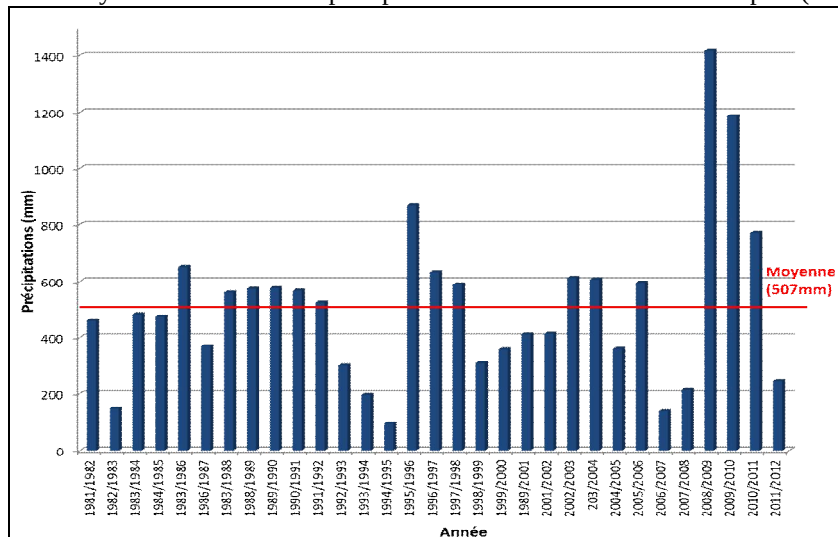


Figure. 1.13. Moyennes annuelles des précipitations à la station de Sidi El Mekhfi entre 1980 et 2013

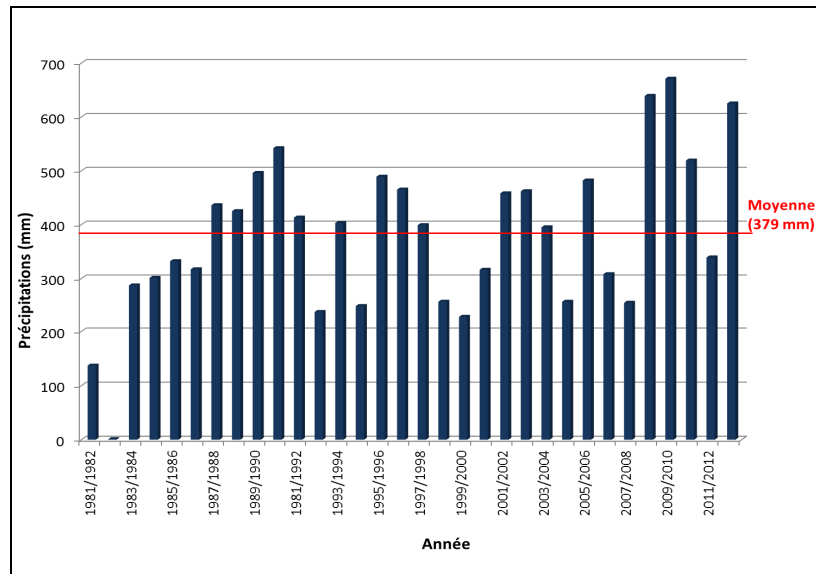


Figure. 1.14 : Moyennes annuelles des précipitations à la station d'Ouljet Soltane entre 1981/2013 (ABHS.2013)

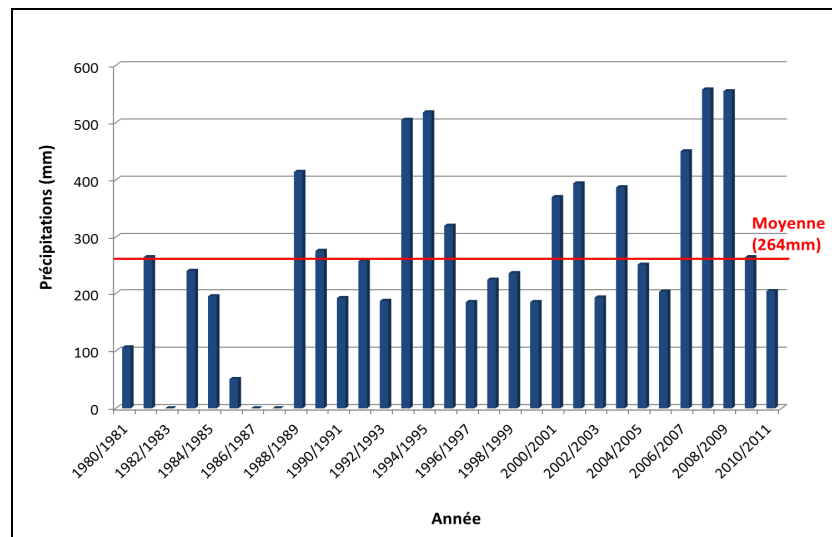


Figure. 1.15. Moyennes annuelles des précipitations à la station d'El Kansera entre 1980/2013 (ABHS, 2013)

De façon générale, on peut retenir que par sa position géographique, le bassin versant de l'oued Beht est contrôlé par un climat de type méditerranéen, à influence atlantique et continentale saharienne. La pluviométrie moyenne est variable selon la position dans le bassin, entre environ 300 mm sur les vallées encaissées du Moyen Beht et plus de 950 mm sur le Haut Beht au Moyen Atlas. Les pluies sont rares surtout de mai à octobre ; elles se caractérisent par une mauvaise répartition dans l'année et d'une année à l'autre. Les pluies diminuent rapidement de l'amont vers l'aval et leur répartition géographique dépend de plusieurs facteurs qui sont la latitude, l'altitude, la continentalité et l'exposition des versants. Quant au bassin du Bas Beht vue sa situation dans la plaine du Gharb, il bénéficie des précipitations abondantes qui se situent autour de 414 mm par an à la station de Sidi Slimane dans les 20 dernières années (G. Karra et H. Sghir, 2013). L'ouverture de la région sur

l'océan atlantique lui confère des précipitations abondantes, qui dépassent largement la moyenne nationale.

Il importe aussi de signaler les précipitations de neiges qui ont lieu pendant l'hiver et concernent essentiellement le Haut Beht dans le Moyen Atlas.

c). Analyse fréquentielle des précipitations

La loi de Gumbel est souvent adoptée pour l'estimation des précipitations maximales journalières dans une station. Elle permet également de faire une estimation pour les périodes de retour les plus élevées. La loi de Gumbel est souvent utilisée car elle permet un ajustement linéaire à partir d'une double loi exponentielle. Pour une série de mesures de précipitations donnée, on retient la hauteur d'eau journalière maximale mesurée en 24 heures pour chaque année ou chaque mois. Ces valeurs maximales sont ensuite classées par rang croissant et la fréquence d'apparition (période de retour) d'un événement extrême peut être estimée en fonction de la double loi exponentielle de Gumbel : $u: u = -\ln(-\ln(1-1/T))$, avec T = période de retour exprimée en années ou en mois. On peut ensuite ajuster une droite de régression linéaire en fonction des valeurs u obtenues et des valeurs maximales annuelles ou mensuelles mesurées (J.M. Fallot et J.A. Hertig, 2013).

L'analyse fréquentielle des précipitations maximales journalières du bassin versant de l'Oued Beht a été réalisée en appliquant la loi à double exponentielle de Gumbel en se limitant aux trois stations pluviométriques Sidi El Mekhfi (série de 27 ans), Ouljet Soltane (série de 32 ans) et barrage El Kansera (série de 55 ans) et ce pour des périodes d'observation différentes. Les résultats de l'ajustement par la loi de Gumbel des pluies journalières maximales sont représentés selon les stations pluviométriques, en donnant les estimations des précipitations maximales journalières pour les différentes périodes de retour (tab. 1.6, fig. 1.16) :

a-Station de Sidi El Mekhfi						
Temps de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Probabilité de non dépassement de P_{jmax}	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Variable réduite	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	4,60
P_{jmax} pour le temps de retour T mm	33,64	43,64	50,26	56,61	64,83	70,98
b-Station d'Ouljet Soltane						
Temps de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Probabilité de non dépassement de P_{jmax}	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Variable réduite	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	4,60
P_{jmax} pour le temps de retour T mm	39,2	59,9	73,6	86,7	103,7	116,5
c-Station du barrage El Kansera						
Temps de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Probabilité de non dépassement de P_{jmax}	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Variable réduite	0,367	1,500	2,250	2,970	3,902	4,600
P_{jmax} pour le temps de retour T mm	32,481	44,300	52,126	59,632	69,348	76,629

Tableau. 1.6. Pluies journalières maximales pour les différents temps de retour aux stations de Sidi El Mekhfi d'Ouljet Soltane et du barrage El Kansera

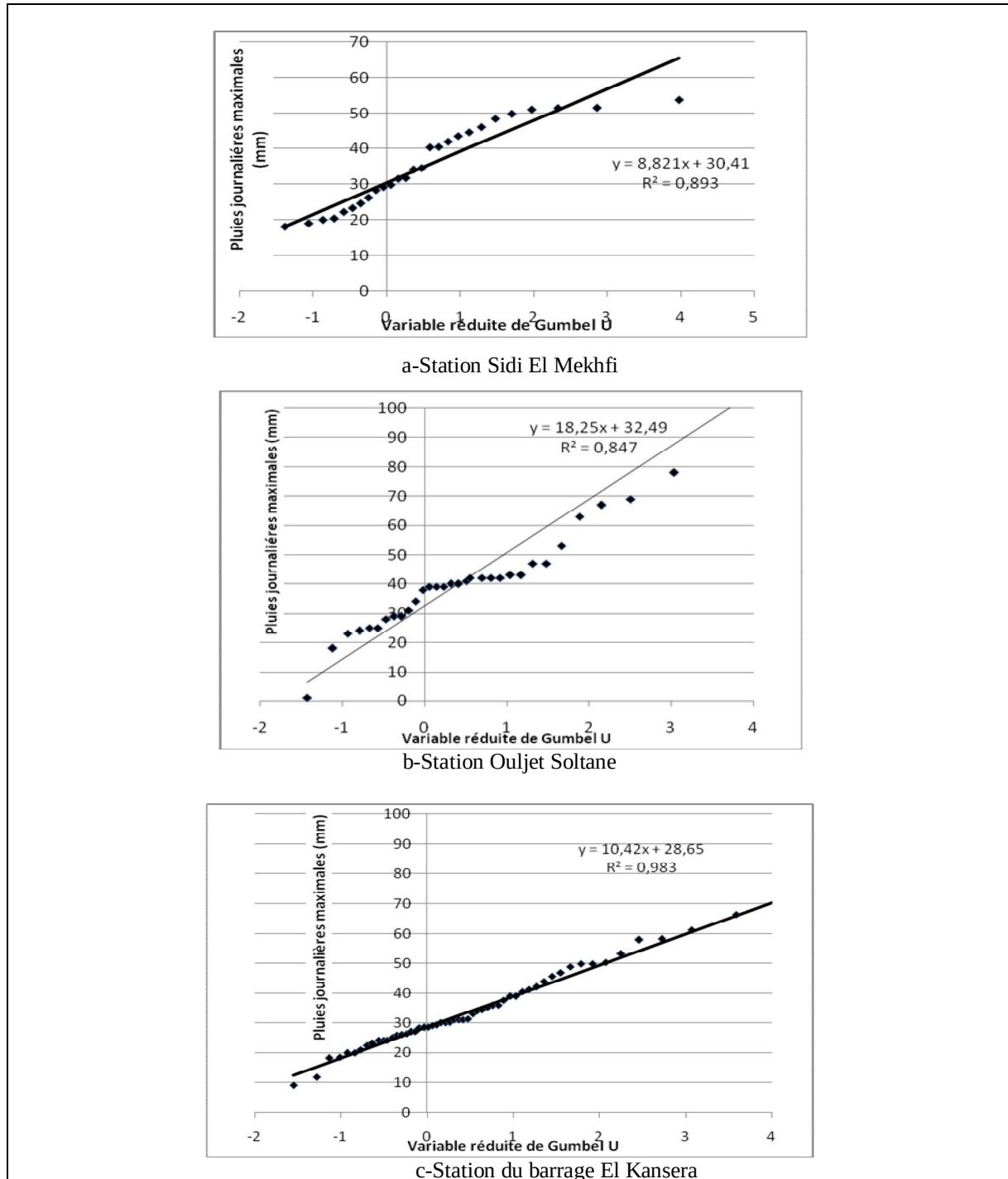


Figure. 1.16. Ajustement des pluies maximales journalières par la loi de Gumbel aux stations de Sidi El Mekhfi d'Ouljet Soltane et du barrage El Kansera

- Les pluies journalières maximales estimées à la station de Sidi El Mekhfi par l'ajustement de Gumbel pour des temps de retour de 2 ans, 10ans, 50 ans et 100 ans peuvent atteindre respectivement 43,46 mm, 50,26 mm, 64,83 mm et 70,98 mm (tab. 1.6 a, fig. 1.16 a).

- Les pluies journalières maximales estimées à cette station par l'ajustement de Gumbel à Ouljet Soltane pour les temps de retour de 2, 10, 50 et 100 ans peuvent atteindre respectivement 39,2 mm, 73,6 mm, 103,7 et 116,5 mm (tab. 1.6 , fig. 1.16 b).
- Les pluies journalières maximales estimées par l'ajustement de Gumbel au barrage El Kansera pour les temps de retour de 2 ans, 10 ans, 50 ans et 100 ans peuvent atteindre respectivement 32,48 mm, 52,126 mm, 69,35 et 76,63 mm (tab. 1.6 ; fig. 1.16c).

En définitive, des résultats ci-dessus, il ressort l'existence de ressemblance en termes de pluies journalières maximales ajustés par la loi de Gumbel entre les stations de Sidi El Mekhfi et barrage El Kansera. Dont les valeurs pour les différentes périodes de retour sont inférieures en comparaison avec celles estimées dans la station d'Ouljet Soltane.

3.1.3. Analyse des données de la température

En utilisant les données des températures (tab. 1.7), nous avons établi le diagramme ombrothermique pour les stations d'Ifrane-aéroport et El Kansera (fig. 1.17), afin d'analyser les séries chronologiques des précipitations et de la température. Ce diagramme représente l'évolution des températures moyennes mensuelles et des précipitations totales. Il permet d'approcher le bilan de l'eau et de la température pour une station et une durée donnés.

En plus des précipitations, ces deux graphiques ainsi que le tableau 1.7 montrent la variation de la température moyenne mensuelle dans les deux stations :

- Le diagramme ombrothermique de la station d'Ifrane -aéroport, présente une période relativement chaude de température maximale qui avoisine 22°C. Elle correspond aux mois de juillet (21,5° C) et août (21,6° C). La période relativement froide s'étend de septembre à juin, les températures ainsi enregistrées sont inférieures à 20° C, dont la plus faible est inférieure à 5° C, enregistrée en décembre (4,8° C) et janvier (4,1° C). Ces mois sont considérés comme les plus froids de l'année. En ce qui concerne les précipitations, les diagrammes montrent que la période humide s'étend du mois de novembre au mois d'avril, avec un maximum de précipitations de 159,8 mm enregistré en décembre. Quant à la période sèche, elle s'étend de juin à septembre avec une valeur minimale de 14,1 mm enregistrée au mois de juillet.
- L'analyse du diagramme ombrothermique concernant les données pluviométriques et thermiques enregistrées à la station du barrage El Kansera, nous a permis de différencier deux périodes. La période chaude correspond aux mois de juin, juillet, août et septembre, avec une température maximale de 30,5° C. Alors que durant la période froide, les températures enregistrées, sont avoisinantes de 12° C. Elle s'étend d'octobre à avril avec une valeur minimale de 11,33° C enregistrée en décembre. La période pluvieuse s'étend du mois de novembre à février avec une

valeur maximale de précipitation de 71,84 mm. Quant à la période sèche, elle est de mars à octobre, dont la valeur minimale des précipitations de 0,5 mm enregistrée en mois d'août.

On peut conclure que les précipitations et la température évoluent différemment dans le temps et dans l'espace. Elles sont influencées essentiellement par l'orographie et l'altitude.

Station d'Ifrane aéroport												
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
T°max	24,5	18,3	12,7	9,4	9,1	10,4	12,3	13,8	17,9	23,2	29,0	29,1
T°min	11,1	6,9	2,9	0,1	-0,9	0,3	1,7	3,1	6,4	10,2	14,2	14,3
T° moy	17,7	12,6	7,9	4,8	4,1	5,3	6,9	8,4	11,8	16,6	21,5	21,6
Station du barrage El Kansera												
T° max	44,2	38	32	26	24	26	33	39	42	47	47	47,8
T°min	13,1	10,7	3,1	2	2	0	5	9,8	10,2	14,2	12,2	14
T° moy	26,6	22,8	16,9	11,9	11,3	12,2	16,7	20,8	24,1	28,5	30,5	30,4

Tableau. 1.7. Températures maximales, minimales et moyennes aux stations d'Ifrane aéroport et du barrage El Kansera

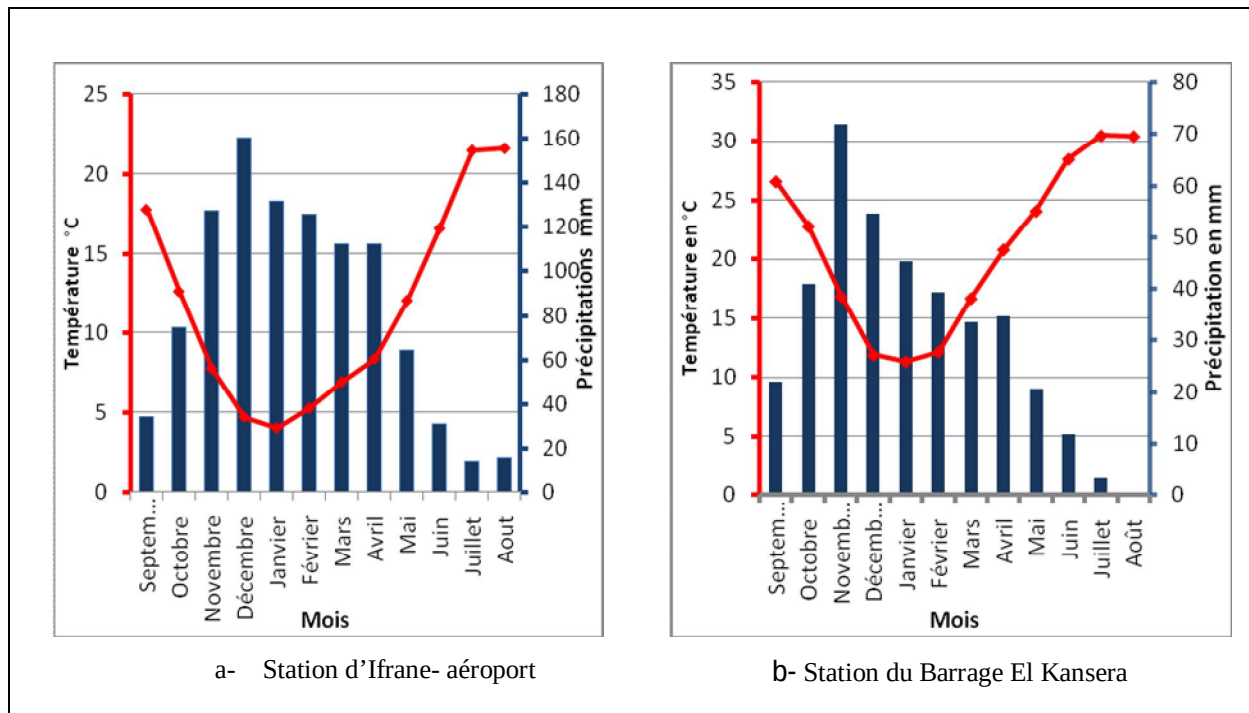


Figure. 1.17. Diagrammes ombrothermiques aux stations d'Ifrane- aéroport et du Barrage El Kansera

3.2. Typologie et distribution des sols

La connaissance des types de sols et leurs distributions dans un bassin versant s'avère indispensable. Du fait que les sols, étroitement dépendant de la lithologie, le climat et la végétation, influencent amplement le taux d'infiltration de l'eau suite à une sollicitation de précipitations, donc la capacité de rétention du bassin. Ils influencent également la vitesse de l'écoulement superficiel et par conséquent le comportement hydrologique du cours d'eau. Les sols participent aussi à l'alimentation des écoulements en charge solide.

Dans le bassin versant du Beht, comme dans d'autres régions du Maroc, les facteurs de pédogenèse sont le climat, la végétation, la roche-mère, le relief, les processus d'érosion et l'intervention de l'homme. Cependant, dans les conditions du climat méditerranéen, la nature des roches et le relief ont un grand rôle dans la formation et la différenciation des sols (P. Billaux et G. Bryssine, 1967).

La carte pédologique du bassin versant du Beht est élaborée en se référant à l'esquisse pédologique du Plateau Central réalisée par G. Beaudet en 1969 (fig. 1.18). En fait, le bassin versant du Beht est doté d'une variété de sols qui peut être expliquée d'une part par la diversité pétrographique des roches. D'autre part par la morphologie du relief qui est un des facteurs ayant la plus forte influence sur les variations et la répartition des sols. Généralement, la répartition spatiale des sols dans le bassin versant du Beht reflète une mosaïque paysagère. Le type de pédogenèse est amplement influencé par la transformation des roches en place, en fonction de leur composition chimique, leur dureté, leur résistance à l'érosion et leur perméabilité (G. Bryssine, 1949). En tenant compte de la gamme variée des roches dont dispose le bassin versant du Beht, on a choisi d'aborder la typologie des sols selon les différentes unités de relief.

L'extrémité orientale du Haut Beht coïncidant avec la limite des plateaux du causse moyen-atlasique ; ici apparaît une association de sols rouges et de sols bruns méditerranéens qui diffèrent par leur rubéfaction plus ou moins marquée. Ce sont des sols méditerranéens formés sur des roches calcaires ou dolomies jurassiques et les basaltes quaternaires (P. Billaux et G. Bryssine, 1967). Ce type de sol est assez représentatif des formations pédologiques, observables sous la chênaie. Il est d'une part caractérisé par une évolution rapide de la matière organique. D'autre part, par l'importance du lessivage des argiles et par la rubéfaction de l'horizon moyen.

Les plaines d'Azrou et de Mrirt montrent en majorité des lithosols et régosols. Les lithosols, sont très minces, limités en profondeur par un matériau cohérent, dur et continu (roche non altérée ou horizons pédologiques durcis) situé à 10 cm de la surface au moins. La plupart des lithosols résultent de l'érosion totale ou presque des couvertures pédologiques formées antérieurement ; ils résultent également de phénomènes d'érosion suffisants pour empêcher les produits d'altération actuels de s'accumuler (D. Baize et al., 2008). Quant aux régosols, ils sont des sols peu évolués, constitués sur roches tendres ou facilement fragmentées et décapées par l'érosion. Par endroit une association de sols rouges se développent sur les épanchements volcaniques. Ce sont des sols sombres (sols tirsifiés) appartenant à la classe des vertisols (sols riches en argiles).

Les plateaux de Tassaft El Haj et Telt, Assaraoui et Tafoudaite du Plateau central sont recouverts de sols bruns méditerranéens. Ce type de sol évolue sous la forêt dense où il est partiellement lessivé, contrairement aux sols bruns non lessivés à répartition isohumique de la matière organique et qui apparaissent principalement sous les matorrals. Des régosols et lithosols

apparaissent sur les versants de la cuvette d'Ouljet Soltane. Des sols peu évolués sur apports alluviaux récents se développent sur les terrasses quaternaires du bassin de Souk Larbaâ du Beht (G. Beaudet, 1969). Ils se trouvent principalement sur les terrasses non inondables du Gharbien ancien et récent qui bordent les oueds.

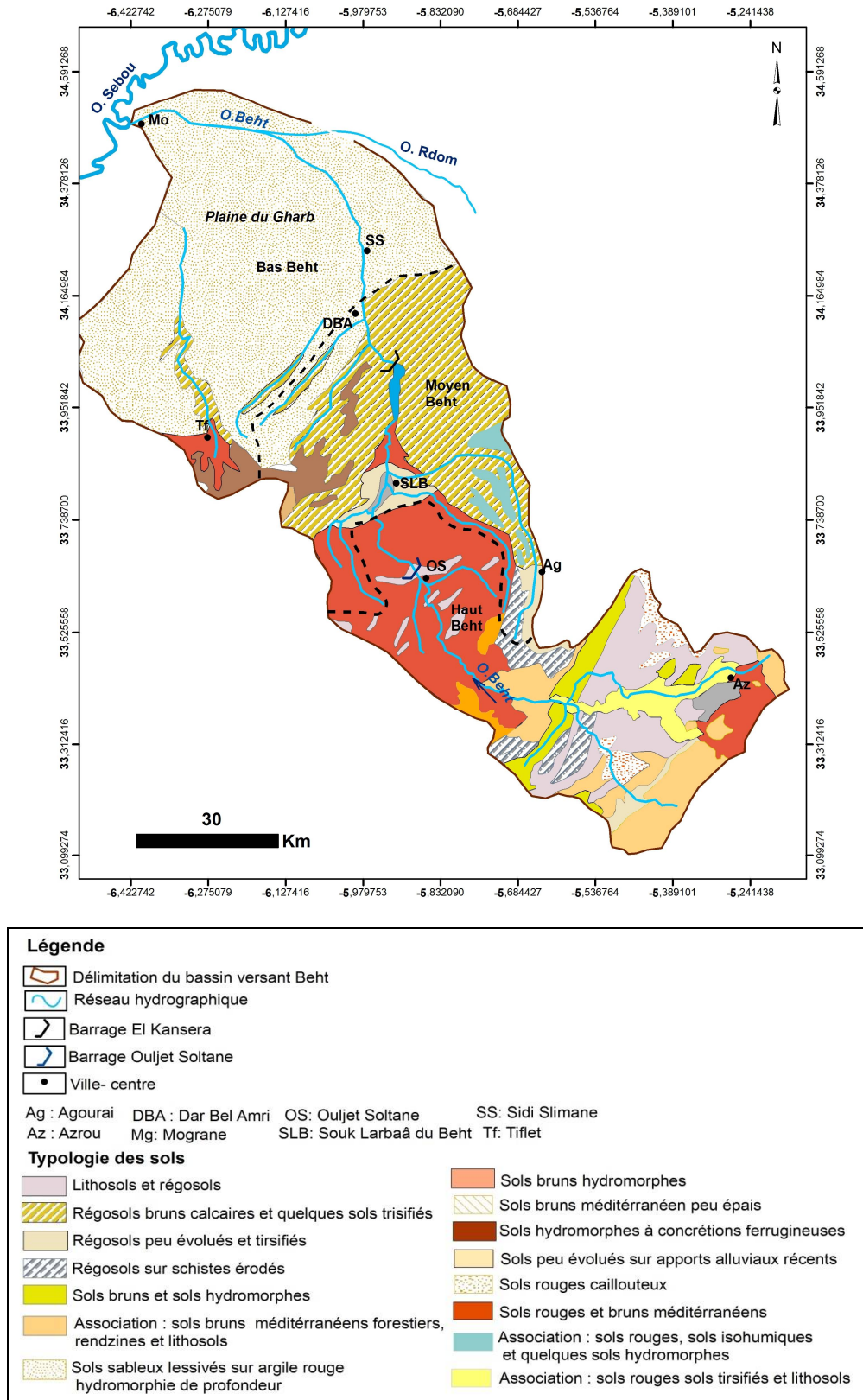


Figure. 1.18. Typologie des sols dans le bassin du Beht (inspiré de la carte pédologique de Beaudet, 1969)

Le Sais de Meknès est caractérisé dans son ensemble par des formations lacustres tendres et dures qui portent des sols bruns calcaires et des sols tirsifiés. Ces sols présentent une grande variété de formes d'accumulations des carbonates qui affectent l'ensemble du profil pédologique ; ils montrent généralement des profils différenciés en trois horizons principaux (supérieur, médian et profond) avec des transitions très nettes (M. El Idrissi Raghni, 1992).

Les bas plateaux de Zemmour sont recouverts de sols sableux lessivés sur argile rouge, avec hydromorphie de profondeur ; ils évoluent sur les sables fauves de la Maâmora. Avec l'apparition des sols hydromorphes, à concrétions ferrugineuses caractérisés par le lessivage des argiles et l'hydromorphie, qui se développent en particulier sur les formations villafranchiennes.

La plaine du Gharb présente une gamme variée et riche de sols favorables à l'agriculture. Cependant, dans sa plus grande partie (environ 40 % de la superficie de la plaine), elle est couverte par des sols argileux, lourds de couleur foncée à très noire. Ce sont des sols de type Tirs de plaine, caractérisés par une certaine compacité, une imperméabilité et par une fissuration polygonale en saison sèche. Les Tirs sont utilisés notamment en céréaliculture et en maraîchage. Ils deviennent plus sableux lorsqu'on va vers les bordures sud-ouest de la plaine, en direction du plateau de la Maâmora. Dans les zones des levées naturelles (30 % de la superficie) les sols sont moins argileux et représentés principalement par les Dehs, favorables aux cultures industrielles : canne à sucre, betterave, tournesol, etc. Les terres des Merjas (15 %) montrent des sols hydromorphes aptes notamment pour la riziculture et cultures fourragères. Vers le sud est le glacis de Zrar (15 %) est couvert de sols rouges exploités en céréaliculture et vignobles. Dans la zone côtière les sols devenant plus sableux et utilisés pour les cultures sous serres (bananiers, fraisiers...) et cultures d'arachnides.

3.3. Le couvert végétal

Les contextes climatique, géomorphologique et lithologique déterminent de façon générale la nature de la végétation dans un bassin versant. La végétation joue également un rôle notoire puisqu'elle conditionne les sols, l'écoulement de surface et protège les versants de l'érosion (S.A. Schumm, 1977 ; A. Taous, 2005). Le rôle de la végétation dans le bilan hydrique des sols a fait l'objet d'études aussi nombreuses que variées. Pour l'hydrologue, l'influence de la végétation sur l'évapotranspiration se manifeste en rapport avec les surfaces étendues de la végétation. Une végétation dense, surtout herbacée et arbustive, a une influence mécanique sur l'écoulement en offrant une résistance aux versant face au ruissellement, d'autant plus efficace que le tapis est plus dense (M. Roche, 1963).

De façon général, le bassin versant du Beht comporte, en plus des cultures et plantations, deux grands ensembles de couvert végétal : la forêt et le matorral, qui est une forme dégradée de la forêt.

La connaissance des formations végétales du bassin versant en amont du barrage El Kansera, repose sur les plans d'aménagements des forêts aménagées et sur l'inventaire forestier national (IFN) mise à jour par l'imagerie satellitaire pour vérifier les limites des forêts, les zones de défrichement et de reboisement (DREF NO, 2007).

Le couvert forestier peut être subdivisé à l'intérieur du bassin versant du Beht en trois lots (fig. 1.19).

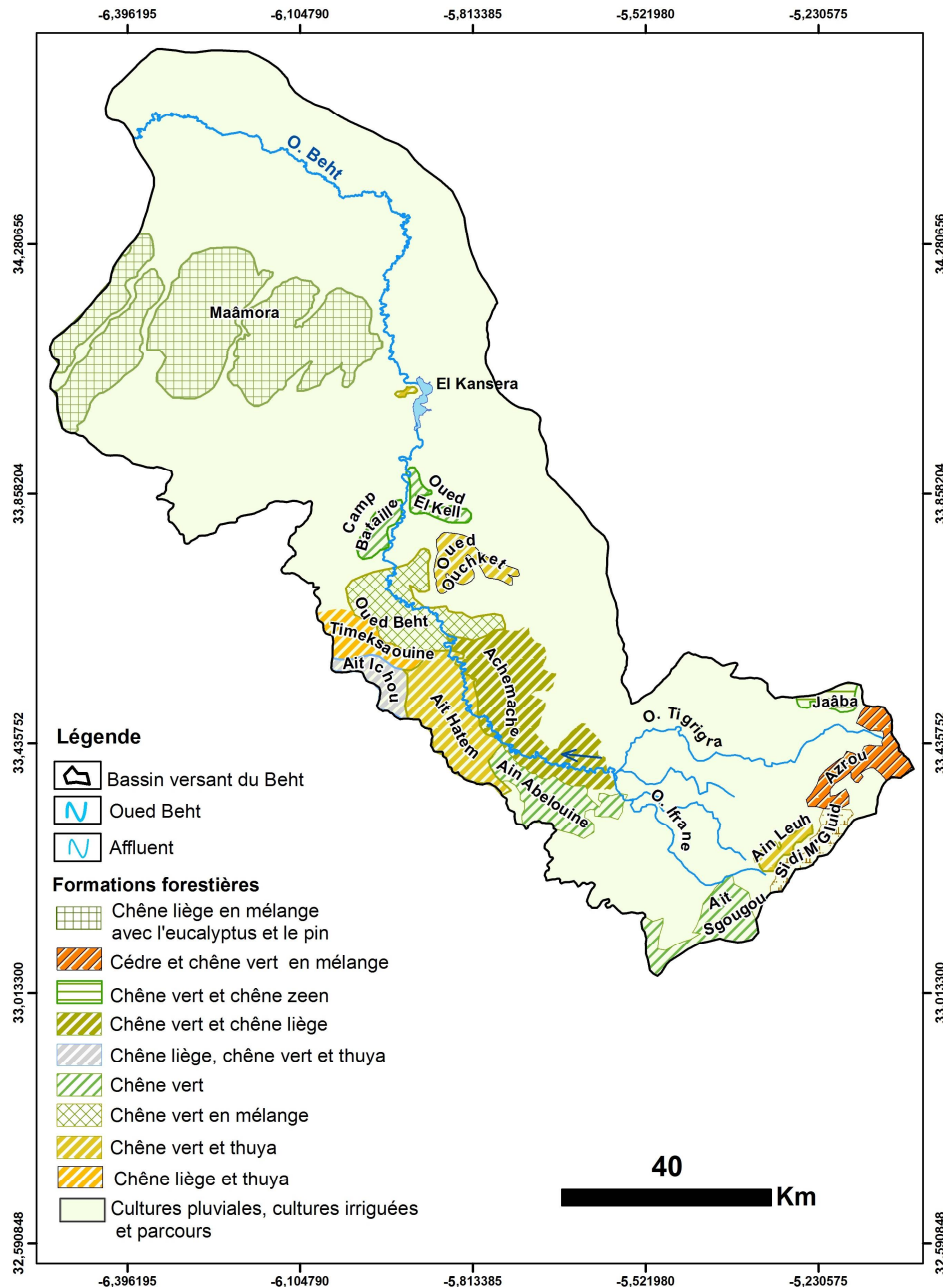


Figure. 1.19. Les peuplements floristiques des forêts dans le bassin versant du Beht (inspiré de la carte du HCEFLCD, 2007 modifiée)

Le premier lot est situé à l'extrémité orientale du sous bassin du Haut Beht. Il renferme cinq forêts : Jaâba, Azrou, Sidi M'Gluid, Ain Leuh et Ait Sgougou. Ici, l'analyse des peuplements mis en évidence la dominance du Chêne vert et du Chêne zeen dans la forêt de Jaâba, du Chêne vert pur

dans la forêt d'Ain Leuh, du Cèdre en mélange avec le Chêne vert dans les forêts d'Azrou et de Sidi M'Gluid.

Quant au deuxième lot, il s'étend sur les plateaux de Tassaft El Haj et Telt et sur ceux de Tafoudaite et d'Assaraoui. Il est plus étendu et renferme 11 forêts, dont trois sont situées dans la partie occidentale du Haut Beht qui sont respectivement les forêts d'Ain Abelioun, d'Ait Hatem, d'Ait Ichou ouest et celle de Timeksaouine qui s'accommode au nord à la forêt d'Oued Beht. Les principales essences qui dominent ces forêts sont le Chêne liège, le Chêne vert et le Thuya.

Dans la partie orientale du Haut Beht, on a recensé les forêts d'Achmèche, d'Oued Ouchket et une partie de la forêt d'Oued Beht. La composition floristique de ces forêts est dominée par le Chêne vert et le chêne liège, en plus d'autres essences comme le Thuya (DREF NO, 2007).

Le sous bassin du Moyen Beht est doté par la présence des forêts d'Oued El Kell en rive droite et la forêt du camp de bataille en rive gauche, en plus de la forêt de la Maâmora, considérée comme la vaste subéraie de plaine et qui occupait 133.000ha au début du 20ème siècle. Spatialement ce massif domanial est découpé en cinq cantons A, B, C, D et E bien distincts, séparés entre eux naturellement par des cours d'eau. La forêt de la Maâmora correspond à un massif domanial qui a été géré depuis les années 1950, par des plans d'aménagements qui dataient de 1951, 1971, 1992, 2011, dans la finalité d'une gestion rationnelle des peuplements pour garantir la pérennité de la subéraie. Les formations forestières principales sont composées de Chêne liège et de reboisements d'Eucalyptus Sp, du Pin et des Acacias (HCEFLCD, 2015). A l'échelle du bassin versant, 16 forêts sont recensées, dont 8 sont aménagées, 2 à moitié aménagées et 6 non aménagées (fig. 1.19). Elles se répartissent aussi bien dans les zones du Haut Beht, du Moyen Beht et du Bas Beht.

Mise à part les surfaces garnies par le couvert végétal, les terrains non boisés du bassin versant rassemblent les terrains agricoles et les parcours. Les terrains agricoles sont étendues aussi bien sur les versants, au fonds de vallées et se concentrent dans terres fertiles des plaines alluviales. Ainsi, les champs de cultures comportent les cultures bours ou pluviales et les cultures irriguées. La culture pluviale consiste essentiellement à la céréaliculture et certains types d'arboricultures. Tandis que les cultures irriguées reposent sur les grandes cultures tels les cultures sucrières, oléagineuses et les agrumes. Ce type de culture est pratiquée essentiellement en aval du barrage El Kansera et dans la plaine du Gharb. En tenant compte de la disponibilité des ressources en eau en plus de planité et l'accessibilité des terrains permettant la prolifération de ce type de culture. De même, il existe de vastes surfaces consacrées aux parcours, dispersés un peu partout dans le bassin versant.

En définitive, la superficie du couvert forestier du bassin versant du Beht est de l'ordre de 29% seulement. Par conséquent la majorité des terrains du bassin versant sont exposés aux différentes formes de l'érosion hydriques particulièrement les versants dénudés ayant de fortes

pent. Ces surfaces dénudées contribuent à augmenter la charge sédimentaire transportée dans le réseau hydrographique et par le cours d'eau de Beht lui-même, ce qui amplifie le risque d'envasement des barrages.

4. Contexte humain et occupation du bassin

Le contexte humain est présenté ici volontairement de façon sommaire, afin de donner un aperçu général sur la composante anthropique, considéré comme facteur essentiel impactant le fonctionnement hydrodynamique et géodynamique du bassin de Beht. Nous reviendrons sur ce sujet dans le dernier chapitre de la thèse, qui est consacré à l'anthropisation du bassin du Beht (chapitre 6).

En fait, la vallée du Beht a connu d'anciennes occupations humaines, puisque qu'elle a été occupée par des installations de plusieurs civilisations depuis l'époque maurétanienne. Ceci est attesté aujourd'hui par la découverte de nombreux sites antiques. Parmi les plus connus de ces sites citons par exemple le site de Rirha, découvert en rive droite du Beht dans la plaine du Gharb. Ce site est un toponyme témoignant de la ville antique de Gilda, mentionnée dans les textes gréco-latins et interprétée comme capitale du Royaume de Maurétanie avant la conquête romaine (M. Kbiri Alaoui, 2017). Ces civilisations anciennes ont eu certainement des influences dans le bassin du Beht, mais celles-ci devaient être sans doute très limitées dans l'espace.

Plus récemment, le bassin du Beht a connu une anthropisation croissante, notamment dans sa partie inférieure, depuis l'arrivée des colons agriculteurs durant la période coloniale. Durant cette période le Gharb a subi en effet de profondes transformations suite à une série de travaux d'aménagement visant l'assainissement de la plaine. Depuis l'indépendance à ce jour la population, ses activités et l'occupation du sol ont augmentés sans cesse dans la plaine du Gharb et aussi dans tout le bassin du Beht.

4.1. Découpage administratif actuel, population des régions et provinces

Sur le plan administratif le bassin versant du Beht s'étend sur trois régions, à l'est et au sud-est on trouve la région de Fès-Meknès (région 3), au sud-est on trouve la région de Béni Mellal-Khénifra (région 5), à l'ouest et au nord la région de Raba-Salé-Kénitra (région 4) (fig. 1.21). Dont la superficie incluse dans le bassin versant du Beht diffère d'une région à l'autre (tab. 1.8 et fig. 1.20).

-En premier rang on trouve la région de Rabat-Salé-Kénitra, qui couvre 64% de la surface du bassin versant. En incluant les quatre provinces de Khémisset, Sidi Slimane, Kénitra et Sidi Kacem avec respectivement 37%, 16%, 8% et 3%.

-En deuxième position, on trouve la région de Fès-Meknès couvrant 31% de la superficie du bassin et qui se répartisse selon les deux provinces d'Ifrane et El Hajeb avec respectivement 16% et 11% et seulement 4% de la préfecture de Meknès.

- Finalement la région de Béni Mellal-Khenifra est très peu représentée avec seulement 5%.

Région	Superficie (km ²)	Pourcentage
Rabat-Salé-Kénitra (4)	5525	64%
Fès-Meknès (3)	2690	31%
Béni Mellal –Khenifra (5)	433	5%

Tableau. 1.8. Représentation surfacique du bassin versant du Beht selon les régions

L'analyse de la figure 1. 20 illustre la disparité de répartition surfacique et montre que le bassin versant du Beht présente une mosaïque en termes de provinces et préfectures à couverture surfacique distincte, où la province de Khémisset couvre le maximum (35 %), suivie des provinces de Sidi Slimane et Ifrane (avec 16 % chacune), etc.

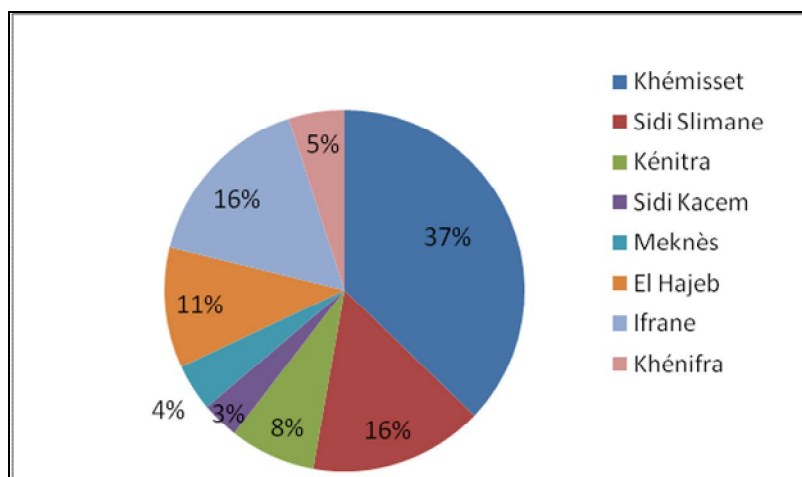


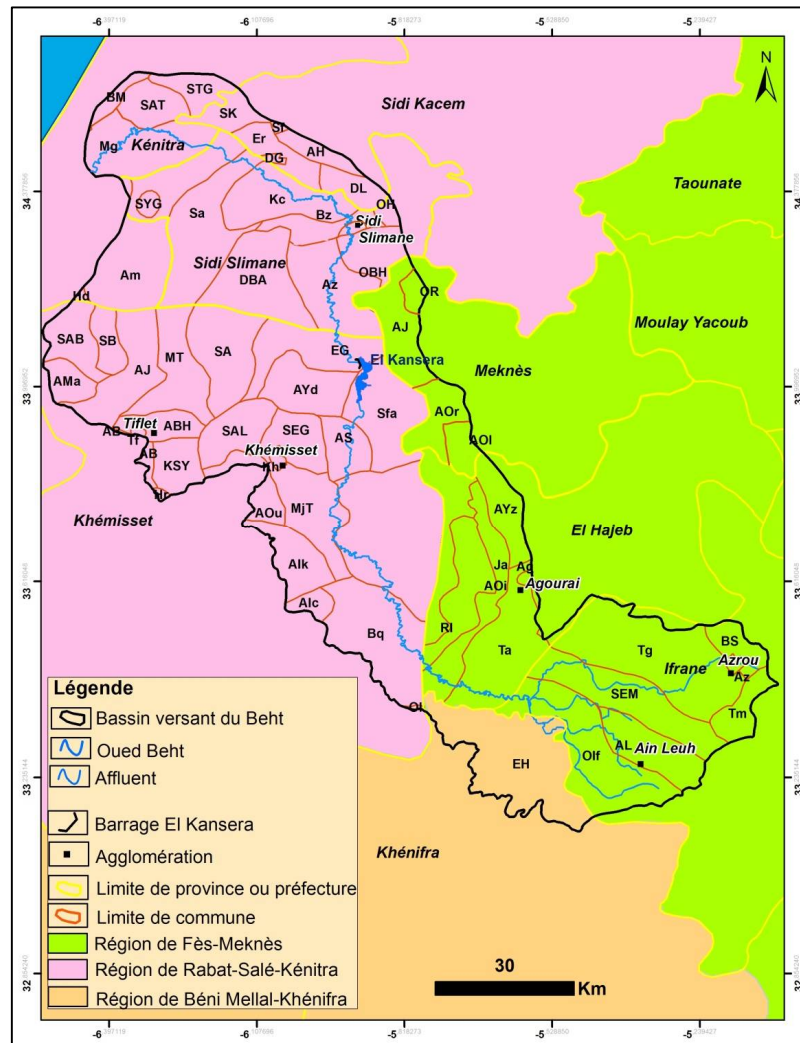
Figure. 1.20 .Répartition surfacique du bassin du Beht selon les provinces et préfectures

4.2. Communes concernées par le bassin du Beht

Dans le détail, le bassin versant du Beht comporte 65 communes. Les populations respectives de ces communes sont présentées dans les tableaux de l'annexe. Ces communes sont réparties de la manière suivante (fig. 1.21) :

- Le sous bassin du Haut Beht qui s'étend presque entièrement sur la région de Fès-Meknès, ou il couvre 31% de sa superficie, en incluant les communes qui appartiennent aux provinces d'El Hajeb et Ifrane. Quant à la province d'El Hajeb, elle couvre le bassin du Beht via sept communes qui sont celles de Ras Ijjeri, Jahjouh, Ait Ouikhaliffen, Tamchachate, Agourai qui sont incluses en totalité, alors que celles d'Ait Yaazem et Ait Bourezouine en sont partiellement intégrées. Quant à la province d'Ifrane, elle comporte sept communes dont quatre sont totalement incluses Sidi El Mekhfi, Tigrigra, Azrou et Ain Leuh, face à celles de Timahdite, Oued Ifrane et Ben Smime qui sont partiellement incluses.

-La région de Béni Mellal-Khénifra est faiblement incluse dans le bassin du Beht avec seulement 5%, au niveau de la province de Khénifra en intégrant la seule commune d'El Hammam.



Nom de commune

AB: Ait Bourezouine	AMi : Ait Mimoune	BM: Ben Mansour	Hd: Hddada	OR : Oued Rommane	Sfa: Sfassif
ABH: Ait Bouyahya El Hajjam	AOi: Ait Ouikhalifen	Bq : Bouquachmir	Hr: Houderrane	OH: Oulad Hcine	Sf: Sesaf
ABK: Ait Bel Kacem	AOI : Ait Ouallal	BS: Ben Smime	Ja : Jahjough	RI : Ras Ijjery	SK: Sidi El Kamel
Ag : Agourai	AOr : Ain Orma	Bz: Boumaiz	Kc : Kceibiya	SA: Sidi Abderrazak	SS: Sidi Slimane
AH: Al Houafat	AOu : Ait Ouribel	DBA : Dar Bel Amri	Kh: Khémisset	Sa : Sfafâa	STG: Souk Tlet El Gharb
AJ: Ain Johra	AS : Ait Siberne	DEG: Dar El Gueddari	KSY: Khemis Sidi Yahya	SAB: Sidi Allal El Bahraoui	SYG: Sidi Yahya du Gharb
AJ : Ain Jemâa	ASf: Ameer Sefliya	DL: Dar Lâaslouji	Mg: Mograne	SAL: Sidi Allal Lamssadar	Ta : Tamchachate
AL: Ain Leuh	AYd: Ait Yadine	EG: El Ganzra	MjT : Majmaâ Tolbal	SAT: Sidi Allal Tazi	Tf: Tiflet
Alc : Ait Ichou	Ayz : Ait Yaazem	EH: El Houafate	MT: Mqam Tolba	SB: Sidi Boukhalkhal	Tg : Tigrigra
Alk : Ait Ikkou	Az: Azghar	EL : El Hammam	OBH: Oulad Ben Hmadi	SEG : Sidi El Ghandour	Tm: Timahdite
AMa: Ait Malek	Az: Azrou	Er: Ermilat	Olf: Oued Ifrane	SEM: Sidi El Mekhfi	

Figure. 1.20. Cadre administratif du bassin versant du Beht

Les sous-bassins du Moyen et du Haut Beht ont la particularité de couvrir presque entièrement la région de Rabat-Salé-Kénitra avec une petite proportion dans la région de Fès-Meknès. D'où la préfecture de Meknès est en partie incorporée dans le bassin à travers les communes d'Ain Jemâa, Oued Romane, Ain Orma et Ait Ouallal, qui sont incluses partiellement.

Ces deux sous bassins drainent la région de Rabat-Salé-Kénitra au niveau de quatre provinces incorporées partiellement qui sont Khémisset, Sidi Slimane, Sidi Kacem et Kénitra. Parmi ces provinces, on dénote l'étendue de la province de Khémisset, qui est représentée par 26 communes. Parmi lesquelles les communes d'Ait Mimoune, Maajmaâ Tolba, Sidi Boukhalkhal, Maqam Tolba, Sidi Abderrazak, El Ganzra, Ait Yadine, Sfassif, Sidi Allal Lamssadar, Sidi El Ghandour, Ait Siberne, et Khémisset sont totalement incluses. Tandis que les communes de Ain Johra, Sidi Allal Lbakraoui, Ait Bou Yahya El Hajjam, Ait Ouribel, Ait Malek, Ait Belkacem, Tiflet, Khemis Sidi Yahya, Ait Ikkou, Bouqachmir, Ait Ichou et Houderrane en sont partiellement incluses.

Quant aux communes de la province de Sidi Slimane, elles sont en nombre de sept. Parmi lesquelles Dar Bel Amri, Sidi Slimane, Azghar, Boumâiz, Sidi Yahya El Gharb, Sfafaâ sont intégrées totalement dans le bassin. Alors que celles d'Oulad H'cine et Oulad Ben Hammadi en sont partiellement incluses.

La province de Sidi Kacem comporte Six communes, dont Dar El Gueddari et Ermilate sont totalement incorporées dans le bassin du Beht, tandis que celles d'El Houafate, Sidi El Kamel, Sefsaf et Dar El Aslouji en sont partiellement incluses.

Au total, aujourd'hui le Beht draine un bassin versant surtout rural, puisqu'il comporte 6 noyaux urbains contre 50 communes rurales, réparties différemment dans le bassin. Les grands noyaux urbains comme exemple Tiflet et Khémisset (bas plateaux de Zemmour) et Sidi Slimane, Sidi Yahya El Gharb (plaine du Gharb) (fig. 1.20), ont été favorisés durant la période coloniale surtout par le développement des cultures par les colons, en entraînant la sédentarisation des tribus autochtones (J. Martin et al., 1964).

En effet, la population totale du bassin versant du Beht s'est accrue rapidement durant les dernières décennies, puisqu'elle avait enregistré 1006852 habitants en 1994, 1110487 en 2004, pour atteindre 1197145 habitants lors du recensement de 2014. Cependant, il convient de noter l'inégale répartition de la population du Beht entre les zones amont, médiane et aval du bassin. De façon générale l'amont du bassin est faiblement peuplé en comparaison avec la partie médiane et surtout avec la zone aval. A l'échelle du bassin, il est important de signaler que la variation de l'intensité du peuplement est surtout en rapport avec la qualité du sol, la disponibilité en ressources en eau et les modalités de l'utilisation du sol. De ce fait, la densité de la population est relativement faible dans les secteurs où la céréaliculture est dominante surtout en culture moderne mécanisée. Alors qu'elle est assez forte dans les secteurs à cultures irriguées et maraîchères développées dans la plaine du Gharb et dans les vallées le long des cours d'eau.

Le Haut Beht et le Moyen Beht sont caractérisés surtout par la dominance de la culture pluviale associée à l'élevage et le pâturage. Les cultures reposent essentiellement sur la

céréaliculture et le maraichage qui se concentrent au voisinage des oueds, le long du Beht et ses affluents et au voisinage des sources. Le paysage agraire ainsi développé est de type bocager.

Quant au Bas Beht, il est doté par sa vocation agricole du fait qu'il draine la partie méridionale de la plaine du Gharb. Ici, il se développe un paysage agraire en *openfields*, composés de parcelles agraires ouvertes les unes sur les autres. Et comme on a déjà signalé précédemment, la présence de sols fertiles et de la ressource en eau ont amplement favorisé la culture irriguée (agrumiculture, cultures sucrières, oléagineux...) dans cette partie du bassin versant qui s'étend dans la partie méridionale de la plaine du Gharb.

Conclusion

En conclusion de ce premier chapitre, on peut retenir que le bassin versant du Beht, sur le plan géologique et géomorphologique, offre une large variété de terrains aux conditions de drainage et de fourniture de sédiments différentes. On remarque la dominance des formations paléozoïques en particulier les schistes et schistes quartzitiques dans le bassin du Haut Beht. Cette zone amont montre tout d'abord un paysage géomorphologique de relief appalachien, puis un paysage dominé par des unités de plateaux et de dépressions permo-triasiques caractéristiques. Le Moyen Beht traverse le plateau du Sais qui est une zone de plateau formée principalement par des calcaires lacustres, sables fauves, marnes et molasses miocènes. Ensuite, après avoir percé les marges occidentales des rides sud-rifaine, le Beht draine la dépression subsidente, offrant un paysage de large plaine, c'est la zone du Bas Beht. Dans les parties amont et médiane les héritages alluviaux quaternaires sont fréquents et se présentent en terrasses et glacis terrasses, étendues dans les dépressions et zones de confluences. Dans la plaine du Gharb, en raison de la subsidence, les héritages alluviaux quaternaires constituent un puissant remplissage alluvial sur lequel coule l'Oued Beht.

Du point de vu climatique, le climat du bassin de Beht est de type méditerranéen à influence océanique et continentale saharienne. Les précipitations abondent en hiver et peuvent dépasser 1400mm au Moyen Atlas. Généralement l'évolution des précipitations dans le bassin versant du Beht montre une tendance régressive, puisque les moyennes présentent un gradient décroissant de l'amont vers l'aval, depuis les causses moyen-atlasiques à la plaine du Gharb. Ce qui traduit principalement l'effet de l'exposition des reliefs vers le nord-ouest et de la décroissance de l'altitude. Les précipitations de neige tombent en hiver sur les reliefs du Haut Beht, principalement sur le Moyen atlas.

En ce qui concerne le couvert végétal, on a noté que la forêt du bassin versant du Beht ne couvre que 29% seulement du bassin. La majorité des terrains y sont exposés aux différentes formes de l'érosion hydriques particulièrement les versants dénudés ayant de fortes pentes, ce qui contribuent à augmenter la charge sédimentaire transportée dans le réseau hydrographique.

Le contexte humain montre, de façon général, que le bassin est doté d'une forte charge de population en majorité rurale, mais avec des centres urbains à forte densité. L'utilisation des terres est marquée par une forte activité agricole, notamment les céréales dans le Saïs (bour), et surtout dans la plaine du Gharb, où domine l'agriculture irriguée.

La présence du barrage El Kansera, qui est mis en service dès le début des années 30 ; constitue une influence directe sur le fonctionnement hydrogéomorphologique du Bas Beht ; puisqu'il contrôle l'écoulement et retient les apports solides du cours d'eau. Alors que la construction du barrage d'Ouljet Soltane, dans le Haut Beht, vient d'être achevée.

En définitive, il faut retenir que la combinaison de toutes les composantes du bassin versant (géologie, géomorphologie, altitude, sols, végétation, charge humaine...), détermine le comportement hydrodynamique, géodynamique et morphosédimentaire du Beht. Egaleme nt, elle influence la configuration et la densité du réseau hydrographique qui interviennent dans la détermination de la réponse hydrologique et influence la propagation des crues en périodes de pluies, et par conséquent la morphogenèse au niveau du lit fluvial.

Dans le chapitre suivant, on va essayer de dégager les principales caractéristiques morphométriques, hydrographiques et hydrologiques du bassin versant du Beht.

Chapitre 2 :

**Morphométrie, hydrographie du bassin versant et comportement
hydrologique du Beht**

Introduction

- 1.- Morphométrie et physiographie du bassin versant de Beht**
- 2.- Hydrographie du bassin versant du Beht**
- 3.- Ecoulements et comportement hydrologique du Beht**

Conclusion

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons dégagé les caractéristiques physiques et humaines générales du bassin versant du Beht. Le présent chapitre est consacré à l'étude de la morphométrie, l'hydrographie et l'hydrologie de ce bassin versant. Son objectif est de comprendre le fonctionnement hydrodynamique du cours d'eau du Beht, sachant que c'est ce fonctionnement qui détermine les caractéristiques de la morphologie fluviale.

Dans le premier axe, on va analyser les caractères morphométriques du bassin versant dans sa globalité, ainsi que ses principaux sous-bassins. Les caractéristiques topographiques essentielles seront déterminées en se basant sur les altitudes caractéristiques, la pente moyenne, le profil longitudinal du cours d'eau.

Dans le deuxième axe, on abordera la caractérisation du réseau hydrographique, en se basant sur la digitalisation et la hiérarchisation des éléments du réseau hydrographique du bassin versant du Beht par la méthode de Strahler sous Arc Gis.

Par la suite, le troisième axe sera consacré à l'étude de l'écoulement fluvial du Beht, en analysant des séries chronologiques des débits enregistrées au niveau des deux stations d'Ouljet Soltane et du barrage El Kansera. L'étude visera principalement la caractérisation du régime de l'écoulement, ainsi que l'analyse fréquentielle des débits en se basant sur l'ajustement Gumbel. Un aperçu sera donné sur l'historique des crues dans le bassin versant du Beht, puisque ces dernières jouent un rôle majeur dans les processus de la morphogenèse fluvial.

1.- Morphométrie et physiographie du bassin versant de Beht

L'étude morphométrique d'un bassin versant consiste à déterminer ses caractéristiques géométriques et topographiques comme la surface, la forme, la pente, l'altitude etc (G. Réménieras, 1976 ; A. Taous, 2005). Elle s'intéresse également à l'analyse du réseau hydrographique et permet d'en préciser les caractéristiques en se basant sur des indices numériques traduisant l'organisation et la densité du réseau hydrographique du bassin versant.

On rappelle que les caractéristiques géométriques et topographiques du bassin versant et de son réseau hydrographique influencent directement la réponse hydrologique, notamment les écoulements en période de crues, qui sont les facteurs fondamentaux du transport de sédiments et de la morphogenèse fluviale. Ces caractéristiques influencent principalement le temps de concentration des écoulements qui influence en partie la vitesse du courant et l'intensité de la réaction du bassin versant, face à une sollicitation de précipitations.

Dans le cas du Beht, les indices numériques sont calculés par exploitation de 9 cartes topographiques à l'échelle 1/100000 qui sont les cartes d'Azrou, Aguelmous, Oulmés Moulay Bou

Azza, El Hajeb, Meknès, Khémisset, Sidi Kacem, Sidi Yahya du Gharb et Souk Larbaâ du Gharb. On s'est basé également sur les données apportées par le modèle numérique du terrain.

1.1. Caractéristiques géométriques et topographiques du bassin versant

1.1.1. Périmètre et surface

Le périmètre (P) est la longueur généralement exprimée en km de la ligne de contour du bassin. Pour le bassin versant du Beht la valeur du périmètre, calculée automatiquement sous Arc Gis, est $P = 574$ Km. La surface du bassin versant (S) constitue l'aire de réception des précipitations qui alimentent un cours d'eau par écoulement. Le débit des cours d'eau à l'exutoire et le transit sédimentaire dépendent en grande partie de la surface du bassin. Celle-ci est calculée après avoir délimité le bassin versant, en suivant la ligne de partage des eaux qui commence et se termine au même point qui est l'exutoire du bassin. Pour le bassin du Beht, la surface est calculée après avoir digitalisé la ligne de partage des eaux du bassin sur des cartes topographiques à l'échelle de 1/100000 sous Arc Gis (fig. 2.1). La superficie ainsi calculée est S égale à 8457 km^2 .

1.1.2. L'indice de compacité ou l'indice de Gravellius

Parmi les indices morphométriques qui caractérisent la forme du bassin versant, l'indice de compacité de Gravellius est le plus utilisé. Il est défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface selon la formule suivante :

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28P/\sqrt{A}$$

P est le périmètre du bassin versant, A est la surface du bassin versant

Le coefficient de compacité du bassin versant du Beht est $K_c = 1,74$. Il est supérieur à 1 (tab. 2.1), ce qui indique une forme allongée. Sachant bien que la forme du bassin versant influence l'allure des hydrogrammes de crues, en exerçant un contrôle sur la durée du temps de concentration et par conséquent sur le débit de pointe et l'énergie hydrodynamique de l'écoulement. Généralement la forme allongée atténue les débits de pointe de crue en raison de la lenteur d'acheminement de l'eau jusqu'à l'exutoire. Alors que, les formes en éventails et plus ou moins ramassées présentent un temps de concentration plus court et ont les plus forts débits de pointe (M. Roche, 1963).

Longueur réelle du cours d'eau (km)	Superficie (km ²)	Périmètre (km)	Indice de compacité Kc
370	8457	574	1.74

Tableau. 2.1. Quelques caractéristiques géométriques du bassin versant de Beht

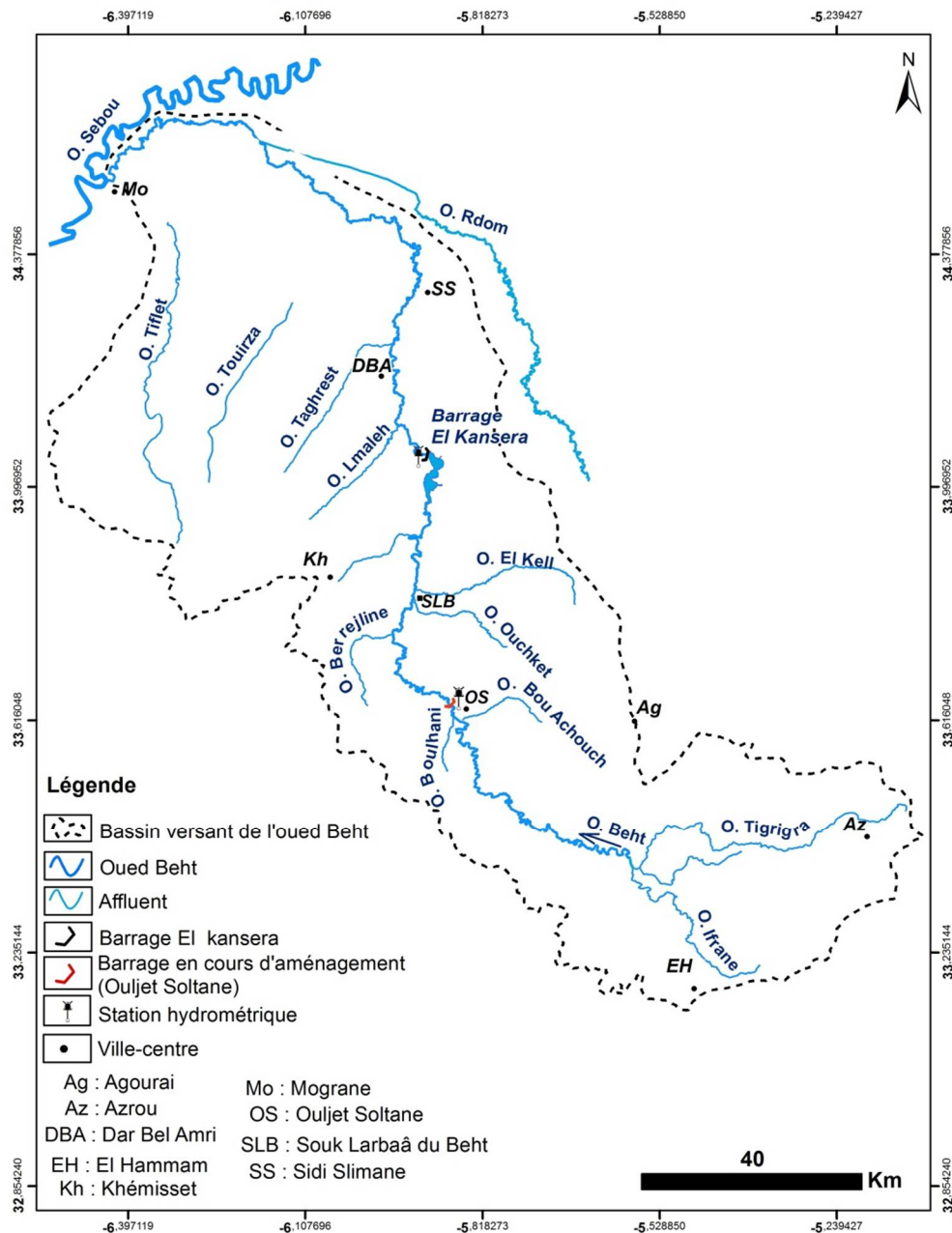


Figure. 2.1. Délimitation du bassin versant du Beht avec les principaux affluents

1.1.3. Rectangle équivalent

On rappelle que la notion du rectangle équivalent (ou rectangle de Gravellius), introduite par M. Roche (1963), permet de comparer facilement des bassins versants entre eux, de point de vue influence des caractéristiques géométriques sur l'écoulement. Le bassin versant rectangulaire est défini comme une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre et donc la même répartition hypsométrique. Les courbes de niveau deviennent des droites parallèles aux petits côtés du rectangle équivalent. Le périmètre du rectangle équivalent est : $P = 2 * (L + l)$. Sa surface est : $A = L.l$ (M. Roche, 1963). Les dimensions du rectangle équivalent se calculent par les formules suivantes :

$$l = \frac{K_G \sqrt{S}}{1.12} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right) ; \quad L = \frac{K_G \sqrt{S}}{1.12} \times \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right)$$

K_G : indice de compacité , S : surface du bassin versant

Pour le bassin du Beht, la longueur L est égale à 253,14 km, la largeur l est de 33,41 km (fig. 2.2).

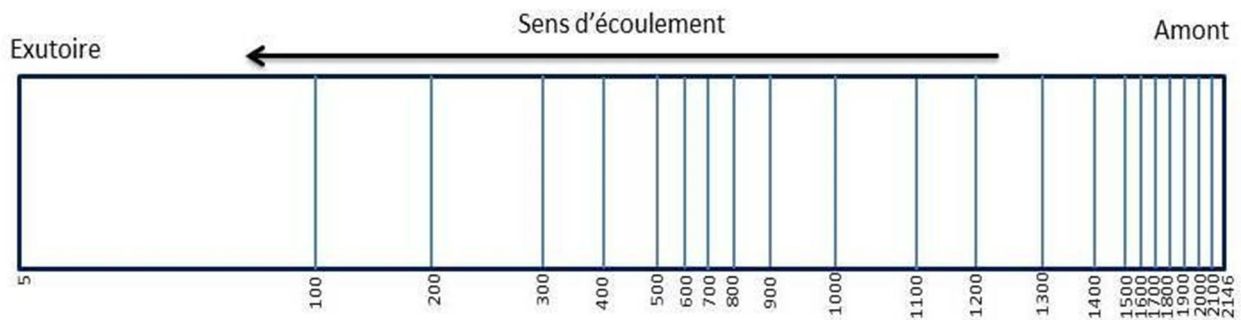


Figure. 2.2. Rectangle équivalent : cas du bassin versant du Beht

1.2.- Les caractéristiques topographiques

L'influence du relief sur le comportement hydrologique d'un bassin versant s'aperçoit facilement, puisque de nombreux facteurs météorologiques et hydrologiques varient avec l'altitude et la morphologie du bassin. Ainsi ces deux facteurs interviennent largement dans la création de directions privilégiées imposées aux flux liquides et solides dans les réseaux hydrographiques. La connaissance des caractéristiques topographiques du bassin versant permet donc de mieux comprendre le comportement hydrologique du bassin versant. Ces caractéristiques sont déterminées grossièrement en exploitant les données de la courbe hypsométrique qui montre la distribution des tranches d'altitudes dans le bassin ainsi que l'altitude maximale, l'altitude minimale, la pente moyenne, etc.

1.2.1. La courbe hypsométrique

Sachant bien que la plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques étant en fonction de l'altitude, il est intéressant de calculer par planimétrie des cartes la répartition des surfaces par tranches d'altitude dans le bassin versant (en km² et en %). Le tableau 2.2, montre la répartition surfacique des différentes tranches altitudinales obtenue dans le bassin versant du Beht. Ce tableau est obtenu en exploitant la carte altitudinale déjà présentée dans le premier chapitre (fig. 1.4).

Altitude (m)	Superficie (km ²)	Pourcentage%	Cumulé %
5-100	2059,92	24,36	100
100-200	921,59	10,90	75,64
200-300	859,87	10,17	64,75
300-400	726,9	8,60	54,58
400-500	468,8	5,54	45,98
500-600	259,8	3,07	40,44
600-700	298,45	3,53	37,37
700-800	263,5	3,12	33,84
800-900	365,2	4,32	30,72
900-1000	479,12	5,67	26,41
1000-1100	555,87	6,57	20,74
1100-1200	389,45	4,61	14,17
1200-1300	224,17	2,65	9,56
1300-1400	79,64	0,94	6,91
1400-1500	67,64	0,80	5,97
1500-1600	60,35	0,71	5,17
1600-1700	74,05	0,88	4,45
1700-1800	89,13	1,05	3,58
1800-1900	119,69	1,42	2,53
1900-2000	85,76	1,01	1,11
2000-2100	4,70	0,06	0,10
2100-2150	3,4	0,04	0,04
Total	8457	100	

Tableau. 2.2. Répartition surfacique des tranches d'altitude dans le bassin versant du Beht

En se basant sur les mêmes données, on a dressé la courbe hypsométrique du bassin versant qui donne en axe des ordonnées la surface du bassin versant et en axe des abscisses les côtes d'altitudes (fig. 2.3). Cette courbe représente une bonne détermination possible de l'élévation moyenne du bassin versant ; elle est utile pour interpréter l'hydrologie du bassin de drainage (R. E. Horton, 1932 ; E. De Martonne, 1941).

Cette courbe est considérée comme une sorte de profil du bassin versant et sa pente moyenne est un élément synthétique de comparaison de la topographie de divers impluviums (G. Réménieras, 1976). Egalement, elle reste un outil pratique pour comparer des bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Comme elle peut en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin versant, elle donne aussi des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage.

Dans le cas du Beht, la courbe hypsométrique (fig. 2.3) montre une vue synthétique de la distribution des altitudes et de la pente du bassin versant, donc du relief drainé de façon générale.

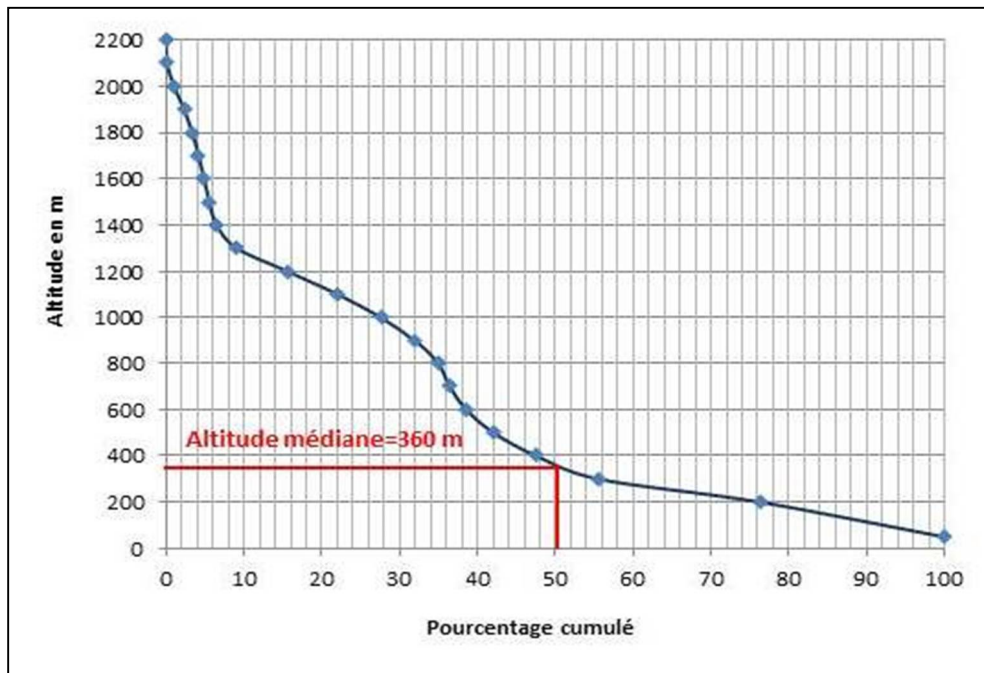


Figure. 2.3. La courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Beht

L'allure effilée de la courbe hypsométrique indique une grande extension des faibles altitudes et une réduction progressive de la surface des zones altimétriques. Son tracé reflète un gradient décroissant d'altitude de l'amont vers l'aval avec une dominance des hautes altitudes dans le Haut Beht, des moyennes altitudes dans le Moyen Beht, suivie d'une zone de basse altitude coïncidant avec la plaine du Bas Beht (tab. 2.2). Les hautes altitudes (1200 m – 2100m) sont rencontrées en amont du bassin versant et occupent seulement 14% de la superficie totale. Au fur et à mesure qu'on se déplace vers l'aval, l'altitude décroît progressivement pour atteindre des valeurs inférieures à 100 m caractérisant une plaine à pente faible avec 24%. Quant aux moyennes altitudes (350m - 800m), ils caractérisent les crêtes des massifs de Tassaft El Haj et Telt et ceux de Tafoudaite et d'Assaraoui. Ce qui est traduit au niveau de l'allure de la courbe qui présente une concavité vers le ciel. La valeur de la médiane des altitudes est $H_e = 360$ m. Ce qui montre que ce bassin versant est caractérisé par des altitudes globalement modestes.

Il est communément admis que la forme de la courbe hypsométrique témoigne de l'état d'équilibre potentiel du bassin versant c'est-à-dire le niveau de maturité du système hydro-géomorphologique (A.N. Strahler, 1952 ; A. Champoux et C. Toutant, 1988 ; A. Vannak, 2008) ; c'est ce que montrent les courbes de la figure 2.4 correspondant à trois bassins de potentiels évolutifs différents, c'est-à-dire selon trois états d'érosion distincts. Dans le cas du Beht, en le comparant avec les courbes de cette figure, on se trouve alors face à un bassin versant à forte maturité, étant proche de l'état de vieillesse et avec une plaine en aval bien développée.

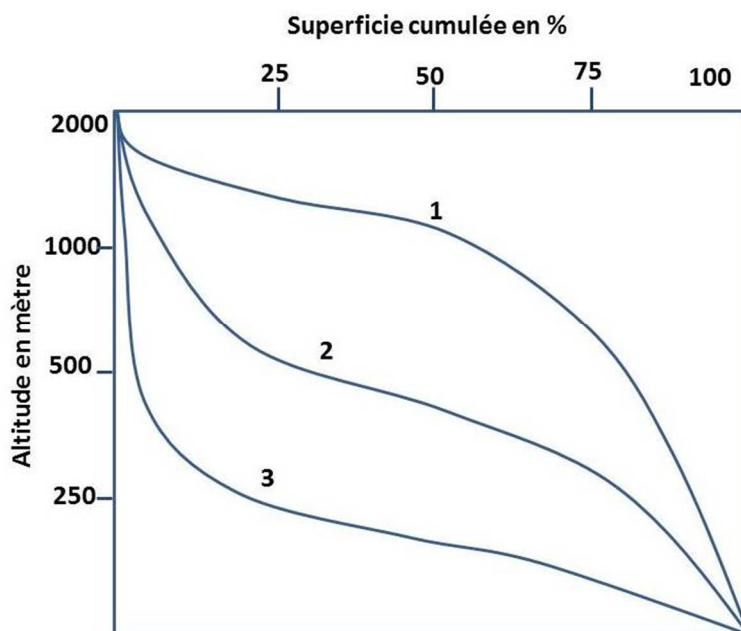


Figure. 2.4. Courbes caractéristiques du cycle de l'érosion d'après Strahler (1952).
1-bassin jeune, processus érosifs dominants ; 2- bassin mature, équilibre des processus érosifs et sédimentaires ; 3 ; vieux bassin

1.2.2. Les altitudes caractéristiques

La courbe hypsométrique traduit la répartition des altitudes à l'intérieur du bassin versant, et permet de déterminer les altitudes caractéristiques qui sont, les altitudes maximale et minimale, l'altitude médiane, l'altitude moyenne, l'altitude la plus fréquente :

- l'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin versant, pour le bassin du Beht sa valeur $H_{\max}$ est égale à 2146 m enregistrée sur les sommets du massif Ain Lkahla.
- L'altitude minimale correspond au point le plus bas, qui se trouve à l'exutoire du Beht, sa valeur est $H_{\min} = 5$ m, au niveau de la confluence avec l'oued Sebou à Mograne.
- L'altitude médiane correspond à l'altitude représentée à 50 % de la surface totale du bassin versant sur la courbe hypsométrique, sa valeur est $H_{\text{med}} = 360$ m.
- L'altitude la plus fréquente c'est l'altitude de la plus grande surface élémentaire comprise entre deux courbes de niveau successives. Elle correspond à la tranche d'altitude comprise entre 5 et 100 m, et domine 24,36% de la superficie du bassin versant du Beht
- L'altitude moyenne H_{moy} peut être déduite directement de la courbe hypsométrique puisqu'elle représente l'ordonnée moyenne (tab. 2.3); ou bien elle est définie par la relation suivante :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum A_i \cdot H_i}{A}$$

Avec H_{moy} : L'altitude moyenne du bassin en m.

A_i : l'aire comprise entre deux courbes de niveaux en km^2 .

H_i : l'altitude moyenne entre deux courbes de niveaux en m.

A : la superficie totale du bassin versant km²

On a déterminé l'altitude moyenne en calculant la somme des altitudes moyennes entre les courbes de niveaux consécutives du bassin versant du Beht ; sa valeur est : $H_{\text{moy}} = 535\text{m}$.

Tranches d'altitude (m)	Hi (m)	Ai (km ²)	Ai* Hi / A (m)
5-100	52,5	2059,92	12,79
100-200	150	921,61	16,35
200-300	250	859,87	25,42
300-400	350	726,9	30,08
400-500	450	468,8	24,94
500-600	550	259,8	16,90
600-700	650	298,45	22,94
700-800	750	263,5	23,37
800-900	850	365,2	36,70
900-1000	950	479,12	53,82
1000-1100	1050	555,87	69,01
1100-1200	1150	389,45	52,96
1200-1300	1250	224,17	33,13
1300-1400	1350	79,94	12,76
1400-1500	1450	67,64	11,60
1500-1600	1550	60,35	11,06
1600-1700	1650	74,05	14,45
1700-1800	1750	89,13	18,44
1800-1900	1850	119,69	26,18
1900-2000	1950	85,76	19,77
2000-2100	2050	4,72	1,14
2100-2146	2123	3,4	0,85
		$\Sigma H_i \cdot A_i / A$	534,66

Tableau. 2.3. Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant de Beht

1.2.3. La pente moyenne du bassin versant

La pente moyenne du bassin versant donne une indication sur le temps de concentration de l'écoulement et influence directement sur le débit de pointe des crues lors d'une averse. Plusieurs méthodes ont été développées pour estimer la pente moyenne d'un bassin, en se basant sur la lecture d'une carte topographique ou d'un MNT. La méthode proposée par M. Roche (1963) consiste à calculer la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires comprises entre deux altitudes données :

$$I_m = D \cdot L / A$$

Avec :

I_m : la pente moyenne en (m/km ou ‰)

L : la longueur totale des courbes de niveau (km)

D : l'équidistance entre deux courbes de niveau (m)

A : la surface du bassin versant (km²)

Dans le cas du Beht, la pente moyenne obtenue est faible, ce qui confirme les résultats de la courbe hypsométrique ; sa valeur est :

$$P_{\text{moy}} = 2.35 \text{ m/km , soit : } 2,35 \text{ ‰}$$

1.2.4. La longueur et les pentes caractéristiques du réseau hydrographique

a)- La longueur

La longueur du cours d'eau principal est égale à la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, en suivant le segment d'ordre le plus élevé qui draine la plus grande surface. Pour le Beht, L est égale à 370 km alors que sa longueur à vol d'oiseau L_h est égale à 232 Km.

b)- Le profil en long

Les profils longitudinaux de l'Oued Beht et de ses principaux affluents sont réalisés à l'aide des courbes de niveau de 10 m d'équidistance, extraites du modèle numérique du terrain de la zone d'étude. Pour ce faire, on a utilisé les points cotés et l'altitude de chaque isohypse recoupant le tracé du cours d'eau principal et de certains affluents, depuis leurs origines jusqu'aux exutoires (fig. 2.5).

On rappelle que le profil en long du cours d'eau résulte de l'interaction entre l'incision fluviale (érosion fluviale), la lithologie et la tectonique (L. Sklar et W E. Dietrich, 1998). L. B. Leopold et W. B. Langbein (1966) ont montré que les profils en long sont d'autant plus rectilignes que les rivières sont courtes. Mais leur concavité dépend aussi de l'évolution du débit de la charge et de la taille des alluvions de l'amont vers l'aval. Certains auteurs, comme J.T. Hack (1957), R. Snow et R.L. Slingerland (1987), T.B. Hoey et R. I. Ferguson (1994), S.K. Sinha et G. Parker (1996) ont démontré que la concavité est plus forte quand la charge et la taille des matériaux diminuent rapidement vers l'aval et inversement. La concavité des profils longitudinaux pourrait aussi dépendre de l'évolution de l'amont vers l'aval du débit et de la taille de la charge de fond (J.P. Larue, 2014).

Pour évaluer et comparer les concavités des différents profils en long, nous avons utilisé l'indice de concavité de W. B. Langbein (1964) qui est défini par la relation suivante :

$$IC = 2A/H$$

Avec : A est la différence d'altitude entre le profil à mi-parcours et une ligne droite joignant les deux extrémités du profil, et H la dénivellation entre la source et l'exutoire du cours d'eau. W. B. Langbein (1964) avait montré que le profil tend à devenir rectiligne quand la valeur de l'indice de concavité est proche de 0, alors que la concavité devient plus forte lorsque ce dernier est proche de 1.

Le tableau 2.4 donne les résultats obtenus sur les caractéristiques des profils en long du Beht et de ses affluents, à savoir : la longueur horizontale, la dénivellation, la pente moyenne et l'indice de concavité.

Pour le cours de Oued Beht, la longueur horizontale est 232 km, la dénivellation est de 785m, la pente moyenne est très faible ; elle est de 0,26 % et l'indice de concavité est moyen, sa valeur est de 0,53; on voit donc que le profil en long du Beht est modestement concave, présentant un tracé plus ou moins rectiligne, surtout vers l'aval en direction de la plaine du Gharb.

L'analyse des profils longitudinaux des principaux affluents du Beht donne des résultats plus ou moins différents selon les cours d'eau et leurs longueurs. Les indices de concavité calculés pour les principaux affluents du Beht ont des valeurs qui fluctuent entre 0.30 pour Oued Ifrane et 0.79 pour Oued El Kell. Ils sont inversement proportionnels avec la pente puisqu'ils diminuent avec l'augmentation de la pente moyenne. Cette dernière décroît avec l'aire drainée et donc avec la longueur du cours d'eau (J.T. Hack, 1957). Les forts indices de concavité sont associées aux rivières importantes de plus de 40 km de longueur et à faible pente, comme le Beht et El Kell avec respectivement 0,53 et 0,79.

La forte concavité de l'Oued El Kell témoigne d'un changement de direction. Due essentiellement à la présence d'un accident tectonique, qui impose au chenal de l'Oued El Kell de se diriger vers le nord puis à hauteur de Meknès, il dessine un grand coude vers l'ouest pour confluer avec Oued Beht. Ses affluents sont tous parallèles, et ont découpé la partie occidentale du Sais en faisceau d'éperons s'inclinant vers le bassin de Souk Larbaâ du Beht.

Les faibles valeurs de l'indice de concavité sont associées aux deux branches supérieures du Beht ; les Oueds Ifrane et Tigrigra qui drainent les zones amont à haute altitude, ont respectivement 0,30 et 0,37.

Cours d'eau	Longueurs (km)	Altitude sources(m)	Dénivellation (m)	Pente moyenne (m/km)	Pente moyenne (%)	Indice de concavité (IC)
Beht	232	790	785	2,60	0,26	0,53
Tigrigra	42	1460	659	15,7	1,57	0,37
Ifrane	32	1570	700	21,8	2,18	0,30
El Kell	89	1141	993	11,16	1,12	0,79
Boulhani	35	1090	820	23,42	2,34	0,50
Ouchket	58	910	761	13,12	1,31	0,48
Lmaleh	37	450	370	10	1	0,45
Taghrest	54	350	290	5,37	0,53	0,66
Tiflet	87	320	300	3,45	0,34	0,14

Tableau. 2.4. Caractéristiques des profils longitudinaux du Beht et de ses principaux affluents

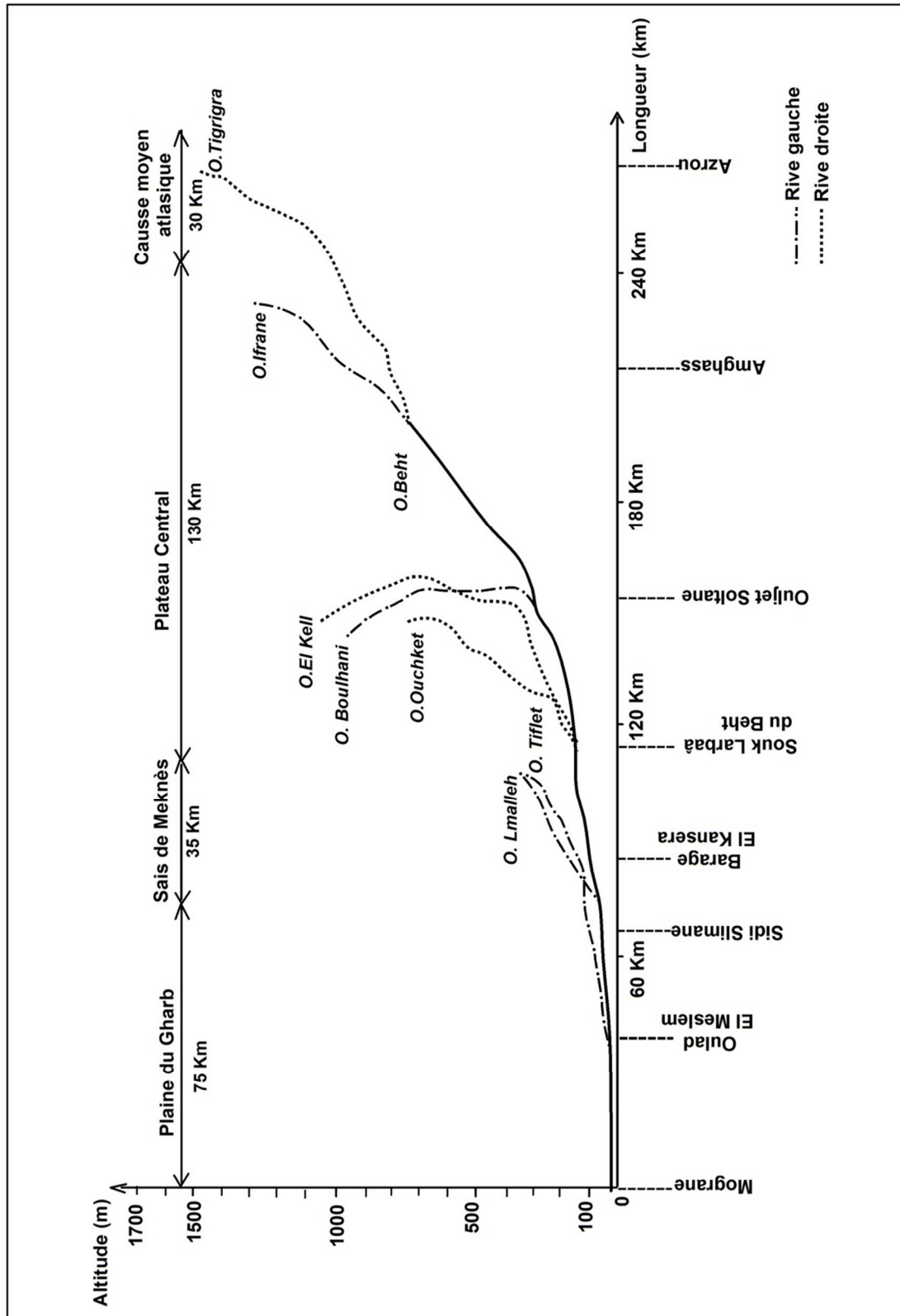


Figure. 2.5. Profils longitudinaux de l'Oued Beht et ses affluents

2. Hydrographie du bassin versant du Beht

Le réseau hydrographique ou réseau de drainage est un système d'écoulement linéaire des eaux, hiérarchisé et structuré. Il assure le drainage du bassin versant vers un commun exutoire (A. Champoux et C. Toutant, 1988). Son installation est sous le contrôle des contraintes lithologiques, morph-structurales, climatiques et même influencée par l'action anthropique (A. Taous, 2005). Le contrôle structural est capital, il peut être dynamique, c'est-à-dire lié à une tectonique de failles actives ou à un plissement, etc., comme il peut être passif adapté à des caractères structuraux hérités (J.P. Bravard et F. Petit, 1997). Pratiquement, chaque réseau hydrographique peut être caractérisé par plusieurs éléments parmi lesquels on peut citer : son allure géométrique, sa hiérarchisation, et son développement dans l'espace, c'est-à-dire le nombre et les longueurs des cours d'eau dans le réseau.

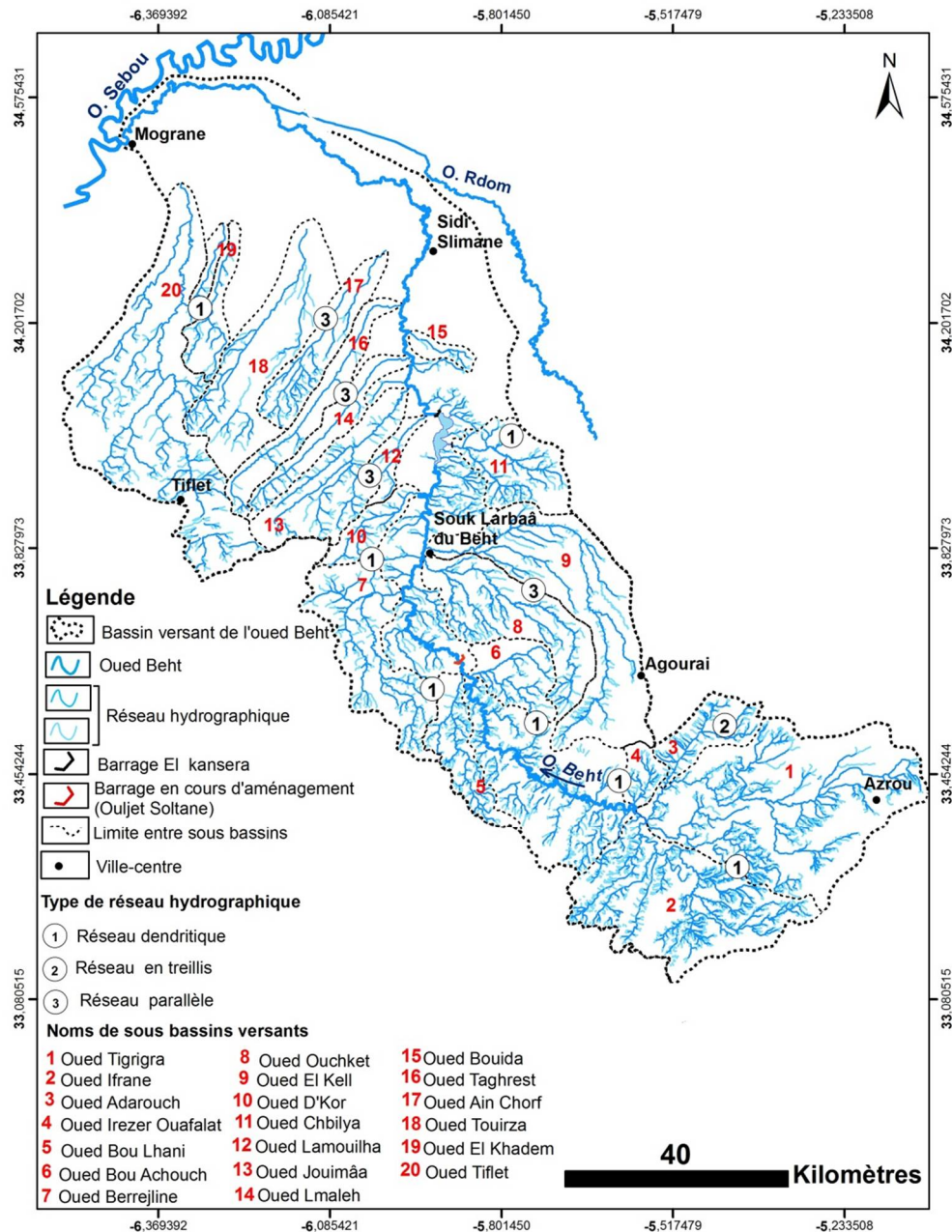
L'analyse du réseau hydrographique du bassin du Beht s'est basée sur l'observation et la distinction des types de réseau et aussi en calculant un ensemble d'indices numériques. Ce qui nous a permis de déterminer les types de réseaux et dégager des grandeurs sur la densité de drainage, la densité hydrographique, le rapport de confluence, etc. Pour ce faire, on s'est basé sur les cartes topographiques à l'échelle de 1/100000, utilisées pour la délimitation du bassin versant, couvrant la totalité du bassin étudié. Une première étape consiste à digitaliser l'ensemble des drains sous Arc Gis, puis on a appliqué la hiérarchisation de Strahler pour ordonner l'ensemble des drains du réseau hydrographique. Par la suite, on a calculé le nombre des drains de tout ordre ainsi que leur longueur pour en calculer les indices numériques comme : le rapport de confluence et le rapport des longueurs.

2.1. Les types de réseaux hydrographiques

Dans le détail, le réseau hydrographique du Beht présente une variété d'aspects, dont la mise en place et l'organisation spatiale sont étroitement liées aux spécificités lithologiques et structurales des terrains drainés par chaque sous bassin. La distinction entre les différents aspects hydrographiques dans le bassin du Beht est basée sur la typologie proposée par A.D. Howard (1967) et M.J. Selby (1985). De l'amont en aval du bassin on distingue (fig. 2.6) :

-La partie amont du bassin versant du Beht, qui comporte les deux sous bassins de Tigrigra et Ifrane, en plus des bassins d'autres affluents, est dominé par un réseau dendritique mis en place surtout sur les terrains à lithologie homogène qui sont les formations primaires particulièrement les schistes paléozoïques des plaines d'Azrou et de Mrirt de la dépression orientale. Le réseau dendritique apparaît aussi en aval de la confluence des Oueds Tigrigra et Ifrane, notamment dans les formations schisteuses des plateaux de Tassaft El Haj et Telt et également les flyschs des plateaux de Tafoudait et d'Assaraoui. On observe aussi le réseau de type en treillis, développé d'une part

dans le sous bassin versant de l'Oued Adarouch affluent rive droite de l'Oued Tigrigra. Ce type en treillis est développé aussi dans les zones plissées au relief appalachien dans le sous bassin du cours supérieur de l'Oued Ifrane.



- Figure. 2.6. Typologie du réseau hydrographique du Beht

Le bassin du Moyen Beht dispose en plus des types dendritiques et en treillis d'un troisième type qui est le type parallèle. Ce type caractérise la partie orientale du Moyen Beht, comme dans les sous bassins des Oueds Ouchket et El Kell. Les branches de ce réseau sont relativement parallèles et peu hiérarchisées, drainant les calcaires lacustres de Saïs de Meknès. Le type dendritique se développe dans le sous bassin de l'Oued Chbilya. Quant au Moyen Beht occidental, on dénote l'existence de deux types dendritique et en treillis. Le type dendritique caractérise les sous bassins des oueds situés en amont du barrage El Kansera, en particulier, les sous bassins des Oueds

Berrejline et Dkor. Tandis que, pour l'aval du barrage le type de réseau le plus fréquent et du type parallèle. Ce dernier se développe sur des surfaces homogènes inclinées de façon modérée, comme les formations tendres de marnes et les sables caillouteux des bas plateaux de Zemmour.

Le cours du Bas Beht se développe dans la partie méridionale de la plaine du Gharb. Ici, excepté l'Oued Rdom qui conflue avec le Beht en aval de Sidi Slimane, les cours supérieurs des principaux affluents du Beht prennent naissance principalement dans les bas plateaux de Zemmour. Tandis que les cours inférieurs de ces affluents se perdent progressivement dans la plaine alluviale du Beht. Parmi ces affluents, Oued Tiflet est caractérisé par un réseau de drainage relativement bien développé et de type dendritique.

2.2. L'ordination du réseau hydrographique

Parmi les méthodes d'ordination et hiérarchisation des éléments hydrographiques, on a choisi celle de A.N. Strahler (1952). Cette classification se base sur une hiérarchisation progressive d'amont en aval et dans laquelle un cours d'eau ne conserve pas le même rang sur toute sa longueur (fig. 2.7). Cette classification est considérée comme la plus conforme à la réalité géomorphologique des bassins versants, elle est de ce faite la plus utilisée (A. Taous, 2005). Elle se base sur les règles suivantes (A.N. Strahler, 1952) :

- Tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre 1.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.
- Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de 1.

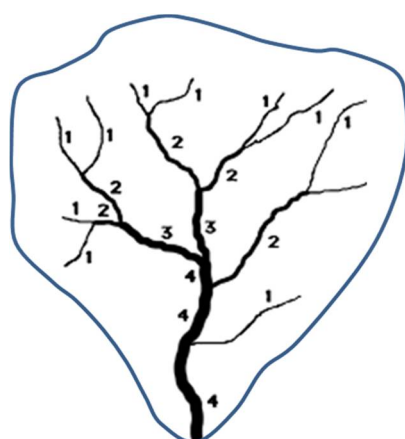


Figure. 2.7. Méthode d'ordination des drains du réseau hydrographique selon A. N. Strahler (1952)

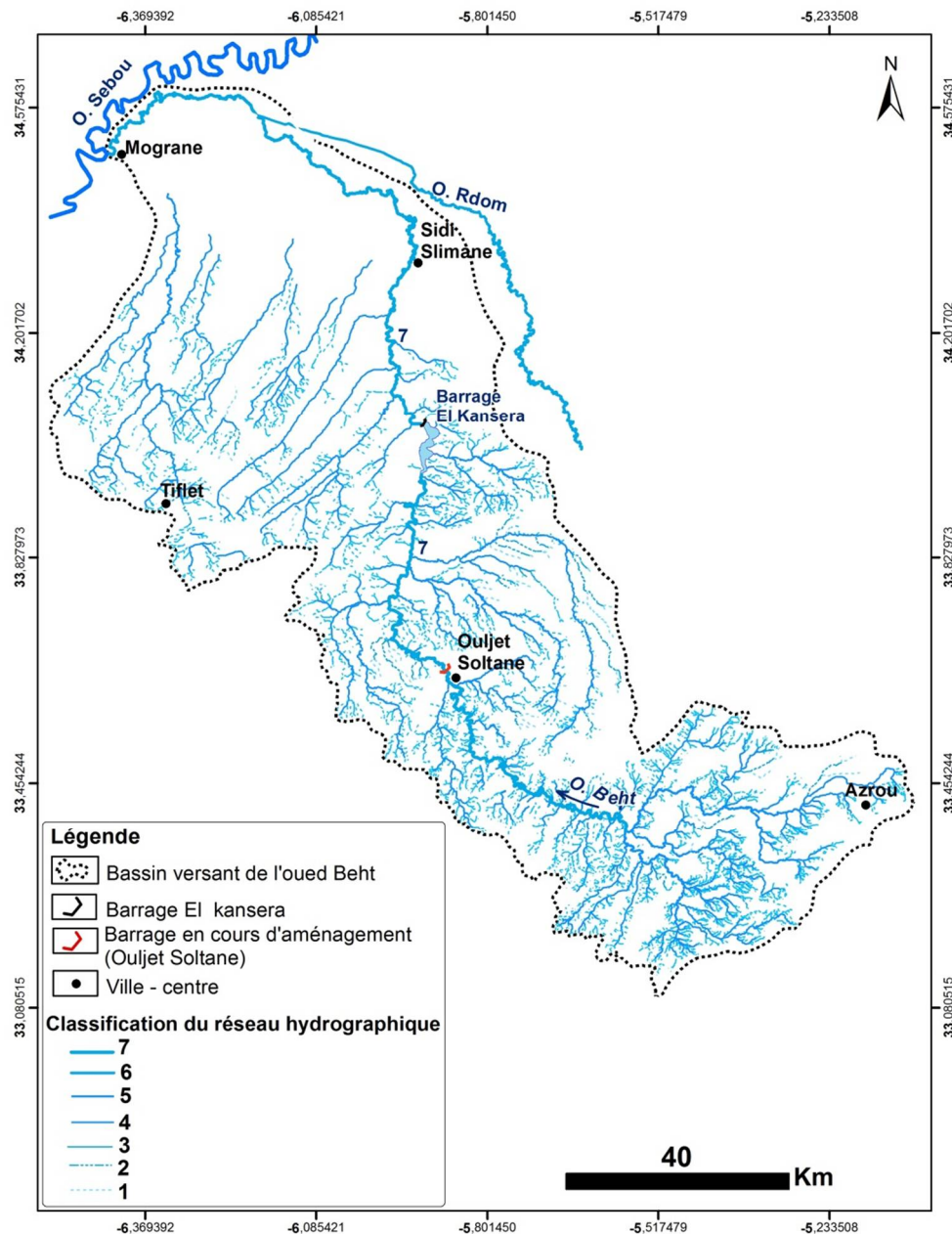


Figure. 2.8. Hiérarchisation du réseau hydrographique du bassin versant du Beht

La hiérarchisation du réseau hydrographique correspond à un système de numérotation qui exprime le degré de ramifications des éléments de ce réseau, en tenant compte de l'ordre des cours d'eau. On a appliqué la méthode d'ordination adoptée par A. N. Strahler (1952) décrite ci-dessus. Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 2.8 ; le cours de l'Oued Beht est d'ordre 7.

2.3. La densité de drainage, la densité hydrographique et la texture de drainage

2.3.1. La densité de drainage

La densité de drainage D_d a été définie par R.E. Horton en 1932, dans la finalité de mesurer le degré de développement d'un réseau hydrographique dans un espace de drainage. Elle est définie comme étant le rapport entre la longueur totale des cours d'eau de tous les ordres du réseau hydrographique par la surface du bassin versant (J.P. Bravard et F. Petit, 1997).

$$Dd = \sum Li/A$$

Avec : Dd : densité de drainage en Km/Km² ; Li : la longueur totale des cours d'eau de tous les ordres du réseau hydrographique en km, elle est égale à 6357 km ; A : la surface du bassin versant en km².

On rappelle que la densité de drainage est d'autant plus faible que la capacité d'infiltration est importante et varie dans le même sens que le ruissellement et dans le sens inverse de l'écoulement souterrain (R.E. Horton, 1945). Dans les régions homogènes sur le plan climatique, la densité de drainage est en relation directe avec la lithologie qui contrôle plus ou moins directement la perméabilité du substratum et le ruissellement (J. Bravard et F. Petit, 1997). Elle est donc étroitement liée à la nature lithologique des bassins versants. La plupart des bassins versants se caractérisent par des substratums à nature lithologiques hétérogène et par des densités de drainage fort variées (B. Rambert, 1973 ; K. Nageswara Rao et al., 2010).

Dans le cas du bassin versant de Beht, la densité de drainage obtenue est égale 0.75 km/km². Cette valeur indique que le bassin du Beht est généralement mal drainé puisqu'elle est inférieure à 1,5 km/km² si l'on compare aux indications de V. Pakhmode et al (2003) et de K. Reddy et al (2004). La faible densité de drainage du bassin de Beht, indique qu'en plus de l'influence de la lithologie et des formations superficielles, le rôle de la couverture végétal et de la pente des versants dans une région formée principalement de plateaux et de plaines (P. Tacconi et al., 1994).

Dans le détail, les densités de drainage calculées pour chacun des sous bassins versants des principaux affluents du Beht indiquent différentes valeurs (tab. 2.5). La valeur minimale est égale à 0,56 km/km² pour le sous bassin d'El Kell (Moyen Beht) ; alors que les valeurs supérieures à 1 km/km² sont rencontrées dans le Haut Beht, pour les Oueds Tigrigra et Ifrane. Dans les autres sous bassins, les valeurs sont comprises entre 0,56km/km² et 1km/km².

Affluent	Densité de drainage (km/km ²)
Oued Tigrigra	1,17
Oued Ifrane	1,03
Oued Bouâcouch	1
Oued Ouchket	0,88
Oued Boulhani	0,99
Oued Berrejline	0,91
Oued El Kell	0,56
Oued D'Kor	0,83
Oued El Maleh	0,79
Oued Tiflet	0,56

Tableau. 2.5. La densité de drainage des principaux affluents de l'Oued Beht

La variation de la densité de drainage dans les sous-bassins du Beht est due principalement à l'hétérogénéité lithologique des formations géologiques, en plus de la variation de la pente des versants et du cours d'eau d'un bassin à l'autre. De plus il faut ajouter l'influence de couverture végétale (Forêts, pâturages, zones agricoles, ...), en provoquant des réactions différentes d'un bassin à l'autre et par conséquent produisant différents types d'écoulement (M. Rouleau, 2009).

2.3.2.- La densité hydrographique

La densité hydrographique D_h ou la fréquence des affluents, est définie par R.E. Horton (1932) comme le rapport du nombre total (somme) des cours d'eau par la surface du bassin versant.

$$D_h = \sum N_i / A$$

D_h : Densité hydrographique Km^{-2}

N_i : Nombre total des cours d'eau ;

A : Superficie du bassin en Km^2

Pour le Beht : $\sum N_i = 6219$; $A = 8457 \text{ Km}^2$; $D_h = 0,74 \text{ Km}^{-2}$

La densité hydrographique (ou fréquence des affluents) dépend principalement de la lithologie du bassin versant et de la texture du réseau de drainage (J.S. Jhon Wilson et al., 2012). Elle montre une corrélation positive avec la valeur de la densité de drainage du bassin versant, en indiquant une diminution du nombre des drains du réseau hydrographique en rapport avec une diminution de la densité de drainage (K. Nageswara Rao et al., 2010). Une fréquence des affluents élevée (> 5) révèle un ruissellement de surface élevé et une pente prononcée (V. Pakhmode, 2003). La densité hydrographique D_h de l'Oued Beht est égale à $0,74 \text{ km}^{-2}$, ce qui reflète un ruissellement de surface faible et une pente faible. Cette faible valeur de la densité hydrographique concorde avec la valeur obtenue pour la densité de drainage du bassin versant du Beht.

2.3.3. La texture de drainage

La texture de drainage (T_d en km^{-1}) est un facteur important dans l'analyse morphométrique du drainage ; elle dépend de la lithologie, de la capacité d'infiltration et de l'aspect morphologique du relief (K. Nageswara Rao et al., 2010). Elle est définie par R.E. Horton (1945) comme le rapport entre le nombre total de segments de flux de tous les ordres par le périmètre du bassin versant :

$$T_d = \sum N / P$$

$$\sum N = 4048 ; P = 574 \text{ km} ; T_d = 7,05 \text{ km}^{-1}$$

La texture de drainage détermine en quelque sorte l'espacement relatif entre les affluents dans un terrain disséqué par l'érosion. Elle dépend de plusieurs facteurs naturels, tels que le climat, les précipitations, le couvert végétal, la nature du sol et des substrats, la capacité d'infiltration et le relief (O.J. Mesa, 2006). Une roche massive et résistante produit une texture de drainage grossière,

tandis qu'une roche moins résistante produit une texture de drainage fine. La faible concentration du couvert végétal des régions arides produit une texture plus fine que celle produite sur des roches similaires, mais dans des conditions de végétation dense des régions humides (A. Sreedevi et al., 2005). Les roches molles meubles et sans couvert végétal montre une texture fine, alors que les roches massives et résistantes produisent une texture grossière (S. Evangelin Ramani et al., 2015).

La valeur de la texture de drainage du bassin versant du Beht est égale à $T_d = 7,05 \text{ km}^{-1}$. Selon la classification de K.J. Smith (1950) (tab. 2.6), la texture de drainage du bassin versant de Beht appartient à la deuxième classe entre 4 et 10. Elle est donc de catégorie modérée, reflétant la nature lithologique hétérogène du substratum drainé par Oued Beht et ses affluents. Puisque les terrains géologiques du bassin sont formés par des roches variées, allant de roches relativement résistantes comme les schistes et les flyschs paléozoïques, des calcaires (jurassiques) et des mollasses du Miocène et aussi des roches peu résistantes comme les argiles triasiques, les marnes, miocènes, les limons et les alluvions quaternaires. En plus de la présence plus ou moins dense du couvert forestier qui couvre certaines parties du bassin versant.

Type de texture	Valeurs de T_d
Grossière	< 4
Intermédiaire	4 à 10
Fine	10 à 15
Ultra fine	< 15

Tableau. 2.6 Texture de drainage selon K.J. Smith (1950)

2.4. Le rapport de confluence et le rapport des longueurs

2.4.1. Rapport de confluence

Sur la base de l'ordination des cours d'eau, on définit différentes lois qui se traduisent par de simples paramètres sans dimension, exprimant les degrés de développement et de hiérarchisation du réseau de drainage. Parmi ceux-ci, les rapports de confluence et les rapports des longueurs sont les plus utilisés pour caractériser les réseaux hydrographiques (R.E. Horton, 1932 ; S.A. Schumm, 1956). Le rapport de bifurcation est une caractéristique importante du bassin versant. En fait, il indique la complexité et l'exhaustivité du drainage ou le degré de dissection du réseau de drainage d'une part et, d'autre part, il fournit une base simple de détermination de la longueur des flux de différents ordres et la longueur des flux dans le bassin versant (R.E. Horton, 1932).

Le rapport de confluence (ou rapport de bifurcation) est donné par la relation :

$$R_b = N_u / N_{u+1}$$

Avec R_b = le rapport de confluence ; N_u = Le nombre du cours d'eau d'ordre u
 N_{u+1} = Le nombre des cours d'eau d'ordre suivant.

Dans le cas du Beht, le nombre total des cours d'eau comptés dans le bassin versant est égale à 6219. Les rapports de bifurcations dans le bassin versant de Beht sont calculés par couples de numéro d'ordre successif. Les résultats donnent des valeurs comprises entre 2,45 et 5,73 (tab. 2.7). On a ensuite procédé au calcul de la moyenne pondérée des rapports de bifurcation des ordres de 1 à 7 dans le bassin versant du Beht qui est égale à 3,73.

Nom du bassin versant		Ordre de cours d'eau		Nombre de cours d'eau		
Beht		1		4048		
		2		1393		
		3		519		
		4		212		
		5		37		
		6		8		
		7		2		
Rapport de confluence						Moyenne
1 ^{er} ordre/ 2 ^{ème} ordre	2 ^{ème} ordre/ 3 ^{ème} ordre	3 ^{ème} ordre/ 4 ^{ème} ordre	4 ^{ème} ordre/ 5 ^{ème} ordre	5 ^{ème} ordre/ 6 ^{ème} ordre	6 ^{ème} ordre/ 7 ^{ème} ordre	
2,91	2,68	2,45	5,73	4,63	4	

Tableau. 2.7. Rapport de confluence du réseau hydrographique de l'Oued Beht

D'après V.T. Chow (1964), ces valeurs correspondent à des bassins de forme allongée à faible pente. Les valeurs les plus faibles de R_b sont des caractéristiques indiquant que le bassin a subi moins de perturbations structurelles (A.N. Strahler, 1964), et que les structures de drainage n'ont pas été faussées en raison des perturbations structurelles (J.S. John Wilson et al., 2012).

2.4.2. Le rapport des longueurs du cours d'eau

La longueur des cours d'eau est une autre caractéristique hydrologique importante du bassin versant. Elle révèle, grossièrement, que les cours d'eau de longueur relativement petites sont caractéristiques du ruissellement dans les zones de plus grandes pentes et de texture fine (K. Nageswara Rao, et al., 2010). C'est pourquoi on utilise parfois cette dimension pour caractériser un bassin versant. On utilise souvent, le rapport des longueurs du cours d'eau qui est défini d'après R.E. Horton (1954) par la relation suivante :

$$R_l = L_u / L_{u+1}$$

Avec : R_l = le rapport des longueurs ; L_u = La longueur moyenne des cours d'eau d'ordre u

L_{u+1} = La longueur moyenne des cours d'eau d'ordre suivant

Les rapports des longueurs se situent dans une bande de valeur relativement étroite qui se situe généralement entre 1.5 et 3, avec une valeur moyenne de 2 (R.J. Chorley, 1957 ; J.S. Smart, 1972 ; A.D. Abrahams, 1984).

La valeur moyenne du rapport des longueurs obtenue pour le bassin de Beht est égale à 2,27. Les rapports des longueurs sont plus forts pour les rangs 4/5 et 5/6 que pour les rangs 1/2, 2/3, 3/4 et 6/7 (tab. 2.8).

Nom du bassin versant		Ordre de cours d'eau		Nombre de cours d'eau		Longueur km
Beht		1		4048		3169,099
		2		1393		1494,031
		3		519		582,083
		4		212		550,188
		5		37		155,435
		6		8		36,442
		7		2		369,771
Rapport des longueurs						Moyenne
1 ^{er} ordre/ 2 ^{ème} ordre	2 ^{ème} ordre/ 3 ^{ème} ordre	3 ^{ème} ordre/ 4 ^{ème} ordre	4 ^{ème} ordre/ 5 ^{ème} ordre	5 ^{ème} ordre/ 6 ^{ème} ordre	6 ^{ème} ordre/ 7 ^{ème} ordre	
2.12	2.57	1.06	3.54	4.27	0.10	
						2.27

Tableau. 2.8. Rapport des longueurs du réseau hydrographique de l'Oued Beht

La fréquence hydrographique est définie par R.E. Horton (1932) par la relation suivante :

$$F=N1/A$$

Avec F=la fréquence hydrographique ; N= le nombre total des cours d'eau de tous les ordres A=la superficie du bassin versant

La fréquence hydrographique du bassin est égale à 0,36 cette faible valeur montre que le réseau hydrographique présente une hiérarchisation moyenne.

3. Ecoulements et comportement hydrologique du Beht

Le fonctionnement géomorphologique d'un cours d'eau dépend évidemment de son hydrologie. Dans cet axe, il ne s'agit pas de faire une étude hydrologique pour établir les bilans de la ressource en eau, mais on va essayer de dégager les caractéristiques principales de l'écoulement fluvial du Beht, ce qui permet d'approcher le comportement hydrodynamique du cours d'eau. Pour ce faire on s'est basé sur l'analyse des séries de données des débits mensuels et des modules disponibles au niveau des deux stations d'Ouljet Soltane (zone amont) et du barrage El Kansera (Zone médiane). Ainsi, on a calculé le coefficient mensuel du débit (CMD) pour mettre en évidence la variation mensuelle des débits de l'année et en quelque sorte déterminer le régime hydrologique de l'Oued Beht (G. Réménieras, 1976). Egalement, on s'est basée sur l'allure de la variation saisonnière que présentent les débits (position respective des hautes et des basses eaux). On a aussi effectué une analyse de la variabilité interannuelle des débits. On s'est intéressé également à l'étude des crues, étant donné leur importance en morphogénèse fluviale, en se référant à des périodes anciennes et d'autres plus récentes.

On rappelle ici que le débit du Beht dépend principalement des pluies, bien que la fonte des neiges et les sources peuvent alimenter l'écoulement fluvial.

3.1. Variation interannuelle des débits

L'objectif principal est d'approcher l'évolution de la variabilité interannuelle des débits du Beht, en utilisant les données des deux stations d'Ouljet Soltane et du barrage El Kansera ; ce qui montre grossièrement le rythme des écoulements à l'échelle de la série des années étudiée (variation temporelle), ainsi que la variation spatiale en comparant les deux stations. Les séries de données étudiées sont celle de 1980–2011 pour la station Ouljet Soltane et 1981-2011 pour la station du barrage El Kansera.

Les résultats obtenus sont présentés sur les deux figures 2.9 et 2.10 ; ils font apparaître une forte irrégularité interannuelle des modules avec une bonne concordance pour les deux courbes représentant les modules des deux stations. Sur un échantillon de 31 ans, la moyenne de la période d'étude ne dépasse pas 10 m³/s pour les deux stations ; dans les irrégularités temporelles mettent en évidence la succession de périodes relativement humides (excès) et sèches (déficit) ; mais on peut noter de légères différences liées aux situations relatives des stations dans le bassin versant :

-Pour la station hydrométrique d'Ouljet Soltane, située en zone amont, la moyenne de la série chronologique étudiée est égale à 6,46 m³/s, dont 10 années excédentaires et 21 années déficitaires. Les débits minimum sont proches de 1 m³/s, les débits maximum peuvent dépasser 20 m³/s (25 m³/s en 2010/2011).

-A la station du barrage El Kansera, en zone médiane du bassin, la moyenne de la série est de l'ordre de 7,10m³/s, dont on a 12 années excédentaires dépassant la moyenne contre 19 années déficitaires, avec un module inférieur à la moyenne. Les débits minimum sont proches de 2m³/s, les débits maximum peuvent dépasser 25 m³/s.

A l'issue de l'analyse des débits moyens annuels, on peut retenir la forte hétérogénéité de l'écoulement avec une variabilité annuelle ce qui traduit la variabilité des précipitations. On souligne également la prédominance des années déficitaires en faveur des années excédentaires dans les deux stations. Dont elle peut répondre à la variabilité des précipitations en termes de fréquence et d'intensité. Ainsi, en plus des facteurs naturels qui ont influencés l'écoulement des oueds on doit signaler également le rôle des activités anthropiques ayant perturbé amplement le fonctionnement naturels des cours d'eau. A savoir, les prélèvements excessifs par pompage des eaux à partir des cours d'eau.

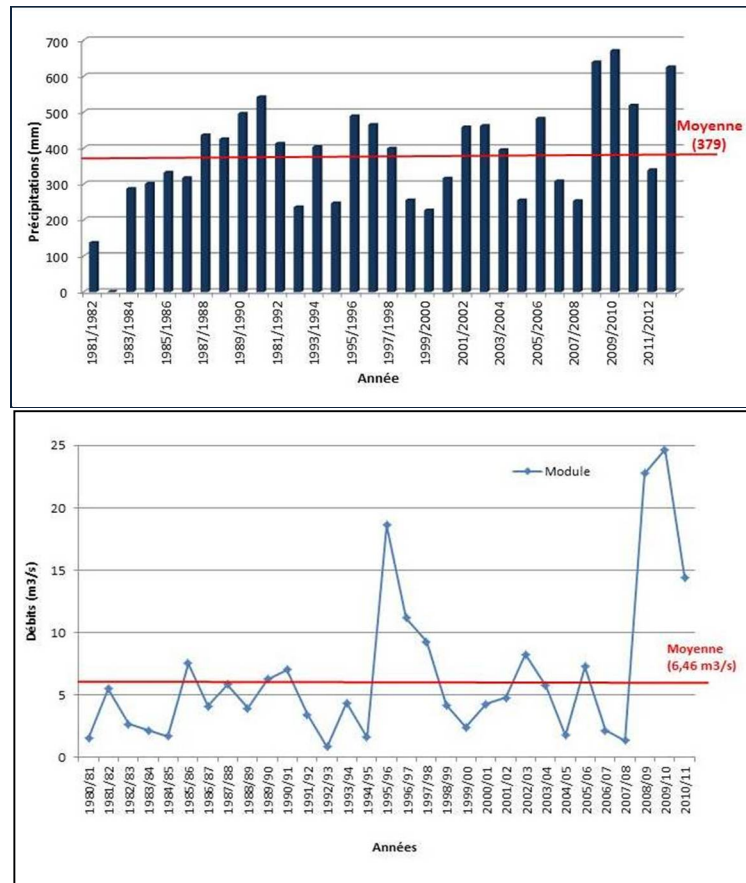


Figure. 2.9. Variation interannuelle du débit dans la station d'Ouljet Soltane (1980/2011).
En haut l'évolution interannuelle des précipitations

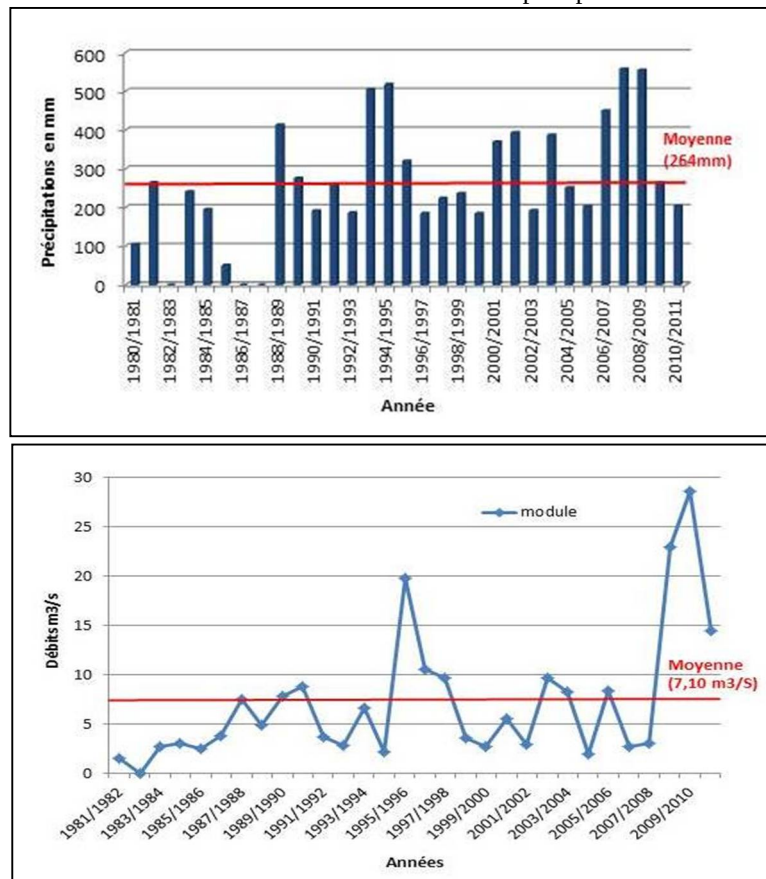


Figure. 2.10. Variation interannuelle du débit dans la station du barrage El Kansera (1981/2011)
En haut l'évolution interannuelle des précipitations.

3.2. Les débits moyens mensuels

L'analyse des débits moyens mensuels permet de caractériser les variations saisonnières des débits et de mettre en évidence le régime hydrologique du cours d'eau. Ce régime peut être déterminé en se basant sur deux critères importants; d'une part la simplicité ou la complexité de la courbe chronologique annuelle des débits mensuels, d'autre part sur la nature et l'origine des hautes eaux (M. Pardé, 1968 ; G. Réménieras, 1976).

Les courbes de la figure 2.11 montrent une évolution simple des débits mensuels. Ces courbes se caractérisent par un seul maximum et un seul minimum. Le maxima mensuel est enregistré lors du mois de février pour les deux stations hydrométriques concernées. Il est de l'ordre de $14,87 \text{ m}^3/\text{s}$ à Ouljet Soltane, et de $17,71 \text{ m}^3/\text{s}$ à la station d'El Kansera. De même, le minima mensuel est enregistré en juillet avec respectivement $0,74 \text{ m}^3/\text{s}$ à Ouljet Soltane et $1,65 \text{ m}^3/\text{s}$ au barrage El Kansera. De ce fait la période des hautes eaux est hivernale, se déclenche à partir du mois de décembre et atteint son maximum au mois de février. Tandis que, la période des basses eaux a lieu en été, d'où le débit atteint une valeur minimale pour les deux stations.

Ces résultats traduisent grossièrement l'évolution des précipitations mensuelle sur le bassin versant.

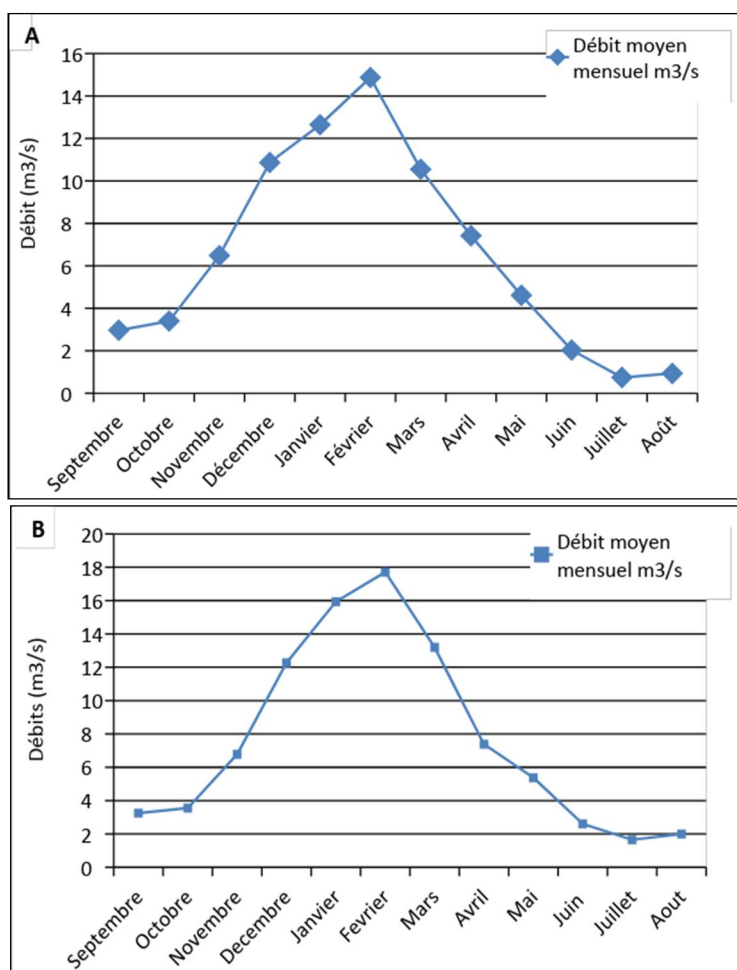


Figure. 2.11. Débits moyens mensuels dans les deux stations (1980-2011) (A : Ouljet Soltane ;B : barrage El Kansera)

3.3. Les coefficients mensuels de débits

Le coefficient mensuel de débits (CMD) caractérise la répartition des débits mensuels au cours de l'année, il caractérise en quelque sorte le régime hydrologique d'un cours d'eau indépendamment de la valeur absolue des débits. Ce coefficient est sans dimension ; il est défini comme étant le rapport entre le débit moyen mensuel et le module interannuel (moyenne interannuelle calculée sur l'ensemble de données de la série (M. Pardé, 1933, 1968) :

$$\text{CMD} = Q_i / M$$

Les coefficients mensuels de débits inférieurs à 1 correspondent aux mois de basses eaux et les coefficients mensuels de débits supérieurs à 1 représentent les mois de hautes eaux (M. Bouabdelli Sahraoui, 2015). Ainsi si on représente les données en courbes des coefficients mensuels de débits d'une série d'années, on peut mettre en évidence le caractère systématique des variations mensuelles et saisonnières, ce qui permet de caractériser le régime hydrologique d'un cours d'eau.

Dans le cas du Beht, à partir des séries hydrométriques, les coefficients mensuels de débits et leur figuration graphique établis pour les deux stations étudiées permettent de caractériser le régime hydrologique de l'Oued Beht. Les résultats obtenus (tab. 2.9 et fig. 2.12) montrent une bonne concordance entre les deux stations, avec seulement de légères différences. A Ouljet Soltane, on constate que la période des hautes eaux commence dès le mois de novembre (CMD=1) et se prolonge jusqu'au mois d'avril (CMD= 1,14) ; les basses eaux se répartissent sur les mois de juin à septembre, avec un étiage sévère aux mois de juillet et août. Tandis que pour la station du barrage El Kansera, les hautes eaux apparaissent au mois de décembre et se prolonge jusqu'aux mois d'avril compris. Dans cette station l'étiage des mois d'été en juillet et août est moins sévère.

La valeur maximale du CMD est enregistrée au mois de février pour les deux stations hydrométriques avec respectivement 2,29 à Ouljet Soltane et 2,32 au barrage El Kansera.

B. Répartition mensuelle des débits et CMD à Ouljet Soltane (1981-2011)													
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Module m ³ /s
Moyennes mensuelles m ³ /s	2,97	3,40	6,48	10,87	12,65	14,87	10,55	7,42	4,61	2,03	0,74	0,94	6,49
CMD	0,46	0,52	1,00	1,67	1,95	2,29	1,63	1,14	0,71	0,31	0,11	0,14	
A.- Répartition mensuelle des débits et CMD au barrage El Kansera (1981-2011)													
Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Module m ³ /s
Moyennes mensuelles m ³ /s	3,25	3,55	6,78	12,27	15,94	17,71	13,19	7,38	5,37	2,61	1,65	2,00	7,64
CMD	0,43	0,46	0,89	1,61	2,09	2,32	1,73	0,97	0,70	0,34	0,22	0,26	

Tableau. 2.9. Répartition des débits mensuels moyens et des coefficients mensuels de débits aux stations d'Ouljet Soltane (A) et du barrage El Kansera (B) (1981-2011)

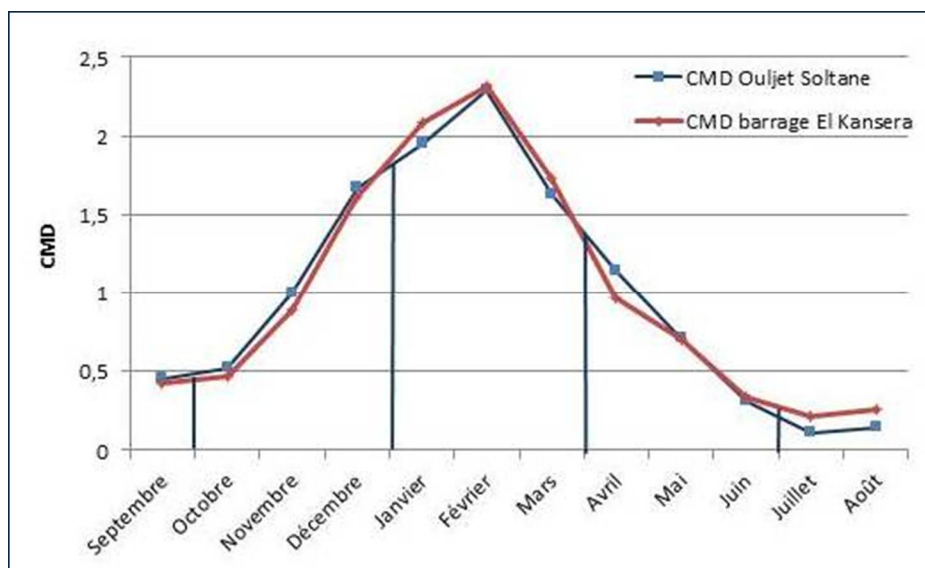


Figure. 2.12. Répartition des coefficients moyens de débits mensuels de l'Oued Beht dans les deux stations hydrométriques étudiées (1980-2011)

3.4. Le régime hydrologique du Beht

On rappelle que, de façon générale, le régime hydrologique d'un cours d'eau résume l'ensemble de ses caractéristiques hydrologiques et le mode de variation de ses écoulements à l'échelle annuelle. Il se définit donc par les variations moyennes du débit en fonction du temps. Il est largement influencé par le régime des précipitations, les échanges avec les nappes et réservoirs souterrains et par les prélèvements. Il est aussi influencé par d'autres facteurs naturels, tels la température qui conditionne la nature des précipitations, pluie ou neige, la géologie des terrains, la morphologie du bassin versant, le couvert végétal, etc (DRERA, 2001).

La classification des régimes hydrologiques est basée sur la complexité de la répartition des débits au cours de l'année (variations moyennes au cours de l'année des coefficients moyens des débits), et d'autre part sur le mode d'alimentation c'est-à-dire la nature et l'origine des hautes eaux qui déterminent évidemment le coefficient mensuel des débits (A. Musy, 2005). L'alimentation peut être généralement pluviale (régime pluvial), nival (régime nival), glaciaire (régime glaciaire) ou multiple (régime mixte). Une des classifications des régimes hydrologiques des rivières les plus simples est celle de M. Pardé (1968), qui distingue trois types de régimes :

- Régime simple : caractérisé par une seule alternance annuelle de hautes et de basses eaux (donc un maximum et un minimum mensuels au cours de l'année hydrologique) et, en général, par un seul mode d'alimentation.
- Régime mixte : il se caractérise par 2 maxima et 2 minima, par an, correspondant à plusieurs modes d'alimentation.
- Régime complexe : plusieurs extrêmes et modes d'alimentation.

Dans le cas du Beht, en se basant sur les résultats des coefficients moyens de débits et sur la classification de M. Pardé (1968), on peut qualifier le régime hydrologique du Beht comme un « régime simple de type pluvial » caractérisé par un seul maxima, des hautes eaux en hiver et des basses eaux en été. Il s'agit en fait d'un régime hydrologique typiquement méditerranéen avec un écoulement abondant en hiver mais très faible en été. Ce qui est induit par le régime des précipitations pluvieuses, fortes en hiver et très faible en été. Mais, en plus de l'alimentation essentiellement pluviale, l'écoulement du Beht est légèrement influencé par les précipitations de neiges qui tombent en haute altitude pendant les mois les plus froids de l'année (Décembre et janvier).

La période des hautes eaux est nettement marquée par d'importants apports des précipitations enregistrés pendant les mois d'hiver (décembre, janvier et février). Egalement, dans la partie amont du bassin au niveau des stations d'Ifrane et de Sidi El Mekhfi, on constate que les précipitations se sont déclenchées dès l'automne aux mois d'octobre et de novembre, ce qui permet de reconstituer les réserves dans les aquifères. Ensuite, les précipitations hivernales vont assurer l'écoulement des hautes eaux du Beht. Pendant la saison printanière les débits décroissent, alors que la saison estivale, est marquée par un très faible débit, en raison du manque de pluies et d'une évapotranspiration intense.

Enfin il faut souligner que les écoulements du Beht restent très irréguliers d'une année à l'autre, selon l'irrégularité interannuelle des pluies, et en raison d'absence de réservoirs karstiques importants ; alors que l'époque du maximum de hautes eaux peut se déplacer sensiblement d'une année à l'autre suivant les conditions des pluies. Par ailleurs, dans tous les cas on doit noter que les fortes crues de l'oued sont parfois violentes, et sont souvent occasionnées par des pluies orageuses.

3.5. Les crues de l'Oued Beht

3.5.1. Historique des crues dans le bassin versant du Beht : quelques exemples

L'Oued Beht est un cours d'eau qui connaît depuis longtemps de fortes crues et des inondations. Ces dernières touchent principalement le Bas Beht dans la plaine du Gharb. En fait les inondations de 1927 ont largement submergé les terres du Gharb et ont permis de lancer un programme d'aménagement assez étendu, visant à assurer à la fois le drainage des Merjas et la lutte contre les inondations dans cette zone, qui était d'ailleurs fréquemment inondée par le Sebou. C'est ainsi que la pièce maîtresse du système de protection du Gharb fut l'édification du barrage El Kansera en 1927, le plus ancien barrage dans le bassin du Sebou et au Maroc, outre un système d'évacuation des eaux (J. Le Coz, 1964). Cependant, Oued Beht a continué à connaître des crues dévastatrices même après la mise en place de ce barrage, causant des pertes énormes des biens et parfois de vies humaines.

Nous donnons dans la figure 2.13 quelques exemples d'hydrogrammes de crues de grande ampleur enregistrées à la station d'Ouljet Soltane (ABHS, 2010). On rappelle que cette station est située sur l'Oued Beht à environ 45 km à vol d'oiseau en amont du site du barrage El Kansera. Elle contrôle un bassin versant d'une superficie de l'ordre de 2480 km².

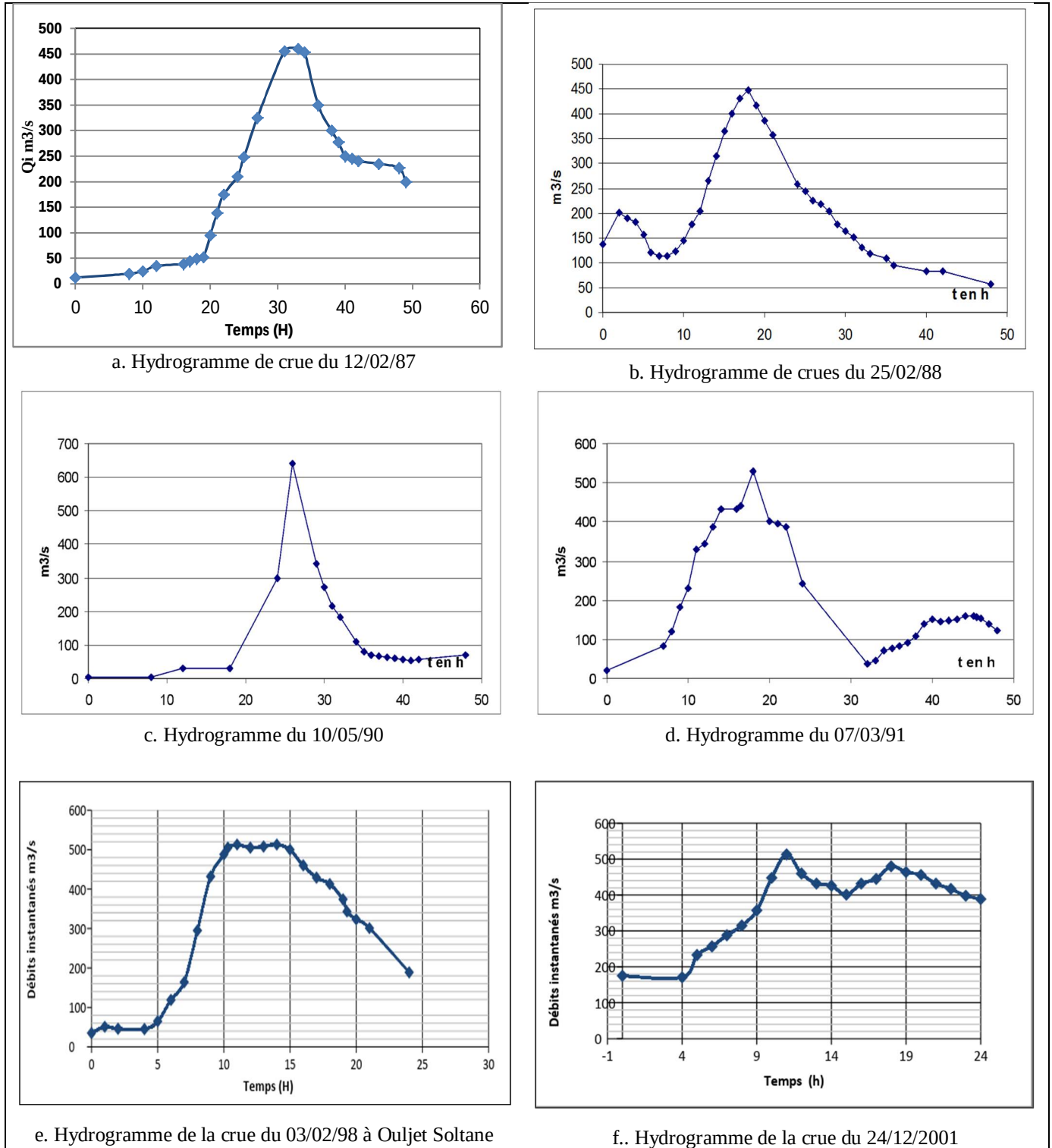


Figure 2.13. Exemple d'hydrogrammes de crue du Beht à Ouljet Soltane (ABHS, 2010, modifié)

La crue du 12/02/87 : il s'agit d'une crue d'hiver, le débit de pointe a atteint 450 m³/s et le volume sous la pointe est de 30 Mm³. Le temps de montée est de 15 heures, avec un temps de base de 40 heures (fig. 2.13 a). La pointe de l'hydrogramme est bien marquée ce qui signifie que le bassin versant a été soumis à une pluviométrie homogène.

La crue du 25/02/88 : cette crue est importante, puisque le volume sous la pointe est de l'ordre de 35Mm³. Le débit de pointe a dépassé 400 m³/s. Cette crue est constituée de deux pointes, cela signifie que le bassin versant a été soumis à un épisode pluvieux discontinu dans le temps, avec deux maxima. Le temps de montée de cette crue est de 10 heures, le temps de base est d'environ 35 heures (fig. 2.13 b).

La crue du 10/05/1990 : la crue s'est produite au mois de mai. Son débit de pointe est de l'ordre de 650m³/s. Le temps de montée est de 8 heures et le temps de base est de 18 heures. Le volume sous la pointe est de l'ordre de 23 Mm³. Il faut tout de même signaler qu'entre le début de la crue et la pointe il n'y a qu'une mesure qui a été effectuée (fig. 2.13c).

La crue du 28/12/1991 : cette crue recèle le même comportement hydrologique malgré la remontée de l'hydrogramme enregistré le 07/03/95 à la fin du tarissement. Le temps de pointe est de l'ordre de 15 heures et celui de base de l'ordre de 25 heures (fig. 2.13d).

Les crues du 03/02/1998 et de 24/12/2001 : malgré quelques aspérités sur les hydrogrammes de ces crues, on peut prétendre que ces événements ont les mêmes allures surtout en ce qui concerne l'ordre de grandeur du débit de pointe, le temps de montée et de décrue qui sont respectivement de l'ordre de 10 heures et de 30 heures (fig. 2.13e et f)

D'après l'analyse des hydrogrammes de crues enregistrés à Ouljet Soltane, on peut affirmer que ces hydrogrammes recèlent une certaine ressemblance sur le double aspect du débit de pointe qui est de l'ordre de 500 m³/s et du temps de base ayant un ordre de grandeur compris entre 24 et 35 heures. Ceci dénote l'homogénéité de la réponse hydrologique du bassin versant aux différents épisodes pluviométriques d'hivers.

3.5.2. L'analyse fréquentielle des crues

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel, qui est une équation décrivant le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée (P. Meylan et A. Musy, 1999).

a). Les données utilisées

Vue la contrainte de la disponibilité des données hydrométriques, on s'est limité dans la réalisation de l'ajustement des débits maximums instantanés à la station d'Ouljet Soltane seulement. Ces débits couvrent la période de 1981 à 2003, soit 22 ans. Ils varient entre 69,5 m³/s (en 1984) et 640 m³/s (en 1990) (tab. 2.10).

Année	Qi max	rang
1984	69,5	1
1983	97,3	2
2002	142	3
1981	157	4
1992	167	5
1986	174	6
1999	178	7
1994	193	8
1982	209	9
1985	224	10
1993	233	11
1997	386	12
1989	409	13
1988	448	14
2000	448	15
1987	458	16
1996	483	17
1998	513	18
2001	513	19
1991	530	20
1995	547	21
1990	640	22

Tableau. 2.10. Les débits maximums instantanés de 1981 à 2002 à la station d'Ouljet Soltane

b). Choix du modèle fréquentiel

Parmi les modèles d'ajustement, on a choisi d'appliquer la loi de Gumbel ou la loi double exponentielle pour ajuster les séries de débits maximales instantanés dans le bassin versant du Beht. Puisque cette loi a été postulée par E.J. Gumbel comme étant la forme limite de la distribution de la valeur maximale d'un échantillon de n valeurs. Le maximum annuel d'une variable étant considéré comme le maximum de 365 valeurs journalières, cette loi doit ainsi être capable de décrire les séries de maxima annuel. (P. Meylan et A. Musy, 1999).

- Ajustement par la loi de Gumbel des débits maximums instantanés

L'ajustement des débits maximums instantanés par la loi de Gumbel doit passer par les étapes suivantes :

Etape 1 : Préparation de la série de données des débits maximum journaliers.

- * Trier les valeurs dans l'ordre croissant.
- * Attribuer un rang à chaque valeur (r).

Etape 2 : Calcul de la fréquence empirique pour chaque rang (Hazen) :

$F(x) = r - 0,5/n$, Avec : r = la valeur du rang et n=la taille de l'échantillon

Etape 3 : Calcul de la variable réduite « u » du Gumbel qui est égale à :

$$U = -\ln(-\ln(F(x))).$$

Etape 4 : Représentation graphique des couples (ui, xi) de la série à ajuster.

Etape 5 : Ajustement d'une relation linéaire de type aux couples (ui, xi) et en déduire les deux paramètres a et b.

$$a = n \quad \text{et} \quad b = \log(n)$$

- **Ajustement par la loi de Gumbel des débits instantanés maximums à la station d'Ouljet Soltane**

Les débits instantanés maximums calculés par la loi de Gumbel à la station d'Ouljet Soltane (fig. 2.14), pour différentes périodes de retour sont donnés dans le tableau 2.11; ils sont par exemple de 550,5 m³/s pour une période de 10 ans ; 645,45 m³/s pour une période de 20 ans et 860,46 m³/s pour une période de 100 ans.

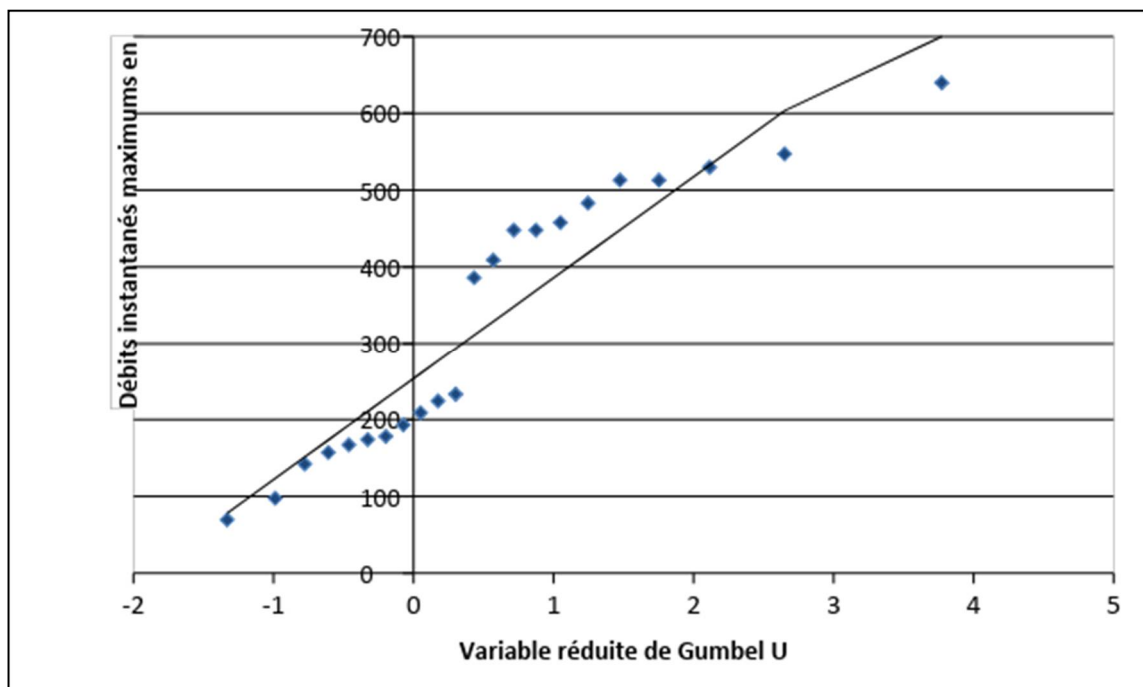


Figure. 2.14. Ajustement des débits instantanés maximums à la station d'Ouljet Soltane

Temps de retour	2	5	10	20	50	100
Probabilité de non dépassement de Q_{imax}	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
Variable réduite	0,36	1,50	2,25	2,97	3,90	4,60
Q_{imax} pour le temps de retour T m ³ /s	302,006	451,51	550,50	645,45	768,36	860,46

Tableau. 2.11. Débits instantanés maximums à Ouljet Soltane pour les différents temps de retour

3.6.- les ressources hydrogéologiques

Sur le plan hydrogéologique les ressources en eau souterraines du bassin du Beht sont contenues dans plusieurs nappes, dont les plus importantes sont : la nappe de la Maâmora, la nappe du Gharb, les nappes du Causse du Moyen Atlas et la nappe du bassin du Sais (ABHS, 2005).

- La nappe de la Maâmora contient une nappe libre très importante qui s'étend sur une superficie d'environ 1500 km². Elle est limitée à l'ouest par l'Océan Atlantique à l'est par Oued Beht, au sud par les affleurements des marnes miocènes et au nord par une ligne de mise en charge. Au niveau de laquelle elle se subdivise en nappe phréatique moins importante et peu exploitée et une nappe profonde plus importante constituant le principal système aquifère de la plaine du Gharb. Cette nappe circule dans les grès calcaires, sables et sables argileux du Plio-quaternaire, reposant sur un substratum imperméable de marnes du Miocène (ABHS, 2005 ; G. Karra et H. Sghir, 2013) .

-La nappe du Gharb renferme un complexe aquifère important, constitué d'une seule nappe, captive dans une grande partie de la plaine, et mise en charge sous une épaisse formation argileuse du Quaternaire supérieur (Soltanien – Rharbien). Sur les bordures occidentale et méridionale, les aquifères sablo-gréseux affleurent, la nappe devient libre en l'absence des dépôts argileux sommitaux. Les aquifères de la partie libre de la nappe sont rattachés aux aquifères captifs du fait qu'ils s'enfoncent sous la plaine et sont en continuité géologique et structurale avec les niveaux aquifères profonds et captifs sous d'épaisses formations argileuses. L'alimentation de cette nappe est assurée essentiellement par un écoulement en provenance de la région de Maâmora au Sud (L. Zouhri et al., 2003, M. Kili et al., 2008), et par infiltration de précipitations à travers la zone côtière perméable (M. Combe, 1975).

-Dans le bassin du Sais, on distingue deux réservoirs aquifères. Le premier correspond à une nappe phréatique libre qui se développe au niveau de la plaine dans des formations du Plio-Quaternaire ; Le deuxième aquifère est une nappe profonde qui circule principalement dans les formations carbonatées du Lias. Cette nappe est libre au niveau du Causse et s'enfonce ensuite sous les terrains imperméables du Tertiaire qui la mettent en charge sous le bassin du Sais (F. Amraoui, 2005).

-Les nappes du Causse Moyen Atlas sont encadrées entre le bassin de Sais au nord et le Moyen Atlas au Sud. On peut faire la distinction entre deux aquifères (ABHS, 2005). D'une part l'aquifère

calcaro-dolomitique du Lias. D'autre par l'aquifère basaltique du Quaternaire qui est subdivisé par une ligne de partage des eaux en deux sous bassins Tigrigra (546km²) et Timahdite (435km²).

Conclusion

Dans ce deuxième chapitre nous avons esquissé les principales caractéristiques morphométriques, hydrographiques et hydrologiques contrôlant le fonctionnement du bassin versant de l'Oued Beht. D'abord, nous avons abordé la morphométrie du bassin du Beht en déterminant l'indice de compacité du bassin de Beht qui est égale à 1,74, qui renvoie à une forme allongé ; alors que la courbe hypsométrique du Beht, nous donne des informations sur le relief, la pente et les altitudes caractéristiques. Il s'agit d'un état hydrographique correspondant à un bassin versant de faible pente et à forte maturité. De même, les caractéristiques hydrographiques montrent que le bassin présente une faible densité de drainage ($Dd = 0,75 \text{ km/km}^2$) malgré l'abondance de terrains imperméables, ce qui revient en particulier aux pentes modérées à faibles des versants, à la présence de forêts et aussi à l'étendue de la plaine du Gharb dans la zone du Bas Beht, qui est anthropisée, sur de grandes surfaces dans la partie aval du bassin.

De plus, nous avons insisté sur l'étude du régime hydrologique du bassin du Beht en analysant les séries chronologiques des débits à l'échelle interannuelle pour montrer l'irrégularité des écoulements du Beht, la distribution des années hydrologiques déficitaires et excédentaires en relation avec la variation interannuelle des précipitations du bassin versant. Nous avons utilisé les coefficients mensuels de débits pour ressortir les caractères du régime hydrologique pluvial méditerranéen irrégulier du Beht, avec la mise en évidence des périodes de hautes eaux (hiver) et de basses eaux (été). C'est un régime pluvial océanique contrôlé essentiellement par le rythme des pluies, malgré une certaine alimentation nival qui s'effectue essentiellement au niveau du Moyen Atlas.

L'étude des crues a montré que le cours d'eau se caractérise par de forts débits maximums, puisque déjà à la station d'Ouljet Soltane les débits de pointe des crues dépassent souvent 450m³/s. L'ajustement des débits maximums instantanés disponibles pour la station d'Ouljet Soltane nous a permis d'estimer les débits projetés et leur durée d'occurrence. Les débits max sont de l'ordre de 300 pour la période de retour de 2 ans, 550 pour 10 ans, 770 pour 50 ans, etc. Ces données montrent des crues importantes capables d'apporter de gros volumes d'eau et de sédiments. Elles reflètent en effet des écoulements puissants capables de charrier de grandes quantités de sédiments favorisant une activité morphogénique significative au niveau du lit fluvial de l'Oued Beht. Ces crues engendraient aussi de fortes inondations dans la plaine du Gharb, notamment avant la mise en place du barrage El Kansera au début des années 30.

En fait, comme on l'avait déjà mentionné en introduction, les caractéristiques morphométriques, hydrographiques et hydrologiques sont des facteurs essentiels qui contrôlent la dynamique fluviale (A. Taous, 2005 ; J.P. Bravard et F. Petit, 2010). Ces caractéristiques ont influencé certainement les processus fluviaux et les mécanismes de la morphogenèse fluviale en différentes parties de la vallée. C'est ce que nous allons essayer d'étudier dans les chapitres qui suivent.

Chapitre 3 :

La vallée du Beht, morphologie générale, héritages quaternaires, typologie et sectorisation morphologiques

Introduction

- 1. Considérations générales et méthodes**
- 2. Morphologie générale et héritages quaternaires de la vallée du Haut Beht**
- 3. Morphologie générale et héritages quaternaires de la vallée du Moyen Beht**
- 4. Morphologie générale et héritages quaternaires de la vallée du Bas Beht**
- 5. Essai d'une typologie morphologique de la vallée du Beht**

Conclusion

Introduction

Après avoir caractérisé la morphométrie, l'hydrographie et l'hydrologie du bassin versant du Beht dans le chapitre précédent, le présent chapitre est consacré à l'étude de la morphologie générale de la vallée. Egalement, sont étudiés les héritages quaternaires conservés en terrasses et glacis -terrasses, plus ou moins étagées sur les versants et qui dominant le fond actuel de la vallée. L'analyse repose principalement sur une description morphologique de la vallée, tout en déterminant un certain nombre de variables morphologiques caractéristiques, telles que la pente des versants, la largeur du fond de vallée, sa pente longitudinale, etc. Les caractéristiques des héritages quaternaires conservés dans la vallée sont décrites de façon sommaire. Une typologie morphologique de la vallée est établie par la suite, ce qui a permis d'identifier des tronçons de vallée homogènes sur le plan morphologique. En se basant sur la typologie adoptée une sectorisation de la vallée est opérée. Les types de style fluvial sont étudiés.

Ce chapitre s'est basé essentiellement sur les travaux antérieurs, les cartes géologiques et topographiques, les images satellitaires et les observations de terrain.

1. Considérations générales et méthodes

Généralement, les vallées fluviales sont définies comme étant des dépressions allongées délimitées par deux versants, dominant un fond de vallée qui est occupé par un cours d'eau temporaire ou permanent. En fait, c'est par leur morphologie en creux que les vallées s'imposent dans les paysages géomorphologiques (M.A. Germaine et al., 2006). De façon générale, les vallées sont formées durant la période quaternaire, suite à des phases de creusements alternées par des phases de sédimentations; elles conservent souvent des générations de formations fluviales étagées sur les versants (A. Taous, 2005). D'autre part, les vallées tiennent une place notoire dans les paysages des régions de montagnes, de plateaux et de plaines, puisqu'elles offrent des ressources naturelles multiples utiles pour les sociétés humaines (eau, sédiments, terres fertiles, biodiversité...). Celles-ci sont amplement exploitées pour répondre à une demande économique et sociale (A.J. Rollet et al., 2006 ; S. Dufour et H. Piégay, 2006 ; Z. Alhaskeer et al., 2014). L'étude morphologique d'une vallée est donc capitale pour comprendre leurs dynamiques actuelles.

Dans la finalité de montrer les caractéristiques géomorphologiques générales de la vallée du Beht, on s'est basé tout d'abord sur l'analyse de la carte topographique à l'échelle 1/25000 ; un assemblage de 10 cartes, couvrant la vallée du Beht de l'amont vers l'aval a été exploité. Des profils transversaux, qui représentent la forme des versants et du fond de vallée dans chaque tronçon ont été réalisés. Ainsi, l'étude de la morphologie de la vallée a porté au total sur l'analyse de 17 profils en travers pour les différents tronçons (fig. 3.1) depuis la zone du Haut Beht en amont d'Ouljet Soltane à l'entrée de la plaine du Gharb, en amont de Sidi Slimane.

En plus des cartes topographiques et des profils obtenus, des observations sur images satellitaires et des vérifications de terrain ont été effectuées dans différentes zones de la vallée du Beht, de l'amont jusqu'à l'aval.

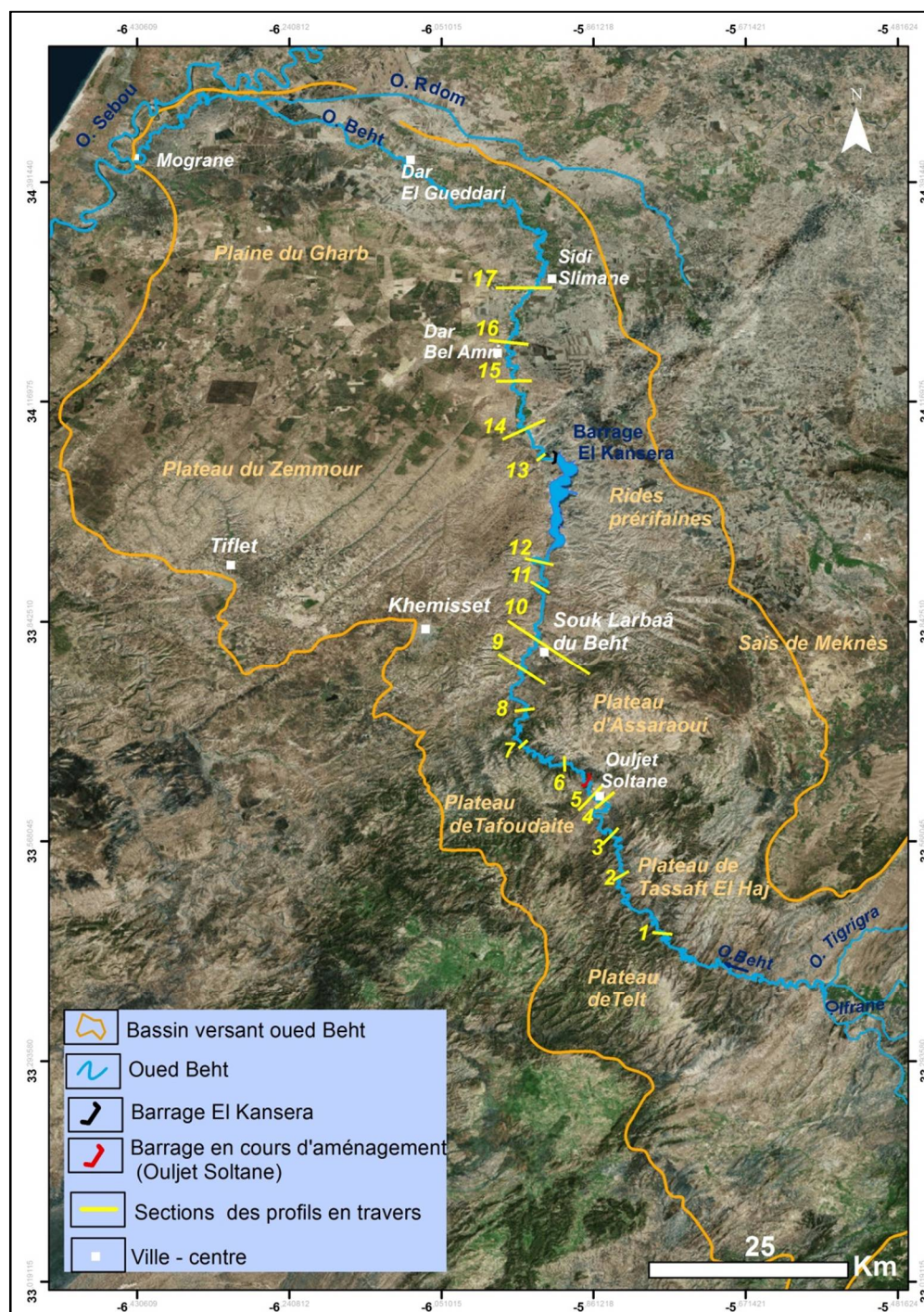


Figure. 3.1. Localisation des profils en travers réalisés le long de la vallée du Beht (fond : image google , date 19/7/2014)

Pour résumer, on s'est contenté de présenter selon les cas un à deux profils représentatifs pour chaque tronçon de la vallée, tout en déterminant pour chaque cas la nature de l'encaissant, la pente des versants, la pente de la vallée, la largeur du fond de la vallée, etc.

Concernant l'identification des héritages alluviaux quaternaires on s'est basé sur les travaux antérieurs, notamment ceux de G. Beaudet (1969) et de N. Bouab (1992) et aussi sur des cartes géologiques et sur les observations directes de terrain. Ces héritages ne seront pas étudiés en détail dans ce travail ; car, comme on l'avait déjà mentionné en introduction générale, l'objectif principal de la thèse est l'étude de la morphologie fluviale des lits actuels du Beht.

2. Morphologie générale et héritages quaternaires de la vallée du Haut Beht

En effet les sections de vallée incisées dans le socle primaire des plateaux ont une allure de gorges bien encaissées, tandis que celles façonnées dans les roches tendres, s'épanouissent latéralement pour former de véritables bassins, larges et évasés.

Ainsi, en traversant les différentes unités géomorphologiques du Plateau central, la vallée du Beht change de forme suivant la nature géologique des terrains et leur contexte géomorphologique ; globalement, elle présente des secteurs de rétrécissement et d'autres d'élargissement, selon la résistance et la structure des terrains traversées. Dans la zone du Haut Beht, le cours d'eau sillonne sa vallée suivant la direction SE-NW ; il entaille en gorges étroites respectivement la partie orientale du Haut pays en longeant les plateaux de Tassaft El Haj et Telt et la cuvette d'Ouljet Soltane ; il traverse ensuite les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui et se jette par la suite dans le bassin triasique de Souk Larbaâ du Beht que nous avons attribué à la zone du Moyen Beht.

2.1. Morphologie de la vallée du Beht dans les plateaux de Tassaft El Haj et Telt

A sa traversée du Haut pays, Oued Beht s'insinue entre les plateaux de Telt et ceux de Tassaft - El Haj-Achmèche. Elle a façonné une vallée de forme sinueuse et encaissée dans les schistes du Viséen et qui s'est développée sur 40 km de long avec une pente assez forte 12 m/km. Les profils en travers dans ce secteur montrent une vallée bien encaissée, à fond étroit ne dépassant pas 150 m de large (fig. 3.2). En fait, du rebord des plateaux au fond de la vallée, les versants sont raides, ayant une pente moyenne voisine de 39% et sont entaillés par des affluents élémentaires profonds. L'étroitesse et l'encaissement du fond, associés à la convexité des versants donnent à la vallée une forme en V caractéristique. Quelques niveaux de terrasses pléistocènes sont conservés sur les bords du fond de vallée à la faveur des élargissements au niveau des confluences. Dont les banquettes alluviales gharbiennes et soltaniennes développent quelques étroites planités au fond de la gorge (G. Beaudet, 1969).

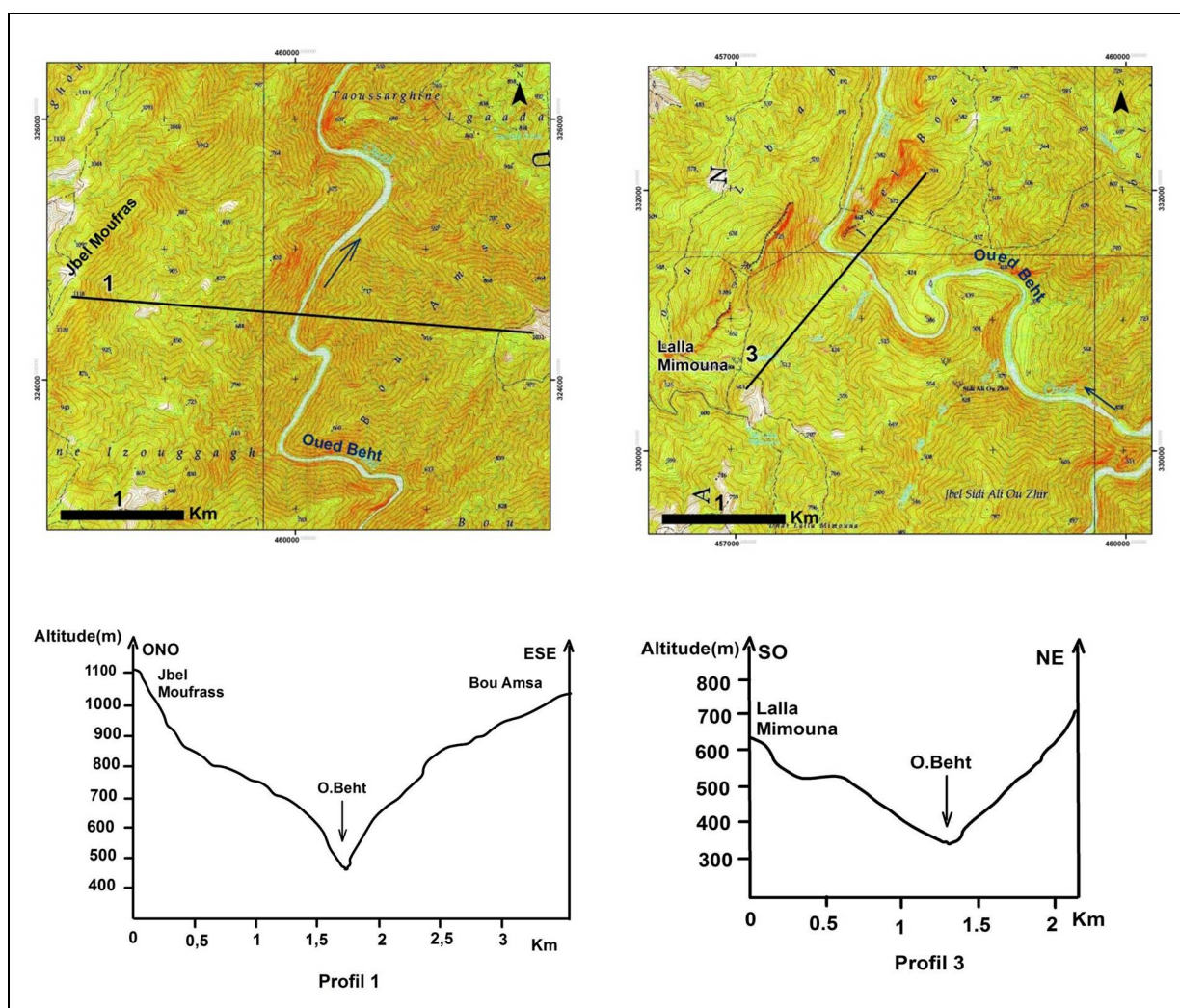


Figure. 3.2. Exemples de profils en travers de la vallée du Beht dans les plateaux de Tassaft El Haj Achemache et Telt (les profils sont numérotés suivant leur localisation dans la figure 3.1) (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique d'Ouljet Soltane à l'échelle de 1/25000)

2.2. Morphologie de la vallée du Beht et héritages quaternaires dans le bassin d'Ouljet Soltane

La morphologie de la vallée du Beht au niveau de la cuvette d'Ouljet Soltane s'oppose à celle observée au niveau des plateaux de Tassaft El Haj Achemache et Telt. Dans ce secteur, la vallée est bien développée et s'épanouit sur 5 km de large dans les schistes tendres du Viséen supérieur (pl. ph. 3.1). Le cours d'eau présente une pente longitudinale modeste, elle est égale à 7m/km (7‰). Il reçoit ici les deux affluents, Oued Boulhani sur la rive gauche et Oued Bou Achouch sur la rive droite.

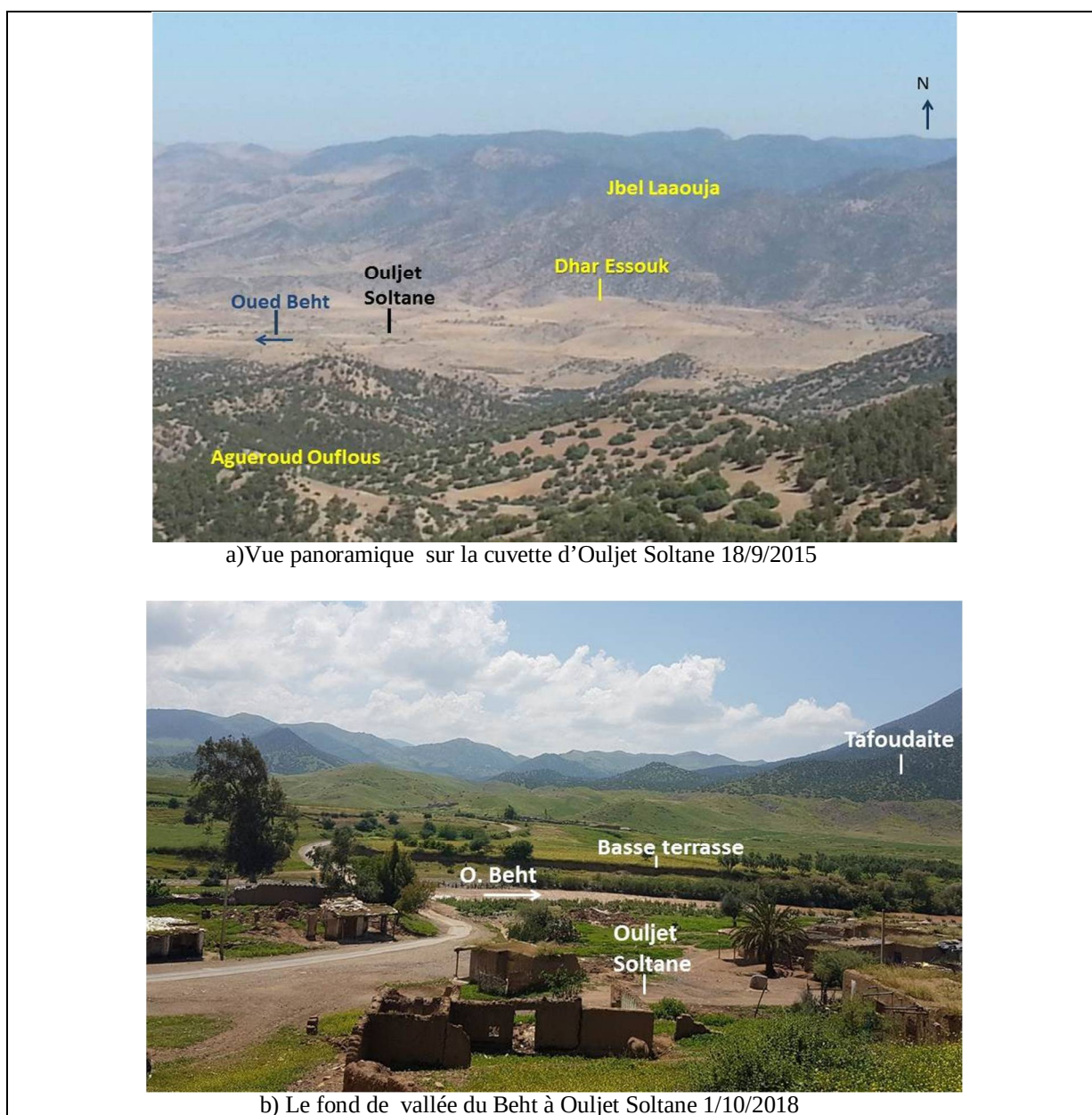


Planche photos. 3.1. Paysage morphologique de la vallée du Beht dans la cuvette d'Ouljet Soltane

Les profils en travers (fig. 3.3) établies dans ce bassin montre une vallée élargie, et caractérisée par un fond de vallée situé à 300 m d'altitude et large de près 500 m. Les versants, bien reculés, ont une pente moyenne d'environ seulement 19%. Les schistes tendres et altérés du Paléozoïque qui constituent le substratum encaissant de cette cuvette sont peu résistants à l'érosion, ce qui a favorisé le façonnement d'une vallée large.

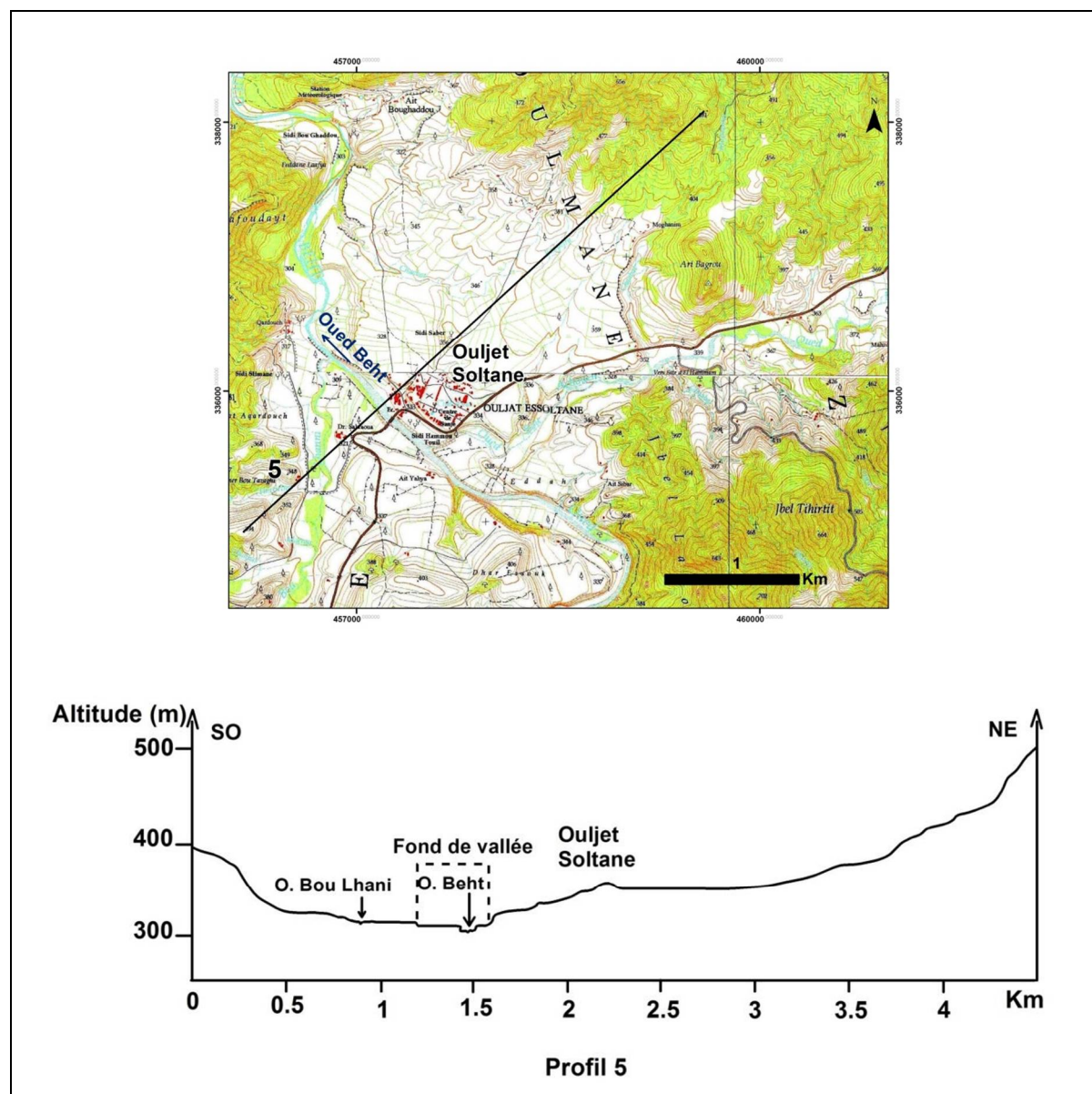


Figure. 3.3. Profils en travers de la vallée du Beht dans la cuvette d'Ouljet Soltane (en haut, cartes de localisation ; extrait de deux cartes topographiques d'Ouljet Soltane et de Tnine Tizitine à l'échelle de 1/25000)

Les conditions morphologiques de la vallée à Ouljet Soltane a permis de conserver un étagement de plusieurs niveaux alluviaux pléistocènes qui se présentent en glacis -terrasses sur les versants, de part et d'autre du cours d'eau actuel (fig. 3.4 et ph. 3.1). Ces glacis – terrasses, déjà étudiés par G. Beudet (1969), se présentent comme suivant :

-.Le haut niveau T5 :

C'est un niveau supérieur, attribué au Salétien. Il est conservé en position élevée à 400 m au sud-ouest d'Ouljet Soltane à Dhar Essouk. Il s'agit en fait d'un lambeau perché en glacis-terrasse et constitué d'argile limoneuse sombre comportant des pierrailles gréseuses et schisteuses ; les galets y sont bien roulés et ont une taille variant de 6 à 40 cm de diamètre.

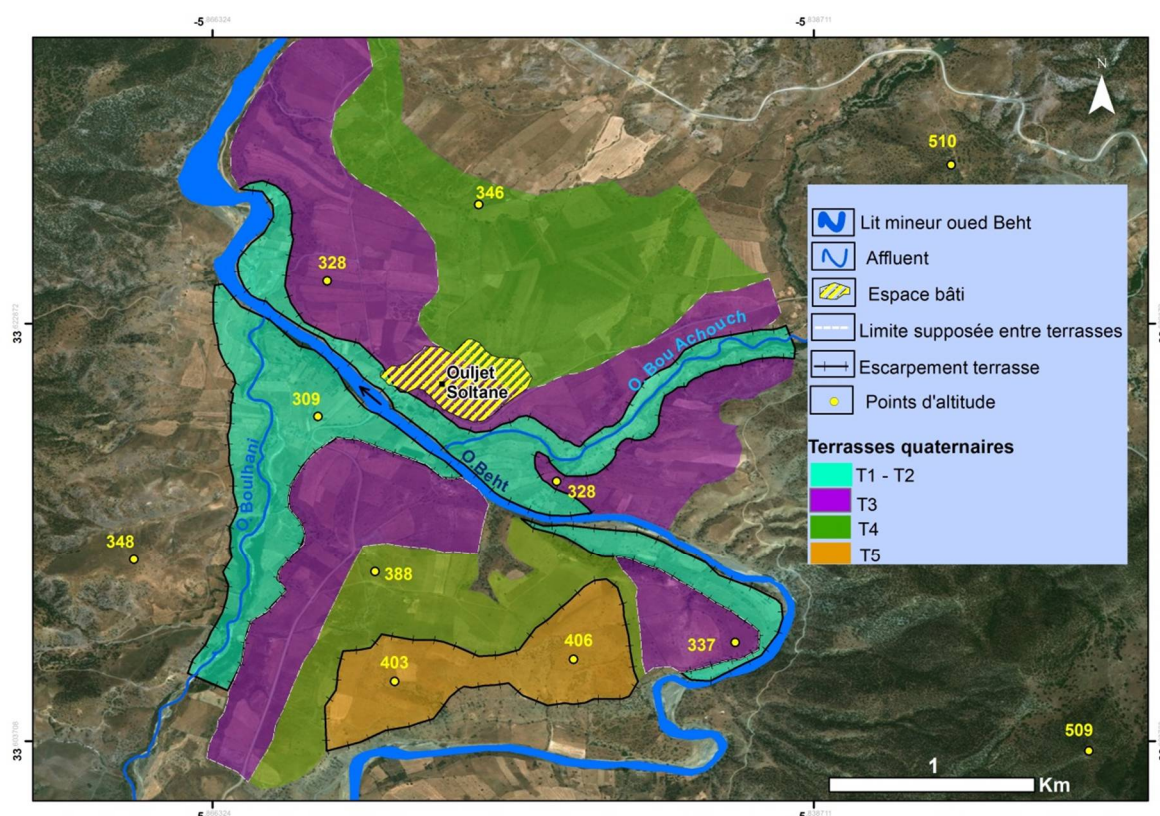


Figure. 3.4. Niveaux alluviaux quaternaires de la vallée du Beht, dans le bassin d'Ouljet Soltane (fond : image Google, date 19/7/2014)

-. *Les niveaux moyens T4 et T3 :*

Les niveaux T4 sont d'âge amirien et sont situés à 350 m et s'étendent en vastes glacis - terrasses qui apparaissent sur les deux rives. Le glacis-terrasse situé au pied des versants exposés au sud sont plus étendus que celui situé au pied des versants exposés au nord. Les formations alluviales correspondent à des limons ou à de sables argileux rouges, qui emballent des pierrailles centimétriques et quelques rares blocs. Les niveaux (T3) sont attribués au tensiftien et se situent à l'altitude de 325 m ; ils sont représentés en glacis-terrasses pierreux assez court en rive gauche, alors qu'en rive droite sont relativement plus étendus.

-. *Les niveaux T1 et T2 :*

Les basses terrasses soltaniennes (T2) et gharbiennes (T1) se présentent en banquettes étroites situées à des altitudes plus basses au fond de la vallée, dominant le cours d'eau actuel. Elles sont généralement composées de deux unités sédimentaires, une basale grossière à galets enrobés dans une matrice limoneuse et une sommitale limoneuse. Ces deux niveaux sont placés entre 300 m et 310 m d'altitude.

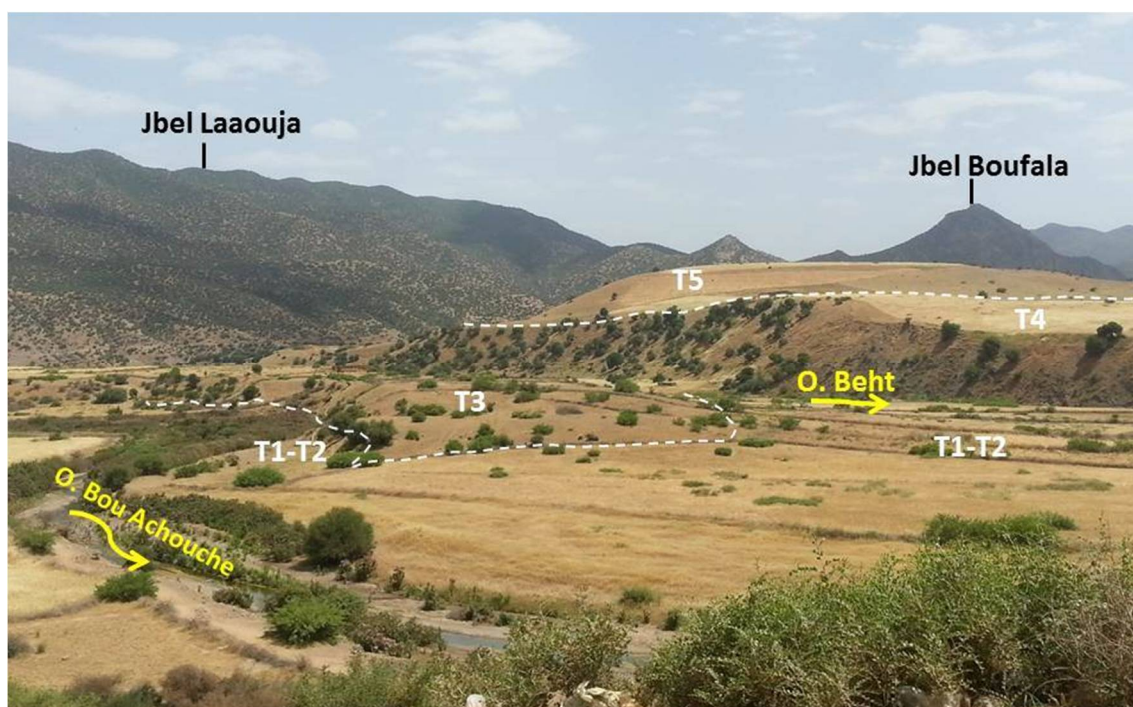


Photo. 3.1. Disposition morphologique des niveaux alluviaux quaternaires de la vallée du Beht
Dans le bassin d'Ouljet Soltane (13/5/2015)

2.3. Morphologie de la vallée dans les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui

En aval de la cuvette d'Ouljet Soltane, Oued Beht entaille sa vallée dans les flyschs namuriens des plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui. La longueur de la vallée est égale à 16 km, avec une pente longitudinale égale à 8,06 m/km. Le paysage de la vallée montre une forme sinueuse en gorge et bien encaissée en V, avec des versants dissymétriques, abrupts et fortement ravinés, et ayant une pente moyenne de 43%. Son fond est étroit ne dépassant pas 250 m de large, qui par exception à la faveur des confluences que les banquettes gharbiennes et soltaniennes développent quelques étroites planités au fond des gorges (G. Beaudet, 1969). Deux exemples de profils en travers représentatifs sont donnés dans la figure 3.5.

3. Morphologie générale et héritages quaternaires de la vallée du Moyen Beht

Dans cette partie du bassin le Beht traverse les paysages du couloir sud –rifain et des rides pré-rifaines. On distingue globalement trois tronçons : le tronçon du bassin de Souk Larbaâ -Oued Beht, le tronçon situé en aval Souk Larbaâ- barrage El Kansera et le tronçon Barrage El Kansera – Dar Bel Amri.

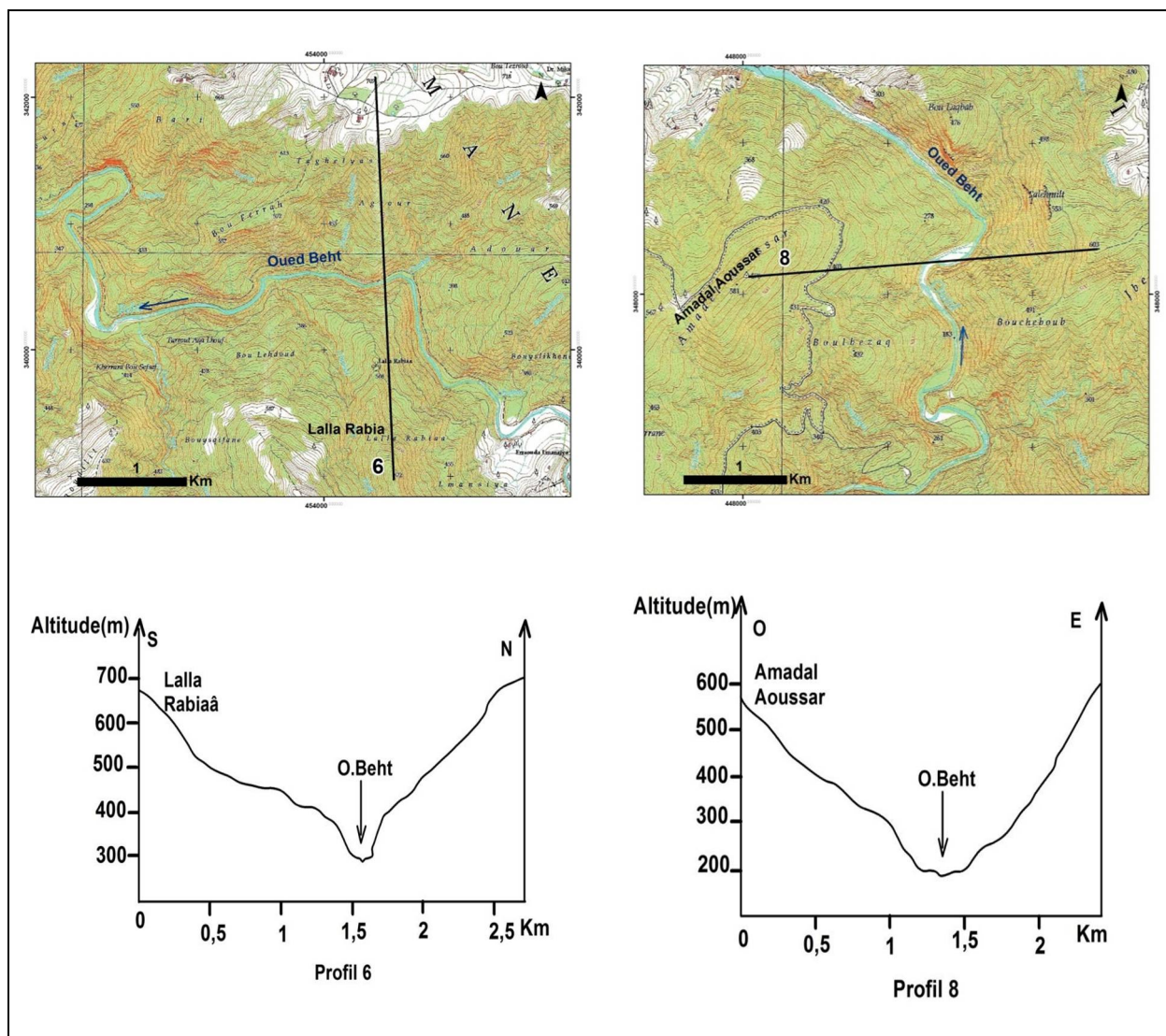


Figure. 3.5. Profils en travers de la vallée du Beht dans les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique Ait Hammou Boulmane à l'échelle de 1/25000)

3.1. Morphologie de la vallée et héritages quaternaires dans le bassin de Souk Larbaâ -Oued Beht

Après avoir traversé les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui, Oued Beht longe le bassin de Souk Larbaâ du Beht, creusé entre les plateaux de Zemmour à l'ouest et de Sais de Meknès à l'est (ph. 3.2). Ce bassin est désigné comme un ombilic tectonique, où affleurent les argiles du Trias, surmontés par les mollasses et les marnes du Néogène (G. Beaudet, 1969). La vallée y est très large, sur presque 10 km. Le Beht, y montre un chenal unique sinueux et divaguant sur une faible pente de 1,18m/km, tout en évoluant dans une large plaine alluviale. Ce dernier reçoit plusieurs affluents de rive gauche (dont O. Berrejline, le plus important) et de rive droite (notamment, O. El Kell et O. Ouchket). Les profils en travers dans ce tronçon montrent une vallée évasée, à fond relativement plat et large d'environ 2 km (fig. 3.6). Les versants y sont bien reculés et à pente moyenne de l'ordre de 15%.

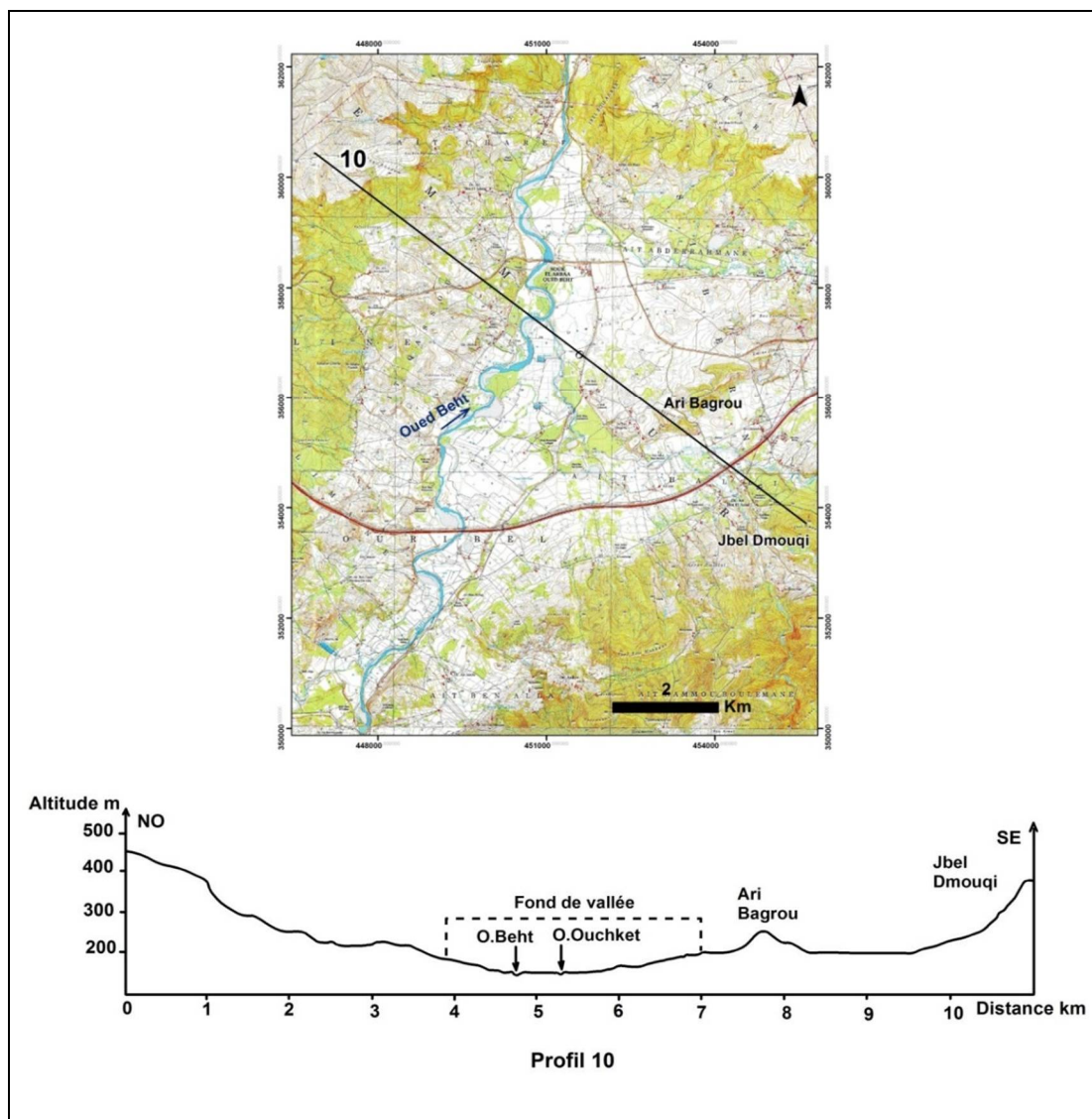


Figure. 3.6. Profils en travers de la vallée du Beht dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique Souk Larbaâ Oued Beht à l'échelle 1/25000)

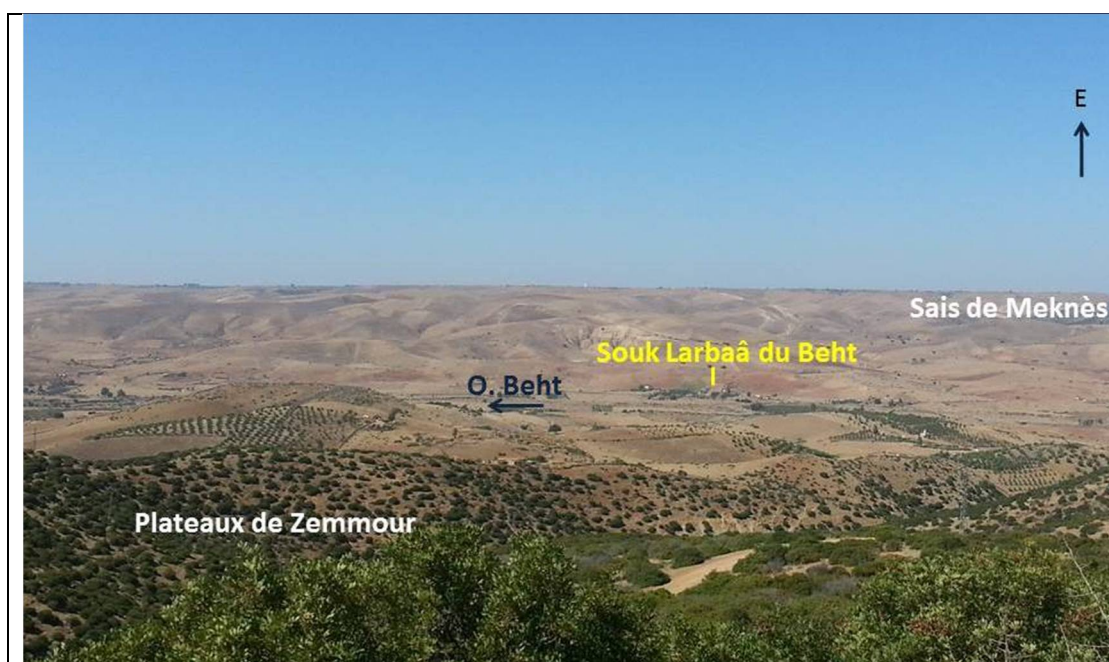


Photo. 3.2. Vue panoramique de la partie méridionale de la vallée au bassin de Souk Larbaâ - Oued Beht vue vers l'est (18/9/2015)

L'élargissement de la vallée a favorisé la conservation de plusieurs niveaux alluviaux pléistocènes plus ou moins étagés. Ils sont conservés sous forme de glacis-terrasses étagés de part et d'autre du cours d'eau actuel et leur organisation spatiale montrent une dissymétrie entre les deux versants de l'Oued Beht (fig. 3.7 et ph. 3.3).

.- Les hauts niveaux (T6 et T5) :

La terrasse T6 correspond au plus ancien des replats post-villafranchiens attribué au régréguien ; elle apparaît au sud-est du bassin sous forme de butte témoin à 250 m. Ce niveau est constitué de sables argileux rouges. La terrasse T5 est attribuée au Salétien, elle est conservée à l'ouest du bassin à 200 m. Ce niveau est représenté généralement par des glacis-terrasses dont il ne subsiste que des lambeaux couverts de limons argileux rouges mélangés de cailloux dolomitiques (G. Beaudet, 1969).

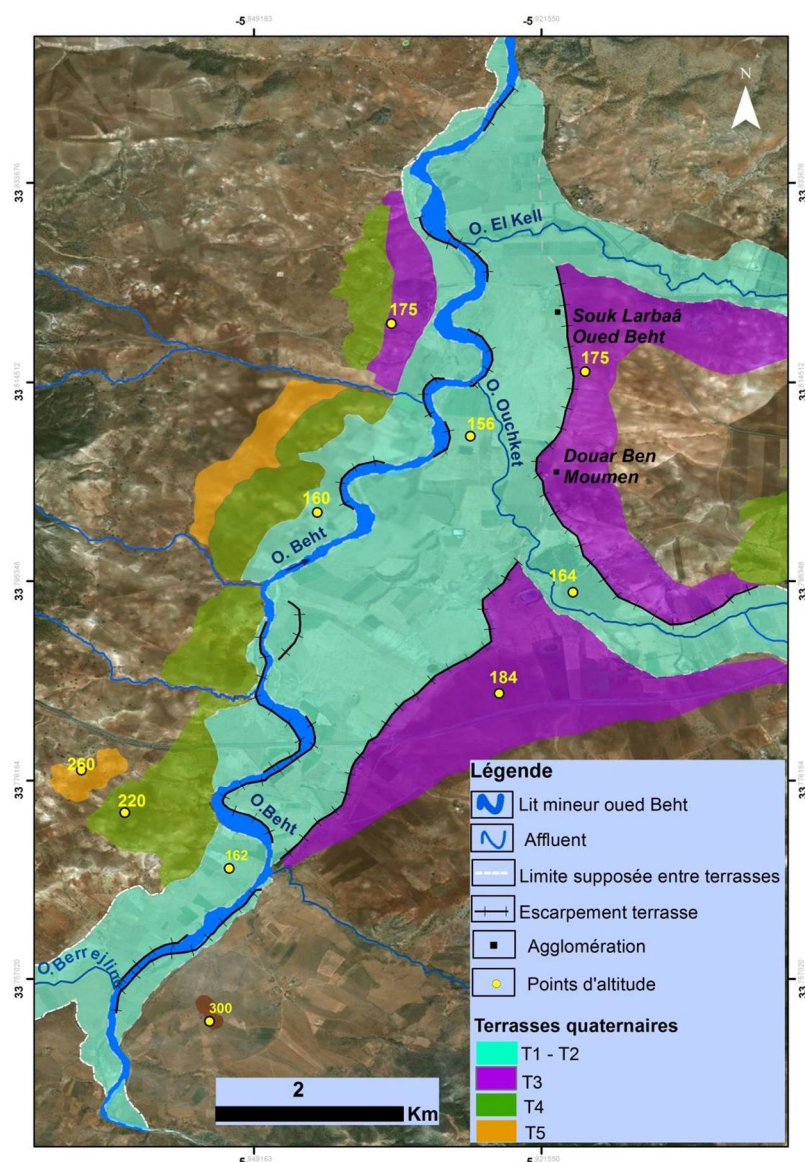


Figure. 3.7. Les niveaux alluviaux quaternaires dans le bassin de Souk Larbaâ - Oued Beht (inspiré de G. Beaudet, 1967 modifié ; fond : image Google, 19/7/2014)

.- Les moyens niveaux (T4 et T3) :

Le niveau T4 est attribué à l'Amirien ; il est bien conservé aussi bien à l'est qu'à l'ouest du bassin et s'organise en glacis-terrasses à une altitude de 175 m ; en rive gauche ce niveau est situé directement en dessus des basses terrasses. Tandis qu'en rive droite, il domine les glacis - terrasses tensiftiens (T3). Les niveaux T4 sont constitués de formations limoneuses et rouges avec quelques passées caillouteuses.

Le niveau tensiftien T3 est mieux conservé particulièrement à l'est du bassin. Il apparaît sous forme de glacis-terrasses avec une dénivellation de 4 à 6 mètres seulement en dessous des niveaux amiriens. Les niveaux tensiftiens sont bien étendus entre les Oueds Ardiya, Ouchket et El Kell, offrant des replats d'environ 1500 m de large. Leurs formations sont majoritairement des alluvions conglomératiques enrobés dans une matrice limoneuse.

.- Les bas niveaux (T2 et T1) :

Les niveaux soltaniens T2 et gharbiens T1 sont rencontrés aussi bien en rive gauche qu'en rive droite du Beht. Leur dénivellation n'est que de 1 à 1,5m, ils sont difficiles à distinguer l'un de l'autre notamment lorsque les terrains sont affectés par l'action anthropique (défrichement, plantations...). Ces niveaux de terrasses sont généralement constitués d'une base grossière à galets mêlés dans une matrice limoneuse, le tout est surmonté par une unité sommitale limoneuse.

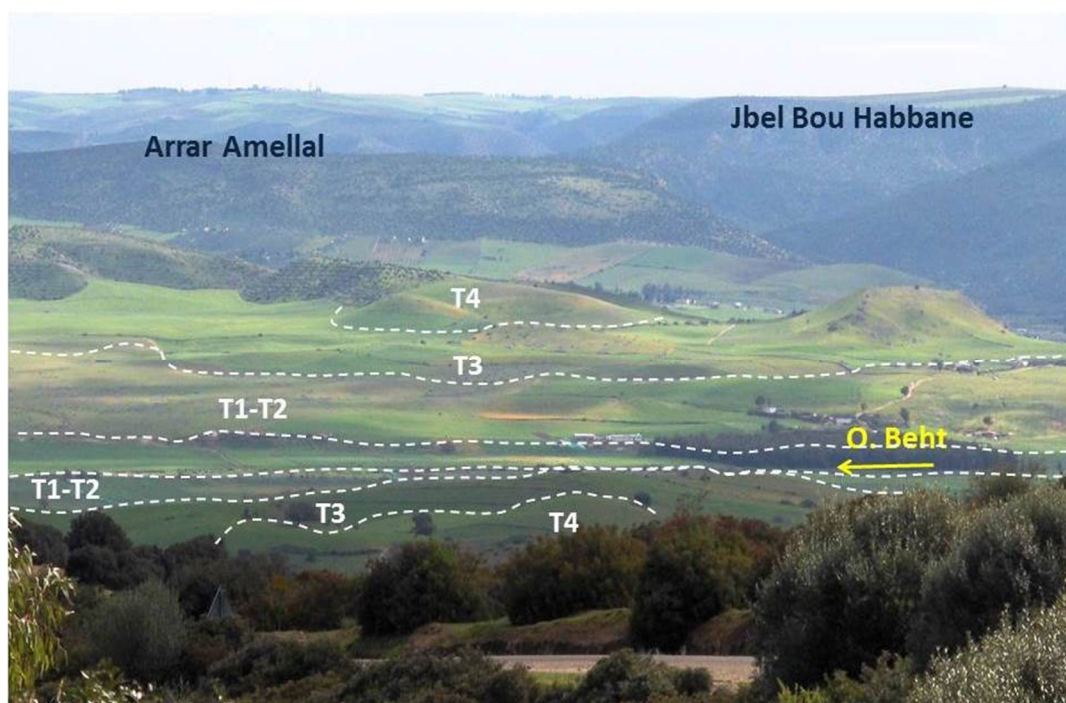


Photo. 3.3. Disposition et limites approximatives des glacis-terrasses quaternaires dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht (14/12/2014)

3.2. Le tronçon aval Souk Larbaâ du Beht- barrage El Kansera

Au nord du bassin de Souk Larbaâ du Beht, la morphologie de la vallée change, et on assiste à un passage d'une section de vallée évasée à une section rétrécit. Ce tronçon de vallée est façonné dans un encaissant formé à la base par les marnes et les mollasses et au sommet par les calcaires et les dolomies. Il s'est développé sur 9 km de long, avec une pente de l'ordre de 3m/km. Le fond de vallée est drainé par un chenal divaguant de 12 km de long (fig. 3.8).

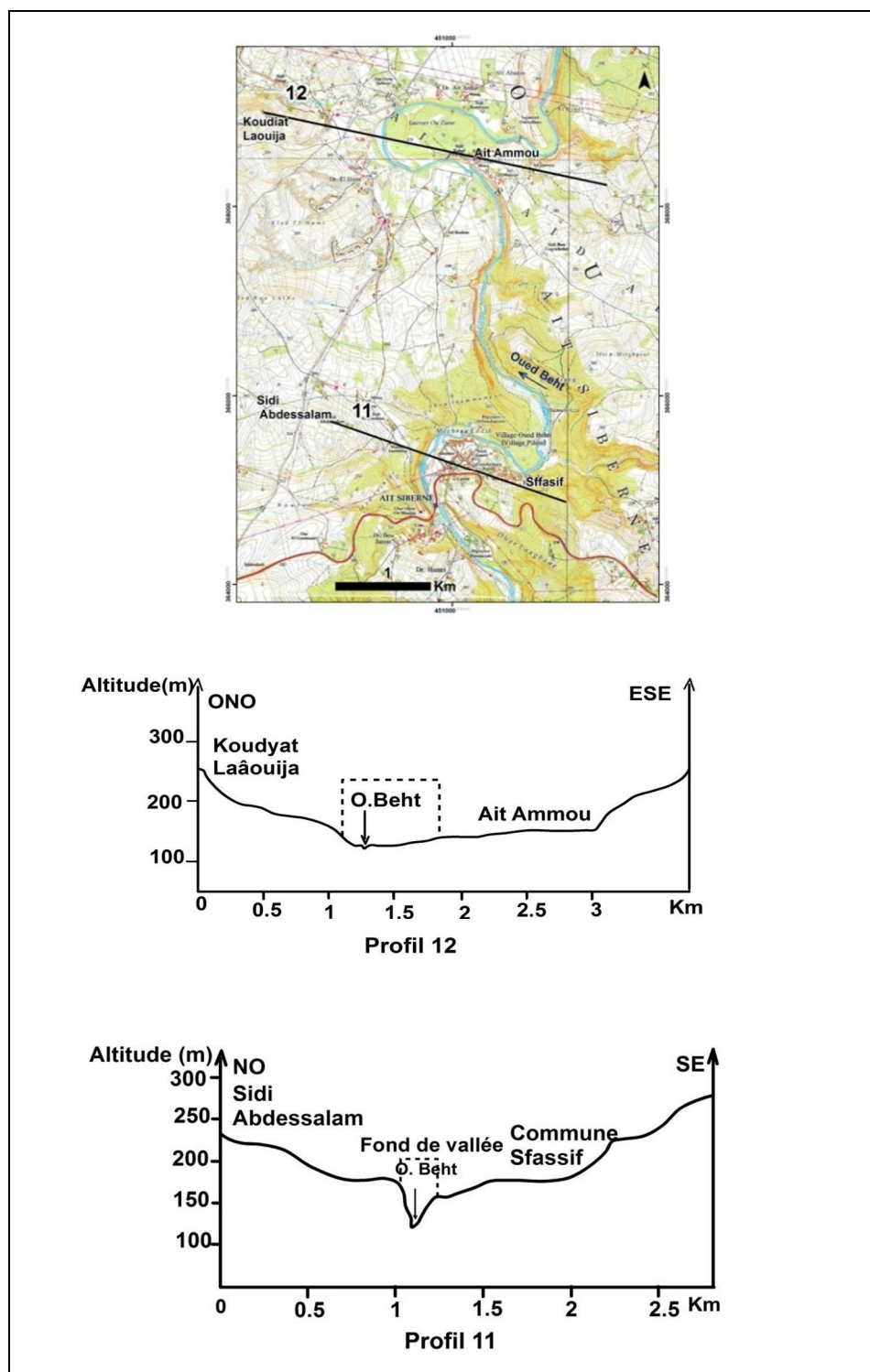


Figure. 3.8. Profils en travers de la vallée du Beht dans la partie septentrionale du bassin de Souk Larbaâ du Beht (en haut, carte de localisation ; extrait de la carte topographique d'Ait Siberne 1/25000)

Les profils en travers (fig. 3.8) montrent une vallée présentant une alternance de secteurs à fond étroit (125m) avec un chenal rectiligne et des secteurs à fond relativement large (375m), où se développent des boucles de méandres aux rives convexes bien développées. Les versants sont parfois assez raides, mais généralement ils ont une pente moyenne d'environ 14%. Leurs parties supérieures sont façonnées en croupes convexes, alors que leurs parties inférieures sont concaves. Les terrasses quaternaires ne sont pas conservées dans ce tronçon de vallée en raison de l'étroitesse des entailles.

Plus vers l'aval s'étend la retenue du barrage El Kansera, mis en service dès le début des années 30. La retenue est de capacité actuelle est de 266 Mm³; elle occupe un tronçon de vallée de plus de 15 km de long, puisqu'elle s'étend vers l'aval jusqu'au niveau des rides prérfaines en amont de la commune El Ganzra. Cette retenue couvre une superficie d'environ 18 km² au niveau normal ; sa profondeur moyenne est d'environ 16,5m (ABHS, 2005) (ph. 3.4).

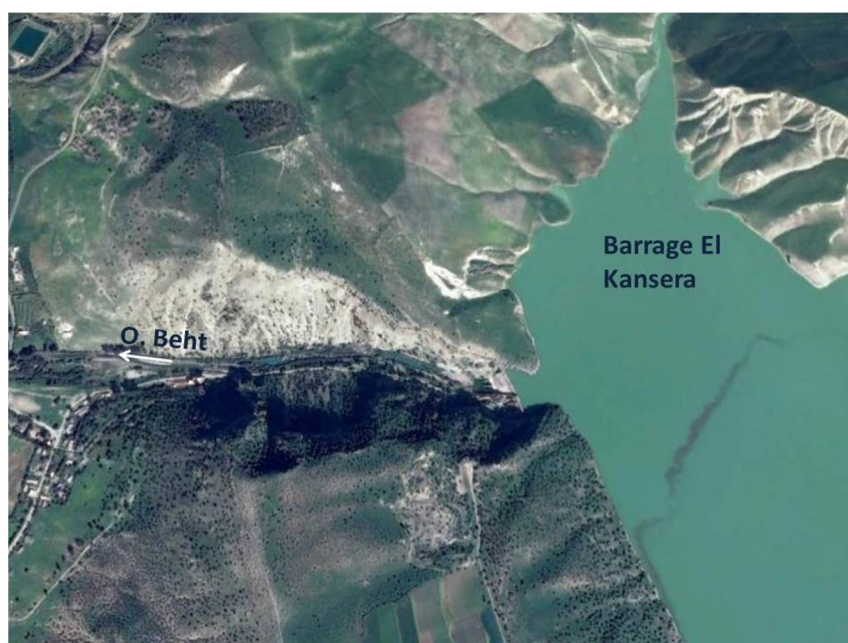


Photo. 3.4. Zoom sur la retenue du barrage El Kansera (image google 13/2/2014)

3.3. Morphologie de la vallée du Beht et héritages quaternaires entre le barrage El Kansera et Dar Bel Amri

En aval du barrage El Kansera, Oued Beht a entaillé sa vallée entre les rides prérfaines côté est et les bas plateaux des Pays de Zemmour côté ouest. Il s'agit d'une vallée de 19 km de long, ayant une pente faible d'environ 1,03 m/km, longée par 30 km de méandres essentiellement de type contraint, puisqu'ils atteignent souvent le versant sur l'une des berges. Les profils en travers (fig. 3.9) montrent une variation de la forme de la vallée.

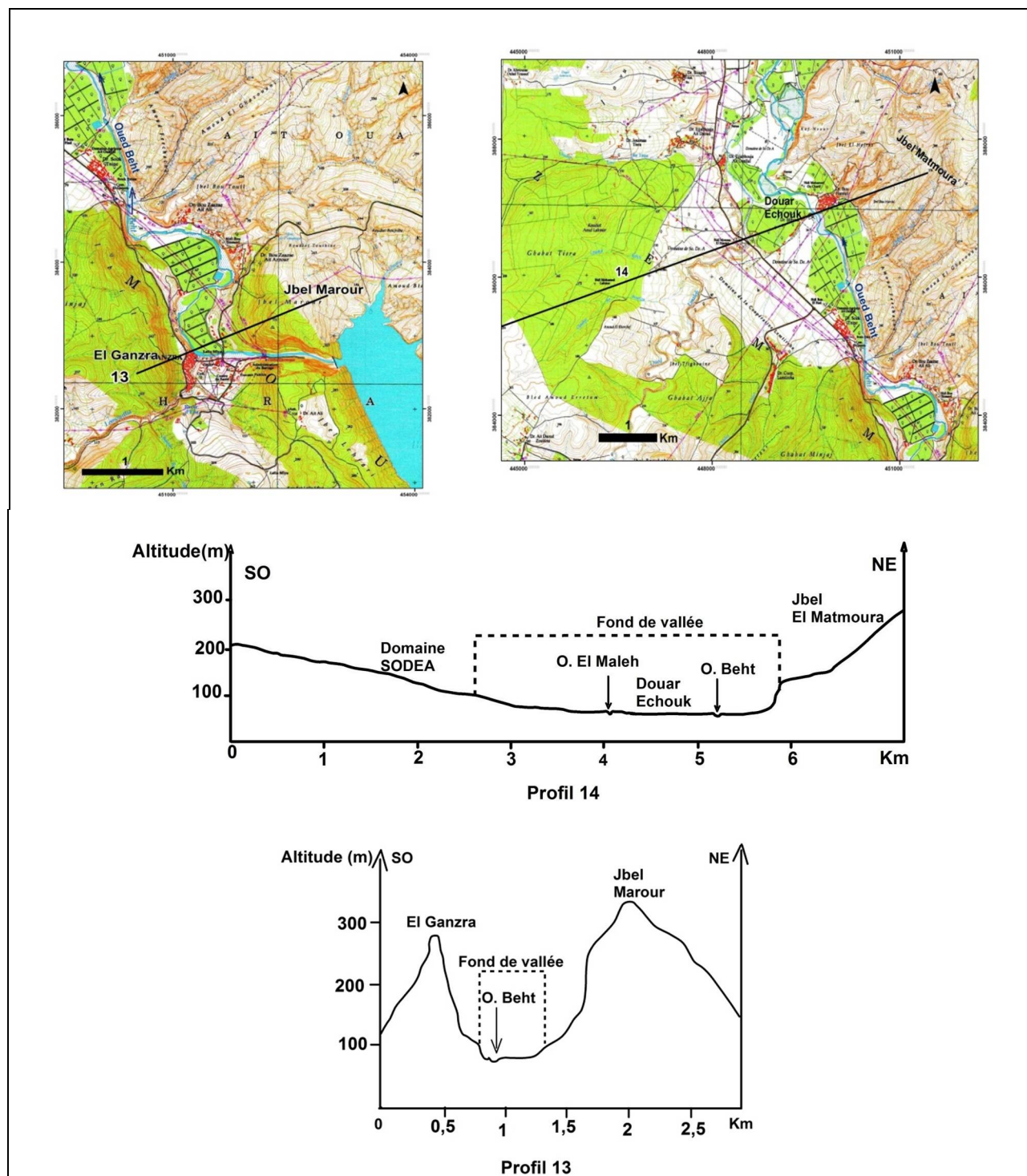


Figure. 3.9. Profils en travers de la vallée du Beht depuis le barrage El Kansera jusqu'à Dar Bel Amri (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique El Ganzra 1/25000)

En aval immédiat du barrage El Kansera, la vallée a un fond profond et qui ne dépasse pas 750 m de large ; elle est limitée par des versants abrupts ayant une pente moyenne de 33% (profil 13, fig. 3.9). Alors qu'au fur et à mesure qu'on se déplace vers l'aval, la forme de la vallée change, puisqu'en aval de Souk Tnine, son fond s'élargie pour atteindre 2 km de large à Douar Echouk ; alors que les versants deviennent de plus en plus reculés et à pente faible (profil 14 ; fig. 3.9). Ceux-ci appartiennent à deux unités géomorphologiques différentes : en rive droite, ils sont taillés dans

les rides prérfaines et sont façonnés dans les marnes du Miocène qui reposent en discordance sur les calcaires gréseux du Lias moyen. Quant aux versants de la rive gauche, ils correspondent à la limite orientale des bas plateaux de Zemmour couverts par les sables rouges villafranchiens. Les versants deviennent beaucoup plus étalés à pente faible et la plaine alluviale s'élargie d'avantage lorsqu'on se dirige plus à l'aval vers Dar Bel Amri (profils 15 et 16, fig. 3.10).

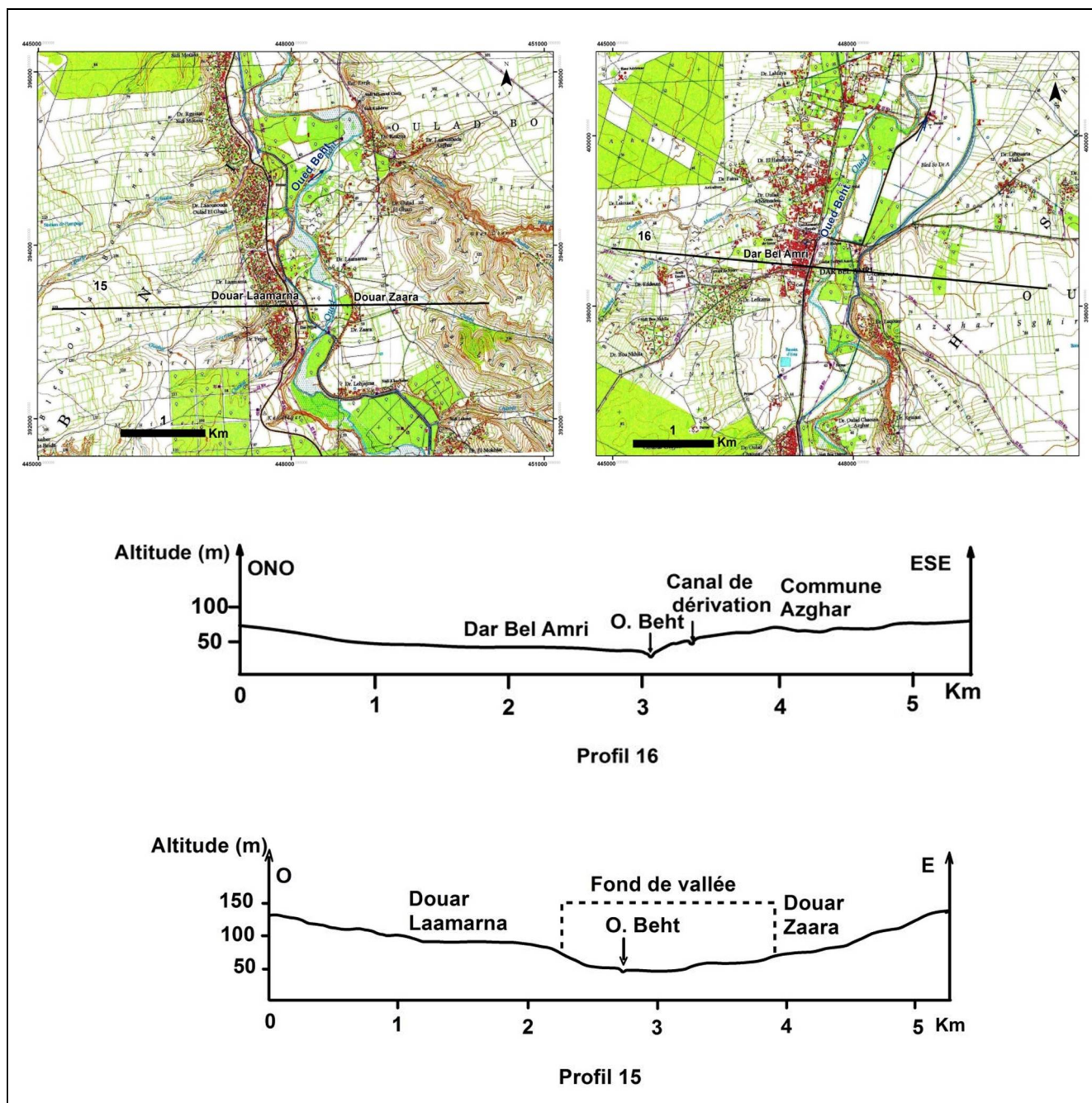


Figure. 3.10. Profils en travers de la vallée depuis douar Echouk à Dar Bel Amri
(en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique de Dar Bel Amri 1/25000)

Dans ce tronçon de vallée du Beht, les niveaux pléistocènes sont bien conservés (pl.ph. 3.2), dès que l'on sorte des gorges entaillées dans les rides prérfaines. Ils s'étagent de part et d'autre du cours d'eau et se présentent sous la forme de terrasses bien distinctes et étendues ou bien en

lambeaux épars. Six niveaux de terrasses fluviales (de T5 à T0) sont distingués (fig. 3.11). Les datations effectuées par N. Bouab (1992) en utilisant la thermoluminescence, ont permis d'attribuer un âge soltanien pour les terrasses T4, T3 et T2. Alors que les terrasses T1 et la T0 ont été datées par le carbone 14 du Gharbien. L'auteur considère que la terrasse T5 est probablement présoltanienne. Ici on a adopté une nomenclature de terrasses allant de T0 à T5, qui diffère de celle de G. Beaudet (1969) utilisée dans les zones amont et médiane (de T1 à T6), dans les deux bassins d'Ouljet Soltane et Souk Larbaâ du Beht.

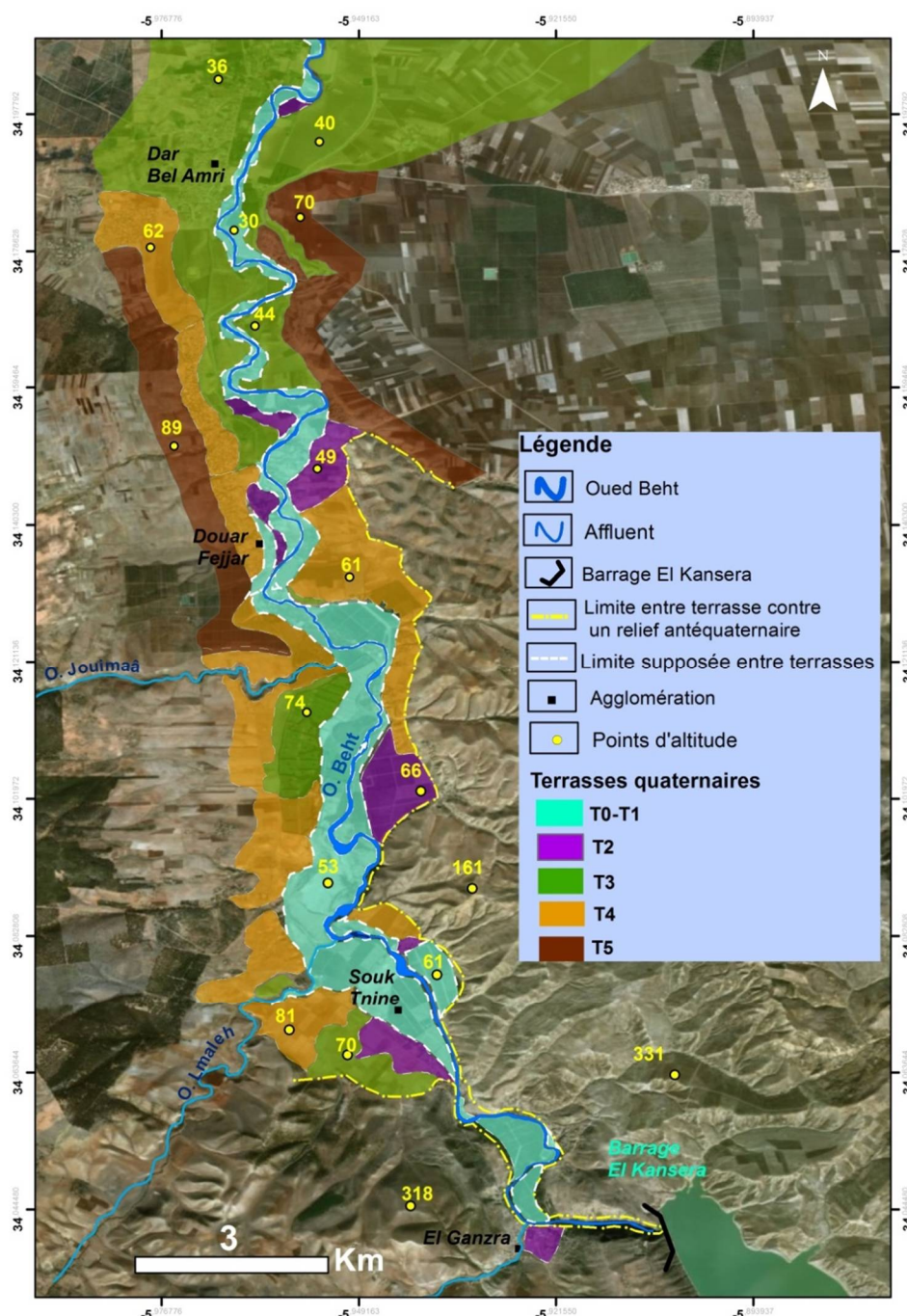


Figure. 3.11. Les terrasses quaternaires du Beht en aval du barrage El Kansera (cartographie inspirée de N. Bouab, 1992, modifié, fond : image Google, année 19/7/2014)

-. **La terrasse T5** : c'est la plus ancienne dans le secteur, elle est relativement continue et son altitude varie de l'amont vers l'aval de 100 m à 50 m. Les formations qui la constituent correspondent à des galets rubéfiés pouvant atteindre 15 cm de diamètre. Ils sont enrobés dans une matrice sablo-limoneuse rouge dont la couleur est due à la rubéfaction. Ce niveau à galets occupe une position sommitale dans la terrasse ou bien il est surmonté par un limon à sol noir à rouge.

-. **La terrasse T4** : elle est présente sur la rive droite, sous forme de lambeaux au pied de Jbel Bou Touil, puis sous forme d'entailles d'érosion creusé dans la terrasse T5. Sur la rive gauche, elle devient continue depuis Oued Jouimâ à Dar Bel Amri. Son altitude évolue de 90 m à l'amont à 40-50 m à l'aval. L'épaisseur des dépôts varie de 2 à 8 m, dont la base comporte des cailloutis non rubéfiés et relativement non indurés et enrobés dans une matrice sablo-limoneuse ou sableuse. Le sommet de ces dépôts est constitué de limons jaunes avec très peu de concrétions calcaires et des coquilles de mollusques.

-. **La terrasse T3** : elle est très discontinue, dans la partie amont et dans la partie médiane du secteur. Elle apparaît parfois sous forme d'encoches dans la terrasse T4. Alors qu'elle devient continue et s'élargit en aval et se raccorde à la plaine du Gharb. L'altitude du sommet de cette terrasse varie de 70-80 m à l'amont à 37-40 m à l'aval. Les dépôts qui la constituent comportent une unité basale de cailloutis à matrice sablo-limoneuse ou sableuse et une sommitale formée de limons jaunes puis rouges et comportant des coquilles et des concrétions calcaires.

-. **La terrasse T2** : elle se présente différemment tout au long de ce secteur. Elle est relativement bien étendue à l'amont où elle peut atteindre 1,5 km de large, son altitude varie d'amont en aval de 75 m à 34 m. En se déplaçant vers l'aval, la terrasse est réduite à de simples lambeaux bordant la terrasse T3. Les dépôts fluviaux se composent de deux unités, une unité basale et une unité sommitale. L'unité basale est constituée de cailloutis plus ou moins consolidés et non rubéfiés d'un diamètre maximal de 10 cm, englobés dans une matrice sablo-limoneuse.

-. **La terrasse T1** : elle est continue tout le long de l'oued sur les deux rives, son altitude varie de 70-75 m à l'amont, et 30 m à l'aval. Elle est caractérisée par sa fine granulométrie et par le rythme cyclique des dépôts de l'unité basale qui est caractérisée par l'alternance de niveau sablo-silteux et silto-limoneux. Tandis que l'unité sommitale est constituée de limons jaunes, parfois rougeâtres ou bruns.

-**La terrasse T0** : c'est la terrasse la plus récente, puisqu'elle constitue le lit majeur de l'oued. Elle est formée des sables limoneux, son épaisseur varie selon les cas, elle peut atteindre 2, 20m. Son altitude varie de l'amont vers l'aval de 65 m à 28 m.



a-Affleurement de la terrasse présoltanienne (T5) à Douar Fejjar (3/9/2015)



b- La terrasse soltanienne (T4) à la confluence avec Oued Lmaleh (8/1/2017)



c-Affleurement de la terrasse soltanienne (T3) en rive gauche du Beht à Dar Bel Amri (22/10/2018)



d- Terrasses gharbiennes (T0-T1) en aval de douar El Ganzra (1/1/2018)

4. Morphologie générale et héritages quaternaires dans la plaine du Bas Beht

Après avoir parcouru les différentes unités géomorphologiques du Plateau Central, du couloir sud rifain et des rides pré-rifaines, le cours inférieur du Beht draine la partie méridionale de la plaine du Gharb qui se situe dans un bassin subsident. On passe ainsi d'un paysage de vallée fluviale avec versants bien marqués au paysage à une rivière qui évolue dans la plaine alluviale très large occupant le Gharb (fig. 3.12).

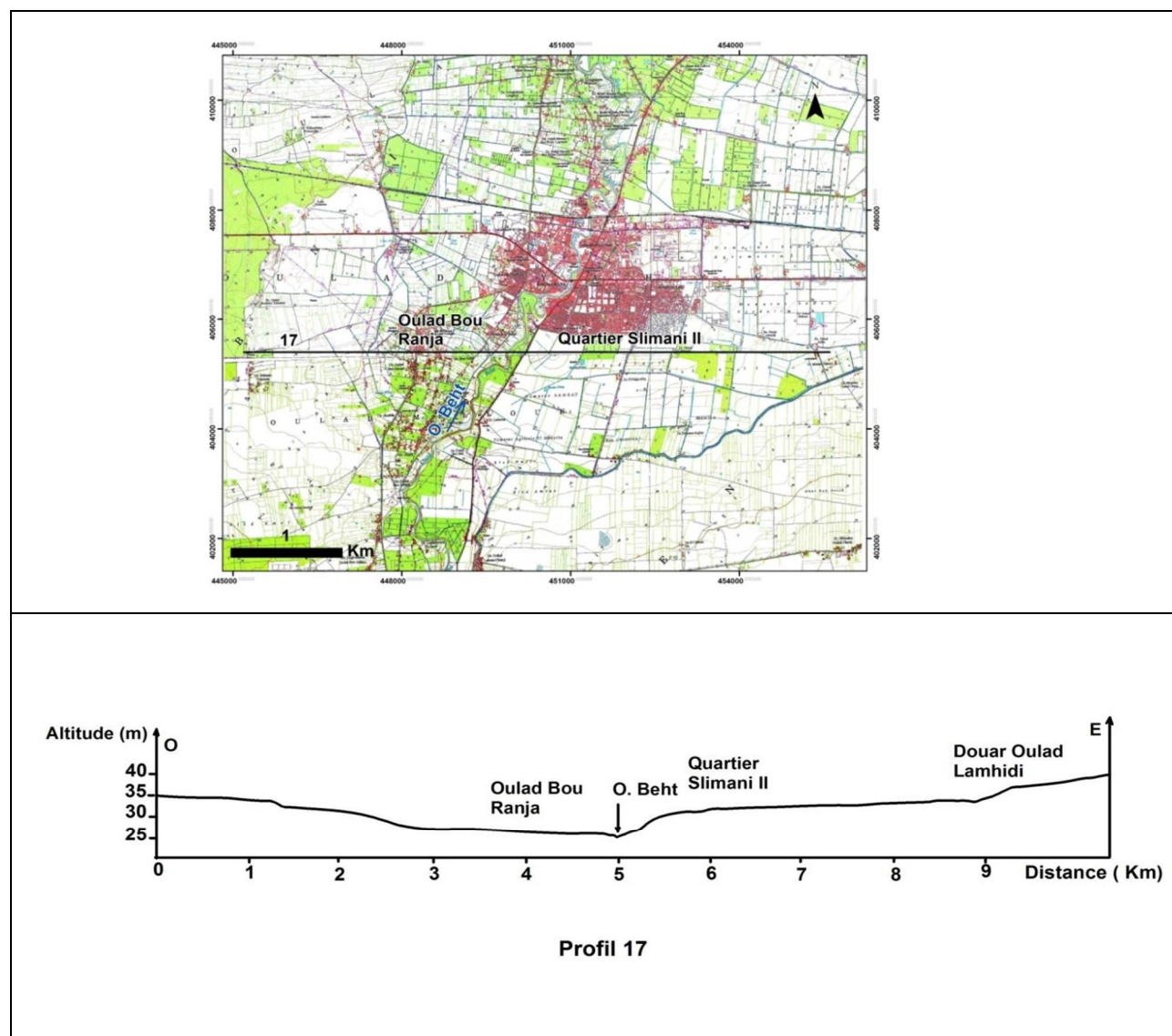


Figure. 3.12. Profil en travers de la vallée du Beht dans la plaine du Gharb à Sidi Slimane (en haut, carte de localisation, extrait de la carte topographique Sidi Slimane 1/25000)

Ce paysage de plaine se caractérise par la prédominance de terrains plats de basses altitudes (moins de 50 m) et de très faible pente (0,13m/km). En fait dès Dar Bel Amri, un peu à l'amont de la ville de Sidi Slimane, le Beht draine une plaine alluviale façonnée dans les alluvions épaisses gharbiennes surmontant des nappes alluviales plus anciennes du quaternaire qui remplissent le bassin du Gharb (J. Le Coz, 1964 ; N. Bouab. 1992). La plaine présente des secteurs d'élargissement et d'autres de rétrécissement, mais elle s'épanouit largement au nord de Sidi

Slimane sur 5 km de large, puis elle se rétrécit au coude du douar Assalja avec 3km de large. Par la suite elle s'élargit de nouveau à Dar El Gueddari pour atteindre 6 km de large. Dans cette plaine, le lit principal du Beht est délimité par une bande de levées naturelles bien visibles dans le paysage, recouvertes par des sols peu évolués d'apport alluvial et qualifié de « Dess ». La largeur du lit mineur atteint une valeur maximale d'environ 100 m, sa valeur minimale est égale à 16 m avec une moyenne de l'ordre de 43 m, sa profondeur varie de 80 cm à environ 2 m.

5. Essai d'une typologie morphologique de la vallée du Beht

5.1. Méthode adoptée

La typologie des vallées peut servir à mieux identifier et caractériser leurs formes morphologiques, puisqu'elle identifie la variation des formes d'une vallée de l'amont vers l'aval et sur des distances de quelques kilomètres, comme elle peut servir pour comparer des vallées différentes. Elle peut même apporter de l'aide pour faire une bonne gestion des zones fluviales, comme par exemple la prévention des risques d'inondation ou d'érosion, l'identification des zones humides des vallées (Z. Alhaskeer et al., 2014).

Dans la finalité de faire une classification des tronçons de la vallée du Beht de l'amont vers l'aval selon leur morphologie, on s'est basé sur une méthode de typologie simplifiée qui a été définie par C.E Cupp (1989) et D.L Rosgen (1996) sur certains cours d'eau aux Etats Unies et utilisée aussi par Y. Souchon et al. en 2000 pour les cours d'eau du bassin Ligérien en France.

Pour C.E Cupp (1989), une analyse géomorphologique fine des vallées peut se baser sur des critères simples, concernant les versants et le fond de vallée ; ce sont la pente, la largeur du fond de vallée et la sinuosité du chenal principal. Ces critères permettent l'identification des caractéristiques des vallées directement sur les cartes topographiques et en conséquence, ils aident à faire des typologies raisonnables.

D'après Y. Souchon et al (2000) l'étude de la morphologie de la vallée nécessite l'identification au préalable des tronçons longitudinaux relativement homogènes des rivières. Chaque tronçon correspond à la portion d'un cours d'eau, dont les profils en travers et en long et le gabarit moyen ne marque pas d'évolution significative.

Cette typologie est basée sur la combinaison de trois variables morphologiques qui sont la pente de la vallée, la largeur du fond de vallée et la pente des versants. La classification permet de distinguer des grandes formes de vallée telles que les gorges en V, les vallées planes et les vallées en U (Y. Souchon et al., 2000). Selon cette combinaison 4 grands types de vallées ont été définis (fig. 3.13) :

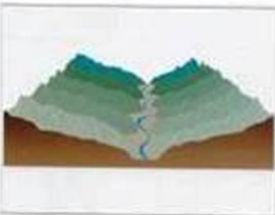
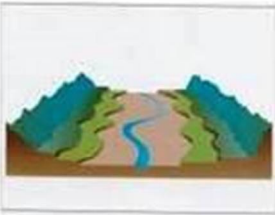
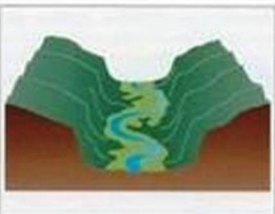
	Type de vallée	Forme de la vallée	Pente de la vallée	Descriptions
1	P1V1		$< 2 ‰$	Faible pente de la vallée Faible pente de versants Faible largeur fond de vallée
	P2V1		$2 ‰ < < 6 ‰$	Pente de la vallée moyenne Faible pente de versants Faible largeur fond de vallée
	P3V1		$> 6 ‰$	Forte pente de la vallée Faible pente de versants Faible largeur fond de vallée
2	P1V2		$< 2 ‰$	Faible pente de la vallée Faible pente de versants Forte largeur fond de vallée
	P2V2		$2 ‰ < < 6 ‰$	Pente de la vallée moyenne Faible pente de versants Forte largeur fond de vallée
	P3V2		$> 6 ‰$	Forte pente de la vallée Faible pente de versants Forte largeur fond de vallée
3	P3V3		$> 6 ‰$	Forte pente de la vallée Forte pente de versants Faible largeur fond de vallée
4	P3V4		$> 6 ‰$	Forte pente de la vallée Forte pente de versants Forte largeur fond de vallée

Figure. 3.13. Typologie des formes de vallée (Y. Souchon et al., 2000 modifié)

- la première catégorie (1) : désigne les vallées planes à fond étroit et caractérisées par de faibles pentes des versants;
- la deuxième catégorie (2) : indique les vallées planes à fond large et caractérisées par de faibles pentes des versants;
- la troisième catégorie (3) : correspond à des vallées en gorges de forme V caractérisées par, une pente des versants forte à très forte et une largeur du fond de vallée faible à très faible;
- La quatrième catégorie (4) : correspond aux vallées en U, dont la pente des versants est forte à très forte, et une largeur du fond de vallée moyenne à forte.

Ensuite ces quatre types ont été combinés avec une autre variable qui est la pente de la vallée ; ce qui a permis de distinguer 8 types morphologiques, en fonction de la pente de la vallée que ce soit faible, moyenne ou forte, comme c'est indiqué dans la figure 3.13.

5.2. Les types morphologiques obtenus pour la vallée du Beht

La mise en application de la méthode ci-dessus nous a permis de définir trois grandes classes pour la vallée du Beht : i) la vallée en gorges de forme V, ii) la vallée plane à fond étroit et iii) la vallée plane à fond large. A l'intérieur de ces trois classes on a déterminé 5 types de vallée qui s'organisent le long de la vallée de l'amont vers l'aval, selon la répartition suivante :

5.2.1. Vallée en gorges

C'est le type P3V3, selon la classification de Souchon. Ce type apparaît dans la zone du Moyen Beht ; il est prédominant dans les plateaux de Tassaft El Haj-Achmèche et Telt et les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui. La vallée a un profil en forme de V, encaissée et dont le fond est étroit. La pente y est forte $P > 6\%$, et les versants sont abrupts. Ce type de vallée est façonné dans les schistes et les flyschs du Viséen supérieur du socle paléozoïque.

5.2.2. Vallée large avec terrasses

Ce type comporte selon la classification de Souchon trois sous- types de vallées ayant tous un fond large, mais qui diffèrent vis-à-vis de la pente de vallée et des versants. Dans le cas de la vallée du Beht on distingue deux sous-types qui sont : P3V2 et P1V2 :

- a)- Le type P3V2 est une vallée à forte pente, à fond relativement large et à faible pente des versants. Il correspond au tronçon de la vallée façonné dans la cuvette d'Ouljet Soltane. Caractérisé par sa forte déclivité avec une pente égale à 7m/km (donc supérieur à 6%) et par un fond relativement large de 500 m et par des versants de faible pente. Ce type de vallée est façonné dans les schistes tendres du Viséen, dont le fond se raccorde aux versants par des glacis- terrasses étagés.
- b)- Le type P1V2 est une vallée à faible pente inférieur à 2m/km, (2%), à fond large, délimité par des versants à faible pente. Ce type apparaît dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht. Il est caractérisé par un fond large qui dépasse 2 km ; par une pente moyenne de l'ordre de 1,18m/km et par des versants bien reculés à faible pente 14%. Il est façonné dans les formations argileuses et gypsifères triasiques surmontées par les marnes et les mollasses néogènes. Ici le fond de la vallée est encadré par des niveaux alluviaux pléistocènes, emboîtés ou étagés. D'autre part, ce type apparaît également dans le tronçon de vallée situé en aval du barrage El Kansera, étant inscrit entre les rides prérfaines et les bas plateaux de Zemmour. Ce tronçon de vallée s'étend depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri. Il se caractérise par une faible pente 1,03m/km, un fond large qui peut atteindre 2 km et par des versants à faible pente. Ce type est façonné dans un substratum à formations d'âge Tertiaire, comportant les calcaires, les marnes et les mollasses. Dans ce secteur la vallée du Beht montre plusieurs terrasses quaternaires (N. Bouab, 1992).

5.2.3. Vallée plane à fond étroit

Cette classe de vallée renferme trois types (P1V1, P2V1 et P3V1) qui se diffèrent en fonction de la pente de la vallée mais ils ont en commun deux critères, un fond étroit et des versants à faible pente. Parmi ces trois types de vallée, seulement le type P2V1 est rencontré dans le cas de la vallée du Beht. Il correspond au tronçon situé au nord du bassin de Souk Larbaâ du Beht. Ici la vallée a une pente moyenne (3m/km), à fond étroit et avec des versants de faible pente 14%. Elle est façonnée dans les calcaires et les dolomies du Lias, surmontés par les marnes néogènes.

En utilisant les résultats de la typologie morphologique établie ci-dessus, on a résumé dans un tableau récapitulatif (tab. 3.1) les principales caractéristiques des types de vallée de l'Oued Beht.

Type de vallée		Vallée en gorges en V	Vallée plane à fond étroit	Vallée plane à fond large
Caractéristiques	LF (m)	< 200	≤ 400	> 450
	P V (%)	20-56	10- 19	10- 35
	PT (m/km)	8-11	3-6	2-6

Tableau .3.1. Caractéristiques principales des types de vallées dans le bassin de Beht
(LF : largeur moyenne du fond de vallée. PV : pente moyenne des versants. PT : pente du lit fluvial)

5.3. Spatialisation des types morphologiques et sectorisation longitudinale de la vallée du Beht

5.3.1. Spatialisation des types morphologiques de la vallée

La spatialisation des différents types morphologiques de vallées permet de réaliser une sectorisation longitudinale mettant en évidence l'hétérogénéité des formes de vallée du Beht. Elle est effectuée en se basant sur les critères morphologiques, notamment la forme de la vallée et la largeur du fond, et sur la nature géologique des terrains à fin de discriminer la vallée en entités paysagères cohérentes. On a pu subdiviser la vallée du Beht en six tronçons relativement homogènes du point de vue morphologique, de l'amont vers l'aval (fig. 3.14) :

-Le premier tronçon de la vallée, correspond à la zone des gorges qui s'étend depuis le point de confluence des Oueds Tigrigra et Ifrane jusqu'au secteur amont de la cuvette d'Ouljet Soltane. Il est façonné dans les schistes du Viséen supérieur entre les plateaux de Tassaft El Haj- Achmèche et Telt (type P3V3).

-Le deuxième tronçon correspond à un segment de vallée plane à fond large entaillée dans la cuvette d'Ouljet Soltane dans les schistes tendres du Viséen supérieur. Ce tronçon a conservé des terrasses quaternaires étagées (type P3V2).

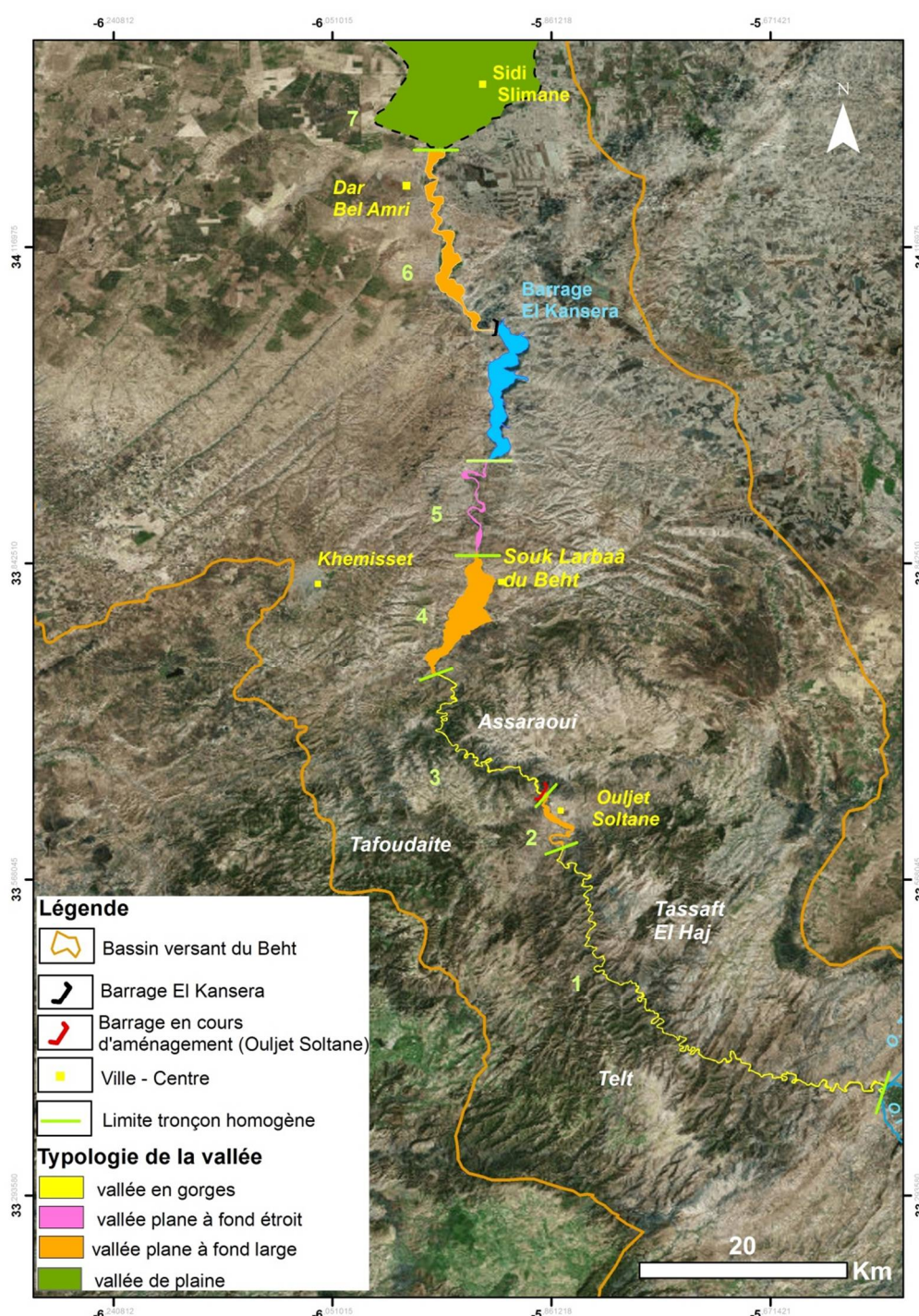


Figure. 3.14. Typologie et sectorisation morphologique longitudinale de la vallée du Beht

-Le troisième tronçon de vallée en gorges façonnées dans les flyschs du Namurien entre les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui (type P3V3).

-Le quatrième tronçon de vallée correspond au type de vallée plane à fond large. Il est façonné dans les formations triasiques surmontées par les marnes et les mollasses néogènes qui affleurent dans la partie méridionale du bassin de Souk Larbaâ du Beht. Ce tronçon de vallée a conservé des terrasses quaternaires (type P1V2).

-Le cinquième tronçon présente une vallée plane à fond étroit, entaillée dans les formations calcaires et dolomitiques recouverts par les marnes néogènes. Il se développe dans la zone située au nord du bassin de Souk Larbaâ du Beht (type P2V1).

-Le sixième tronçon de vallée, s'étend depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri. Il présente une vallée plane à fond large développée entre les bas plateaux de Zemmour en rive gauche et les rides pré-rifaines en rive droite (type P1V2).

En aval de Dar Bel Amri, Oued Beht ne présente pas de vallée bien inscrite dans le paysage ; mais il évolue dans une large plaine occupant le bassin subsident du Gharb.

Le tableau 3.2 présente une récapitulation sur la typologie morphologique et la représentativité de chaque type de vallée. Le type prédominant est celui de la vallée en gorges, façonné dans les formations paléozoïques du Plateau central (plateaux de Tassaft El Haj, de Telt, de Tafoudait et d'Assaraoui) ; il représente 38 % de l'ensemble de la vallée du Beht. Le deuxième type est celui de vallée de plaine représentant 30% ; il est développé dans la partie méridionale de la plaine du Gharb, depuis l'aval de Dar Bel Amri à Mograne. Le troisième type, correspond à une vallée plane à fond large ; il représente 20 % de l'ensemble de la vallée du Beht il apparaît dans la cuvette d'Ouljet Soltane, le bassin de Souk Larbaâ du Beht et dans le secteur qui s'étend depuis l'aval du barrage El Kansera jusqu'à Dar Bel Amri (traversée des rides et plateau de Zemmour). Le quatrième type est celui de la vallée plane à fond étroit ; il représente seulement 7 %, il est développé dans la zone du couloir sud rifain au nord du bassin de Souk Larbaâ du Beht. Egalement la retenue du barrage El Kansera représente 5% (tab.3.2).

Type de vallée	Vallée en gorges	Vallée plane à fond étroit	Vallée plane à fond large	Vallée de plaine	Retenu du barrage El Kansera
Longueur en km	109	21	59	88	15
Pourcentage	38	7	20	30	5

Tableau. 3.2. Représentation relative des types morphologiques dans la vallée du Beht

Nous schématisons la variation morphologique du fond de la vallée du Beht de l'amont vers l'aval, par le croquis de la figure 3.15 qui met en évidence la variation de la largeur depuis l'origine du Beht jusqu'à sa confluence avec Oued Sebou, au niveau de Mograne. Le schéma montre globalement une succession de secteurs d'élargissement et d'autres de rétrécissement de ce fond de vallée, avant de traverser la plaine du Gharb ; ce qui offre une variété de paysages fluviaux le long de la vallée du Beht.

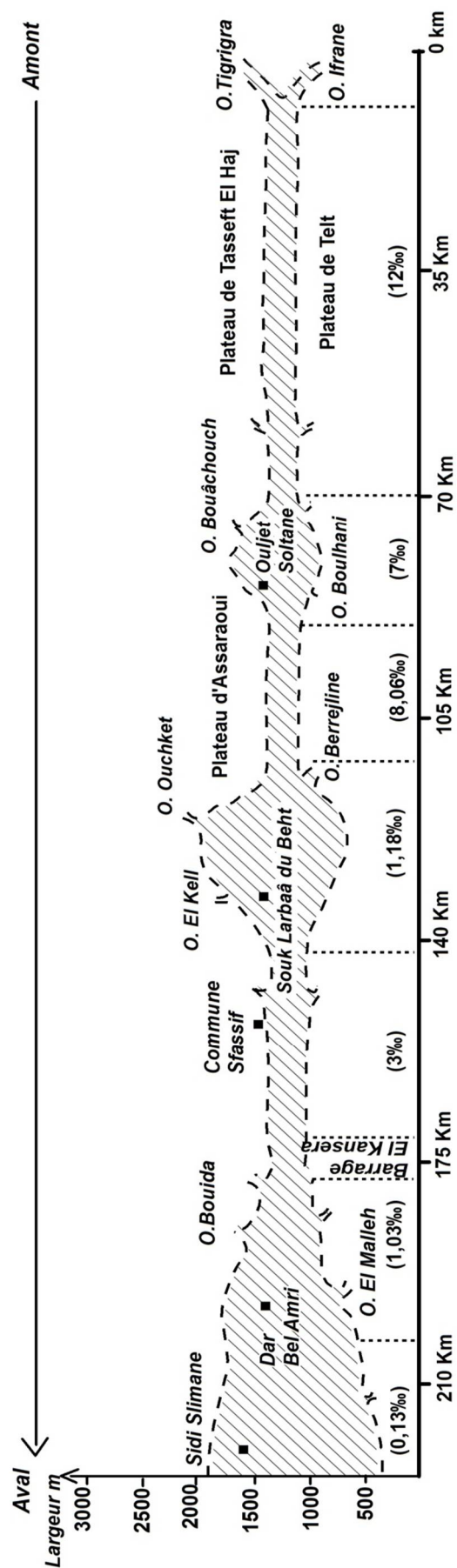


Figure. 3.15. Evolution de la forme du fond de la vallée du Beht de l'amont vers l'aval

5.3.2. Les types de styles fluviaux du Beht le long de la vallée

On rappelle qu'un style fluvial représente la forme en plan d'un lit fluvial. Il correspond à une adaptation morphodynamique du lit fluvial aux variables de contrôle qui sont résumées dans les débits liquides et les débits solides, et aussi le substrat géologique et la pente longitudinale solide (A. Schumm, 1977 ; J.P. Bravard et F. Petit, 1997 ; A. Taous, 2005). Le passage d'un style en un autre traduit donc l'adaptation du cours d'eau aux modifications de la nature lithologique du substratum encaissant, de la pente et des débits liquide et solide.

Le cours de l'Oued Beht se caractérise par un écoulement en un seul chenal, généralement méandriforme. Mais les styles fluviaux sont variables, selon les types morphologiques de vallées parcourus depuis l'amont jusqu'à l'aval (fig. 3.16). De façon générale, on distingue des styles à méandres encaissés, des styles à méandres divagants, des styles à méandres contraints et des styles à méandres libres de plaines.

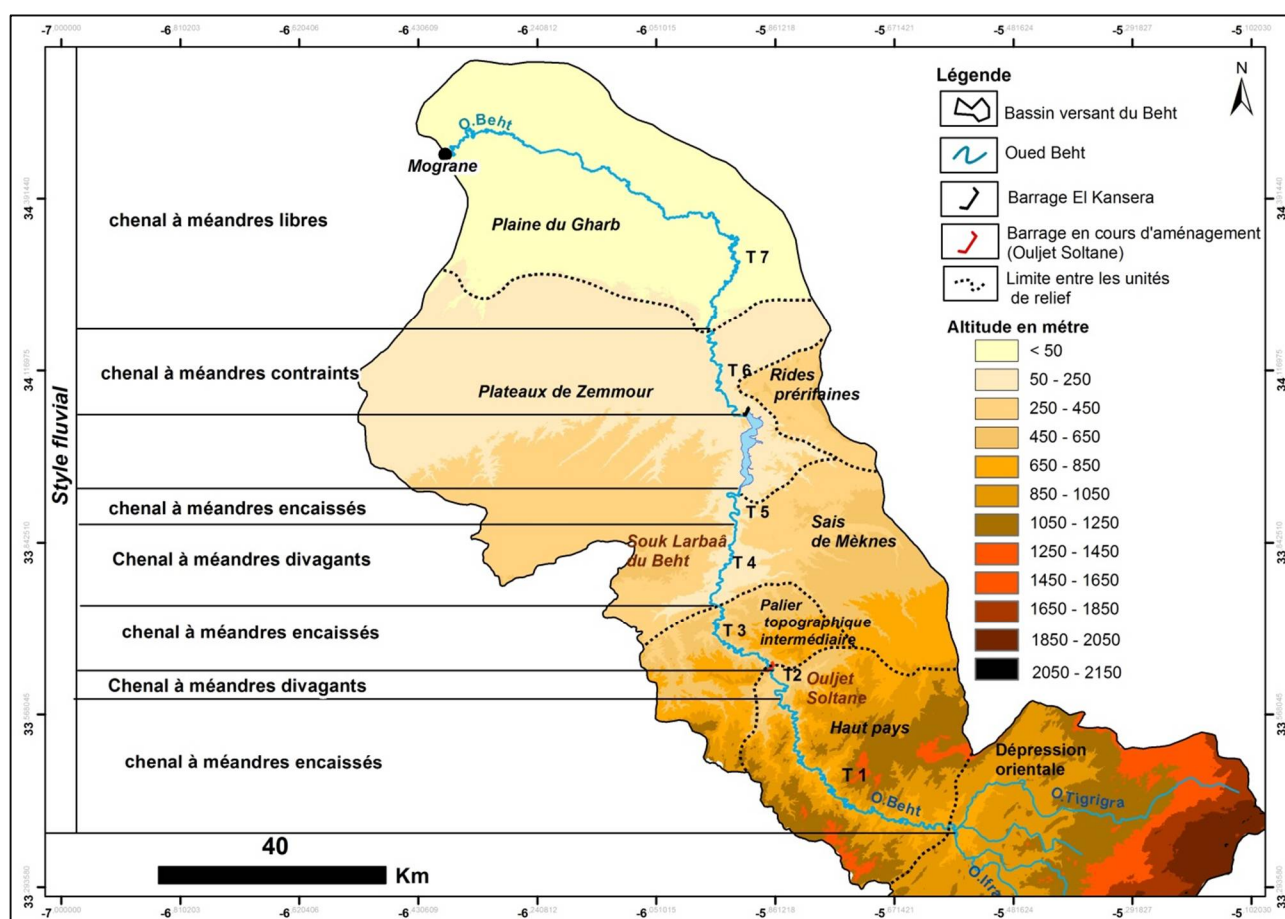


Figure. 3.16. Succession de styles fluviaux du Beht de l'amont vers l'aval

a)- Les styles à méandres encaissés : Ils se développent dans la zone du Haut Beht au niveau des plateaux relativement résistants (fig. 3.17).

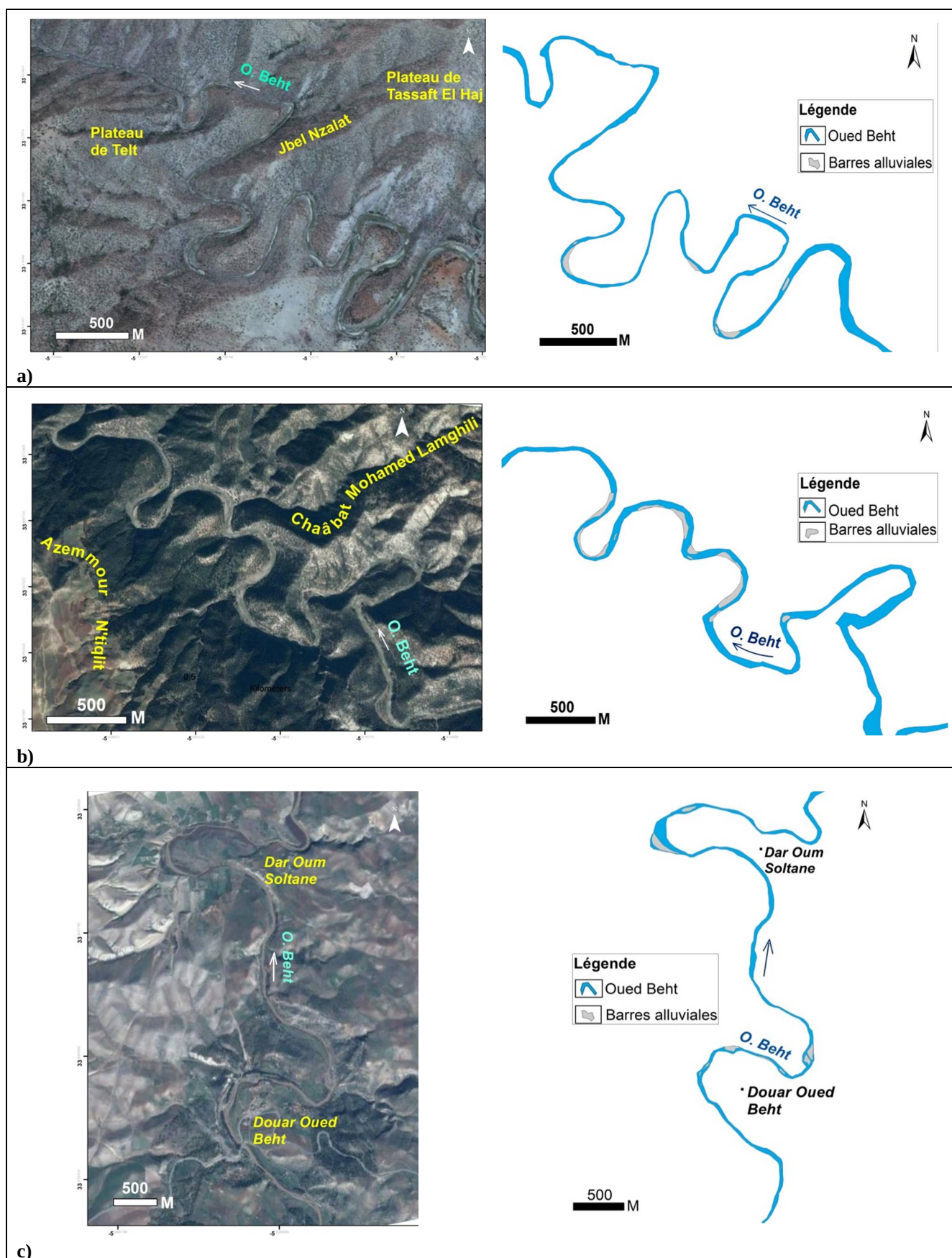


Figure 3.17. Les méandres encaissés de la vallée du Beht. a) dans les plateaux de Tassaf El Haj et Telt ; b) dans les plateaux de Tafoudaite c) dans le plateau du Sais, au nord de Souk Larbaâ du Beht

Au niveau du Plateau Central on a constaté la dominance du style au chenal unique en méandres préférentiellement encaissés. Ce style s'est développé dans les schistes du Viséen entre les plateaux de Tassaft El Haj et Telt (fig. 3.17.a), et dans les flyschs namuriens entre les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui (fig. 3.17.b). Depuis son origine, Oued Beht draine les terrains métamorphiques constitués par les schistes paléozoïques, il s'est façonné une vallée profonde et sinueuse sous formes des gorges à méandres encaissés. C'est ainsi que deux séries de méandres encaissés se sont développés entre les plateaux du Tassaft El Haj - Telt et entre ceux de Tafoudaite et d'Assaraoui. Ces deux séries à méandres encaissés sont interrompues par les styles à chenal sinueux divagant de la cuvette d'Ouljet Soltane. Dans ces tronçons amont, le Beht a creusé une vallée sinueuse, encaissée et étroite, de forte pente 12m/km (12‰), formant des gorges à méandres encaissés de forte sinuosité qui est égale à 1,6. La formation des méandres encaissés dépend de l'action des courants, la résistance des terrains et de la pente de la vallée. Le développement des méandres encaissés dans les tronçons amont, s'explique par une puissance notable de l'écoulement fluvial (forte énergie), lié à la forte pente longitudinale et une charge grossière importante, ce qui favorise le creusement dans un encaissant formé de roches relativement résistantes à l'érosion.

On retrouve également un style comparable, mais moins encaissé, au niveau du Moyen Beht dans les calcaires et les molasses qui affleurent au nord du bassin de Souk Larbaâ du Beht (fig. 3.17.c). Ici les terrains sont relativement moins résistants et la pente longitudinale du lit fluvial est plus faible (3 ‰).

b)- Les styles à méandres divagants

Ce style se développe dans les bassins à formations géologiques friables (fig. 3.18). Dans la zone du Haut Beht, il apparaît essentiellement à Ouljet Soltane (fig. 3.18.a), et au niveau du bassin triasique de Souk Larbaâ du Beht (fig. 3.18.b) :

Dans la cuvette d'Ouljet Soltane l'encaissant est formé par les schistes paléozoïques particulièrement tendres et érodables. La chenalisation sinueuse divagante présente des boucles de méandres irrégulières. Le chenal unique et divagant montre une sinuosité égale à 1,40 pour une pente longitudinale de l'ordre de 7m/km, soit 7‰.

Dans le bassin triasique de Souk Larbaâ du Beht, on observe une série de nombreux méandres divagants à boucles régulières. Dans ce bassin, sur près de 17 Km de long, l'oued longe une vallée large façonnée dans des formations argilo-marneuses triasiques et les mollasses du Néogène. Il s'agit de méandres sinueux dont l'indice de sinuosité est égal à 1,39. La pente longitudinale est faible (2‰).

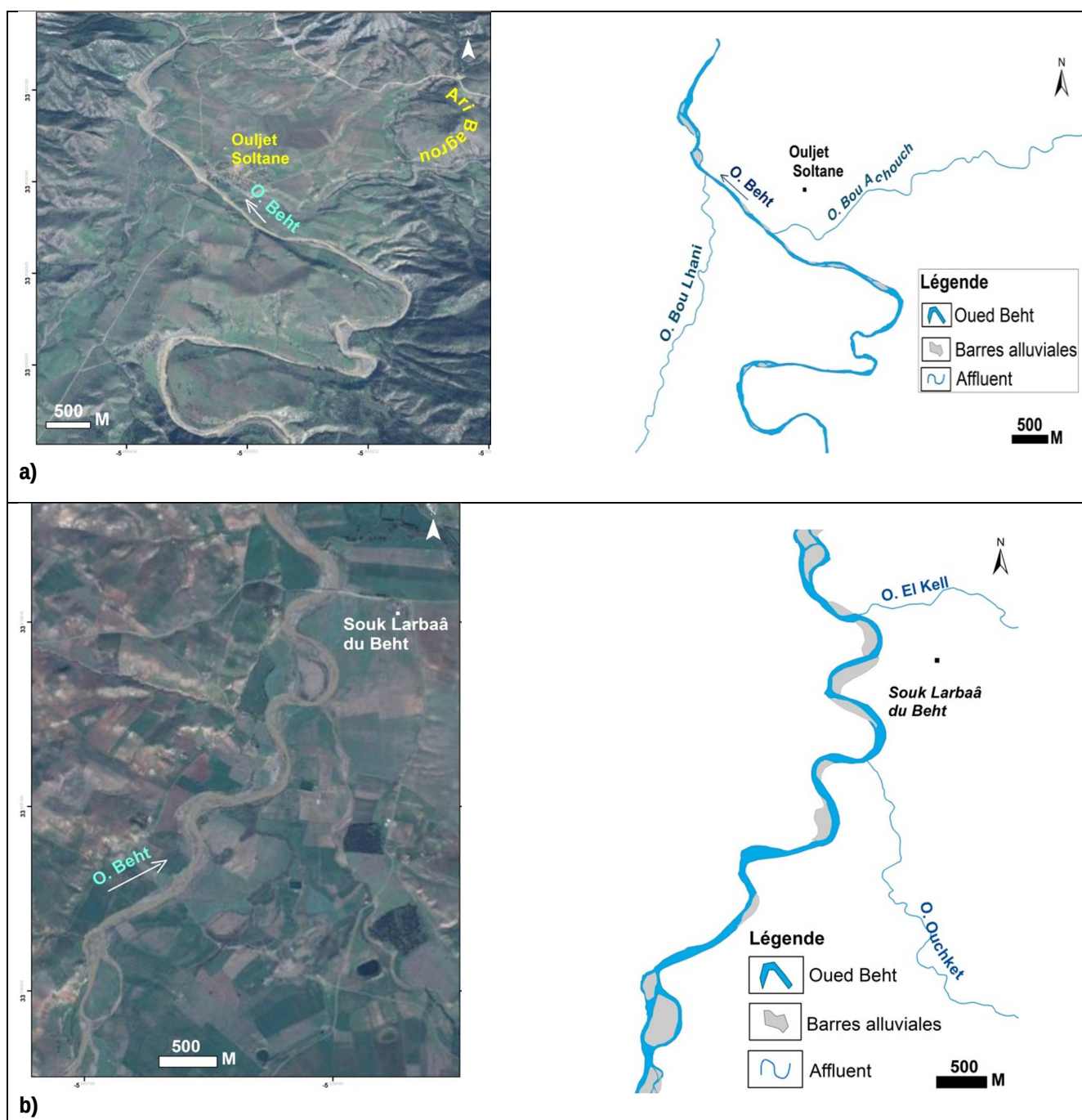


Figure .3.18 . Les méandres divagants à a) Ouljet Soltane et b) à Souk Larbaâ du Beht

c)- Les méandres contraints

Ils apparaissent dans les paysages aux collines marneuses, en particulier en aval du barrage El Kansera, où la vallée se place entre les rides préifaines et la bordure orientale du bas plateau de Zemmour, jusqu'à Dar Bel Amri. Ici les méandres sapent sur la rive droite, les formations marneuses des rides préifaines, alors que la rive gauche montre une belle plaine alluviale (fig. 3.19.a).

d)- Les méandres libres de plaine

De Dar Bel Amri à Mograne, le chenal de l'Oued Beht adopte un style à larges méandres libres (ou méandres de plaine alluviale) dans la partie méridionale de la plaine du Gharb (fig. 3.19.b). Le

cours d'eau du Bas Beht a façonné deux séries de méandres libres de part et d'autre du canal de drainage Lmarja Lakbira, jusqu'à sa confluence avec Oued Sebou à Mograne. Les méandres développés en amont du canal ont une sinuosité de 1,46 avec une longueur réelle de 71,57 km, tandis que ceux développés en aval du canal ont une sinuosité plus forte de 1,7 sur une longueur réelle de 39 km. Ces méandres se caractérisent par la présence d'un chenal unique qui migre latéralement d'amont en aval dans une plaine alluviale très large. Dans ces secteurs la pente longitudinale est très faible et atteint 0,13m/km, dans les parties inférieures du Beht. On rappelle que la plaine du Gharb est une zone subsidente caractérisée par ses basses altitudes, généralement inférieures à 50 mètres.

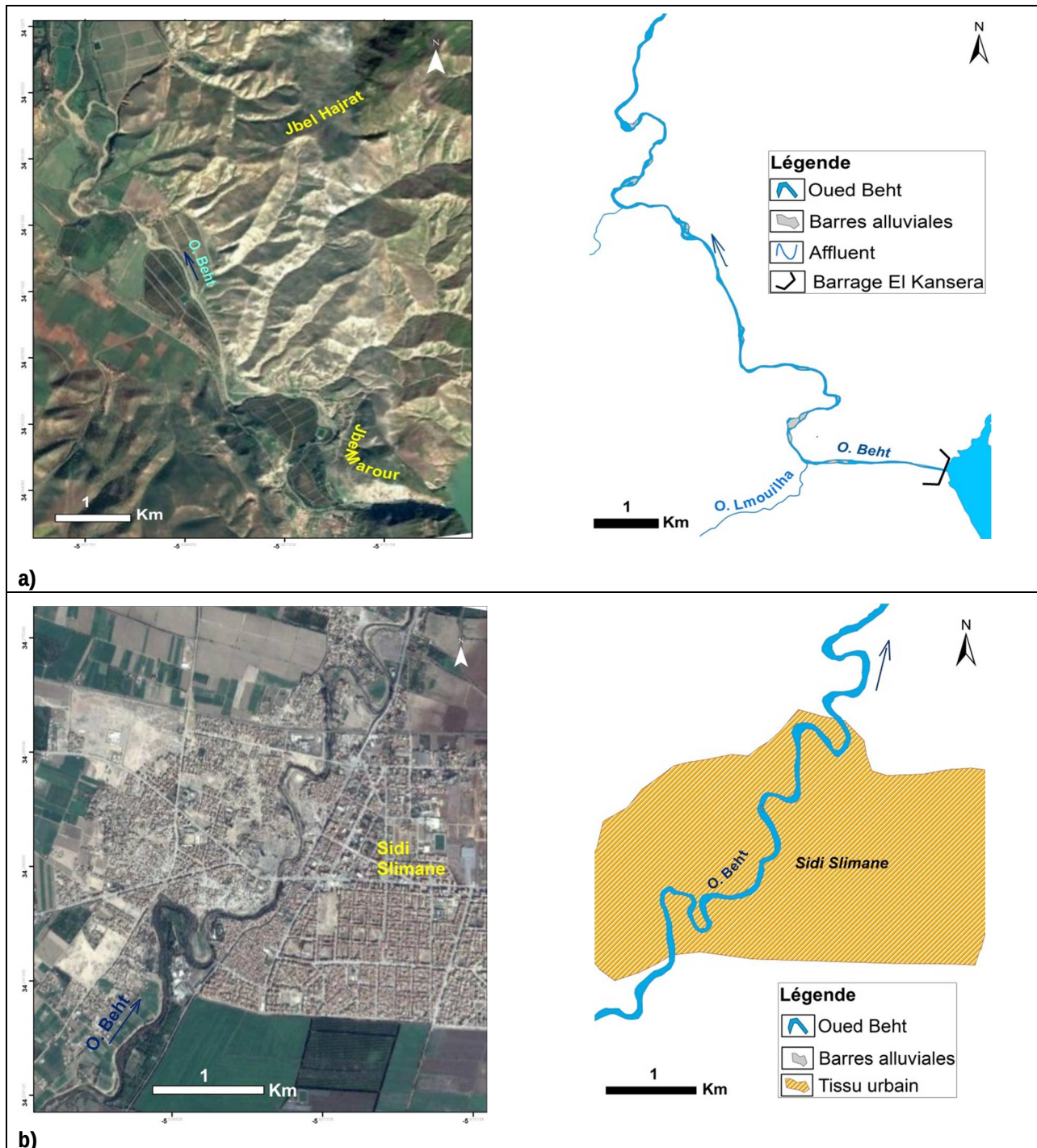


Figure .3.19 . Les méandres contraints en aval du barrage El Kansera (a) et les méandres libres de la plaine du Gharb à sidi Slimane (b)

Conclusion

Dans ce troisième chapitre, nous avons dégagé les principales caractéristiques morphologiques de la vallée du Beht depuis sa source dans les terrains du Plateau central jusqu'à sa confluence avec le Sebou dans la plaine du Gharb. Nous avons montré que la morphologie de la vallée varie considérablement en fonction de la nature et la structure des terrains traversés. Globalement la vallée est étroite et profonde dans les terrains résistants, présentés essentiellement par les schistes et les flyschs paléozoïques ; elle s'évase et s'élargit dans les unités friables, comme c'est le cas des bassins à formations d'argiles permo-triasiques. La plaine du Gharb montre un cours d'eau à méandres libres de grande envergure. Les héritages quaternaires, souvent en glacis terrasses dominant le fond actuel de la vallée, sont conservés principalement dans certaines conditions géomorphologiques particulières correspondants aux vallées élargies où convergent les affluents. Dans la zone subsidente du Bas Beht, le cours d'eau évolue en surface sur un puissant remplissage alluvionnaire.

Nous avons également montré dans ce chapitre que dans le détail des types morphologiques secondaires peuvent être distinguée en se basant sur la nature et la pente des versants, la morphologie du fond de vallée et sa pente. Ces types se répartissent en vallée en gorge (38%), vallée plane à fond étroit (7%), ou à fond large (20%), et vallée de plaine (30%). La pente longitudinale décroît de l'amont en aval, avec une valeur de 12‰ dans les plateaux du Haut Beht, passant à 2 à 3‰ au niveau du Moyen Beht dans le couloir sud rifain et à moins de 1‰ dans la plaine du Gharb. Ces conditions morphologiques ont influencé sur les styles du lit fluvial, qui est de type à méandres encaissés dans les terrains résistants et à méandres divagants dans les tronçons à terrains friables. Le Bas Beht adopte un style de méandres libres ajustés à la plaine du Gharb en subsidence.

Les caractéristiques géomorphologiques générales de la vallée du Beht, influencent certainement les formes et la sédimentation fluviale à l'échelle du tronçon. C'est ainsi que dans les deux chapitres suivants, nous allons passer à l'étude de la morphologie fluviale du Beht à une échelle plus détaillée, celle des tronçons fluviaux. Il s'agit donc d'analyser le domaine fluvial du Beht à une échelle spatiale plus fine, abordant les caractéristiques de la plaine alluviale, les formes des lits développées au fond de la vallée et les sédiments fluviaux associés.

Chapitre 4 :

Caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en amont du barrage El Kansera

Introduction

1. Méthode et moyens d'étude

2. La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht dans le tronçon d'Ouljet Soltane

3. La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht

Conclusion

Introduction

Après avoir étudié la typologie morphologique et la sectorisation de la vallée du Beht dans le chapitre précédent, nous allons nous focaliser dans ce chapitre sur l'étude détaillée des caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et des lits fluviaux développés le long du fond de vallée, en amont du barrage El Kansera. Deux tronçons sont choisis pour cette analyse le tronçon d'Ouljet Soltane dans le domaine amont du bassin et celui de Souk Larbaâ du Beht dans le domaine médian.

Dans chaque tronçon, l'étude abordera en détail les caractéristiques morphologiques de la plaine alluviale et celles du remplissage sédimentaire, en se basant sur la description géomorphologique à l'échelle du tronçon, les faciès observés sur les coupes et l'analyse granulométrique des sédiments. Les coupe-types choisies dans chaque cas sont considérées comme étant représentative pour le tronçon concerné. D'autre part, on s'intéressera à l'étude du lit fluvial, en procédant à une description morphologique et sédimentologique. Des mesures morphométriques et des analyses granulométriques des sédiments seront effectuées. Après avoir caractériser le chenal d'écoulement, ensuite sera abordé l'étude des berges et les types des ripisylves associées. Finalement, une étude diachronique sera faite, afin de suivre l'évolution du chenal du Beht depuis les 5 dernières décennies.

1. Méthode et moyens d'étude

Comme nous l'avons indiqué en introduction, les secteurs considérés dans ce chapitre sont le tronçon d'Ouljet Soltane et le tronçon de Souk Larbaâ du Beht (fig. 4.1). En plus du travail de terrain, la méthode d'étude s'est basée sur des documents de base comme les images satellitaires de Google Earth (mission 2014), la photo aérienne (1962, 1983) et les cartes topographiques 1/25000, 1/50000. Le traitement des données est effectué par le biais de deux logiciels, Global Mapper et Arc Gis. Le travail cartographique est complété par les visites du terrain des tronçons concernés. L'analyse diachronique, basée sur la photo aérienne, nous a permis de suivre l'évolution spatio-temporelle et la migration du lit du Beht pendant trois situations : en 1962, en 1983 et en 2004.

La caractérisation morphosédimentaire de la plaine alluviale, consiste à décrire sa morphologie et à caractériser dans son ensemble le remplissage alluvionnaire qui la constitue à l'échelle de chaque tronçon. En tenant compte de la variabilité des aspects sédimentaires et des environnements fluviaux, le parcours tout d'abord du terrain d'étude pour chaque tronçon est une phase indispensable pour caractériser les formes et les formations fluviales et chercher des sites convenables pour lever des coupes-types représentatives reflétant les aspects sédimentaires de la plaine alluviale (A. Mezrhab et al., 2000 ; A. Taous, 2005). La seconde étape consiste à lever les coupes et décrire leurs faciès en détail.

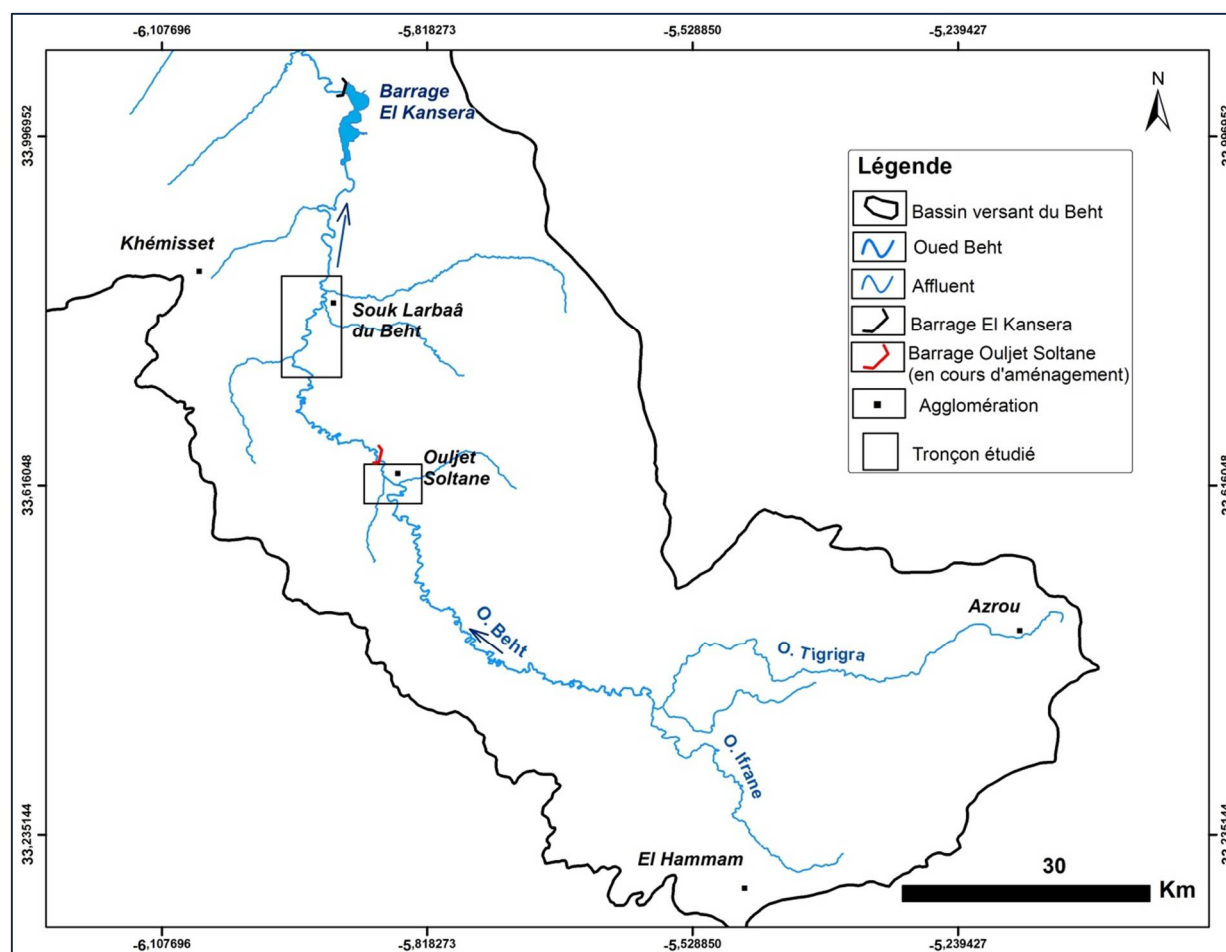


Figure. 4.1. Carte de localisation des tronçons étudiés en amont du barrage à Ouljet Soltane et à Souk Larbaâ du Beht

L'étude à l'échelle du lit fluvial concerne la description morphologique des lits mineur et moyen (bande active) et la mesure des variables morphométriques et géométriques caractéristiques (largeur, profondeur, sinuosité, rayon de courbure, longueur d'onde...). Ces caractéristiques sont considérées comme des indicateurs du fonctionnement hydromorphologique d'un cours d'eau (J.R. Malavoi et J.P. Bravard, 2010). On s'intéresse aussi au traitement des séquences morphologiques fonctionnelles du cours d'eau représentées par les séquences « mouilles – seuils » et la description des barres alluviales observées dans les chenaux.

Les analyses du matériel alluvial ont concerné la granulométrie des fractions grossières (galets) qui est effectuée in situ et celle des fractions fines de sables, limons et argiles, réalisée au laboratoire LAGEA-DD.

2. La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht dans le tronçon d'Ouljet Soltane

Comme on a montré dans le chapitre 3 le tronçon d'Ouljet Soltane correspond à une vallée large creusée dans des terrains schisteux paléozoïques. L'élargissement de la vallée a favorisé la conservation de terrasses alluviales quaternaires et le développement d'une plaine alluviale, représentant le lit majeur actuel du Beht (fig. 4.2). Le centre rural d'Ouljet Soltane se situe sur le

bord d'une terrasse quaternaire en rive droite, tandis qu'en rive gauche on trouve Douar Sahraoua. Ce secteur est traversée par la route régionale RR701 ; sa population appartient à deux tribus différentes, Zemmour en rive droite et Zayan en rive gauche. En raison de ses terrains plats et son sol fertile, la plaine alluviale est exploitée en partie, par la céréaliculture et l'arboriculture.

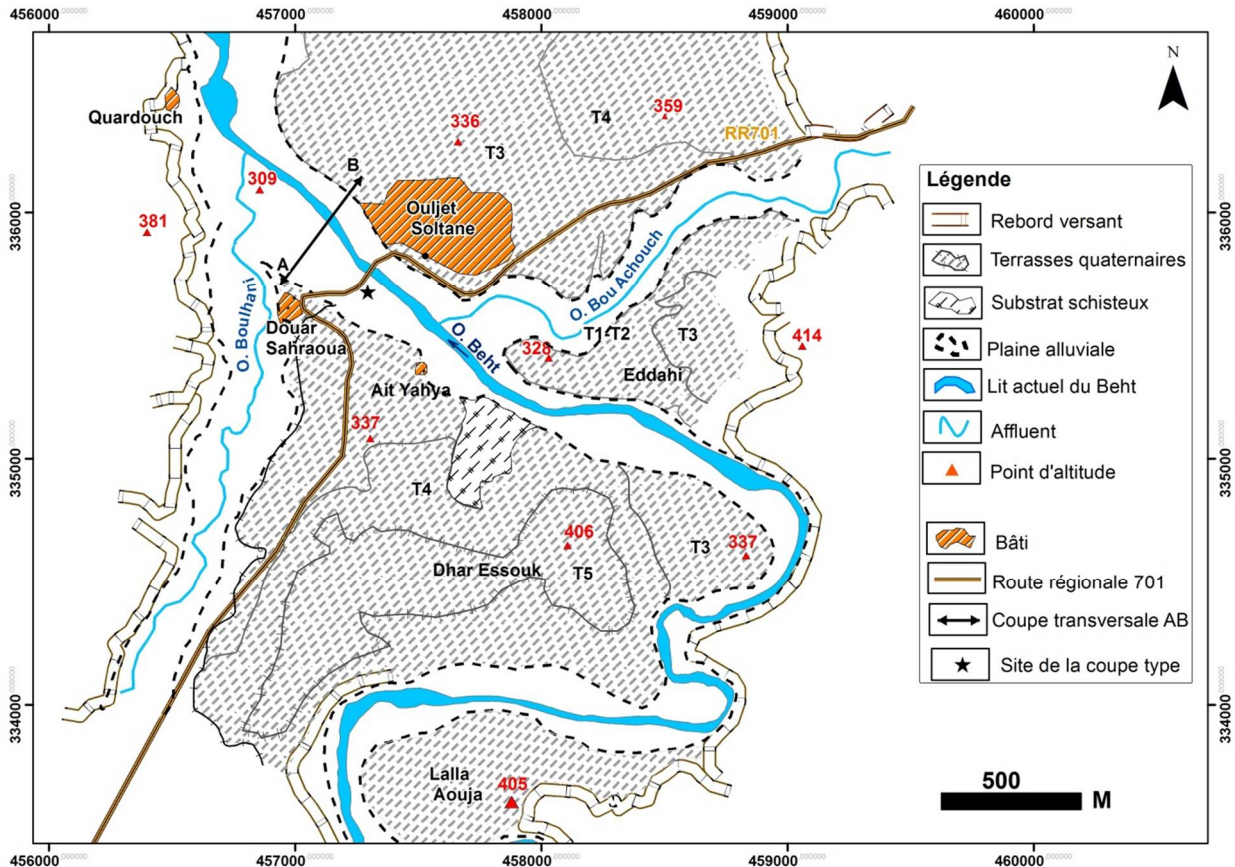


Figure. 4.2. Le fond de vallée du Beht dans le tronçon d'Ouljet Soltane et limites de la plaine alluviale (Schéma inspiré des images Google Earth 5/2/2014)

2.1. Morphologie et remplissage alluvial de la plaine alluviale à Ouljet Soltane

2.1.1. Description morphologique de la plaine alluviale

Notons que la morphologie fluviale du secteur d'Ouljet Soltane est actuellement modifiée par les travaux anthropiques liés à la construction du barrage Ouljet Soltane sur le Beht. Les descriptions faites dans ce chapitre ont été faites avant les transformations du paysage par les travaux du barrage Ouljet Soltane. Nous revenons sur ce sujet relatif à l'anthropisation ultérieurement dans le chapitre 6.

Dans le secteur d'Ouljet Soltane, la plaine alluviale occupe un fond de vallée qui prend la forme d'un couloir plus ou moins étroit, ne dépassant pas 500 m de large, encaissé de 300m environ et disproportionné de l'amont vers l'aval (figures 4.2 et 4.3). Les documents cartographiques, l'image satellitaire, ainsi que les visites du terrain nous ont permis de mettre en évidence la position particulièrement élevée de la plaine alluviale, par rapport au lit actuel. Dans ce tronçon, elle s'est

développée au sein d'une basse terrasse gharbienne, pouvant dominer le lit mineur actuel de l'oued de 1,5 à 4m selon la position au sein du tronçon étudié. En amont du bassin, la plaine alluviale est relativement plus étroite, prenant seulement 200 m de large. Tandis qu'en aval de la confluence avec Oued Bou Achouch, elle s'élargit pour atteindre près de 500 m de large.

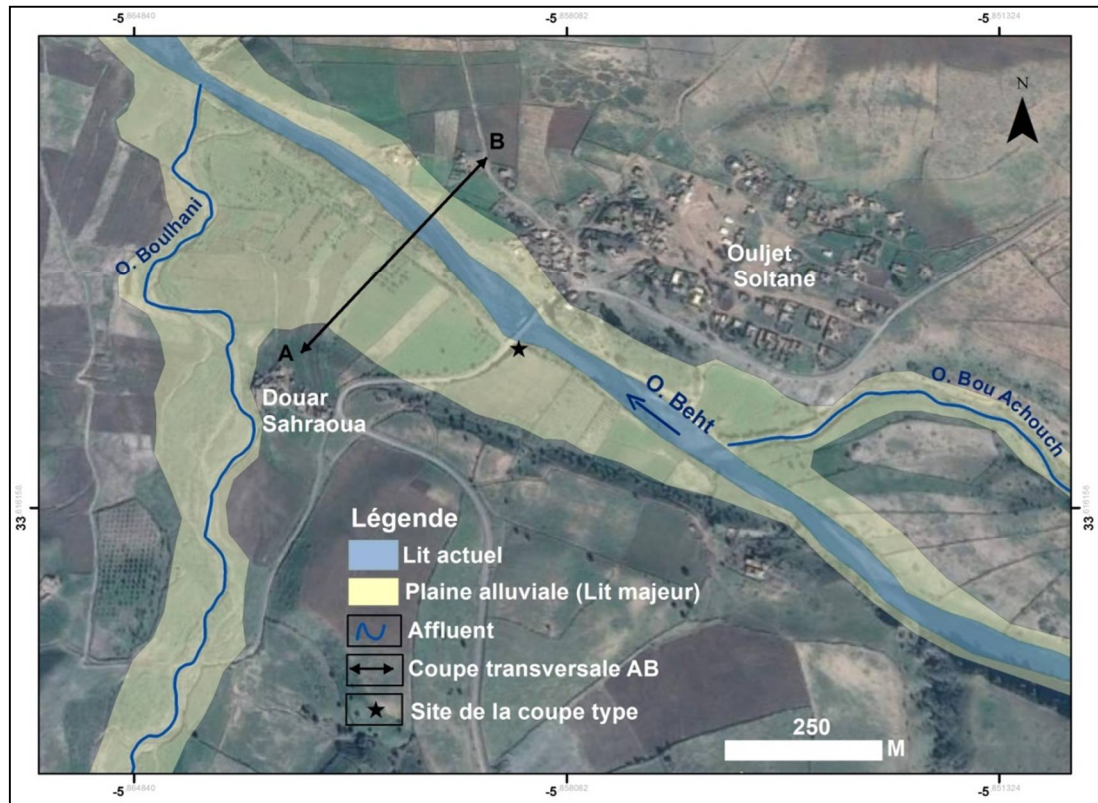


Figure. 4.3. La plaine alluviale du Beht dans le secteur d'Ouljet Soltane : morphologie d'ensemble, extension et localisation des coupes fig. 4.4 et fig. 4.5 (image Google Earth 05/02/2014)

La plaine alluviale à Ouljet Soltane est encadrée au nord-est, à l'est et au sud-ouest par les moyennes et les basses terrasses quaternaires du Beht. Son paysage est interrompu en particulier en rive gauche entre Eddahy et Ait Yahya, à cause de l'affleurement du substratum schisteux, s'étendant sur environ 500 m de long. Au sein de cette plaine alluviale, Le lit de l'oued dessine une série de boucles de méandres divagants dans la partie amont du tronçon au niveau du secteur de Lalla Aouja et Dhar Essouk, il prend une tendance subrectiligne vers l'aval jusqu'au niveau de Douar Quardouch. Partout le long du tronçon on peut distinguer un lit mineur, un lit moyen de divagation et le lit majeur qui correspond à la plaine alluviale proprement dite (ph. 4.1)

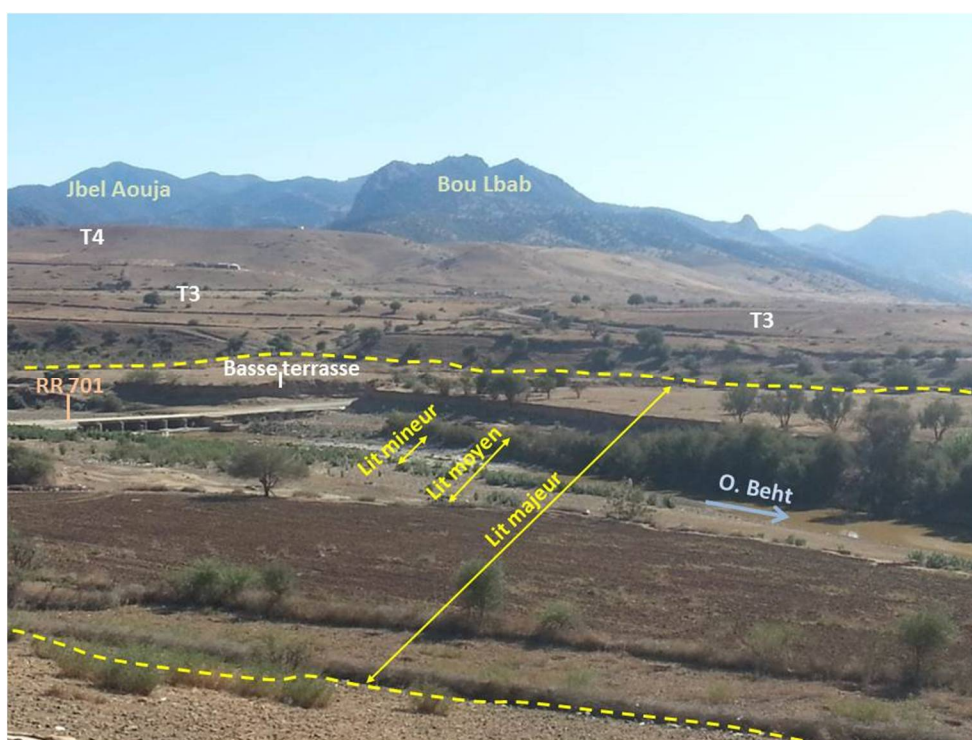


Photo. 4.1. Vue d'ensemble de la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane, en aval du pont de la RR701 montrant le contexte géomorphologique local et les lits mineur et moyen (24/10/2017)

2.1.2. Le remplissage sédimentaire de la plaine alluviale

a). Description générale

Une coupe transversale a été réalisée dans ce tronçon pour montrer la structure du remplissage alluvial de la plaine alluviale (fig. 4.4). Il s'agit d'un dépôt de matériaux globalement grossiers à galets, graviers et matrice sablo-limoneuse, dépassant 3 mètres de puissance et qui reposent sur le substratum schisteux altéré du Paléozoïque. Ces matériaux alluviaux grossiers sont couverts par un recouvrement limoneux épais de plus d'un mètre.

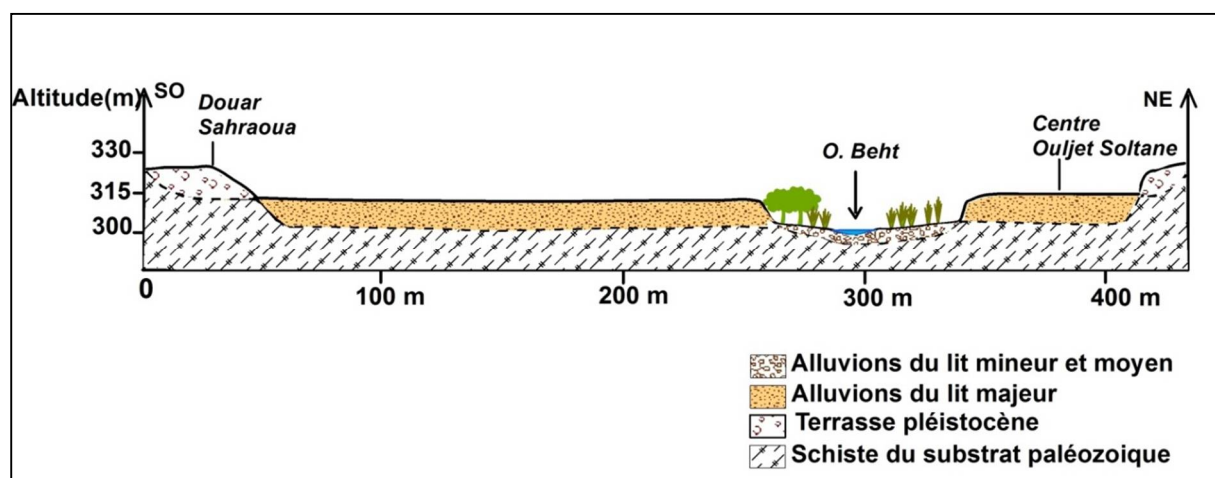


Figure. 4.4. Coupe transversale schématique (AB), montrant l'aspect générale du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale du Beht dans le secteur d'Ouljet Soltane

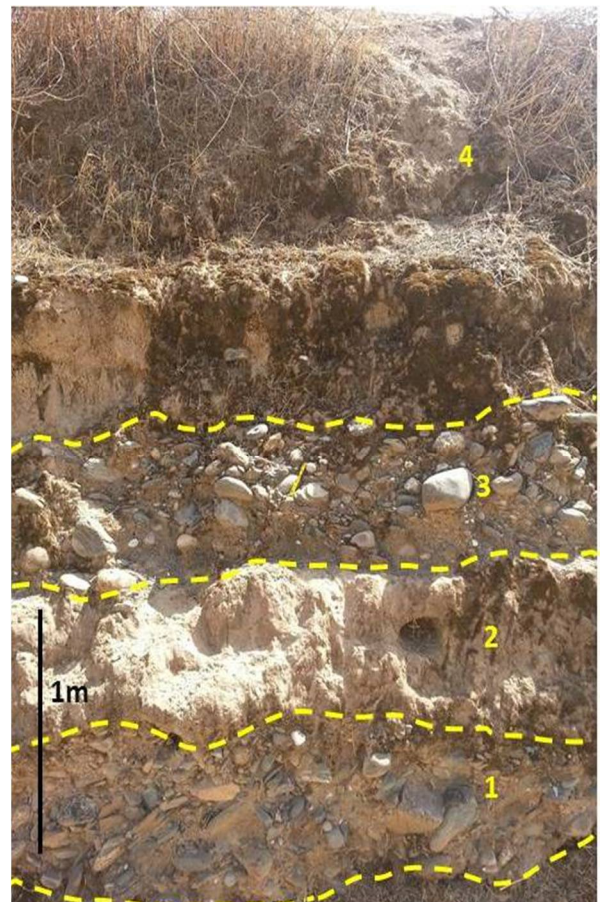
b). Description des faciès sédimentaires

Pour mieux caractériser le remplissage sédimentaire de la plaine alluviale, nous avons étudié une coupe représentative choisie sur la rive gauche de l'Oued Beht, en amont du pont de la RR701 (X= 5°51'31.78"O; Y= 33°37'7.27"N; Z= 310 m). Cette coupe de 3m de puissance, montre la superposition de quatre unités sédimentaires de textures différentes, caractérisées par l'alternance de niveaux fins et d'autres grossiers (ph. 4.2 , fig. 4.5). Après description des faciès, des échantillons ont été prélevés respectivement de la base vers le sommet de la coupe (OS₁, OS₂, OS₃ et OS₄) :

Unité 1: elle correspond à des barres caillouteuses longitudinales riches en galets et graviers, enrobées dans une matrice principalement sableuse ; l'ensemble occupe 40 à 70 cm de l'épaisseur de la coupe. Les dépôts y sont très hétérométriques et présentent une stratification inclinée ou entrecroisée. La majorité des galets sont imbriqués, indiquant la direction sud-est, nord-ouest de l'écoulement. Cette unité montre une couleur gris - clair (7,5YR 7/1, selon la charte de Munsell Soil Color).

Photo .4.2. Aspect général de la coupe-type dans les dépôts de la plaine alluviale à Ouljet Soltane : on observe les sédiments sur 3m de puissance, avec 4 unités (13/5/2015)

- 1 = Faciès grossier à galets
- 2= Faciès fin limono-sableux
- 3= Faciès grossier à galets
- 4= Faciès fin limono-sableux



Coupe - type	Description des faciès	
	Unités sédimentaires	Photo : détail du faciès
	Unité 4 : -Dépôt à fraction fine limono-sableuse -Absence de figures de stratification nette. -Rareté d'éléments graveleux, dispersés. - Matière organique abondante - Code Munsell 7,5YR 6/2 - Echantillon : OS4	 4- Faciès fin limono-sableux
	Unité 3 : -Barre caillouteuse longitudinale riche en sables, galets et graviers -Stratification interne subhorizontale très discrète -Absence d'une orientation préférentielle des galets. - Code Munsell 7,5YR 7/1 - Echantillon : OS3	 3- Faciès grossier à galets
	Unité 2 : -Dépôt à fraction fine limono-sableuse -Absence de stratification bien nette. -Rareté de faciès graveleux - Code Munsell 7,5YR 6/2 - Echantillon : OS2	 2.- Faciès fin limono-sableux
	Unité 1 : -Barre caillouteuse riche en sables, galets et graviers -Stratification interne subhorizontale très discrète -L'orientation préférentielle des galets SE-NO. - code Munsell 7,5YR 7/1 - Echantillon : OS1	 1.- Faciès grossier à galets

Figure. 4.5. Structure et faciès du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale à Ouljet Soltane

Unité 2 : elle succède l'unité 1 et présente une structure et un faciès sédimentaire différents. Il s'agit d'un niveau plus homogène et plus compact représentant environ 80 cm d'épaisseur. Le faciès est en général dominé par la fraction fine ; il est plus homogène et de couleur gris-rosé (Munsell Soil Color : 7,5YR 6/2). La structure sédimentaire est généralement massive, ou avec une stratification interne très discrète.

Unité 3 : il s'agit d'une deuxième accumulation grossière à faciès de barres caillouteuses. Cette unité présente un faciès comparable à celui de l'unité 1. Elle renferme des galets hétérométriques et des graviers, enrobés dans une matrice dont la couleur est gris-clair (Munsell Soil Color : 7,5YR 7/1). Ce dépôt de barre caillouteuse vient interrompre l'unité 2 ce qui confère à la coupe le caractère de cyclicité, reflétant la succession de crues puissantes.

Unité 4 : c'est l'unité sommitale, elle est formée de dépôts fins homogènes, principalement limoneux et de teinte générale gris-rosé (Munsell Soil Color : 7,5YR 6/2). Sa structure est massive, sans figures sédimentaires nettes ; son épaisseur occupe presque le un tiers de l'épaisseur de la coupe ; elle est comprise entre 1,40 et 2m. Cette unité riche en trace de bioturbation des organismes vivants ainsi que de débris végétaux.

c). Granulométrie des unités sédimentaires

Cette étape consiste à analyser les sédiments constituant les différents niveaux de la coupe type. L'analyse repose d'une part sur la granulométrie in situ pour la fraction grossière des galets et d'autre part sur la granulométrie par tamisage des fractions fines (sables), réalisé au laboratoire.

c1). Analyse granulométrique des galets

- Méthode adoptée :

On rappelle que les techniques utilisées pour l'analyse granulométrique des galets sont nombreuses et différentes selon les caractéristiques du dépôt et les auteurs. Par exemple, en 1954 Wolman avait proposé une méthode qui s'appelle « *Wolman Pebble Count* ». Dans le même sens, en 1963 les auteurs J. Tricart et A. Cailleux avaient proposés une méthode rapide et simple, c'est la méthode bien connue de « comptage » des blocs et galets selon leur grand axe L.

Dans notre étude nous avons choisi la méthode de M.G. Wolman (1954). Cette méthode utilise une technique de mesure sur le terrain qui consiste à identifier et délimiter visuellement des surfaces granulométriques homogènes. A partir de ces surfaces, une sélection manuelle des particules est réalisée. Le protocole d'échantillonnage granulométrique adopté pour calibrer le modèle est basé sur la méthode de Wolman (*Wolman walkmethod*) (M.G. Wolman, 1954) utilisée aussi par d'autres chercheurs comme par exemple G.M. Kondolf (1997), K. Bunte et S.R. Abt (2001). Cette méthode est en fait facile à appliquer sur une coupe ; elle est aussi bien adaptée à la

gamme granulométrique concernée (entre 2 et 256 mm). Un minimum de 100 galets a été considéré pour minimiser l'erreur d'échantillonnage. Le pas d'échantillonnage adopté (et préconisé par la méthode) correspond à deux fois l'axe B maximal du faciès échantillonné ; cet axe correspondant à la largeur maximale de la particule considérée comme étant son diamètre (fig. 4.6). Un gabarit de mesure est préparé et sert à mesurer le diamètre des galets suivant l'axe B.

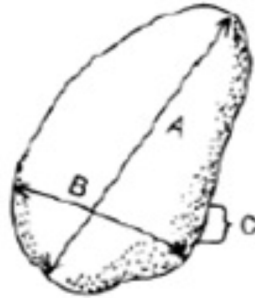


Figure. 4.6. Mesure du diamètre de galet suivant l'axe « B », selon la Méthode de M.G Wolman (1954)

Nous avons appliqué cette méthode sur les galets des deux unités grossières de 1 et 3 de la coupe type étudiée à Ouljet Soltane

- Résultats obtenus :

Les résultats obtenus sont enregistrés au fur et à mesure dans une fiche de terrain avec des classes granulométriques qui vont de 10 mm à 120 mm. Ils sont illustrés graphiquement en histogrammes de fréquence de chaque classe en fonction du diamètre observé en mm (fig. 4.7). Les résultats sont présentés également en courbes cumulatives (fig. 4.8). Ils montrent que, malgré quelques différences, globalement la distribution des galets est comparable dans les deux unités.

Ainsi, pour chaque échantillon nous avons déterminé trois paramètres granulométriques des galets qui sont (tab. 4.1). :

La classe modale qui est la classe ayant la fréquence la plus élevée ; elle est déduite des histogrammes de fréquence ;

La médiane, D50 est déduite de la courbe cumulative ; elle correspond à la dimension dont la fréquence est 50% ;

Le diamètre maximum Dmax est la dimension maximale observée dans la distribution des galets.

Dans les deux cas, les classes modales des distributions des deux unités 1 et 3 montrent un diamètre inférieur ou égale à 40 mm. Leurs pourcentages sont respectivement 39% (l'unité 1) et 48% (l'unité 3). Tandis que le pourcentage des galets à diamètre supérieur à 40mm varie de 61% (unité 1) à 52% (unité 3). L'unité 1 se caractérise donc par un fort apport en galets grossiers.

Quant à la médiane, elle diffère d'une unité à l'autre, puisqu'elle appartient à la classe 40-60mm (unité 1) et >40mm (l'unité 3).

Le diamètre maximum des galets dans l'unité 1 est égale à 145mm, tandis qu'il est de l'ordre de 120 mm dans l'unité 3.

On peut déduire des résultats ci dessus que le dépôt de l'unité 1 est déposé par une crue plus puissante en comparaison avec le dépôt de l'unité 3. Ceci est confirmé par l'étude de la variation de la longueur du plus grand galet observé montrant un maximum de compétence dans l'unité 1.

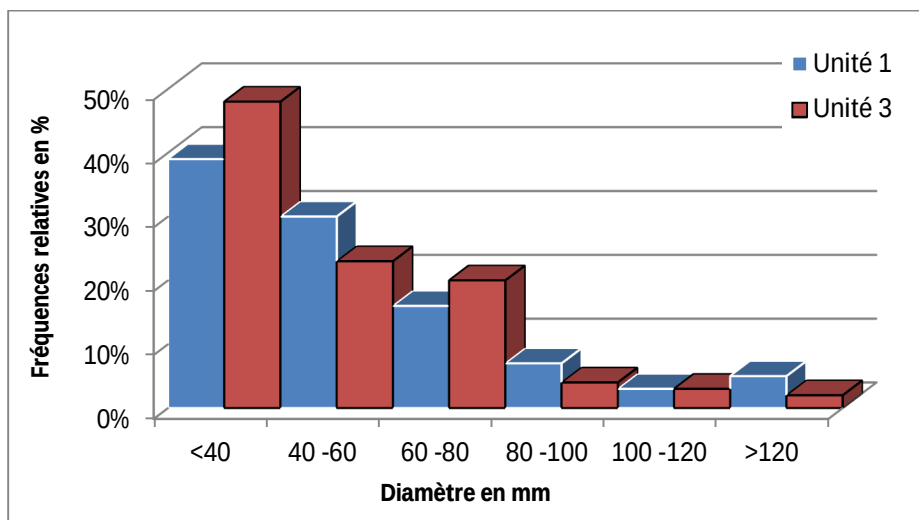


Figure. 4.7. Histogramme des fréquences relatives des galets des unités 1 et 3 de la coupe type à Ouljet Soltane

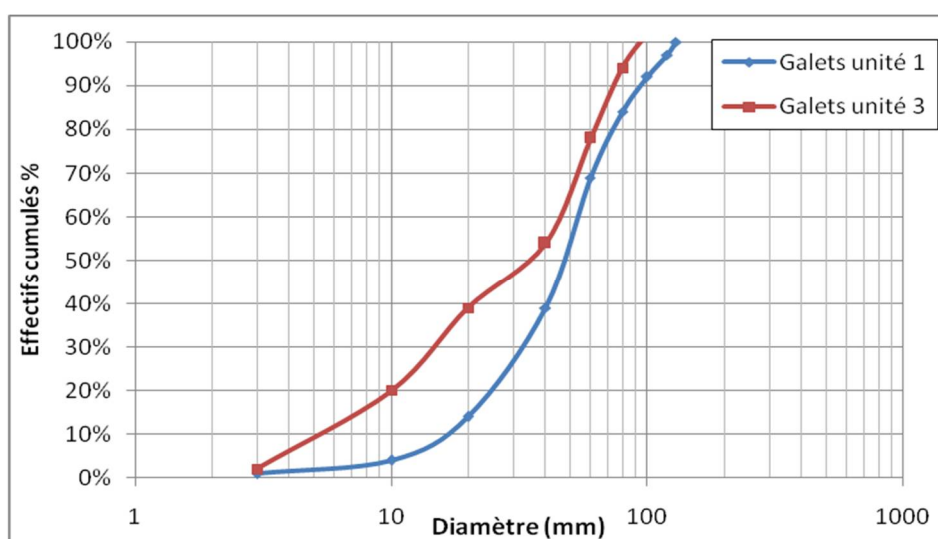


Figure. 4.8. Courbes cumulatives des galets des unités 1 et 3 de la coupe type à Ouljet Soltane

	Unité 1	Unité 3
Mode (mm)	≤40	≤40
Médiane (D50 , en mm)	40-60	<40
Diam. Max (Dmax, en mm)	145	120

Tableau. 4.1. Paramètres granulométriques des galets des unités 1 et 2 de la coupe type à Ouljet Soltane

c2). Analyse granulométrique des sables

- Méthode et techniques utilisées :

Pour compléter la connaissance granulométrique des différentes composantes de la coupe, on s'est intéressé à la fraction fine sableuse. On a appliqué les méthodes classiques de tamisage (colonne Afnor). Les résultats obtenus sont présentés dans un tableau et en courbes cumulées. Des paramètres granulométriques sont calculés en utilisant les formules de R.L. Folk et W.C. Ward (1957) et en s'inspirant des interprétations de S.J. Blott (2004), S. Boggs Junior (2006) et M. Anderson (2007).

L'analyse a concerné quatre échantillons, pris dans différentes unités de la coupe type : respectivement OS₁, OS₂, OS₃ et OS₄, de la base vers le sommet de la coupe. On s'est limité à prendre la fraction qui est inférieure ou égale à 2mm, comprenant les sables, limons et argiles, alors que la fraction de graviers et galets est abandonnée sur place.

Au laboratoire, après avoir préparé, lavé et séché les échantillons sableux, on fait passer le sédiment à travers une série de tamis de la colonne Afnor. Chaque tamis retient une quantité de sédiment appelé refus de tamis. Les valeurs sont par la suite notées dans des feuilles de calcul comportant les mailles des tamis, la masse des refus et le pourcentage des refus cumulés (tab. 4.2). Par la suite, les résultats font l'objet de représentation graphique en forme de courbe cumulative construite sur une échelle semi - logarithmique avec en abscisses la valeur logarithmique des mailles de tamis et en ordonnées arithmétiques le pourcentage des tamisats calculés à partir des refus cumulés.

La courbe cumulative utilise les pourcentages cumulés, elle montre la forme de la distribution des grains de sables et permet de juger du bon ou mauvais tri et classement. Rappelons que G.S. Visser (1969) et M.S. Glaister et H.W. Nelson (1974) avaient toujours suggéré que les environnements de dépôt peuvent être interprétés sur la base des formes des courbes cumulatives granulométriques. Pour les sédiments fluviaux, ces courbes affichent généralement 2 ou 3 segments de droite plutôt qu'une seule ligne droite. Chaque segment représente différentes sous-populations de grains qui ont été transportées simultanément mais par différents modes de transport. Dans le même sens la pente de la partie centrale de la courbe cumulative reflète le tri des échantillons. Une pente très raide indique un bon tri et une pente très douce indique un mauvais tri.

Les courbes permettent aussi de calculer graphiquement les paramètres de position et de dispersion, en se basant par exemple sur les quartiles (Q1, Q2 ou médiane, et Q3). Ces derniers vont servir dans le calcul des paramètres et indices granulométriques, tels l'indice de classement de Trask S₀, l'indice d'asymétrie SK. Par conséquent, la taille et le tri ou le classement des sédiments peuvent refléter les mécanismes de sédimentation et les conditions du dépôt le mode de dépôt.

- Résultats obtenus :

Les résultats bruts obtenus sont présentés dans le tableau 4.2. On constate qu'il y a une grande concordance entre les sables des échantillons 2 et 4, qui sont issus des unités fines ; alors que les échantillons 1 et 3 des unités grossières sont discordants. On remarque que la distribution granulométrique des sables (grossier, moyen et fin) est très voisine pour les échantillons OS2 et OS4, en comparaison avec celle enregistrée en OS1 et OS3. Graphiquement ces ressemblances et légères différences sont traduites par les formes des courbes cumulatives des quatre échantillons (fig. 4.9).

	OS1		OS2		OS3		OS4	
Tamis (mm)	Masse de refus cumulé(g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé (g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé (g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé (g)	Refus cumulé%
2,00	15,4	7,9	4,1	2,7	33,04	13,2	4,2	2,5
1,25	41,15	21,1	7,65	5,1	101,23	40,3	10,2	6,1
1,00	51,9	26,6	11,8	7,8	154,87	51,6	14,2	8,5
0,63	74,7	38,3	26,8	17,7	177,05	70,5	28,9	17,2
0,50	85,9	44,0	35,9	23,7	191,95	76,5	37,9	22,6
0,32	116,5	59,7	67,8	44,9	217,45	86,6	78,0	46,4
0,16	149,8	76,8	116,0	76,8	240,5	95,8	128,0	76,2
0,08	194,7	100	150,8	100	250	100	167,5	100

Tableau. 4.2. Distribution granulométrique des sables dans les quatre unités de la coupe type à Ouljet Soltane

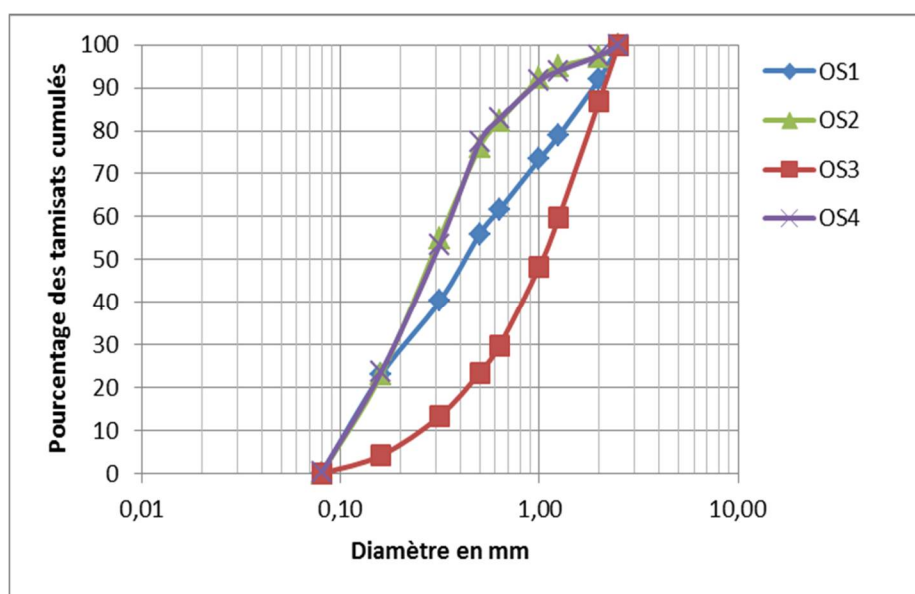


Figure. 4.9. Courbes cumulatives de la fraction sableuse des quatre échantillons de la coupe type étudiée dans la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane

La forme des courbes montre que les échantillons des unités fines présentent un bon tri par comparaison aux deux échantillons pris dans les unités grossières 1 et 4. Ces courbes cumulatives ont permis aussi de déterminer les quartiles et par la suite calculer les indices de classement S_0 et d'asymétrie SK (tab. 4.3). Pour faciliter la comparaison des interprétations on donne dans le tableau.4.4 la signification des valeurs de ces deux indices.

Paramètres granulométriques	OS₁	OS₂	OS₃	OS₄
Q1	0,19	0,15	0,4	0,13
Q2 (D50)	0,42	0,3	1,15	0,3
Q3	1,02	0,45	1,85	0,47
Indice de classement S_0	2,31	1,73	2,15	1,90
Indice d'asymétrie SK	1,09	0,75	0,56	0,67

Tableau. 4.3. Valeurs des quartiles et indices granulométriques des quatre échantillons analysés

valeur de l'indice de classement S_0	Degré de classement
$S_0 < 0,5$	Extrêmement bien classé
$0,5 < S_0 < 1$	Très bien classé
$1 < S_0 < 2,5$	Bien classé
$2,5 < S_0 < 3$	Normalement classé
$3 < S_0 < 4$	Faiblement classé
$4 < S_0$	Très mal classé
Valeur de l'Indice d'asymétrie Sk	Signification
$SK < 1$	Négative : meilleur classement des particules fines
$SK = 1$	Symétrie : courant régulier, autant de grossier que de fin
$SK > 1$	Positive : Meilleur classement des particules grossières

Tableau. 4.4. Signification des valeurs de l'indice S_0 et de classement SK

Selon ces résultats, l'unité 3 renferme des sables plus grossiers puisque la médiane Q2 (D50) est de 1,15 mm pour l'échantillon OS₃, elle est de l'ordre de 0,42 mm pour l'unité basale grossière OS₁, les deux autres échantillons ont la même valeur de 0,3 mm (OS₄) et (OS₂). On remarque la même tendance concernant le quartile Q1 qui représente 25% de l'échantillon, il montre des valeurs relativement voisines pour les échantillons OS₁, OS₂ et OS₄ avec respectivement 0,19 mm, 0,15 mm et 0,13 mm. Alors que le quartile Q1 de l'unité 3 est fort différent des trois échantillons dont la valeur est égale à 0,45 mm. Le troisième quartile Q3 présente des valeurs qui diffèrent selon les échantillons avec 1,85 mm à OS₃, suivie de 1,02mm

pour l'échantillon OS₁, alors que les échantillons OS₂ et OS₄ prennent des valeurs très proches et faible, avec respectivement 0,45 mm et 0,47 mm.

Les quatre échantillons OS₁, OS₂, OS₃ et OS₄ sont bien classés puisque l'indice de Trask S_0 montre une valeur inférieure à 2,5. L'indice d'asymétrie SK prend une valeur positive pour les sables de l'unité OS₁ dont la valeur est inférieure à 1, ce qui indique un meilleur classement des particules fines. Quant aux trois autres échantillons, l'indice d'asymétrie calculé donne des valeurs supérieures à 1, ce qui renseigne sur le meilleur classement des particules grossières. On peut donc en déduire que les sables fluviaux étudiés sont bien classés dans l'ensemble des unités de la coupe type étudié.

d). Interprétation des données granulométriques

Les résultats granulométrique obtenus montrent que les unités étudiées sont constituées de sédiments fluviaux rythmiques et généralement bien classés. Les unités grossières 1 et 3 représentent des apports de crues fluviales déposés dans le chenal ou dans la barre d'accrétion latérale. La grossièreté de ces sédiments est logique en égard de la pente et de la situation du bassin d'Ouljet Soltane dans la partie amont du bassin versant du Beht. Les unités limono-sableuses qui viennent au dessus des précédentes sont également bien classées ; elles résultent probablement de sédimentation graduée, hors du chenal, liée aux décrues après des phases d'inondation.

2.2. Caractéristiques morphosédimentaires du lit fluvial

2.2.1. Morphologie générale du lit fluvial

Généralement, la plaine alluviale dans le secteur d'Ouljet Soltane comporte un seul chenal sinueux et divagant, évoluant dans un lit fluvial qui décrit une succession de méandres, notamment dans la partie amont du bassin d'Ouljet Soltane. Il prend ensuite une tendance sub- rectiligne jusqu'à douar Quardouch (fig. 4.10). Dans ce lit on peut différencier un lit mineur continu et bien distinct, qui est parcouru par l'écoulement ordinaire et permanent et un lit moyen, qui est souvent discontinu et n'apparaît que par endroit (figures 4.10 et 4.11, ph. 4.3). Le lit moyen est relativement bien développé au niveau des convexités des méandres et surtout dans les zones situées en aval des confluences avec les affluents.

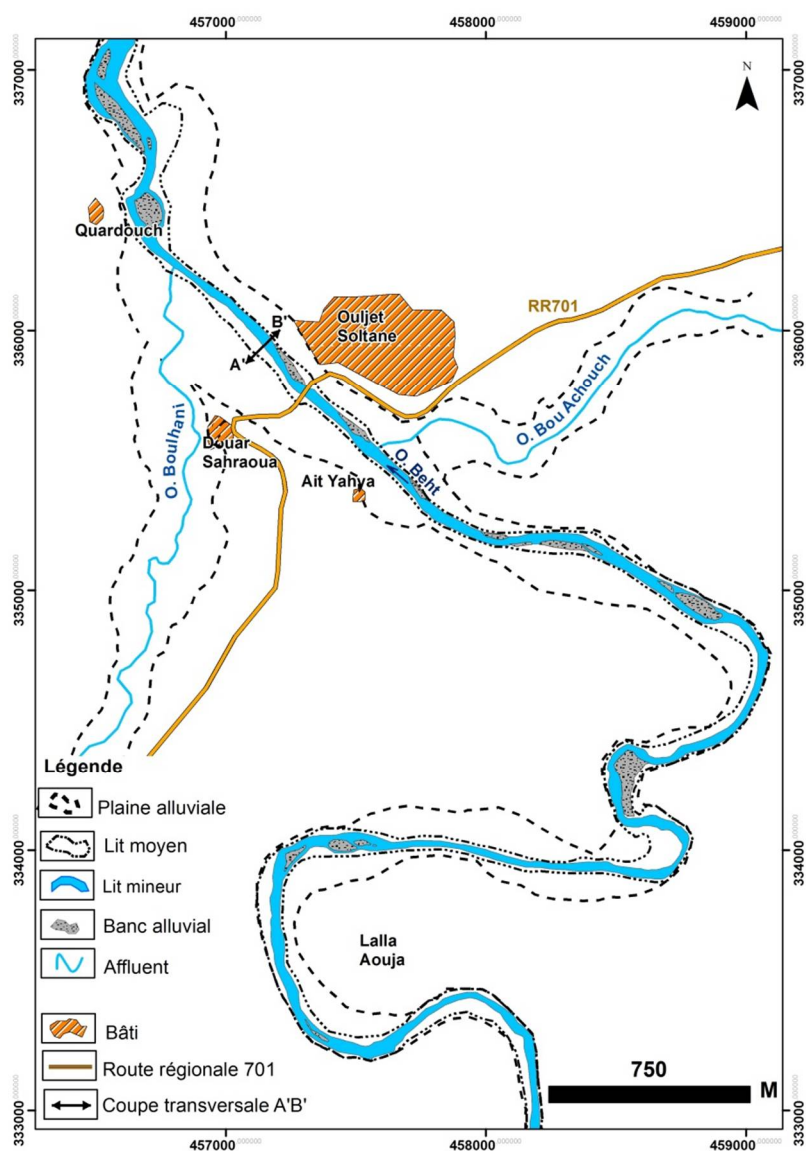


Figure. 4.10. Les lits mineur et moyen du Beht à Ouljet Soltane

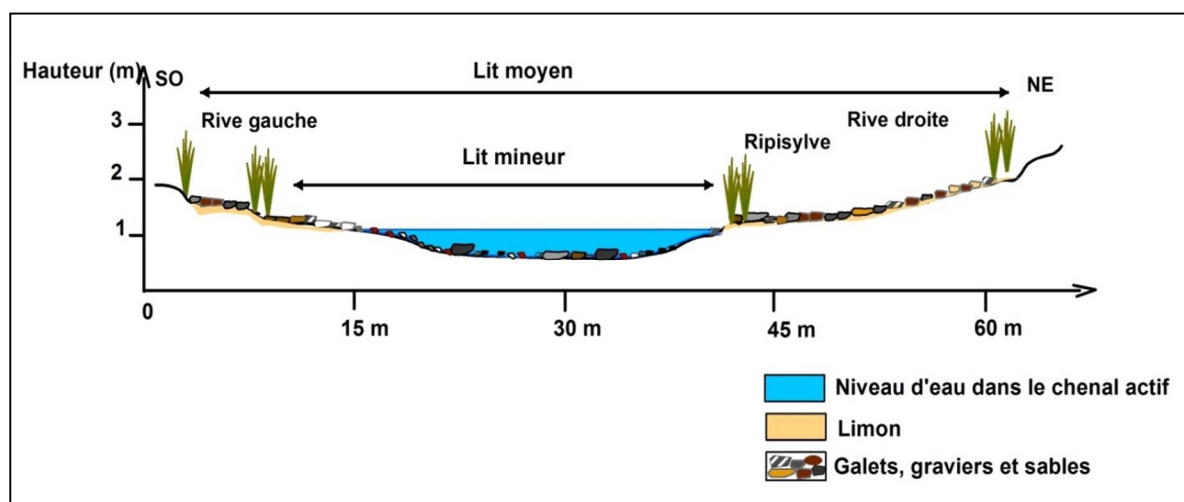


Figure. 4.11. Détail du profil en travers (A'B') schématique des lits moyen et mineur à Ouljet Soltane

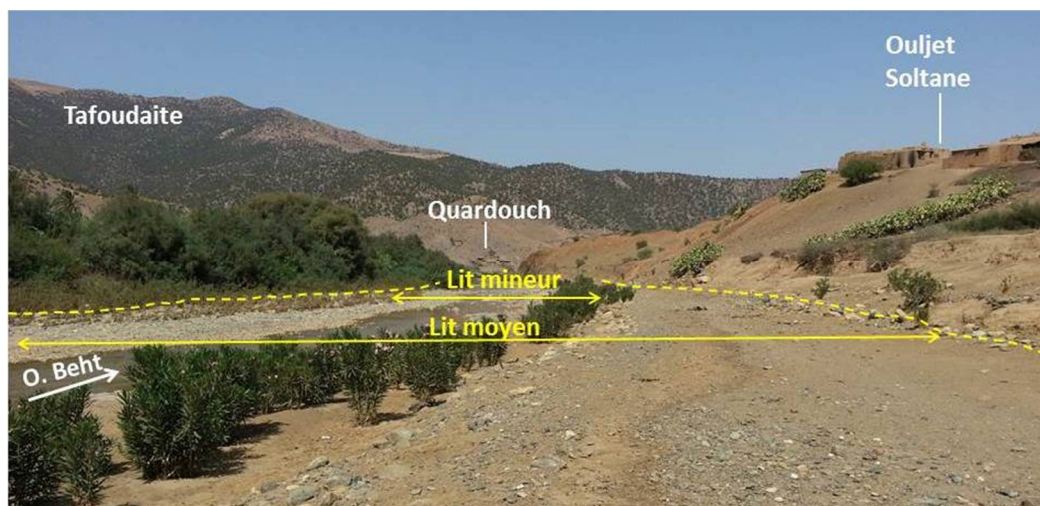


Photo.4.3. Lits mineur et moyen du Beht à Ouljet Soltane (13/9/2017)

2.2.2. Caractéristiques morphosédimentaires du lit moyen

Rappelons que par définition, le lit moyen est la partie du lit fluvial parcourue par les écoulements moyens du cours d'eau, c'est-à-dire aux débits de fréquence moyenne (A. Taous, 2005). Pour J-P. Bravard et al. (1986), c'est la partie du lit mise en eau pour des débits compris entre le module et la crue de pleins bords. Il peut comporter des bancs alluviaux peu ou pas végétalisés, remaniés et rajeunis par des événements hydrologiques de fréquence moyenne à forte, entre la crue annuelle et la crue quinquennale. Il est considéré comme étant une bande active, associée au lit mineur et qui est une zone de stockage temporaire de la charge alluviale de fond en transit lors des crues.

Dans le cas du Beht à Ouljet Soltane, le lit moyen est caractérisé par sa discontinuité et sa dissymétrie sur les deux rives du lit mineur ; il est bien développé en particulier en aval des confluences, où il est relativement étendu (fig. 4.11, ph. 4.3). Son tracé est bien individualisé et s'organise en zones bien distinctes, séparant le lit mineur du lit majeur. Il se développe particulièrement bien sur la rive droite en aval du pont d'Ouljet Soltane (RR701). Sa largeur varie entre 25 et 50 m, mais son extension n'est pas la même de part et d'autre du lit mineur : entre 20 m et 40 m en rive droite et entre 5 et 10 m en rive gauche.

Le lit moyen, quand il est bien individualisé, domine le lit mineur par une pente ou par un talus à pente douce d'environ 18 degrés et haut de 70 cm. Il est bordé quant à lui, par des berges de faible pente, colonisées par endroit par une ripisylve à Laurier rose. Les sédiments qui le composent rassemblent une fraction grossière, où dominent les galets et les graviers de différentes tailles, en plus des sables et des limons, comme matrice.

Nous avons effectué l'analyse granulométrique des galets du lit moyen en se basant sur la méthode de Wolman. Les résultats obtenus (fig. 4.12) montrent que le mode de la distribution

correspond à la classe comprise entre 40 et 60 mm de diamètre, représentée à 35% des 100 galets étudiés. Quant à la médiane déduite de la courbe cumulative (fig. 4.13), elle présente une valeur égale à 35 mm. Le diamètre maximum (Dmax) est mesuré sur le terrain, il atteint 130 mm. La forme de la courbe montre qu'il s'agit d'une distribution bien triée.

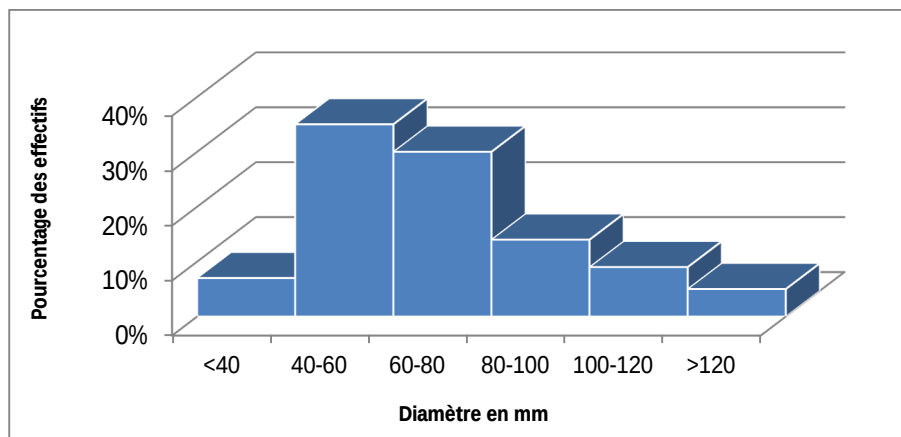


Figure. 4.12. Histogramme de fréquences relatives des dimensions des galets du lit moyen à Ouljet Soltane

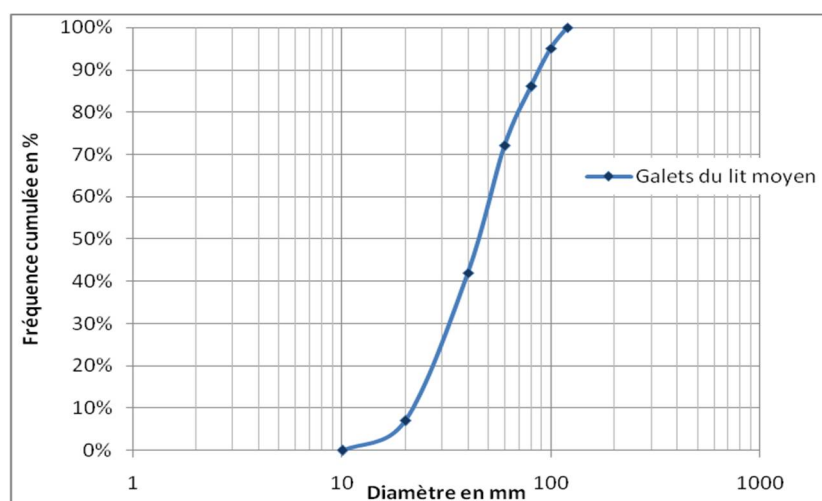


Figure. 4.13. Courbe cumulative des galets du lit moyen à Ouljet Soltane

2.2.3. Caractéristiques morphosédimentaires du lit mineur à Ouljet Soltane

a). Morphologie du lit mineur

Le lit mineur du Beht à Ouljet Soltane se présente, sur environ 9,5 km de long, en un chenal unique sinueux ($I_s=1,40$) et divaguant. Il s'agit d'un lit permanent bien individualisé, plus ou moins encaissé et délimité par des berges nettes à ripisylve. Sa morphologie est caractérisée par l'alternance de seuils et de mouilles et des bancs alluviaux grossiers (ou barres) de rive convexe bien développés (fig 4.10 et pl. ph. 4.1). D'autres formes de bancs alluviaux longitudinaux ou

latéraux peuvent être distinguées dans le lit mineur. La profondeur du lit varie transversalement et longitudinalement, avec l'alternance de sections relativement profondes et de sections peu profondes. Là où le lit est profond, il peut atteindre jusqu'à 3 m de profondeur, mesurée au pied des concavités qui correspondent à l'emplacement des mouilles. Alors que la profondeur du chenal ne dépasse pas 30 cm, en contrebas du lit moyen, au niveau des seuils et au niveau des endroits où affleure parfois le substratum schisteux.

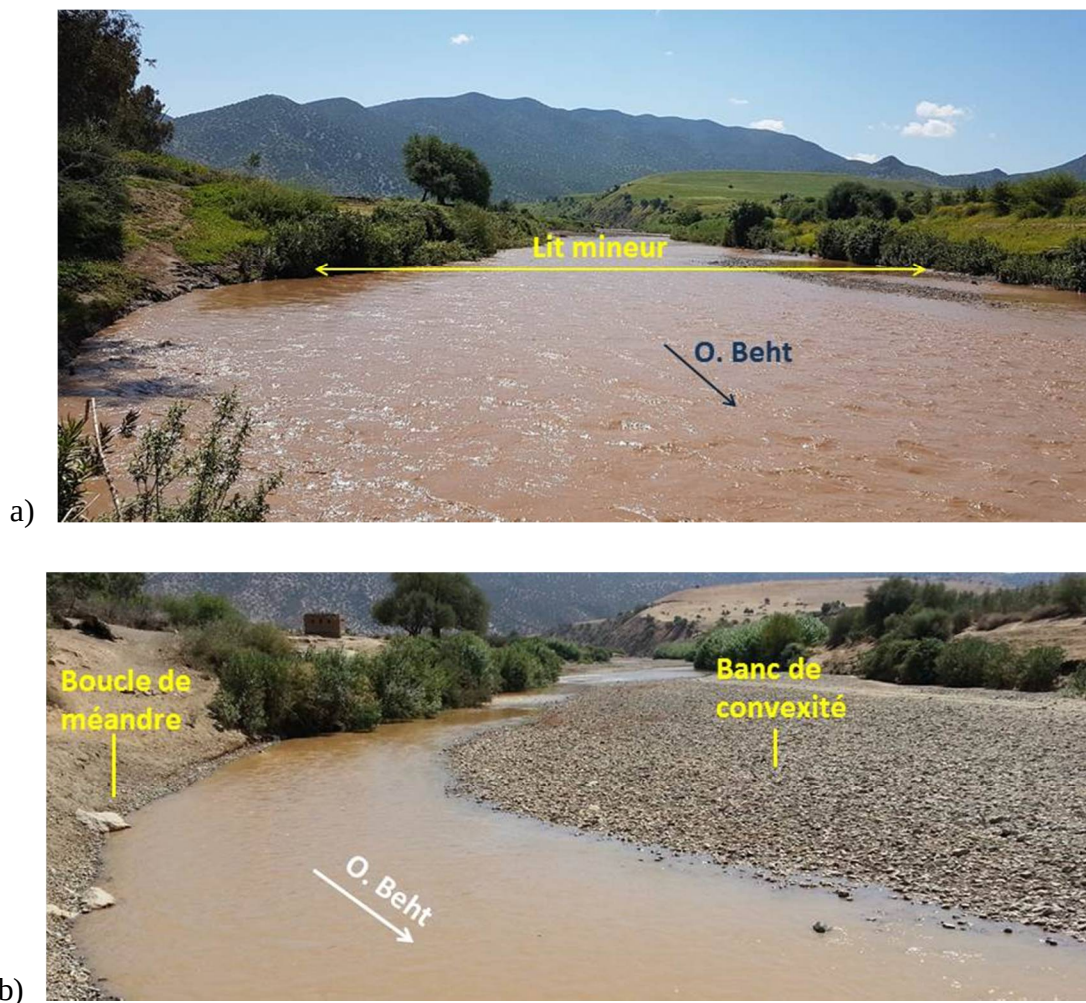


Planche Photos. 4.1. Lit mineur du Beht : a - Lors d'une crue à plein bords en aval de Ouljet Soltane (27/4/2018) et b.- en période de basses eaux, en amont de Ouljet Soltane (15/9/2017).

D'après les mesures effectuées sur le terrain (tab. 4.5), la largeur du lit mineur atteint en moyenne 35 m ; mais elle varie considérablement puisqu'elle peut atteindre une valeur maximale de l'ordre de 70 m, surtout en aval des confluences avec les affluents (exemples des confluences avec Oued Bou Achouch et Oued Boulhani). Tandis que la largeur minimale ne dépassant pas 22 m. La pente longitudinale du cours d'eau est d'environ 7,36 m/km. Cette variable joue un grand rôle dans le fonctionnement géomorphologique, puisque couplée au débit, elle fournit au cours d'eau l'énergie lui permettant d'évacuer sa charge sédimentaire, d'éroder ses berges et le fond de son lit.

Des bancs alluviaux grossiers, souvent latéraux, de convexité, mais aussi longitudinaux et parfois transversaux marquent la morphologie du lit mineur. Ils se sont déposés lors des crues, dès la diminution de la compétence du courant.

Longueur dans le tronçon	Longueur réelle	9,39 km
	Longueur suivant l'axe principal du cours d'eau	6,70 km
	Pente longitudinale	7,36 m/km
Sinuosité	Indice de sinuosité	1.40
Largeur	Valeur maximale	70 m
	Valeur minimale	22 m
	Valeur moyenne	35 m
Profondeur	Valeur maximale	3m
	Valeur minimale	0,3m

Tableau. 4.5. Caractéristiques générales du lit mineur dans le tronçon d'Ouljet Soltane (pour les longueurs et la sinuosité les mesures effectuées sur image Google Earth, 05/02/2014)

Les visites du terrain en période d'étiage nous ont permis de mieux discerner les composantes du fond du lit mineur. Généralement le fond du lit est grossier, comportant des galets, des graviers et des sables (pl. ph. 4.2.a). Mais, par endroit, on a pu observer l'affleurement du substratum schisteux paléozoïque, comme c'est particulièrement observable en aval du pont d'Ouljet Soltane (pl. ph. 4.2.b).



a.- Fond du lit mineur à galet et graviers (15/9/2017)



b.- Affleurement du substratum schisteux au fond du lit mineur (cas observé en aval du pont RR701) (13/9/2017)

Planche photos. 4.2. Aspect du fond du lit mineur à Ouljet Soltane

b). Caractéristiques des méandres

La morphométrie des méandres consiste à l'étude et l'analyse de la géométrie des sinuosités, en déterminant leurs principaux paramètres morphométriques qui sont : la longueur d'onde λ , l'amplitude A et le rayon de courbure RC (fig. 4.14).

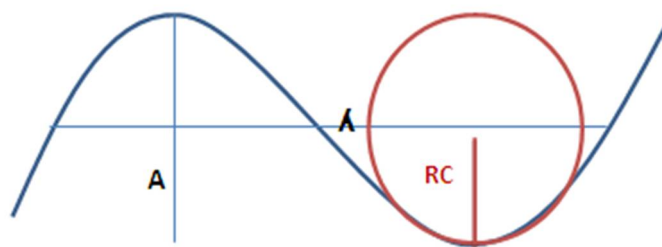


Figure. 4.14. Les paramètres morphométriques des méandres (inspiré de M.J. Selby, 1985)

λ = la longueur d'onde, A = l'amplitude, R_c = le rayon de courbure

L'étude morphométrique est appliquée pour le chenal sinueux et divaguant du Beht qui montre, comme on l'a décrit précédemment (fig. 4.10) une succession de méandres qui se sont développés principalement dans la partie amont du bassin d'Ouljet Soltane. L'étude a porté sur le tracé en plan du chenal obtenu à partir des images satellitaires. Les résultats de notre analyse sont portés dans le tableau 4.6. Ils montrent que la valeur maximale de la longueur d'onde atteint 865 m, alors que sa valeur minimale est de l'ordre de 238 m, et la valeur moyenne est égale à 527 m. en fait, la longueur d'onde maximale correspond à la première boucle de méandre façonné au pied de la zone de Lalla Aouja, dans la partie amont de la cuvette d'Ouljet Soltane.

Longueur et sinuosité du cours d'eau	Longueur réelle	9,39 km
	Longueur suivant l'axe principal du cours d'eau	6,70 km
Sinuosité	Indice de sinuosité	1.40
Pente	Pente longitudinale	7,36 m/km
Largeur du lit mineur	valeur maximale	70 m
	valeur minimale	22 m
	valeur moyenne	35 m
Longueur d'onde	valeur maximale	865m
	valeur minimale	238 m
	valeur moyenne	527 m
Amplitude	valeur maximale	1267 m
	valeur minimale	219 m
	valeur moyenne	574 m
Rayon de courbure	valeur maximale	836 m
	valeur minimale	238 m
	valeur moyenne	461 m

Tableau. 4.6. Caractéristiques morphométriques du lit mineur du Beht et des méandres dans le tronçon d'Ouljet Soltane

En ce qui concerne, l'amplitude des méandres, elle se mesure généralement entre deux sommets de sinuosités de phase opposée. Une valeur moyenne est calculée dans un tronçon homogène en traçant l'enveloppe externe de méandrage et une perpendiculaire pour obtenir une valeur moyenne correcte (J.R. Malavoi et J.P. Bravard, 2010). L'amplitude maximale obtenue est

égale à 1267 m, tandis que sa valeur minimale est de 219 m. L'amplitude moyenne des sinuosités est de l'ordre de 574 m. L'amplitude maximale est enregistrée au niveau de la première sinuosité développée dans la partie amont du bassin d'Ouljet Soltane. Alors que la valeur minimale convient à un méandre peu évolué, façonné en aval du pont de la RR701.

Le rayon de courbure se mesure en faisant passer un cercle par les deux points d'inflexion d'une sinuosité complète, ou en ajustant l'arc du cercle à la forme la plus proche de la sinuosité si le méandre est tortueux. De préférence on calcule une moyenne par tronçon homogène (J.R. Malavoi, J.P. Bravard, *ibid*).

Les valeurs maximale, minimale et moyenne du rayon de courbure sont égales respectivement à 836 m, 238 m et 461 m. La valeur maximale est enregistrée en amont du bassin au niveau de la première sinuosité façonnée dans le fond de la vallée au voisinage de Lalla Aouja.

c).- Caractéristiques des seuils et les mouilles

On rappelle que les seuils et les mouilles sont des formes fluviales caractérisant les chenaux sinueux et à méandres. Les seuils sont des zones plus élevées dans le chenal par rapport aux mouilles ; le flux du courant y est divergent ce qui provoque une sédimentation grossière au moment des crues. Au moment des basses eaux, les seuils, avec des pentes fortes, se comportent comme des déversoirs (A. Taous, 2005).

Les mouilles sont des dépressions creusées lors des fortes crues ; le flux du courant y converge ce qui favorise leur creusement au moment des crues. En période de fin de crue, les mouilles, avec leur faible pente, sont des espaces d'eau calme, avec sédimentation essentiellement fine issue du lavage des seuils. En période des hautes eaux, le flux tend à uniformiser la pente du lit fluvial, ce qui provoque des déplacements importants de matériel, mais aussi des changements dans la configuration morphologique du lit (modification dans les dimensions et le positionnement des seuils et des mouilles).

Dans le cas du Beht à Ouljet Soltane le chenal montre une succession de seuils et de mouilles ; leur spatialisation est basée sur l'analyse des images Google Earth de la mission 29/12/2016. La figure 4.15 en donne une illustration. Les seuils observés s'étendent sur des longueurs variables de 69 à 102 m et ont des largeurs variant de 9 à 23 m. L'espacement entre seuils successifs est variable, pouvant atteindre 240 m environ (ph. 4.4). Les mouilles, ont des longueurs pouvant atteindre 180 m ; leur largeur varie entre 29 et 40 m. La portion la plus profonde des mouilles atteint 3 m de profondeur. Les vitesses d'écoulement moyennes en surface sont faibles et relativement homogènes dans la mouille, c'est pourquoi elles sont le siège d'une sédimentation principalement aux moments des basses eaux.



Figure. 4.15. Le lit mineur et alternance de mouilles et de seuils à Ouljet Soltane (image Google Earth, 29/12/2016)

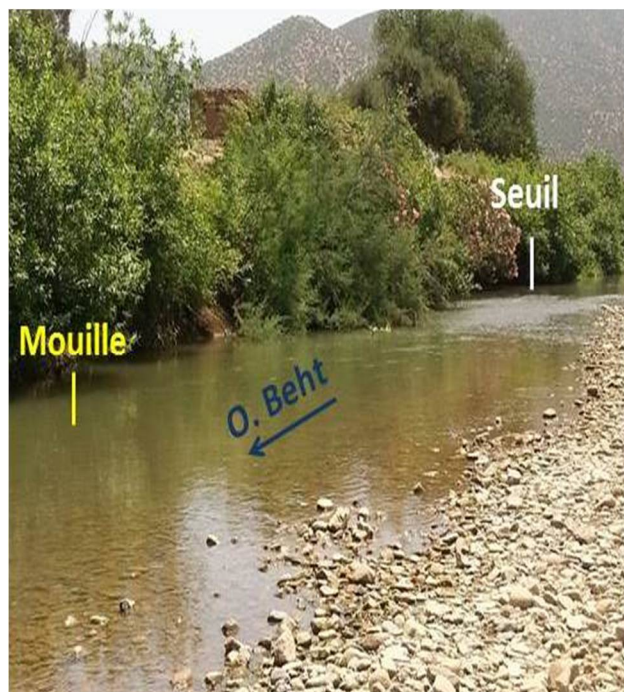


Photo. 4.4. Exemple de succession seuil-mouille à Ouljet Soltane, en aval de Ait Yahya (13/5/2015)

d). Caractéristiques du matériel alluvial

Comme nous l'avons précisé auparavant, le lit mineur comporte majoritairement des alluvions grossières à galets et graviers et sables ; ces derniers s'organisent souvent en barres de convexité, latérales mais parfois longitudinales et transversales. Des sédiments grossiers déposés dans le chenal sont aussi observés. Les seuils sont tapissés d'alluvions plus grossières où dominent galets et blocs. Dans les mouilles se déposent les sédiments plus fins, sablo-limoneux issus de lavage des barres.

Pour connaître la nature des galets, on a effectué une étude pétrographique simplifiée sur 100 galets ayant un diamètre compris entre 40 et 60 mm. 58% des galets correspondent à des schistes, 37% à des grès et 5% à des quartzites. De ce fait, on a constaté que la majeure partie des galets ont une source locale, puisqu'ils proviennent du substratum schisteux qui supporte les plateaux de Tassaft-El Haj et Telt.

Dans l'objectif d'avoir une idée sur la granulométrie des galets qui sont les principaux constituants des bancs alluviaux, nous avons appliqué la méthode de Wolman sur trois bancs alluviaux :

- Le premier banc situé en rive droite juste en aval de la confluence de l'Oued Bou Achouche avec Oued Beht,
- Le deuxième banc est situé plus en aval, dans la rive gauche en amont du pont d'Ouljet Soltane,
- Le troisième banc est placé en aval du pont, en rive droite,

Les résultats obtenus sont présentés sur les figures 4.16 et 4.17. Les histogrammes montrent à peu près les mêmes formes, avec des modes appartenant aux classes 40-60 et 60-80 mm, représentant selon les cas 32% à 43% des galets de l'échantillon étudié.

Les courbes cumulatives montrent des sédiments bien triés. Les médianes ont des valeurs variables entre 52 et 70 mm de diamètre ; alors que la dimension maximum varie de 120 et 160mm (tab. 4.7).

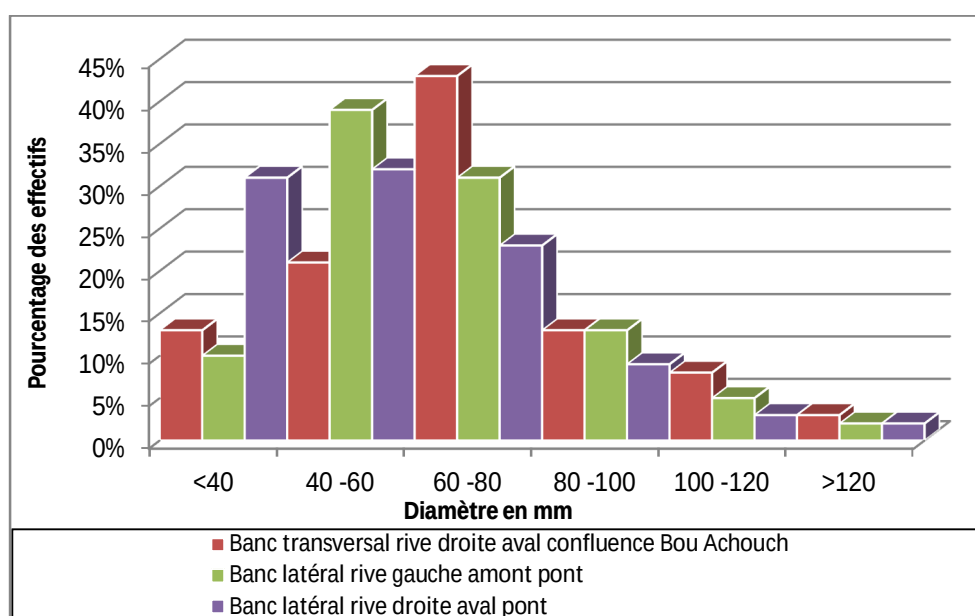


Figure. 4.16. Granulométrie des galets des bancs alluviaux de lit mineur à Ouljet Soltane

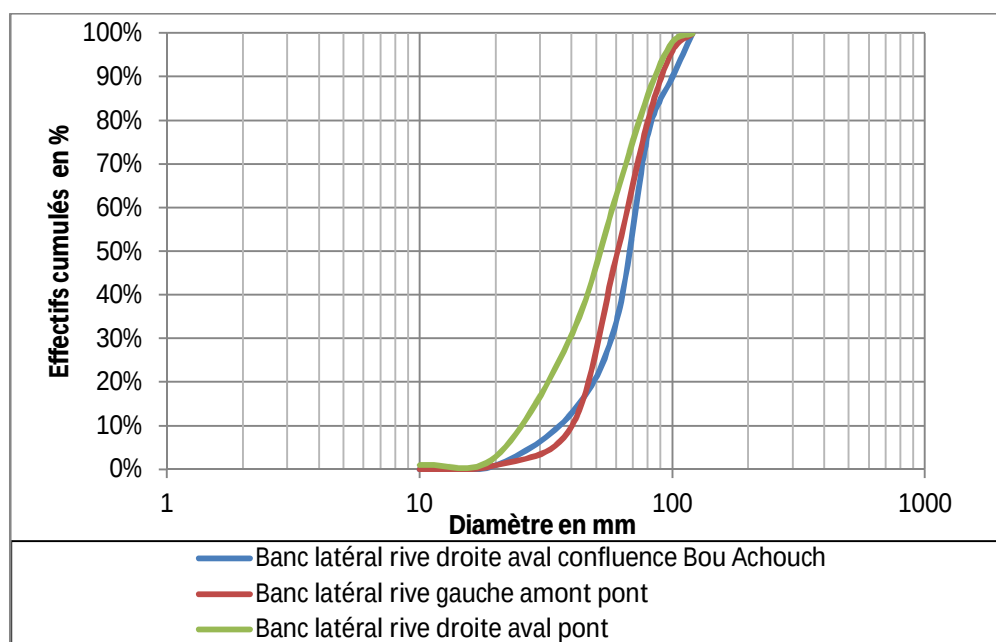


Figure. 4.17. Courbes cumulatives des galets des bancs alluviaux de lit mineur à Ouljet Soltane

Paramètre granulométrique	Banc 1, transversal : aval confluence Oued Bou Achouch	Banc 2, latéral : rive gauche, amont pont	Banc 3, latéral : rive droite, aval pont
Mode (mm)	60-80	40-60	40-60
Médiane (D50)	70	60	52
Dmax (mm)	160	130	120

Tableau. 4.7. Paramètres granulométriques des galets des trois bancs alluviaux analysés à Ouljet Soltane

e)-. Analyse granulométrique des sables

L'analyse granulométrique des sables du lit mineur du Beht a été réalisée sur des sables prélevés d'une mouille (OS5) et d'un seuil (OS6). Les résultats obtenus sont donnés dans les tableaux 4.8 et 4.9 et la figure 4.18.

-l'analyse granulométrique des sables de la mouille donne une médiane de 0,14 mm, le premier quartile est égal à 0,12 mm et le troisième à 0,20 mm. Le calcul de l'indice de classement donne une valeur égale à 1,29 ce qui signifie des sables bien classés. L'indice d'asymétrie est égal à 1,22 il est qualifié comme positif et donc on a une symétrie, avec autant de grossier que de fin.

-l'analyse granulométrique des sables du seuil donne une médiane égale à 0,82 mm. Le premier et le troisième quartiles sont respectivement égaux à 0,20 mm et 1,20 mm. L'indice de classement S_0 est égal à 2,44, cette valeur est inférieure à 2,5, donc elle indique un bon classement des sables. Quant à l'indice d'asymétrie, il est inférieur à 1, ayant une valeur égale à 0,35, c'est-à-dire que ce sédiment présente un meilleur classement de particules fines.

Tamis (mm)	OS5 (mouille)		OS6 (seuil)	
	Masse de refus cumulé(g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé(g)	Refus cumulé %
2,00	0,25	7,9	12,6	6,3
1,25	1,65	21,1	67,65	33,8
1,00	2,7	26,6	97,85	48,9
0,63	5,0	38,3	122,65	61,3
0,50	6,5	44,0	138,45	69,2
0,32	10,0	59,7	163,35	81,7
0,16	57,0	76,8	194,25	97,1
0,08	151,9	99,8	200	100,0

Tableau. 4.8. Distributions granulométriques des sables de seuil et de mouille à Ouljet Soltane

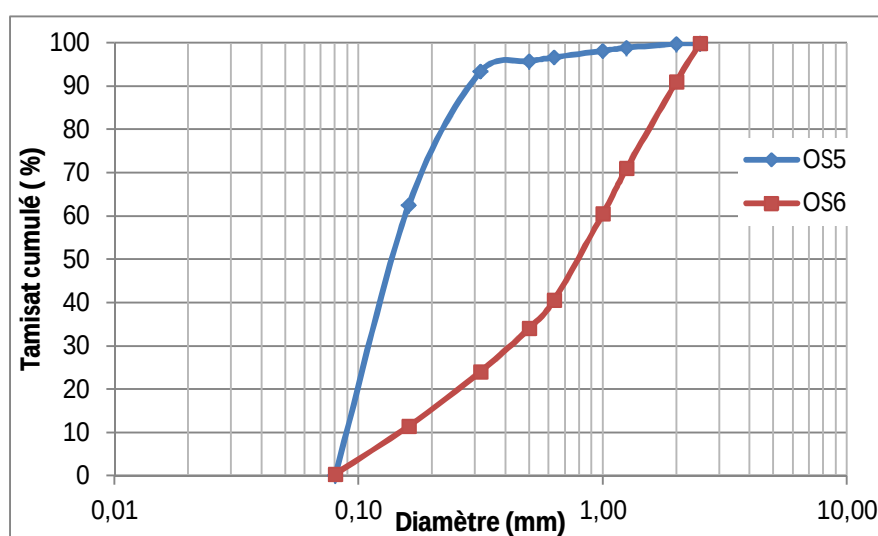


Figure. 4.18. Courbes granulométriques cumulatives des sables dans le lit mineur, au niveau de seuil et de mouille à Ouljet Soltane

	OS5	OS6
Q1	0,12	0,20
Q2=Md	0,14	0,82
Q3	0,20	1,20
S0	1,29	2,44
SK	1,22	0,35

Tableau. 4.9 .Paramètres et indices granulométriques des sables du seuil et de la mouille à Ouljet Soltane

2.3. Caractéristiques des berges et de la ripisylve

2.3.1. Types de berges

De façon générale, la berge est définie comme le talus qui sépare le lit mineur de son lit majeur. Sa localisation est assez précise, elle est considérée comme une portion de terrain qui limite tout cours d'eau fonctionnel, permanent ou temporaire (G. Degoutte, 2006). Pour G. Verniers (1995), dans un espace fluvial, c'est « le milieu géographique qui sépare les milieux aquatiques et terrestres ». Selon lui la berge peut être divisée en deux parties (fig. 4.19) :

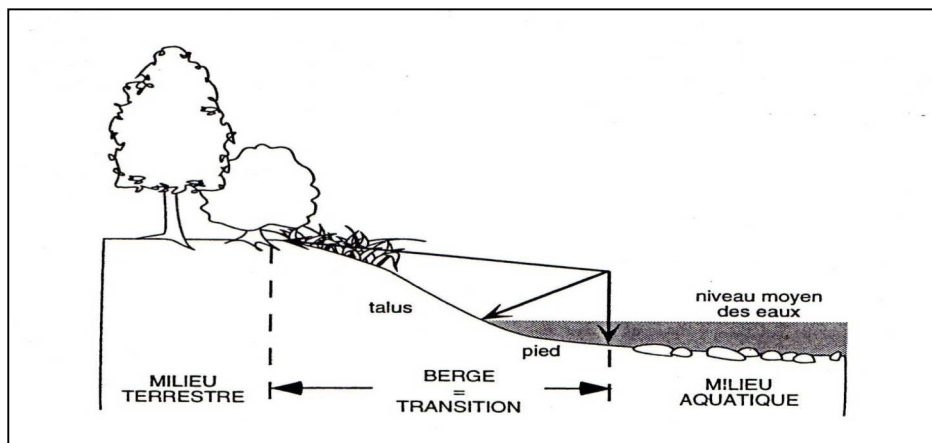


Figure. 4.19. La berge d'un cours d'eau, comme zone de transition entre milieu aquatique et milieu terrestre (d'après G. Verniers, 1995)

- le talus se situe au-dessus du niveau moyen des eaux.
- le pied qui est la zone soumise à l'action quasi permanente du courant, et qui se situe sous le niveau moyen des eaux.

Pour caractériser les berges et définir leur qualité paysagère, plusieurs critères ont été proposés par les auteurs : la nature lithologique de la berge, sa hauteur, sa pente, sa ripisylve, la diversité longitudinale des berges, le degré d'artificialisation par l'action humaine.....

Dans le tronçon du Beht à Ouljet Soltane, les lits mineur et moyen sont séparés du lit majeur par des berges naturelles bien différenciées, dont la hauteur et la pente peuvent varier d'une rive à l'autre et de l'amont vers l'aval (pl. ph. 4.3).



a.- Berge haute sub-verticale en rive gauche à proximité d'Ait Yahya (26/7/2016)



b.- Berge haute verticale en rive droite au voisinage du cimetière d'Ouljet Soltane (27/6/2016)



c.- Berge basse sub-verticale en rive gauche - en aval du pont RR701 (13/9/2017)



d.- Berges basse à pente douce en rive gauche - aval du pont RR701 (13/9/2017)

Planche photos. 4.3. Exemples de berges de l'Oued Beht observées à Ouljet Soltane

Généralement les berges sont hautes dans la section amont depuis Lalla Aouja jusqu'au pont d'Ouljet Soltane, aussi bien en rive droite qu'en rive gauche; leur hauteur dépasse parfois 2 m lorsqu'elles dominent directement le lit mineur. Leur talus est dans les alluvions du lit majeur qui coïncide souvent avec la plaine alluviale et parfois il est façonné dans la basse terrasse; mais leur pied est souvent façonné dans l'affleurement du substratum schisteux (pl. ph. 4.3.a et 4.3.b). En revanche en aval du pont d'Ouljet Soltane, la hauteur des berges diminue à moins de 1m, et peut varier entre 50 cm et 90 cm, montrant un petit talus à pente douce à moyenne. Ce type s'étend notamment, là où la basse terrasse apparaît en retrait des lits moyen et mineur contrairement à ce qu'on a rencontré en amont (pl. ph. 4.3.c et 4.3.d).

2.3.2. Caractéristiques de la ripisylve

La ripisylve est la formation végétale naturelle, située sur les rives des rivières. Elle peut être limitée à un cordon arboré étroit qui souligne le bord du lit mineur de la rivière, ou bien se présenter en une véritable forêt alluviale, s'étendant sur plusieurs dizaines ou centaines de mètres de part et

d'autre du lit mineur. C'est un milieu inféodé à la rivière qui comporte des strates herbacées souvent diversifiées, des strates arbustives et même arborescentes composées d'un nombre restreint d'espèces (G. Degoutte, 2006).

Dans le cas du Beht à Ouljet Soltane, les berges abritent une ripisylve relativement dense et variée caractéristique de milieux à climat méditerranéen semi aride. Elle se présente généralement en un liseré étroit, plus ou moins continu le long des deux rives (pl. ph. 4.4). Ces formations végétales se caractérisent par une répartition spatiale qui diffère d'une rive à l'autre ; leur répartition est commandée par les conditions d'environnement local, surtout hydriques, et aussi l'ensoleillement, le drainage, la nature du substrat et des sols.



a.- Polifération du *Nerium Oleander* en rive droite à proximité du cimetière (13/5/2015)



b.-Coexistence du Laurier rose et du Ricin *Ricinus communis* et du *Carex bronzeen*, rive gauche en aval de Ait Yahya (13/5/2015)



c.- Roseaux commun, (*Phragmites australis*), rive gauche en amont du pont (26/7/2016)



d.- Strate herbacée et arborescente notamment les *Tamarix*, rive gauche en aval du pont (13/9/2017)

Planche photos. 4.4. Exemples des variétés de la ripisylve du Beht dans le secteur d'Ouljet Soltane

Depuis l'aval de Lalla Aouja jusqu'à Ouljet Soltane, la ripisylve montre sur les deux rives la coexistence de deux strates arbustive et herbacée. La strate arbustive est dominée surtout par *Nerium Oleander* (le Laurier rose) (ph. 4.4.a) et le *Ricinus communis* (le Ricin), qui colonisent

aussi bien les berges verticales hautes que les berges à pente douce (pl. ph. 4.4.b) ; les *Phragmites australis* connus, par les roseaux sauvages (pl. ph.4.4.c) et le *Tamarix gallica*, qui est une autre espèce arbustive, colonisant surtout la berge basse à pente douce de la rive gauche en aval du pont (pl. ph. 4.4.d). A côté de ces arbustes, la strate herbacée est très répandue tout au long du cours d'eau ; elle est composée d'une variété de graminées dont les *Salicaies*, les *Carex comans* (le *Carex bronz*).

2.4. Evolution du tracé du lit du Beht à Ouljet Soltane depuis les années 60

Après avoir traité la morphologie de la plaine alluviale, des lits moyen et mineur, on a essayé de réaliser une étude diachronique du Beht dans le secteur d'Ouljet Soltane. L'objectif principal est de suivre l'évolution du tracé en plan du chenal au cours des derniers 50 ans. On s'est basé sur les documents cartographiques disponibles, les photos aériennes des missions 1962 (1/25000) et 1983 (1/17500) et les données spatiales disponibles en images satellitaires (Google Earth / mission février 2014).

Sous le Système d'information géographique et le Global Mapper, on a géo-référencié puis digitalisé le chenal principal du Beht sur ces différents documents. On a finalement dressé une carte diachronique (fig. 4.20) qui illustre trois stades d'évolution historique du Beht au niveau du tronçon étudié.

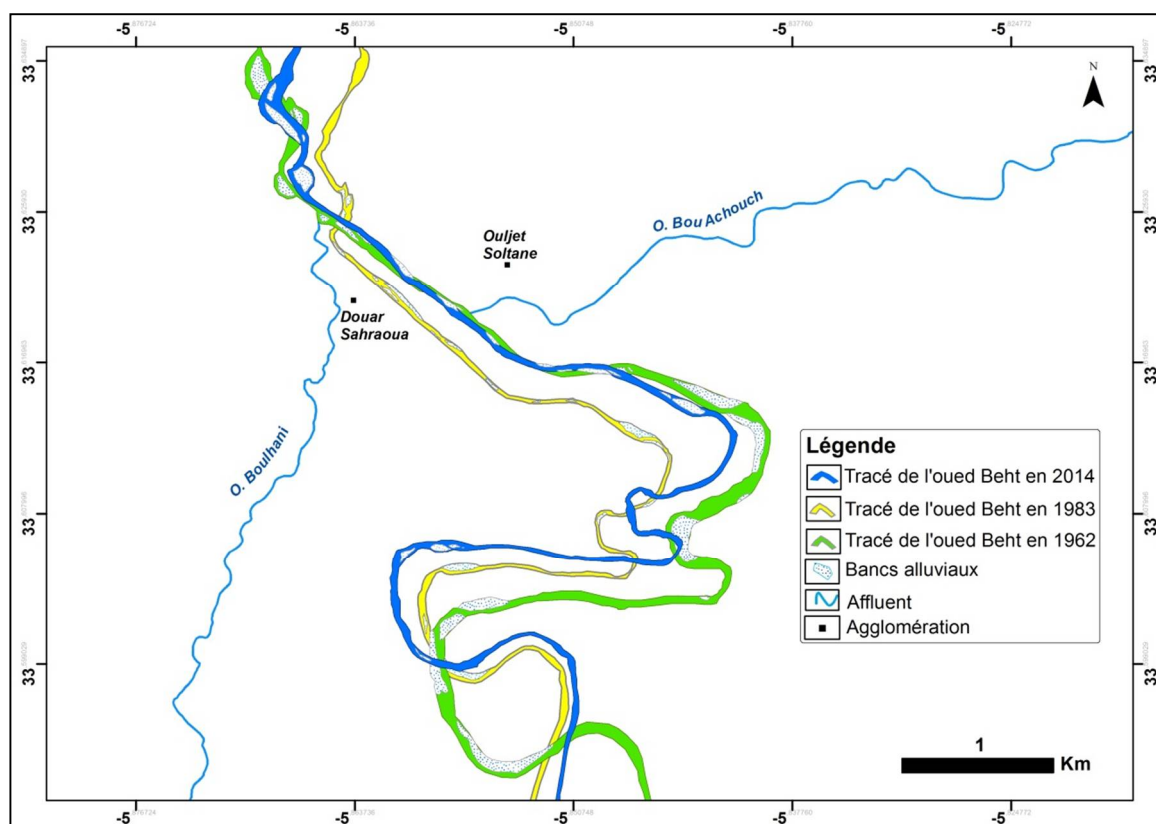


Figure. 4. 20. Evolution spatiale du tracé du chenal du Beht à Ouljet Soltane entre 1962 et 2014

- **P'état de 1962** : en se basant sur des photos aériennes 1/25000 de 1962, le Beht correspondait à un chenal unique très sinueux qui avoisinait le méandrage, sa longueur réelle était de 10,15 km, avec une sinuosité de l'ordre de 1,48 et une largeur moyenne du chenal principal de 66 m.
- **P'état de 1983** : on a utilisé des photos aériennes à l'échelle de 1/17500 ; il s'agissait d'un style fluvial à chenal unique sinueux de 8,83 km de long, avec une sinuosité de l'ordre de 1,33. La largeur moyenne du li mineur était de 37 m.
- **P'état de 2014** : il a été observé à partir d'images satellitaires de Google Earth du mois de février 2014. Le Beht avait un chenal unique également, très sinueux de 9,39 km de long et de sinuosité égale à 1,40. La largeur moyenne du li mineur est de l'ordre de 35m.

En se basant sur les trois situations, on a pu constater que le style du Beht n'a pas subi de fortes modifications dans ce tronçon, en adoptant un style à chenal unique sinueux dans les trois situations (sinuosité variant entre 1,33 et 1,48). Néanmoins on a pu signaler que la longueur du chenal a légèrement diminué depuis 1962 jusqu'à 2014. Elle a passée de 10,15 km en 1962 à 8,83 km en 1983, pour atteindre 9,39 km en 2014. La sinuosité a également légèrement diminué entre 1962 et 2014, puisqu'elle a passée de 1,48 à 1,40. Ceci montre qu'il y eu une légère linéarisation du chenal sinueux et divaguant. Cependant, on assiste à des migrations latérales significatives du chenal dans l'espace fluvial que constitue la plaine alluviale. Ce qui est bien visible surtout pour les méandres de la partie amont, qui ont tendance à migrer latéralement vers la rive gauche, de même pour les sinuosités de la partie en aval de la confluence avec Oued Boulhani.

3. La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht

Comme nous l'avons déjà annoncé en chapitre 3, dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht, la vallée est creusée dans des formations argilo-marneuses triasiques et les mollasses du Néogène. Son fond est à faible pente 1,18m/km ; et le cours d'eau y développe un style à chenal sinueux et divagant sur plus de 17 Km de long. Ici l'oued conflue avec plusieurs affluents de rive droite et de rive gauche, qui traversent la plaine alluviale avant d'arriver à l'oued principal du Beht (cas des oueds Berrejline, El Kell...). Ces affluents apportent un apport sédimentaire supplémentaire et favorise un excès de la charge solide au niveau du tronçon de Souk Larbaâ du Beht.

3.1. Morphologie et remplissage sédimentaire de la plaine alluviale

3.1.1. Description morphologique de la plaine alluviale

Dans les conditions citées ci-dessus, à Souk Larbaâ du Beht le fond de vallée du Beht est large et plat, il est occupé par une plaine alluviale suffisamment allongée et relativement bien développée par comparaison à celle d'Ouljet Soltane (fig. 4.21). Cette plaine alluviale qui

s'inscrit en contrebas des terrasses alluviales quaternaires, prend la forme d'un replat allongé du sud-est vers le nord-ouest, sur 13km. Son extension latérale dépasse 2km, mais elle varie considérablement ; elle est de l'ordre de 0,87km en aval de la confluence avec oued Berrejline, de 1 km au voisinage de Douar Souk Larbaâ Oued Beht et peut atteindre une valeur maximale de 2,2 km à proximité de Dayat Lalla Hajja.

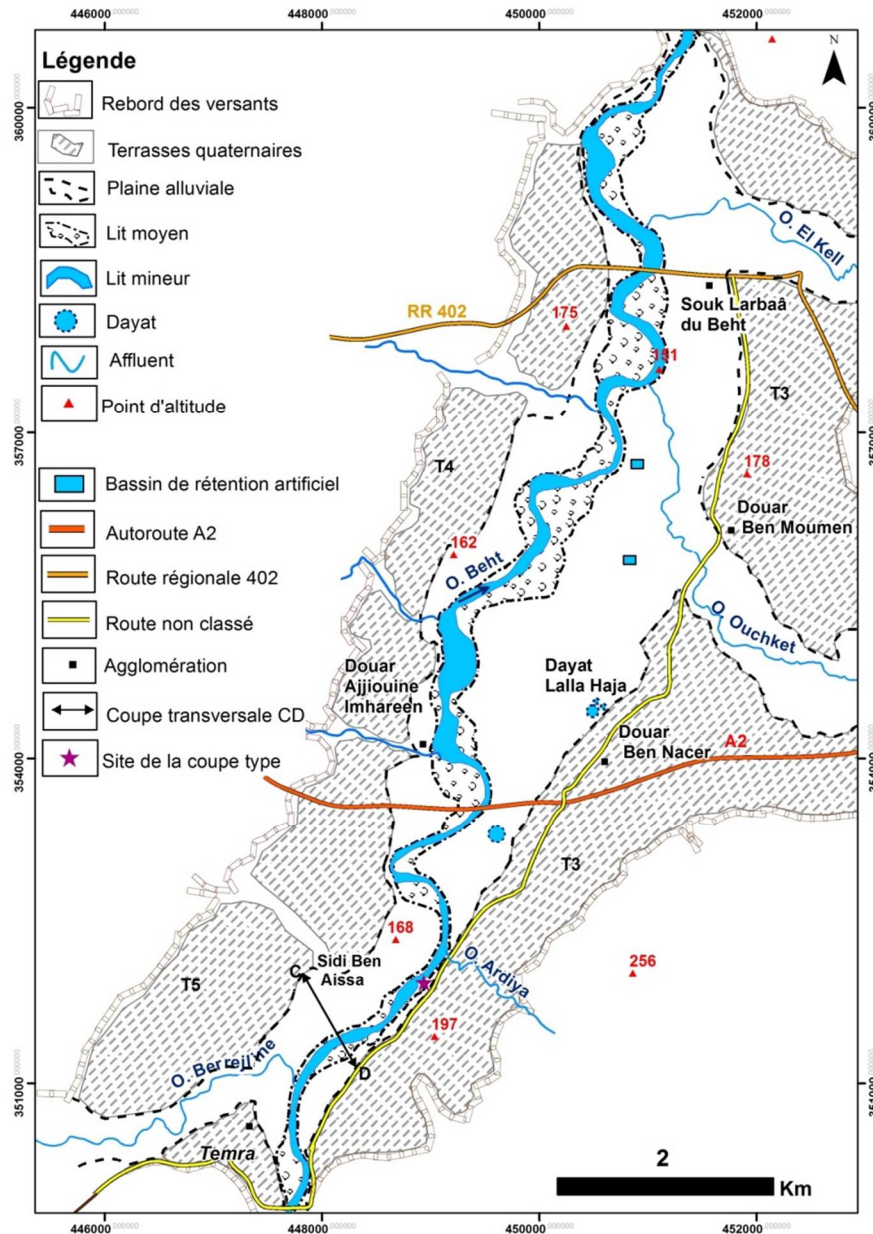


Figure. 4.21. La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht au bassin de Souk Larbaâ du Beht (inspiré des images Google Earth 5/2/2014)

Comme à Ouljet Soltane, la plaine alluviale comporte généralement trois unités hydro-géomorphologiques, les lits mineur, moyen et majeur (fig. 4.21 ; ph. 4.5). Ici la différenciation des lits est plus renforcée, car séparés par des talus relativement bien discernables dans le paysage du fond de vallée. Le lit moyen se présente sous forme d'une banquette étroite colonisée par des

buissons et des herbacés. Quant au lit majeur, c'est l'unité géomorphologique la plus étendue sur la plaine alluviale. On surface on peut y observer des paléoformes fluviales, comme des traces de méandres anciens, déconnectées du lit actuel et abandonné, ou partiellement connectées et régulièrement mis en eau lors des crues (ph. 4.6). Ces bras morts, témoignent des anciens tracés du cours d'eau. Ils sont situés sur les marges latérales et au cœur de la plaine d'inondation. Ils sont submergés au moins une partie de l'année et s'assèchent naturellement en été. Ces anciens chenaux permettent ainsi le développement d'une végétation semi-aquatique riche et spécifique (ex. : joncs, roseau, iris, laîches...). En plus des bras morts, les marécages, les dayats et les bassins de rétention naturels et artificiels marquent aussi la morphologie de surface de la plaine alluviale. Ces annexes sont facilement distinguables directement sur le terrain et par le biais de l'image satellitaire.

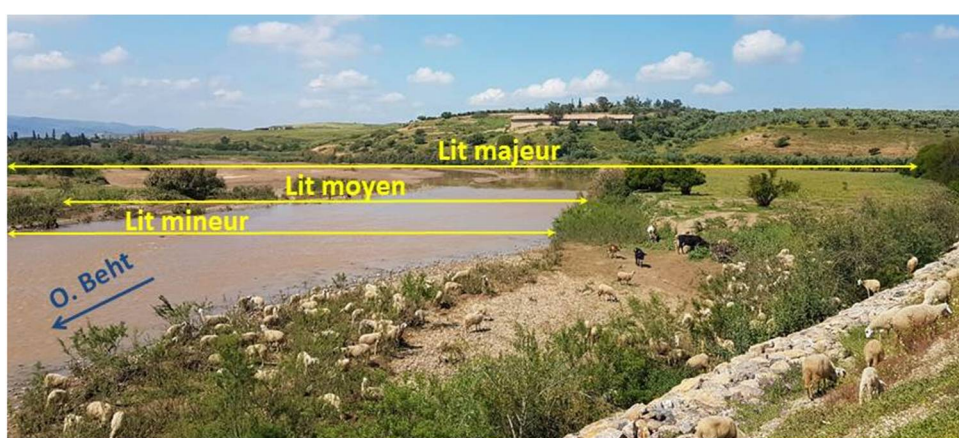


Photo 4.5. La plaine alluviale et les lits fluviaux du Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ de Beht, en amont de la RR402 (3/7/2018)



Photo 4.6. Exemple de méandre déconnecté du chenal actif du Beht et abandonnée en surface de la plaine alluviale (14/12/2014)

On rappelle que les annexes fluviales correspondent à des formes secondaires qui peuvent être observées sur la plaine alluviale (lit majeur). Elles expriment l'histoire de la formation d'une

plaine d'inondation (E. Gautier, 2006 ; J-P. Bravard, 1987) et ont un rôle important dans le fonctionnement hydrogéomorphologique et écologique d'un système fluvial (C. Amoros et G-E. Petts, 1993 ; L. Maman, 1998). Ces annexes font partie des zones humides et ont un rôle hydrologique important dans l'étalement des inondations (E. Gautier et al., 2001).

On note également que la plaine alluviale est dotée de sols fertiles favorisant plusieurs activités anthropiques dominées par la céréaliculture et le pâturage. Plusieurs carrières d'exploitation des granulats alluviaux y sont observées.

3.1.2. Etude du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale

a). Aspect général

Une coupe transversale a été réalisée dans ce tronçon pour montrer la structure du remplissage alluvial de la plaine alluviale et la position des lits moyen et mineur (fig. 4.22 et fig. 4.23).

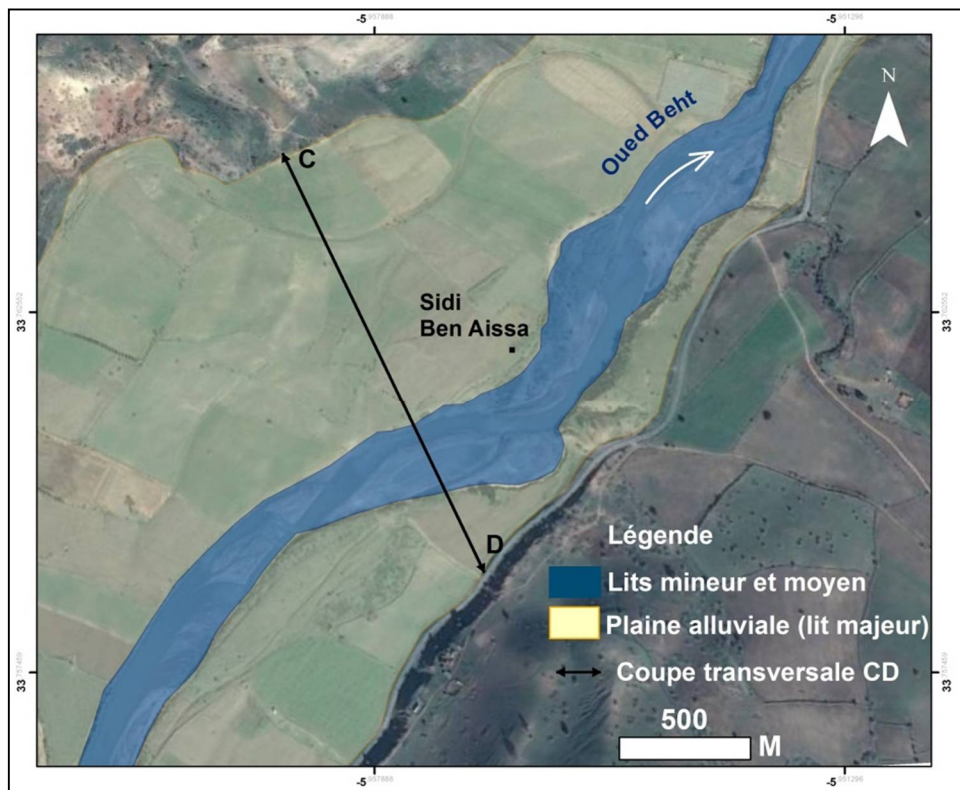


Figure. 4.22. Localisation de la coupe AB en travers de la plaine alluviale dans la partie amont du bassin de Souk Larbaâ du Beht, à Sidi Ben Aissa (image Google Earth 05/02/2014)

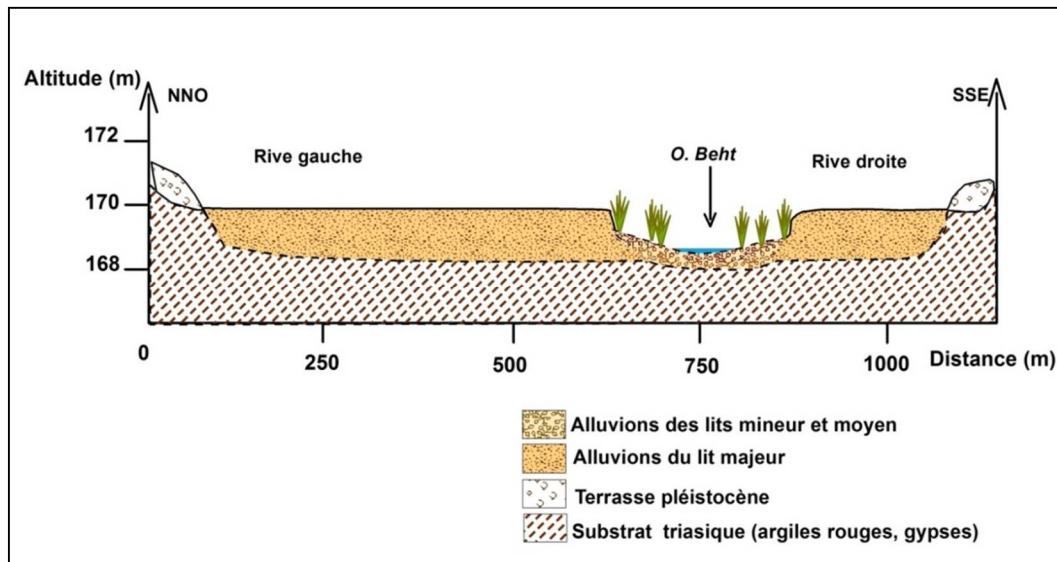


Figure. 4.23. Coupe transversale (CD) de la plaine alluviale du Beht à Sidi Ben Aissa

Il s'agit de matériaux globalement sablo-limoneux avec la présence en bas d'un niveau à matériel grossier formé de galets, graviers et matrice sablo-limoneuse. Le remplissage alluvial montre une puissance qui avoisine 2,50 mètres. Le substratum n'est visible qu'en rive gauche surtout à proximité d'une mine de sel, ou apparaît des formations d'argiles rouges gypsifères des affleurements essentiellement d'âge triasique.

b). Description des faciès sédimentaires

Après avoir parcouru le terrain d'étude, nous avons choisi une coupe-type représentative, comportant le maximum de faciès et de séries sédimentaires de la plaine alluviale ($X = 5^{\circ}56'53.70''\text{O}$, $Y = 33^{\circ}45'57.94''\text{N}$; altitude $Z = 155\text{m}$). Le choix de cette coupe-type tient compte de son extension spatiale, ainsi que celle de ses séquences fluviales. Elle comporte le plus de faits caractérisant le remplissage alluvial de la plaine alluviale étudiée. Les formations sédimentaires représentées par cette coupe-type sont surtout bien visibles le long de la berge de rive droite entre Sidi Ben Aissa et Oued Ardiya (fig. 4.21 ; ph.4.7). La coupe type étudiée en détail montre quatre unités superposées du bas en haut (ph. 4.8 et fig. 4.24) :

-Unité 1 : elle montre un dépôt homogène de barres alluviales, composées de galets et graviers enrobés dans une matrice limono-sableuse, épais de 50 à 75 cm. Ce niveau est placé juste en haut de la berge. Il est d'une couleur gris rosé selon la charte de couleur de Munsell (7,5YR 6/2), il présente en grande partie une stratification interne subhorizontale à légèrement inclinée. La majorité des galets sont orientés montrant un paléo-écoulement vers le nord-ouest.

-Unité 2 : elle repose sur l'unité 1 et montre un dépôt fin sablo-limoneux. Il s'agit d'un faciès à structure massive ne présentant pas de figures de stratification bien apparente, épais de 45 cm de

couleur marron (7,5 YR 4/3). On note dans cette unité la présence de quelques galets dispersés orientés différemment.

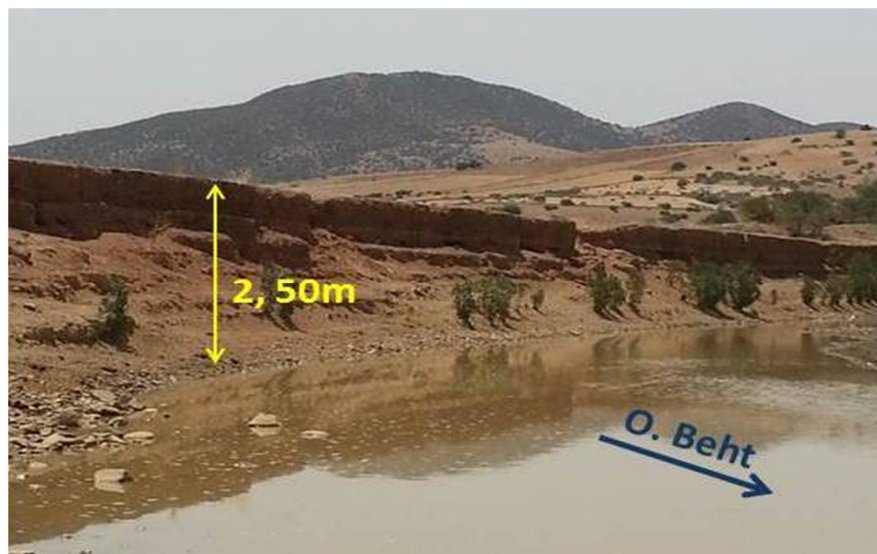
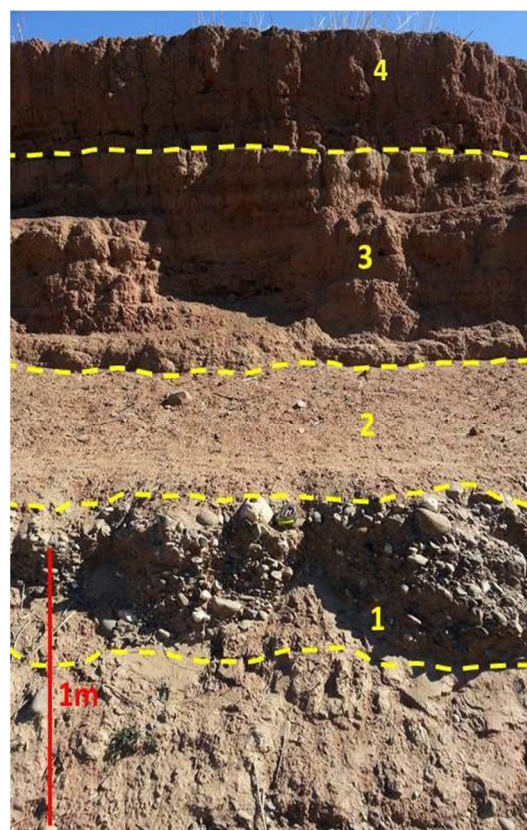


Photo. 4.7. Affleurement montrant le remplissage sédimentaire de la nappe alluviale, en amont de l'oued Ardiya, rive droite du Beht (6/11/2017)

Photo. 4.8. Coupe type montrant le détail du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht (6/11/2017)

- 1 = Faciès grossier à galets
- 2 = Faciès fin limono-sableux
- 3 = Faciès fin limoneux à passés d'argiles
- 4 = Faciès fin limono-sableux



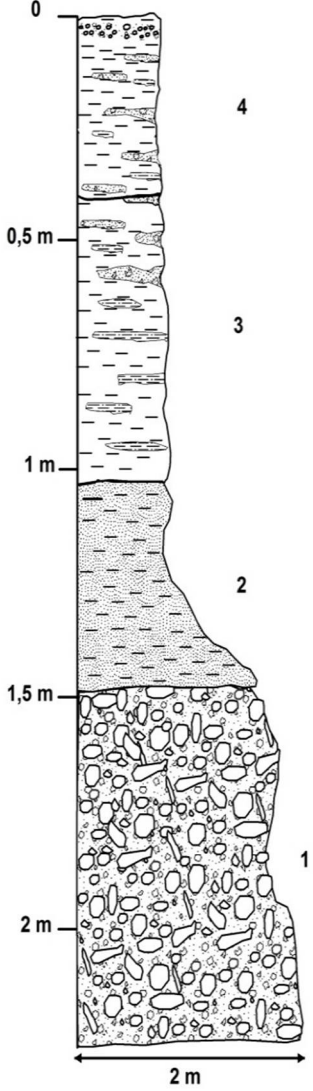
Coupe - type	Description des faciès	
	Niveau	Photo : détail du faciès
	Unité 4 : - Limons riches en lentilles sablo-graveleuses et quelques passées d'argile verte, surmontés par les graviers. - Présence de figures ou cavités de dissolutions - Code Munsell 7,5 YR 4/2 - Echantillon SLB4	 4. faciès fin limono-sableux
	Unité 3 : - Limons à structure planaire, à passées de lentilles d'argile verdâtres - Code Munsell 7,5YR 6/2 - Echantillon SLB3	 3. faciès fin limoneux à passées d'argiles
	Unité 2 : - Limon sableux à texture massive sans stratification nette avec présence de quelques galets. - Code Munsell 7,5 YR 4/3 - Echantillon SLB2	 2. faciès fin limono-sableux
	Unité 1 : - Barre caillouteuse à galets et graviers et matrice de sable - Stratification interne subhorizontale discrète - L'orientation préférentielle des galets SE-NO. - Code Munsell 7,5YR 6/2 - Echantillon SLB1	 1. faciès grossier à galets

Figure. 4. 24. Coupe type de la plaine alluviale du Beht dans le secteur de Souk Larbaâ

-Unité 3 : elle surmonte l'unité précédente, et montre un dépôt majoritairement fin et hétérogène, avec des intercalations de matériaux grossiers essentiellement des galets. Cette unité est épaisse d'environ 80 cm, elle est formée par les limons de couleur gris rosé (7,5YR 6/2), avec des lentilles d'argile de couleur verdâtre. On dénote également la présence des nombreuses lentilles sableuses. Ce dépôt fin présente une structure planaire qui est bien visible, également il renferme des traces de bioturbations et terriers de micro-organismes.

-Unité 4 : elle montre un faciès limoneux épais de 30 à 40 cm, et à texture massive de couleur marron (7,5 YR 4/2). Elle est garnie au sommet par des petits galets. Son faciès ressemble à celui de l'unité qu'il recoupe, sauf qu'il est très riche en lentilles graveleuses et sableuses. Il présente également de nombreuses figures ou cavités de dissolution.

c). Granulométrie des unités sédimentaires

Les fractions grossières et fines de différentes unités de la coupe type ont fait l'objet d'une analyse granulométrique. Dans un premier temps nous avons établis l'analyse granulométrique des galets sur le terrain. Par la suite nous avons prélevés des échantillons de la fraction fine, dont l'analyse granulométrique par tamisage est réalisée au laboratoire.

c1). Analyse granulométrique des galets de l'unité 1

On s'est limité à analyser les galets de l'unité basale 1, puisque c'est la seule unité à dépôt de barre caillouteuse, caractérisée par l'abondance des galets. Tandis que pour les autres unités sont généralement de faciès fin et le nombre des galets présents y est très restreint. Pour réaliser cette analyse nous avons appliqués la méthode de *Pebble Count de Wolman*, expliquée auparavant.

Les résultats de l'analyse granulométrique des galets sont présentés graphiquement par l'histogramme (fig. 4.25), et par la courbe cumulative (fig. 4.26).

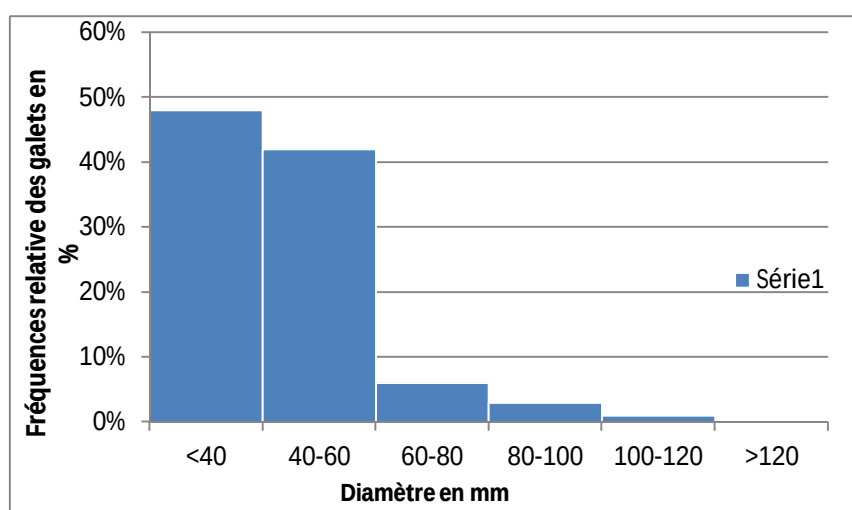


Figure. 4.25. Histogramme de fréquences relatives des diamètres des galets de la coupe type dans la plaine alluviale à souk Larbaâ du Beht

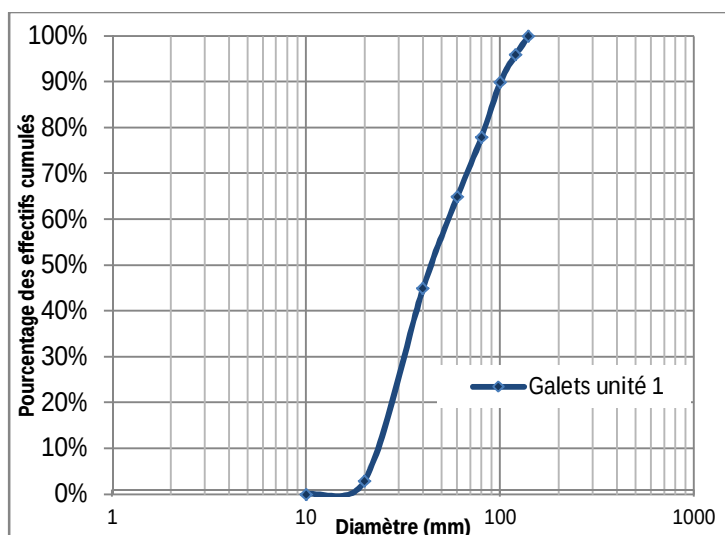


Figure. 4.26. Courbe cumulative des galets de l'unité 1 de la coupe type de la plaine du Beht de Souk Larbaâ du Beht

On a déterminé certains paramètres de position tels : le mode, la médiane et aussi le diamètre maximal observé. Dans cette unité le mode convient à la classe inférieure à 40mm qui représente 48%, face à 52% pour les galets supérieurs à 40mm. Le diamètre maximum est égal à 110mm.

c2). Analyse granulométrique des sables

Les échantillons de sables de différentes unités de la coupe type sont soumis à une analyse granulométrique au laboratoire. Ils sont préparés au préalable en suivant le mode opératoire de l'analyse granulométrique des sables et puis tamiser à travers la colonne des tamis d'Afnor ; les résultats bruts sont présentés dans le tableau 4.10.

En tenant compte des résultats présentés dans la figure 4.27 et du tableau 4.11, on peut dire que les distributions des sables sont généralement comparables pour les quatre échantillons et ne montrent que peu de différences. De plus, les valeurs des médianes de ces trois échantillons analysés SLB1, SLB2, SLB3, sont très proches. Elles sont respectivement de : 0,16 ; 0,15 ; 0,18 et 0,13 ; ce qui montre que ces sédiments appartiennent aux sables fins de taille comprise entre 0,25 et 0,125. L'indice de classement de Trask (S_o) pour les quatre échantillons de SLB1 à SLB4 ne dépasse pas 2,5 ; ses valeurs fluctuent entre 1,35 et 1,81. Ce qui indique que les sédiments sableux sont très classés. Quant à l'indice d'asymétrie (S_k), il prend des valeurs supérieures à 1, pour l'ensemble des échantillons. Ce qui indique de nouveau que le classement est meilleur du côté des particules grossières. Ces données montrent donc que les fractions sableuses étudiées sont marquées par un tri et un classement caractéristiques de l'action de la dynamique fluviale. Ces mêmes tendances ont été également observées à Ouljet Sotane.

	SLB1		SLB2		SLB3		SLB4	
Tamis (mm)	Masse de refus cumulé (g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé (g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé (g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé (g)	Refus cumulé %
2	1,8	0,7	1,25	0,4	0,4	0,2	1,65	4
1,25	7,1	2,7	2,75	0,8	4,9	2,2	16,25	6,5
1	14,7	5,5	3,5	1,0	9,1	4,1	21,1	8,4
0,63	46,0	17,3	8,0	2,3	13,0	5,9	26,5	10,6
0,5	58,4	22,0	12,0	3,4	20,1	9,1	30	12,0
0,32	85,0	32,0	41,4	11,7	56,0	25,5	43	17,2
0,16	134,5	50,5	147,5	41,9	121,8	55,3	83,2	33,3
0,08	266,0	100,0	351,6	100	220,0	100,0	250	100

Tableau. 4.10. Distribution granulométrique des sables des échantillons de la coupe type de Souk Larbaâ Du Beht

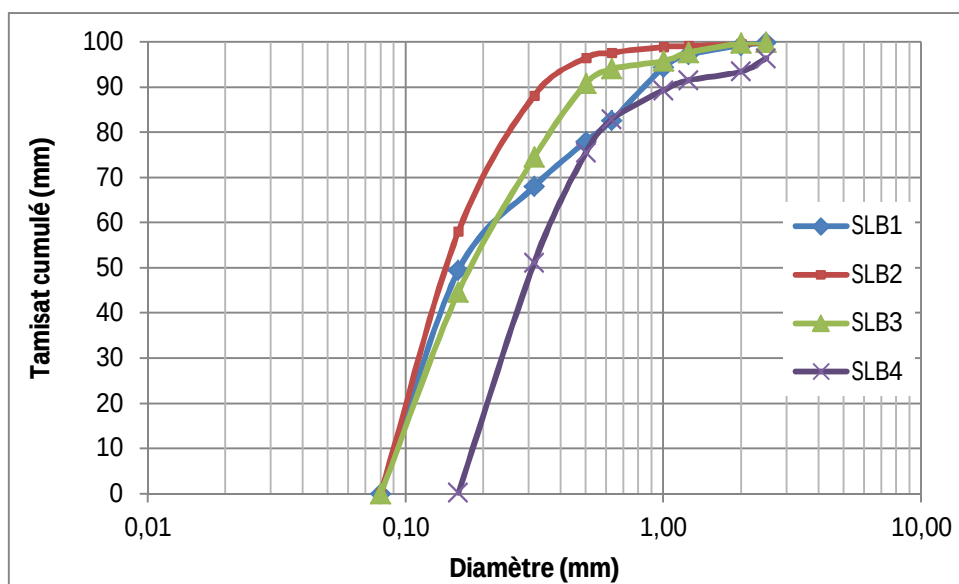


Figure. 4.27. Courbes granulométriques cumulatives des sables de la coupe type de Souk Larbaâ du Beht

Paramètres granulométriques	SLB ₁	SLB ₂	SLB ₃	SLB ₄
Q1	0,13	0,12	0,13	0,21
Q2 (D50)	0,16	0,15	0,18	0,3
Q3	0,43	0,22	0,28	0,47
Indice de classement S0	1,81	1,35	1,46	1,49
Indice d'asymétrie SK	2,18	1,17	1,12	1,09

Tableau. 4.11. Valeurs des quartiles et indices granulométriques des sables de la coupe type de Souk Larbaâ du Beht

3.2. Caractéristiques morphosédimentaires du lit fluvial

3.2.1. Morphologie générale du lit fluvial

Nous avons montré dans le chapitre 3 que le cours principal, occupant le lit mineur, est caractérisé par un chenal unique sinueux et divagant dont l'indice de sinuosité est égal à 1,39. Le lit moyen est une bande active très large, alternant des portions sinueuses à chenal unique et parfois des portions en ramification à chenalisation en tresses (fig. 4.28). La distinction entre les types de lits est facile ; car comme en amont à Ouljet Soltane, les lits moyen et mineur du Beht à Souk Larbaâ du Beht sont emboîtés dans la plaine alluviale occupée par le lit majeur.

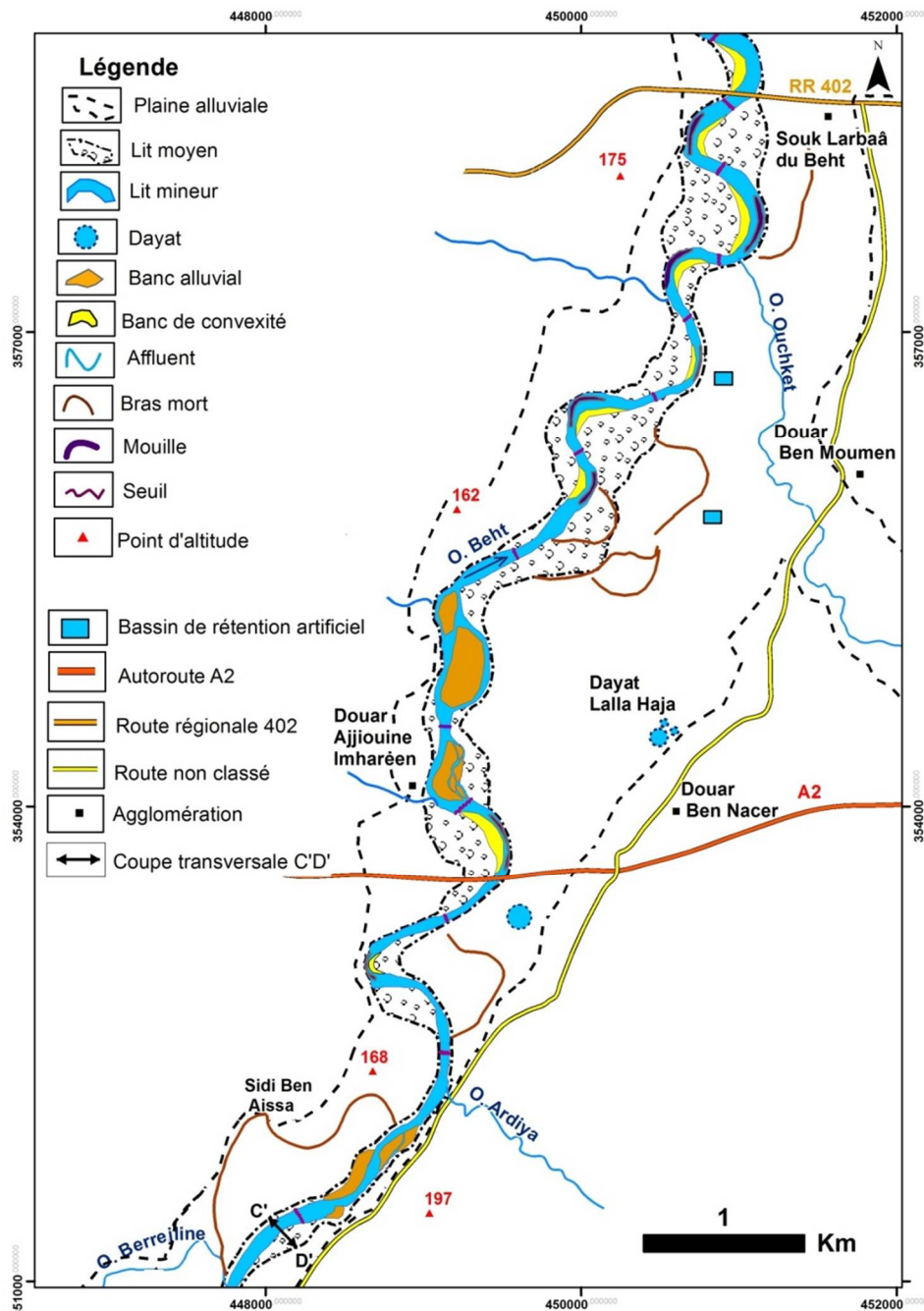


Figure. 4.28. Forme et extension des lits mineurs et moyen du Beht entre l'aval de l'oued Berrejline et Souk Larbaâ du Beht

De l'amont vers l'aval, le lit mineur est bien individualiser en s'organisant en un chenal unique dans les sections méandriiformes, où il se raccorde au lit moyen par un talus à pente douce marqué par une végétation arbustive. Alors qu'il est plus large dans les sections à divagation en comportant parfois des chenaux secondaires permettant l'apparition de la bande active avec chenalisation en tresse.

3.2.2. Caractéristiques morphosédimentaires du lit moyen

Le lit moyen du Beht se caractérise par sa dissymétrie et sa discontinuité ; il est par endroit bien individualisé et sépare le lit mineur du lit majeur ou plaine alluviale. Ainsi, il peut être plus ou moins large selon les sections ; dans certains cas il est rétréci et à peine reconnaissable, dans d'autres il est bien développé en largeur et se présente avec une pente douce vers le lit mineur d'environ 15% (figures 4.28 et. 4.29, ph. 4.9).

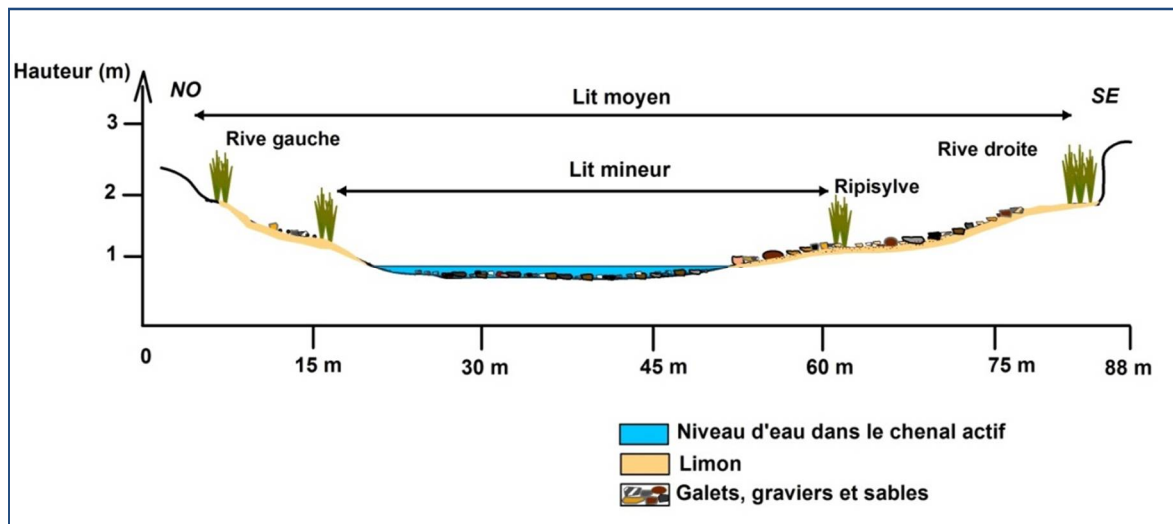


Figure. 4.29. Profil en travers schématisé montrant l'aspect morphologique des lits moyen et mineur du Beht dans le secteur de Souk Larbaâ du Beht

Dans les sections de divagation du chenal, la bande active se développe et atteint une largeur maximale de 540 m, en aval de la confluence du Beht avec Oued Ouchket, alors que la valeur minimale ne dépasse pas 59 m, la moyenne est de l'ordre de 349 m. Le remplissage du lit moyen est principalement fin comportant principalement les sables avec quelques galets. Sa limite avec le lit majeur est bien marquée par un talus net, au bas duquel on note l'installation d'une ripisylve des arbustes principalement de Laurier rose (ph. 4.9).

La limite avec le lit mineur reste discontinue ; elle est marquée par une légère rupture de pente où apparaissent des bouquets de végétation arbustive.



Photo. 4.9. Emboîtement du lit mineur dans le lit moyen en aval de Sidi Ben Aissa ;
On observe la limite entre les deux lits, marqué par des arbuste de laurier rose (6/11/2017)

3.2.3. Caractéristiques morphosédimentaires du lit mineur

a). Description morphologique

Oued Beht longe la partie méridionale du bassin de Souk Larbaâ du Beht, en dessinant un chenal sinueux et divaguant, d'une longueur réelle de 19,21 km. Son indice de sinuosité est égal à 1,39. Dans son détail, le chenal principal est caractérisé par l'alternance de sections très sinueuses et étroites et d'autres plus larges (fig. 4.28). Au niveau des sections sinueuses, le lit mineur est bien individualisé, et comporte une rive convexe qui s'oppose à une autre concave bien marquée et dominant une mouille. Quant aux sections plus larges, la divagation du chenal principal permet l'élargissement du lit mineur et l'apparition de deux ou trois chenaux secondaires qui sont séparés par des bancs alluviaux (tendance au tressage), ces zones correspondent généralement aux seuils.

La largeur du lit mineur est mesurée dans les sections où le chenal est sinueux et bien individualisé. Ses valeurs minimale et maximale sont respectivement de l'ordre de 32 m et 226 m : la largeur moyenne est égale à 78 m (tab. 4.12). La valeur maximale est observée surtout en aval des confluences des oueds Ouchket et El Kell.

La profondeur du lit mineur est variable latéralement et longitudinalement. On a pu rencontrer des zones où le lit mineur est plus ou moins profond, atteignant 2 m ; ces zones sont situées au pied des concavités et coïncident avec les mouilles. Par contre, il existe des zones où le lit mineur est peu profond, puisque sa profondeur ne dépasse pas 80 cm ; c'est la zone des seuils (fig. 4.30 et ph. 4.10). C'est ainsi que l'alternance des seuils et des mouilles le long du chenal fait que la profondeur du lit mineur varie considérablement selon les sections.

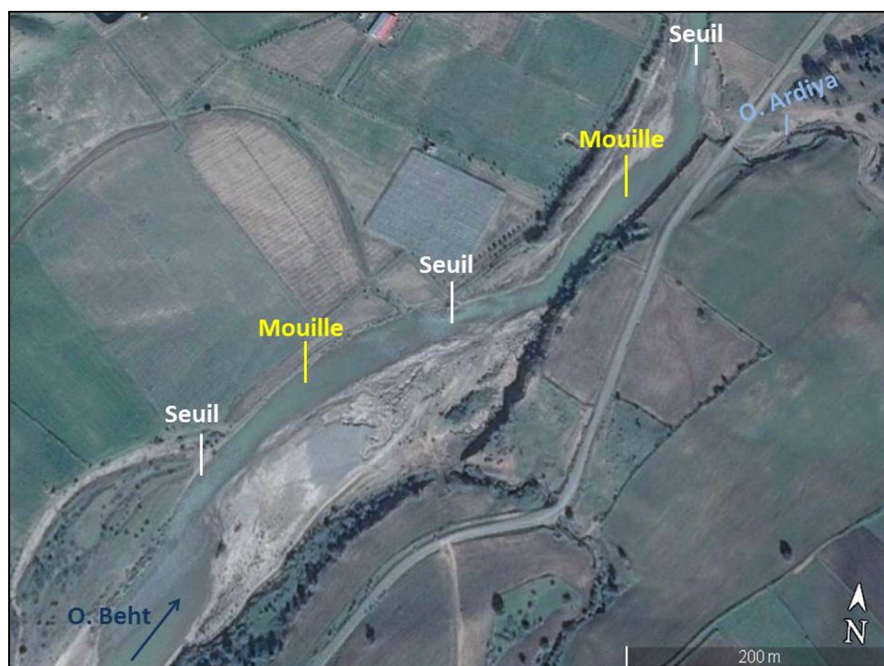


Figure. 4.30. Exemple d'organisation spatiale des séquences seuils –mouilles dans le lit du Beht à Souk Larbaâ du Beht (Google Earth, 05/02/2014)

Le fond du lit mineur, observé en temps de basses eaux, est généralement tapissé d'alluvions à dominance de graviers et sables, alors que les alluvions grossières à galets apparaissent surtout en rives de convexité sous forme de barre latérale (fig. 4.30 et ph. 4.10). On note que le long de ce tronçon on n'a pas observé d'affleurement du substratum dans le lit mineur. Sachant bien que ce bassin est qualifié comme étant subsident.

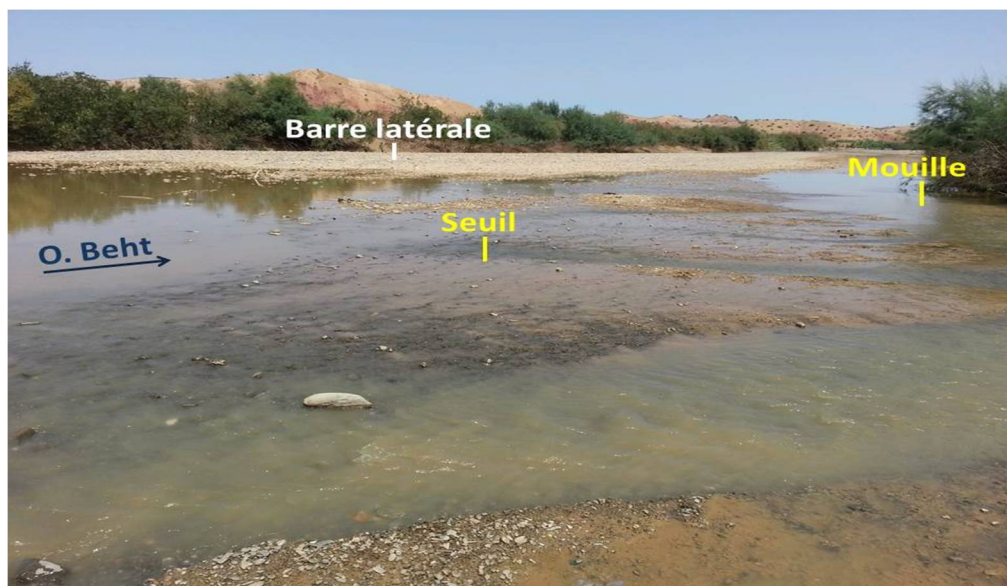


Photo. 4.10. Lit mineur du Beht en aval de la confluence avec oued Ardiya (9/8/2017)

On observe l'écoulement de basses et le fond graveleux à galets de l'oued. Sur la rive gauche s'étend une barre latérale de convexité.

b). Morphométrie des méandres

Nous avons montré que le chenal sinueux du Beht draine le bassin de Souk Larbaâ en dessinant des méandres divagants. Ces derniers ont une physionomie variable, mais de façon générale ils présentent des concavités qui résultent de l'érosion latérale par sapement engendrant la migration latérale du chenal ; alors que sur la rive convexe se développent des barres grossières à galets.

L'analyse morphométrique de ces méandres a donné les valeurs du tableau (4.12). On y observe que les valeurs de la longueur d'onde varient de 1445 m comme valeur maximale, à 835 m comme valeur minimale et 1088 m comme valeur moyenne. Donc ils ont une longueur d'onde assez grande. Ces méandres ont une amplitude moyenne de 570 m, la valeur maximale atteint 798 m, alors que la valeur minimale est de l'ordre 357 m. Pour le rayon de courbure, il atteint une valeur maximale de 580 m, tandis que la valeur minimale ne dépasse pas 190 m, la valeur moyenne est de 230 m.

Longueur	Longueur réelle	17,21 km
	Longueur à vol d'oiseau	12, 33 km
Sinuosité	Indice de sinuosité	1.39
Pente	Pente longitudinale	1,18 m/km = 1, 18‰
Largeur du lit mineur	valeur maximale	226 m
	valeur minimale	32 m
	valeur moyenne	78 m
Longueur d'onde	valeur maximale	1445 m
	valeur minimale	835 m
	valeur moyenne	1088 m
Amplitude	valeur maximale	798 m
	valeur minimale	357 m
	valeur moyenne	570 m
Rayon de courbure	valeur maximale	580 m
	valeur minimale	181 m
	valeur moyenne	256 m

Tableau. 4.12. Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht (mesures effectuées sur image Google Earth , 05/02/2014)

De façon générale les méandres dans le secteur de Souk Larbaâ ont des dimensions plus grandes que ceux du bassin d'Ouljet Soltane. Ce qui dénote l'importance des apports liquides et solides dans cette partie de la vallée Moyenne du Beht, par comparaison avec l'amont. De plus, la nature tendre des terrains argilo-gypseux essentiellement d'âge triasique, a favorisé le développement et l'extension de la plaine alluviale et de larges lits fonctionnels (mineur et moyen) par sapements latéraux. A cela il faut ajouter le facteur de la pente longitudinale qui est faible dans ce tronçon.

c). Analyse des séquences Mouille-Seuil

Nous rappelons que les seuils et les mouilles sont des unités morpho-fonctionnelles caractéristiques des cours d'eau sinueux et à méandres ; ces formes apparaissent successivement le long du chenal et sont générées par les mouvements hélicoïdaux des écoulements suivant la ligne de la plus forte énergie (vitesse), lors des crues.

En se basant sur les observations de terrain et sur les images Google Earth de la mission du 29/12/2016, on a pu spatialiser les seuils et les mouilles du fait qu'elles sont facilement identifiables (fig.4.30) :

Le lit mineur présente en fait un nombre important de seuils qui sont relativement régulier et séparés par des mouilles ; la distance moyenne entre seuils successif est d'environ 360 m. En fait cette distance n'est que de 174 m dans la partie amont du tronçon étudié, avant la confluence avec Oued Berrejline. Mais au fur et à mesure qu'on se déplace vers l'aval les seuils se placent de façon plus régulière au niveau des points d'inflexions des méandres et à des distances de plus en plus élevées. La dimension des seuils est également variable pour le tronçon du cours d'eau étudié : les longueurs varient entre 169 m et 86 m ; alors que la largeur est variable entre 10 m et 31 m.

En ce qui concerne les mouilles qui séparent les seuils successifs, elles apparaissent en des longueurs allant de 156 à 151 m et des largeurs variant entre 21 m et 38 m.

d).-Analyse des barres grossières

d1).- Granulométrie des galets

En se basant sur la méthode de Wolman, l'analyse granulométrique des galets est appliquée sur trois barres grossières latérales qui sont situées dans différents sites du tronçon comme suivant : la première en rive gauche en amont de la confluence avec Oued Berrejline, la deuxième sur la rive droite en aval de la confluence avec Oued Ardiya et en aval du pont du centre de Souk Larbaâ Oued Beht.

Les résultats obtenus (figures 4.31 et 4.32 et tab. 4.13) montrent que les distributions ont la même forme et la majorité des galets se trouvent dans les fractions <4 mm et 40-60 mm. La classe modale des échantillons est la même, elle correspond à la classe des galets de diamètre inférieur à 40 mm, avec respectivement 37% pour la première barre, 42% pour la deuxième et 46% pour la troisième.

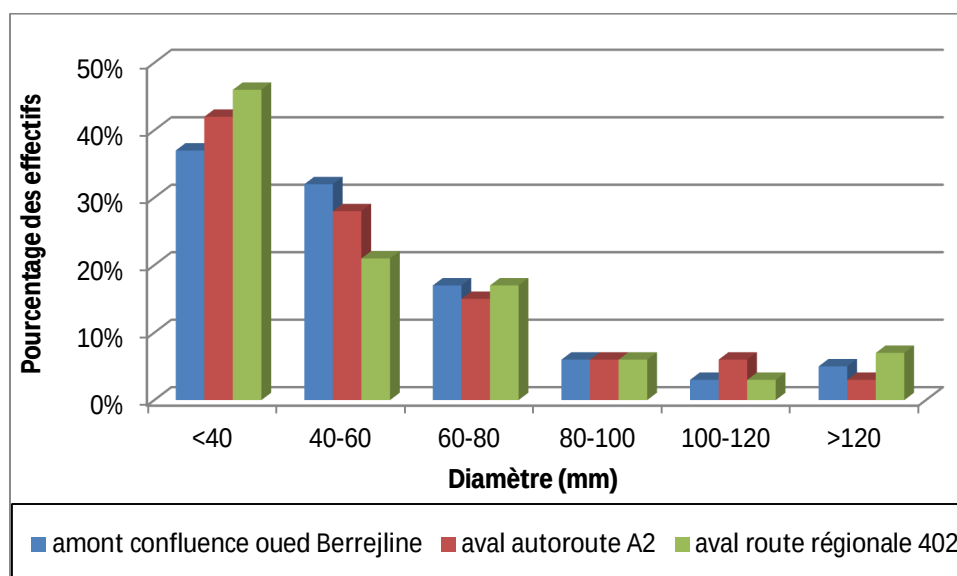


Figure. 4.31. Histogrammes de fréquence des classes granulométriques des galets des barres alluviales grossières

Les médianes vont dans le même sens, elles sont proches, respectivement 50 mm, pour la première barre 47 mm pour la deuxième et 40 mm de diamètre pour la troisième. Le diamètre maximal (Dmax) est égal respectivement à 160 mm, 130 mm et 120 mm pour les trois barres.

Paramètre granulométrique	Première barre, amont confluence oued Berrejline	Deuxième barre, aval confluence Oued Ardiya	Troisième barre, rive droite aval pont Souk Larbaâ Oued Beht
Mode	<40 mm	<40 mm	<40 mm
Médiane (D50)	50 mm	47 mm	40 mm
Dmax	160 mm	130 mm	120 mm

Tableau. 4.13. Paramètres granulométriques au niveau de trois bancs alluviaux analysés à Souk Larbaâ du Beht

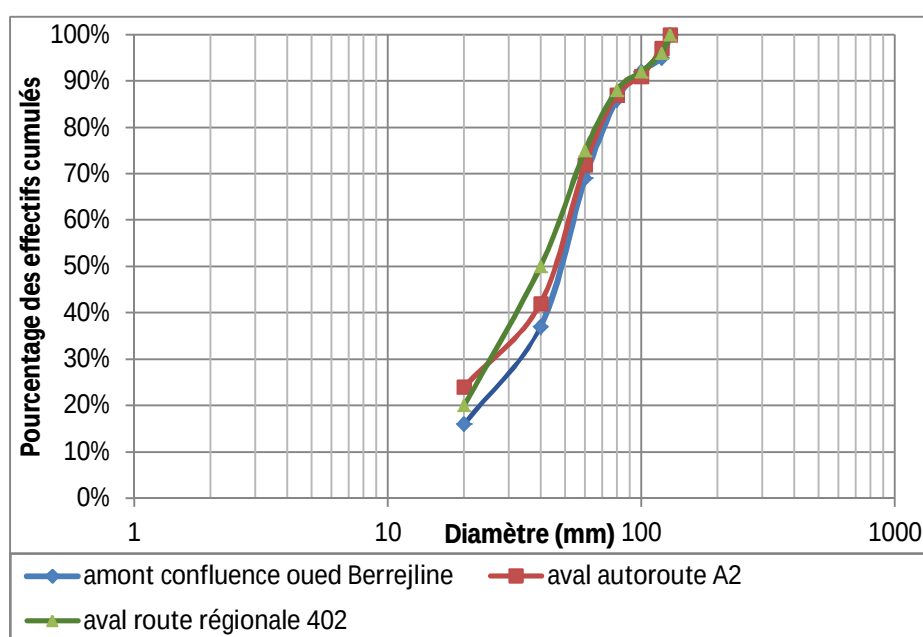


Figure. 4.32. Courbes granulométriques cumulatives des galets des barres alluviales au bassin de Souk Larbaâ du Beht

De façon générale, même s'il y a de légères différences, les barres alluviales présentent les mêmes caractéristiques granulométriques au niveau des galets (distributions et modes semblables). Ce qui reflète en gros la même ambiance des conditions hydrodynamiques de mise en place. La décroissance notée au niveau des médianes et du diamètre maximum de l'amont en aval, indique une diminution de compétence de l'écoulement, lié probablement à la décroissance amont –aval de la granulométrie ou tout simplement à l'influence du site d'échantillonnage.

d2).- Pétrographie des galets

On a effectué une étude pétrographique simplifiée sur 100 galets ayant un diamètre compris entre 20 et 40 mm : 51% des galets correspondent à des schistes, 40% à des grès et 6% à des quartzites et 3% à des dolomies et calcaires. Des éléments de microgranites et de basaltes peuvent être observés de manière accidentelle. Cette composition montre que la majeure partie des galets proviennent du substratum schisteux et de grès qui supporte les plateaux du plateau central drainés par le Haut Beht.

e).- Analyse granulométrique des sables

L'analyse granulométrique des sables du lit mineur du Beht a été réalisée sur des sables prélevés d'une mouille (SLB5) et d'un seuil (SLB6). Les résultats obtenus (tab. 14) sont illustrés sous forme de courbes cumulatives (fig. 4.33), nous ont permis de calculer les indices de classement et d'asymétrie (tab. 4.15) :

-l'analyse granulométrique des sables au niveau de la mouille donnent une médiane de 0,62 mm, le premier quartile est égal à 0,3 mm et le troisième à 1,16 mm. Le calcul de l'indice de classement donne une valeur égale à 2,3 ce qui renvoie à des sables bien classés. L'indice d'asymétrie est égal à 1,25 il est qualifié comme positif et de ce fait donc il y'a un bon classement de particules grossières au profit de particules fines.

-l'analyse granulométrique des sables au niveau du seuil ont une valeur médiane de distribution égale à 0,85 mm. Le premier quartile et le troisième quartile sont respectivement égaux à 0,4 mm et 1,8 mm. L'indice de classement S_0 est égal à 2,12, cette valeur est inférieure à 2,5 ce qui indique un bon classement des sables. Quant à l'indice d'asymétrie, il est égal à 1, c'est-à-dire que ce sédiment présente une symétrie, il y a autant de fin que de grossier.

	SLB5 (mouille)		SLB6 (seuil)	
Tamis (mm)	Masse de refus cumulé(g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé(g)	Refus cumulé %
2,00	30,75	2,7	15,4	7,9
1,25	81,2	5,1	41,15	21,1
1,00	99,6	7,8	51,9	26,6
0,63	135,2	17,7	74,7	38,3
0,50	151,4	23,7	85,9	44,0
0,32	194,8	44,9	116,5	59,7
0,16	233,1	76,8	149,8	76,8
0,08	267,6	100	194,7	100

Tableau. 4.14. Distribution granulométriques des sables de seuil et de mouille au bassin de Souk Larbaâ du Beht

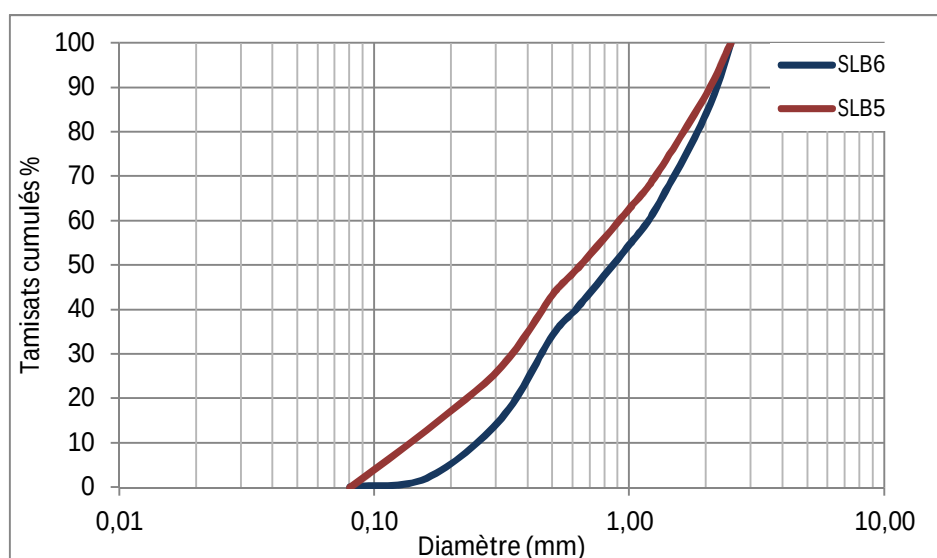


Figure. 4.33. Courbes granulométriques cumulatives des sables dans le lit mineur, au niveau de la mouille SLB 5 et du seuil SLB6 – lit mineur, Souk Larbaâ du Beht.

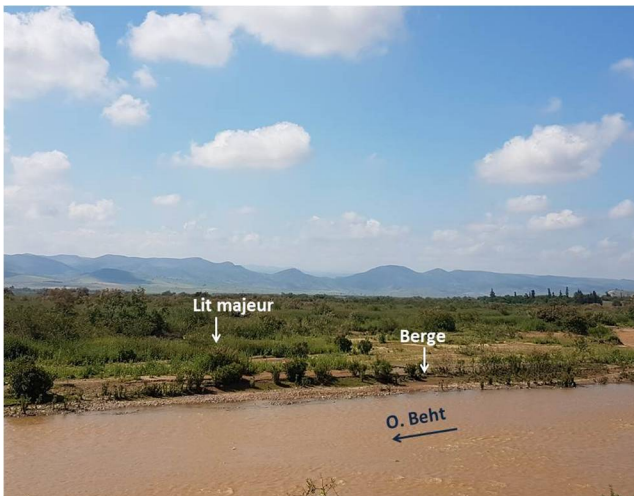
	SLB 5 (Mouille)	SLB6 (seuil)
Q1	0,3	0,4
Md	0,62	0,85
Q3	1,6	1,8
S0	2,30	2,12
SK	1,25	1

Tableau. 4.15. Paramètres et indices granulométriques des sables au niveau de la mouille et du seuil – lit mineur, Souk Larbaâ du Beht.

3.3. Caractéristique des berges et de la ripisylve

3.3.1. Types de berges

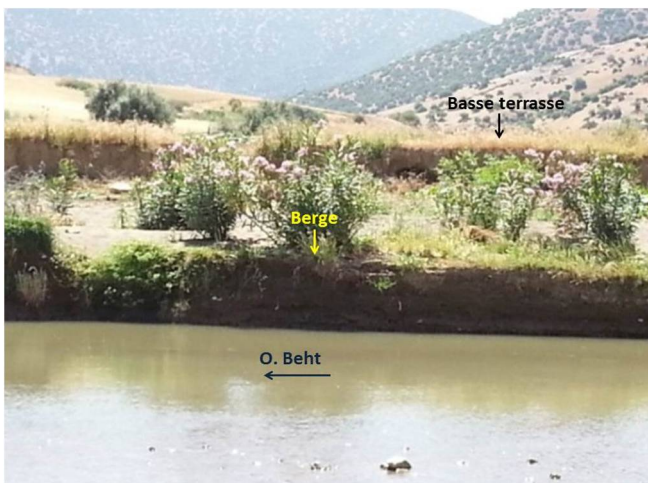
Le long du lit de Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ, les berges aussi bien en rive droite qu'en rive gauche présentent une diversité longitudinale qui se traduit principalement par la variation de la hauteur des berges, la fluctuation de la pente, ainsi que leur artificialisation (pl. ph. 4.5). De façon générale, le tracé longitudinal des berges montre des berges basses dont la hauteur ne dépasse pas 1,5 m. Caractérisé par l'alternance des berges à pente douce (15°), à pente moyenne (30°) et de berges subverticales à forte pente (60°).



a-Berge à pente douce à proximité du centre de Souk Larbaâ du Beht (4/5/2018)



b-Berge à pente moyenne en aval de Temra (9/8/2017)



c-Berge subverticale rive droite au voisinage de Temra (9/8/2017)



d-Berge verticale rive droite, aval autoroute A2 (6/11/2017)

Planche photos. 4.5. Variété des berges le long du bassin de Souk Larbaâ du Beht (partie méridionale)

Les berges à pentes douces sont observées au niveau des convexités des méandres (pl. ph. 4.5.a). Ce type de berge est repérée également dans les zones où la pression des cultures est intense et peut

atteindre la limite des berges, en plus des piétinements par le bétail. Ce qui influence l'état de stabilité de la berge et la rend plus sensible à l'érosion et la dégradation.

- Un deuxième type est celui de berge à pente moyenne et à ripisylve plus ou moins développée, comprenant la strate arbustive (pl. ph. 4.5.b).

- Un troisième type convient aux berges plus ou moins verticales à pente forte (pl. ph. 4.5.c et pl. ph. 4.5.d), relativement cohésive et dépourvue de ripisylve. Il se manifeste au niveau de rives concaves fréquemment érodées par le courant. Dans ce cas les berges sont généralement sub-verticales.

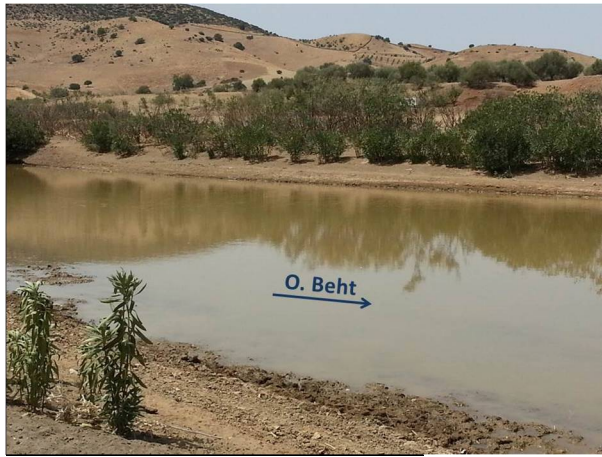
Les visites du terrain nous ont permis de repérer les berges naturelles et celles artificialisées. Néanmoins, l'artificialisation des berges reste très réduite dans le tronçon d'étude. Sauf dans certains sites lorsqu'il y a mise en place de digues bétonnées, comme au voisinage du pont de l'autoroute A2, Rabat-Fès, ou lorsqu'il y a présence de carrières exploitant les sables fluviaux.

En ce qui concerne la nature des berges, elle est dominée par la des alluvions fins essentiellement des formations limoneuses et limono-sableuses. Dont elles sont les mieux représentés dans ce tronçon de vallée. Egalement on a rencontré par endroit lors des visites du terrain des berges formés d'alluvions grossières à la base et d'alluvions fines au sommet ayant marqués en particulier l'affleurement des formations de la plaine alluviale.

3.3.2. Caractéristiques de la ripisylve

En comparaison avec ce qu'on a constaté à Ouljet Soltane, la ripisylve dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht est clairsemé et peu dense (pl. ph. 4.6). Les formations végétales qui existent sont réduites à des plantes herbacées ou arbustives groupées en amas ou simplement répartis de façon éparse. Les deux espèces dominantes sont le *Nerium oleander* (laurier rose) et *Artemisia vulgaris* (l'armoise) (pl. ph. 4.6 a et pl. ph. 4.6 b). On les rencontre presque partout dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht. On observe également l'existence d'une strate arbustive composée essentiellement du *Tamariscus gallicus* (tamarix) qui est présente par endroit au niveau des deux rives (pl. ph. 4.6 c et pl. ph. 4.6d). En particulier cette espèce est très dominante au voisinage du centre de Souk Larbaâ Oued Beht.

Egalement on observe par endroit soit des berges dépourvues de ripisylves, ou bien colonisées par des espèces pionnières d'hélophytes. On peut déduire que la pression des cultures jusqu'à la tête de la berge et le pâturage s'imposent au développement de la ripisylve et contribue à l'apparition des espèces prairiales.



a-Ripisylve en bouquets du Laurier rose *Nerium oleander* en aval de Sidi Ben Aissa (9/8/2017)



b-Armoise *Artemisia vulgaris* et l'Inule visqueuse *Dittrichia viscosa* (15/5/2015)



c-Tamarix *Tamariscus gallicus* et Roseau sauvage, aval de la confluence avec Oued Ardiya (9/8/2017)



d-Tamarix *Tamariscus gallicus* près du centre de Souk Larbaâ Oued Beht (15/2/2015)

Planche photo. 4.6. La ripisylve qui colonise les berges du Beht dans la partie méridionale du bassin de Souk Larbaâ du Beht

3.4. Etude diachronique du tracé du lit du Beht à Souk Larbaâ entre 1962, 1983 et 2014

L'étude de l'évolution du tracé du Beht entre 1962 et 2014 (fig. 4.34), nous a permis de suivre la position des tracés en plan du chenal et sa migration latérale dans l'espace fluvial. On note une migration vers la rive gauche en 1983, puis vers la rive droite en 2014, où il essaye de trouver un nouvel état proche de son état initial de 1962. Cette mobilité latérale est prouvée par l'existence sur le terrain de nombreux bras morts au sein de la plaine alluviale du tronçon de souk Larbaâ du Beht.

En 1962 : Le Beht longe le bassin de Souk Larbaâ du Beht d'une longueur réelle de 18,34 km. L'indice de sinuosité ainsi calculé est de 1,42. D'après la classification de Schumm (1981) c'est un style divagant caractérisé par la présence d'un chenal principal, avec parfois dans de courtes sections, deux ou plusieurs chenaux et de nombreux bancs alluviaux qui sont peu ou pas végétalisés. Le style du Beht est donc un style divagant intermédiaire entre le style en tresse et à

méandres. Au sein duquel s'alternent des portions à chenal unique développant des boucles de méandres, et des portions à chenal principal plus large qui comporte des chenaux secondaires séparés par des bancs alluviaux.

En 1983 : On a constaté une rétraction du chenal du Beht, du fait que sa longueur avoisine 15,5 km, avec un indice de sinuosité égale à 1,30. Le style fluvial ainsi développé correspond à un style sinueux divagant. L'apparition de nombreux bras mort notamment en amont du tronçon témoigne de la transition du style divagant au style à chenal unique méandrisant laissant apparaitre de nombreux bras morts qui sont les indicateurs de recouvrements de l'ancien tracé du Beht.

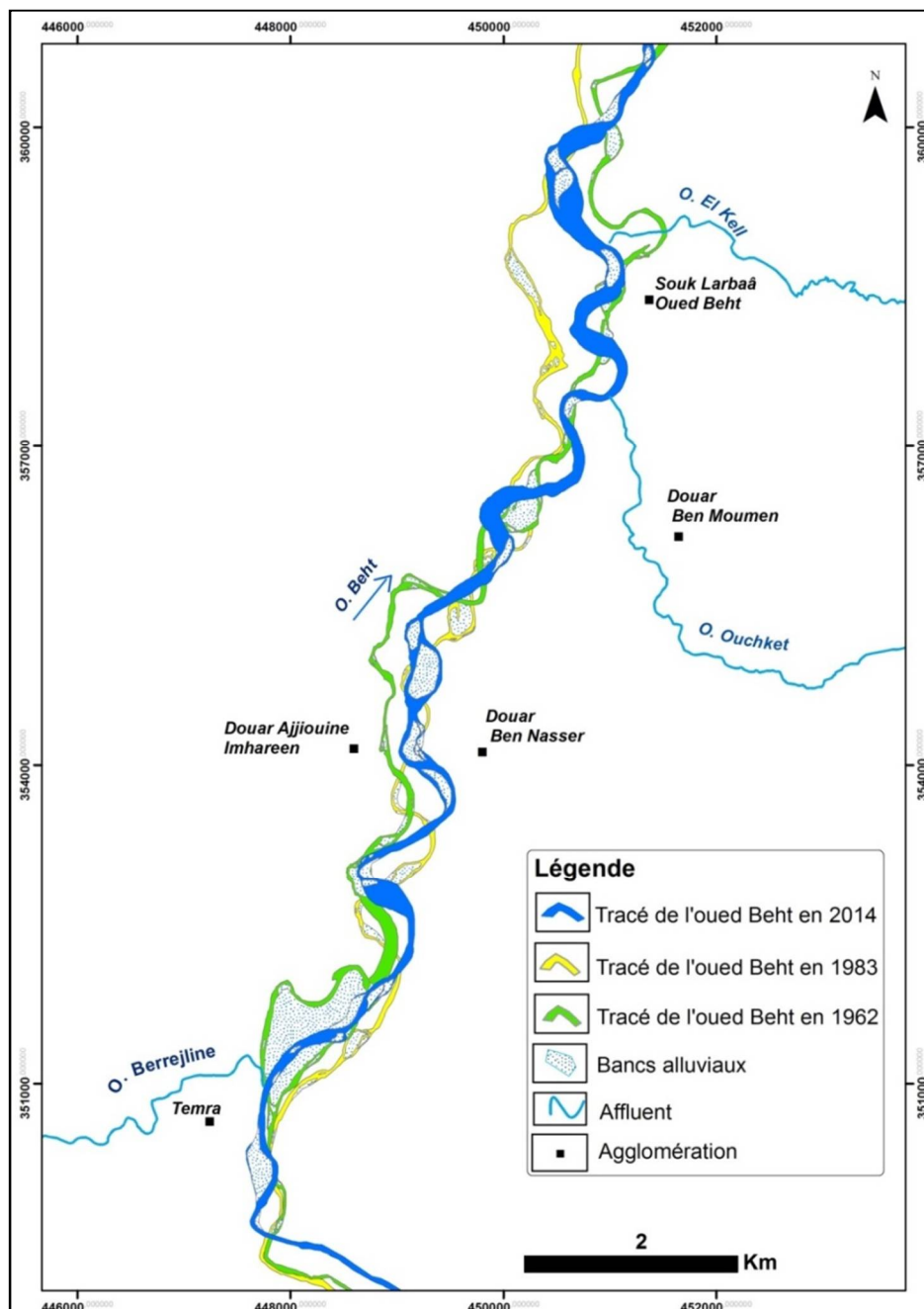


Figure. 4.34. Evolution diachronique du Beht entre 1962, 1983 et 2014 dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht

En 2014 : Le Beht a tendance à garder le même style divaguant, avec de légères différences puisque sa longueur a augmenté pour atteindre 17,2 km, par conséquent l'indice de sinuosité est de l'ordre de 1,39. Les visites du terrain ainsi que les images satellitaires Google Earth nous ont permis de mettre en évidence l'alternance d'une part des portions plus larges à chenaux secondaires caractérisés par des barres alluviales caillouteuses (souvent latérales, mais parfois, longitudinales et transversales) et d'autre part de portions à chenal unique développant des sinuosités sous forme de réelles boucles de méandres.

En termes de l'évolution de la bande active du Beht, on a choisi de comparer les situations de 1962 et de 2014 sachant bien que le Beht avait développé le style divagant. En 1962, la largeur moyenne de la bande active était de 489 m, alors qu'en 2014 elle est égale à 380 m. Cela témoigne des forts écoulements de fréquences moyennes, des années 60 en comparant aux années 2014.

On a identifié également une mobilité latérale importante du chenal qui se traduit par la migration amont-aval des méandres dans la plaine alluviale. En plus de la déconnexion de certains bras secondaires pour se transformer en bras morts, le style fluvial passe d'un chenal très sinueux au chenal sinueux et divagant renfermant une variété de bancs alluviaux. Ce passage d'un style à un autre est qualifié de métamorphose fluviale qui est une forme d'ajustement du milieu aux changements des variables de contrôle (débits liquides et charges solides) et également aux interventions anthropiques.

Conclusion

Dans cette partie de la vallée du Beht, en amont du barrage El Kansera, l'étude a permis de mettre en évidence le rôle de la morphostructure dans l'extension spatiale et la morphologie de la plaine alluviale. Dans les zones de roches résistantes, la vallée montre des méandres encaissés sans véritables plaines alluviales. Dans les zones de roches friables, de schistes altérés paléozoïques (cas d'Ouljet Soltane) ou d'argiles triasiques (Cas de Souk Larbaâ du Beht), le fond de vallée est occupé par une large plaine alluviale formée de sédiments fluviaux principalement grossiers de plus de 2 m de puissance (galets, gravier à matrice sablo-limoneuse), surmontés par des sédiments fins limoneux de plaine d'inondation. Le lit fluvial est généralement sinueux à méandrisant, avec alternance de seuils et de mouilles ; il se différencie en lit mineur et lit moyen et se caractérise par une forte divagation.

Dans le premier tronçon, à Ouljet Soltane, la plaine alluviale se situe relativement en position élevée par rapport au lit fluvial qui présente une pente longitudinale forte (7,36‰). Ce lit est bien encaissé et le substratum schisteux apparaît parfois à son fond. Les berges sont

généralement hautes et à forte pente ; elles portent une ripisylve relativement bien développée, elle est dominée principalement par le Ricin, les Roseaux communs.

Dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht, la plaine alluviale est plus large et bien développée en comparaison avec celle d'Ouljet Soltane. La pente longitudinale y est faible (1,38%). Le lit fluvial montre un lit mineur et un lit moyen bien différenciés avec des mouilles et des seuils plus marqués dans le paysage fluvial. Les berges sont généralement basses. Leur ripisylve n'est pas uniforme, hétérogène, discontinue, parfois dégradée ; elle est dominée par le Tamarix et le l'Inule visqueuse.

Sur le plan hydrodynamique, on peut dire, qu'en position amont, dans le tronçon d'Ouljet Soltane, la dynamique de mise en place est plus active, et énergétique. Il en résulte une forte divagation et instabilité du chenal ; de plus cette zone est marquée par l'incision verticale du lit mineur jusqu'au décapage du substratum de schistes tendres paléozoïques. Cette tendance à l'incision est attestée aussi par l'affleurement du substratum au pied de certaines berges. Cette forte dynamique est attestée par la présence de dépôts alluvionnaires grossiers, conservés surtout dans les convexités des boucles de méandres. Quant au tronçon du Beht qui longe le bassin du Souk Larbaâ du Beht, il s'agit d'un large tronçon se développant dans une zone relativement de faible pente. Le fonctionnement hydrodynamique y favorise une forte mobilité latérale des méandres divagants avec sinuosité plus fortes; ici c'est le sapement latéral qui l'emporte sur l'incision verticale ; d'où le recoupement de méandres et l'apparition de bras morts au niveau du lit majeur.

L'étude du matériel grossiers de galets dans la plaine alluviale et au niveau du lit fluvial, dans les deux cas, indiquent des apports détritiques grossiers où dominent principalement les roches de schistes et grès paléozoïques du plateau central. Sur le plan granulométrique, on note un gradient décroissant d'Ouljet Soltane à Souk Larbaâ du Beht ; ce gradient est traduit par la diminution de la taille des éléments charriés ; c'est une caractéristique de l'évolution longitudinale du transport solide qui s'explique en grande partie par l'atténuation de la pente du lit, donc de la vitesse des écoulements et de leurs capacités de transports. L'analyse du matériel sableux nous a permis de mieux caractériser les alluvions ; elle a montré dans les deux cas que généralement il s'agit d'un sable très bien classé et bien caractéristique de milieu fluvial. On a remarqué que la décroissance de la granulométrie des alluvions est également exprimée au niveau des sables des barres grossières : les médianes oscillent entre 0,3 et 1,15 mm à Ouljet Soltane et entre 0,13 et 0,18mm à Souk Larbaâ du Beht.

L'analyse diachronique de l'évolution du tracé du cours d'eau depuis le début des années 60 à 2014, soit sur environ 5 décennies a permis de suivre la position des tracés en plan du chenal et sa migration latérale dans l'espace fluvial. Dans les deux cas, malgré quelques modifications, on a noté que le Beht n'a pas subi de fortes mutations morphologiques puisque le cours d'eau a

conservé en gros son style à chenal unique et divagant. Les faibles modifications observées et la mobilité du chenal dans l'espace fluvial sont une adaptation du cours d'eau au changement de variables de contrôle naturelles (notamment débits liquides et solides, pente).

Dans le chapitre suivant on va suivre notre étude sur les aspects morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial de Beht en aval du barrage El Kansera.

Chapitre 5 :

**La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage
El Kansera**

Introduction

- 1)- La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht entre El Kansera et Dar Bel Amri**
- 2)- La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht entre Dar Bel Amri et Mograne**
- 3)- Evolution spatio-temporelle du tracé du Beht en aval du barrage El Kansera
entre 1983 et 2014**

Conclusion

Introduction

Dans ce chapitre on va poursuivre l'analyse morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera, mis en service depuis le début des années 30. Ici après avoir traversé les rides prérifaines le cours du Beht s'allonge sur plus de 110 km pour traverser la partie méridionale de la plaine du Gharb et confluer finalement avec le Sebou à Mograne. On a subdivisé ce secteur en deux tronçons : le tronçon El Kansera - Dar Bel Amri qui est une zone de transition entre le Moyen Beht et le Bas Beht, et le tronçon Dar Bel Amri– Mograne qui se développe dans la plaine du Gharb (fig. 5.1). Dans la figure sont encadrés les trois tronçons étudiés en détail dans ce chapitre.

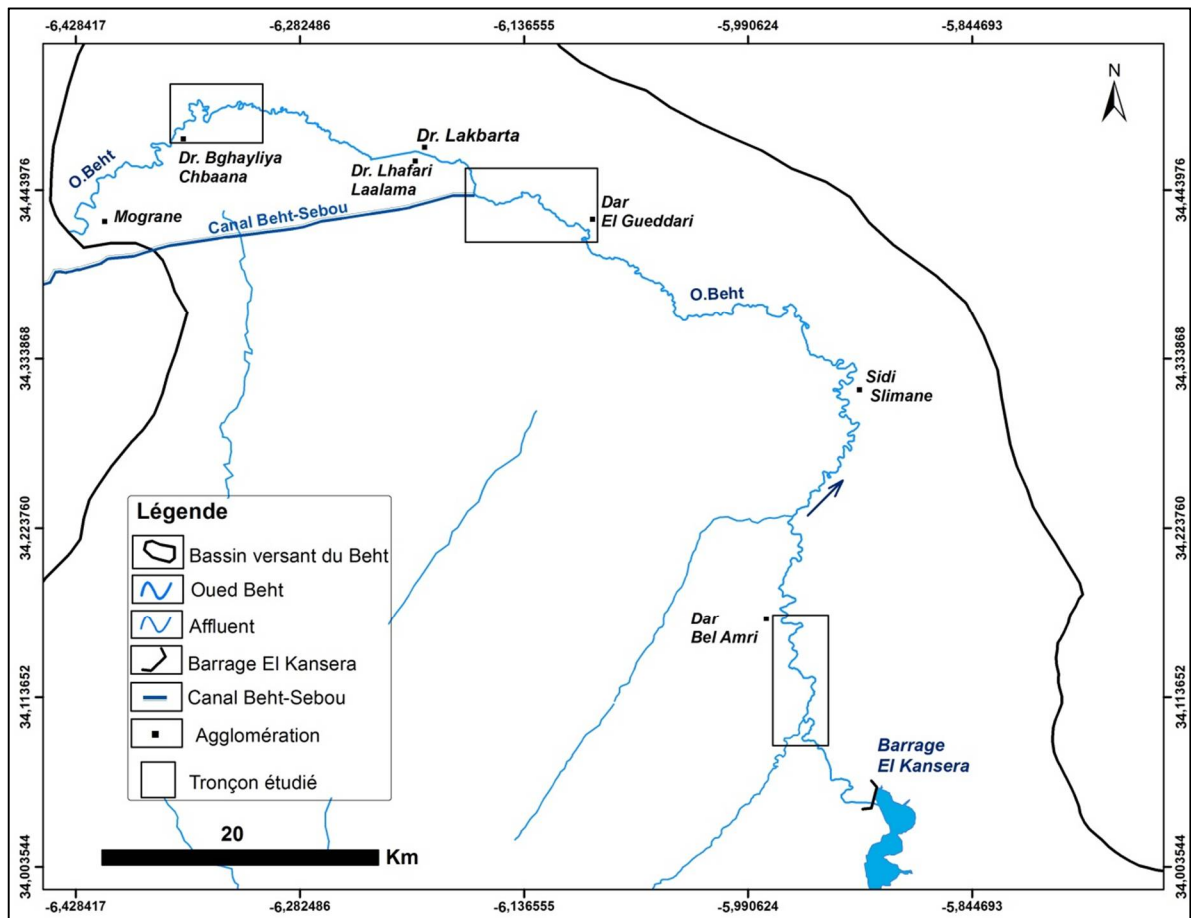


Figure. 5.1. Présentation générale du Beht depuis le barrage El Kansera jusqu'à la confluence avec le Sebou à Mograne

Sur le plan méthodologiques nous avons suivi les mêmes étapes d'analyse du paysage fluvial, comme ce qu'on a fait dans le chapitre précédent ; à savoir la description morphologique de la plaine alluviale et l'étude de son remplissage alluvial. Ensuite, on a abordé l'étude du lit fluvial, les berges et la ripisylve. Nous avons aussi essayé de suivre l'évolution spatio-temporelle du tracé de l'Oued Beht depuis 1983 à 2014.

1. La plaine alluviale et le lit fluvial dans le tronçon El Kansera - Dar Bel Amri

1.1. Morphologie et caractéristiques du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale

1.1.1. Description morphologique

En aval du barrage El Kansera, le Beht s'encaisse profondément au passage dans les derniers reliefs des marges occidentales des rides prérfaines ; le fond de vallée y est très étroit et se présente en gorges jusqu'au centre El Ganzra. Ensuite il s'élargit progressivement sur un tronçon de 300 à 600 m de large jusqu'au centre Souk Tnine où l'on observe une plaine alluviale plus large et de direction SSE-NNO (fig. 5.2).

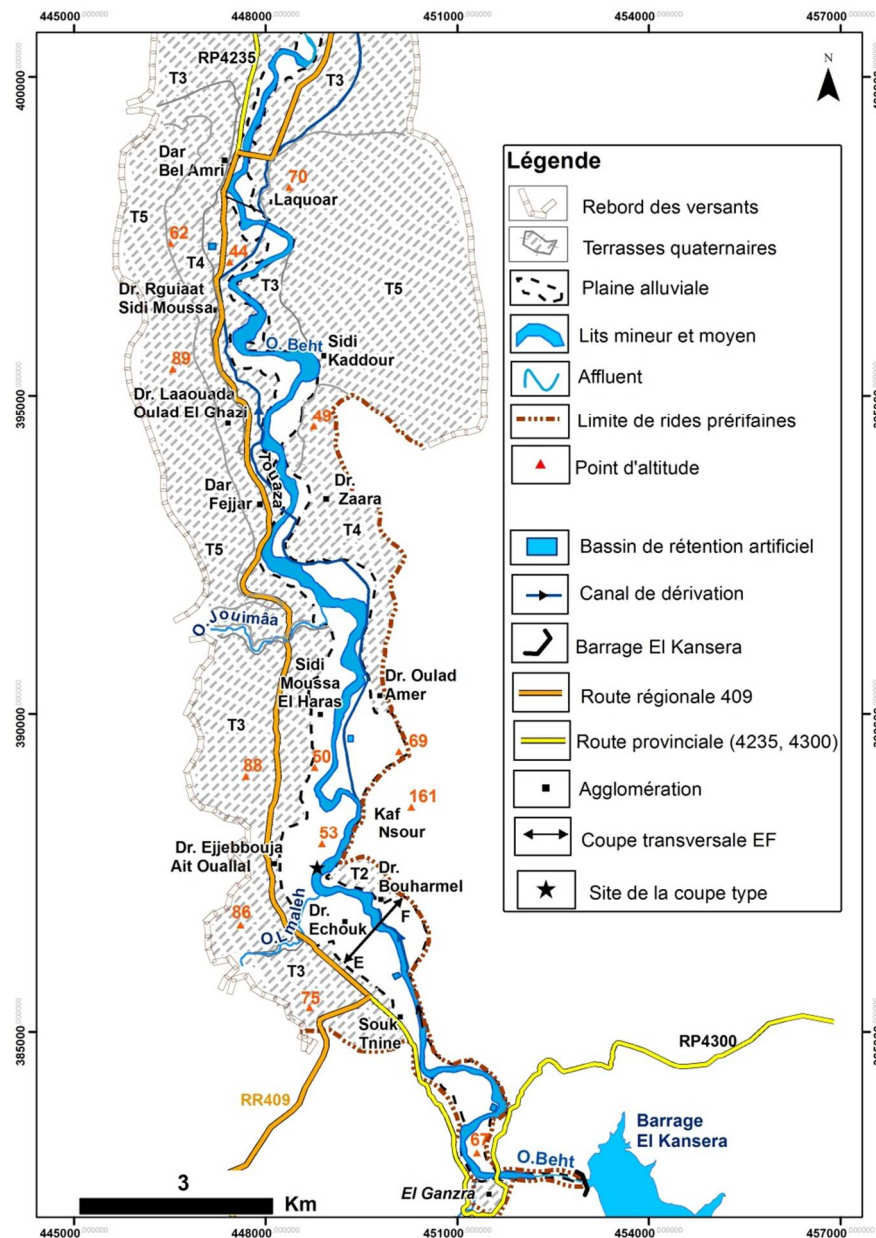


Figure. 5.2. La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera

Celle-ci est développée tout d'abord dans un fond de vallée relativement plat et encadrée en amont par les versants abrupts des rides prérfaines, côté est et par les terrasses quaternaires côté

ouest. Plus en aval, du douar Oulad Amer jusqu'à Dar Bel Amri les versants s'évasent et le fond de vallée est délimité par les terrasses quaternaires ; la plaine alluviale peut s'élargir ou se rétrécir selon les sections (fig. 5.2 ; ph. 5.1) ; elle atteint par exemple une largeur maximale de 1,8 km au voisinage de Douar Echouk. Au fur et à mesure qu'on se déplace vers la plaine du Gharb les limites de la plaine alluviale deviennent indiscernables et le lit mineur devient de plus en plus bien marqué dans le paysage. C'est ainsi que depuis le domaine agricole de Sidi Moussa El Haras, en passant par Ejjabbouja Ait Ouallal, le lit mineur est dominé par un talus subvertical d'environ 2 m de hauteur.



Photo. 5.1. La plaine alluviale du Beht en aval du barrage, cas de Dar Fejjar (8/10/2018)

Entre El Kansera et Dar Bel Amri, la plaine alluviale comporte des annexes fluviales ou hydrauliques naturelles et artificielles. Les annexes naturelles sont limitées aux bras morts, et chenaux abandonnés provisoirement ; ces derniers s'observent fréquemment en rive gauche entre Oued Lmaleh et Oued Jouimâa. Ces annexes permettent de réduire l'intensité des crues et des inondations et contribuent à la recharge de la nappe aquifère. Elles possèdent également un rôle important dans la construction de la plaine alluviale et dans la migration des méandres (A. Bullock et M. Acreman, 2003 ; J-A. Constantine et T. Dunne, 2008).

Signalons qu'en plus des unités géomorphologiques classiques la plaine alluviale est fortement anthropisée. Comme nous allons le voir dans le chapitre 6, la plaine alluviale est desservie par un canal de dérivation des eaux du Beht, dans la finalité d'irriguer les petites et les moyennes hydrauliques mis en place en aval du barrage El Kansera. Elle comporte également un nombre de bassin de rétention dont l'approvisionnement en eau est assuré soit par pompage à partir des sources ou bien à partir des eaux du Beht. Il s'agit en fait d'une plaine douée d'une intense activité agricole, marquée notamment par la dominance des fermes des orangers et des oliviers.

1.1.2. Caractéristiques du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale

a). Aspect général du remplissage

La plaine alluviale en aval du barrage est caractérisée par la variation de sa largeur et de l'épaisseur de son remplissage alluvionnaire, aussi bien en rive droite qu'en rive gauche (fig. 5.3). L'épaisseur et la composition sédimentologique de la plaine sont déduites à partir de coupes nettes observables au niveau des berges du Beht. Des coupes observées en rive gauche à proximité de douar Ejjabbouja Ait Ouallal, ont permis l'observation des alluvions de la plaine alluviale sur une épaisseur d'environ 2 m. De façon générale, il s'agit de niveaux sédimentaires à dominance limono-sableuse ou sablo-limoneuse et de couleur brune, comportant des traces de la bioturbation et des coquilles de gastéropodes. La coupe schématique EF (fig. 5.3 et fig. 5.4) donne un aperçu général sur l'aspect de ce remplissage.

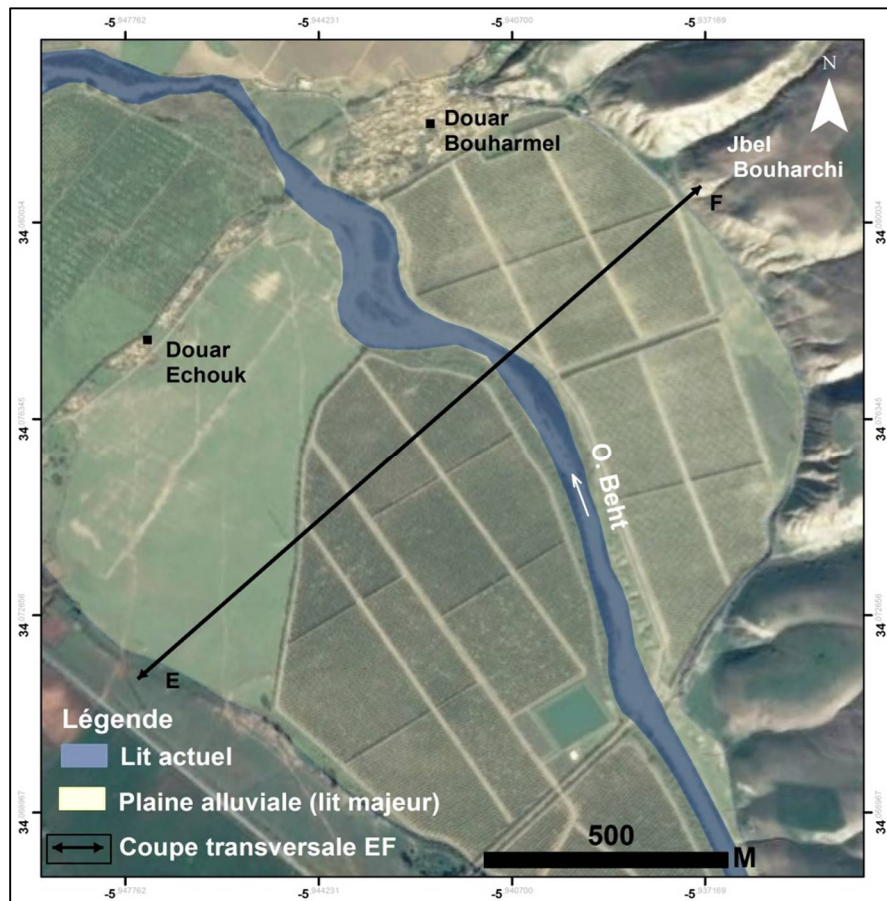


Figure. 5.3. Extension de plaine alluviale du Beht en aval du barrage El Kansera, à Douar Echouk (image Google Earth 13/2/2014)

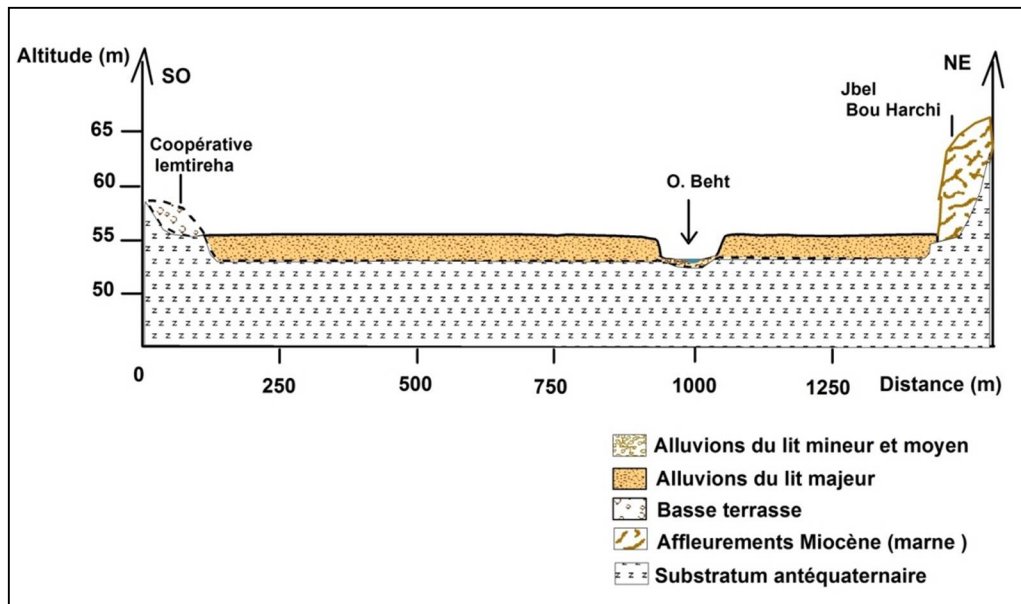


Figure. 5.4. Coupe transversale schématique (EF) de la plaine alluviale du Beht, levée au voisinage de Douar Echouk

b). Description des faciès sédimentaires

Dans la finalité de mieux connaître la nature du remplissage de la plaine alluviale du Beht en aval du barrage El Kansera, on a choisi d'étudier la coupe type située à proximité de Douar Ejjabbouja Ait Ouallal (pl. ph. 5.1 et fig. 5.5). Les coordonnées géographiques de la coupe type sont $X = 5^{\circ}57'9.51''O$, $Y = 34^{\circ}5'8.11''N$; elle se situe à 53 m d'altitude. L'affleurement s'étend sur 900 m de large en rive gauche du Beht au voisinage de la confluence avec oued Lmaleh, ce qui a permis de bien choisir la coupe la plus représentative.

Cette coupe montre une série sédimentaire qui dépasse 2 m par endroit et qui montre la superposition de deux unités sédimentaires de texture différente, caractérisées par la dominance de matériaux fins sablo-limoneux et limono-argileux. Après description des faciès, deux échantillons ont été prélevés à la base et au sommet de la coupe (ABK1, ABK2) :

Unité 1 : elle correspond à un horizon sablo-limoneux à gastéropodes, épais de 1,30 m. Caractérisé par un faciès homogène à stratification horizontale parfois masquée par les traces de la bioturbations et des figures de dissolution. Egalement, on a remarqué la rareté de la fraction grossière présentée seulement par quelques graviers et galets de petite taille (diamètre ne dépasse pas 20 mm). La couleur de cette unité est gris clair (7,5YB 7/1 selon la charte de Munsell Soil Color).

Unité 2 : elle surmonte l'unité 1 et présente une structure et un faciès sédimentaire différents de la précédente. Il s'agit d'un niveau limono-sableux plus compact représentant une épaisseur qui varie de 50 à 80 cm. Le faciès est en général dominé par la fraction fine d'une structure massive, dans laquelle la stratification est très discrète. La couleur de cette unité est brun foncé qui convient au code (7,5YR 6/2) de la charte de Munsell Soil Color.

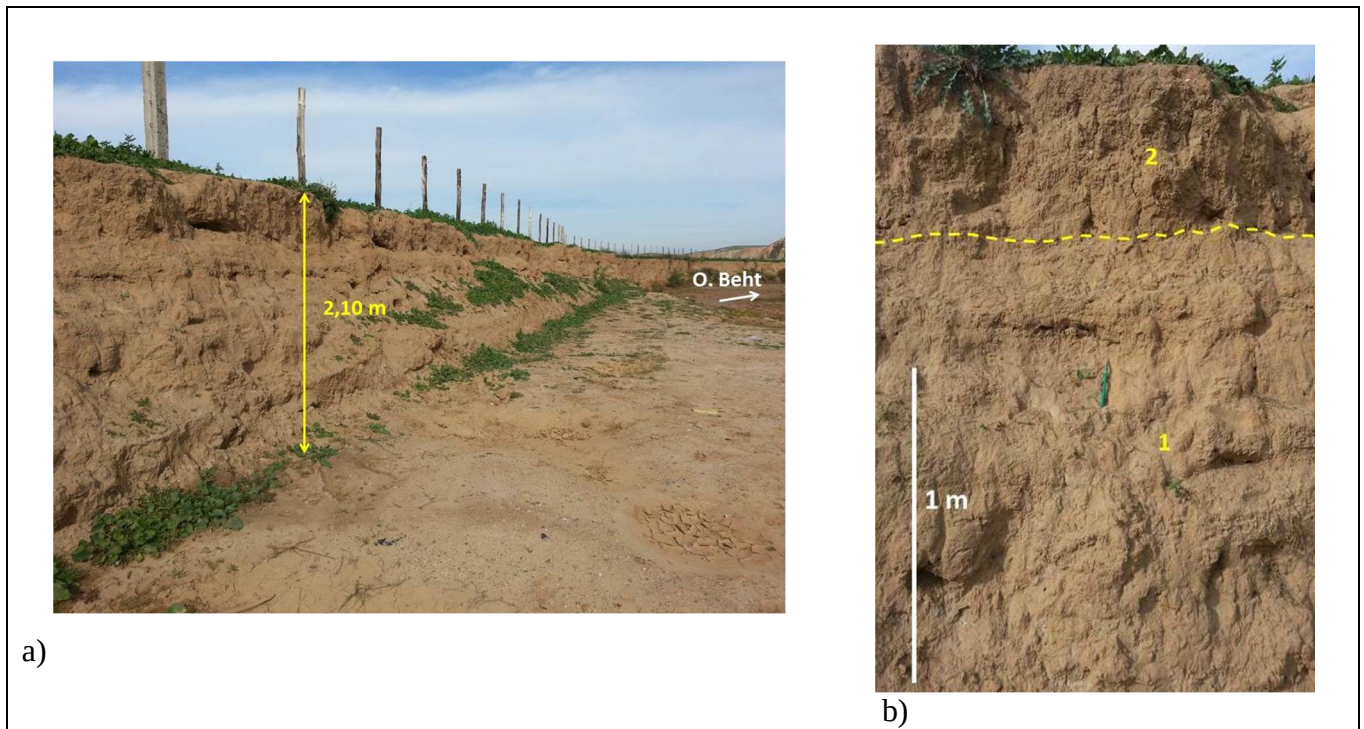


Planche Photos. 5.1. Affleurement de la formation de la nappe alluviale en rive droite du Beht, à proximité du douar Ejjabbouja –Ait Ouallal a) aspect général du remplissage ; b) détail des unités 1 et 2

Coupe - type	Description des faciès	
	Unités	Echantillon
	Unité 2 : -Unité sommitale à faciès limono-sableux; à structure massive - Stratification horizontale très discrète, - Code Munsell 7,5YR 6/2	ABK2
	Unité 1 : -Unité basale à faciès sablo-limoneux - Caractérisée par l'existence de coquilles de gastéropodes, et la rareté de galets et de graviers (petit galets et graviers dispersés) -Stratification horizontale parfois masquée par les traces de la bioturbations et des figures de dissolution -Code Munsell 7,5YB 7/1	ABK1

Figure. 5.5. Coupe- type étudiée dans le remplissage sédimentaire de la plaine alluviale à Douar Ejjabbouja à proximité de la confluence avec Oued Lmaleh

c). Granulométrie des unités sédimentaires

Après avoir préparé les deux échantillons ABK1 et ABK2 qui correspondent respectivement au niveau sableux-limoneux de l'unité basale et limono-sableux de l'unité sommitale prélevés de la coupe type, ils sont soumis à l'analyse granulométrique par tamisage. Les résultats de la distribution granulométrique sont présentés dans le tableau (5.1) et par les courbes cumulatives (fig. 5.6). Ces dernières permettent de calculer graphiquement divers paramètres et indices de distributions (tab. 5.2).

Tamis (mm)	ABK1		ABK2	
	Masse de refus cumulé en g	Refus cumulé en %	Masse de refus cumulé en g	Refus cumulé en %
2,00	2,75	1,1	0,25	0,1
1,25	9,15	3,8	1,35	0,5
1,00	12,3	5,1	1,9	0,7
0,63	21,3	8,7	4,8	1,8
0,50	27,4	11,3	7,3	2,8
0,32	57,1	23,5	26,3	10,7
0,16	139,2	57,3	98,0	37,7
0,08	242,3	100	260,0	100

Tableau. 5.1 . Distribution granulométrique des sables des unités de la coupe type étudiée à Douar Ejjebbouja Ait Ouallal

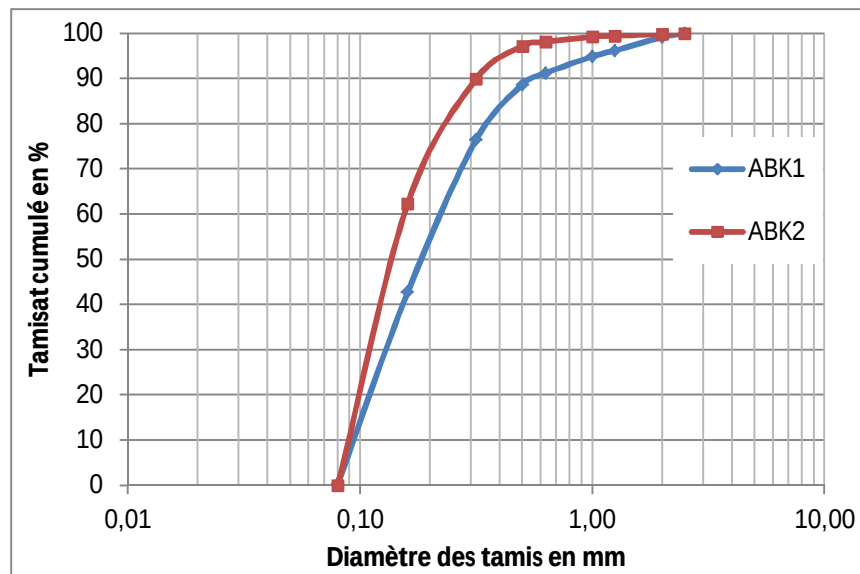


Figure. 5.6. Courbes granulométriques cumulatives des sables des unités de la coupe type de Douar Ejjebbouja Ait Ouallal

	ABK1	ABK2
Q1	0,13	0,09
Md	0,18	0,13
Q3	0,28	0,20
S0	1,46	1,41

Tableau. 5.2. Paramètres et indices granulométriques des sables des unités de la coupe type de Douar Ejjebbouja

Les deux échantillons ABK1 et ABK2 ont une médiane qui est égale respectivement à 0,18mm et 0,13 mm. L'analyse de la courbe granulométrique de l'échantillon ABK1, enregistre une valeur de 0,28 mm pour le premier quartile et 0,13 mm pour le troisième quartile. L'indice de classement ainsi calculé est égale à 1,46 en se référant au tableau 4.4, le sable est bien classé. L'analyse de la courbe cumulative de l'échantillon ABK2 montre une médiane de 0,13 mm. Les quartiles Q1 et Q3 sont respectivement égales à 0,09 mm et 0,20 mm ; l'indice de classement est égale à 1,41 ; donc ce sédiment est aussi très bien classé. Globalement il s'agit de sédiments sableux fluviaux fins bien classés caractéristiques de plaine d'inondation.

1.2. Morphologie et caractéristiques du matériel alluvial du lit fluvial

Depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri, le lit fluvial de l'Oued Beht présente une longueur réelle de 29,5 km. Il est généralement bien individualisé, car bien délimité par des berges nettes dans le paysage du fond de vallée. Et comme dans les tronçons d'amont, on distingue également ici un lit moyen représentant les écoulements de moyenne fréquence et un lit mineur où se déroule l'écoulement ordinaire.

1.2.1. Caractéristiques morphosédimentaires du lit moyen

Le lit moyen, est souvent discontinu et séparé du lit mineur par un talus à pente douce. Ce lit est relativement bien développé au niveau des berges convexes et surtout en aval des confluences avec les affluents. Il est bien individualisé, notamment entre Douar Bou Harmel et Douar Oulad Amer et à proximité de Sidi Kaddour et de Dar Fejjar (fig. 5.7, ph. 5.2 et ph. 5.3).

En effet, les berges verticales et hautes délimitant le lit fluvial, empêche le développement latéral du lit moyen. Son extension latérale est particulièrement importante seulement dans les sections du lit à berges basses et pente douce. Sa largeur moyenne est égale à 102 m, alors que les valeurs maximale et minimale sont respectivement de l'ordre de 276 m et 50 m. Lorsqu'il est bien individualisé, le lit moyen passe au lit mineur par un talus de pente moyenne de 15 à 25 degré. Ce talus, souvent discontinu, est colonisé par une végétation où dominant l'Inule visqueuse et le

Laurier rose. Sa composition granulométrique comporte les galets et les graviers en plus d'une fraction sableuse.

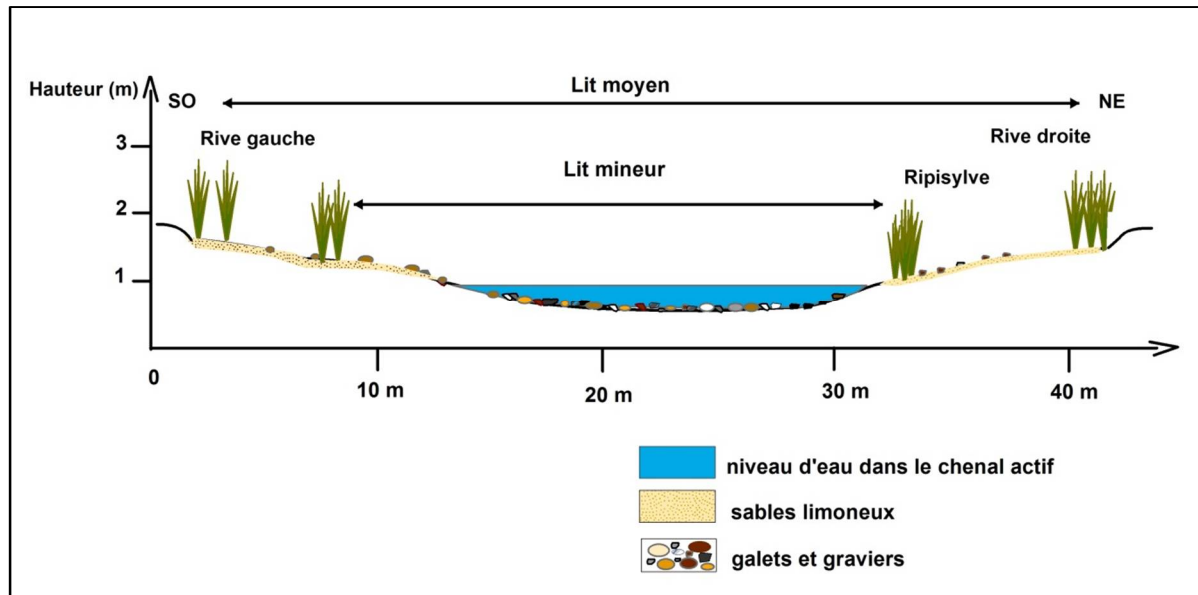


Figure. 5.7. Détail du profil en travers (A'B') schématique des lits moyen et mineur à Touaza



Photo. 5.2. Délimitation et aspects morphologiques du lit moyen à Touaza à proximité de Dar Fejjar (30/9/2015)

Nous avons effectué l'analyse granulométrique des galets du lit moyen en se basant sur la méthode de Wolman. Les résultats (fig. 5.8) montrent que le mode de la distribution correspond à la classe dont le diamètre est inférieur à 40 mm, car elle représente les 3/4 de l'ensemble des galets en présentant 76% des 100 galets étudiés. Quant à la médiane, elle est déduite à partir du tracé de la

courbe cumulative, elle présente une valeur égale à 30 mm (fig. 5.9). Le diamètre maximum (Dmax) est mesuré sur le terrain, il atteint 100 mm.

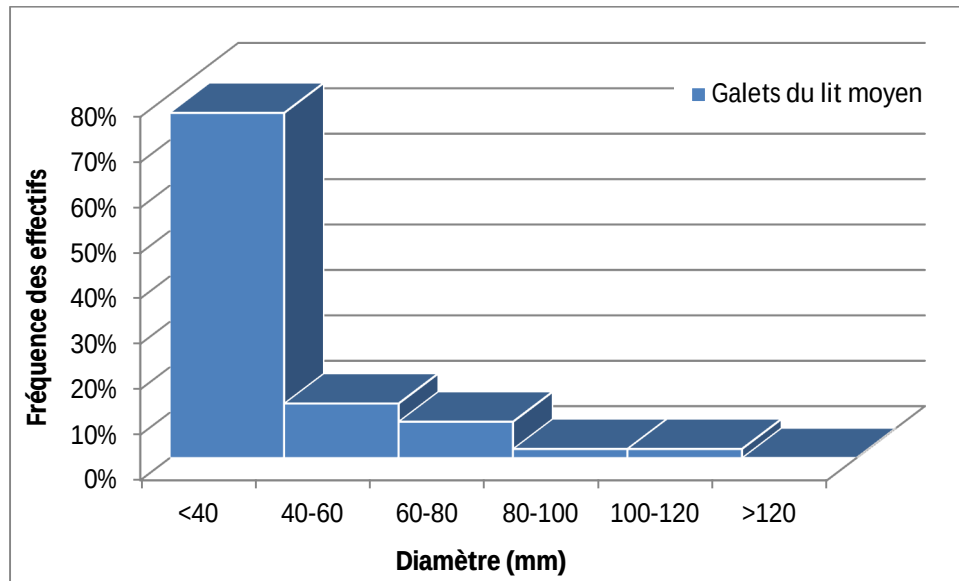


Figure. 5.8. Histogramme de fréquences relatives des dimensions des galets du lit moyen à Dar Fejjar

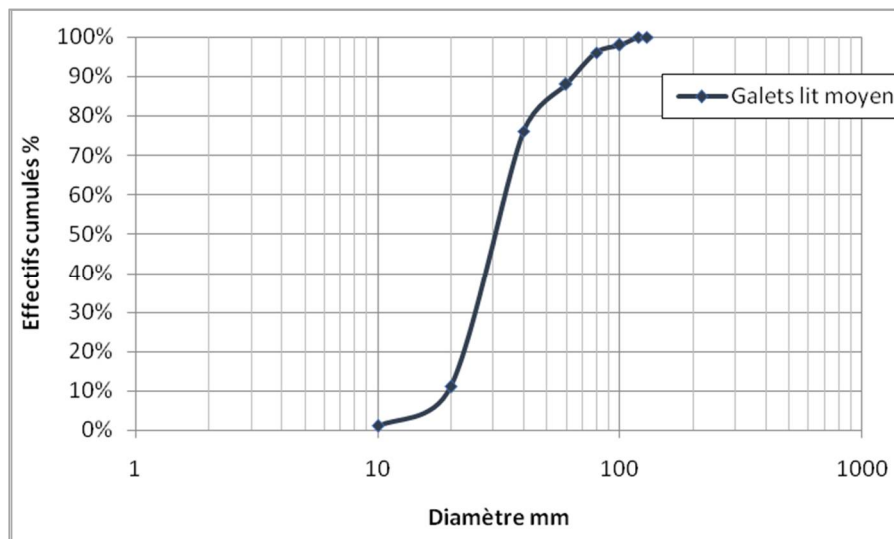


Figure. 5.9. Courbe cumulative des galets du lit moyen à Dar Fejjar

1.2.2. Caractéristiques morphosédimentaires du lit mineur

a). Morphologie

Le lit mineur est bien individualisé et se caractérise par un écoulement régularisé, normalement par les lâchées du barrage El Kansera et parcouru par l'écoulement ordinaire de l'oued (ph. 5.2). Il dessine une série de méandres avec l'indice de sinuosité qui est égal à 1,39 et d'une pente longitudinale égale à 0,92 m/km. Sa largeur est variable le long de ce tronçon de vallée ; elle atteint une valeur maximale de 235 m, mesurée au niveau des sections présentant un

engorgement local de sédiments. Dans les autres sections, la largeur du chenal se rétrécit, pour atteindre des valeurs minimales ne dépassant pas 18 m. La moyenne calculée est de l'ordre de 67 m (tab. 5.5). Le lit mineur a la particularité d'être bordé par une végétation plus ou moins dense qui le délimite du lit majeur. D'autre part, la nature des alluvions du fond du lit mineur varie le long de ce tronçon, elle est à dominante sableuse ou sablo-limoneuse, comme c'est le cas en aval de Douar Echouk (ph. 5.3) et peut devenir parfois graveleuse à galets dispersés avec matrice de sables, comme c'est le cas à Dar Fejjar (ph. 5.2) et à proximité de Touaza, en aval du canal de dérivation des eaux.



Photo. 5.3. Exemple de lit mineur à fond sableux en aval de Douar Echouk (26/12/2017)

b). Granulométrie des sables du lit mineur

Pour caractériser les sédiments sableux qui se trouvent au niveau du lit mineur du Beht nous avons analysé deux échantillons de sables. Le premier (ABK3) est prélevé du lit mineur à proximité du domaine de Beauséjour situé près de douar Ejjabbouja Ait Ouallal, alors que le deuxième (ABK4) est pris plus en aval à Dar Fejjar.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés en courbe cumulative (fig. 5.10) en se basant sur les données brutes (tab. 5.3), puis on a calculé les indices granulométriques dans le tableau (5.4).

Pour le premier échantillon (ABK3), la médiane est égale à 0,6mm, l'indice de classement de Trask est égale à 2,23 donc ce sédiment est fin et bien classé. De même l'indice d'asymétrie montre une valeur inférieure à 1, ce qui indique un très bon classement des fines. D'ailleurs la forme en S de la courbe cumulative est une forme plus ou moins régulière qui témoigne d'un stock sableux homogène et très bien classé.

Plus en aval à Dar Fejjar l'échantillon (ABK4) de sable présente une médiane de 0,25mm. Les valeurs des indices S_0 et S_K sont respectivement 1,35 et 0,74. Le premier indice montre une

valeur qui reflète un sédiment bien classé, tandis que le deuxième indice indique un très bon classement des fines.

Tamis (mm)	ABK3		ABK4	
	Masse de refus cumulé en (g)	Refus cumulé %	Masse de refus cumulé en (g)	Refus cumulé %
2,00	25,39	10,16	0,2	0,1
1,25	69,28	27,71	0,35	0,1
1,00	86,4	34,54	0,9	0,3
0,63	123,9	49,54	1,3	0,5
0,50	140,4	56,16	2,3	0,9
0,32	185,3	74,12	20,0	8,1
0,16	228,7	91,48	232,0	93,9
0,08	250,0	100	247,0	100

Tableau. 5.3. Distribution granulométriques des sables du lit mineur au voisinage de la ferme de Beauséjour et à Dar Fejjar

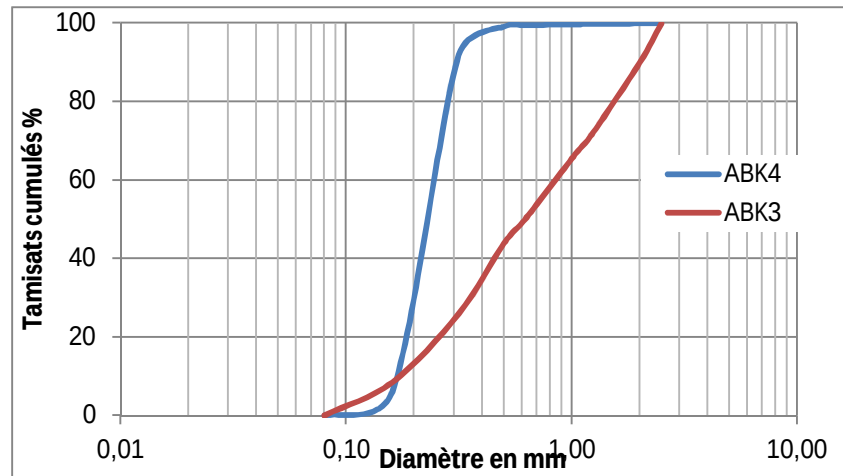


Figure. 5.10. Courbes cumulatives des sables du lit mineur en aval de barrage El Kansera (ABK3/Ferme Beauséjour, ABK4/ Dar Fejjar)

	ABK3 (D. Beauséjour)	ABK4 (Dar Fejjar)
Q1	0,26	0,16
Md	0,6	0,25
Q3	1,3	0,29
S0	2,23	1,35
SK	0,94	0,74

Tableau. 5.4. Paramètres et indices granulométriques de deux échantillons pris dans le lit mineur dans les secteurs de Beauséjour et Dar Fejjar

c). La morphométrie des méandres

Depuis l'aval du barrage El Kansera jusqu'à Dar Bel Amri, soit sur environ 29,5 km l'Oued Beht développe des méandres au sein d'une plaine alluviale plus ou moins large. Dans le secteur El Ganzra- Douar Echouk les méandres sont contraints, alors qu'ils deviennent libres plus en aval. La morphométrie a porté sur un total de 9 méandres. Les valeurs morphométriques sont relativement élevées (tab. 5.5). La longueur d'onde atteint une valeur maximale de 2028 m, une valeur minimale de 620 m et une valeur moyenne qui dépasse 1km. L'amplitude moyenne a évolué dans le même sens de la longueur d'onde. Les valeurs minimale, maximale et moyenne sont égales respectivement à 946 m, 273 m et 639 m. Quant aux rayons de courbure, leur valeur moyenne ne dépasse pas 552 m, les valeurs maximale et minimale sont respectivement égales à 576 m et 107 m.

Longueur et sinuosité du cours d'eau	Longueur réelle	29,50 km
	Longueur à vol d'oiseau	21,11 km
	Indice de sinuosité	1.38
Pente	Pente longitudinale	1,03 m/km
Largeur du lit mineur	valeur maximale	235 m
	valeur minimale	18 m
	valeur moyenne	67 m
Nombre de méandres mesurés	9	
Longueur d'onde	valeur maximale	2028 m
	valeur minimale	620 m
	valeur moyenne	1057 m
Amplitude	valeur maximale	946 m
	valeur minimale	273 m
	valeur moyenne	639 m
Rayon de courbure	valeur maximale	576 m
	valeur minimale	107 m
	valeur moyenne	252 m
Nombre des bras morts observés	5	

Tableau. 5.5. Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri

D'autre part, on note la présence de fréquents méandres abandonnés en bras morts dans la plaine alluviale et qui sont des indicateurs du paléo-fonctionnement du chenal et de sa migration latérale. Certaines de ces formes sont effacées par l'action anthropique. Néanmoins on peut observer les traces de méandres dans les zones peu affectées par l'homme, c'est le cas par exemple en amont du douar Oulad Youssef où l'on a distingué 5 bras morts sur la rive gauche.

1.3. Caractérisation des berges et de la ripisylve

1.3.1. Aspect morphologique des berges

Généralement la majorité des berges sont naturelles et se composent du sable- limoneux et se caractérisent par des fluctuations dans leur hauteur et leur pente le long du tracé de l'Oued Beht. Cependant, le linéaire des berges dans ce secteur de vallée présente une diversité longitudinale bien marquée de l'amont vers l'aval. On a pu observer la succession d'une variété de berges qui diffèrent en fonction de la pente, la hauteur et les formations végétales qu'elles supportent (pl. ph. 5.2). On va les citer selon leur organisation spatiale :

- En aval immédiat du barrage El Kansera prédominent les berges basses à pente douce, rencontrées le long de la commune d'El Ganzra et en aval de Douar Souk Tnine (pl. ph. 5.2 a et b). En se déplaçant vers l'aval, à proximité de Douar Ejjabbouja Ait Ouallal, les berges changent d'aspect car elles deviennent relativement hautes et sub-verticales dans les deux rives. En rive gauche elles sont hautes de 1,80 m (pl. ph. 5.2 d). Alors qu'en rive droite, elles sont plus basses entre 80 à 60cm de haut (planche photo. 5.6 c). Ces berges se caractérisent par une ripisylve plus ou moins denses et variée.
- A proximité de Dar Fejjar jusqu'à Dar Bel Amri, les berges ont une pente douce puis moyenne en rive droite (pl. ph. 5.2 e). Tandis qu'en rive gauche elles ont une hauteur qui ne dépasse pas 1m, elle est comprise entre 70 cm et 95cm avec une pente relativement raide. Elles sont colonisées par une ripisylve dense et par endroit clairsemée. A Dar Bel Amri les berges sont basses et à pente douce dans les deux rives (pl. ph. 5.2 f). Sur le terrain, on a constaté des berges dégradées à cause de l'érosion, des piétinements des animaux et des pratiques agricoles.

1.3.2. Caractéristiques de la ripisylve

La ripisylve est largement diversifiée dans ce secteur. Elle peut s'organiser soit en un cordon plus ou moins continu, comme elle peut être réduite à quelques espèces arbustives ou herbacées clairsemées sur le talus des berges. La ripisylve en cordon comporte deux strates, une strate arbustive dominée par le Laurier rose et le Tamarix et une autre herbacée composée en grande partie du Carex bronze, l'Inule visqueuse et du Jonc aggloméré (pl. ph. 5.3). Ce type de ripisylve est fréquent au voisinage de Douar Souk Tnine. Vers l'aval en direction de Douar Ejjabbouja, la ripisylve se présente en un corridor plus ou moins dense à formations végétales diversifiées selon les rives. La rive droite se caractérise par la coexistence de trois strates arborescente, arbustive et herbacée. La strate arborescente est dominée par le Tamarix, qui supporte les environnements salins. Elle prolifère surtout au voisinage de Oued Lmaleh affluent rive gauche du Beht. Au fur et à mesure qu'on se déplace vers l'aval et précisément à Dar Fejjar, on a constaté la diminution progressive du Tamarix et l'abondance de la strate herbacée constituée majoritairement par l'Inule visqueuse associée au Jonc aggloméré. La strate arbustive est dominée par le Laurier rose qui est l'espèce la plus fréquente.

Lorsque la berge est bien développée, elle est subdivisée en pied et en talus. Au niveau de laquelle on a pu identifier une zonation végétale transversale. Au pied de la berge se développe une formation herbacée dominée par l’Inule visqueuse et le Jonc aggloméré alors qu’en haut de la berge réside la strate arbustive du Laurier et du Tamarix.



a-Berges à pente douce près de la commune d’El Ganzra (8/1/2017)



b-Berges à pente douce dans les deux rives au voisinage de la ferme de Beauséjour (27/12/2017)



c-Berge haute et à pente moyenne rive droite en aval de Douar Bouharmel (8/1/2017)



d-Berge haute, subverticale en rive gauche à Ejjaabbouja Ait Ouallal (8/1/2017)



e-Berge à pente douce puis moyenne rive droite à Dar Fejjar (30/9/2015)



f-Berges à pente douce à Dar Bel Amri (8/10/2018)



a/ Le Laurier rose en rive droite du Beht à Souk Tnine (8/1/2017)



b/ Le Carex et le Tamarix en rive droite du Beht en aval de Douar Bouharmel (26/12/2017)



c/ Le Junc aggloméré au voisinage de la ferme de Beauséjour (8/1/2017)



d/ L'Inule visqueuse à Touaza (30/9/2015)

Planche photos. 5.3. Ripsisylves des berges du Beht en aval du barrage El Kansera

2. La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht entre Dar Bel Amri et Mograne

2.1. Morphologie et remplissage sédimentaire de la plaine alluviale

2.1.1. Description générale

La plaine alluviale du Beht de Dar Bel Amri à Mograne, s'est développée entièrement dans la partie méridionale de la plaine subsidente du Gharb. Il importe de rappeler ici que depuis sa formation, la plaine du Gharb apparaît comme une cuvette subsidente depuis le Miocène supérieur et pendant tout le Quaternaire (G. Bryssine et al., 1966). Le substratum du remplissage Plioquaternaire est représenté par une épaisse formation marneuse d'âge Miocène supérieur et Pliocène moyen (fig. 5.11). Le Pliocène supérieur comporte trois principaux faciès : des conglomérats d'origine fluvio-estuariens à l'entrée du bassin vers l'est, des sables et des grès marins dans la partie centrale, et des calcaires bioclastiques littoraux sur la bordure côtière. Le Quaternaire

débute par une sédimentation littorale composée de biocalcarénites de sables et de grès dunaires qui n'intéressent que la frange côtière. Le reste du bassin est occupé par une sédimentation continentale caillouteuse interstratifiée de niveaux limono-argileux (M. Kili et al., 2008).

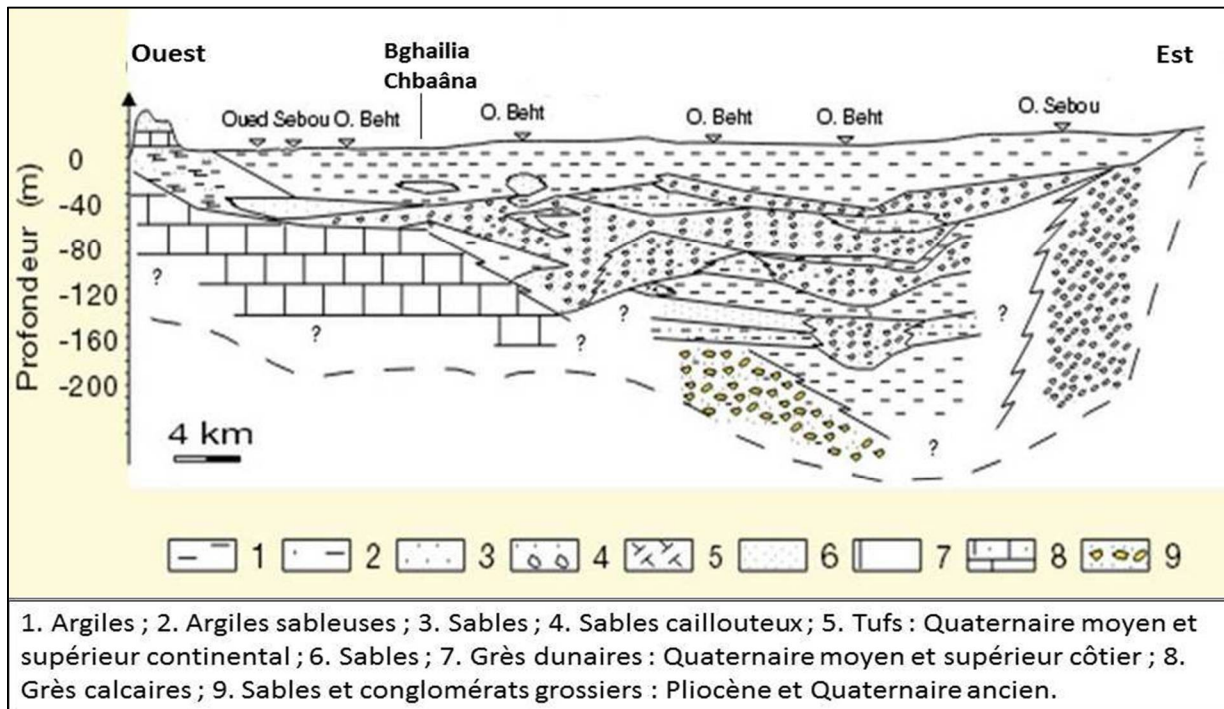


Figure. 5.11. Coupe géologique schématique de la plaine du Gharb, montrant la structure du remplissage alluvionnaire hérité du Quaternaire, ainsi que les sédiments argileux récents et la position des méandres du Beht en surface (inspiré de M. Kili et al., 2008 modifié)

En surface, le fait morphologique marquant réside dans la curieuse position du lit de l'Oued Beht par rapport à la plaine alluviale. Le long du cours d'eau les berges correspondent aux points hauts et la topographie de la plaine se décompose en levées naturelles, en bas fond mal drainé et en glacis en pente douce qui raccordent ces éléments. Cette organisation hydromorphologique de surface s'est réalisée principalement au cours du Gharbien (J. Le Coz, 1964).

Dans ce contexte géomorphologique, sur le plan topographique, la plaine du Beht se présente en une vaste surface plane et de très faible pente, surplombant le lit mineur de 4 à 6 mètres. Elle est caractérisée par une diminution progressive de son altitude tout en se rapprochant du centre de la plaine du Gharb. A Sidi Slimane son altitude est de l'ordre de 25 m, alors qu'au fur et à mesure qu'on se rapproche de la zone centrale l'altitude diminue pour atteindre seulement 5m en aval de Douar El Lhafari Lâlama. Il s'agit ici d'une plaine alluviale sans limites externes nettes ; mais elle est marquée par l'existence de bourrelets bien développés de levées naturelles qui sont parallèles au tracé du lit du Beht, et se développant sur les deux rives depuis Dar Bel Amri jusqu'à l'amont du canal de Lmarja Lakbira, près du Doaur Lhafari Lâlama (fig. 5.12). Ces levées naturelles qui se dégagent bien dans le paysage, se raccordent à la plaine par des glacis en pente douce comme l'avait déjà décrit J. Le Coz (1964). Leur largeur n'est pas uniforme, elle s'épanouie

au nord de Sidi Slimane sur 5km de large, puis se rétrécit pour atteindre 3km, au voisinage de Dar El Gueddari; elle s'élargit de nouveau pour atteindre 6 km de large. Enfin, elle s'atrophie jusqu'à disparition totale au voisinage de Doaur Lhafari Lâlama.

Comme on l'avait signalé dans le chapitre 3, le Beht draine sa plaine dans ce tronçon en façonnant de grands méandres libres, qui sont interrompus au niveau du canal artificiel de drainage de la Merja Lakbira. Nous allons voir dans le chapitre 6 qui traite l'anthropisation de l'espace, que l'étendue et la fertilité des levées naturelles ainsi que de la plaine alluviale ont joué un rôle capital dans la vocation agricole du Bas Beht en cultures industrielles.

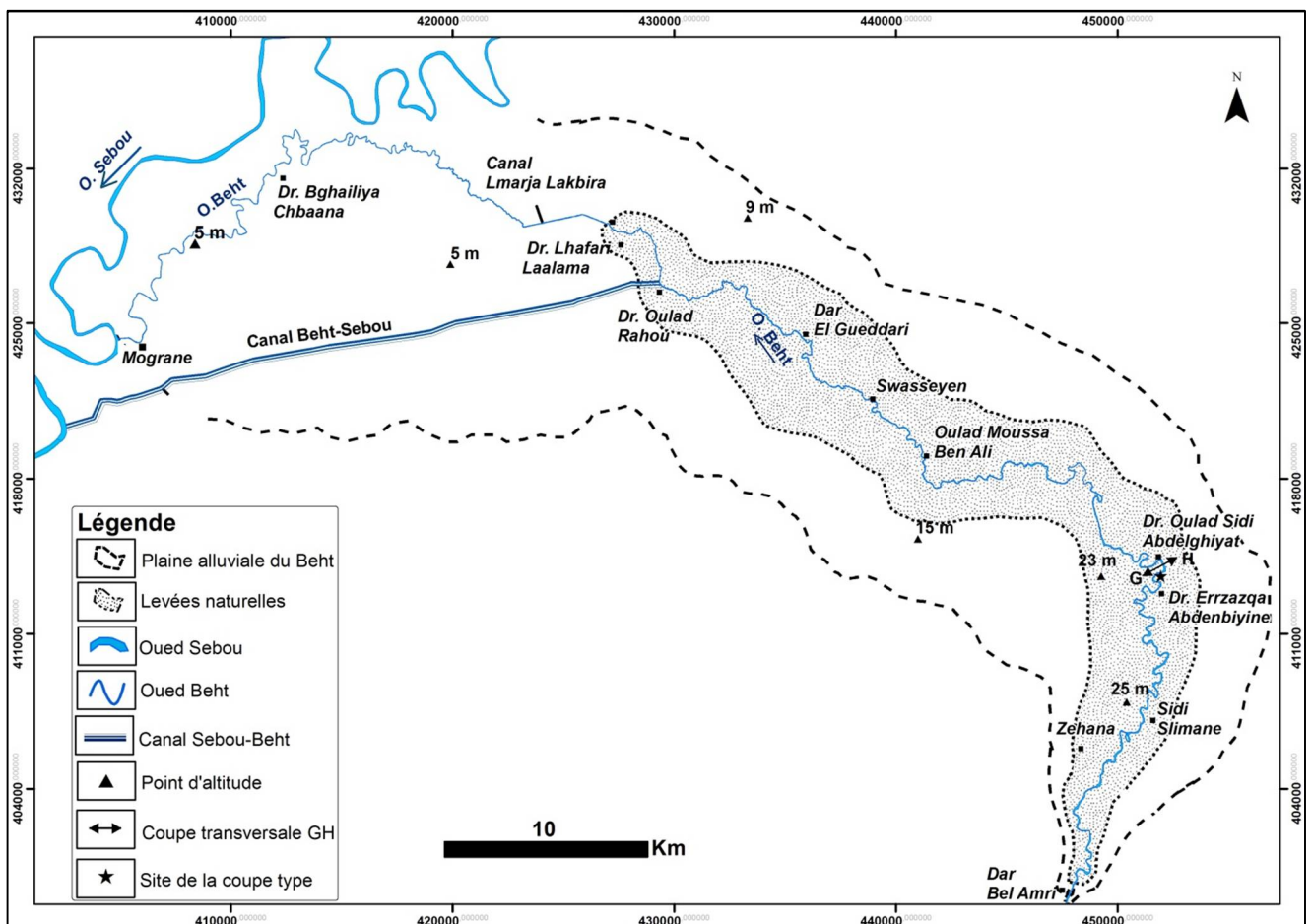


Figure. 5.12. Croquis simplifié montrant l'extension de la plaine alluviale du Beht depuis Dar Bel Amri jusqu'à la confluence avec le Sebou à Mograne (inspiré de J.Le Coz, 1964, modifié)

L'analyse du profil en travers de la plaine alluviale en amont du Douar Oulad Sidi Abdelghiyat, près de la ferme Hakamat (fig. 5.13, fig. 5.14), nous a permis de mettre en évidence la présence d'un fond relativement étroit longé par le lit du Beht, dominé par des levées naturelles de 5 à 6 mètres de haut, dont le raccordement est assuré par un talus à pente plus ou moins douce.

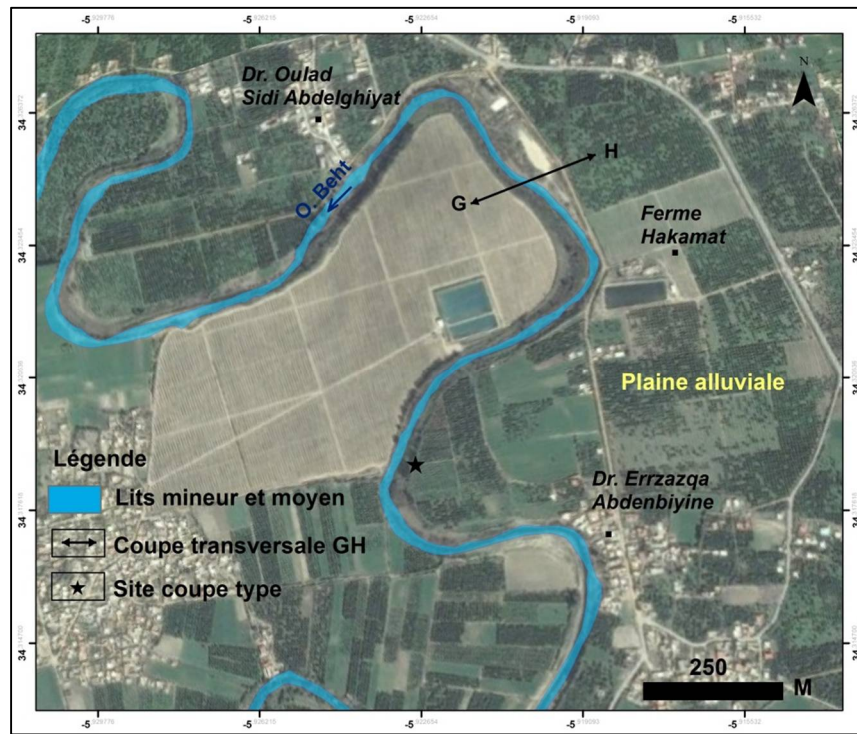


Figure. 5.13. Situation de la coupe en travers de la plaine du Beht, en amont de Douar Oulad Sidi Abdelghiyat (image Google Earth 13/2/2014)

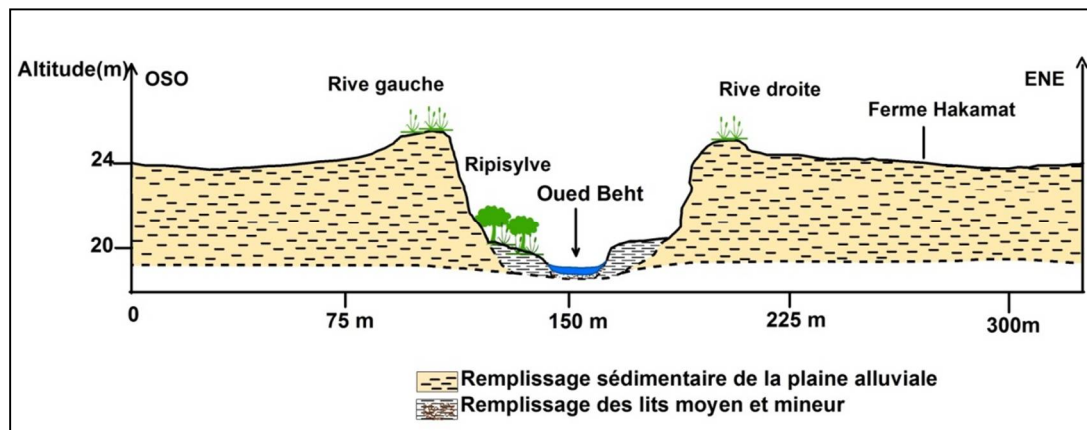


Figure. 5.14. Coupe transversale montrant la structure générale de la plaine alluviale et des levées naturelles du Beht dans le secteur du Douar Oulad Sidi Abdelghiyat

2.2. Caractéristiques du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et des levées naturelles

La plaine alluviale et les levées naturelles sont formées essentiellement par un dépôt fin argileux ou limono-argileux, caractérisé par la rareté voire l'absence d'éléments grossiers de galets et graviers. En parcourant le terrain d'étude, on a observé plusieurs coupes sur les bords du lit fluvial, nous en donnons ci-dessous un exemple

2.2.1. Description de la coupe – type

La coupe type qu'on a choisie d'analyser est située à Douar Errzazqa Abdenbiyine ($X=5^{\circ}55'6.65''O$, $Y=34^{\circ}19'28.56''N$). D'une épaisseur d'environ 5m, elle comporte deux unités visibles (ph. 5.4, fig. 5.15).

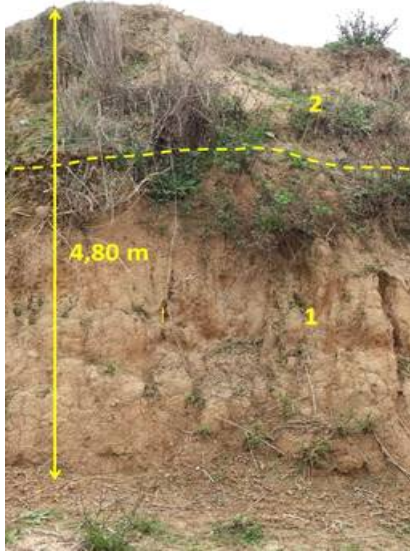


Photo. 5.4. Coupe type de la plaine alluviale du Beht à Douar Errazqa Abdenbiyine (31/1/2018)

- Unité 1 : c'est l'unité basale qui est caractérisée par des éléments fins de nature limono-argileuse. Elle est de couleur grise légèrement foncée qui convient au code (7,5 YR 5/1) selon la charte de Munsell. Son épaisseur varie entre 2,50 m et 3,50 m.
- Unité 2 : elle correspond à l'unité sommitale, de nature sablo-limoneuse et à texture plus grossière (planche photo. 5.9.c). Cette unité est de couleur gris rosé qui convient au code (7,5 YR 6/2) selon la charte de Munsell. Son épaisseur varie entre 1,50 m et 2 m.

Ces deux unités supportent des sols de type Dhess, qui correspondent aux sols peu évolués. Il s'agit de Dhess sablo-limoneux qui convient au Dhess dit « léger », ou de Dhess limono-argileux correspondant au Dhess dit « lourd ».

Coupe - type	Description des faciès	
	Unités	
	Unité 2 : -Unité sommitale à faciès limono-sableux; - Stratification horizontale très discrète, -Code Munsell 7,5 YR 6/2 Echantillon : PG2	
	Unité 1 : -Unité basale à faciès limo-argileux - caractérisée par l'existence de petites cannelures lui donnant une structure striée -Stratification horizontale parfois masquée, l'abondance des cavernes qui signales la dissolutions des poches calcaires. -Code Munsell 7,5 YR 5/1 -Echantillon : PG1	

Figure. 5.15. La coupe-type de la plaine alluviale dans la plaine du Gharb au voisinage de Douar Errazqa Abdenbiyine

2.2.2. Analyse granulométrique des sédiments

Un échantillon prélevé dans l'unité sommitale du remplissage de la plaine alluviale, est soumis à une analyse granulométrique par tamisage. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 5.6 et en courbe cumulative (fig. 5.16). Ils montrent que 80% de sables sont de type fins, la médiane de la distribution granulométrique est égale à 0,13mm. Le calcul de l'indice de classement S_0 donne une valeur égale à 1,26 ce qui indique qu'il s'agit bien d'un sédiment fluviatile bien classé. L'indice d'asymétrie prend une valeur de l'ordre de 0,94 ce qui renvoie à un classement maximum vers les fines (tab. 5.7).

Tamis (mm)	Echantillon PG2	
	Masse de refus cumulé en g	Refus cumulé %
2,00	0,3	0,1
1,25	0,5	0,2
1,00	1	0,5
0,63	1,7	0,8
0,50	2,3	1,1
0,32	5,6	2,7
0,16	54,0	26,8
0,08	204,0	100

Tableau. 5. 6. Distribution granulométriques des sables de l'unité sommitale de la plaine à Douar Errazqa Abdenbiyine

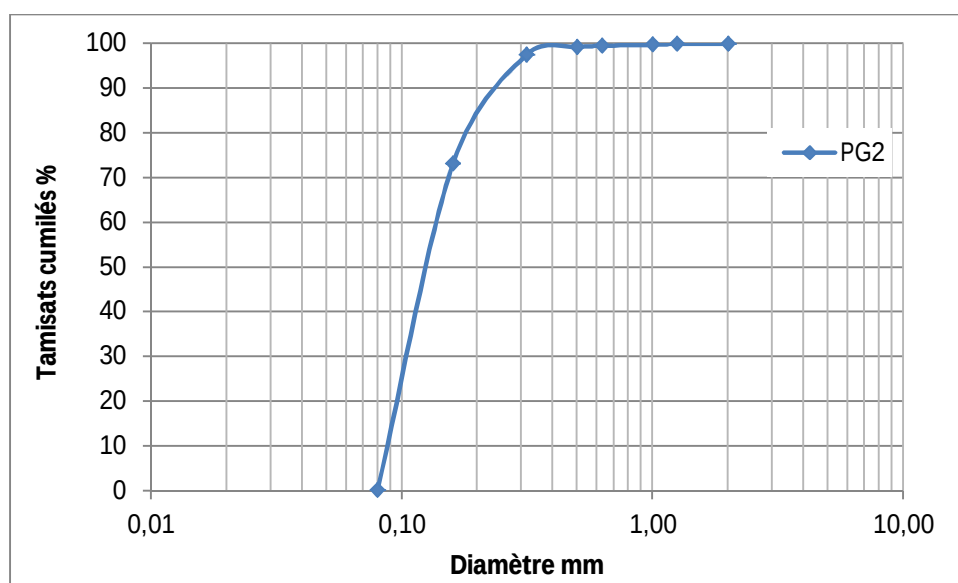


Figure. 5.16. Courbe cumulative des sables de l'unité sommitale de la plaine alluviale à Douar Errazqa Abdenbiyine

Paramètres granulométriques	PG2
Q1	0,10
Md	0,13
Q3	0,16
Indice de classement S0	1,26
Indice d'asymétrie SK	0,94

Tableau. 5.7. Quartiles et indices des sables de l'unité sommitale de la plaine alluviale à Douar Errazqa Abdenbiyine

Les résultats granulométriques montrent donc des sables fins avec un bon classement ; ce sont des sables fluviaux issus de la suspension des inondations. Ces sables sont comparables avec ceux de la coupe étudiée en amont à proximité du Douar Ejabbouja Ait Ouallal.

2.3. Les caractéristiques du lit fluvial du Bas Beht

Après avoir traversé la plaine alluviale depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri, Oued Beht rejoint et passe dans la plaine du Gharb, proprement dite. Le cours d'eau traverse cette plaine sur une distance réelle de 110 km environ. Il forme ici un lit fluvial à chenal unique avec des méandres libres de plaine alluviale très large. Ces méandres ont la particularité d'être ceinturés par une bande de levées naturelles qui, à partir de Dar Bel Amri, s'est dégagée en frange où se développent des sols de type Dhess ; cette bande de levées s'épanouit d'avantage depuis Sidi Slimane sur 5 km de large pour atteindre 6 km de large à Dar El Gueddari. A partir de douar Lahfari Lâlama, cette bordure de levées ne s'exprime pas dans le paysage.

De façon générale, l'observation géomorphologique du lit du Beht entre Dar Bel Amri et Morgane nous a permis de distinguer deux tronçons : le tronçon Dar Bel Amri- Douar Lahfari Lâlama et le tronçon Lahfari – Morgane (fig. 5.12).

2.3.1. Le lit fluvial depuis Dar Bel Amri à Douar Lahfari Lâlama

a). Aspect morphologique

Notons que dans ce tronçon il est difficile de faire distinction entre lit mineur et lit moyen, puisque le cours d'eau se présente généralement en chenal unique méandrisant et encadré par des berges hautes et subverticales, portant des levées bien distinctes dans le paysage (pl. ph. 5.4).



a-Le lit fluvial du Beht à Sidi Slimane (8/11/2018)



b-Le lit fluvial du Beht à Dar El Gueddari (22/2/2018)

Planche photos. 5.4. Aspect morphologique du lit fluvial du bas Beht à Sidi Slimane et Dar El Gueddari
a/ le lit est en chenal unique méandrique ; b/ il est bordé par des berges hautes supportant des levées naturelles.

Sur ce tronçon, le chenal développe des méandres depuis Dar Bel Amri jusqu'au Douar Lhafari Al Alama, soit sur une longueur réelle de 71,5 km (fig. 5.17 ; fig. 5.18). Les données des mesures morphométriques effectuées sur 44 méandres sont présentées dans le tableau 5.8.

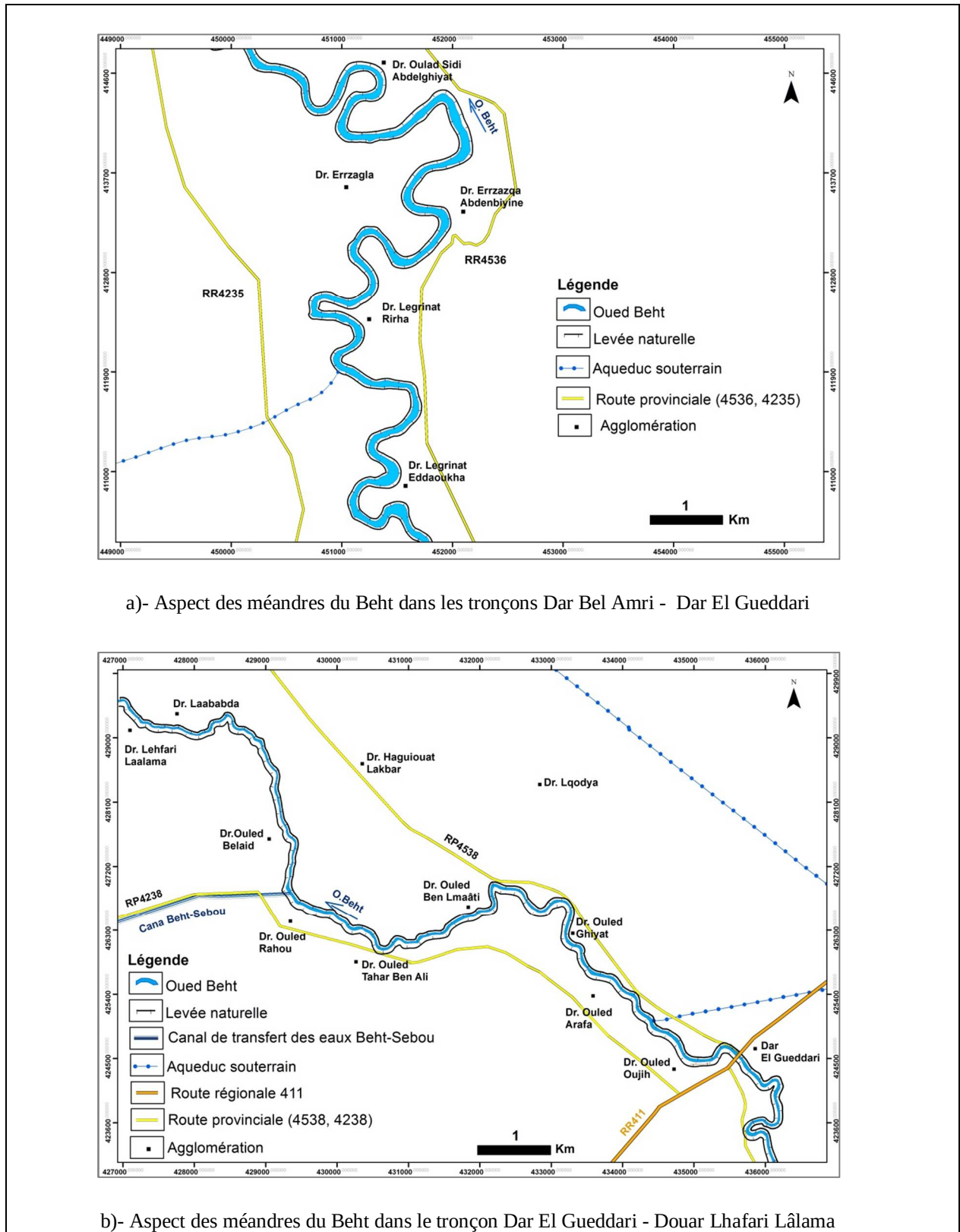


Figure. 5.17. Aspect du lit fluvial et méandres du Beht dans les tronçons Dar Bel Amri - Dar El Gueddari (a) et Dar El Gueddari - Douar Lhafari Lâlama (b) (inspiré des cartes topographiques de Sidi Slimane et Dar El Gueddari 1/25000)



a)-Exemple de méandres dans le tronçon Dar Bel Amri – Dar el Gueddari (cas d’Errzazqa Abdenbiyine)



b)- Exemple de méandres dans le tronçon Dar El Gueddari, - Douar Lhafari Lâlama (cas de Douar Oulad Ghiyat)

Figure 5.18. Aspect morphologique des méandres libres du bas Beht entre Dar Bel Amri et Douar Lahfari Lâlama (image google et date 20/2/2014)

L'indice de sinuosité est égal à 1,45. La largeur du lit mineur atteint une valeur maximale d'environ 100 m, sa valeur minimale est égale à 16 m, la moyenne est de l'ordre de 43m. La longueur d'onde maximale des méandres atteint 928 m, tandis que la valeur minimale est égale à 241 m, quant à la longueur d'onde moyenne elle est de l'ordre de 533 m. Concernant les amplitudes, la valeur maximale est égale à 866 m, alors que la minimale ne dépasse pas 117 m, l'amplitude moyenne est égale à 424 m. Le rayon de courbure atteint une valeur maximale de 433 m, une valeur minimale de 58 m et une valeur moyenne de 124 m. La pente longitudinale du lit est faible (0,36‰).

Tronçon du Beht en amont du canal de drainage		
Longueur et sinuosité du cours d'eau	Longueur réelle	71,5 km
	Longueur à vol d'oiseau	49 km
	Indice de sinuosité	1.45
Pente	Pente longitudinale	0,36 m/km
Largeur du lit mineur	valeur maximale	99 m
	valeur minimale	16 m
	valeur moyenne	43 m
Nombre de méandres mesurés	44	
Longueur d'onde	valeur maximale	928 m
	valeur minimale	241m
	valeur moyenne	533 m
Amplitude	valeur maximale	866 m
	valeur minimale	117 m
	valeur moyenne	424 m
Rayon de courbure	valeur maximale	433 m
	valeur minimale	58 m
	valeur moyenne	142 m

Tableau. 5.8. Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht depuis Dar Bel Amri à Doaur Lahfari Lâlama

Dans ce tronçon du cours inférieur du Beht, les méandres libres sont en fait dans différents stades de développement. On rencontre ceux qui ont atteint des stades avancés de développement et d'évolution ; c'est-à-dire ont une forme très sinueuse et dont les amplitudes sont beaucoup plus importantes que les longueurs d'onde. Ce type est observé notamment entre Sidi Slimane et Douar Oulad Sidi Abdelghiyat. Comme on trouve des méandres peu évolués ou l'amplitude et la longueur d'onde peuvent avoir des valeurs comparables. Ce type est développé surtout depuis l'aval de Douar Oulad Sidi Abdelghiyat jusqu'à Doaur Lahfari El Alama.

b). Analyse granulométrique des sédiments du lit fluvial

Depuis l'aval de Sidi Slimane la fraction grossière (galets et graviers) est de plus en plus réduite dans le lit mineur. Le fond du lit conserve principalement des sédiments fins qui par endroit et parfois peut comporter des passages graveleux. Même si il existe, elle est confinée en dessous des limons et sables. Dont le remplissage comporte essentiellement par les sables et les limons. Au voisinage de Dar El Gueddari le lit mineur est sablo-limoneux d'où on a choisi d'effectuer des prélèvements pour analyser les sables du lit mineur.

L'analyse granulométrique de sable prélevé dans le lit mineur à Dar El Gueddari (DG), permet de déduire une médiane de 0,50 mm. L'indice de classement de Trask est égale 0,72 mm, donc ce sédiment est très bien classé. De même l'indice d'asymétrie montre une valeur supérieur à 1 qui est égale à 1,34, ce qui indique un très bon classement des grossiers au profit des fines. La forme de la courbe cumulative (fig. 5.19) est une forme plus ou moins régulière, qui témoigne d'un stock sableux hétérogène composé de particules grossières et de particules fines.

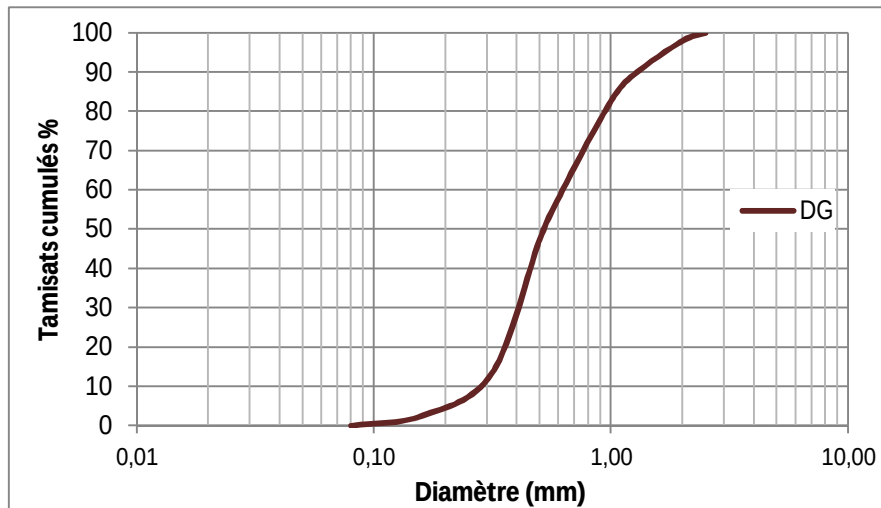
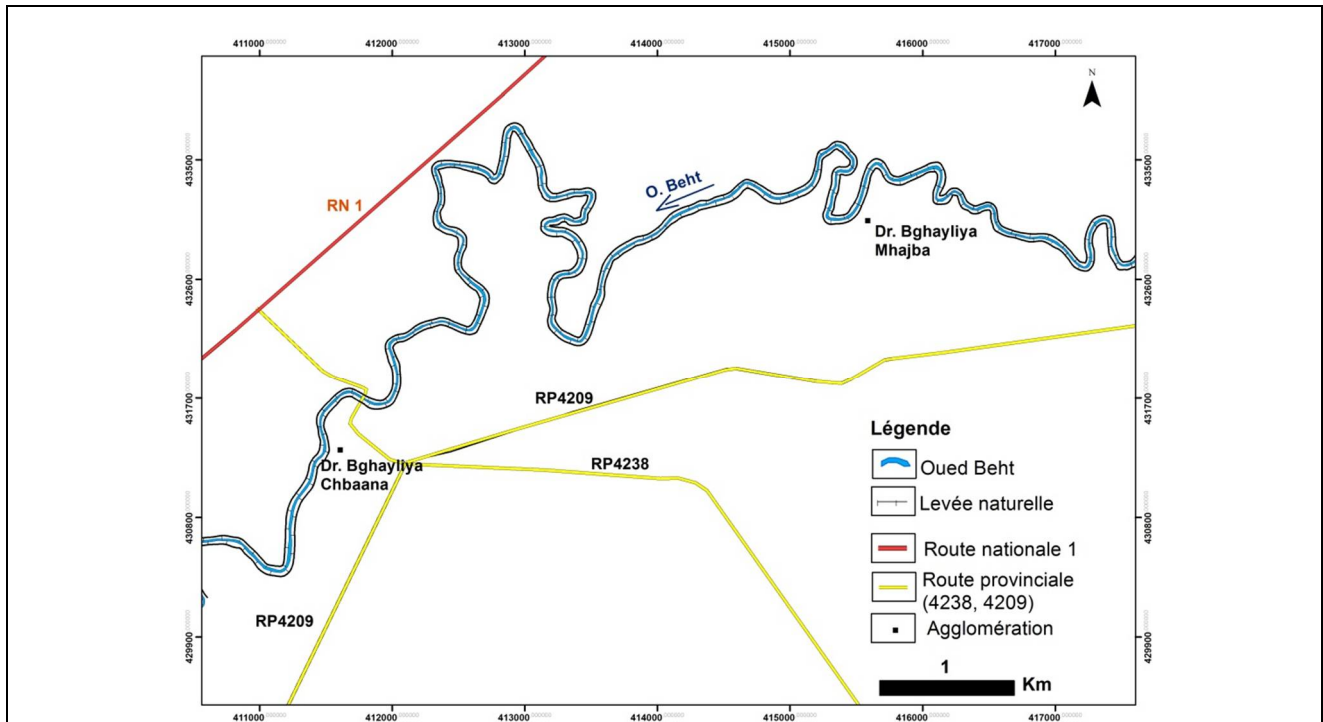


Figure. 5.19. Courbe cumulative des sables du lit mineur du Beht à Dar El Gueddari

2.3.2. Le lit fluvial depuis le canal de Lmarja Lakbira à Mograne

En aval du canal de drainage artificiel de Lmarja Lakbira Oued Beht parcourt la basse plaine alluviale pour confluer finalement avec Oued Sebou à Mograne. Dans cette partie distale le lit fluvial est en chenal unique méandrisant sur une longueur réelle égale à 39 km, et présente une forte sinuosité de 1,77 (fig. 5.20 et pl. ph. 5.5). Rappelons que dans ce secteur un canal artificiel a été réalisé durant les années 1927 et 1940 pour le franchissement de Lmarja Lakbira, une vaste dépression marécageuse, et dans le cadre des aménagements d'assainissement de la plaine du Gharb. Dans ce tronçon, le Beht développe un style de méandres libres dans une plaine alluviale fortement exploitée. On n'y distingue pas de levées naturelles bien différenciées dans le paysage.

En fait dans ce tronçon l'évolution des méandres est très lente et la dynamique naturelle des berges et du chenal est amplement influencée par l'intensification des pratiques agricoles.



a)-. Aspects des méandres libres du Beht dans le tronçon Lmarja Lakbira – Mograne (cas des douars Bghaylia en amont d Morgane) (inspiré la carte topographique de Qaryet Zaaytrate 1/25000)



b)-. Exemple des méandres libres du Beht à forte sinuosité (cas de Dkhali en amont de Douar Bghailia) (inspiré de L'image Google 20/2/2014)

Figure 5.20. Aspects des méandres libres du Beht dans le tronçon Lmarja Lakbira – Mograne (cas du secteur des douars Bghailia en amont de Morgane)

Sur le plan morphologique, en aval du tronçon canalisé, le Beht a développé une série de méandres libres qui sont au nombre de 22. Après mesures, les données morphométriques obtenues

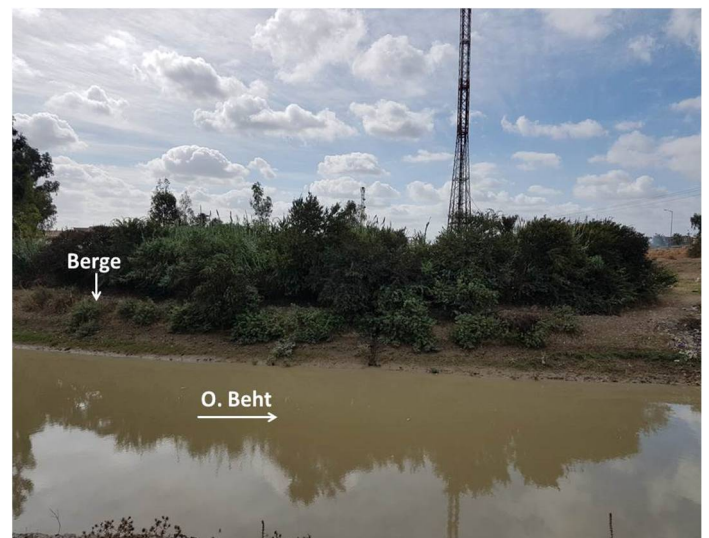
(tab. 5.9), montrent que la largeur maximale du lit fluvial ne dépasse pas 27 m, alors que la valeur minimale est de l'ordre de 9 m et la valeur moyenne est égale à 17m. Les méandres se caractérisent par une longueur d'onde ayant une valeur moyenne de 510 m, alors que les valeurs minimale et maximale sont respectivement de l'ordre de 657 m et 208 m. L'amplitude a comme valeur moyenne 450 m, la valeur minimale ne dépasse pas 200m, tandis que la valeur maximale est de l'ordre de 882m. Quant au rayon de courbure, ses valeurs moyenne, minimale et maximale sont respectivement égales à 263 m, 175 m et 442 m. La pente longitudinale devient ici très faible (0,07‰), ce qui explique les fortes sinuosités.

Longueur et sinuosité du cours d'eau	Longueur réelle	39 km
	Longueur à vol d'oiseau	22km
	Indice de sinuosité	1,77
Pente	Pente longitudinale	0,07 m/km
Largeur du lit mineur	valeur maximale	27 m
	valeur minimale	9 m
	valeur moyenne	17 m
Nombre de méandres	22	
Longueur d'onde	valeur maximale	657m
	valeur minimale	208m
	valeur moyenne	510 m
Amplitude	valeur maximale	882 m
	valeur minimale	199m
	valeur moyenne	450m
Rayon de courbure	valeur maximale	442 m
	valeur minimale	107 m
	valeur moyenne	252 m

Tableau. 5.9. Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht en aval de Douar Lhafari Lâlama



a-.. le lit du Beht à Bghailia Chbaâna



b-. le lit du Beht à Mograne

Planche photos. 5.5. Aspects morphologiques du lit fluvial du bas Beht à Bghailia et à Mograne (21/10/2018)

2.4. Caractérisation des berges et de la ripisylve

2.4.1. Aspects morphologiques des berges

Le linéaire des berges dans ce secteur de vallée du cours inférieur du Beht présente une diversité longitudinale bien marquée de l'amont vers l'aval. Les berges diffèrent en fonction de la pente, la hauteur et les formations végétales qu'elles supportent (pl. ph. 5.6). Sachant bien que la pente d'une berge peut présenter une valeur extrêmement fluctuante sur une très courte longueur (O. Geffray et S. Kaupe, 2012).

En aval de Dar Bel Amri, on a rencontré des berges basses aussi bien en rive droite qu'en rive gauche. Présentant une pente fluctuante entre la pente douce avec des valeurs inférieures à 30° et des pentes moyennes de l'ordre de 35° et 40°. Ce sont des berges naturelles qui sont érodées en particulier au niveau de rives concaves des boucles de méandres. En se déplaçant vers l'aval, particulièrement à Sidi Slimane, on a rencontré en plus des berges à pente moyenne, les berges subverticales (planche photo. 5.10 a). Au Douar Errzazqa Abdenbiyine, les berges de rive droite sont basses sub-verticales ayant une hauteur qui peut atteindre 1 m (pl. ph. 5.6 b). En rive gauche les berges s'organisent en un talus à pente moyenne d'environ 40°. En se rapprochant de Dar El Gueddari, le tracé en long des berges est dominé par les berges basses verticales ayant une hauteur qui fluctue entre 40 et 80 cm (pl. ph. 5.6c).

En aval de Dar El Gueddari, à proximité de Douar Oulad Arafa les berges ont une pente relativement forte 65°, elles sont dépourvues de ripisylves en particulier en rive gauche (pl. ph. 5.6d). Comme elles présentent des traces de piétinements des troupeaux. En revanche, les berges de la rive droite ont une pente moyenne (environ 35°).

Plus en aval à Douar Laâssakriya en rive droite et à douar Lhafari Lâlama rive gauche on a rencontré des berges basses ayant une hauteur inférieure à 50 cm et d'une pente douce (environ 15°), aussi bien en rive droite qu'en rive gauche (pl. ph. 5.6 e)

Depuis Labghailiya Chbaâna à Mograne, les berges sont relativement hautes 70 cm de haut et de pente moyenne et se différencient au niveau de la ripisylve. Du fait qu'à Labghailiya Chbaâna les berges se présentent en un talus incliné de pente moyenne de 45°(pl. ph. 5.6 f).

Cependant, de façon générale, la majorité des berges sont naturelles et se composent du sable-limoneux ou de limons et argiles –sableux ; elles se caractérisent par des fluctuations dans leurs hauteur et leur pentes le long du tracé de l'Oued Beht.



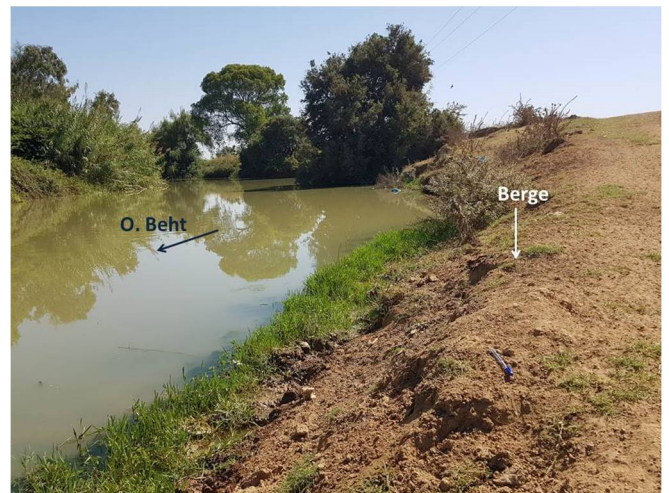
a./Berges à pente moyenne rive droite, à Sidi Slimane (1/5/2013)



b./Berges à pente faible en rive gauche, à Douar Errazqa Abdenbiyine (31/01/2018)



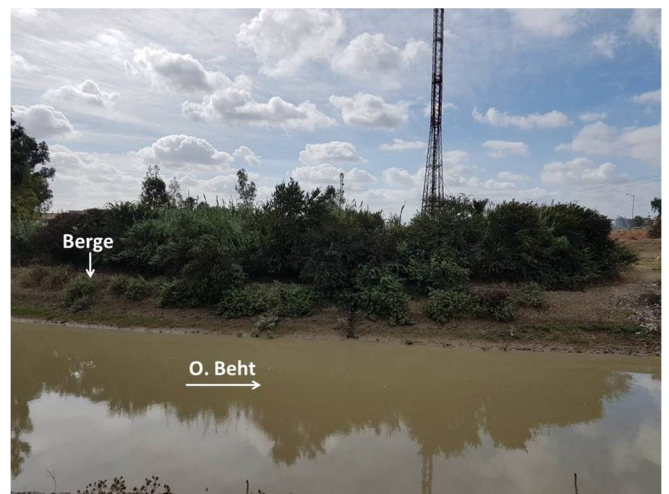
c./Berge subverticale en rive droite, à Dar El Gueddari (22/2/2018)



d./Berge à pente moyenne rive gauche, à Oulad Arafa (25/10/2018)



e./Berge à pente moyenne rive gauche, en rive droite à Douar Lhafari Laalama (25/10/2018)



f./Berge à pente moyenne rive droite, Coopérative Youssoufia, à Mograne (21/10/2018)

Planche photos. 5.6. Exemples de paysage des berges du Beht depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri

2.4.2. Caractéristiques et types de la ripisylve

Dans la plaine du Gharb, la végétation des bords des oueds forme le plus souvent des ripisylves hydrophiles à Tamarix et Vitex (G, Bryssine et al., 1966). Sur les berges du cours inférieur du Beht, s'est développée une ripisylve à formations végétales diverses. Y compris les strates arbustives, herbacées et une strate de graminées. On dénote la variété en termes de formations végétales et d'extension spatiale de ces différentes strates le long du tracé des berges. En gros, on a subdivisé la ripisylve du bas Beht en deux catégories :

i)- La première catégorie correspond à une ripisylve dense et variée, ou on voit la coexistence de deux strates arbustive et herbacées. La strate arbustive est composée essentiellement du *Tamariscus gallicus* (tamarix), de *Ricinus communis* (le Ricin) et de *Robinia pseudoacacia* (le Robinier faux acacia). En ce qui concerne la strate herbacée, elle est très répandue en présentant une variétés de graminées tels les *Phragmites australis* connus par les roseaux sauvages, les *Salicaires*, les *Carex comans* (le Carex bronz. Ces deux strates s'organisent en un corridor relativement compact reflétant une trame verdoyante au pourtour du Beht. Ce type de ripisylve est bien illustré par exemple au voisinage du douar Oulad Arafa (pl. ph. 5.7a) et à Mograne (pl. ph. 5.7b). A Sidi Slimane, la ripisylve est discontinue le long des berges. Du fait qu'on a rencontré des berges à ripisylve dense et bien développée comme c'est dans la rive droite à Douar Khouribga (pl. ph. 5.7c). Alors que plus en aval, on a rencontré des berges à ripisylve réduite aux espèces herbacées tels les *Salicaires*, les *Carex comans* (le Carex bronz), *Dittrichia viscosa* (l'Inule visqueuse).

ii)- La deuxième catégorie convient à une ripisylve réduite à une ou deux espèces arbustive tel que le Tamarix et par endroit le Robinier faux acacia comme c'est le cas à Douar Rzazqa qui est situé en aval de Sidi Slimane (pl. ph. 5.7d). Ici on a rencontré en plus du Tamarix une strate herbacée composée d'une variétés de graminées tels les *Phragmites australis* connus par les roseaux sauvages, les *Salicaires*. On a remarqué l'alternance de berges à ripisylve clairsemée et d'autres berges dépourvues de ripisylves au voisinage de Douar Labghailiya Chbaâna asylvatiques (pl. ph. 5.7e). Ici, les berges à ripisylve sont dominées par quelques bouquets dispersés de *Dittrichia viscosa* (l'Inule visqueuse). Par contre en se rapprochant de la commune de Mograne, on dénote la présence d'une ripisylve dense et bien développée sur les talus des berges à pente moyenne.



a- *Tamariscus*, *Robinia pseudoacacia* et *Ricinus communis*, rive du Beht à proximité de Douar Oulad Arafa (5/10/2018)



b- *Tamariscus*, *Ricinus communis* et Roseau Commun en rive gauche du Beht, coopérative El Youssoufia à Mograne (15/10/2018)



c- *Tamariscus gallicus*, Roseau et *Robinia pseudoacacia* en rive droite au voisinage de Douar Khouribga (1/5/2013)



d- *Tamarix* et Graminées en rive gauche du Beht à Douar Errzazqa Abdenbiyine (31/1/2018)



e- Les bouquets clairessemés de l'Inule visqueuse *Dittrichia viscosa* en rive droite à douar Labghailiya Chbaâna (15/10/2018)

Planche photos. 5.7. Diversité de la ripisylve des berges du cours inférieur du Beht

3. Evolution spatio-temporelle du tracé du Beht en aval du barrage El Kansera entre 1983 et 2014

Faute de disponibilité des documents cartographiques précis couvrant cette partie du Beht, on s'est limité à étudier le secteur du Beht qui s'étend depuis l'aval immédiat du barrage El Kansera à Sidi Loukili. On s'est basé sur les données apportées par les photos aériennes de la mission 1983 à l'échelle de 1/17000, en plus des images satellitaires Google Earth de l'année 2014. C'est ainsi que l'analyse diachronique du tracé de l'Oued Beht en aval du barrage El Kansera est effectuée entre les deux années 1983 et 2014, donc soit environ sur 30 ans. La superposition des tracés obtenus est représentée sur la figure (5.21).

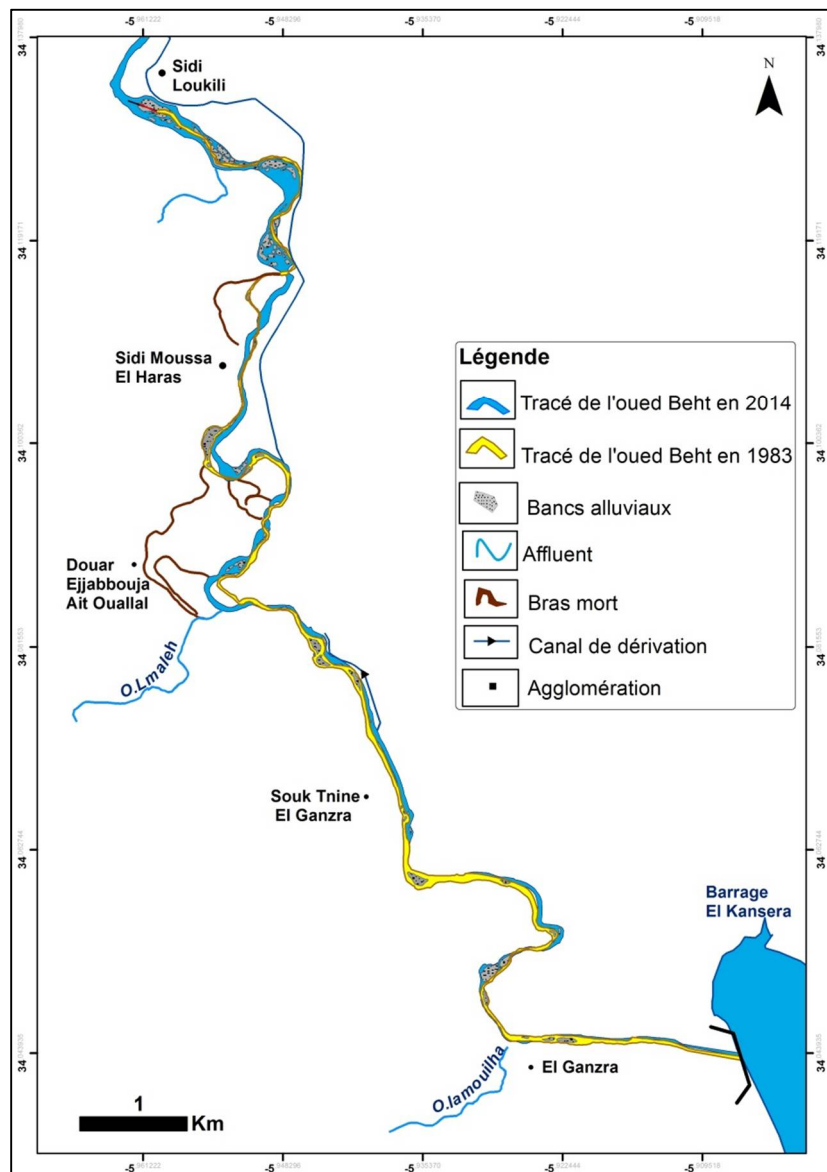


Figure. 5.21. Evolution diachronique du Beht entre 1983 et 2014 entre El Ganzra et Sidi Loukili

Cette figure montre que le lit du Beht n'a pas subi de modifications importantes le long du trajet entre le barrage et Sidi Loukili. Le style à méandres reste approximativement le même ; on peut soulever seulement quelques changements, comme par exemple la largeur du lit mineur qui a légèrement augmenté en 2014 par rapport à 1983 ; la sinuosité du chenal (Is) a diminué, elle était de l'ordre de 1,45 en 1983, contre 1,41 en 2014. Dans certains endroits, le tracé en plan du lit, particulièrement certaines boucles de méandres n'ont pas beaucoup évolué ; elles ont gardé presque la même allure, sauf qu'il y a dans certains sites, une légère translation soit vers la droite ou vers la gauche.

On observe aussi les traces de nombreux bras morts qui sont des indicateurs de la dynamique passée du cours d'eau, antérieurement aux années 80. De plus, depuis le domaine de Sidi Moussa El Haras, le lit mineur du Beht a subi en 2014, un engorgement local de sédiment. Cet engorgement traduit probablement l'incapacité du courant fluvial à évacuer sa charge (excès local de charge).

En définitive, le long de ce tronçon, il semble que le Beht est contrôlé principalement par l'influence du barrage El Kansera, qui a privé le cours d'eau, d'une part, de sa charge solide naturelle issue des zones amont et médiane du bassin versant, mais aussi de ses écoulements de crues morphogènes qui permettent une évolution morphologique du chenal méandrisant. Aux effets du barrage il faut ajouter l'influence anthropique directe, due à l'exploitation accrue des ressources en eaux du Beht, par pompage incontrôlé à partir du lit mineur.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons établi la description de la plaine alluviale du Beht en aval du barrage El Kansera. Nous avons aussi essayé de dégager les caractéristiques morphométriques et sédimentologiques du lit fluvial. Nous avons montré qu'il s'agit de deux tronçons essentiels : entre le barrage et Dar bel Amri, on se trouve dans une zone de transition, entre les terminaisons septentrionales du domaine médian (matérialisées par les rides) et le domaine aval de la plaine subsidente du Gharb.

Au terme de ce chapitre, on peut conclure que le tronçon de l'Oued Beht situé en aval du barrage montre bien des caractéristiques différentes par comparaison aux tronçons des zones du Haut et du Moyen Beht. Parmi ces caractéristiques, on peut retenir les suivantes :

La plaine alluviale devient de plus en plus large, après le passage en gorge dans la transition des rides préifaines, pouvant dépasser 1000 m, suivant la diminution d'altitude et surtout de la pente longitudinale. Le remplissage sédimentaire de la plaine avoisine 2 m d'épaisseur visible, montrant la superposition de 2 unités sédimentaires, caractérisées principalement par l'alternance de niveaux essentiellement fins sablo-limoneux. Les faciès grossiers y sont très rares voire absents.

- En se déplaçant plus en aval de Dar Bel Amri, le Beht déploie sa plaine alluviale dans le bassin du Gharb. Par ailleurs, on dénote un changement remarquable pour l'ensemble des caractéristiques de la plaine alluviale, en particulier son extension latérale qui peut atteindre 15 km de large. Un autre élément géomorphologique important caractérisant cette zone du Bas Beht est la bande des levées naturelles qui est large et bien développée parallèlement au cours inférieur du Beht. L'épaisseur du remplissage alluvionnaire visible y peut atteindre 4 m. Il s'agit principalement de formations fines de nature limono-sableuse et sablo-limoneuse, voire argileuse plus à l'aval dans la zone de confluence. Ce sont généralement des dépôts de plaine d'inondations développant des sols de type Dhess. Dans les contextes fluviaux similaires A. Morin et al (2013) interprète les faciès sablo-limoneux et limono-sableux comme traduisant des contextes de dépôt de plaine d'inondation plus énergiques proche du chenal actif. Alors que plus en aval dans le cours inférieur du Beht près de Mograne, le faciès limono-argileux serait plutôt significatif de milieux de décantation fluviale, c'est-à-dire des dépôts de cuvettes de plaine d'inondation relativement éloignée du chenal actif ou dépôts de décantations dans des chenaux secondaires abandonnés.

Le lit fluvial montre un lit mineur et un lit moyen bien distincts sur les tronçons situés en amont de Sidi Slimane, alors que vers l'aval la distinction devient difficile. Le fond du lit conserve principalement des sédiments fins, même si l'on observe parfois et localement des passages graveleux. L'analyse granulométrique du remplissage du lit mineur reflète la décroissance de la taille des sédiments sableux et limoneux ; on remarque que la charge sédimentaire transportée est dominée par la fraction fine (sables et limons) transportée en suspension principalement lors des crues et/ou lâchées du barrage. Ce gradient décroissant de la taille de la charge sédimentaire transportée est caractéristique de l'évolution longitudinale du transport solide qui s'explique en grande partie par l'atténuation de la pente du lit qui par conséquent influe la compétence et la vitesse de transport du cours d'eau. Mais aussi par l'impact du barrage installée à l'amont et qui bloque le transit sédimentaire naturel du cours d'eau.

- Les berges du Beht bordant le lit mineur ou moyen sont inscrites dans le remplissage de la plaine alluviale ; elles sont variables : hautes subverticales, basses à pente moyenne ou faible. Elle porte une ripisylve non uniforme le long du tronçon puisqu'il y a des secteurs à ripisylve bien développée et d'autres qui sont presque asylvatiques. Les deux espèces prépondérantes sont le Tamarix, le Robinier faux acacia et le Ricin ; on trouve également des formations herbacées, dominées par l'Inule visqueuse, les roseaux communs et le Carex...

- L'étude diachronique du tracé du Beht est effectuée entre 1983 et 2014 depuis l'aval du barrage El Kansera à Sidi Loukili, elle a mis en évidence la stabilité relative du chenal ; même s'il y a une certaine tendance à la linéarisation du tracé du Beht. Ce qu'on peut expliquer par l'influence du barrage El Kansera mis en service déjà depuis les années 30.

- Enfin, il importe de signaler que dans cette zone géographique de plaine, l'espace fluvial du Beht est très influencé par l'action anthropique due à l'aménagement des terres et la mise en place d'infrastructure hydro-agricole depuis déjà les années 30. Ces actions anthropiques ont affecté en fait les aspects morphologiques et sédimentologiques naturels, que ce soit au niveau de la plaine alluviale ou du le lit fluvial. Elles n'ont pas été abordées volontairement dans le présent chapitre ; nous proposons de les aborder dans le chapitre suivant, dernier chapitre de ce travail de thèse.

Chapitre 6 :

Anthropisation et mutation socio-spatiale de la vallée du Beht

Introduction

- 1. Les vestiges anciens de l'anthropisation antique et médiévale**
- 2. Anthropisation durant les périodes pré-coloniale et coloniale**
- 3. Evolution de la population, anthropisation et mutations spatiales dans le bassin du Beht durant la période post-coloniale**
- 4. Anthropisation des tronçons de vallée en amont du barrage El Kansera**
- 5. Anthropisation des tronçons en aval du barrage El Kansera**

Conclusion

Introduction

Dans les chapitres précédents nous avons concentré notre étude sur les aspects géomorphologiques, hydrodynamiques et morpho-sédimentaires du fond de vallée de l'Oued Beht. Le présent chapitre aborde les aspects d'anthropisation à l'échelle du bassin versant de la plaine alluvial et du lit fluvial en tenant compte du facteur humain et du mode d'exploitation de l'espace fluvial, ses impacts et les risques menaçant. Pour cela nous avons considéré trois périodes différentes à savoir, la période ancienne et pré-coloniale, la période coloniale et la période post-coloniale. Les données pour la période ancienne et anté-coloniale, sont très rares et fragmentaires. C'est pourquoi l'essentiel de ce chapitre est consacré aux périodes coloniale et post-coloniale.

En premier lieu, on a essayé de donner tout d'abord un aperçu général sur l'évolution de la population et les mutations spatiales à l'échelle du bassin versant et de la vallée du Beht. La disponibilité des données sur la période récente notamment entre 1982 et 2014, nous a permis de placer le bassin versant du Beht dans son contexte humain et administratif et d'étudier de façon détaillée l'évolution de sa population dans différentes parties du bassin.

En deuxième lieu, l'anthropisation de la plaine alluviale et du lit fluvial est abordée de façon plus explicite à l'échelle de tronçons de la vallée du Beht, situés respectivement en amont, (tronçon d'Ouljet Soltane), dans la partie médiane (tronçon de Souk Larbaâ de Beht) et en aval du barrage El Kansera et dans la plaine du Gharb. On a insisté essentiellement sur le mode d'occupation du sol en se basant sur les travaux antérieurs, les photos aériennes et les images satellitaires de Google Earth de différentes années et les observations du terrain. Nous avons focalisé l'étude essentiellement sur l'occupation et l'exploitation agricole des plaines alluviales, l'exploitation des matériaux alluvionnaires du Beht, les différents types d'aménagement hydro-agricoles réalisés.

Finalement on a abordé la question des impacts anthropique sur les fonctionnements hydrodynamiques et morpho-sédimentaires du Beht. Les problèmes liés aux inondations du Beht dans la plaine du Gharb ont été abordée de façon sommaire vers la fin du chapitre.

1. Les vestiges anciens de l'anthropisation antique et médiévale

Rappelons qu'à l'instar des vallées marocaines, la vallée du Beht avait connu l'installation de plusieurs civilisations depuis l'époque maurétanienne attesté par l'existence de nombreux sites archéologiques (fig. 6.1). Le plus connu de ces sites dans le bassin du Beht est celui de Rirha qui est un toponyme attribué par les archéologues à la ville antique de Gilda, mentionnée dans les textes gréco-latins, comme possible capitale du Royaume de Maurétanie avant la conquête romaine (R. Rebuffat, 1986 ; M. Kbiri Alaoui et al, 2014).

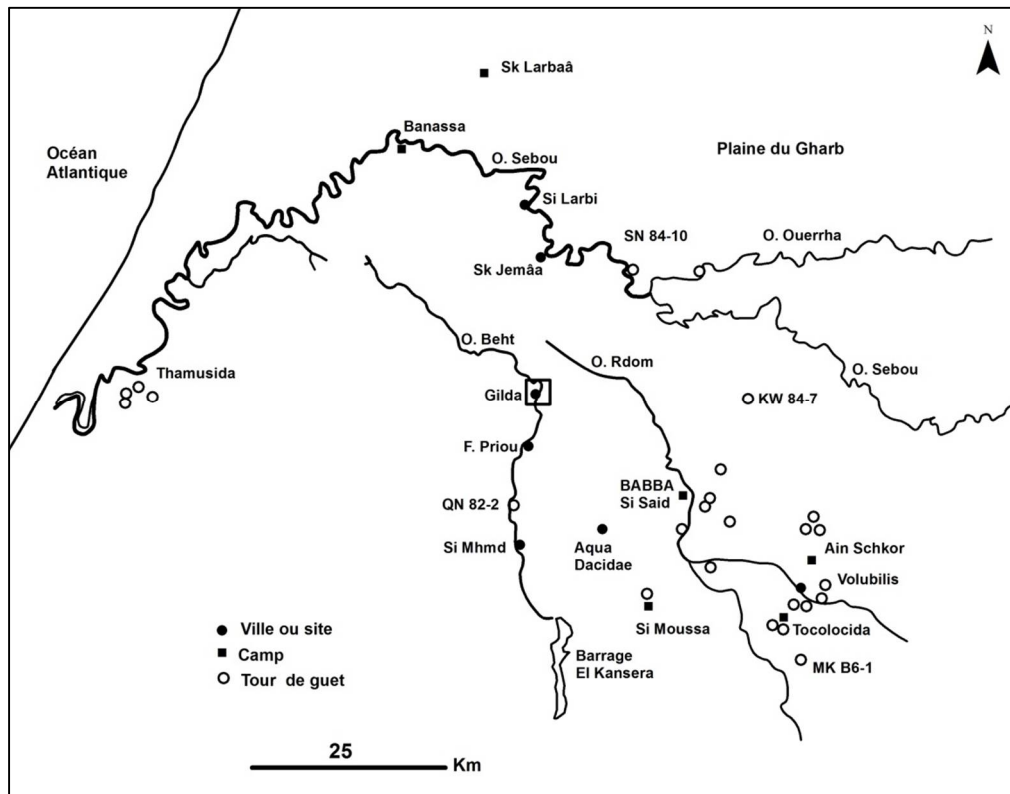


Figure. 6.1. Principaux sites antiques le long du Beht, et autres sites du bassin du Sebou.
(d'après R. Rebuffat, 1986)

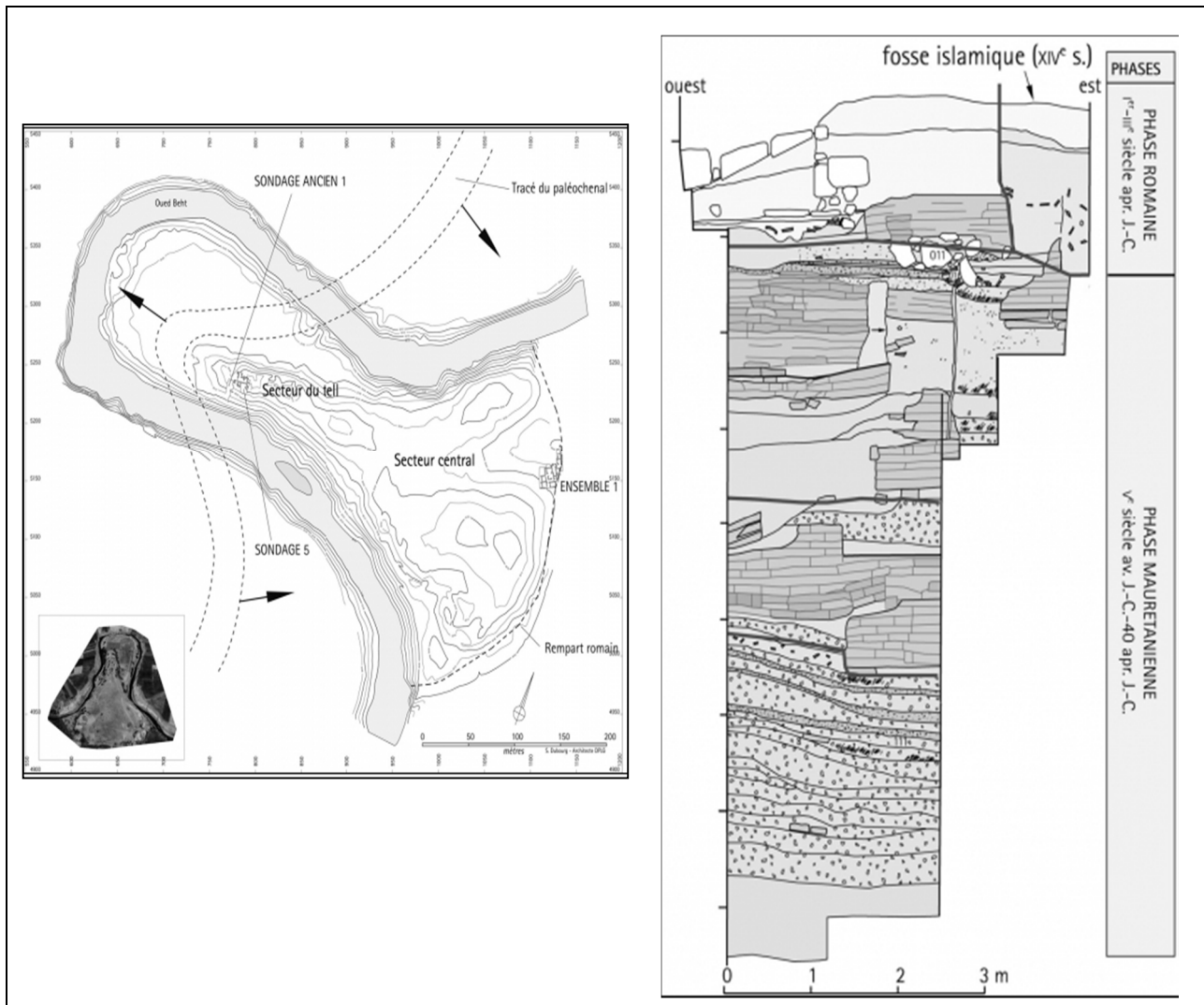
Le site de Gilda est situé dans la plaine du Gharb à 8 km au nord de Sidi Slimane (fig. 6.1 et fig.6.2). Il occupait la rive droite du Beht sur une colline d'une dizaine de mètre de hauteur et d'une dizaine d'hectares, allongé d'est en ouest et enserré par un paléo-méandre du Beht. Actuellement le méandre du Beht s'est encaissé et s'est éloigné du site archéologique d'environ une centaine de mètres vers le nord-ouest.

Le site Rirha est qualifié aujourd'hui comme étant un gisement intéressant ; il est inscrit sur la liste du patrimoine culturel marocain depuis 2001. Ce site avait fait l'objet d'étude d'évaluation déjà dans les années 1920, par L. Chatellain, puis en 1955 par M. Euzennat et par la suite par la mission maroco-française de prospection dans le bassin du Sebou durant les années 1980-1990 (L. Callegarin et al., 2006).

Plus récemment, la mission de l'équipe maroco-française qui s'étend entre 2010 et 2011, a réalisé des fouilles qui ont mis en exergue une superposition, voire un enchevêtrement, de niveaux archéologiques d'âges différents, maurétaniens, romains et islamiques (J.Cl. Roux, 2011) (fig.6.2) :

- Une phase maurétanienne qui remonte au moins au V siècle avant J.C, caractérisée par une architecture exclusivement en terre crue.
- Une phase romaine comprise entre I^{er}-II^{ème} siècle après J.C, pendant laquelle se développe un paysage urbain comportant les Domus, les enceintes et les balnéaires.

- Une phase médiévale islamique qui s'étend depuis le IX^e et XIV^e siècle, marquée par une réoccupation partielle des bâtiments d'époque antique et le développement d'une activité potière (L. Callegarin et al., 2011).



On rappelle que jusqu'au début du 20^{ème} siècle, le Gharb a été marqué par une instabilité de la population; en fait, selon G. Bryssine et al (1966), après l'arrivée des arabes au Maroc au 7^{ème} siècle, la plaine a été peuplée dès le 11^{ème} siècle par les Hilaliens, ensuite elle a été occupée par les Sefianes et les Beni Malek. Au 18^{ème} siècle la grande confédération des Beni Hasan ou Beni Ahsen. Ce sont ceux que Léon l'Africain appelle les *Beni Chessen* s'emparait d'une grande partie des terres du Gharb ; ensuite ce peuplement a été renforcé par la migration de population du Maroc oriental et du Moyen Atlas (E. Michaux-Bellaire, 1913). Au 19^{ème} siècle le Gharb accueillait un autre groupe humain de berbères qui sont les Zemmours. Mais dès l'instauration du protectorat ces derniers ont été repoussés au sud vers le bas plateau de la Maâmora.

En définitive, malgré la rareté des informations sur les modes d'exploitation de l'espace fluvial, durant ces périodes anciennes ; les vestiges étudiés ci-dessus témoignent d'une présence humaine ancienne durant les périodes antiques et médiévales. Ces implantations humaines avaient sans doute une emprise réduite sur l'espace géographique du Bas Beht.

2. Anthropisation durant les périodes pré-coloniale et coloniale

2.1. La période pré-coloniale

Durant la période avant le protectorat, la densité humaine du bassin, comme d'ailleurs dans d'autres régions du Maroc, était faible puisque le taux de mortalité excédait le taux de natalité par suite aux famines, aux conflits et à la prolifération des maladies contagieuses (D. Noin, 1970 ; HCP, 1998 ; CERED, 2005). Le mode d'occupation du sol qui régnait dans la région du bassin de Beht reposait sur l'exploitation rudimentaire et traditionnelle en fonction de la diversité de modes de vie liés à la variété des conditions naturelles et aux facteurs historiques.

Dans les sous bassins du Haut et Moyen Beht, le paysage agraire était dominé principalement par l'agriculture vivrière extensive associée au pâturage. La culture pluviale (bour) était la plus dominante, se basant sur les ressources en eaux pluviales. Quant à l'irrigation, elle était très restreinte aux abords des cours d'eau dans certaines sections de vallées et en aval des sources. Elle était pratiquée souvent sur les lits majeurs, les plaines alluviales et les basses terrasses au voisinage des cours d'eau et reposait sur des techniques traditionnelles et ancestrales. Ces pratiques exploitaient un système de séguias traditionnel permettant la distribution des eaux dans les parcelles limitées dans l'espace.

A côté de ces modes d'exploitation la transhumance était le mode de vie de la majorité de la population dans le Moyen Atlas et les plateaux et plaines périphériques (J. Martin et al., 1964 , L. Jennan, 1986).

Dans la partie méridionale de la plaine du Gharb, drainée par le Bas Beht, les terres souvent mal drainées et marécageuses, présentaient une faible occupation, caractérisée par quelques cultures vivrières, associées à l'élevage extensif sur parcours. En fait, les groupes humains dans le Gharb avaient un mode de vie marqué par le semi-nomadisme. Ils s'installaient en groupement de cercles de tentes, dont les déplacements étaient de faible ampleur. Ce mode de vie assurait une certaine complémentarité des activités agricoles et pastorales (G. Bryssine et al., 1966).

En fait, durant cette période les terres de la plaine du Gharb méridional, étaient occupées par des marécages alimentés par les inondations du Beht inférieur et ses affluents. Les débordements de ces cours d'eau favorisant l'extension de vastes Merjas occupant des dépressions topographiques en saison de pluies ; alors qu'en été les terres étaient affectées par les effets de la sécheresse estivale (J. Célrier et A. Charton, 1925). L'Oued Beht coulait entre des berges à levées limoneuses qui étaient surélevées par rapport aux plaines environnantes, ce qui favorisaient les phénomènes de

débordements et de formation de dépressions marécageuses. C'est ainsi qu'à chaque débordement des oueds, des phénomènes d'alluvionnement et d'exhaussement des berges se produisaient ; alors que le tracé hydrographique se modifiait de façon incessante.

En fait durant cette période le cours d'eau du Beht débordait fréquemment pour alimenter les Merjas, sans pouvoir arriver à rejoindre directement l'Oued Sebou, qui coulait plus vers le nord, et de même pour son affluent de rive droite l'Oued Rdom.

2.2. La période coloniale

Durant la période du protectorat français (1912-1956), d'ailleurs comme dans d'autres bassins du Maroc, le bassin du Beht avait connu des changements socio-spatiaux remarquables. L'anthropisation de l'espace fluvial est devenue plus remarquable, notamment en ce qui concerne la densité de la population, le mode d'occupation de l'espace et d'utilisation des ressources naturelles (sols, forêts, eaux).

Pour D. Chahoo (2011) le mode de production pastorale impose la variété des espaces pour les Irklaouines puisque leurs déplacements se sont effectués à travers deux unités géomorphologiques différentes topographiquement mais complémentaires économiquement. Elles correspondent d'une part au Adrar qui s'étend sur le causse d'Azrou à une altitude qui dépassent 1400 m et qui représente le parcours d'été. D'autre part, au Azghar qui engendre le Plateau central qui est un domaine idéal de parcours et une partie du Dire de Sais. Cette deuxième composante est riche en fourrages pendant la saison froide, il représente le parcours d'été.

En fait comme l'avait précisé L. Jennan (1986) sur les mutations socio-spatiales dans le Moyen Atlas et ses bordures, les conséquences de l'occupation coloniale dans les zones du Haut et Moyen Beht étaient variées et nombreuses. Essentiellement, on peut signaler des conséquences sur les transhumances et la modification des axes de parcours, ainsi que sur la fixation progressive des populations dans l'Azrhar, le Dir et la montagne moyen-atlasique. D'autre part, l'occupation des terres (collectives, terres de culture, forêts) par les colons a engendré la prolétarianisation des populations autochtones, accompagnée de développement de salariat agricole et autres concernant des travaux d'épierrages, de défrichement (forêt, doum, alfa, charbon de bois, trafic du bois) et de construction de routes ; ce qui a entraîné de fortes mutations socio-spatiales. Parallèlement, l'exode rural s'est amplifié et les centres urbains ont connu un rapide essor démographique.

Cependant cette anthropisation a connu une évolution et une répartition inégales selon les zones du bassin du Beht :

-La haute vallée du Beht et de ses affluents Tigriga, Adarouche qui étaient déjà assez peuplées et dont l'occupation du sol y reposait sur la culture vivrière et l'élevage pour la population locale, a connu le développement de grandes exploitations agricoles et des fermes d'arboriculture spéculées par les colons.

-La moyenne vallée du Beht, drainant le Saïs, particulièrement les vallées des affluents El Kell et Ouchket qui entaillent le plateau de Meknès-Fès, avaient enregistré les plus fortes densités de la population (Atlas du Bassin de Sebou, 1970). L'occupation du sol le long de la vallée du Moyen Beht se concentrait sur les céréales, la culture vivrière sur les terrasses fluviales, la vigne et l'élevage extensif. De plus cette zone du Moyen Beht a connu la construction du Barrage El Kansera depuis 1927, en amont des rides prérfaines et qui est mis en service en 1934.

En fait, le mode de vie de semi-nomadisme a cessé avec l'installation de la colonisation européenne dans la plaine du Gharb, puisqu'elle a favorisé la sédentarisation progressive de la population et la mise en place d'une agriculture moderne (agrumiculture et céréales). Au même temps, sur les terres collectives se développaient une agriculture archaïque peu évoluée ; alors que le pâturage intéressait les Merjas et leurs bordures.

Durant cette période, la vallée du Beht située directement en aval du barrage El Kansera a été considérée comme étant la plus privilégiée par les colons. La plaine alluviale du Beht dans ce tronçon a connu des aménagements hydrauliques et hydro-agricoles ayant accompagné la construction du barrage El Kansera, et sa mise en service depuis 1935. Des systèmes d'irrigation par pompage ou par canaux de dérivation des eaux ont été mis en place. Des vergers de l'agrumiculture tout le long de la plaine alluviale et sur les basses et moyennes terrasses du Beht se sont développés. Les périmètres d'irrigation se sont installés le long du Beht et notamment dans la région de Sidi Slimane. Les plantations d'agrumes destinées à l'exportation, y ont pris une place prépondérante (M. Jean, 1938). Il faut signaler aussi que durant la période coloniale de grands travaux d'assainissement ont été réalisés pour le drainage des Merjas, dont la finalité de les exploiter en terres agricoles. Ainsi, de nombreux réseaux de canaux ont été mis en place tout en modifiant le paysage fluvio-marécageux du Bas Beht.

En fait, comme on va le voir par la suite, l'anthropisation de la zone du Bas Beht a favorisé des mutations spatiales importantes favorisées notamment par, la modification du régime de l'écoulement fluvial et du transit sédimentaire. La morphologie du lit fluvial naturel a été modifiée par l'artificialisation de plusieurs tronçons et la mise en place d'un système de canaux de dérivation et de drainage artificiels. De même la végétation naturelle de la plaine et de la ripisylve a subi une forte dégradation. Cela a conduit à des changements du paysage fluvio-marécageux le long du Beht, notamment après la réalisation du canal de Lmarja Lakbira appelé également canal Heidi consistant en un relais à travers la merja Lakbira entre le delta intérieur du Beht et oued El Haidj affluent du Beht inférieur (travaux entre 1927-1939) (J. Le Coz, 1964), ainsi que le canal du Beht-Sebou mis en service depuis 1966.

3. Evolution de la population, anthropisation et mutations spatiales dans le bassin du Beht durant la période postcoloniale

Après 44 ans de protectorat le Maroc a enregistré d'importantes mutations ayant touchées essentiellement la croissance démographique, l'organisation administrative, les aménagements des terres et pratiques agraires. Lors de la période de l'indépendance, une transition démographique a été largement amorcée, car depuis le début des années 60, une baisse de la mortalité s'est opérée avec notamment un gain en espérance de vie de plus de 20 ans (CERED, 2005). C'est ainsi que les impacts anthropiques deviennent de plus en plus importants dans les bassins versants jusqu'à nos jours.

3.1. Evolution de la population

L'étude de l'évolution de la population dans le bassin du Beht est réalisée en se basant sur l'approche diachronique, tout en exploitant les données statistiques des recensements nationaux de la population des années 1982, 1994, 2004 et 2014. L'étude s'est basée sur l'évolution des effectifs dans différentes communes rurales et urbaines, les taux d'accroissements et les densités. Les données détaillées des recensements sont présentées en annexe, nous présentons ci-dessous que les tendances générales.

Pour étudier la population du bassin du Beht durant la période des années 60 et 70, nous avons rencontrés des difficultés car la documentation statistique est en effet très pauvre. Mais généralement sachant bien que le bassin du Beht est un sous bassin du Sebou, on peut dire que la répartition géographique de la population est inégale. Du fait que les faibles densités sont enregistrées au niveau du Plateau central et du Moyen Atlas avec 18 hab./km². Les moyennes densités sont enregistrées dans le Sais et les plateaux de Zemmour avec respectivement 49 hab./km² et 47 hab./km². Quant au plaine du Gharb et aux collines prérimaines ils sont légèrement plus peuplées avec respectivement 59 hab./km² et 66 hab./km².

En aval du barrage, la vallée du Bas Beht, était déjà bien peuplée, du fait de la qualité des sols qui a favorisé la mise en place des petites exploitations se développant le long des terrasses et du fond de vallée. La partie méridionale de la plaine du Gharb, le long du Bas Beht depuis l'aval de Dar Bel Amri à Mograne, était aussi bien peuplée même si certains secteurs étaient exposés aux risques d'inondations et à l'extension des marécages. La population y était dense par endroit, en particulier sur les levées limoneuses fertiles et élevées du Beht. Cependant cette occupation était inégalement répartie suivant la variation des modalités de l'utilisation du sol. Par exemple, elle était de 111hab/km² dans la commune de Mograne alors qu'elle n'avait pas dépassé 34 hab./km² dans la commune de Boumâiz en 1960 (A. Noin, 1970).

3.1.1. Evolution des effectifs de la population

Selon les recensements de 1982 et 2014 la population totale du bassin versant du Beht a subi un accroissement positif passant de 778392 en 1982 à 1 197 145 habitants en 2014 (tab. 6.1 et fig. 6.3). Les données montrent que la population reste inégale dans les différentes parties du bassin ; le Bas Beht est la zone la plus peuplée durant toutes les années recensées (366 269 en 1982 et 570 057 habitants en 2014). Le Haut Beht est la zone la moins peuplée (144 705 en 1982 contre 199 376 en 2014). Le Moyen Beht est assez bien peuplé (267 418 en 1982 contre 427 712 en 2014). L'examen du taux d'accroissement de la population dans le bassin du Beht (fig. 6.4) pour la période 1982/2014 montre un accroissement positif de la population de 1,35 % pour tout le bassin, bien que le taux d'accroissement diminue depuis les années 82. Dans le détail, on note des variations notables dans les sous bassins : 0,99% dans le Haut Beht, 1,47% pour le Moyen Beht et 1,38% pour le Bas Beht.

Sous bassin versant	Effectif de la population				Taux d'Accroissement			
	1982	1994	2004	2014	1982/1994	1994/2004	2004/2014	1982/2014
Haut Beht	144705	182479	192506	199376	1,92%	0,53%	0,35%	0,99%
Moyen Beht	267418	338838	376596	427712	1,97%	1,06%	1,27%	1,47%
Bas Beht	366269	485535	541385	570057	2,35%	1,09%	0,52%	1,38%
Population totale	778392	1006852	1110487	1197145	2,14%	0,98%	0,75%	1,35%

Tableau. 6.1. Evolution des effectifs et des taux d'accroissement de la population du bassin du Beht durant la période 1982 - 2014

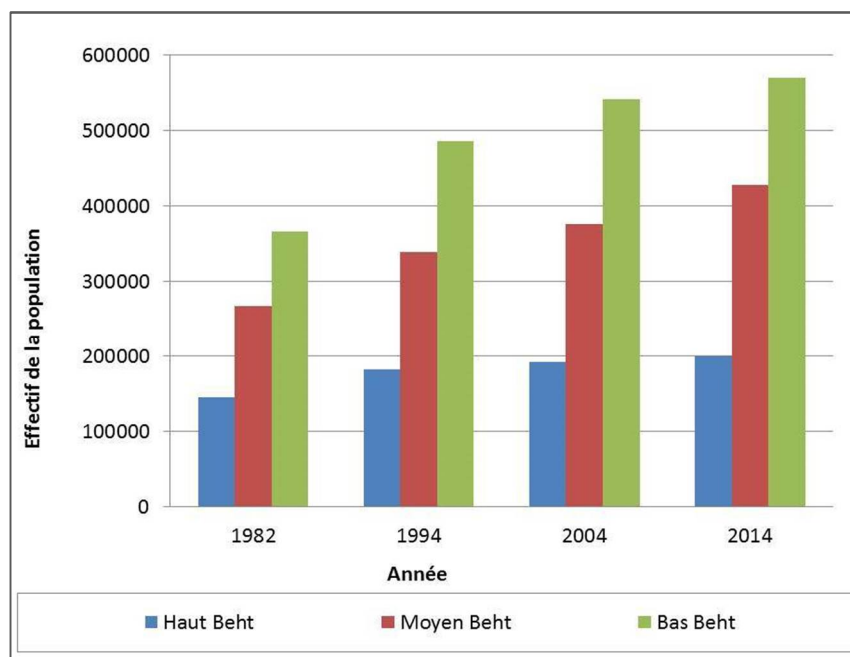


Figure. 6.3. Evolution de la population dans le Haut Beht le Moyen Beht et le Bas Beht

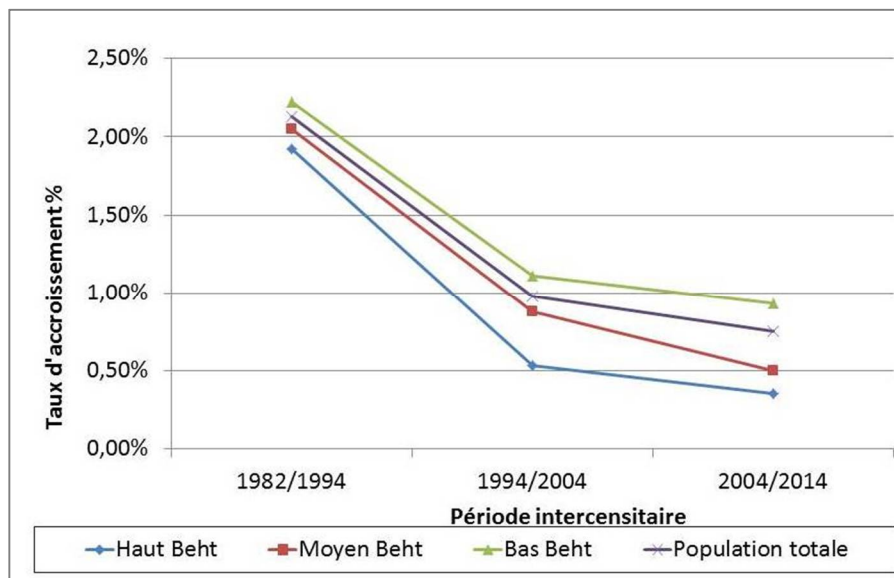


Figure. 6.4. Evolution du taux d'accroissement de la population dans le Haut Beht, le Moyen Beht et le Bas Beht

Les taux d'accroissement sont variables selon les années et les parties du bassin, mais on peut dire qu'il suit un gradient croissant de l'amont vers l'aval du bassin. Par exemple pour la période 1982/1994, les valeurs sont de l'ordre de 1,92% dans le Haut Beht, 1,97% dans le Moyen Beht et 2,35% dans le Bas Beht. Alors que pour les périodes intercensitaires 1994/2004 et 2004/2014, le taux d'accroissement a connu un rythme de croissance en perpétuelle régression dans l'ensemble du bassin du Beht, puisqu'il a passé de +0,98% entre 1994/2004 à +0,75% entre 2004/2014. Egalement, dans le Haut Beht ce taux est passé de 0,53% entre 1994/2004 à 0,35% entre 2004/2014. Le Bas Beht a enregistré 1,09% entre 1994/2004 et 0,52 entre 2004/2014. Quant au Moyen Beht, il a enregistré des taux légèrement importants en comparaison à la population du Haut Beht et du Bas Beht. Puisqu'il est passé de 1,06% entre 1994/2004 à 1,27% entre 2004/2014.

La comparaison du taux d'accroissement de la population au niveau des trois sous bassins, nous a permis de mettre en évidence la tendance inégale de l'évolution de la population dans l'ensemble du bassin du Beht. Dont l'effet saillant est la concentration de la population dans les sous bassins du Moyen Beht et du Bas Beht, aux dépens du sous bassin du Haut Beht. On peut attribuer cette densification de la population des deux sous bassins au poids démographique des centres urbains et des communes rurales avoisinantes. Elle est associée à l'ampleur des mouvements migratoires des communes rurales vers les villes, ajoutées à celle de l'accroissement naturel assez fort de ces espaces. Cette densification est liée principalement à l'attraction des zones à potentialité agricole. On peut même établir une superposition entre les zones densément peuplée et les régions à vocation agricoles et ayant comme atout la disponibilité des offres d'emploi. Tous ces facteurs ont engendré une poussée démographique urbaine avec des conséquences non négligeable particulièrement en matière de gestion urbaine (CERED, 2005), notamment la gestion des problèmes d'urbanisation, d'assainissement, de pollution, d'inondation urbaine....

3.1.2. Evolution de la densité de la population

La densité de la population est calculée en divisant le nombre d'habitants dans chaque commune par sa superficie, en utilisant les données des recensements nationaux de 1982, 1994, 2004 et 2014 (annexe 1). Les données obtenues sont représentées sous forme de cartes montrant l'évolution de la population dans les différentes parties du bassin (fig. 6.5 et fig. 6.6). Elles montrent, pour les différents recensements, que la densité de la population est inégale et contrastée dans le bassin du Beht de l'amont vers l'aval (tab. 6.2). Ce qui est dû aux différences des conditions physiques, comme le relief, le climat et les modalités de l'utilisation du sol mais aussi en raison de causes historiques.

-En 1982, les communes du bassin du Beht montrent généralement une faible densité (inférieure à 100 hab./km²). La partie amont du bassin versant est considérée comme faiblement peuplée, puisque 2/3 des communes rurales ont enregistré des densités inférieures à 25hab./km², comme les communes de Tigrigra (16 hab./km²), Tamchachate (13 hab./km²), etc. On y trouve seulement 4 communes ayant une densité comprise entre 26 et 50 hab./km², et deux de densité de l'ordre de 100hab. /km². Cette partie du bassin comporte deux villes qui sont Azrou et Agourai et qui avaient enregistré respectivement des densités de 724 et 3147 hab. /km². Quant à la partie médiane du bassin, elle montre des densités comprises entre 50 et 100 hab. /km². Seulement la commune de Sidi El Ghandour a enregistré une densité de 114 hab. /km². Les communes urbaines de Khémisset et Tiflet ont enregistré respectivement 2966 et 4910 hab. /km².Quant à la partie aval du bassin, on note une forte dissymétrie de la répartition de la population. Les plus fortes densités sont observées dans les communes de Boumâiz, Oulad H'cine et Dar Laâslouji avec respectivement des densités de 202, 230 et 253 hab./km². Tandis que dans le reste des communes, la densité est 50 et 150 hab./km². Les communes urbaines de Sidi Slimane, Sidi Yahya du Gharb ont enregistré respectivement des densités de 3604, 1186 hab./km². Dès lors, on peut dire que l'aval du bassin du Beht est très peuplé en comparaison avec l'amont et la partie médiane.

- En 1994 la densité de la population dans le Haut Beht reste relativement faible. La population a sensiblement augmenté dans la majorité des communes rurales, mais sans dépasser 50 hab./km². En ce qui concerne les communes urbaines d'Azrou et Agourai, elles ont enregistré respectivement 4081, 1254 hab./km². La partie médiane et la partie aval du bassin sont considérées comme plus peuplées en comparaison avec le Haut Beht. Puisque les extrêmes enregistrés varient entre 30 et 338 hab./km², enregistrés respectivement à Sfassif et Dar El Aslouji. Les fortes densités sont enregistrées dans le Bas Beht particulièrement dans les communes rurales situées en aval de Sidi Slimane tels que Boumâiz, Sidi El Kamel et Dar El Aslouji. On signale également une évolution remarquable de la population urbaine au niveau des villes de Tiflet et Khémisset ayant connu un dédoublement de la population. Puisqu'elles ont passé respectivement de 2966 et 4910 hab. /km² en 1982 à 4992, 7403 hab./km²en 1994. Les villes situées plus en aval du bassin telles Sidi Slimane, Dar El Gueddari et Sidi Yahya du Gharb ont évolué selon un rythme plus modeste.

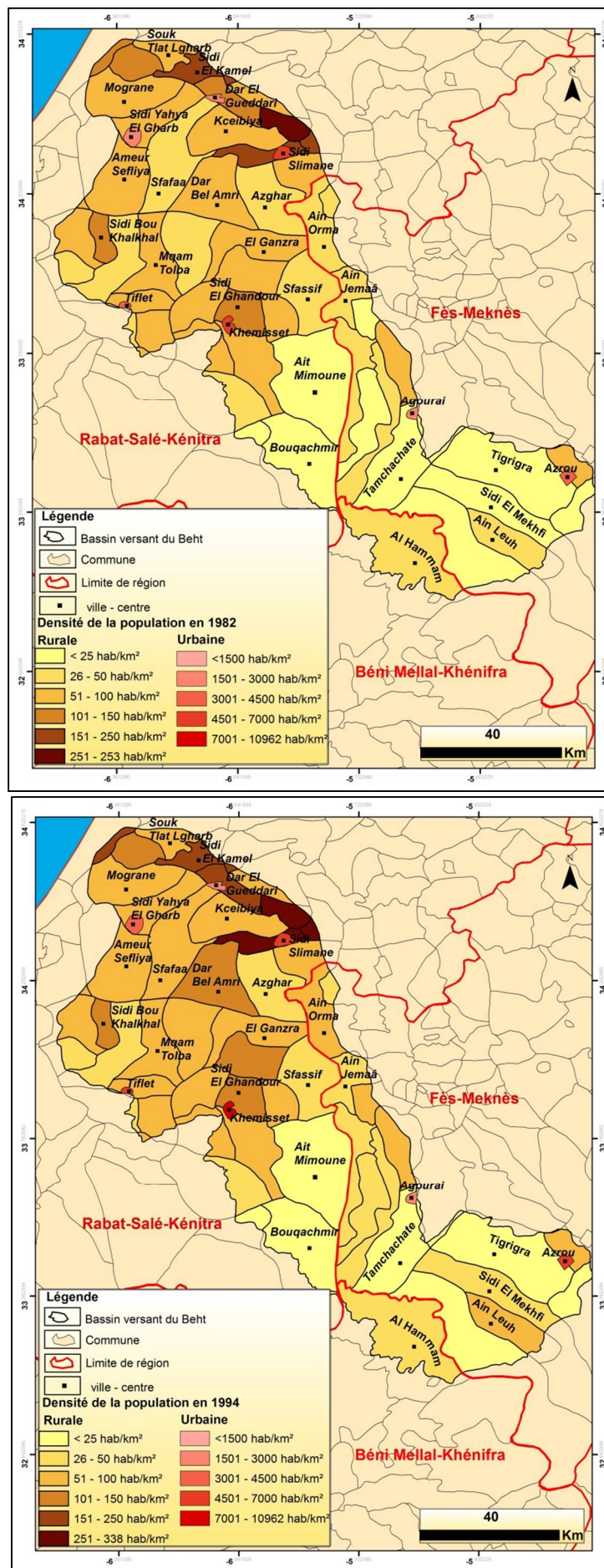


Figure. 6.5. Cartes simplifiées montrant l'évolution de la densité la population du bassin versant du Beht de 1982 à 1994

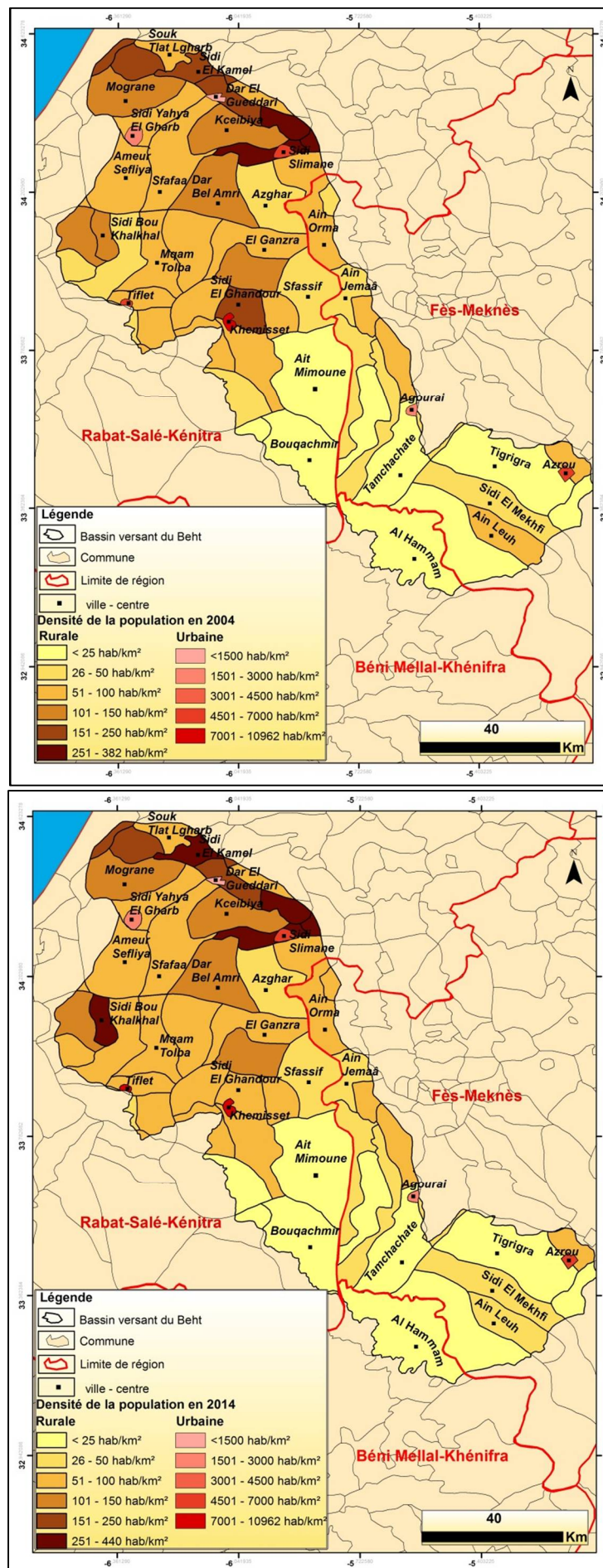


Figure. 6.6. Cartes simplifiées montrant l'évolution de la densité la population du bassin versant du Beht de 2004 à 2014

-En 2004, on a constaté que les communes du Haut Beht sont restées faiblement peuplées, les densités enregistrées n'ont pas dépassé 100 hab./km² ; avec de nombreuses communes rurales ayant une densité largement inférieure à 25 hab./km². Quant à la population des communes urbaines d'Azrou et Agourai, elle a faiblement évolué.

Le Moyen Beht, qui est relativement plus peuplé que le Haut Beht présente une densité dans la plupart des communes rurales largement supérieure à 50 hab./km² et peut même dépasser 100hab./km² (exemples : Sidi Boukhalkhal, Ait Yadine et Sidi El Ghandour ayant enregistré respectivement 109, 122 et 162 hab./km²). Quant aux communes urbaines de Tiflet et Khémisset ; elles ont enregistré respectivement 6964 et 8757hab./km².

Concernant le Bas Beht, il devient de plus en plus peuplé, en particulier dans les communes traversées par le cours d'eau de l'Oued Beht, s'étendant depuis Sidi Slimane à Mograne. Ces communes ont enregistré des densités supérieures à 150hab./km², avec comme valeur minimale 176hab./km² à Ermilate et 382 hab./km à Dar Laâslouji.

Il convient de noter l'inégale répartition de la population du Beht entre l'amont, la partie médiane et l'aval du bassin du Beht. L'amont du bassin est faiblement peuplé en comparaison avec les parties médiane et aval. Ce contraste de densité, en plus du facteur historique et géomorphologique, s'explique en partie par le rapport qui existe entre la répartition de la population et les modalités de l'utilisation des sols. A l'échelle des communes les faibles densités apparaissent dans des secteurs à céréaliculture dominantes surtout en cultures modernes mécanisées. Tandis que les fortes densités sont rencontrées dans les secteurs à agriculture irriguée bénéficiant d'une culture rentable et offrant de l'emploi régulier tout au long de l'année. Quant à l'origine de la densification des communes urbaines, en plus de la croissance démographique de la population locale, il faut ajouter l'effet des flux migratoires des communes rurales avoisinantes.

Dans son ensemble, en 2014, la densité de la population du bassin du Beht n'a pas beaucoup évolué en comparaison avec l'année 2004. Exception faite pour certaines communes où la densité a amplement diminué, particulièrement à Sidi El Ghandour (Moyen Beht) qui a passé de 162 hab./km² en 2004 contre seulement 62 hab./km² en 2014. La densité de la population urbaine a également légèrement évolué à l'exception des villes de Tiflet et Khémisset qui avaient passé respectivement de 6964 hab./km² et 8757 hab./km² en 2004 à 8671 hab./km² et 10962 hab./km² en 2014.

Lorsque l'on considère les différentes parties du bassin (tab. 6.2), on voit que la population du Haut Beht est moins dense et n'a pas subi d'évolution importante puisque la densité a passé de 40,60 hab./km² en 1982 à 55,94 en 2014. Dans le Moyen Beht l'évolution de la densité est assez remarquable puisqu'on passe de 77,58 hab./km² en 1982 à 124,08 hab./km² en 2014. Dans le bas

Beht la population est forte, et l'évolution de la densité est beaucoup plus importante : 117,16 en 1982 contre 139,30 en 2014.

	Effectif de la population				Densité hab. /km ²			
Sous bassin versant	1982	1994	2004	2014	1982	1994	2004	2014
Haut Beht	144705	182479	192506	199376	40,60	51,20	54,01	55,94
Moyen Beht	267418	338838	376596	427712	77,58	77,58	109,25	124,08
Bas Beht	366269	485535	541385	570057	231,38	306,72	342,00	360,11
Population totale	778392	1006852	1110487	1197145	90,57	117,16	129,22	139,30

Tableau. 6.2 .Evolution de la population et de la densité du bassin du Beht depuis 1982 à 2014

3.2. Les principaux noyaux urbains dans le bassin du Beht

En fait, le Beht draine un bassin versant surtout rural, puisqu'il comporte 6 noyaux urbains contre 50 communes rurales. Les grands noyaux urbains sont situés d'une part dans la zone des bas plateaux de Zemmour (Tiflet et Khémisset) et d'autre part dans la plaine du Gharb (Sidi Slimane). Rappelons que l'émergence des villes de Khémisset et Tiflet était favorisée par le développement des cultures par les colons dans les bas plateaux, le long de la route Rabat-Meknès en entraînant la sédentarisation des tribus (J. Martin et al, 1964).

3.2.1. Azrou

La ville d'Azrou est une municipalité marocaine relevant de la province d'Ifrane, située dans un carrefour routier stratégique reliant le Moyen Atlas et le Haut Atlas par Midelt en passant par Timahdite et la plaine de Tadla par Khénifra. Sa population est passée de 31471 en 1982, à 40808 en 1994 et à 47535 habitants en 2004 et atteint 54350 en 2014. Elle est placée à 1250 m d'altitude et bordée de montagnes garnis d'une couverture dense de chênes verts et de cèdres, qui lui confèrent un charme particulier. Outre sa riche biodiversité symbolisée par une fameuse cédraie, les macaques de barbarie dits Magots (*Macaca sylvanus*), et les merveilleux papillons uniques dans le monde. Elle constitue un pôle d'attraction estival privilégié des citadins des plaines monotones, des randonneurs et des pique-niqueurs des grandes villes voisines. La qualité urbaine d'Azrou porte le cachet du style européen (toits en tuile rouge). Région connue pour ses cèdres, ses cerisiers, ses pommiers, sa pisciculture, son Cèdre Gouraud.

3.2.2. Agourai

C'est une petite ville située au sud de Meknès entre deux grandes métropoles urbaines Fès (75km) et Meknès (25km). Elle appartient à la province d'El Hajeb. Fondée par le Sultan Moulay Ismail à la fin du 18^{ème} siècle. La cité d'Agourai assurait des fonctions multiples : la protection

militaire contre les attaques des tribus rebelles des alentours, le contrôle des richesses agricoles et du commerce caravanier entre le sud du Maroc et Meknès et elle était un lieu d'emprisonnement des pirates (Z. Chattou et al 2010). La population d'Agourai a été de 10.033 habitants en 1994, elle a passé à 13291 habitants en 2004 pour atteindre 16651 en 2014.

3.2.3. Khémisset

La ville de Khémisset se distingue par son statut de chef-lieu de la province de Khémisset (ph.6. 1). Elle constitue un pôle autour duquel gravite un ensemble de petits noyaux (Rommani, Oulmés et Maâziz) et qui structurent la partie rurale. La ville de Khémisset est considérée parmi les villes relativement récentes, son urbanisation est favorisée par l'importance des flux migratoires des centres ruraux voisins, ainsi que de certaines villes voisines défavorisées. La population de Khémisset a été de 13.695 habitants en 1960, elle a passé à 21.811 habitants en 1971, avec un taux d'accroissement moyen annuel de 4.3%. Ce taux a légèrement diminué entre 1984 et 1994 car il atteint 4,11% (Agence urbaine Khémisset, 2015). La population de la ville a passé de 58658 habitants en 1982, à 88839 habitants en 1994. Lors des deux derniers recensements elle était de 105088 habitants en 2004 pour atteindre 131542 habitants en 2014.



Photo. 6.1. Centre-ville de Khémisset

3.2.4. Tiflet

La ville de Tiflet, considérée comme la capitale politique du payé Zemmour, est apparue comme un petit centre (ph. 6.2), bénéficiant de sa situation stratégique, sur la route Rabat – Fès, et la route secondaire menant vers Sidi Slimane. Le Centre de Tiflet est né avec la stabilité de la conjoncture brouillée qu'a connue la région des Zemmour en 1912. On peut résumer l'histoire de la ville de Tiflet en deux étapes. Durant la première étape la ville a connu une période d'anarchie,

caractérisée par des conflits sur les terres fertiles et les prairies entre les tribus Zemmour, dont le mode de vie prépondérant était basé sur le nomadisme. La deuxième étape connaît une emprise coloniale de la ville en établissant le premier plan d'aménagement en 1952. La ville avait connu ensuite un épanouissement social, administratif et économique. Le deuxième plan d'aménagement a été lors de la période postcoloniale en 1968. Par la suite, on établit un schéma directeur pour mieux orienter l'aménagement urbain de la ville (Monographie province de Khémisset, 2012). En comparaison avec la ville de Khémisset, Tiflet ne connaît pas le même rythme de croissance de la population. Puisque la population de la ville a passé de 29658 habitants en 1982, à 49918 habitants en 1994. Lors des deux derniers recensements la population était de 69640 habitants en 2004 pour atteindre 86709 habitants en 2014.



Photo. 6.2. La ville de Tiflet

3.2.5. Sidi Slimane

Située dans le sud-est du Gharb, la ville de Sidi Slimane s'est développée en binôme urbain avec la ville de Sidi Kacem (ph. 6.3). Dont l'essor s'est réalisé selon une courbe parallèle à celle de Sidi Kacem mais avec au départ un retard de plusieurs milliers d'habitants. Ce retard fut provoqué par la priorité donnée d'abord à Dar Bel Amri puis à Petitjean. Ces raisons expliquent qu'en 1931, la population de Sidi Slimane n'était que de 554 habitants, en 1936 elle atteignait 1431 habitants. L'essor de la ville est assuré par l'équipement du périmètre d'irrigation et l'installation de la base aéronautique américaine (J.Le Coz, 1964). En revanche, la population de cette ville a augmenté de façon remarquable pour atteindre en 1982, une population de 50457 habitants. En 1994, la population recensée a passée de 69645 habitants, à 78060 en 2004 pour atteindre 92989 habitants en 2014.



Photo. 6.3. Centre ville de Sidi Slimane

3.2.6. Sidi Yahya du Gharb

C'est une ville qu'on pourrait classé dans la catégorie des petites villes au seul vue de son chiffre de population qui n'était que 888 habitants en 1936 et 1920 habitants en 1960 et de son allure qui est plutôt celle d'un grand centre rural (J. Le Coz, 1964). D'après le découpage administratif, elle appartient à la province de Sidi Slimane. Sa population recensée a connu une croissance bien marquée. Du fait, qu'elle a passé de 21340 habitants en 1982, à 37979 habitants en 2014. Elle est desservie par un réseau routier comportant la route nationale n:4 et les routes provinciale 4248 et régionale 411 en plus du chemin de fer.

3.3. Anthropisation et mutations spatiales à l'échelle du bassin du Beht

Parallèlement à l'évolution de la population, dès l'indépendance, le Maroc avait adopté des politiques pour améliorer les conditions de vie des habitants, en valorisant les ressources naturelles à travers la réalisation des projets et l'introduction de nouvelles pratiques. Dans ce cadre, le bassin du Beht a également bénéficié de ces projets, dans le cadre de l'aménagement et la valorisation des ressources du bassin du Sebou. Ces projets ont engendré des mutations spatiales ayant touché les différentes zones du bassin.

3.3.1. Une anthropisation inégale selon les zones du bassin versant

Nous avons vu dans les chapitres précédents que, sur le plan géomorphologique, le bassin versant du Beht comporte des unités variées, associant montagnes, collines, plateaux et plaines. En l'occurrence, les ressources naturelles du bassin sont variées en fonction de ces conditions ; d'autre part, en plus du facteur historique, le mode d'occupation du sol dans le bassin a varié aussi en fonction de ces conditions naturelles.

On rappelle, comme nous l'avons précisé précédemment, de point de vue installation humaine, les bassins du Haut et Moyen Beht sont majoritairement ruraux. Ils regroupent de nombreuses communes rurales, caractérisées par des habitations groupées en douars, installés sur

les versants et dans les fonds de vallée du Beht et ses affluents. Dans la partie aval du bassin les douars et agglomérations s'alignent le long du tracé du Beht depuis El Ganzra à Mograne. Ils sont implantés préférentiellement sur les levées naturelles au voisinage des rives et sur les terrasses quaternaires lorsqu'elles existent. Des agglomérations en petites villes sont nombreuses et en extension dans différentes parties du bassin versant (cas de Azrou, Khémisset, Tiflet, Sidi Slimane, Si Yahia du Gharb, etc.) ; une infrastructure routière d'ordre national, régional et communal fait liaison entre les divers centres urbains et les centres ruraux. Un réseau de pistes dense est mis en place dans différentes parties du bassin.

D'autre part, il existe dans le bassin du Beht des carrières pour l'exploitation minière comme par exemple les carrières de la Fluorine, du Marbre, et de l'étain, en particulier dans les bassins du Haut et du Moyen Beht. Egalement, on assiste à la multiplication des carrières d'exploitation de sables et granulats alluvionnaires du lit majeur et terrasses tout au long des vallées du Beht et de ses affluents, dont l'exploitation est soit légale ou clandestine.

La comparaison du mode d'anthropisation des trois sous bassins le Haut, le Moyen et le Bas Beht permet de mieux saisir les différences spatiales vis-à-vis du mode d'occupation du sol. De façon générale, malgré certaines différences, on peut admettre que les sous bassins du Haut Beht et Moyen Beht sont relativement comparables en termes d'installation humaine et de modalités de l'utilisation du sol. Du fait qu'ils se distinguent par l'étendue des terres de parcours et des zones forestières. L'agriculture y est généralement de type extensive pluviale dominée par la céréaliculture, pratiquée aussi bien sur les versants, que dans les fonds de vallées humides du Beht et de ses affluents. Quant à la culture maraîchère et l'arboriculture, elles sont concentrées dans les fonds de vallée, où elles sont irriguées actuellement directement par pompage ou par des petites dérivations à partir des eaux du Beht, ou par exploitation des puits. Notons que certaines zones du bassin sont concernées par des changements dans le mode d'utilisation du sol ; c'est le cas par exemple dans le Bas Beht, où des reconversions des céréales en oliviers sur plus de 2000 hectares en 2011 ont été faites au niveau des communes d'Ait Mimoune, Ait Siberne et Sfassif (R. Balaghi et al, 2012). Dans la zone médiane le long de la vallée comme par exemple dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht, on signale la prolifération des parcelles à cultures maraîchères dont l'irrigation est assurée par les eaux du Beht et les sources.

Dans le Bas Beht, au niveau de la plaine du Gharb, l'anthropisation est marqué surtout par l'extension de l'agriculture moderne irriguée qui domine largement. Dans cette partie aval du bassin du Beht, de fortes mutations spatiales ont été amorcées par la mise en place depuis les années 30 des aménagements hydrauliques et hydroagricoles, dans l'objectif de valoriser les périmètres irrigués ayant supportées la culture des agrumes et cultures sucrières essentiellement (betterave à

sucre et canne à sucre), notamment depuis l'aval du barrage El Kansera à l'aval de Sidi Slimane (M. Belghiti, 2005).

Le pâturage domine dans les zones du Haut Beht et certains secteurs du Moyen Beht. L'élevage est généralement associé à l'agriculture ; il est surtout de type extensif et semi extensif dominé par les ruminants. Les parcours y sont bien développés à la fin d'hiver et du printemps. Les parcours forestiers constituent un atout favorable mais sous pression (coupes, ébranchages, écimage...) (HCEFLCD, 2008). Quant au Bas Beht, les pâturages forestiers représentent une importante source fourragère, essentiellement la forêt de la Maâmora qui permettant de satisfaire les besoins du cheptel (CRI-Kénitra, 2009).

3.3.2. Les aménagements hydrauliques et hydro-agricoles

Les aménagements hydrauliques et hydro-agricoles dans le bassin du Beht sont réalisés dans le cadre de l'aménagement du bassin du Sebou. Ces aménagements ont été réalisés dans différentes parties du bassin en fonction de la nécessité à chaque type d'intervention. Les aménagements hydrauliques ont été mis en place notamment pour lutter contre les inondations, approvisionner les agglomérations en eau potable et pour l'irrigation. Ils ont commencé depuis les années 30, pendant la période du protectorat et se poursuivent jusqu'à nos jours.

Dans le Haut Beht sont construit des barrages collinaires, sur les oueds affluents du Beht. Ces barrages sont destinés essentiellement au renforcement de l'approvisionnement en eau potable, à l'irrigation des petits périmètres, à l'abreuvement des cheptels. En plus du rôle qu'ils jouent dans le ralentissement de l'envasement des barrages construit à l'aval.

Plus récemment le barrage d'Ouljet Soltane est construit entre 2014 et 2017. Ce barrage est construit sur le cours supérieur du Beht au sein d'une vallée en gorge entre les plateaux de Tafoudait et d'Assaraoui. Sa mise en place vise essentiellement la régularisation des volumes alloués à l'irrigation, la satisfaction des besoins en eau potable et industrielle (villes de Khémisset et Tifelt) et l'amélioration du laminage des crues. Ce barrage est menu d'une usine hydroélectrique, dont la fonction principale est de turbiner les débits restant disponibles après les prélèvements en eau (ISL ingénierie, 2011).

Le barrage El Kansera et le plus ancien barrage d'accumulation au Maroc (ph. 6.4); il est situé dans la zone du Moyen Beht, à l'amont des rides pré-rifaines, à 20 km au sud de la ville de Sidi Slimane, le bassin versant qu'il contrôle est d'une superficie de 4500km². Ce barrage de type béton poids-contreforts est édifié entre 1927 et 1933 et mis en service en 1935 (J. Le Coz, 1964); sa longueur est de 177,5m et sa hauteur est d'environ 70 m ; il a une capacité actuelle est de 266 Mm³ (ABHS, 2013). Les objectifs assignés à cet ouvrage lui conféraient un rôle régional très important, puisqu'il assure l'irrigation de 28700 ha, en aval près de la ville de Sidi Slimane (Monographie région RSK, 2015). A cela, il faut ajouter le rôle d'approvisionnement en eau potable des villes de

Khémisset et Tiflet et de plusieurs douars du bassin de Beht. L'usine électrique située au pied du barrage, permet la production de 1500Kwh/an (Ingema, 2011). Le barrage a permis également la protection de la zone aval contre les crues de l'Oued Beht (HCEFLCD, 2008).



Photo.6.4. La retenue du barrage El Kansera dans la vallée du Beht (<http://www.maroc-trip.com>)

- **Barrage de garde Mograne**

Notons qu'à l'instar de tous les barrages du Maroc, le barrage El Kansera perd annuellement un volume important de sa capacité de stockage des eaux, suite à la dégradation et l'érosion des sols de son bassin versant. Il est considéré parmi les barrages nécessitant une intervention prioritaire pour lutter contre l'érosion hydrique des bassins versants en amont des barrages, puisqu'il est classé en huitième position. Depuis sa mise en service en 1935, des levées bathymétriques ont été réalisées pour estimer l'évolution du taux d'envasement entre 1981 et 2001 (tab. 6.3). Les données montrent une augmentation du taux d'envasement et par conséquent une diminution de la capacité de stockage du barrage, ce qui influence sa durée de vie et sa rentabilité.

Année	Volume(Mm ³)	Envasement total(Mm ³)	Taux d'envasement (Mm ³ /an)
1981	273,33		
1988	265,82	7,51	1,07
1997	250,46	22,87	1,43
2001	230,46	42,87	2,14
2008	-	-	2,65

Tableau.6.3. Evolution du taux d'envasement du barrage El Kansera (DREFLCD, 2007)

D'autres aménagements hydro-agricoles ont été réalisés en aval du barrage El Kansera et dans la plaine du Gharb (canaux de dérivation des eaux, barrage de garde Mograne...). Ces aménagements ont essentiellement la finalité principale de mener une gestion intégrée des ressources en eaux et de mettre en valeur les terrains agricoles de la plaine du Gharb et de lutter

contre les inondations. Nous reviendrons sur ces aménagements par la suite dans le paragraphe qui concerne le Bas Beht.

3.3.3. Les aménagements forestiers

En ce qui concerne la couverture forestière, le domaine forestier est localisé principalement dans la partie amont et médiane du bassin du Beht, où l'on dispose de 15 forêts recensées. Les formations végétales de ces forêts se répartissent entre le cèdre qui domine la forêt d'Azrou située dans l'extrémité orientale du Haut Beht, et la chênaie qui présente différents assemblages comprenant le chêne vert, le chêne liège, le chêne zeen et le thuya. Quant au bassin du Bas Beht, il draine une partie de la forêt de la Maâmora formée par le chêne liège et des reboisements d'Eucalyptus.

Des aménagements forestiers ont concerné surtout le bassin versant du Beht en amont du barrage El Kansera, considéré comme zone nécessitant une intervention prioritaire pour lutter contre l'envasement de ce barrage. Ce dernier est menacé par l'érosion des terrains puisqu'il est classé en huitième rang vis-à-vis du taux d'envasement parmi les 22 barrages marocains à intervention prioritaire. Le taux d'envasement y est estimé à 2,65 millions de tonnes par an, soit une dégradation spécifique de 729t/km²/an. Ce taux reflète l'ampleur de l'érosion qui est active et apparente sur plus de 75% de la superficie du bassin versant en amont du barrage (HCEFLCD, 2008).

L'érosion se manifeste en fait par toutes les formes en rigoles, en nappes et en ravines et qui par conséquent entraîne une dégradation des sols, une régression de la productivité des terres agricoles et une détérioration des infrastructures existantes. Le Haut-commissariat des Eaux et Forêt et de Lutte contre la désertification a mené un programme d'aménagement pour le bassin du Beht en amont du barrage El Kansera, concernant l'intervention de lutte contre l'érosion hydrique. Ces aménagements sont de trois types : sylvo-pastoral, forestier, et hydrographique (fig. 6.7).

Les aménagements des parcours ont visé essentiellement l'amélioration de leur productivité et l'organisation des éleveurs dans le cadre des coopératives pastorales ou associations. Quant aux aménagements de l'espace forestier, ils sont basés d'une part sur la reconstitution des écosystèmes forestiers dégradés particulièrement la Tétracinaie et la Chênaie et d'autre part sur le reboisement. En ce qui concerne les actions menées sur le réseau hydrographique, elles consistent en la correction mécanique et biologique des ravins et torrents et la végétalisation des versants en badlands (DREFNO, 2011).

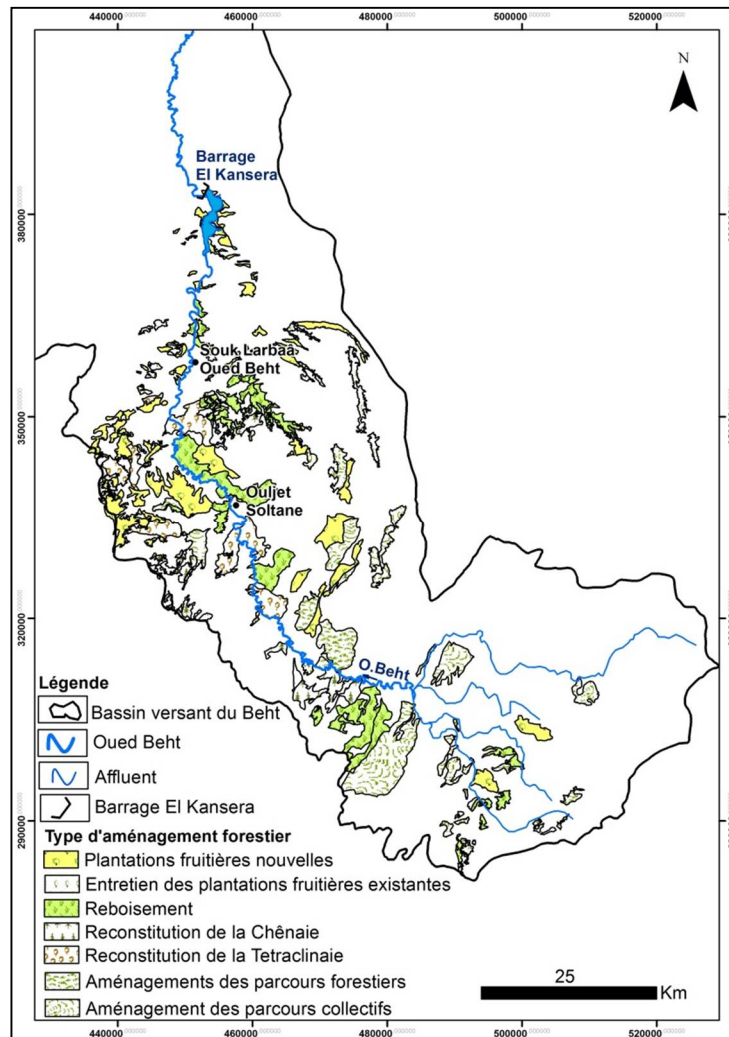


Figure.6.7. Aménagement forestier du bassin versant du Beht en amont du barrage El Kansera (HCEFLCD, 2008, modifié)

3.3.4. Pollution et dégradation des eaux fluviales du Beht

L'anthropisation croissante du bassin du Beht a eu des incidences négatives générées par différentes sources de pollution impliquant la dégradation de la qualité des eaux fluviale dans certains tronçons de la vallée (ABHS, 2004). La cause essentielle réside dans l'introduction massive de matières polluantes issues des apports externes, principalement de rejets directs d'effluents domestiques, industriels et aussi les engrais utilisés en agriculture.

L'évaluation de la qualité des eaux du Beht par les métaux lourds en amont du barrage El Kansera a donné des teneurs faibles ne dépassant pas 0,06ppm. Ce qui témoigne en général, que les eaux du Haut Beht sont d'une bonne qualité (F. Lakhili et al., 2015). Les résultats d'une étude de la qualité des eaux de surface du Beht en utilisant l'indice biologique globale des réseaux de contrôle et de surveillance ont montré que généralement la qualité des eaux du Haut Beht est moyenne à l'exception de la station d'Ouljet Soltane qui montre une qualité médiocre (tab. 6.4) (N. Lamhasni et al., 2014). Ce résultat peut être dû à la mise en place des carrières à ciel ouvert d'extraction de matériaux alluvionnaires, utilisés dans la construction du barrage Ouljet Soltane. En fait ces

carrières ont causé la défiguration du paysage fluviale et la modification de l'écoulement des eaux, induisant des zones de stagnation des eaux et par conséquent la prolifération des germes (DRPE, 2014).

Nom de la station	Richesse taxonomique (Nombre de familles)	Note indicielle (IBG-RCS)	Qualité des eaux
Ras El Ma	30	17/20	Très bonne
Amghass	23	13/20	Bonne
Adarouch	19	10/20	Moyenne
Sidi El Mekhfi	20	12/20	Moyenne
Aval Had Oued Ifrane	16	9/20	Moyenne
Ouljet Soltane	12	8/20	Médiocre
Amont rejet Khémisset	17	10/20	Moyenne
Aval rejet Khémisset	16	9/20	Moyenne
Dar Bel Amri	18	10/20	Moyenne
Sidi Slimane	11	5/20	Médiocre
Amont D.El Gueddari	7	4/20	Mauvaise
Aval D. El Gueddari	6	3/20	Mauvaise

Tableau. 6.4. Qualité des eaux du Beht selon la note de l'Indice Biologique Global des Réseaux de Contrôle et de Surveillance (N. Lamhasni et al., 2014)

Les eaux du Bas Beht depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri sont considérées de moyenne qualité. Finalement, les eaux du Beht aux stations de Sidi Slimane, l'amont et l'aval de Dar El Gueddari présentent des eaux de qualité médiocre à mauvaise. Ces eaux reçoivent en effet différents polluants organiques domestiques, agricoles et industrielles en plus du déversement des abattoirs issus des différents centres du bassin.

4. Anthropisation à l'échelle des tronçons de la vallée en amont du barrage El Kansera

Après avoir donné un aperçu général sur le mode d'anthropisation dans le bassin du Beht, on s'est intéressé à étudier d'une façon explicite l'anthropisation à l'échelle des tronçons de fond de la vallée déjà étudiés dans les chapitres précédents, tout en considérant des exemples pris dans les parties amont et médiane de la vallée du Beht. L'étude des tronçons en aval du barrage sera présentée dans le paragraphe suivant. L'objectif de cette approche est de mettre en évidence dans chaque tronçon l'état d'anthropisation et de son impact sur le milieu fluvial, tout en focalisant les modes d'occupation du sol, le bâti et les infrastructures, etc.

4.1. Anthropisation du tronçon d'Ouljet Soltane

Dans la cuvette d'Ouljet Soltane, Oued Beht représente une limite naturelle séparant deux agglomérations qui appartiennent à deux communes rurales d'Ait Mimoune en rive droite et de Bouqachmir en rive gauche. De ce fait les ressources en eaux du Beht sont exploitées par la population des deux communes et représentent en même temps une source de conflit social.

a). Le bâti et l'infrastructure

Le centre d'Ouljet Soltane est situé en rive droite, et appartient à la commune d'Ait Mimoune. La population y est pauvre et précaire, son activité principale repose essentiellement sur l'agriculture et le pâturage. Comme infrastructure de base, cette agglomération dispose d'un centre de santé, une école, un Souk hebdomadaire (Jemâa El Oulja). Elle dispose également d'un château d'eau et des puits pour l'approvisionnement de la population en eau potable. Alors que la rive gauche du Beht est colonisée par des douars de moindre importance (cas de Ait Yahya, Sahraoua, Qardouch, etc.) ; ce sont des petites agglomérations rurales en terre dispersées sur les glacis et moyennes terrasses quaternaires qui bordent le fond de vallée. La plaine alluviale est desservie par la route régionale 701 reliant Oulmés à Meknès et permet aussi de faciliter la communication entre les douars des communes voisines (fig. 6.8).

L'anthropisation du lit fluvial du Beht à Ouljet Soltane est marquée également par la présence du pont de la RR701 qui impacte les écoulements et les transports solides. On a noté aussi la présence d'un seuil dissipateur d'énergie permettant de réduire la vitesse du courant et sa force érosive (pl. ph. 6.1)

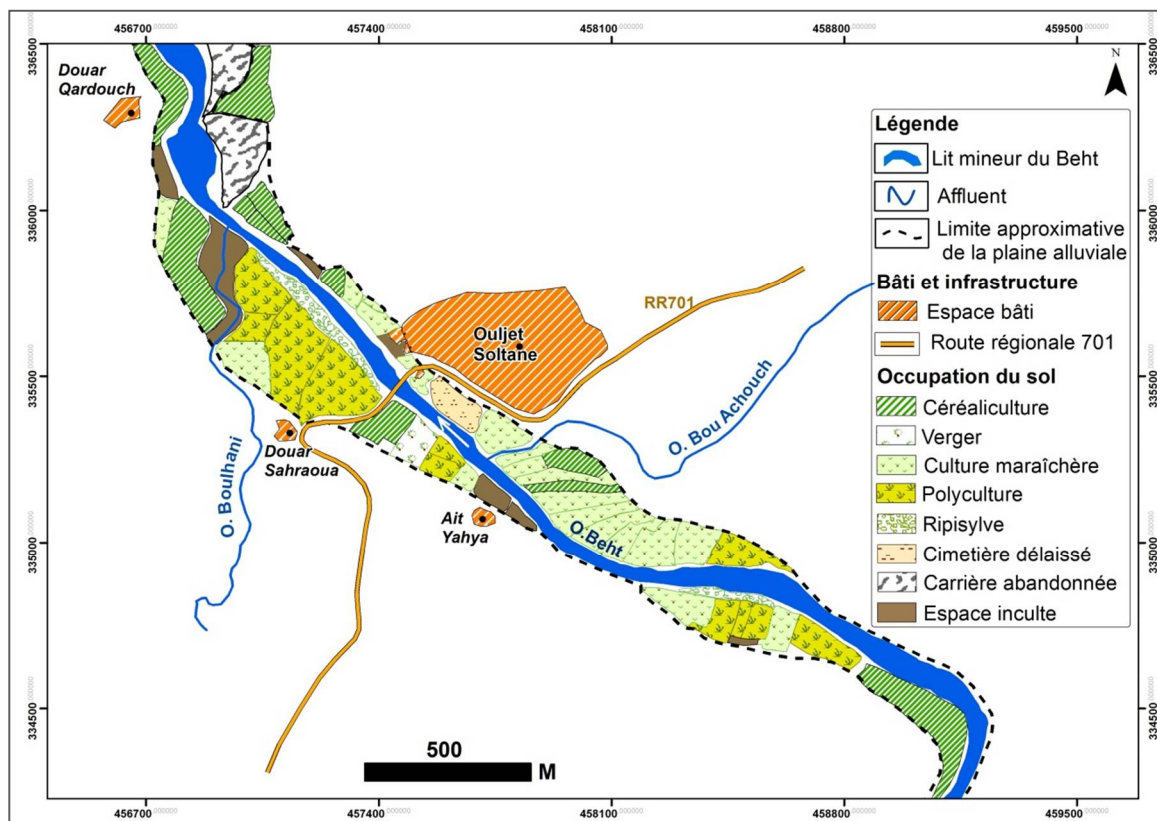
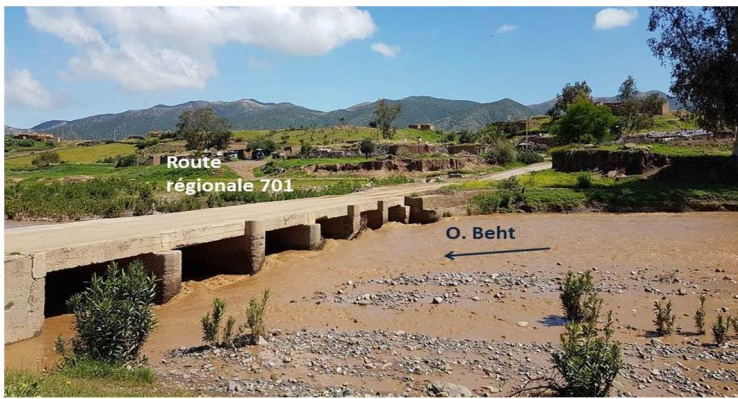


Figure. 6.8. Modes d'occupation du sol de la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane (D'après image satellite Google Earth 1/2/2017, et levés de terrains 24/9/2017 et 26/10/2017)



a./Le pont de la RR701 vu de l'amont (27/4/2018)



b./Le pont de la RR701 vu de l'aval ; on note la présence du seuil dissipateur d'énergie (13/9/2017)

Planche photos. 6. 1. Seuil dissipateur d'énergie en aval du pont de la RR701

Cependant, l'impact anthropique le plus pesant qui a concerné ce tronçon ces dernières années est la construction du barrage d'Ouljet Soltane durant la période 2014/2017 ; le paysage fluvial a subi de profondes modifications en raison des travaux d'aménagement associés à de cette construction.

b). L'agriculture

La plaine alluviale, en plus du Beht, est drainée en rive droite par Oued Bou Achouch et en rive gauche par Oued Bou Lhani. Ce qui apporte une ressource en eau importante ; de plus il existe une nappe d'eau associée aux alluvions du fond de vallée. Celle-ci est exploitée de façon accrue à travers le creusement de plusieurs puits, exploités dans l'approvisionnement en eau potable pour la population locale et pour l'irrigation.

L'agriculture représente le mode d'occupation du sol prépondérant dans la plaine alluviale à Ouljet Soltane ; la trame de l'occupation du sol prend l'allure d'une mosaïque disparate où s'interpénètrent de petites exploitations de cultures maraîchères, des vergers, des parcelles à polyculture et des terrains incultes (fig. 6.8 et pl ph. 6.2). Quant à la céréaliculture, elle est pratiquée sur toute la plaine alluviale et aussi sur les basses et moyennes terrasses du Beht. La structure du paysage agraire en parcellaires permet de délimiter les exploitations et par la suite de faire la distinction entre les cultures pluviales et irriguées. En se basant sur les images satellitaires et sur les visites du terrain, on a pu mettre en évidence les différents modes d'exploitation des terrains dans ce

tronçon. On a remarqué la dominance des cultures irriguées aussi bien en rive droite qu'en rive gauche. Le mode d'irrigation repose sur les pratiques traditionnelles, en adoptant des systèmes de seguias assurant la distribution équitable des eaux. Mais l'eau d'irrigation peut être également mobilisée à partir du Beht par le biais des motopompes. Les puits sont creusés à l'intérieur des exploitations ; des buses et des tuyaux en plastique sont adoptés pour distribuer l'eau d'irrigation sur les parcelles.



a)- Vue générale sur Douar Ouljet Soltane (18/9/2015)



b)- Juxtaposition des parcelles agricoles à différentes cultures en fond de vallée du Beht (27/4/2018)



c)- Parcelle à Grenadier et olivier en rive gauche du Beht (26/7/2016)



d)- Terre labourée etensemencée pour céréaliculture en bordure du Beht (24/10/2017)

Planche photos. 6.2. Modes d'occupation du sol de la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane

Les exploitations irriguées exposent une gamme de culture très variée, mais adaptée aux conditions morphologique et climatique. En premier lieu, on trouve la culture maraîchère puisqu'elle occupe 18 ha soit 33% de la superficie totale. On trouve aussi la polyculture couvrant 17 ha soit 31% de la superficie totale. Ce type de culture permet d'associer aussi bien les cultures maraîchères avec quelques espèces d'arboricultures. On trouve les figuiers côtoyant les oliviers et les grenadiers, en plus de carottes, pomme de terre, oignons, persilles. La catégorie la plus restreinte

est celle des vergers, du fait qu'elle couvre seulement environ 1,2 ha soit 2% de la surface ; elle comporte souvent un mélange des oliviers et de grenadiers.

La céréaliculture (orge et blé dur) est généralement pluviale, même si parfois on fait appel à l'irrigation lors des périodes sèches. Elle est peu pratiquée au niveau de la plaine alluviale, sa prolifération est marquée surtout au niveau des glacis et moyennes terrasses bordant le fond de vallée. Les parcelles à céréaliculture occupent 17 ha, soit 31% de la superficie totale. Au fil des années, les parcelles à céréaliculture sont soumises à une suite de cultures échelonnées appelée rotation culturale. Cette dernière est un élément important de la gestion de la fertilité des sols.

c). L'extraction de granulats alluvionnaires

En examinant la plaine alluviale en rive droite et plus précisément en aval de la confluence du Beht avec oued Bou Lhani, on observe une zone avec les traces d'une carrière abandonnée. En 2010 cette zone convenait à des parcelles à céréalicultures, mais suite au projet d'aménagement du futur barrage d'Ouljet Soltane, elle s'est transformée en carrière d'extraction des sables et granulats alluvionnaires.

4.2. Anthropisation du tronçon de Souk Larbaâ du Beht

A la sortie des plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui, le Beht longe la partie méridionale du bassin de Souk Larbaâ du Beht (Moyen Beht), où il développe une plaine alluviale large de l'ordre de 1,5 km. Dans ce tronçon, le cours d'eau draine successivement de l'amont vers l'aval, les communes de Maqam Tolba, Ait Siberne et Sfassif, connues par leur vocation agricole aussi bien pluviale qu'irriguée. La plaine alluviale du Beht est parcourue par trois principaux affluents, qui sont respectivement oued Berrejline en rive gauche et les oueds Ouchket et El Kell en rive droite, en aval du centre de Souk Larbaâ. L'anthropisation de cette plaine est présente des modes variés comportant aussi bien le bâti, les cultures, les parcours et les carrières ; Elle est caractérisée aussi par l'abondance des puits et des bassins de rétention artificiels des eaux (fig. 6.9 ; pl. ph. 6.3).

a). Le bâti et l'infrastructure

Sur la plaine alluviale de ce tronçon, on observe des douars dispersés de part et d'autre du Beht ; leur répartition spatiale est due aux structures foncières et surtout à la disponibilité des ressources naturelles en eau et terre fertile. L'habitat est en constructions en terre ou en dure rassemblé en petits douars, parfois menus d'une mosquée, une école primaire et un Souk hebdomadaire. Le nombre des douars dans la plaine alluviale est restreint (4 douars), et la surface totale occupée par l'espace bâti ne dépasse pas 2 hectares.

En ce qui concerne l'infrastructure routière, la plaine est traversée par l'autoroute A2 reliant la ville de Fès à Rabat, en plus de quelques routes non classées permettant liaison entre les

différentes agglomérations et communes avoisinantes. Le centre du Souk Larbaâ du Beht est traversé par la route régionale 402 qui va vers la route nationale N6.

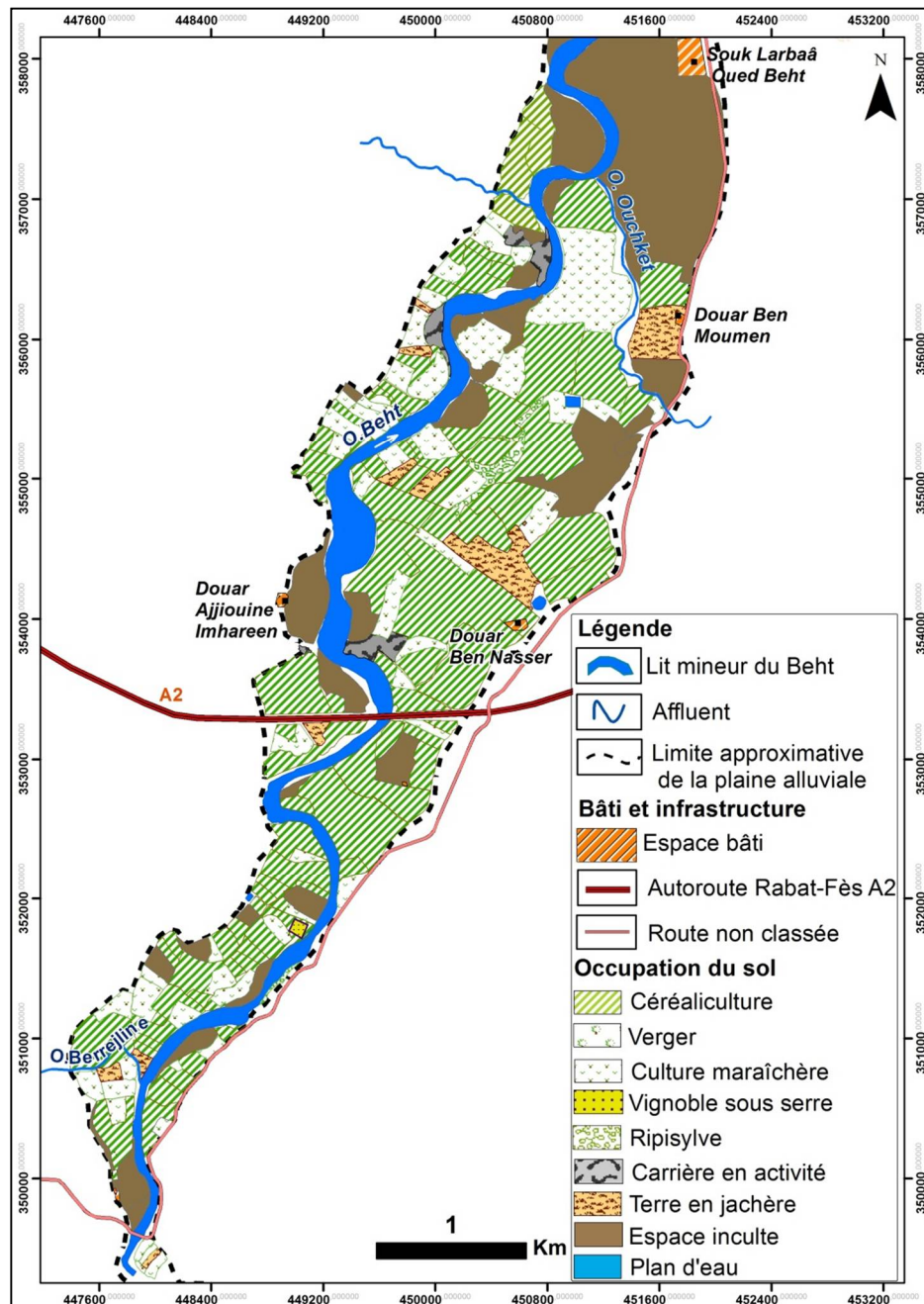


Figure 6.9. Modes d'occupation du sol dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht (D'après image Google Earth 6/2/2017 et levés de terrains 11/8/2017 et 7/11/2017)

b). L'agriculture

Le bassin de Souk Larbaâ du Beht est connu par sa vocation agricole, puisque la superficie cultivée représente 64% de la superficie totale de la plaine alluviale. En premier lieu, on trouve la céréaliculture qui occupe 46% de la superficie de la plaine alluviale marquée par la dominance de la trilogie blé tendre, l'orge et blé dure. La pratique de céréaliculture est soumise à la rotation culturale, alternant la culture maraîchère au fils des années dont l'objectif est de gérer la fertilité du

sol. Quant à la culture maraîchère irriguée, elle occupe 17% de la superficie totale. Elle est consacrée à la culture de la citrouille, la pastèque et le melon. Le mode d'irrigation le plus pratiqué dans la plaine repose sur l'irrigation gravitaire qui consiste à arroser les cultures en faisant ruisseler l'eau à la surface des petits bassins artificiels aménagés par les agriculteurs. Les eaux d'irrigation proviennent aussi des puits qui sont creusés au sein de la plaine alluviale, car le pompage direct des eaux de l'oued Beht était interdit depuis 2015. De même, on trouve la culture des vignes sous serres couvrant une parcelle de 1 hectare, implantée à l'intérieur d'une grande parcelle de culture maraîchère. Les parcelles à vergers d'oliviers ne représentent que 0,33% de la superficie totale ; alors que les terres en jachères sont clairsemées dans la plaine alluviale, elles représentent 4% de la superficie totale.

c). Les parcours

Nos excursions sur terrain, nous ont permis de mettre en évidence l'existence de nombreuses parcelles incultes qui sont réservées au pâturage. Ces parcours existent au sein de la plaine alluviale avec une superficie qui avoisine 177 hectares, soit 16% de la superficie de la plaine alluviale. Ils sont présents notamment en rive droite entre la confluence du Beht avec Oued Ouchket et celle de l'Oued El Kell. Ces parcours hébergent différents types de cheptels : les bovins, les ovins et les caprins. Ils sont fréquentés également par les éleveurs des régions limitrophes.

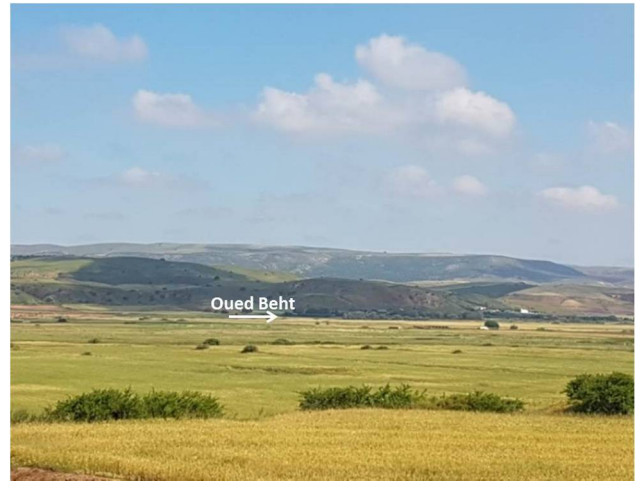
d). L'extraction de granulats

Dans ce tronçon de vallée les carrières sont nombreuses. On y distingue des carrières à exploitation légale, installées par endroit de part et d'autre du Beht. On peut citer par exemple la carrière SAMAGA, qui est installée dans la plaine alluviale sur les deux rives du Beht, en aval immédiat de l'autoroute Rabat-Fès. Elle est équipée d'une plateforme pour le criblage et le concassage des agrégats. Une autre carrière, nommée Ouarrach, est mise en place en rive gauche du Beht, au voisinage de Douar Bisbis. Elle s'étend sur une superficie de 5,5 hectares et dispose d'une capacité de production de 300000m³/mois. Outre les équipements pour le criblage, le concassage et le broyage des agrégats alluvionnaires, cette carrière dispose d'auto-bétonnière de malaxeur pour la fabrication du béton in situ.

En plus de ces carrières à exploitation légale, on peut observer d'autres carrières clandestines. En gros, toutes ces carrières pour l'extraction de granulats occupent seulement 1,5% de la surface totale de la plaine alluviale dans le tronçon d'étude.



a.- Autoroute Rabat-Fès traversant la plaine alluviale du Beht (4/5/2018)



d.- Céréaliculture sur la plaine alluviale en aval de l'autoroute Rabat- Fès (4/5/2018)



c.- Parcelle à culture maraîchère sur la plaine alluviale (rive droite Beht) (9/8/2017)



f.- Troupeau des ovins à Souk Larbaâ du Beht (21/9/2015)



e. - Carrière SAMAGA exploitant la plaine alluviale du Beht (4/5/2018)



b./ Bassin artificiel de rétention des eaux sur la plaine alluviale (10/5/2017)

Planche photos. 6.3. Exemples des modes d'occupation du sol de la plaine alluviale du Beht dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht.

5. Anthropisation des tronçons en aval du barrage El Kansera

5.1. La vallée du Beht en aval immédiat du barrage

Immédiatement en aval de la retenue du barrage El Kansera, le Beht draine le fond d'une vallée façonnée entre la partie occidentale des rides prérfaines et les extrémités orientales des bas plateaux de Zemmour en rive gauche. Ici, le fond de la vallée est occupé par une plaine alluviale relativement large, délimitée par les affleurements du miocène en rive droite et par les glacis des terrasses quaternaires et villafranchiennes en rive gauche. Ce tronçon de vallée présente par endroit une ripisylve dense se développant sur les berges du Beht. Ce secteur appartient à la commune d'El Ganzra, qui était fondée vers l'année 1925, pendant le protectorat, (Monographie Khémisset, 2012), lors de la réalisation du barrage El Kansera (fig. 6.10).

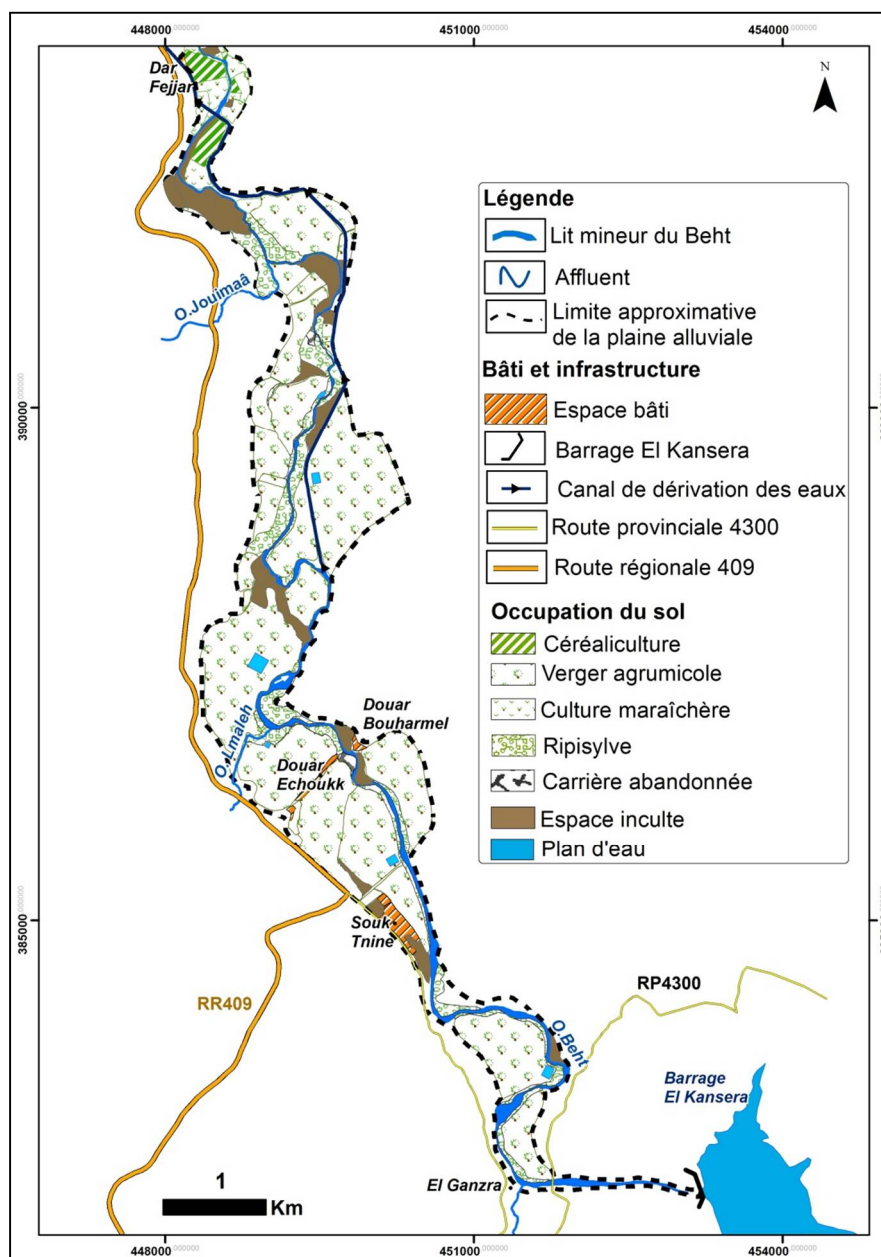


Figure. 6.10. Modes d'occupation de la plaine du Beht en aval immédiat du barrage El Kansera (D'après image Google13/11/2017 et observations de terrain 26/11/2017 et 1/1/2018)

a). Le bâti et l'infrastructure

En fait dans ce tronçon l'essentiel de l'habitat se développe surtout sur les glacis des terrasses villafranchiennes, en longeant la route régionale 409 qui mène vers Sidi Slimane. Il se concentre notamment en rive gauche du Beht, en formant des douars qui sont presque jointifs les uns des autres depuis Dar Fejjar à Douar Oulad Chaouia Sidi Moussa. Les espaces construits sur la plaine alluviale correspondent d'une part aux anciennes résidences héritées de la période coloniale. Ils sont très peu représentés dans la plaine avec seulement 2%. Ce sont des constructions essentiellement en béton armé et sont implantées à l'intérieur des fermes d'agrumicultures qui s'organisent en parallèle au tracé du Beht. D'autre part, on rencontre de petits douars associant habitations traditionnelles et modernes. Le premier type est construit à base de matériaux locaux en terre et en pierre, alors que le deuxième type fait appel au béton armé. Parmi les agglomérations implantées sur la plaine alluviale, on peut citer une partie de Douar El Ganzra, Douar Echouk et Douar Bou Harmel.

Quant aux infrastructures routières, la plaine est traversée par la route régionale 402 menant vers Sidi Slimane et la route provinciale 4300 qui relie la vallée à la route régionale 705.

En termes d'infrastructures hydrauliques, la plaine alluviale est desservie par un canal de dérivation des eaux pour l'irrigation des exploitations d'agrumicultures. Sa mise en place était associée à la réalisation du barrage El Kansera. On y trouve également de nombreux bassins artificiels de rétention des eaux assurant l'irrigation des parcelles agricoles par le biais de stations de pompages.

b).- L'agriculture

Dans ce tronçon de la vallée du Beht, la plaine alluviale est aménagée pour l'agriculture irriguée (fig. 6.11 ; pl.ph. 6.4). Celle-ci est dominée par les agrumes qui occupent la majeure partie de la plaine en représentant plus de 90% de sa superficie (837 ha). Quant à la culture maraîchère, elle y est peu présente car elle ne dépasse pas 1%. Les espaces incultes y représentent seulement environ 3%. En fait, comme on l'avait déjà précisé au début de ce chapitre, la plaine alluviale du Beht en aval du barrage El Kansera est bien connue depuis la colonisation par ses terres fertiles et sa forte vocation agricole. Elle a été aménagée pour la mise en place des cultures irriguées principalement les agrumes. Aujourd'hui, les parcelles agricoles y s'organisent en petite et moyenne hydrauliques, mises en place en aval du barrage. Le mode d'irrigation dominant repose sur l'irrigation moderne en goutte à goutte.

c).- L'exploitation de granulats

Dans ce tronçon les carrières pour l'extraction de granulats alluvionnaires sont très peu présentes au niveau de la plaine alluviale. On y observe seulement les vestiges d'une carrière

abandonnée en rive gauche du Beht, comme en amont de l'Oued Jouimâa. Il y existe également quelques exploitations ponctuelles clandestines exploitant les matériaux alluvionnaires directement du lit du Beht.



a.- Vue panoramique de la plaine alluviale du Beht en aval du barrage : ferme des agrumes à El Ganzra (1/1/2018)



b. /Parcelle d'Orangers, rive gauche du Beht à Souk Tnine (8/1/2017)



c. /terre aménagée pour l'agrumiculture (1/1/2018)



d. / culture maraichère sur plaine alluviale à Dar Fejjar (1/1/2018)

Planche photos. 6.4. Occupation du sol de la plaine du Beht en aval immédiat du barrage El Kansera

5.2. Anthropisation de la plaine alluviale du Beht dans le Gharb

Depuis le centre de Dar Bel Amri, le Beht inférieur commence à drainer la partie méridionale de la plaine du Gharb qui, sur le plan administratif, couvre des communes en majorité rurales appartenant à trois provinces : Sidi Slimane, Sidi Kacem et Kénitra. Cette plaine présente un paysage agraire très anthropisé et sur de vastes étendues, interrompues localement par des installations humaines. Les bordures sud-ouest de la plaine sont occupées par la forêt. Le reste des terres est aménagé pour l'agriculture. En fait, il s'agit de la mise en place de périmètres irrigués au sein de la plaine du Gharb, qui s'organise sous la forme de parcelles géométriques s'organisant en paysage agraire de type openfield, ayant complètement effacé le paysage naturel de plaine marécageuse d'auparavant (fig. 6.11).

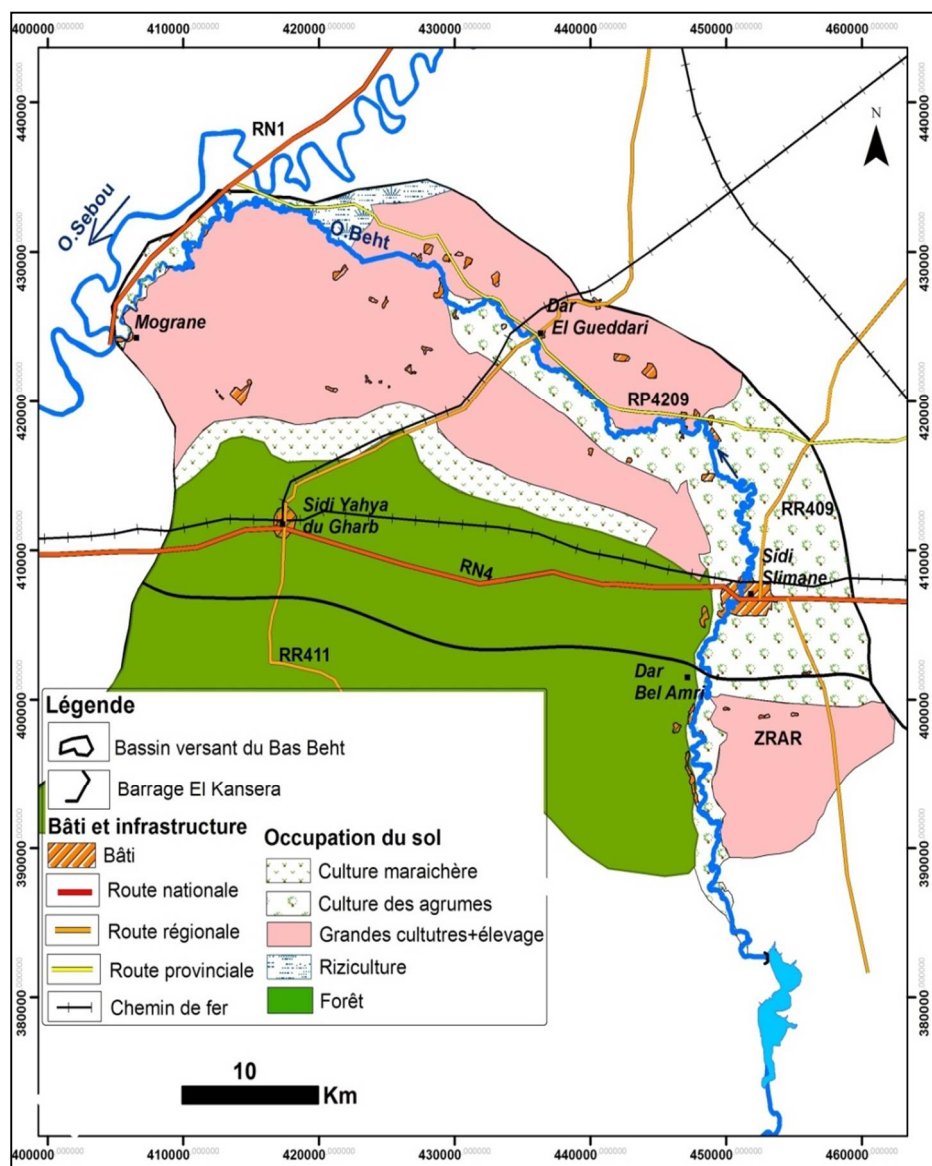


Figure. 6.11. Bâti, infrastructure et mode d'occupation du sol de dans la plaine du bas Beht, dans le Gharb (ORMVA, 2015 modifié)

a).-Bâti et infrastructure

En parcourant la plaine du Beht en aval de Sidi Slimane, nous avons décelé une variété d'organisations spatiales du bâti. L'habitat rural s'organise en douars qui sont tantôt rapprochés tantôt éloignés les uns des autres. La plupart d'entre - eux sont installés dans les espaces agricoles et au voisinage des deux centres urbains de Sidi Slimane et Dar El Gueddari. La répartition spatiale et l'organisation de ces agglomérations sont dictées d'une part par les conditions naturelles, notamment la topographie locale de la plaine. D'autre part, elles sont liées aux structures foncières et aux ressources naturelles essentiellement la fertilité des terres et l'eau. La typologie de l'habitat rural révèle deux types d'organisation, groupé ou dispersé. Le premier type convient aux douars à habitat traditionnel groupé sur les terres collectives ; alors que le deuxième type correspond aux agglomérations à habitat récent dispersé, lié à la répartition des fermes de grande exploitation agricole, à la privatisation de la propriété, et aussi à l'installation de la main d'œuvre à proximité d'emplois potentiels (M. Kachmar, 1986). Dans les noyaux urbains de Sidi Slimane et Dar El Gueddari, on rencontre deux types d'habitat, l'habitat règlementaire représenté en maison marocaine, immeuble et villas et d'habitat précaire représenté par les bidonvilles (DRGCB, 2013).

En ce qui concerne les infrastructures, la plaine du Beht est traversée par une ligne ferrée d'importance nationale qui fait partie d'un faisceau desservant les grandes agglomérations littorales et les villes de l'intérieur et de l'oriental. De plus, on y observe un réseau routier comportant plusieurs routes nationale, régionale et provinciale, communale.

b).- L'agriculture

Contrastant à ce qu'on a rencontré en amont du barrage, la plaine du Bas Beht est dotée d'un paysage agraire complètement différent, puisqu'il s'agit d'un paysage en openfield, à champs ouverts sur une plaine à topographie relativement plane à ondulée (P.M. George, 2017). De part et d'autres des berges du Beht dominant la concentration d'une agriculture essentiellement irriguée et à cultures variées (fig. 6.11 et pl. ph. 6.5).

Il s'agit en fait d'un important périmètre aménagé en grande hydraulique (A. Taky et al., 2007), où les cultures irriguées, sont essentiellement la canne et la betterave à sucre qui dominent largement (M. Belghiti, 2005). Les terres labourables y sont organisées selon un parcellaire en lanières, en forme d'un vaste damier avec de nombreux douars (exemples : les douars Lamnasra El Ouad, Oulad El Khadeir et Sdadna Oulad Haddou...) (fig. 6.12). Dans le même sens, on y observe l'existence de parcelles de forme circulaire qui sont caractéristiques de l'utilisation du système d'irrigation à pivot central, en particulier sur la rive droite du Beht à Bled El Oued El Mayet, avoisinant les douars d'Oulad Rahou et Oulad Berrahla (fig. 6.13).



a/ parcelle à culture de maïs juxtaposée à une parcelle de blé tendre en aval de Dar El Gueddari (5/10/2018)



b/ Terre aménagée pour la culture irriguée de Maïs à Oulad Arafa (5/10/2018)



c/ Paysage agraire de céréaliculture en openfield au voisinage de Labghailiya Chbaâna en amont de Mograne (15/10/2018)

Planche photos.6.5. Exemples d'occupation du sol en paysage d'openfield de la plaine du Bas Beht en aval de Sidi Slimane



Figure. 6.12. Paysage agraire de parcelles en lames de parquets formant un vaste damier agricole dans le Bas Beht (extrait de l'image Google Earth 8/5/2017)

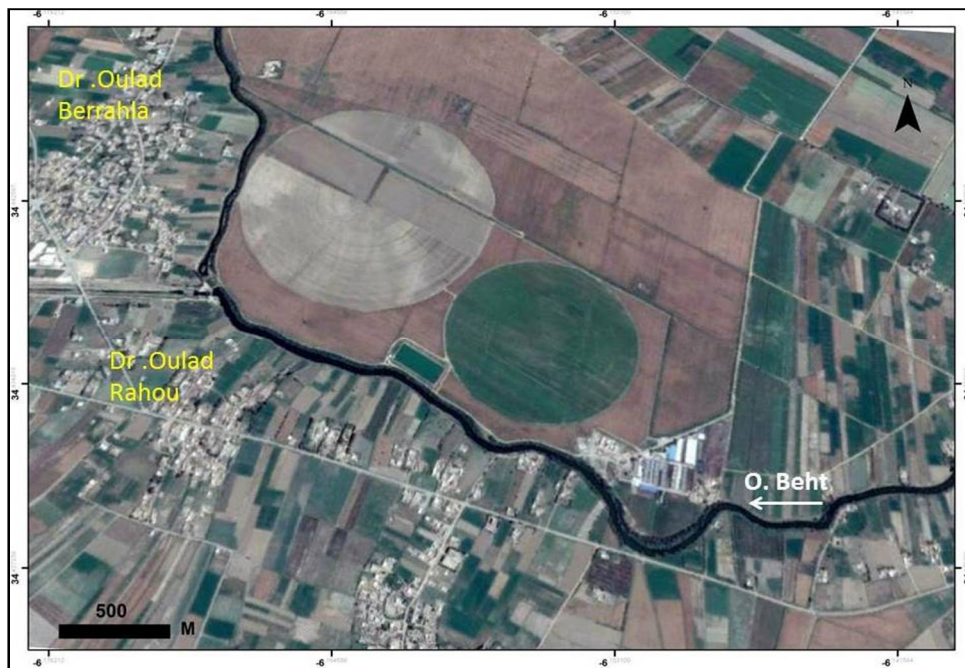


Figure. 6.13. Paysage agraire à parcelles circulaires irrigué par pivot central installé au niveau de Bled El Ouad El Mayet en rive droite du Beht ; exemple du secteur des douars Oulad Rahou et Berrahia, (extrait de l'image Google Earth 8/5/2017)

Ce paysage d'openfield juxtapose des parcelles de grandes cultures, associés à l'élevage. Globalement on y distingue quatre grands types avec une répartition spatiale différente: les grandes cultures, l'agrumiculture, la culture maraichère et la riziculture. L'élevage est intense dans la partie bour et devient plus intense et amélioré dans les parties irriguées (Monographie RSK, 2015). En première position, on trouve les grandes cultures (cultures sucrières, fourragères et oléagineuses) associées à l'élevage, occupant 60% de la superficie de la plaine du Beht. Les cultures sucrières

correspondent essentiellement à la betterave et aux cannes à sucre, qui jouent un rôle notoire dans la production nationale (M. Belghiti, 2005). Quant aux cultures fourragères, elles sont au bersim et la luzerne. Les cultures oléagineuses et l'agrumiculture viennent en deuxième position avec 30% de la superficie ; elles sont pratiquées au niveau de la grande hydraulique, particulièrement dans les parties centrales et ouest du périmètre irrigué du Beht, ayant une superficie de 3100ha (PDAIRE, 2011). Egalement, on les observe sur les parcelles situées en rive gauche du Beht, qui s'étendent depuis l'aval de Sidi Slimane à Douar Lakbarta.

La culture maraîchère occupe la troisième position, puisqu'elle couvre 8% de la superficie la plaine du Bas Beht. Elle est pratiquée de façon restreinte selon un axe plus ou moins aligné entre Sidi Slimane et Kénitra. En quatrième position on trouve la riziculture avec seulement 2% de la superficie. Elle est pratiquée en particulier dans les terrains à sols hydromorphes. Du point de vue hydro-agro-environnemental, on rappelle que les rizières sont des agro-écosystèmes qui restent inondés quasiment en permanence durant la période culturale (fin avril à mi-septembre), et sont asséchés le restant de l'année. La mise en place des rizières constituent une composante de la mosaïque des habitats locaux en tant que zones humides (S. El Blidi, 2006).

c).- Les aménagements hydrauliques et hydro-agricoles du Bas Beht

Comme on l'avait déjà signalé, étant donnée sa position au sein de la plaine du Gharb, la plaine du Bas Beht avait bénéficié des aménagements d'assainissement et de drainage depuis la période coloniale. Auparavant la plaine du Gharb comportait jadis de vastes dépressions (Merjas) qui sont des surfaces d'inondations formant en hiver, des lacs à bords marécageux et en été une plaine verdoyante avec quelques étangs résiduels (G. Bryssine et al., 1966). Dans cette situation, l'agriculture dans le Gharb avait posé des problèmes d'où la nécessité de réaliser des aménagements pour la mise en valeur des terres.

En effet, comme on l'avait signalé au début de ce chapitre, en raison de la présence des Merjas et des fréquentes inondations qui avaient touchées la plaine du Gharb, les pouvoirs publics, avec l'aide des Nations Unies, avaient établi un plan d'aménagement de la plaine et de ses bordures depuis la période coloniale. L'aménagement a commencé par des travaux d'assèchement des Merjas en réalisant de grands réseaux de drainage comportant des canaux d'assainissement; mais aussi la mise en place d'une infrastructure hydraulique composée de réseaux primaires et secondaires d'irrigation en plus de stations de pompes pour les périmètres irrigués (fig. 6.14).

Les aménagements réalisés en termes d'assainissement et d'irrigation, étaient menés en fait de pair. La première partie des aménagements, réalisée surtout entre 1928 et 1935, était destinée à l'assèchement des Merjas et zones marécageuses, tout en assurant l'écoulement et le drainage des eaux du bassin du Bas Beht. Par la suite, la deuxième partie était consacrée à la réalisation des

travaux visant l'assainissement complet des Merjas, accompagnée par le creusement d'un canal de dérivation des eaux entre Jemâa Houafate et un point en aval de la confluence avec Oued Beht (J.Le Coz, 1964).

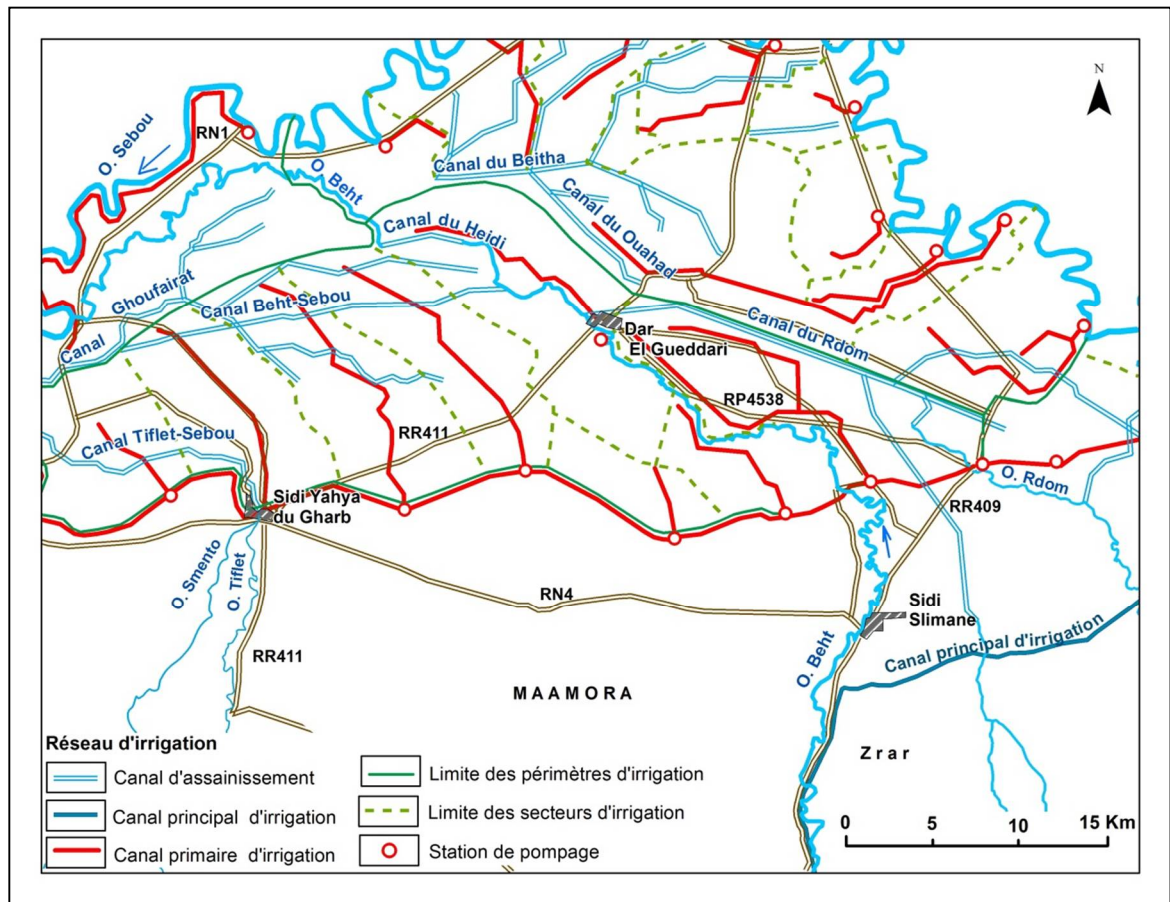


Figure. 6. 14. Schéma d'irrigation à long terme de la plaine du Gharb (Atlas du Bassin du Sebou, 1970, modifié)

D'autre part, en concordance avec la mise en service du barrage El Kansera, s'est mis en place le périmètre irrigué du Beht où l'irrigation est assurée par à un système de canaux de dérivation des eaux. Par la suite un plan d'aménagement agricole à long terme a été proposé en tenant compte des contraintes pédologiques et climatiques (fig.6.15). Dont ses grandes lignes se sont présentées de la façon suivante :

- Les sols de Merjas et les tirs lourds au pouvoir drainant soit faible ou nul, sont consacrés à la riziculture ;
- Sur les alluvions récentes à éléments grossiers (Dhess légers) bordant le Beht, on a préconisé l'extension de l'agrumiculture ;
- Sur certains Dhess ayant un drainage difficile soit à cause de leur fine texture, soit parce que les alluvions grossiers reposent sur une couche moins perméable une rotation quinquennale a été proposée. En comprenant trois cultures industrielles, une céréale et une culture fourragère. Egalement sur toutes les terres présentant des difficultés de drainage, il a été proposé la rotation quadriennale.

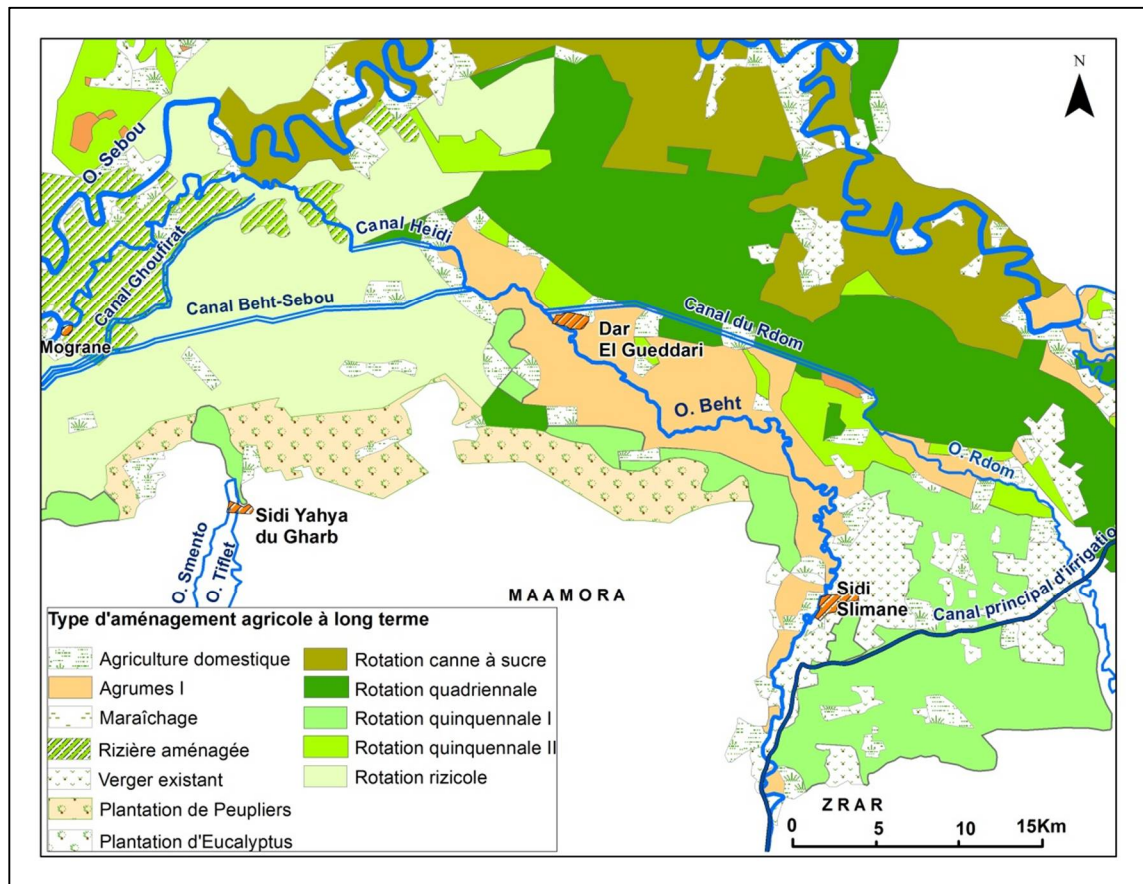


Figure. 6.15. Aménagement agricole de la plaine du Gharb à long terme (Atlas du Bassin du Sebou, 1970, modifié)

Dans le cadre de la valorisation agricole de la plaine du Gharb confiée à l'office régional de la mise en valeur agricole du Gharb, de nombreux aménagements de terres agricoles sont réalisés par tranches d'aménagements sous la forme secteurs collectifs hydrauliquement indépendant (fig. 6.16) (ORMVAG, 2005).

Dont l'aménagement est subdivisé en quatre tranches qui sont comme suit :

- le périmètre irrigué du Beht équipé entre 1934 et 1968 dominé par barrage El Kansera.
- la première tranche d'irrigation équipée entre 1972 et 1979.
- la deuxième tranche d'irrigation équipée 1980 et 1998.
- la troisième tranche d'irrigation commencé en 1998 et s'est terminée en 2005.

Ces aménagements hydroagricoles ont concerné principalement la mise en place des équipements hydro-agricoles modernes, nivellement, station de pompage, réseau d'irrigation et de drainage (M. Kachmar, 1986 ; M. Danien et al., 1993).

Tous ces aménagements et interventions ont permis la récupération des vastes étendues des terres fertiles aux sols de bonne qualité. Ils ont certainement engendré de fortes modifications hydrologiques, dynamiques et morphosédimentaires dans l'hydrosystème du Bas Beht

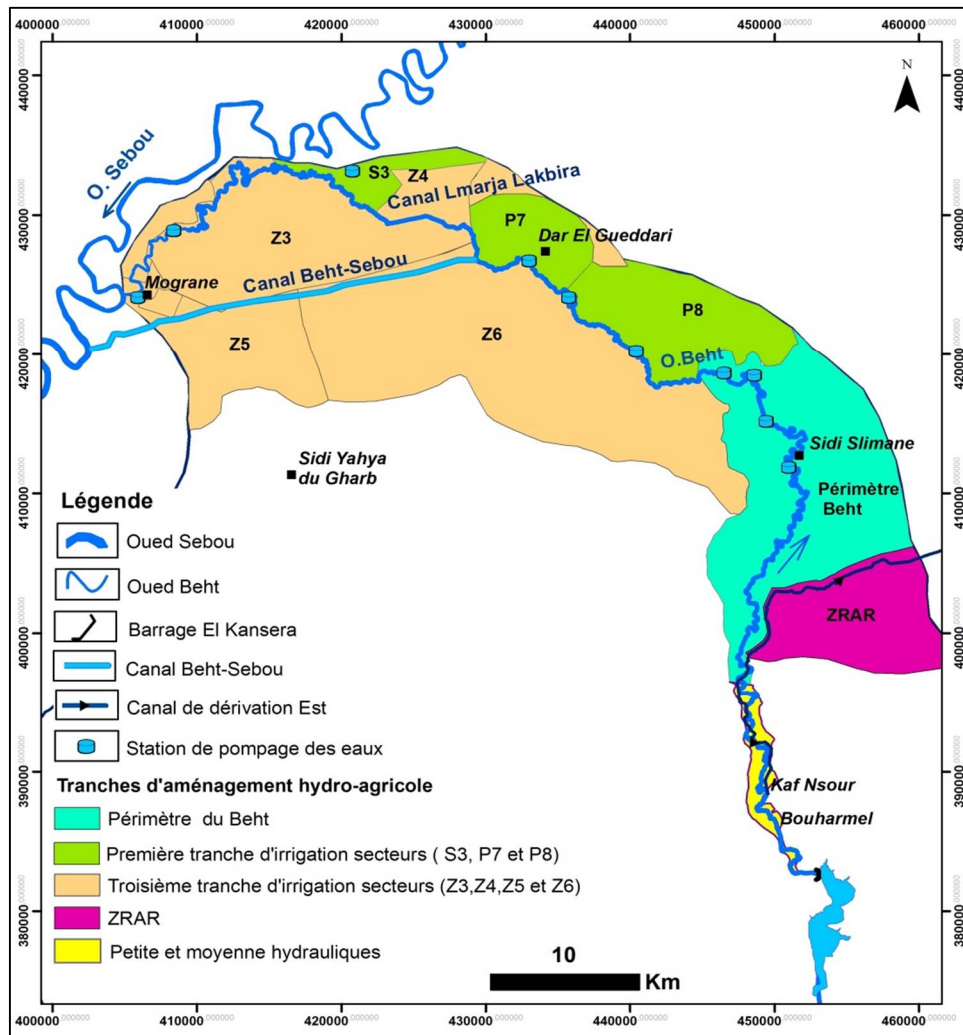


Figure. 6.16. Aménagement hydrauliques et hydro-agricoles de la plaine du Beht en aval du barrage El Kansera (ORMVA, 2005 modifié)

. Cas du barrage de compensation des eaux de Bouharmel et le canal de dérivation – Est

En aval du barrage El Kansera est créé un petit barrage de compensation permettant de régulariser les débits du Beht, surtout lorsque les lâchers d'eau du barrage ont eu lieu. Une prise d'eau dérive alors les eaux vers le canal principal qui suit la vallée du Beht passant d'une rive à l'autre par le biais de ponts-canaux (pl. ph. 6.6).

Au niveau de Dar Bel Amri ce canal se dirige vers l'Est, en bordant la plaine, pour franchir les Oueds Hamma et Rdom et enfin atteindre l'Oued Tihili qui est un affluent rive droite de Oued Rdom issue des collines de Sidi Kacem et de Zegota (P. Divoux, 1958). Ce canal, d'une longueur totale de 44,5 Kms, alimente par des pompages deux périmètres irrigués, situés hors bassin du Beht, vers le sud-est (secteur de Sidi Kacem) ; il alimente aussi des oueds canalisés (Hamma, Tihili) et des canaux secondaires et tertiaires pour l'irrigation par gravité des terres situées vers le nord. Ces équipements majeurs ont été précédé en fait de l'aménagement de l'ensemble du périmètre irrigué du Beht (création de séguias en terre, remembrement des terres, création de canaux en béton...).



a./Barrage de dérivation des eaux à Bouharmel



b./Barrage de compensation des eaux et canal de dérivation des eaux à Kaf Nsour



c./Canal de dérivation des eaux à Kaf Nsour

Planche photos. 6.6. Barrage de compensation des eaux et canal de dérivation – est, en aval du barrage El Kansera (26/12/2017)

. Cas du canal Beht – Sebou

Le canal Beht-Sebou a été réalisé par l'office régional de la mise en valeur agricole du Gharb pour limiter l'inondation de la plaine aux environs de la Merja Ameer (mis en service à partir de 1966). Son point de départ est situé au niveau du douar Oulad Taleb à l'aval de la station de pompage SP7 (fig. 6.17). Ce canal de forme trapézoïdale, est construit en terre ayant et présente une dizaine de mètres de largeur à la base et d'une vingtaine de mètres au miroir. La débitance du canal est réglée par des vannes de réglage mises au niveau de la bifurcation avec le lit naturel du Beht (pl. ph. 6.7) (ABHS, 2011). Un autre canal dont la géométrie et l'état sont comparables à ceux du canal Beht – Sebou ; il s'agit du canal Ghaufirat, réalisé à proximité et en parallèle avec le canal Beht-Sebou.



a. Tête du canal de transfert des eaux Beht-Sebou



b. L'aval du canal de transfert des eaux Beht-Sebou

Planche photos. 6.7. Canal de transfert des eaux Beht-Sebou (5/10/2018)

. Mise en place de seuils dissipateurs d'énergie

Ce sont des chutes empierrées ou enrochées aménagées dans le fond d'un cours d'eau, ce qui permet le contrôle de la vitesse d'écoulement de l'eau et la réduction des forces exercées par l'eau sur les berges et sur le fond. Ces seuils permettent de stopper la régression de fond, notamment l'approfondissement du cours d'eau dû à une pente trop abrupte du lit du cours d'eau; ils sont construits de façon à ne pas entraver la libre circulation des poissons. On les rencontre en particulier à Dar El Gueddari et à Douar Oulad Rahou (pl. ph. 6.8).



a./Seuil dissipateur d'énergie au niveau du pont de la RR411 à Dar El Gueddari (1/6/2016)



b./ Seuils du déversoir sur le Beht en aval de douar Oulad Rahou (15/10/2018)

Planche photos. 6.8. Exemples de seuils mis au niveau du chenal anthropisé du Bas Beht

5.3. Débordement des eaux et risques d'inondation dans le Bas Beht

Dans ce travail, on considère les inondations comme des phénomènes de débordements des eaux associés au fonctionnement hydrogéomorphologiques d'un cours d'eau, naturel ou anthropisé (J-P. Bravard et F. Petit, 1997; A. Taous, 2005). Ce phénomène engendre souvent des risques pour la vie, la santé, la propriété, les ressources mais aussi les fonctions naturelles du lit fluvial et des plaines inondables. On rappelle que le danger et les pertes engendrés par l'inondation restent dépendants de l'aléa (durée et ampleur de l'inondation), la probabilité d'occurrence et la vitesse d'apparition de l'inondation de la vulnérabilité de l'espace géographique qui est quant à elle en relation avec les enjeux socio-économiques (DHS, 2017).

Dans le cas du Beht, les inondations sont plus menaçantes, particulièrement dans la zone du Bas Beht. En fait, malgré les aménagements de la plaine du Gharb et la mise en place des barrages et des canaux de drainage, les inondations du Beht sont encore menaçantes surtout dans le cours inférieur à partir de la ville de Sidi Slimane. De ce fait de nombreux crues ont été survenues causant d'important dégâts aux cultures, cheptels mais aussi aux infrastructures et à la vie humaine. Ici les sites inondables sont nombreux et leur ampleur est mise en évidence notamment lors des inondations de la région du Gharb survenues de 1996, 2002, 2009 et 2010, qui ont touché de grandes surfaces agricoles et des infrastructures.

Ces risques entraînent généralement des dégâts économiques et humains lourds touchant souvent des populations et les terres agricoles (ABHS, 2011). En se basant sur l'historique des inondations on a pu mettre en évidence les centres à fort risque d'inondation (tab.6.5).

Villes et centres à fort risque d'inondation dans le Bas Beht	Cours d'eau en cause
Sidi Yahia du Gharb	Oueds Tiflet, Smento et Bouchahla
Mograne	Oued Ghoufayrat, canal Beht- Sebou
Sidi Slimane	Oued Beht
Dar El Gueddari, Rmila	Oued Beht

Tableau. 6.5. Centres à fort risque d'inondation dans le Bas Beht (ABHS, INGEMA, 2014)

La ville de Sidi Slimane est parmi les sites les plus menacés par les inondations de la plaine du Gharb (fig. 6.17 ; ph. 6.5); elle a connu ces dernières décennies une extension urbaine incontrôlée ayant envahie les deux rives du Beht.



Figure. 6.17. Les principaux quartiers inondables dans la ville de Sidi Slimane

La croissance démographique ainsi que l'exode rural ont amplifié la prolifération de l'habitat insalubre densément peuplés sur les deux rives du Beht. Plusieurs quartiers sont constamment menacés par les inondations (cas des quartiers de Chouirda, Oulad El Ghazi, Oulad Moussa Ben Hssin, douars Khouribga, Oulad Bouranja Oulad Malek...).



Photo. 6.5. Les inondables du Beht dans la ville de Sidi Slimane.
Cas du quartier Oulad Malek (d'après site internet février 2010)

Plus en aval la zone de Bghailia fait partie des sites les inondables du Bas Beht. Les terrains agricoles y sont souvent submergés. Le centre de Mograne, situé dans la zone de confluence en rive gauche du Beht, est également souvent inondé à l'occasion de fortes crues (INGEMA, 2014).

Conclusion

L'étude de l'anthropisation du bassin versant du Beht a permis de mettre en évidence la charge humaine de ce bassin et son évolution avec le temps. Elle a montré que l'installation humaine y est ancienne depuis l'antiquité, ce qui a été établi par les vestiges archéologiques découverts le long de la vallée du Beht et surtout dans les tronçons aval.

Les informations sur la période précoloniale, montrent que le bassin du Beht était faiblement peuplé. Le mode de vie était traditionnel, l'activité de la population reposait sur la culture pluviale vivrière associée à l'élevage extensif. Le pastoralisme qui obéissait aux règles de la transhumance se pratiquait essentiellement dans les zones de montagnes et les plateaux et plaines périphériques. Le semi-nomadisme caractérise l'occupation de la zone du Bas Beht dans la plaine de Gharb méridional, où les conditions de vie étaient limitées par les inondations et l'extension des marécages.

La période coloniale (protectorat entre 1912 et 1956), l'anthropisation du bassin s'est accélérée et le bassin du Beht a subi des mutations socio-spatiales de plus en plus rapides. Cette période se caractérise par la modification des modes de vie traditionnelle et la fixation des populations dans les centres ruraux et urbains. La densité de la population n'a pas beaucoup évolué, mais la sédentarisation devient de plus en plus prononcée même au niveau de la plaine du Gharb. La prolifération de l'agriculture irriguée, l'application de nouvelles pratiques agraires et l'introduction de nouvelles cultures, ont marqué le paysage de la vallée du Beht, notamment dans la zone située en aval du barrage El Kansera, mis en service en 1935. Les aménagements hydrauliques et hydro-agricoles modernes ayant accompagné ce barrage, et les travaux d'assainissement des terres, ont favorisé une modification profonde du milieu naturel et du paysage fluvio-marécageux de la plaine du Bas Beht. La morphologie et le fonctionnement hydro-morphosédimentaire du lit du Beht auraient subi des modifications importantes, suite à ces interventions humaines.

Après l'indépendance, le bassin du Beht a connu des mutations considérables en termes de croissance de la population et du mode d'occupation du sol. La densité de la population a augmenté progressivement et selon un gradient croissant de l'amont vers l'aval du bassin. Les mutations enregistrées au niveau du mode d'anthropisation, ont intéressé particulièrement une tendance de plus en plus poussée vers la sédentarisation et la mise en place de vastes périmètres d'irrigation accompagnés d'une modernisation des techniques de culture, particulièrement dans la plaine du Bas Beht. Egalement, on s'est intéressé aux aménagements forestiers, ayant comme objectif la gestion intégrée des ressources en eaux et en sol et la lutte contre l'envasement du barrage El Kansera. Ces interventions ont certainement eu des conséquences sur les processus d'érosion et de production de sédiments dans le bassin du Beht.

L'étude de l'anthropisation à l'échelle des tronçons de la vallée du Beht, nous a permis de mieux déceler les particularités de chaque tronçon ; elle nous a permis de montrer que ce sont

surtout les cas où la vallée est large qui sont les plus humanisés (cas d'Ouljet Soltane, cas de Souk Larbâa du Beht). L'agriculture traditionnelle reflétant une hétérogénéité en termes de cultures (céréaliculture, polyculture et l'arboriculture, cultures maraichères irriguées..) domine dans ces tronçons ; elle occupe la plaine alluviale et les basses terrasses du Beht. De plus, de nombreuses carrières d'exploitations des alluvions ont été installées le long de la vallée, plus fréquemment dans la zone du Moyen Beht. Les tronçons situés immédiatement en aval du barrage, sont fortement anthropisés. Les cultures irriguées en particulier les agrumes sont organisés en petites et moyennes hydrauliques. La plaine du Bas Beht développée au sein de la plaine du Gharb est dominée par sa vocation agricole en grandes cultures sucrières et fourragères ; elle est caractérisée par des champs ouverts, en openfields.

Le barrage El Kansera et les aménagements hydro-agricoles associés, ont certainement eu des impacts et de fortes conséquences sur le fonctionnement hydrologique, dynamique et morpho-sédimentaire du Beht dans les zones de l'aval qui sont fortement anthropisées en comparaison avec les tronçons en amont du barrage. Le régime d'écoulement naturel du Bas Beht a été modifié par le barrage en écrêtant les crues et en modifiant les variations saisonnières et interannuelles des débits. Le transit sédimentaire de charge de fond et en suspension ont été largement diminué voir arrêtés par la retenue. Les phénomènes de débordement lors des fortes pluies, d'envasement et de morphogenèse au niveau du lit fluvial et de la plaine alluviale du Bas Beht sont en fait artificialisés.

Conclusion générale :

La problématique du présent projet de thèse s'est inscrite dans le cadre des recherches géographiques de géomorphologie fluviale des systèmes fluviaux anthropisés. Les objectifs ciblés au départ étaient, d'une part, de caractériser la géomorphologie fluviale de la vallée du Beht à différentes échelles spatiales (échelle de vallée, échelle du tronçon), tout en considérant le fond de vallée actuel avec sa plaine alluviale et son lit fluvial. D'autre part, il s'agissait d'étudier l'état et les modes d'anthropisation de la vallée dans différents tronçons et de déterminer les conséquences de cette anthropisation sur les fonctionnements hydrodynamiques et morpho-sédimentaires de l'Oued Beht. La méthodologie préconisée s'est basée principalement sur le travail de terrain, les données des administrations publiques, les documents cartographiques, les images satellitaires et les analyses de laboratoire. Ainsi, au terme de cette thèse, nous retenons ci-dessous les principaux apports et enseignements tirés de ce travail.

Le contrôle géologique et morphostructural de la morphologie de la vallée :

Tout d'abord, dans la présentation du contexte physique, nous avons montré dans le premier chapitre que le cours d'eau du Beht traverse des contextes géologiques et géomorphologiques contrastés, ce qui influence largement la configuration morphologique de la vallée. Sur cette base nous avons sectorisé la vallée du Beht en trois tronçons : le Haut, le Moyen et le Bas Beht. Dans la zone du Haut Beht, la vallée est née après confluence de deux affluents principaux qui sont le Tigrigra et Ifrane. Ces derniers drainent les bordures septentrionales carbonatées et karstifiées du Moyen Atlas central puis traverse la dépression périphérique creusée dans les argiles à basaltes permo-triasiques. Dans le domaine de la Meseta, la vallée s'encaisse profondément en gorges à méandres encaissés dans les plateaux principalement schisteux paléozoïques. Elle ajuste sa morphologie en gorges, ces versants et la distribution de terrasses quaternaires aux ondulations synclinales et anticlinales ayant déformé le substrat primaire. Ensuite la morphologie relativement évasée de la vallée du Moyen Beht offre un paysage différent dans les plateaux de calcaires lacustres et les terrains marneux et gréseux du Saïs qui dominent le couloir sud rifain. Ici la vallée s'évase et des méandres divagants apparaissent dans les tronçons les plus élargis. Au passage du Beht entre les rides pré-rifaines et le plateau de la Maâmora la vallée montre des versants dissymétriques et des méandres ancrés caractéristiques. Elle s'ouvre ensuite largement et ses versants disparaissent complètement dans la plaine subsidente du Gharb méridional. Dans cette portion du bassin, l'Oued Beht se trouve en plaine de très faible pente, développe des méandres libres fortement sinueux ; il va rejoindre le Sebou à Mograne, près du rivage atlantique.

L'analyse morphométrique et hydrographique du bassin, a montré que la forme du bassin versant du Beht est allongée ; le réseau hydrographique est généralement de type dendritique, ayant une pente longitudinale faible qui s'atténue de plus en plus en direction aval, mais variables suivant

la succession des unités morphostructurales traversées. En plus du profil longitudinal, l'allure de la courbe hypsométrique obtenue nous a permis de classer le bassin du Beht dans la catégorie des bassins versants évolués et à forte maturité géomorphologique, d'après la classification de Strahler.

Le contrôle climatique des écoulements et des processus fluviaux :

Dans le contexte géomorphologique cité, nous avons montré que les conditions climatiques méditerranéennes à influence atlantique qui règnent sur le bassin, favorisent des écoulements au régime pluvial irrégulier caractéristique ; elles contrôlent ainsi le fonctionnement hydrodynamiques et les processus morphogéniques au niveau du lit du Beht. Le régime des précipitations, qui augmentent en automne, et durant les derniers mois d'hiver, est caractérisé par l'alternance de saison pluvieuse favorisant le ruissellement des cours d'eau du bassin et contribue amplement au déclenchement de l'écoulement énergique de la période des crues. Alors que durant le dernier mois de printemps, les précipitations diminuent de plus en plus, ce qui influence directement l'écoulement du Beht qui décroît globalement et enregistre des écoulements minimums, lors des étiages estivaux. Les crues fortes, favorisées par les pluies prolongées dans le temps mais aussi par des orages, sont morphogènes dans le lit du Beht, puisqu'elles correspondent aux moments d'érosion et de transport des matériaux alluviaux dans le lit fluvial. Ces crues favorisent le transit de grandes quantités de matériaux alluvionnaires apportés dans le réseau hydrographique au lit fluvial principal du Beht.

L'analyse des séries chronologiques du débit de l'Oued Beht à travers le calcul du coefficient mensuel du débit nous a permis de déduire que le cours d'eau a un régime hydrologique pluvial caractérisé par la prépondérance d'un seul mode d'alimentation pluvial avec un seul maxima (en février) et un seul minima (juillet). Notamment, il s'agit d'un régime pluvial océanique marqué par une forte irrégularité interannuelle, avec l'apparition des hautes eaux en saison froide et des moments d'étiage en saison sèche. Cependant, le régime naturel du Beht est fortement modifié dans les tronçons aval, depuis la mise en service du barrage El Kansera depuis 1935. Alors que le barrage Ouljet Soltane qui vient d'être achevé a modifié les écoulements dans les parties amont et médiane.

Les enseignements de l'étude morphosédimentaire de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht :

En ce qui concerne la morphologie de détail du fond de la vallée et du lit fluvial, elle est largement déterminée par les différentes unités géomorphologiques traversées. Le fond de vallée s'élargit dans les terrains fragiles des argiles et marnes, où le Beht montre des méandres ancrés, divagants ou libres ; alors qu'elle s'encaisse et se rétrécit dans les terrains relativement durs où le Beht creuse des méandres encaissés. Dans les tronçons de l'amont, le lit de l'oued montre un lit mineur ordinaire et un lit moyen adapté aux crues de fréquences moyennes. Depuis l'aval du

barrage, on voit apparaître une série de méandres contraints au fond de la vallée entre les bas plateaux Zemmour en rive gauche et les rides préifaines en rive droite. En rejoignant la plaine du Gharb le Beht façonnent des méandres libres de plaine qui serpentent à l'intérieur d'une plaine alluviale assez large, mais fortement anthropisée.

L'étude des caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et des lits fluviaux en amont du barrage El Kansera s'est basée sur deux tronçons à Ouljet Soltane et à Souk Larbaâ du Beht, là où le fond de vallée est large. On a mis en évidence les caractéristiques des sédiments fluviaux dans ces tronçons, montrant généralement des alluvions grossières à galets et graviers avec matrice fine de sables et limons (dépôt de barres de méandres et de fonds de chenaux). Les faciès sédimentaires des coupes types étudiées de la plaine alluviale et du lit fluvial présentent des similitudes, avec une granularité assez représentative du contexte hydrodynamique de dépôt à forte énergie, avec abondance de matériaux préférentiellement issus des terrains paléozoïques essentiellement schisteux. Il s'agit de dépôts alluvionnaires mis en place dans des systèmes à méandres divagants ou libres, qui s'organisent en bancs alluviaux grossiers déposés latéralement dans les convexités des méandres, mais aussi au niveau des seuils alluviaux. Le gradient décroissant de la taille des galets des bancs alluviaux déposés par le Beht, depuis l'amont vers l'aval (d'Ouljet Soltane à Souk Larbaâ du Beht) traduit l'évolution longitudinale du transport solide fluvial qui s'explique en grande partie par l'atténuation de la pente du lit et l'amenuisement des particules (A. Taous, 2005).

Dans les sédiments de la plaine alluviale, à ces faciès relativement grossiers sont associés des faciès fins sablo-limoneux bien classés et/ou limono- argileux traduisant des milieux de dépôt de plaine d'inondation, occasionnés par les submersions. Au total, l'ensemble de ses sédiments, la sédimentation des tronçons amont reflète l'irrégularité des apports solides associés à celle des écoulements de régimes méditerranéens irréguliers et à fortes crues.

D'autre part, en termes de la dynamique du Beht dans les deux tronçons étudiés à l'amont du barrage, on a relevé des tendances à l'incision vertical du plancher du lit mineur jusqu'au décapage du substratum rocheux qui affleure au fond du lit et aussi au pied des berges. Cette tendance est probablement liée au contexte géologique régional caractérisé par des mouvements lents de surrection générale qui affectent de nos jours les terrains et influencent par conséquent le réseau hydrographique (D. Fassi, 1990 ; Kh. Boumir, 199).

L'analyse diachronique de l'évolution des tracés du Beht à Ouljet Soltane et à Souk Larbaâ du Beht nous a permis d'approcher la dynamique spatiale du style fluvial depuis le début des années 60 jusqu'aux années 2014. Dans les deux cas, les changements morphologiques restent peu marqués, puisqu'on a assisté seulement à de faibles mobilités latérales sans qu'il y ait de véritables métamorphoses fluviales. En fait, ces légères modifications de style fluvial seraient une adaptation

du cours d'eau aux changements de variables de contrôles naturelles qui sont les débits solides et liquides déterminées principalement par les conditions climatiques ; mais aussi influencées par les interventions anthropiques dans le bassin du Beht.

En aval du barrage El Kansera, le fond de vallée du Beht montre un paysage fluvial de cours d'eau à méandres ancrés sapant les versants taillés dans les substrats carbonatés et marneux des rides pré-rifaines. Les sédiments grossiers à galets et graviers sont encore présents mais deviennent de plus en plus rares en allant vers l'aval, alors que les faciès fins sableux et limoneux apparaissent de manière plus fréquente. La plaine alluviale est composée de deux faciès sablo-limoneux et limono-sableux traduisant des contextes de dépôt de plaine d'inondation. Alors que plus en aval dans le cours inférieur du Beht le faciès dominant est de type limono-sableux et limono-argileux traduisant un milieu de décantation. Ce gradient décroissant de la taille de la charge sédimentaire transportée est caractéristique de l'évolution longitudinale du transport solide qui s'explique en grande partie par l'atténuation de la pente du lit qui devient très faible, par conséquent influe la compétence et la vitesse de transport du cours d'eau.

Depuis l'aval de Sidi Slimane, on se situe dans une zone de plaine subsidente de faible pente ; le Bas Beht y montre de larges méandres libres avec des levées naturelles limoneuses très bien développées séparant le cours du Beht d'une plaine alluviale souvent à dépression marécageuses (avant les aménagements). Aujourd'hui, la charge sédimentaire transportée et déposées par le Beht est largement dominée par la fraction fine (sables, limons et argiles). Ce qui s'explique par la position aval du milieu fluvial, mais aussi par l'impact du barrage El Kansera depuis sa mise en service en 1935. En effet, ce barrage a complètement modifié le régime naturel du Bas Beht, tout en barrant les apports sédimentaires surtout grossiers, issus de l'amont. En fait, malgré les travaux de rectification et de canalisation, le Beht actuel traverse encore difficilement la plaine du Gharb méridional pour rejoindre le Sebou à Mograne.

L'anthropisation du système fluvial du Beht :

Dans le dernier chapitre de cette thèse nous avons essayé de caractériser l'état de l'anthropisation du bassin versant du Beht. Nous avons mis en évidence l'importance de la charge humaine du bassin versant et son évolution avec le temps. Aujourd'hui la population est variable selon les zones du bassin du Beht. Si l'amont de la vallée reste encore peu à moyennement peuplé, la zone aval montre de forte densité de population. De même, la zone située en aval du barrage est beaucoup plus affectée par l'anthropisation en comparant à l'amont.

On a montré dans la thèse que l'installation humaine du bassin est ancienne, puisque les vestiges humains remontent aux périodes préhistoriques et depuis l'antiquité les installations humaines dispersées le long du Beht étaient déjà mises en place, même si le bassin du Beht restait

encore faiblement peuplé. Durant les débuts du 20^e siècle le mode de vie était traditionnel, l'activité de la population reposait principalement sur la culture pluviale l'élevage et le pâturage et la transhumance. Le pastoralisme était pratiqué essentiellement sur les bordures du Moyen Atlas, les plateaux de la Meseta et le Saïs, alors que la plaine du Ghab était très peu humanisée, car marécageuse et sujette aux fréquentes inondations.

C'est pendant la période coloniale, surtout depuis les années 30 que l'anthropisation du bassin s'est accélérée et le mode d'occupation s'est muté de façon rapide. Puisque cette période était marquée par la prolifération de l'agriculture moderne irriguée, l'application de nouvelles pratiques agraires et par l'introduction de nouvelles cultures, notamment dans le Saïs et les plaines du Bah Beht. La sédentarisation s'est de plus en plus imposée dans le bassin. Des aménagements modernes et signifiants ont touché le bassin du Beht ; il s'agit notamment de la mise en service du barrage El Kansera en 1935 et des travaux d'assainissement des terres de la plaine du Gharb et la mise en service des canaux pour irriguer les terres. Ces aménagements ont complètement changé le paysage fluvio-marécageux et le fonctionnement hydro-morphosédimentaire du Bas Beht.

Ensuite, le bassin du Beht a connu des mutations considérables depuis les années 60, après l'indépendance, en termes de croissance de la population et du mode d'occupation du sol. La densité de la population a augmenté progressivement et selon un gradient croissant de l'amont vers l'aval du bassin. Des mutations rapides sont enregistrées au niveau du mode d'anthropisation, avec une tendance de plus en plus poussée vers la sédentarisation. Les noyaux urbains se sont développés de manière très rapide suite aux flux migratoires des communes rurales avoisinantes. Ces agglomérations urbaines se présentent en petites et moyennes villes en extension dans différentes parties du bassin versant (Azrou, Khémisset, Tifelt, Sidi Slimane, Sidi Yahia du Gharb, etc.). Alors qu'une infrastructure routière d'ordre national, régional et communal et de nombreuses pistes denses marquent différentes parties du bassin de Beht. Des ponts et des seuils multiples ont été mis en place au travers le lit du Beht.

Le bassin du Beht a été également concerné par des aménagements forestiers dans les parties amont et moyenne du bassin et des interventions sur le réseau hydrographique pour lutter contre l'érosion des terres afin de réduire l'envasement de la retenue du barrage El Kansera.

De plus, dans le cadre de l'aménagement du bassin du Sebou, le bassin du Beht a été concerné par des aménagements hydro-agricoles et la mise en place de vastes périmètres d'irrigation accompagnés d'une modernisation des techniques de culture. Ces interventions ont intéressé particulièrement les tronçons en aval du barrage El Kansera et le Bas Beht dans la plaine du Gharb méridionale qui a été fortement affectée par l'anthropisation pour montrer aujourd'hui un paysage agricole en openfields. Le lit de l'oued est très artificialisé dans cette partie du bassin du Beht, en raison de l'impact du barrage El Kansera, mais aussi en raison des rectifications,

dérivations, curage, canalisations ayant affecté le lit de l'Oued Beht.

Nous avons montré que l'anthropisation est plus forte dans la zone du Bas Beht, alors que l'humanisation reste relativement faible dans les parties amont de la vallée. Cependant, plus récemment le barrage d'Ouljet Soltane vient d'être mis en place. Cet ouvrage renforcera l'anthropisation de la vallée du Haut Beht ; il aura sans conteste des conséquences hydrodynamiques et morphosédimentaires majeures sur les tronçons amont, jusqu'à maintenant peu humanisés.

Perspective de recherche :

Le travail de cette thèse a apporté des résultats essentiels quant à la caractérisation de la géomorphologie fluviale et l'anthropisation du système de la vallée du Beht ; cependant il laisse en suspend certaines questions fondamentales qui méritent encore des précisions ; ce qui nous a permis de dégager une perspective pour notre recherche dans l'avenir.

Nous avons volontairement considéré l'étude du bassin du Beht en tant que système fluvial, afin de caractériser de façon globale sa géomorphologie fluviale, son fonctionnement hydro-morphosédimentaire et son état d'anthropisation depuis les zones amont jusqu'aux zones aval. La considération de cette échelle spatiale a limité en fait nos investigations de recherches aux échelles plus détaillées. Il importe donc de signaler que des recherches plus détaillées à l'échelle de tronçons devront apporter des enseignements supplémentaires complétant les résultats apportés par cette thèse.

La cartographie à des échelles détaillées des unités morphosédimentaires de la plaine alluviale du lit fluvial, les analyses sédimentologiques, pétrographiques, minéralogiques, ainsi que des essais de datations apporteront certainement des précisions, quant aux phases et modes d'alluvionnement dans le fond de la vallée du Beht, mais aussi sur l'origine des flux détritiques de ces phases de dépôts.

Des recherches de géomorphologie fluviale similaires doivent être engagées sur les principaux affluents du Beht. Ce qui aboutira à plus d'enseignements sur les apports hydrologiques et sédimentaires de ces affluents et leurs participations respectives dans le fonctionnement morphosédimentaire du système fluvial du Beht. De même, il est intéressant de chercher à caractériser la relation entre les dynamiques latérales et les apports des versants correspondants, aux dynamiques longitudinales le long des cours des affluents et du Beht.

La question des berges du Beht est un sujet de recherche à développer d'avantage. Il serait intéressant d'étudier en détail la nature des berges, leurs caractéristiques géométriques et leur état. Des efforts de cartographie et d'analyses sédimentologiques détaillées apporteront des résultats prometteurs.

La quantification des apports solides de l'Oued Beht est un axe de recherche qui mérite d'être traité dans l'avenir. Il serait intéressant de suivre l'évolution du transit amont aval des barres alluviales grossières et essayer d'approcher le transport par charriage. L'étude du transport en solution permettra d'évaluer les quantités de sédiments fins évacués dans le système du Beht. De même, la question du transport en solution n'est pas encore traitée avec précision. Elle apportera des indications supplémentaires.

L'analyse diachronique évolutive présentée dans le travail de cette thèse mérite d'être améliorée et approfondie. Il sera question notamment de multiplier les tronçons fluviaux d'étude et de travailler sur des échelles spatiales plus précises, afin de suivre l'évolution du tracé du cours d'eau, des unités morphosédimentaires et aussi l'anthropisation progressive de l'espace fluvial.

Enfin, vue l'étendue spatiale du terrain de l'étude, la question d'anthropisation et d'impact a été traitée dans notre travail de façon globale. Des questions restent en suspens et méritent des réponses notamment en ce qui concerne les impacts précis, des interventions et aménagements divers, des barrages, de l'extraction du granulat alluvionnaire... Des analyses plus fines sur la relation d'interaction société/milieu fluvial du Beht permettra d'apporter certainement plus de précisions sur les impacts réciproques mais aussi sur la question du risque fluvial (érosion, envasement, inondation, dégradation du paysage fluvial...).

Références bibliographiques

- Abdallaoui A. 1998** . Contribution à l'étude du phosphore et des métaux lourds contenus dans les sédiments et de leur influence sur les phénomènes d'eutrophisation et de la pollution. Cas du bassin versant de l'Oued Beht et de la retenue de barrage El Kansera. *Thèse de doctorat. Univ.Moulay Ismail, Fac Sc. Meknès*.213p.
- Abrahams A.D., 1984**. Channel networks: A geomorphological perspective: Water Resources Research, v. 20, p. 161-188
- Abt S.R., Wittler R.J., Taylor A. & Love D.J., 1989**. Human stability in a high flood hazard zone. Water Resources Bulletin 25 (4): 881-890.
- Alhaskeer Z., Corbonnois J., Messner F. et Laurent F., 2014**. Élaboration d'une typologie des formes de vallées. Application au bassin de la Maine (plateaux du Nord-Ouest de la France). Volume 8 Varia 2014 physio- géo.
- Amoros C., Bravard J.P., Reygrobellet J.L., Pautou G. et Roux A.L., 1988**. Les concepts d'hydrosystème et de secteur fonctionnel dans l'analyse des systèmes fluviaux à l'échelle des écosystèmes. Bulletin écologique, t.19, P.531-546.
- Amoros C. et Petts G.E., 1993**. Hydrosystèmes fluviaux. Masson éd., Paris, 300p
- Amraoui F., 2005**. Contribution à la connaissance des aquifères karstiques : Cas du Lias de la plaine du Sais et du Causse moyen atlasique tabulaire. Thèse de doctorat. Univ.Science et technique Languedoc –USTL- Montpellier_France, 249p.
- **Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire, 1970**. Atlas du Bassin du Sebou. Imprimé par George Philippe Printers Limited, Londres. 143p.
- Avenard J.M., 1995**: Dynamique érosive et action humaines dans le Prérif (Maroc). Réseau Erosion. Bull. n°15, pp. 395-407.
- Baize D., Girard M.C., Boulaine J., Cheverry C. et Ruellan A., 2008**. Référentiel pédologique. Éditions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra p 407.
- Balaghi R., Jliben M., Benouda H., Kamil H. et Debbarh Y., 2012**. Etude de l'impact environnementale et social du sous projet d'Intégration du changement climatique de la mise en œuvre du plan Maroc vert : « Reconversion des céréales en olivier sur une superficie de 8000 ha dans la région de Rabat-Salé-Zemmour-Zaer ».
- Bargach K., 2011**. Les déformations plio-quaternaires dans la partie frontale de la chaîne du Rif (Rides pré-rifaines, et bassin du Saïs) un exemple de la tectonique en coins expulsés-thèse de doctorat. Univ Mohamed V- Rabat. 215 p.
- Beaudet G., Faraj H., Ferre M., Tonesco T. et Watteuw R., 1966**. Livret guide : Les régions traversées, tome II, chapitre 8 la plaine du Gharb. Congrès de Pédologie méditerranéen Madrid. p.
- Beaudet G., 1969**. Le Plateau central marocain et ses bordures. Etude géomorphologique. Inframar, Rabat. 480 p.
- Beaudet G. et Ruellan A. 1970**. Le cadre géomorphologique de la pédogenèse au Maroc.
- Belghiti M., 2005**. Gestion de l'eau d'irrigation au Maroc : le secteur de l'irrigation, état des lieux et enjeux.
- **Billaux P. et Bryssine G., 1967**. Les sols du Maroc. In : Congrès de pédologie méditerranéenne : excursion au Maroc. Cahiers de la Recherche Agronomique, 1 (24), 59-101. Congrès de Pédologie Méditerranéenne, Madrid (ES), 1966
- Bouab N., 1992**. Les terrasses quaternaires de la vallée de l'oued Beht (Bassin du Gharb, Maroc) : Etude géomorphologique sédimentologique Datation par thermoluminescence. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en science de la terre. Univ Quebec à Montreal, 157p.
- Bouabdelli Sahraoui M., 2015**. Analyse du régime pluviométrique et du régime hydrologique du bassin versant de la Mina. Univ Oran 2 FSTU, Mém Master, p.162.

- Boumir Kh., 1990.** Paléoenvironnements de dépôts et transformations post-sédimentaires des sables fauves de Sais (Maroc). Thèse de l'université, de Nancy I, 176 p.
- Bravard J.P., Desbat A., Jacquet P., Lebot-Helly, Savey-Guerraz H., 1986.** Observation sur le site alluvial de Vienne (Isère) et à Saint-Romain-en- Gal (Rhône) à l'époque gallo-romaine. 111^e congrès Soc, savantes, Poitiers, Archéol., pp. 257-270.
- Bravard J.P et. Petit F., 1997.** Les cours d'eau, dynamique du système fluvial. Armand Colin éd., Paris, 221 p.
- Bravard J.P et Petts G.E., 1993.** La disparition du tressage fluvial dans les Alpes françaises sous l'effet de l'aménagement des cours d'eau (19-20^e siècle). Zeitschr. F. Geomorphologie, 88p. 67-79.
- Bravard J.P et Piégay H., 2000.** L'interface Nature-Société dans les hydrosystèmes fluviaux. Armand Colin éd. Paris, 221 p.
- Bryssine G., 1949.** Les facteurs climatiques de la pédogenèse au Maroc. Les cahiers de la Recherche Agronomique Rabat, 2, pp. 43-71.
- Bryssine G., Beaudet G., Choubert G., Combes M., Ehrwein J.H., Heusch B., Tonesco T., Lazareff G., Pallix G. et Smeyers S., 1966.** Livret guide : Les régions traversées, tome II, chapitre 6 les bas plateaux Zemmour. Congrès de Pédologie méditerranéen Madrid.
- Bryssine G., Beaudet G., Choubert G., Combes M., Ehrwein J.H., Heusch B., Tonesco T., Lazareff G. et Smeyers G. B., 1966.** Livret guide « Les régions traversées », La plaine du Gharb Tome II.
- Bullock A. & Acreman M., 2003.** "The role of wetland in the hydrological cycle." Hydrology and Earth System Sciences 7: 358-389.
- Callegarin L., Kbiri Alaoui M., Ichkhakh A., Darles C. et V. Ropiot, 2006.** Les opérations archéologiques maroco-françaises de 2004 et 2005 à Rirha (Sidi Slimane, Maroc), *Mélanges de la Casa de Velázquez*, 36-2 | 2006, 345-357.
- Callegarin L, 2011.**Rirha (Sidi Slimane, Maroc), une ville antique et médiévale de la plaine du Gharb. Rapport 2010-2011.
- Callegarin L., Kbiri Alaoui M, Ichkhakh A et Roux J-C, 2011.** Le site antique et médiéval de Rirha (Sidi Slimane, Maroc), *Les nouvelles de l'archéologie*, 124 | 2011, p25-29.
- Callegarin L, Kbiri Alaoui. M, 2012.** Rirha (Sidi Slimane, Maroc), une ville antique et médiévale de la plaine du Gharb. Rapport 2011-2012.
- Célérier J. et Charton A., 1925.** Les grands travaux d'hydraulique agricole au Maroc. In: Annales de Géographie, t. 34, n°187, pp. 76-80.
- Chahoo D., 1992.** Etude phytogéographique des causses d'Azrou-Ifrane (moyen Atlas marocain) par *Driss Chahhou*. Thèse de doctorat en Géographie. Sous la direction de Alain ..
- Chahoo D., 2011.** Equilibres environnementaux forestiers dans le Moyen Atlas occidental. Approche de protection – développement u secteur d'Azrou. Ouvrage. Univ. Mohamed V Rabat. 564p. (en arabe).
- Champoux A. et Toutant C., 1988.** Éléments d'hydrologie. Les éditions Le Griffon d'argile, Sainte-Foy, 246 p.
- Chorley R.J., 1957.** Illustrating the laws of morphome try: Geological Magazine, v. 94, p. 140-150.
- Chow Ven T., 1964.** Handbook of applied hydrology. Mc Graw-Hill Publishing co.
- CERED, 2005.** Démographie marocaine : tendances passées et perspectives d'avenir (Centre des études et de recherches démographiques Haut-Commissariat au plan.
- Cirac P., 1985.** Le bassin sud rifain occidental au Néogène supérieur. Evolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement. Tesis Doctoral, Universidad de Bordeaux I, Bordeaux, 285 pp.
- Coque R., 1993.** Géomorphologie, Paris, Colin, 503 p.

- Combe M., 1975.** Bassin du Gharb –Maâmora et les petits bassins septentrionaux des oueds Dradère et Soueire. In : Ressources en eaux du Maroc. T2. Plaines et bassins du Maroc atlantique.. In ressources en eau du Maroc. Tome2, Notes et mem. Serv.Géol., Maroc. N° 231, pp 93-128.
- Constantine, J. A. and Dunne T., 2008.** "Meander cutoff and the control on the production of oxbow lakes." *Geology* 36: 23-26.
- Cubizole H., 1997.** La Dore et sa vallée : approche géohistorique des relations homme-milieu fluvial. Publication de l'Université de Saint-Etienne, Dore River - 389 pages.
- Cupp C.E., 1989.** Identifying spatial variability of stream characteristics through classification. MS Thesis, University of Washington, Seattle, 92 p.
- Danien M., Badraoui M, Soudi B, 1993.** Aménagement hydroagricole de la plaine du Gharb : Conséquences agronomiques et environnementales, p 7.
- De Martonne E., 1941.** Hypsométrie et morphologie. Détermination et interprétation des altitudes moyennes de la France et de ses grandes régions naturelles. In: *Annales de Géographie*, t. 50, n°284. pp. 241-254.
- Demangeot J., 1945.** Éléments de dynamique fluviale d'après Maurice Pardé. In: *Annales de Géographie*, t. 54, n°293, 1945. pp.
- Direction régionale Rharb Chrarda Beni Hssein, 2013.** Le parc logement et les conditions d'habitat des ménages de la région du Gharb-Chrarda-Beni Hssen. D'après le recensement général de la population et de l'habitat de (2004) (confère habitat rural)
- l'espace : modélisation expérimentale, théorique et numérique. Thèse en Sciences de la Terre. Université Rennes 1, 2001.
- El Blidi S., Fekhaoui M., Serghini A. & El Abidi A., 2006.** Rizières de la plaine du Gharb (Maroc) : qualité des eaux superficielles et profondes. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2006, n°28, 55-60.
- El Ghachi M., 2007.** La Seille : un système fluvial anthropisé (Lorraine, France).
- El Idrissi Raghni M., 1992.** Différenciations des sols du plateau de Meknès : Relations avec le modelé et le substrat calcaire. Thèse Université Pierre Et Marie Curie Paris Vi • U.F.R. Des Sciences De La Terre, p 334.
- Fallot J.-M. et Hertig J.A., 2013.** Détermination des précipitations extrêmes en Suisse à l'aide d'analyses statistiques et augmentation des valeurs extrêmes durant le 20ème siècle. Mémoire de la Société vaudoise des Sciences naturelles 25: 23-34.
- Faraj H., Beaudet G., Combes M., Couvreur G., Ionesco T., Martin J., Missante G., Naciri -M., Smeyers F. et Watteuw R., 1966.** Livret guide : Les régions traversées, tome II, chapitre 5 le Sais. **p.** Congrès de Pédologie méditerranéen Madrid.
- Fassi D., 1993.** Les formations superficielles du Sais de Fès de Fès et de Meknès du temps Géologique à l'utilisation actuel des sols. Thèse de doctorat d'état. Université de bordeaux I. 2T, 480p.
- Faugères J.C., 1978.** Les Rides sud rifaines : évolution sédimentaires d'un bassin atlantico – mésogéen de la marge africaine. Thèse doct. Es-sc., univ. Bordeaux I, n° 590.
- Folk R.L et Ward W.C., 1957.** A Study in the Significance of Grain-Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26.
- Gaillard M., 1999.** L'Aube : Dynamique morpho-sédimentaire holocène et fonctionnement actuel d'un hydrosystème à faible énergie.
- Gangbazo G, 2011.** Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau : un manuel pour assister les organismes de bassin versant du Québec dans la planification de la gestion intégrée des ressources en eau. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 329 p.
- Gatien A., Corbonnois J. et Laurent F., 2009.** Une analyse de paysage comme préalable à l'étude des systèmes agraires : application à la vallée du Loir. *Noroi*, vol. 213, n° 4, p. 89-101.

- Geffray O. et Kaupe S., 2012.** Inventaire des berges de Loire entre Saint-Nazaire et Montsoreau. CORELA, 105p.
- Germaine M.A., Puissant A., Lespez L. et Ballouche A., 2006.** Analyse spatiale et typologie des petites vallées bas-normandes. SAGEO'2006,, Dec 2005, Strasbourg, France. pp.7-19.
- Germaine M.A., 2009.** Vers l'identification des enjeux liés aux « paysages ordinaires » des petites vallées du nord-ouest de la France : l'exemple de la vallée de la Seulles (Calvados). (Towards an identification of stakes related to "ordinary landscapes» in small valleys of Northwestern France: the case of the Seulles River valley, Calvados). In: Bulletin de l'Association de géographes français, 86e année, 2009-1 (mars). Paysages au fil de l'eau/ Le patrimoine géomorphologique. pp. 12-31; doi : 10.3406/bagf.2009.2651.
- Hack J.T., 1957.** Studies in longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, n° 249-B, p. 45-97.
- Hoey T.B. & Ferguson R.I., 1994.** Numerical simulation of downstream fining by selective transport in gravel bed rivers: model development and illustration, *Water Resources Research*, n° 30, p. 2251-2260.
- Horton R.E., 1932.** Drainage basin characteristics, *Trans Amer. Geophys. Union* ., 13,pp 350-361.
- Horton R.E., 1945.** Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Bull.; Geol. Soc. Amer.*, 5, pp 275-370.
- Howard A.D., 1967.** Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 51, 2246-2259.
- HCEFLCD, 2006.** Plan directeur : Fiche technique sur les SIBE (H23) plan d'eau d'Amghass.
- HCEFLCD, 2008.** Rapport de l'étude d'aménagement du bassin versant du Beht en amont du barrage El Kansera (programme prioritaire). « exposé caractéristiques socio-économique ».
- INGEMA, 2011.** Etude préliminaire de protection contre les inondations de la plaine du Gharb.
- ISL ingénierie, 2011.** Aménagement hydroélectrique :Le barrage Ouljet Essoltane est en cours de construction sur l'oued Beth au Maroc, Ouljet Essoltane.
- Jennan L., 1986.** Mutations récentes des campagnes du Moyen Atlas et de ses bordures. In : Méditerranée, troisième série, tome 59, 4-1986. Villes et campagnes au Maroc. pp.49-62.
- John Wilson J.S., Chandrasekar N. & Magesh N.S., 2012.** Morphometric Analysis of Major Sub-Watersheds in Aiyar & Karai Pottanar Basin, Central Tamil Nadu, India Using Remote Sensing & GIS Techniques Dd, Bonfring. *International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, Vol. 2, Special Issue 1,
- Karra G. et Sghir H., 2013.** Etude hydrogéologique et qualité des eaux de la nappe de Maâmora. Mém Master USMBA, FST, 46p.
- Kachmar M., 1986.** L'habitat rural dans le périmètre irrigué du Gharb. Editions du CNRS annuaire de l'Afrique du nord tome xxv,p 25-32
- Kbiri Alaoui M., Ichkhakh A., Roux J-C, Callegarin L et De Chazelles C-A., 2014.** Le Tell de RIRHA (Maroc), de la diachronie à la synchronie : à propos des vestiges en terre du Vème s. av. J.-C. à l'époque Augustéenne. Les architectures en terre du Maghreb Programme de recherches archéologiques TERMaghreb.
- Kili M., El Mansouri B., Chao J et Ait Forah A., 2006 :** De nouveaux éléments structuraux du complexe aquifère profond du bassin du Rharb (Maroc) : implications hydrogéologiques. *CR Geoscience* ; 338 : 1194-202.
- Kili M., El Mansouri B. et Chao J., 2008.** Bilan hydrique des sols et recharge de la nappe profonde de la plaine du Gharb (Maroc). *Sécheresse* ; 19 (2) : 145-51.
- Knighton D. 1998.** Fluvial Forms & Processes. A New Perspective. Don Mills, Ontario, Oxford University Press, 383 p.
- **Kondolf G.M., 1997a.** Application of the pebble count: notes on purpose, method, and variants. *Journal of the American Water Resources Association* 33 (1): 79-87.

- Laabidi M., 2016.** Géomorphologie, lithostratigraphie et sédimentologie des dépôts actuels du bassin hydrographique du Moyen Beht (Sillon sud rifain occidental Maroc). Thèse Doc. USMBA, 252p.
- Lakhili F., Benabdelhadi M., Chaouni A., Bouderkha N et Lahrach A., 2017.** Cartographie de l'érosion qualitative des sols du bassin versant de Beht (Maroc).
- Langbein W. B., 1964.** Profiles of rivers of uniform discharge. United States Geological Survey Professional Paper, n° 501-B, p. 119-122.
- Larue J-P., 2004.** Les obstacles à l'encaissement des vallées supérieures : l'exemple des bassins de la Petite Creuse et du Cher supérieur (nord du Massif central, France). Géographie physique et Quaternaire, vol. 58, n° 1, 2004, p. 25-44.
- Larue J.P., 2008.** Profils longitudinaux des cours d'eau et tectonique : l'exemple du bassin de l'Aumance (Massif central, France). Éditeur : Presses universitaires de Rennes : *Noroi* p. 207.
- Larue J.P., 2014.** Profils longitudinaux et ruptures de pente : enseignements géomorphologiques en Bretagne du sud. Physio-Géo, Volume 8 | -1, 49-65.
- Lasserre Guy, 1959. Présentation de cartes des densités de la population en Guadeloup.
- Lecce S.A et Pavlowsky R.T., 2004.** Spatial and temporal variations in the grain-size characteristics of historical flood plain deposits, Blue River, Wisconsin, USA. *Geomorphology* 61:361–371.
- Le Coz J., 1964.** Le Gharb : Fellah et collons, étude de géographie régionale. Les cadres de la nature et de l'histoire. Tome I, Rabat. 482p.
- Leopold, L.B. & Langbein W.B., 1966.** River Meanders. *Scientific American*, 214, 60-70.
- Maâkili M., 2005.** Le Bassin de Drainage du Beht : les équilibres environnementaux et hydrologiques. Thèse, Doct, Univ, Mohamed V, Rabat. 464p. (en arabe).
- Malavoi J.R., 2002.** Etude éco-géomorphologique de la Veyle et de ses principaux affluents : Irançe, Vieux-Jonc, Renon, Menthon, Bief Bourbon. EPTEAU, 98 pp.
- Malavoi J.R. et Bravard J.P., 2010.** Éléments d'hydromorphologie fluviale. Édité par l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques), 2010, 224 p.
- Martin J., Jover H., Le Coz J., Maurer G. et Noin D., 1964.** Géographie du Maroc, Paris, Hatier, 256 p.
- Martin J. et Lepoutre B., 1967.** Le causse moyen atlasique. Cahier de la Recherche Agronomique n :24, 1p.207-226.
- Martin J., 1981.** Le Moyen Atlas central, étude géomorphologique. Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc, Rabat, 258 et 258bis, 445p
- Mérodie D., 2016.** Dynamique fluviale de la Garonne à l'anthropocène : trajectoire d'évolution du tronçon fluvial compris entre les confluences de l'Ariège et du Tarn (Garonne toulousaine, 90 km). Géographie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2016.
- Merghich A., 1989.** Contribution à l'étude sédimentologique, minéralogique et géochimique des alluvions actuelles de l'Oued Beht (Mroc central). Thèse de 3ème cycle, Ecole Normale Supérieure, Fès.
- Mesa L.M., 2006.** Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucumam, Argentina). *Environmental Geology* 50: 1235-1242.
- Meylan P. et Musy A., 1999.** Hydrologie fréquentielle. Bucarest : Edition HGA. p 414.
- Michard A., Chalouan A., El Kadiri Kh., Negro F., Frizon de Lamotte D., Soto J.I. & Saddiqi O., 2008.** The Rif belt. In: Michard A, Saddiqi O., Chalouan C., Frizon de Lamotte D., Eds., *Continental Evolution: The Geology of Morocco: Structure, Stratigraphy and Tectonics of the Africa-Atlantic-Mediterranean Triple Junction.*- Lect. Notes Earth Sci., 116, 203-302.
- Mint Chevie M., 2011.** Contribution à l'étude hydroclimatique du bassin versant du Beht, Maroc septentrional. Mémoire, master, USMBA, FST Fès, p 58.
- Molnar P., 2011.** Fluvial systems and processes

- Morin E., Rodier X., Laurent-Dehecq A. et Macaire J.J., 2013.** « Évolution morphologique et sédimentaire de la plaine alluviale d'un espace urbanisé (Tours, Indre-et-Loire, France) », *Revue archéologique du Centre de la France*. Tome 52, p. 54-60.
- Michaux-Bellaire E., 1913.** Le Gharb - Les tribus : Beni Malek , *Archives marocaines* , Ernest Leroux, éditeur Volume 20, 480p.
- Musy A, 2005.** Hydrologie général. Publication de EPFL Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- Nageswara Rao K., Swarna Latha P., Arun Kumar P et Hari Krishna M., 2010.** Morphometric Analysis of Gostani Basin in Andhra Pradesh State, India Using Spatial Information Technology. *International Journal of Geomatics and Geosciences* Volume 1, No 2.
- Nag S.K., 1998.** Morphometric Analysis Using Remote Sensing Techniques in the Chaka Sub-Basin, Purulia District, West Bengal, *Journal of Indian society of Remote Sensing*, Vol.26, No.1&2, Pp.69-76,.
- Nelson P. A., Venditti J. G., & Dietrich W. E., 2005.** Response of bed surface patchiness to reductions in sediment supply, *Eos Trans. AGU*, 86 (52), Fall Meet. Suppl., Abstract H51H-04.
- Noïn D., 1970.** La population rurale au Maroc. Publication de l'Université de Rouen. Paris P.U.F, vol 2., 279-341p.
- Oettli P. et Camberlin P., 2009.** Variabilité temporelle de l'influence du relief sur la distribution spatiale des précipitations mensuelles en Afrique de l'est. Journées de Climatologie – Besançon, 12-13 mars 2009 - Climat et société : Climat et relief.
- OQLF, 1992.
- Ouarhache D. 1987.** Etude géologique dans le Paléozoïque et le Trias de la bordure NW du Causse moyen-atlasique (S et SW de Fès, Maroc). *Thèse 3ème cycle*, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 130 p.
- Pakhmode V., Kulkarni, H. & Deolankar, S.B., 2003.** Hydrological drainage analysis in watershed programme planning: A case study from the Deccan basalt, India. *Hydrogeology Journal*, 11:595 – 604.
- Pardé M., 1933.** Fleuves et rivières (Collection Armand Colin), Paris, Librairie Armand Colin, in-16, 224p.
- Pardé M., 1968.** Hydrologie. Grenoble : Edition Ophrys, Gap, 1968 in-8, 781p..
- Pigeon D., 2010.** Évolution de la dynamique fluviale d'une rivière de plaine alluviale, du XIX siècle à nos jours. Exemple de l'Allier sur le secteur de la réserve naturelle (Allier) à travers les documents anciens AXE 3 - Environnements Et sociétés - Programme «Au fil de l'eau».
- Pinay G., Gascuel C., Ménesguen A. et Souchon Y., 2017.** Eutrophisation : Manifestation, causes, conséquences et prédictibilités. Expertise scientifique collective CNRS - INRA - IRSTEA – IFREMER.
- Piqué A., 1994.** Géologie du Maroc : les domaines régionaux et leur évolution structurale. Imprimerie El Maârif Al Jadida-Rabat, 284p.
- Rambert B., 1973.** Recherches sur la signification hydrogéologique de la densité de drainage. Application à la détermination et à la cartographie de l'écoulement souterrain. Service géologique national pp,63.
- Ramoul S., Benazzouz MT. et Cemali N., 2016.** Evolution de la dynamique fluvial de l'Oued Laklab dans la plaine de Sigus de 1959 à 2014 (Oum El Bouaghi, Algérie).
- Rebuffat R., 1986.** · Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres 130-4 pp. 633-661.
- Reddy A.R., Chaitanya K.V. & Vivekanandan M., 2004.** Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.*, 161: 1189-1202.
- Réménieras G., 1959.** Elements d'hydrologie appliquée. A. Collin, 208p.
- Réménieras G., 1976.** L'hydrologie de l'ingénieur. Edition Eyrolles, 457p.

- Roche M., 1963.** Hydrologie de surface. Paris : Gauthier Villar éditeur. p 431.
- Rollet A.J., Piégay H. et Citterio A., 2006.** Impact des extractions de graviers en lit mineur sur la géométrie des zones humides périfluviales. *Géographie Physique et Quaternaire*, vol. 60, n° 3, p. 259-276.
- Rosgen D.L., 1996.** Applied river morphology. Wildland Hydrology, Colorado, 390 p.
- Rouleau M., 2009.** Approche standardisée pour la caractérisation et la cartographie du milieu fluvial : cas appliqué au bassin versant de la rivière au Saumon. Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître en environnement. Univ Sherbrooke, p186.
- Rust B.R., 1978.** Depositional models for braided alluvium. In : Miall A.D. ed : Fluvial sedimentology. Mem. Canad. Soc. Petroleum Geol., 5, p. 605-625.
- Schumm, S.A., 1956.** Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of America Bulletin, 67, 597-646.
- Schumm S.A., 1977.** The fluvial system John Wiley and Sons. New York, 338p.
- Selby M.J., 1985.** Earth's changing surface. Clarendon press, Oxford, 607p.
- Sheng C., 1994.** Challenges and Strategies of integrated Watershed Management in Developing Countries.
- Sinha S.K. & Parker G., 1996.** Causes of concavity in longitudinal profiles of rivers, Water Resources Research, n° 32, p. 1417-1428.
- Sklar, L. & Dietrich W-E., 1998.** River longitudinal profiles and bedrock incision models: Stream power and the influence of sediment supply. Rivers Over Rock: Fluvial Processes in Bedrock Channels. (1998), Geophys. Monogr. Ser., vol. 107, edited by J. Tinkler and E. Wohl, pp. 237-260, AGU, Washington, D. C.
- Smart J.S., 1972.** Channel networks: Advances in Hydrosccc, v. 8, p. 305-346
- Smith K.G., 1950.** Standards for grading texture of erosional topography. Am J Sci. 248:655– 668
- Snow R. S & Slingerland R. L., 1987.** – « Mathematical modelling of graded river profiles », Journal of Geology, n° 95, p. 15-33.
- Souchon Y., Andriamahefa H., Cohen P., Breil P., Pella H., Lamouroux N., Malavoi J.R et Wasson J.G., 2000.** Régionalisation de l'habitat aquatique dans le bassin de la Loire. 261 p.
- Sreedevi P.D., Subrahmanyam K. & Shakeel A., 2005.** The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. Environ Geol. 47(3):412–420.
- Strahler A.N., 1952.** Dynamic Basis of Geomorphology. Geological Society of America Bulletin, 63, 923-938.
- Strahler A.N., 1957.** « Quantitative analysis of watershed geomorphology », Trans. Am. Geophys. Union, Vol. 38, Pp 913–920.
- Strahler A.N., 1964.** "Quantative geomorphology of drainage basins and channel networks". In: Ven Te Chow (ed.) Hand book of Applied Hydrology. McGraw Hill Book Company, New York, pp 439-476.
- Sujatha E.R., Selvakumar R., Rajasimman U.A.B. & Rajamanickam G.V., 2015.** Morphometric analysis of sub-watershed in parts of Western Ghats, South India using ASTER DEM, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 6:4, 326-341.
- Tacconi P., Canuti P., Cencini C. & Rinaldi M., 1994.** The fluvial dynamics of the Arno River. 3-Sedimentary characteristics. Proc Of 76th Congress of the Italian Geological Society, Section Piani di Bacino (Florence, 21-24 September 1992).
- Taillefer F., 1970.** Etudes hydrologiques et géographiques offertes à Maurice Pardé : *Hydrologie. Mélanges offerts à Maurice Pardé*. In: *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, tome 41, fascicule 1. Pays de l'Adour. pp. 95-96.
- Taltasse P., 1953.** Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustres de Fès Meknès. Service géologique marocain n :115, 300 p.

- Taous A., 2005.** Géomorphodynamique fluviale : processus morphosédimentaires, ajustements spatio-temporels, paléoenvironnements et mutations récentes des espaces fluviaux. Série thèse et monographies N : 11. P 426.
- Taous A., 2013.** Cours d'eau et paysages fluviaux au Maroc : un patrimoine naturel fragile à sauvegarder. Ouvrage collectif : ressources patrimoniales et développement local au Maroc et en Andalousie (Espagne). Ouvrage collectif, 276 p, Publication de la FLSH Sais –Fès,N°26, .pp- 125-151.
- Taous A., Dridri A., Dadoun A. et Idrissy O., 2016.** Naissance et évolution du réseau hydrographique et terrasses fluviales dans le bassin du Sebou et de l'Inaouen (Sillon sud Rifain central) : état des connaissances. Actes de colloque RMQ7, 19-22 nov 2013, Agadir Pp. 186-205.
- Taky A., Mailhol J.C., Debbagh A., Bouarfa S., Hammani A., Zimmer D., Ruelle P et Bellabes K., 2007.** Diagnostic des pratiques d'irrigation gravitaire et possibilités d'amélioration dans le Gharb au Maroc. IAV Hassan II, 14 p., 2005.
- Tulippe O., 1962.** Densité de la population en 1846, 1880, 1900 et 1930. Académie Royale de Belgique.
- Vannak A., 2008.** Extrait des notes de cours d'Hydrologie générale. Département du génie rural p,104. Institut de technologie de Cambodge (Musy).
- Valé N., Evette A., Liébault F., Zanetti C., Espinasse F., Barré J-B., Mériaux P., Vennetier M., Cavaillé P. et Lannes C., 2012.** Génie végétal en rivière de montagne : connaissance et retour d'expérience sur l'utilisation d'espèces et techniques végétales, végétalisation de berges et ouvrages bois, p 19-62.
- Verniers G., 1995.** Aménagement écologique des berges des cours d'eau -- techniques de stabilisation. Presses Universitaires de Namur, Belgique, 77 pages.
- Visher G.S., 1969.** Grain size distributions and depositional processes. Journal of sedimentary Petrology, vol. 39 N3, r 1074-1106.
- Wolman, M.G., 1954.** A method of sampling coarse bed material. American Geophysical Union, Transactions, 35: 951-956.
- Zouhri L., Gorini C., Lamouroux C. et Vachard D. 2003.** Interprétation hydrogéologique de l'aquifère des bassins sud-rifains (Maroc) : apport de la sismique réflexion in Comptes Rendus Geosciences 335(3):p 319-326.

Liste des illustrations

Liste des tableaux :

Chapitre 1 : Les contextes physique et humain du bassin versant du Beht		page
Tableau. 1.1	Représentativité des formations géologiques du bassin versant du Beht, selon leur âge et leur lithologie.....	24
Tableau. 1.2	Distribution surfacique des différentes classes d'altitude dans le bassin du Beht.....	32
Tableau. 1.3	Répartition des classes de pente dans le bassin versant du Beht.....	34
Tableau. 1.4	Superficie des expositions des versants dans le bassin versant du Beht	36
Tableau. 1.5	Localisation et séries de données des quatre stations météorologiques étudiées dans le bassin versant du Beht.....	38
Tableau. 1.6	Pluies journalières maximales pour les différents temps de retour aux stations de Sidi El Mekhfi d'Ouljet Soltane et du barrage El Kansera.....	43
Tableau. 1.7	Températures maximales, minimales et moyennes aux stations d'Ifrane aéroport et du barrage El Kansera.....	46
Tableau. 1.8	Représentation surfacique du bassin versant du Beht selon les régions.....	51
Chapitre 2 : Morphométrie, hydrographie du bassin versant et comportement hydrologique du Beht		
Tableau. 2.1	Quelques caractéristiques géométriques du bassin versant de Beht.....	60
Tableau. 2.2	Répartition surfacique des tranches d'altitude dans le bassin versant du Beht.....	63
Tableau. 2.3	Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant de Beht.....	66
Tableau. 2.4	Caractéristiques des profils longitudinaux du Beht et de ses principaux affluents.....	68
Tableau. 2.5	La densité de drainage des principaux affluents de l'Oued Beht.....	74
Tableau. 2.6	Texture de drainage selon K.J. Smith (1950).....	76
Tableau. 2.7	Rapport de confluence du réseau hydrographique de l'Oued Beht.....	77
Tableau. 2.8	Rapport des longueurs du réseau hydrographique de l'Oued Beht.....	78
Tableau. 2.9	Répartition des débits mensuels moyens et des coefficients mensuels de débits aux stations d'Ouljet Soltane (A) et du barrage El Kansera (B) (1981-2011)	82
Tableau.2.10	Débits instantanées maximums à la station d'Ouljet Soltane de 1981 à 2002.....	87

Tableau.2.11	Débits instantanés maximums à Ouljet Soltane pour les différents temps de retour.....	89
Chapitre 3 :	La vallée du Beht, morphologie générale, héritages quaternaires, typologie et sectorisation morphologiques	
Tableau .3.1	Caractéristiques principales des types de vallées dans le bassin de Beht (LF : largeur moyenne du fond de vallée. PV : pente moyenne des versants. PT : pente hydrographique).....	116
Tableau .3.2	Représentation relative des types morphologiques dans la vallée du Beht.....	118
Chapitre 4 :	Caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en amont du barrage El Kansera	
Tableau. 4.1	Paramètres granulométriques des galets des unités 1 et 2 de la coupe type à Ouljet Soltane.....	136
Tableau. 4.2	Distribution granulométrique des sables dans les quatre unités de la coupe type à Ouljet Soltane.....	138
Tableau. 4.3	Valeurs des quartiles et indices granulométriques des quatre échantillons analysés.....	139
Tableau. 4.4	Signification des valeurs de l'indice S0 et de classement SK.....	139
Tableau. 4.5	Caractéristiques générales du lit mineur dans le tronçon d'Ouljet Soltane.....	145
Tableau. 4.6	Caractéristiques morphométriques du lit mineur du Beht et des méandres dans le tronçon d'Ouljet Soltane (mesures effectuées sur image Google Earth, 05/02/2014).....	146
Tableau. 4.7	Paramètres granulométriques des trois bancs alluviaux analysés à Ouljet Soltane.....	150
Tableau. 4.8	Distributions granulométriques des sables de seuil et de mouille à Ouljet Soltane.....	151
Tableau. 4.9	Paramètres et indices granulométriques des sables du seuil et de la mouille à Ouljet Soltane.....	151
Tableau.4.10	Distribution granulométrique des sables des échantillons de la coupe type de Souk Larbaâ du Beht.....	165
Tableau. 4.11	Valeurs des quartiles et indices granulométriques des sables de la coupe type de Souk Larbaâ de Beht.....	165
Tableau. 4.12	Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht (mesures effectuées sur image Google Earth, 05/02/2014).....	170
Tableau. 4.13	Paramètres granulométriques au niveau de trois bancs alluviaux analysés à Ouljet Soltane.....	172
Tableau. 4.14	Distribution granulométriques des sables de seuil et de mouille au bassin de Souk Larbaâ du Beht.....	

Tableau. 4.15	Paramètres et indices granulométriques des sables au niveau de la mouille et du seuil – lit mineur, Souk Larbaâ.....	174
Chapitre 5 :	La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera	174
Tableau. 5.1	Distribution granulométrique des sables des unités de la coupe type étudiée à Douar Ejjebbouja.....	189
Tableau. 5.2	Paramètres et indices granulométriques des sables des unités de la coupe type de Douar Ejjebbouja.....	190
Tableau. 5.3	Distribution granulométriques des sables du lit mineur au voisinage de la ferme de Beauséjour et à Dar Fejjar.....	194
Tableau. 5.4	Paramètres et indices granulométriques de deux échantillons pris dans le lit mineur dans les secteurs de Beauséjour et Dar Fejjar.....	194
Tableau. 5.5	Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht depuis l'aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri.....	195
Tableau. 5.6	Distribution granulométriques des sables de l'unité sommitale de la plaine à Douar Errazqa Abdenbiyine.....	203
Tableau. 5.7	Quartiles et indices des sables de l'unité sommitale de la plaine alluviale à Douar Errazqa Abdenbiyine.....	204
Tableau. 5.8	Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht depuis Dar Bel Amri à Doaur Lahfari Lâlama.....	208
Tableau. 5.9	Caractéristiques morphométriques des méandres du Beht en aval de Douar Lhafari Lâlama.....	211
Chapitre 6 :	Anthropisation et mutation socio-spatiales de la vallée du Beht	
Tableau. 6.1	Evolution des effectifs et des taux d'accroissement de la population du bassin du Beht durant la période 1982 – 2014.....	228
Tableau. 6.2	Evolution de la population et de la densité du bassin du Beht depuis 1982 à 2014.....	234
Tableau. 6.3	Evolution du taux d'envasement du barrage El Kansera (DREFLCD, 2007).....	240
Tableau. 6.4	Qualité des eaux du Beht selon la note de l'Indice Biologique Global des Réseaux de Contrôle et de Surveillance (N. Lamhasni et al., 2014)	242
Tableau. 6.5	Centres à fort risque d'inondation dans le Bas Beht (ABHS, INGEMA,2014).....	244

Liste des figures

Introduction générale		
Figure. I.1	Localisation géographique de la vallée du Beht.....	5
Figure. I.2	Schéma synthétique d'un système fluvial (A. Taous, 2005).....	12
Figure. I.3	Emboîtement schématisé de l'hydrosystème dans le système fluvial (d'après C. Amoros et G.E. Petts, 1993).....	13
Figure. I.4	Schéma simplifié montrant l'emboîtement des lits majeur, moyen et mineur dans un cours d'eau (d'après A. Taous, 2005).....	14
Figure. I.5	Les types de styles fluviaux selon les critères de sinuosité et de multiplicité des chenaux (classification de B.R. Rust, 1978).....	15
Chapitre 1	Les contextes physique et humain du bassin versant du Beht	
Figure. 1.1	Contexte géologie général du bassin versant du Beht.....	21
Figure. 1.2	Répartition surfacique relative des terrains dans le bassin versant du Beht selon leur âge géologique.....	24
Figure. 1.3	Carte simplifiée montrant les différentes unités géomorphologiques drainées par le Beht.....	27
Figure. 1.4	L'hypsométrie du bassin versant de l'oued Beht.....	31
Figure.1.5	La répartition surfacique des tranches d'altitude dans le bassin versant du Beht.....	32
Figure. 1.6	Répartition des classes de pentes dans le bassin versant du Beht.....	33
Figure. 1.7	Répartition surfacique des classes de pentes dans le bassin du Beht.....	35
Figure. 1.8	Exposition des versants dans le bassin versant de l'Oued Beht.....	36
Figure. 1.9	Histogramme de la répartition surfacique de l'exposition des versants dans le bassin du Beht.....	38
Figure. 1.10	Les stations climatiques étudiées dans le bassin versant de l'Oued Beht.....	40
Figure. 1.11	Précipitations moyennes, maximales et minimales mensuelles de quatre stations météorologiques (Ifrane aéroport (A), Sidi El Mekhfi(B), Ouljet Soltane (C) et Barrage El Kansera (D) (ABHS, 2013).....	41
Figure. 1.12	Moyennes annuelles des précipitations à la station d'Ifrane aéroport (1934/2007).....	41
Figure. 1.13	Moyennes annuelles des précipitations à la station de Sidi El Mekhfi entre 1980 et 2013.....	42
Figure. 1.14	Moyennes annuelles des précipitations à la station d'Ouljet Soltane entre 1981/2013 (ABHS.2013).....	42
Figure. 1.15	Moyennes annuelles des précipitations à la station d'El Kansera entre	

	1980/2013(ABHS, 2013).....	44
Figure. 1.16	Ajustement des pluies maximales journalières par la loi de Gumbel aux stations de Sidi El Mekhfi d'Ouljet Soltane et du barrage El Kansera.....	46
Figure. 1.17	Diagrammes Ombrothermiques (A/ station de Ifrane aéroport, B/ la station du Barrage El Kansera).....	48
Figure. 1.18	Typologie des sols dans le bassin du Beht (inspiré de la carte pédologique de G. Beaudet, 1969).....	50
Figure. 1.19	Les peuplements floristiques des forêts dans le bassin versant du Beht (inspiré de la carte du HCEFLCD, 2007 modifiée).....	53
Figure. 1.20	Cadre administratif du bassin versant du Beht.....	54
Chapitre 2	Morphométrie, hydrographie du bassin versant et comportement hydrologique du Beht	
Figure. 2.1	Délimitation du bassin versant du Beht avec les principaux affluents.....	61
Figure. 2.2	Rectangle équivalent : cas du bassin versant du Beht.....	62
Figure. 2.3	La courbe hypsométrique du Bassin versant de l'Oued Beht.....	64
Figure. 2.4	Courbes caractéristiques du cycle de l'érosion d'après A.N Strahler (1952).....	65
Figure. 2.5	Profils longitudinaux de l'Oued Beht et ses affluents.....	65
Figure. 2.6	Typologie du réseau hydrographique du Beht.....	69
Figure. 2.7	Méthode d'ordination des drains du réseau hydrographique selon A. N. Strahler (1952).....	71
Figure. 2.8	Hierarchisation du réseau hydrographique du bassin versant du Beht.....	72
Figure. 2.9	Variation interannuelle du débit dans la station d'Ouljet Soltane (1980/2011).....	73
Figure. 2.10	Variation interannuelle du débit dans la station du barrage El Kansera (1981/2011).....	80
Figure. 2.11	Débits moyens mensuels dans les deux stations (1980-2011) (A : Ouljet Soltane ;B : barrage El Kansera).....	81
Figure. 2.12	Répartition des coefficients moyens de débits mensuels de l'Oued Beht dans les deux stations hydrométriques étudiées (1980-2011).....	83
Figure. 2.13	Exemple d'hydrogrammes de crue du Beht à Ouljet Soltane (ABHS, 2010).....	85
Figure. 2.14	Ajustement des débits instantanés maximums à la station d'Ouljet Soltane.....	88
Chapitre 3	La vallée du Beht, morphologie générale, héritages quaternaires, typologie et sectorisation morphologiques	
Figure. 3.1	Localisation des profils en travers réalisés le long de la vallée du Beht (fond : image google , date 19/7/2014).....	94
Figure. 3.2	Exemples de profils en travers de la vallée du Beht dans les plateaux de Tassaft El Haj	

	Achemache et Telt (les profils sont numérotés suivant leur localisation dans la figure 3.1) (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique d'Ouljet Soltane à l'échelle de 1/25000).....	96
Figure. 3.3	Profils en travers de la vallée du Beht dans la cuvette d'Ouljet Soltane (en haut, cartes de localisation ; extrait de deux cartes topographiques d'Ouljet Soltane et de Tnine Tizitine à l'échelle de 1/25000).....	98
Figure. 3.4	Niveaux alluviaux quaternaires de la vallée du Beht, dans le bassin d'Ouljet Soltane (fond : image Google, date 19/7/2014).....	99
Figure. 3.5	Profils en travers de la vallée du Beht dans les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique Ait Hammou Boulmane à l'échelle de 1/25000).....	101
Figure. 3.6	Profils en travers de la vallée du Beht dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht(en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique Souk Larbaâ Oued Beht à l'échelle 1/25000).....	102
Figure. 3.7	Les terrasses fluviales quaternaires dans le bassin de Souk Larbaâ - Oued Beht (inspiré de G. Beaudet, 1967 modifié).....	103
Figure. 3.8	Profils en travers de la vallée du Beht dans la partie septentrionale du bassin de Souk Larbaâ du Beht (en haut, carte de localisation ; extrait de la carte topographique d'Ait Siberne 1/25000).....	105
Figure. 3.9	Profils en travers de la vallée du Beht depuis le barrage El Kansera jusqu'à Dar Bel Amri (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique El Ganzra 1/25000).....	107
Figure. 3.10	Profils en travers de la vallée depuis douar Echouk à Dar Bel Amri (en haut, cartes de localisation ; extrait de la carte topographique de Dar Bel Amri 1/25000).....	108
Figure. 3.11	Les terrasses quaternaires du Beht en aval du barrage El Kansera (inspiré de N. Bouab, 1992 modifié, fond : image Google, année 19/7/2014).....	109
Figure. 3.12	Profil en travers de la vallée du Beht dans la plaine du Gharb à Sidi Slimane (en haut, carte de localisation, extrait de la carte topographique Sidi Slimane 1/25000).....	112
Figure. 3.13	Typologie des formes de vallée (Y. Souchon et al, 2000 modifié).....	114
Figure. 3.14	Typologie et sectorisation morphologique longitudinale de la vallée du Beht.....	117
Figure. 3.15	Evolution de la forme du fond de la vallée du Beht de l'amont vers l'aval.....	119
Figure. 3.16	Succession des styles fluviaux du Beht de l'amont vers l'aval.....	120
Figure. 3.17	Les méandres encaissés de la vallée du Beht. a) dans les plateaux de Tassaft El Haj et Telt ; b) dans les plateaux de Tafoudaite c) dans le plateau du Sais, au nord de Souk Larbaâ du Beht.....	121
Figure. 3.18	Les méandres divagants à a) Ouljet Soltane et b) à Souk Larbaâ du Beht.....	123
Figure. 3.19	Les méandres contraints en aval du barrage El Kansera (a) et les méandres libres de la	

	plaine du Gharb à sidi Slimane (b).....	124
Chapitre 4 :	Caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en amont du barrage El Kansera	
Figure. 4.1	Carte de localisation des tronçons étudiés en amont du barrage (Ouljet Soltane et de Souk Larbaâ du Beht).....	128
Figure. 4.2	Le fond de vallée du Beht dans le tronçon d'Ouljet Soltane et limites de la plaine alluviale (Schéma inspiré des images Google Earth 5/2/2014).....	129
Figure. 4.3	La plaine alluviale du Beht dans le secteur d'Ouljet Soltane : morphologie d'ensemble, extension et localisation des coupes (image Google Earth 05/02/2014).....	130
Figure. 4.4	Coupe transversale schématique (AB), montrant l'aspect générale du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale du Beht dans le secteur du centre rural d'Ouljet Soltane.....	131
Figure. 4.5	Structure et faciès du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale à Ouljet Soltane.....	133
Figure. 4.6	Mesure du diamètre de galet suivant l'axe « B », selon la Méthode de M.G Wolman (1954).....	135
Figure. 4.7	Histogramme des fréquences relatives des galets des unités 1 et 3 de la coupe type à Ouljet Soltane.....	136
Figure. 4.8	Courbes cumulatives des galets des unités 1 et 3 de la coupe type à Ouljet Soltane.....	136
Figure. 4.9	Courbes cumulatives de la fraction sableuse des quatre échantillons de la coupe type étudiée dans la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane.....	138
Figure. 4.10	Les lits mineur et moyen du Beht à Ouljet Soltane.....	141
Figure. 4.11	Détail du profil en travers (A'B') schématique des lits moyen et mineur à Ouljet Soltane.....	141
Figure. 4.12	Histogramme de fréquences relatives des dimensions des galets du lit moyen à Ouljet Soltane.....	143
Figure. 4.13	Courbe cumulative des galets du lit moyen à Ouljet Soltane.....	143
Figure. 4.14	Les paramètres morphométriques des méandres (inspiré de M.J. Selby, 1985).....	146
Figure. 4.15	Le lit mineur et alternance de mouilles et de seuils à Ouljet Soltane (image Google Earth, 29/12/2016).....	148
Figure. 4.16	Granulométrie des galets des bancs alluviaux de lit mineur à Ouljet Soltane.....	149
Figure. 4.17	Courbes cumulatives des galets des bancs alluviaux de lit mineur à Ouljet Soltane.....	150
Figure. 4.18	Courbes granulométriques cumulatives des sables dans le lit mineur, au niveau de seuil	

	et de mouille.....	151
Figure. 4.19	La berge d'un cours d'eau, comme zone de transition entre milieu aquatique et milieu terrestre (d'après G. Verniers, 1995).....	152
Figure. 4.20	Evolution spatiale du tracé du chenal du Beht à Ouljet Soltane entre 1962 et 2014.....	155
Figure. 4.21	La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht au bassin de Souk Larbaâ du Beht (inspiré des images Google Earth 5/2/2014).....	157
Figure. 4.22	Localisation de la coupe AB en travers de la plaine alluviale dans la partie amont du bassin de Souk Larbaâ du Beht , à Sidi Ben Aissa (image Google Earth 05/02/2014).....	159
Figure. 4.23	Coupe transversale (CD) de la plaine alluviale du Beht à Sidi Ben Aissa.....	160
Figure. 4.24	Coupe type de la plaine alluviale du Beht dans le secteur de Souk Larbaa.....	162
Figure. 4.25	Histogramme de fréquences relatives des diamètres des galets de la coupe type dans la plaine alluviale à souk Larbaâ du Beht.....	163
Figure. 4.26	Courbe cumulative des galets de l'unité 1 de la coupe type de la plaine du Beht de Souk Larbaâ.....	164
Figure. 4.27	Courbes granulométriques cumulatives des sables de la coupe type de Souk Larbaâ du Beht.....	165
Figure. 4.28	Forme et extension des lits mineurs et moyen du Beht entre l'aval de l'Oued Berrejline et Souk Larbaâ du Beht.....	166
Figure. 4.29	Profil en travers schématique montrant l'aspect morphologique des lits moyen et mineur du Beht dans le secteur de Souk Larbaâ du Beht.....	167
Figure. 4.30	Exemple d'organisation spatiale des séquences seuils –mouilles dans le lit du Beht à Souk Larbaâ du Beht (Google Earth, 29/12/2016).....	169
Figure. 4.31	Histogrammes de fréquence des classes granulométriques des galets des barres alluviales grossières.....	172
Figure. 4.32	Courbes granulométriques cumulatives des sables des unités de la coupe type de Douar Jebbouja.....	172
Figure. 4.33	Courbes granulométriques cumulatives des sables dans le lit mineur, au niveau de la mouille SLB 5 et du seuil SLB6 – lit mineur, Souk Larbaâ.....	174
Figure. 4.34	Evolution diachronique du Beht entre 1962, 1983 et 2014 dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht.....	178
Chapitre 5 : La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera		
Figure. 5.1	Présentation générale du Beht depuis le barrage El Kansera jusqu'à la confluence avec le Sebou à Mograne.....	183
Figure. 5.2	La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera.....	184

Figure. 5.3	Extension de plaine alluviale du Beht en aval du barrage El Kansara, à Douar Echouk (image Google Earth 13/2/2014).....	186
Figure. 5.4	Coupe transversale schématique (EF) de la plaine alluviale du Beht, levée au voisinage de Douar Echouk.....	187
Figure. 5.5	Coupe- type étudiée dans le remplissage sédimentaire de la plaine alluviale à Douar Jebbouja à proximité de la confluence avec Oued Lmaleh.....	188
Figure. 5.6	Courbes granulométriques cumulatives des sables des unités de la coupe type de Douar Ejebbouja.....	189
Figure. 5.7	Détail du profil en travers (A'B') schématique des lits moyen et mineur à Touaza.....	191
Figure. 5.8	Histogramme de fréquences relatives des dimensions des galets du lit moyen à Dar Fejjar.....	192
Figure. 5.9	Courbe cumulative des galets du lit moyen à Dar Fejjar.....	192
Figure. 5.10	Courbes cumulatives des sables du lit mineur en aval de barrage El Kansera (ABK3/Ferme Beauséjour, ABK4/ Dar Fejjar).....	194
Figure. 5.11	Coupe géologique schématique de la plaine du Gharb, montrant la structure du remplissage alluvionnaire hérité du Quaternaire, ainsi que les sédiments argileux récents et la position des méandres du Beht en surface (inspiré de M. Kili et al, 2008 modifié).....	199
Figure. 5.12	Croquis simplifié montrant l'extension de la plaine alluviale du Beht depuis Dar Bel Amri jusqu' à la confluence avec le Sebou à Mograne (inspiré de J.Le Coz, 1964, modifié).....	200
Figure. 5.13	Situation de la coupe en travers de la plaine du Beht, en amont de Douar Oulad Sidi Abdelghiyat (image Google Earth 13/2/2014).....	201
Figure. 5.14	Coupe transversale montrant la structure générale de la plaine alluviale et des levées naturelles du Beht dans le secteur du Douar Oulad Sidi Abdelghiyat.....	201
Figure. 5.15	La coupe-type de la plaine alluviale dans la plaine du Gharb au voisinage de Douar Errazqa Abdenbiyine.....	202
Figure. 5.16	Courbe cumulative des sables de l'unité sommitale de la plaine alluviale à Douar Errazqa Abdenbiyine.....	203
Figure. 5.17	Aspect du lit fluvial et méandres du Beht dans les tronçons Dar Bel Amri - Dar El Gueddari (a) et Dar El Gueddari - Douar Lahfari Lâlama (b) (inspiré des cartes topographiques de Sidi Slimane et Dar El Gueddari 1/25000).....	206
Figure. 5.18	Aspect morphologique des méandres libres du bas Beht entre Dar Bel Amri et Douar Lahfari Lâlama (image google et date 20/2/2014).....	207
Figure. 5.19	Courbe cumulative des sables du lit mineur du Beht à Dar El Gueddari.....	209
Figure. 5.20	Aspects des méandres libres du Beht dans le tronçon Lmarja Lakkbira – Mograne (cas du secteur des douars Bghailia en amont de Morgane).....	210
Figure. 5.21		

	Evolution diachronique du Beht entre 1983 et 2014 entre El Ganzra et Sidi Loukili.....	216
Chapitre 6	Anthropisation et mutation socio-spatiales de la vallée du Beht	
Figure. 6.1	Principaux sites antiques le long du Beht, et autres sites du bassin du Sebou (d'après R. Rebuffat, 1986).....	222
Figure. 6.2	Le site antique de Rirha au bord d'un ancien méandre du Beht et coupe stratigraphique et archéologie du Site (d'après M. Euzennat, 1989, L. Callegarin et al, 2011, et J-Cl. Roux, 2011).....	223
Figure. 6.3	Evolution de la population dans le Haut Beht le Moyen Beht et le Bas Beht.....	228
Figure. 6.4	Evolution du taux d'accroissement de la population dans le Haut Beht, le Moyen Beht et le Bas Beht.....	228
Figure. 6.5	Cartes simplifiées montrant l'évolution de la densité la population du bassin versant du Beht de 1982 à 1994.....	229
Figure. 6.6	Cartes simplifiées montrant l'évolution de la densité la population du bassin versant du Beht de 2004 à 2014.....	231
Figure. 6.7	Aménagement forestier du bassin versant du Beht en amont du barrage El Kansera (HCEFLCD, 2008, modifié).....	232
Figure. 6.8	Modes d'occupation du sol de la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane (D'après image satellite Google Earth 1/2/2017, et levés de terrains 24/9/2017 et 26/10/2017).....	241
Figure. 6.9	Modes d'occupation du sol dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht (D'après image Google Earth 6/2/2017 et levés de terrains 11/8/2017 et 7/11/2017).....	244
Figure. 6.10	Modes d'occupation de la plaine du Beht en aval immédiat du barrage El Kansera (D'après image Google13/11/2017 et observations de terrain 26/11/2017 et 1/1/2018).....	248
Figure. 6.11	Bâti, infrastructure et mode d'occupation du sol de dans la plaine du bas Beht dans le Gharb (ORMVA, 2015 modifié).....	251
Figure. 6.12	Paysage agraire de parcelles en lames de parquets formant un vaste damier agricole dans Bas Beht (extrait de l'image Google Earth 8/5/2017).....	254
Figure. 6.13	Paysage agraire à parcelles circulaires irrigué par pivot central installé au niveau de Bled El Ouad El Mayet en rive droite du Beht ; exemple du secteur des douars Oulad Rahou et Berrahia (extrait de l'image Google Earth 8/5/2017).....	257
Figure. 6.14	Schéma d'irrigation à long terme de la plaine du Gharb (Atlas du Bassin du Sebou, 1970).....	259
Figure. 6.15	Aménagement agricole de la plaine du Gharb à long terme (Atlas du Bassin du Sebou, 1970, modifié).....	260

Figure. 6.16	Aménagement hydrauliques et hydro-agricoles de la plaine du Beht en aval du barrage El Kansera (ORMVA, 2005 modifié).....	261
Figure. 6.17	Les principaux quartiers inondables dans la ville de Sidi Slimane.....	265

Liste des planches photos

Chapitre 1	Les contextes physique et humain du bassin versant du Beht	Page
Planche photos. 1.1	Exemples d’affleurements de formations géologiques dans la vallée du Beht.....	25
Chapitre 3 : La vallée du Beht, morphologie générale, héritages quaternaires, typologie et sectorisation morphologiques		
Planche photos. 3.1	Paysage morphologique de la vallée du Beht dans la cuvette d’Ouljet Soltane.....	97
Planche photos. 3.2	Terrasses quaternaires du Beht entre le barrage El Kansera et Dar Bel Amri.....	103
Chapitre 4 : Caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en amont du barrage El Kansera		
Planche photos. 4.1	Lit mineur du Beht : a - Lors d’une crue à plein bords en aval de Ouljet Soltane (27/4/2018) et b.- en période de basses eaux, en amont de Ouljet Soltane (15/9/2017).....	144
Planche photos. 4.2	Aspect du fond du lit mineur à Ouljet Soltane.....	145
Planche photos. 4.3	Exemples de berges de l’Oued Beht observées à Ouljet Soltane.....	153
Planche photos. 4.4	Exemples des variétés de la ripisylve du Beht dans le secteur d’Ouljet Soltane.....	154
Planche. photos. 4.5	Variété des berges le long du bassin de Souk Larbaâ du Beht (partie méridionale).....	175
Planche photos. 4.6	La ripisylve qui colonise les berges du Beht dans la partie méridionale du bassin de Souk Larbaâ du Beht.....	177
Chapitre 5 : La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera		
Planche photos. 5.1	Affleurement de la formation de la nappe alluviale en rive droite du Beht, à proximité du douar Ejabbouja –Ait Ouallal a) aspect général du remplissage ; b) détail des unités 1 et 2.....	188
Planche photos. 5.2	Exemples de berges depuis l’aval du barrage El Kansera à Dar Bel Amri.....	197
Planche photos. 5.3	Ripisylves des berges du Beht en aval du barrage El Kansera	198
Planche photos. 5.4	Aspect morphologique du lit fluvial du bas Beht à Sidi Slimane et Dar El Gueddari :a/ le lit est en chenal unique méandriforme ; b/ il est bordé par des berges hautes supportant des levées naturelles.....	205
Planche photos. 5.5	Aspects morphologiques du lit fluvial du bas Beht à Bghailia et à Mograne (21/10/2018).....	211
Planche photos. 5.6	Exemples de paysage des berges du Beht depuis l’aval de Sidi Slimane à Mograne.....	213
Planche photos. 5.7	Diversité de la ripisylve des berges du cours inférieur du Beht.....	215

Chapitre 6 : Anthropisation et mutation socio-spatiales de la vallée du Beht		
Planche photos. 6.1	Seuil dissipateur d'énergie en aval du pont de la RR701.....	245
Planche photos. 6.2	Modes d'occupation du sol de la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane.....	246
Planche photos. 6.3	Exemples des modes d'occupation du sol de la plaine alluviale du Beht dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht.....	250
Planche photos. 6.4	Occupation du sol de la plaine du Beht en aval immédiat du barrage El Kansera.....	253
Planche photos. 6.5	Exemples d'occupation du sol en paysage d'openfield de la plaine du Bas Beht en aval de Sidi Slimane.....	256
Planche photos. 6.6	Barrage de compensation des eaux et canal de dérivation – est, en aval du barrage El Kansera (26/12/2017).....	262
Planche photos. 6.7	Canal de transfert des eaux Beht-Sebou (5/10/2018).....	263
Planche photos. 6.8	Exemples de seuils mis au niveau du chenal anthropisé du Bas Beht.....	263

Liste de photos

Chapitre 3 La vallée du Beht, morphologie générale, héritages quaternaires, typologie et sectorisation morphologiques		
Photo. 3.1	Disposition morphologique des niveaux alluviaux quaternaires de la vallée du Beht dans le bassin d'Ouljet Soltane (13/5/2015).....	106
Photo. 3.2	Vue panoramique de la partie méridionale de la vallée au bassin de Souk Larbaâ - Oued Beht vue vers l'est (18/9/2015).....	108
Photo. 3.3	Disposition et limites approximatives des glacis- terrasses quaternaires dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht (14/12/2014).....	111
Photo. 3.4	Zoom sur la retenue du barrage El Kansera (image google13/2/2014)...	112
Chapitre 4 Caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en amont du barrage El Kansera		
Photo. 4.1	Vue d'ensemble de la plaine alluviale du Beht à Ouljet Soltane, en aval du pont de la RR701 montrant le contexte géomorphologique local et les lits mineur et moyen (24/10/2017).....	140
Photo. 4.2	Aspect du fond du lit mineur à Ouljet Soltane.....	142
Photo. 4.3	Lits mineur et moyen du Beht à Ouljet Soltane (13/9/2017).....	152
Photo. 4.4	Exemple de succession seuil-mouille à Ouljet Soltane, en aval de Ait Yahya (13/5/2015).....	158
Photo. 4.5	La plaine alluviale et les lits fluviaux du Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ de Beht, en amont de la RR402 (3/7/2018).....	169
Photo. 4.6	Exemple de méandre déconnecté du chenal actif du Beht et abandonnée	169

Photo. 4.7	en surface de la plaine alluviale (14/12/2014).....	
Photo. 4.8	Affleurement montrant le remplissage sédimentaire de la nappe alluviale, en amont de l'oued Ardiya, rive droite du Beht (6/11/2017)...	172
Photo. 4.9	Coupe type montrant le détail du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale dans le bassin de Souk Larbaâ du Beht (6/11/2017)...	172
Photo. 4.10	Emboîtement du lit mineur dans le lit moyen en aval de Sidi Ben Aissa (6/11/2017).....	179
	Lit mineur du Beht en aval de la confluence avec oued Ardiya (9/8/2017).....	179
Chapitre 5	La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera	
Photo. 5.1	La plaine alluviale du Beht en aval du barrage, cas de Dar Fejjar (8/10/2018).....	196
Photo. 5.2	Délimitation et aspects morphologiques du lit moyen à Touaza à proximité de Dar Fejjar (30/9/2015).....	202
Photo. 5.3	Exemple de lit mineur à fond sableux en aval de Douar Echouk (26/12/2017).....	204
Photo. 5.4	Coupe type de la plaine alluviale du Beht à Douar Errazqa Abdenbiyine (31/1/2018).....	213
Chapitre 6	Anthropisation et mutation socio-spatiales de la vallée du Beht	
Photo. 6.1	Centre-ville de Khémisset.....	246
Photo. 6.2	La ville de Tiflet	247
Photo. 6.3	Centre-ville de Sidi Slimane.....	247
Photo. 6.4	La retenue du barrage El Kansera dans la vallée du Beht (site internet).....	248
Photo. 6.5	Les inondables du Beht dans la ville de Sidi Slimane du quartier Oulad Malek (d'après site internet février 2010).....	275

Annexe

Tableau 1 : Population et taux d'accroissement dans les communes concernées par le bassin du Beht (Rescensement 1982, 1994, 2004 et 2014 HCP)

Préfecture/ Province	Nom commune	Population 1982	Population 1994	Population 2004	Population 2014	TA 1982/1994	TA 1994/2004	TA 2004 / 2014
Khenifra	EL HAMMAM	17384	19147	15483	12830	+0,80%	-2,12%	-1,87%
Ifrane	SIDI EL MAKHFI	9916	14026	16229	16709	+2,86%	+1,46%	+0,29%
	AZROU	31471	40808	47540	54350	+2,15%	+1,52%	+1,34%
	TIMAHDITE	6788	8585	10080	10945	+1,95%	+1,60%	+0,82%
	TIGRIGRA	7666	10838	10849	11031	+2,86%	+0,01%	+0,17%
	OUAD IFRANE	8792	9882	11028	10805	+0,97%	+1,10%	-0,20%
	BEN SMIM	6224	6314	6283	6506	+0,12%	-0,05%	+0,35%
	AIN LEUH	9258	10501	10147	9669	+1,05%	-0,34%	-0,48%
El Hajeb	RAS IJERRI	4849	5849	6119	6502	+1,56%	+0,45%	+0,61%
	JAHJOUH	6157	7387	7698	7485	+1,51%	+0,41%	-0,28%
	AIT OUIKHALFEN	4282	4819	4303	3849	+0,98%	-1,13%	-1,11%
	TAMCHACHATE	2634	3866	4151	3836	+3,16%	+0,71%	-0,79%
	AGOURAI	5794	10033	13291	16651	+4,46%	+2,79%	+2,24%
	AIT YAAZEM	12186	13886	14615	16091	+1,09%	+0,51%	+0,96%
Meknès	AIN JEMAA	11493	12942	13146	15265	+0,99%	+0,16%	+1,49%
	OUAD ROMMANE	5149	6515	6076	13828	+1,95%	-0,70%	+7,79%
	AIN ORMA	3505	3707	3716	3495	+0,47%	+0,02%	-0,61%
	AIT OUALLAL	2596	5532	5455	5330	+6,02%	-0,14%	-0,23%
Khémisset	SIDI ALLAL EL BAHRAOUI	8456	12659	15299	15866	+3,32%	+1,89%	+0,36%
	SIDI BOUKHALKHAL	7717	6909	7200	17307	-0,92%	+0,41%	+8,25%
	SIDI ABDERRAZAK	10997	12508	13654	13464	+1,07%	+0,88%	-0,14%
	MQAM TOLBA	11856	13645	14705	13503	+1,17%	+0,75%	-0,85%
	AIN JOHRA	7452	10573	10151	17307	+2,89%	-0,41%	+5,21%
	EL GANZRA	13191	14699	13404	13209	+0,90%	-0,92%	+0,15%
	AIT YADINE	14890	18273	19461	20502	+1,70%	+0,63%	+0,52%
	SFASSIF	9870	9119	8051	7685	-0,66%	-1,24%	-0,47%
	AIT MALEK	3841	4359	4396	4856	+1,05%	+0,08%	+0,99%
	SIDI ALLAL LAMSADDER	10217	9397	8740	7366	-0,70%	-0,72%	-1,71%
	SIDI EL GHANDOUR	13162	15231	18587	7377	+1,21%	+1,98%	-8,64%
	AIT BOUYAHYA EL HAJJAM	4432	5341	5514	4471	+1,55%	+0,32%	-2,09%
	AIT SIBERNE	8072	6110	5232	4900	-2,31%	-1,55%	-0,66%
	AIT OURIBEL	9371	10102	10224	9640	+0,63%	+0,12%	-0,59%
	MAJMAA TOLBA	9901	13483	14705	12609	+2,55%	+0,87%	-1,53%
	AIT MIMOUNE	8742	11685	10236	8486	+2,40%	-1,32%	-1,87%
	HOUDERRANE	6273	6887	6572	6414	+0,78%	-0,47%	-0,24%
	AIT BELKACEM	4340	5077	4915	4466	+1,30%	-0,32%	-0,96%
	TIFLET	29658	49918	69640	86709	+4,24%	+3,30%	+2,18%
	KHEMISS SIDI YAHYA	6865	6889	6562	6673	+0,03%	-0,49%	+0,17%
	KHEMISSSET	58925	88839	105088	131542	+3,37%	+1,68%	+2,24%
	AIT IKKOU	11058	12320	10676	8865	+0,90%	-1,43%	-1,85%

	BOUQACHMIR	2562	4853	4454	3631	+5,15%	-0,86%	-2,04%
	AIT ICHOU	3200	2427	2213	1809	-2,29%	-0,92%	-2,01%
Sidi Kacem	AL HAOUAFATE	13435	17153	17119	17842	+2,03%	-0,02%	+0,41%
	ERMILATE	11159	14157	15307	16861	+1,97%	+0,78%	+0,97%
	SIDI AL KAMEL	18225	24418	26800	30199	+2,42%	+0,93%	+1,19%
	DAR GUEDDARI	3874	5403	6011	6643	+2,75%	+1,07%	+1,00%
	DAR LAASLOUJI	18459	24681	27863	32127	+2,40%	+1,21%	+1,42%
Sidi Slimane	SEFSAF	16045	20984	22941	25075	+2,22%	+0,89%	+0,89%
	OULAD H'CINE	20494	25982	27972	30215	+1,97%	+0,74%	+0,77%
	SIDI YAHYA EL GHARB	21340	29965	31705	37979	+2,80%	+0,56%	+1,80%
	BOUMAIZ	14765	19260	20419	19648	+2,20%	+0,58%	-0,38%
	SIDI SLIMANE	50457	69645	78060	92989	+2,66%	+1,14%	+1,75%
	AZGHAR	9868	10340	9972	10850	+0,39%	-0,36%	+0,84%
	DAR BEL AMRI	18768	27429	31453	28156	+3,12%	+1,37%	-1,11%
Kenitra	BEN MANSOUR	27430	42662	51874	43822	+3,62%	+1,95%	-1,68%
	SOUK TLET EL GHARB	17571	21152	22416	22554	+1,54%	+0,58%	+0,06%
	AMEUR SEFLIA	27217	36192	41093	28540	+2,36%	+1,27%	-3,61%
	SFAFAA	11669	16075	18799	21475	+2,65%	+1,56%	+1,33%
	MOGRANE	17800	24263	26966	31292	+2,56%	+1,06%	+1,49%
	SIDI ALLAL TAZI	10699	13596	15844	18055	+1,99%	+1,53%	+1,30%
	KCEIBYA	15386	19914	23218	27059	+2,14%	+1,53%	+1,53%
	HADDADA	9188	10564	13453	15898	+1,16%	+2,41%	+1,67%
	OULAD BEN HAMMADI	12420	11700	12100	12778	-0,50%	+0,34%	+0,55%

Tableau 2 : Densité de la population dans les communes concernées par le bassin du Beht (Recensements de 1982, 1994, 2004 et 2014)

				Densité de la population en hab. /km2			
	Préfecture/ Province	Nom de la commune	Catégorie	1984	1994	2004	2014
Khénifra -Béni Mellal	Khenifra	EL HAMMAM	Rurale	26	29	23	19
Fès-Meknès	Ifrane	SIDI EL MAKHFI	Rurale	19	27	31	32
		AZROU	Urbaine	3147	4081	4754	5435
		TIMAHDITE	Rurale	7	9	11	12
		TIGRIGRA	Rurale	16	22	22	23
		OUAD IFRANE	Rurale	11	12	14	14
		BEN SMIM	Rurale	72	73	73	76
		AIN LEUH	Rurale	47	53	51	49
	El Hajeb	RAS IJERRI	Rurale	31	37	39	41
		AIT BOURZOUINE	Rurale	20	24	29	28
		JAHJOUH	Rurale	36	43	45	44
		AIT OUIKHALFEN	Rurale	25	28	25	22
		TAMCHACHATE	Rurale	9	13	14	13
		AGOURAI	Urbaine	724	1254	1661	2081
		AIT YAAZEM	Rurale	66	75	79	87
	Meknès	AIN JEMAA	Rurale	47	52	53	62
		OUAD ROMMANE	Rurale	33	41	39	88
		AIN ORMA	Rurale	28	30	30	28
		AIT OUALLAL	Rurale	25	54	53	52
Rabat-Salé-Kénitra	Khémisset	SIDI ALLAL EL BAHRAOUI	Rurale	56	83	101	104
		SIDI BOUKHALKHAL	Rurale	117	105	109	262
		SIDI ABDERRAZAK	Rurale	50	57	62	61
		MQAM TOLBA	Rurale	62	72	77	71
		AIN JOHRA	Rurale	33	46	45	76
		EL GANZRA	Rurale	68	76	69	68
		AIT YADINE	Rurale	94	115	122	129
		SFASSIF	Rurale	44	40	36	34
		AIT MALEK	Rurale	40	45	46	51
		SIDI ALLAL LAMSADDER	Rurale	78	72	67	56
		SIDI EL GHANDOUR	Rurale	114	132	162	64
		AIT BOUYAHYA EL HAJJAM	Rurale	58	70	73	59
		AIT SIBERNE	Rurale	85	64	55	52
		AIT OURIBEL	Rurale	57	61	62	58
		MAJMAA TOLBA	Rurale	52	71	77	66
		AIT MIMOUNE	Rurale	18	25	22	18
		HOUDERRANE	Rurale	59	64	61	60
		AIT BELKACEM	Rurale	29	34	33	30
		TIFLET	Urbaine	2966	4992	6964	8671
		KHEMISS SIDI YAHYA	Rurale	61	61	58	59

		KHEMISSSET	Urbaine	4910	7403	8757	10962
		AIT IKKOU	Rurale	30	33	29	24
		BOUQACHMIR	Rurale	6	12	11	9
		AIT ICHOU	Rurale	25	19	17	14
	Sidi Kacem	AL HAOUAFATE	Rurale	66	84	84	87
		ERMILATE	Rurale	128	163	176	194
		SIDI AL KAMEL	Rurale	167	224	246	277
		DAR GUEDDARI	Urbaine	553	772	859	949
		DAR LAASLOUJI	Rurale	253	338	382	440
		SEFSAF	Rurale	154	202	221	241
	Sidi Slimane	OULAD H'CINE	Rurale	230	292	314	339
		SIDI YAHYA EL GHARB	Urbaine	1186	1665	1761	2110
		BOUMAIZ	Rurale	202	264	280	269
		SIDI SLIMANE	Urbaine	3604	4975	5576	6642
		AZGHAR	Rurale	43	45	44	48
		DAR BEL AMRI	Rurale	74	108	123	110
		KCEIBYA	Rurale	76	99	115	134
		OULAD BEN HAMMADI	Rurale	93	88	91	96
		SFAFAA	Rurale	41	56	66	75
	Kénitra	BEN MANSOUR	Rurale	104	162	196	166
		SOUK TLET EL GHARB	Rurale	61	74	78	79
		AMEUR SEFLIA	Rurale	51	68	77	54
		MOGRANE	Rurale	68	93	103	119
		SIDI ALLAL TAZI	Rurale	114	145	169	192
		HADDADA	Rurale	57	65	83	98

Liste des abréviations

ABHS: Agence du bassin hydraulique du Sebou

ABK: Aval barrage El Kansera

CERED: Centre d'Etudes et de Recherches Démographiques

CMD: Coefficient Mensuel du Débit

CRI : Centre Régional d'Investissement

HCEFLCD: Haut-Commissariat des Eaux et Forêts et Lutte contre la désertification

DREFLCD : Direction Régionale des Eaux et Forêts et Lutte contre la désertification

DRPE : Direction de la Recherche et la Planification de l'Eau

Is : Indice de sinuosité

IFN : Inventaire forestier national

Mé : Médiane

NNO : Nord Nord Ouest

ORMVAG : Office Régionale de la Mise en Valeur Agricole du Gharb

OQLF : Office Québécois de la Langue Française

OS : Ouljet Soltane

PG : Plaine du Gharb

Q1: Premier quartile (la valeur du diamètre à 25 % de la courbe)

Q2:Deuxième quartile (la valeur du diamètre à 50 % de la courbe)

Q3: Troisième quartile (la valeur du diamètre à 75 % de la courbe)

RN : Route nationale

RR : Route régionale

RSK : Rabat-Salé-Kénitra

SIBE : Site à intérêt biologique et écologique

SLB : Souk Larbaâ du Beht

SSE : Sud Sud Est

Sp : Eucalyptus

S₀: Indice de classement de Trask

SK: Indice d'asymétrie

YR : Yellow-Red

Table de matières

Introduction générale	Page
Chapitre 1 : Les contextes physique et humain du bassin versant du Beht	18
Introduction.....	19
1.- Géologie et géomorphologie.....	19
1.1.- Géologie.....	19
1.1.1.- Le Haut Beht.....	20
1.1.2.- Le Moyen Beht.....	20
1.1.3.- Le Bas Beht.....	22
1.1.4.- Tectonique.....	23
1.1.5.- Répartition relative des terrains géologiques dans le bassin du Beht.....	23
1.2.- Unités et paysage géomorphologies.....	26
1.2.1.- Le paysage géomorphologique du Haut Beht.....	26
a)- Le causse moyen –atlasique.....	26
b)- Le Plateau Central.....	26
b1)- La dépression orientale.....	27
b2)- Le Haut pays.....	28
1.2.2.- Le paysage géomorphologique du Moyen Beht.....	28
a)- Le bassin de Souk Larbaâ du Beht.....	28
b)- Le Sais de Meknès.....	28
c)- Les bas plateaux de Zemmour.....	29
d)- Les rides préifaines.....	29
1.2.3.- Le paysage géomorphologique du Bas Beht.....	29
2.- Altitude, pente et exposition des versants.....	30
2.1.- L'altitude.....	30
2.2.- La pente.....	33
2.3.- L'exposition des versants.....	35
3.-Climat, végétation et sols.....	36
3.1.- Climat.....	37
3.1.1.- Les stations climatiques et les séries de données utilisées.....	37
3.1.2.- Analyse des données pluviométriques.....	38
a).- Les précipitations mensuelles et saisonnières.....	39
b).- Les moyennes annuelles des précipitations.....	40
c).- Analyse fréquentielle des précipitations.....	43
3.1.3.- Analyse des données de la température.....	45
3.2.- Typologie et distribution des sols.....	46
3.3. Le couvert végétal.....	49
4. Contexte humain et occupation du bassin.....	52
4.1. Découpage administratif actuel population des régions et provinces.....	52
4.2. Communes concernées par le bassin du Beht.....	53
Conclusion.....	56
Chapitre 2 : Morphométrie, hydrographie du bassin versant et comportement	58

hydrologique du Beht	
Introduction.....	59
1.- Morphométrie et physiographie du bassin versant de Beht.....	60
1.1.- Caractéristiques géométriques et topographiques du bassin versant.....	60
1.1.1.- Périmètre et surface.....	60
1.1.2.- L'indice de compacité ou l'indice de Gravellius.....	60
1.1.3.- Rectangle équivalent.....	61
1.2.- Les caractéristiques topographiques.....	62
1.2.1.- La courbe hypsométrique.....	62
1.2.2.- Les altitudes caractéristiques.....	65
1.2.3.- La pente moyenne du bassin versant.....	66
1.2.4.- La longueur et les pentes caractéristiques du réseau hydrographique.....	67
a)- La longueur.....	67
b)- Le profil en long.....	67
2.- Hydrographie du bassin versant du Beht.....	70
2.1.- Les types de réseaux hydrographiques.....	70
2.2. - L'ordination du réseau hydrographique.....	72
2.3.- La densité de drainage, la densité hydrographique et la texture de drainage.....	73
2.3.1.- La densité de drainage.....	73
2.3.2.- La densité hydrographique.....	75
2.3.3. La texture de drainage.....	75
2.4.- Le rapport de confluence et le rapport des longueurs.....	76
2.4.1.- Rapport de confluence.....	76
2.4.2.- Le rapport des longueurs du cours d'eau.....	77
3.- Ecoulements et comportement hydrologique du Beht.....	79
3.1.- Variation interannuelle des débits.....	80
3.2. - Les débits moyens mensuels.....	81
3.3.- Les coefficients mensuels de débits.....	82
3.4.- Le régime hydrologique	82
3.5.- Les crues de l'Oued Beht.....	84
3.5.1.- Historique des crues dans le bassin versant du Beht : quelques exemples.....	84
3.5.2.- L'analyse fréquentielle des crues.....	86
a).-Les données utilisées.....	87
b).-Choix du modèle fréquentiel	87
3.6.- Les ressources hydrogéologique.....	89
Conclusion.....	90
 Chapitre 3 : La vallée du Beht, morphologie générale, héritages quaternaires, typologie et sectorisation morphologiques.....	 92
Introduction.....	93
1-. Considérations générales et méthodes.....	93
2.- Morphologie générale et héritages quaternaires de la vallée du Haut Beht.....	95
2.1.- Morphologie de vallée du Beht dans les plateaux de Tassaft El Haj et Telt.....	95
2.2.- Morphologie de la vallée du Beht et héritages quaternaires dans le bassin d'Ouljet Soltane.....	96

2.3.- Morphologie de la vallée dans les plateaux de Tafoudaite et d'Assaraoui.....	100
3.- Morphologie générale et héritages quaternaires de la vallée du Moyen Beht.....	101
3.1.- Morphologie de la vallée et héritages quaternaires dans le bassin de Souk Larbaâ -Oued Beht.....	101
3.2.- Le tronçon aval Souk Larbaâ du Beht- barrage El Kansera.....	105
3.3.- Morphologie de la vallée du Beht et héritages quaternaires entre le barrage El Kansera et Dar Bel Amri.....	106
4.- Morphologie générale et héritages quaternaires dans la plaine du Bas Beht.....	112
5.- Essai d'une typologie morphologique de la vallée du Beht.....	113
5.1- Méthode adoptée.....	113
5.2.- Les types morphologiques obtenus pour la vallée du Beht.....	115
5.3.- Spatialisation des types morphologiques et sectorisation longitudinale de la vallée du Beht.....	116
5.3.1. Spatialisation des types morphologiques de la vallée.....	116
5.3.2. Les types de styles fluviaux du Beht le long de la vallée.....	116
a)- Les styles à méandres encaissés.....	121
b)- Les styles à méandres divagants.....	122
c)- Les méandres contraints.....	123
d)- Les méandres libres de plaine.....	123
Conclusion.....	125
Chapitre 4 : Caractéristiques morphosédimentaires de la plaine alluviale et du lit fluvial du Beht en amont du barrage El Kansera.....	126
Introduction.....	127
1.- Méthode et moyens d'étude.....	127
2. – La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht dans le tronçon d'Ouljet Soltane.....	128
2.1- Morphologie et remplissage alluvial de la plaine alluviale à Ouljet Soltane.....	129
2.1.1- Description morphologique de la plaine alluviale.....	129
2.1.2.- Le remplissage sédimentaire de la plaine alluviale.....	131
a).-Description générale.....	131
b).- Description des faciès sédimentaires.....	132
c). Granulométrie des unités sédimentaires.....	134
c1).- Analyse granulométrique des galets.....	134
c2).-Analyse granulométrique des sables.....	137
d).- Interprétation des données granulométriques.....	140
2.2.- Caractéristiques morphosédimentaires du lit fluvial.....	140
2.2.1- Morphologie générale du lit fluvial.....	140
2.2.2.- Caractéristiques morphosédimentaires du lit moyen.....	142
2.2.3.- Caractéristiques morphosédimentaires du lit mineur à Ouljet Soltane.....	143
a).- Morphologie du lit mineur.....	143
b).- Caractéristiques des méandres.....	145
c).- Caractéristiques des seuils et les mouilles.....	147
d).- Caractéristiques du matériel alluvial.....	148
e).- Analyse granulométrique des sables.....	150
2.3.- Caractéristiques des berges et de la ripisylve.....	151
2.3.1.- Types de berges.....	152

2.3.2.- Caractéristiques de la ripisylve.....	153
2.4.- Evolution du tracé du lit du Beht à Ouljet Soltane depuis les années 60.....	155
3.- La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht dans le tronçon de Souk Larbaâ du Beht.....	156
3.1.- Morphologie et remplissage sédimentaire de la plaine alluviale.....	156
3.1.1.- Description morphologique de la plaine alluviale.....	156
3.1.2.- Etude du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale.....	159
a).- Aspect général.....	159
b).- Description des faciès sédimentaires.....	160
c).- Granulométrie des unités sédimentaires.....	163
c1).- Analyse granulométrique des galets de l'unité 1.....	163
c2).- Analyse granulométrique des sables.....	164
3.2.- Caractéristiques morphosédimentaires du lit fluvial.....	166
3.2.1. Morphologie générale du lit fluvial.....	166
3.2.2. Caractéristiques morphosédimentaires du lit moyen.....	167
3.2.3.- Caractéristiques morphosédimentaires du lit mineur.....	168
a).- Description morphologique.....	168
b).- Morphométrie des méandres.....	170
c).- Analyse des séquences Mouille-Seuil.....	171
d).-Analyse des barres grossières.....	171
d1).- Granulométrie des galets.....	171
d2).- Pétrographie des galets.....	173
e).- Analyse granulométrique des sables.....	173
3.3.- Caractéristique des berges et de la ripisylve.....	175
3.3.1.- Types de berges.....	175
3.3.2.- Caractéristiques de la ripisylve.....	176
3.4.). Etude diachronique du tracé du lit du Beht à Souk Larbaâ entre 1962, 1983 et 2014.....	177
Conclusion.....	179
Chapitre 5 : La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht en aval du barrage El Kansera	182
Introduction.....	183
1.- La plaine alluviale et le lit fluvial dans le tronçon El Kansera - Dar Bel Amri.....	184
1.1.- Morphologie et caractéristiques du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale.....	184
1.1.1. - Description morphologique.....	184
1.1.2.- Caractéristiques du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale.....	186
a).- Aspect général du remplissage.....	186
b).- Description des faciès sédimentaires.....	187
c).- Granulométrie des unités sédimentaires.....	189
1.2.- Morphologie et caractéristiques du matériel alluvial du lit fluvial.....	190
1.2.1.- Caractéristiques morphosédimentaires du lit moyen.....	190
1.2.2.- Caractéristiques morphosédimentaires du lit mineur.....	192
a).- Morphologie.....	192
b).- Granulométrie des sables du lit mineur.....	193
c).- La morphométrie des méandres.....	195

1.3.- Caractérisation des berges et de la ripisylve.....	196
1.3.1.- Aspect morphologique des berges.....	196
1.3.2.-Caractéristiques de la ripisylve.....	196
2.- La plaine alluviale et le lit fluvial du Beht entre Dar Bel Amri et Mograne.....	198
2.1.- Morphologie et remplissage sédimentaire de la plaine alluviale.....	198
2.1.1.- Description générale.....	198
2.2.- Caractéristiques du remplissage sédimentaire de la plaine alluviale et des levées naturelles.....	201
2.2.1.- Description de la coupe – type.....	201
2.2.2.- Analyse granulométrique des sédiments.....	203
2.3.- Les caractéristiques du lit fluvial du Bas Beht.....	204
2.3.1.- Le lit fluvial depuis Dar Bel Amri à Douar Lhafari Lâlama.....	204
a).- Aspect morphologique.....	204
b).- Analyse granulométrique des sédiments du lit fluvial.....	209
2.3.2.- Le lit fluvial depuis le canal de Lmarja Lakbira à Mograne.....	209
2.4.- Caractérisation des berges et de la ripisylve.....	212
2.4.1.- Aspects morphologique des berges	212
2.4.2.- Caractéristiques et types de la ripisylve.....	214
3. Evolution spatio-temporelle du tracé du Beht en aval du barrage El Kansera entre 1983 et 2014.....	216
Conclusion.....	217
Chapitre 6 : Anthropisation et mutation socio-spatiales de la vallée du Beht.....	220
Introduction.....	221
1.- Les vestiges anciens de l’anthropisation antique et médiévale.....	221
2.- Anthropisation durant les périodes pré-coloniale et coloniale.....	224
2.1.- La période pré-coloniale.....	224
2.2.- La période coloniale	225
3.- Evolution de la population, anthropisation et mutations spatiales dans le bassin du Beht durant la période postcoloniale.....	227
3.1. - Evolution de la population.....	227
3.1.1.- Evolution des effectifs de la population.....	228
3.1.2.- Evolution de la densité de la population.....	230
3.2.- Les principaux noyaux urbains dans le bassin du Beht.....	234
3.2.1.-Azrou.....	234
3.2.2.- Agourai.....	234
3.2.3. – Khémisset.....	235
3.2.4. –Tiflet.....	235
3.2.5.-Sidi Slimane.....	236
3.2.6.-Sidi Yahya du Gharb.....	237
3.3.- Anthropisation et mutations spatiales à l’échelle du bassin du Beht.....	237
3.3.1.- Une anthropisation inégale selon les zones du bassin versant.....	237
3.3.2.- Les aménagements hydrauliques et hydro-agricoles.....	239
3.3.3. Les aménagements forestiers.....	241
3.3.4.- Pollution et dégradation des eaux fluviales du Beht.....	242
4. - Anthropisation à l’échelle des tronçons de la vallée en amont du barrage El	

Kansera.....	243
4.1.- Anthropisation du tronçon d'Ouljet Soltane.....	243
a).- Le bâti et l'infrastructure.....	244
b).- L'agriculture.....	245
c).- L'extraction de granulats alluvionnaires.....	247
4.2.- Anthropisation du tronçon de Souk Larbaâ du Beht.....	247
a).- Le bâti et l'infrastructure.....	247
b).- L'agriculture.....	248
c).- Les parcours.....	249
d).- L'extraction de granulats.....	249
5.- Anthropisation des tronçons en aval du barrage El Kansera.....	251
5.1.- La vallée du Beht en aval immédiat du barrage.....	251
a).- Le bâti et l'infrastructure.....	252
b).- L'agriculture.....	252
c).- L'exploitation de granulats.....	252
5.2.- Anthropisation de la plaine alluviale du Beht dans le Gharb.....	254
a).-Bâti et infrastructure.....	255
b).- L'agriculture.....	255
c).- Les aménagements hydrauliques et hydro-agricoles du Bas Beht.....	258
5.3.- Débordement des eaux et risques d'inondation dans le Bas Beht.....	264
Conclusion.....	266
Conclusion générale.....	268
Références bibliographiques.....	276
Liste des illustrations.....	284
Liste des tableaux	284
Liste des figures.....	287
Liste de planche photos.....	295
Liste de photos.....	296
Annexe.....	298
Liste des abréviations.....	302