

Université Cadi Ayyad  
Faculté des Sciences et Techniques  
Marrakech



Département des Sciences de la Terre

Laboratoire de Géorressources-Unité associée au  
CNRST (URAC42)

Département des Sciences de la Terre  
Faculté des Sciences et Techniques Guéliz  
Université Cadi Ayyad



## Mémoire de Stage de Fin d'Etudes

Master Sciences et Techniques **Eau**  
et **Environnement**



# IMPACTS DE L'EXPLOITATION DES CARRIERES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LES EAUX D'OUED N'FIS.

Par :

**Latifa ACHAKAJ**

Sous la direction de :

**N. KHAMLI**  
**Z. KABBAJ**

Soutenu le 30 juin 2011 devant la commission d'examen composée de :

**L. Daoudi**  
**Z. KABBAJ**  
**N. KHAMLI**  
**M. SAIDI**

**2011/2012**

## *Dédicace*

*A mes chers parents*

*A mon frère*

*A ma sœur, mon beau frère et mon tout petit neveu*

*A mon oncle*

*Vous êtes plus qu'indispensable pour moi.*

## Remerciements

Avant de présenter mon travail, j'adresse mes remerciements les plus distingués à tous les enseignants de département de géologie de la faculté des sciences et technique de Marrakech. Et plus particulièrement mes encadrants : **Mlle. Nadia KHAMLI** et **Mr. Zouheir KABBAJ** pour tous leurs conseils, leurs efforts remarquables, leurs coopération et aussi pour avoir participé à mon encadrement.

Je remercie, également **Mr. Lahcen Daoudi**, qu'il veuille trouver dans ces mots ma profonde gratitude pour ces précieuses suggestions et directives.

Un énorme merci à toutes les personnes de communes (Agafay, Souihla et Loudaya), l'Agence Bassin Hydraulique du Tensift, les Eaux et Forêts et l'Office Régionale de Mise en Valeur Agricole du Haouz-Marrakech de m'avoir aidé dans la collecte des informations et l'encadrement sur terrain.

Qu'il me soit également permis de remercier les membres de jury qui m'ont fait l'honneur de juger ce travail.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# Acronymes

- ABHT** : Agence du Bassin Hydraulique du Tensift
- DREFM** : Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre  
la Désertification du Haut Atlas – Marrakech
- ONEP** : Office Nationale de l'Eau Potable
- ORMVA** : Office Régionale de Mise en Valeur Agricole (Haouz-Marrakech)
- RN8** : Route Nationale n°8
- RR212** : Route Nationale n°212
- RP2013** : Route Nationale n°2013
- SIB** : Site d'Intérêt biologique et



# Tables des matières

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Niveau de base et profil d'équilibre des rivières</b>	
<b>I. Principe du profil d'équilibre.....</b>	<b>5</b>
<b>II. L'équilibre dynamique .....</b>	<b>7</b>
1. L'équilibre dynamique spatiotemporel d'un cours d'eau.....	7
2. Le déséquilibre d'un cours d'eau.....	8
a. Les causes naturelles.....	8
b. Les causes anthropiques.....	9
<b>Chapitre II : Situation géographique et données générales sur le secteur d'étude</b>	
<b>I. Situation géographique.....</b>	<b>13</b>
<b>II. Morphologie et hypsométrie du bassin.....</b>	<b>14</b>
1.Morphologie.....	14
2.Hypsométrie.....	14
<b>III. Géologie générale et lithologie.....</b>	<b>15</b>
<b>IV. Réseau hydrographique .....</b>	<b>16</b>
<b>V. Contexte climatique.....</b>	<b>17</b>
1. Climat.....	17
2. Régime pluviométrique du bassin.....	17
2.1 Pluviométrie mensuelle.....	17
2.2 Pluviométrie annuelle.....	18
3. Régime hydrologique de l'oued.....	18
3.1 Variations mensuelles des débits .....	18
3.2 Variations saisonnières des débits .....	19
3.3 Variations annuelles des débits.....	19
3.4 Corrélation pluie-débit.....	20
<b>VI. Crues.....</b>	<b>21</b>
<b>VII. Végétation.....</b>	<b>22</b>
<b>Chapitre III : les carrières sur oued N'Fis</b>	
<b>I. Situation des carrières .....</b>	<b>23</b>
<b>II. Techniques d'exploitation.....</b>	<b>28</b>
1. Exploitation artisanale ou informelle.....	28
2. Exploitation industrielle .....	30

<b>III.</b> Les matériaux élaborés.....	35
<b>Chapitre IV : Les impacts de l'exploitation des carrières sur l'environnement d'Oued N'Fis</b>	
<b>I.</b> Impacts sur la morphologie.....	36
1. Erosion des berges d'oued N'Fis.....	37
2. Elargissement du lit d'oued N'Fis.....	43
<b>II.</b> Impacts sur la qualité de l'air .....	45
<b>III.</b> Impacts sonores.....	47
<b>IV.</b> Impacts sur la faune.....	47
<b>V.</b> Impacts sur la flore.....	47
<b>VI.</b> Impacts sur le sol.....	48
<b>VII.</b> Impacts sur la sécurité et l'hygiène publique.....	49
<b>VIII.</b> Impacts sur le réseau routier.....	49
<b>IX.</b> Impacts sur l'activité agricole.....	50
<b>X.</b> Impacts sur les ouvrages hydrauliques.....	53
<b>Chapitre V : Les impacts de l'exploitation des carrières sur les eaux d'oued N'Fis</b>	
<b>I.</b> Impacts sur les eaux de surfaces.....	54
<b>II.</b> Impact de l'exploitation des carrières sur la piézométrie de la nappe .....	57
1. Observations.....	57
2. Résultats.....	61
<b>Chapitre VI : Mesures d'atténuation et de compensation des impacts, proposition d'aménagement</b>	
<b>I.</b> Mesure d'atténuation d'impact sur la morphologie.....	68
<b>II.</b> Mesure d'atténuation d'impact de poussières.....	70
<b>III.</b> Mesure d'atténuation d'impact sonore.....	70
<b>IV.</b> Mesure d'atténuation d'impact sur la flore.....	71
<b>V.</b> Mesure d'atténuation d'impact sur le sol.....	71
<b>VI.</b> Mesure d'atténuation de l'impact sur l'hygiène publique.....	71
<b>VII.</b> Impacts sur le réseau routier.....	72
<b>VIII.</b> Mesure d'atténuation d'impact sur les eaux.....	72
1. les eaux de surfaces.....	72
2. Les eaux souterraines.....	72
<b>Conclusion.....</b>	74
Références Bibliographiques	

## Liste des cartes

Carte.III-1 : Situation géographique des carrières d'Oued N'Fis

Carte.V-1 : Plan de situation des Agougs (Amzri-Tinine-Taziouante-Tadartte-Handek-et Tirgueg) (ABHT 2011)

Carte.V-2 : Situation géographiques des puits localisant à proximité des carrières d'oued N'Fis

## Liste des tableaux

Tab. II- 1 : Caractéristiques morphologiques du bassin versant du N'Fis (ABHT)

Tab. II-2 : Occupation des sols du bassin du N'Fis (DREFM)

Tab.III-1 : Sociétés d'exploitation des carrières installées le long de l'Oued N'Fis(ABHT)

Tab.III-2 :L'extraction des matériaux de construction du domaine public hydrique d'Oued N'Fis

Tab.IV-1 : Tableau montrant les surfaces érodées au niveau des points A, B, C et D

Tab.IV-2 : Mise en évidence de la surface totale érodée au niveau de l'Oued N'fis à l'amont du barrage Lalla Takerkoust

Tab.IV-3 : Tableau montrant les longueurs des sections (AB-AC-AD-AE) de cours d'eau d'oued N'Fis correspondant aux années 1979 et 2011

Tab.IV-4 : Evolution de la superficie de du cours d'eau entre 1979 et 2011

Tab.IV-5 : Evaluation de l'impact des poussières générées par les différentes activités des carrières d'Oued N'Fis

# Liste des figures

- Fig.I-1 : Réalisation du profil d'équilibre d'un cours d'eau
- Fig. I-2 : La balance de Lane et le principe de l'équilibre dynamique(Lane, 1955).
- Fig. I-3 : Illustration du profil d'équilibre et du niveau de base d'un cours d'eau
- Fig. I-4 : L'état initial (In Achimbaud MM 1982)
- Fig.I-5 : Phase de début d'extraction (In Achimbaud MM 1982)
- Fig. I-6: phase d' extraction intensive (In Achimbaud MM 1982)
- Fig. II-1 : Situation Géographique d'Oued N'Fis
- Fig. II-2 : profil en long d'Oued N'Fis (El wahidi, 2004)
- Fig. II-3 : courbe hypsométrique du bassin versant d'N'Fis à Imin El hammam(ABHT)
- Fig. II-4 : Carte géologique du bassin versant du N'Fis (extrait de la carte géologique de Marrakech au 1/500 000), (El Younssi, 2011)
- Fig. II-5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant du N'Fis. (El Younssi, 2011)
- Fig. II-6: La moyenne des précipitations mensuelles de N'Fis à Imin El Hammam (1968-2010) (ABHT)
- Fig. II-7 : Pluviométrie annuelle de N'Fis à Imin El Hammam (1968-2010) (ABHT)
- Fig. II-8: Débits moyens mensuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)
- Fig. II-9: Débits moyens saisonniers de N'Fis à Imin El Hammam(ABHT)
- Fig. II-10 : Débits moyens annuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)
- Fig. II-11 : Corrélation pluie-débit mensuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)
- Fig. II-12: Corrélation pluie-débit annuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)
- Fig. II-13: Débit de point des crues d'Oued N'Fis (1980-2006)
- Fig.IV-1 : Schéma montrant effondrement des berges par sapement
- Fig.IV-2 : Tracé du cours d'eau d'Oued N'Fis en amont du barrage Lalla Takerkoust (Année 2006)
- Fig.IV-3 : Tracé du cours d'oued N'Fis en amont du barrage de Lalla Takerkoust et son tracé (Année 2011)
- Fig.IV-4: Tracé du cours d'eau d'oued N'Fis (photo aérienne 1979)
- Fig.IV-5 : Tracé du cours d'eau d'oued N'Fis (photo aérienne 2011).
- Fig.V-1 :L'évolution de la profondeur de la nappe de l'Haouz (1980-2004) (ABHT)
- Fig.V-2: Effets d'une extraction sur la piézométrie(Archimbaud, 1982)

Fig.V-3 : Evolution piézométrique du puit 3664/53 pour la période (04/2007-04/2010)  
(ABHT)

Fig.V-4 : Evolution piézométrique du puit 4442/44 pour la période (02/2006-02/2012)  
(ABHT)

Fig.V-5 : Evolution piézométrique du puit 4403/44 pour la période (04/2007-04/2009)  
(ABHT)

Fig.V-6 : Evolution piézométrique du puit 3595/53 pour la période (02/2006-05/2010)  
(ABHT) (puit témoin)

Fig.V-7 : Evolution piézométrique du puit 4011/53 pour la période (12/2007-04/2010)  
(ABHT)

Fig.V-8 : Evolution piézométrique du puit 3849/53 pour la période (05/2005-05/2008)  
(ABHT)

Fig.VI-1 : Méthode détaillée pour la remise en état des zones libérées (*In M.CHAKIR.2011*)

## Liste des photos

- Ph.III-1 : Vue aérienne montrant la section exploitable d'oued Nfis (Route P2013-Oued Tensift)
- Ph.III-2 : Vue aérienne montrant la localisation de la carrière située à l'amont du barrage Lalla Takerkoust
- Ph.III-3 : Vue aérienne montrant la localisation de la zone humide située à l'aval du barrage Lalla Takerkoust
- Ph.III-4 : Photo montrant exemple d'une zone humide
- Ph.III-5 : Photo illustrant l'extraction artisanale
- Ph.III-6 : Photo d'une zone de dépôt au niveau d'Oued N'Fis
- Ph.III-7 : Vue aérienne montrant les zones de dépôts au niveau de l'Oued N'fis
- Ph.III-8 : Photo montrant l'engin d'extraction industrielle
- Ph.III-9 : Photo montrant le transport des matériaux alluvionnaires vers les stations de traitement
- Ph.III-10 : Exemple d'équipements standards dans une installation de concassage-criblage
- Ph.III-11 : Unité de clarification des eaux de lavage avec filtre presse
- Ph.III-12 : Exemple d'unité de clarification sans filtre et avec bassins de décantation
- Ph.III-13 : Exemple de rejet direct des eaux boueuses et leur épandage dans l'oued
- Ph.IV-1 : Photo montrant la profondeur d'extraction
- Ph.IV-2 : Photo montrant la dégradation des Berges D'oued N'Fis par l'extraction des carrières
- Ph.IV-3 : Vue aérienne du cours d'eau d'oued N'Fis en amont du barrage de Lalla Takerkoust et son tracé (Année 2006)
- Ph.IV-4 : Vue aérienne du cours d'eau d'oued N'Fis en amont du barrage de Lalla Takerkoust et son tracé (Année 2011)
- Ph.IV-5 : Photo montrant l'émission de poussières par la station de concassage (Agafay)
- Ph.IV-6 : Photos montrant le décapage du couvert végétal et la dégradation de la flore au niveau d'oued N'Fis, à gauche (Agafay) et à droite (Souihla)
- Ph.IV-7 : Photos montrant la déviation du cours d'eau N'Fis vers la rive gauche lors de la crue 2006, montrant l'érosion des sols de la berge
- Ph.IV-8 : Photos aériennes montrant le changement de position des prises d'eau : Agoug Taziouent (440m), Agoug Tirgag (385m) (Souihla)

Ph.IV-9: Photos aériennes montrant des terrains Limitrophes aux carrières avec des dépôts important des poussières (Loudaya)

Ph.IV-10 : Photos montrant la mise à découvert à découverts des éléments de fondation du pont de la RN8

Ph.V-1 :Photo montrant un exemple de déviation de l'écoulement vers la rive droit de l'Oued N'Fis ce qui a accentué l'érosion de cette berge, cette érosion est plus dommageable lors de crue (Douar El fakhara) (Crue 2006)

Ph.V-2 : Exemple de zones de stagnations des eaux pouvant être à l'origine des maladies parasitaires (Souihla)

Ph.V-3 : Vues montrant l'apparition du substratum résultant de l'érosion régressive suite à l'extraction des matériaux alluvionnaires à gauche (Loudaya) et à droite (Agafay)

Ph.V-4 : vue aérienne témoin (2004)

Ph.V-5 : Vue aérienne montrant les zones de stagnation des eaux de lavage des matériaux élaborés par la carrière installée (2011)

## Introduction

Les matériaux de carrières font partie de notre quotidien. Ils constituent la 3ème substance naturelle consommée par l'Homme après l'air et l'eau. Leur extraction et leur production représentent un enjeu économique majeur. Dans le monde de construction qui nous entoure les applications des granulats élaborés à partir des matériaux alluvionnaires incluent le domaine de bâtiment, les travaux publics, les ouvrages d'art et le génie civil.

Pour le bâtiment, un m<sup>3</sup> de béton nécessite environ 2 tonnes de granulats. Et un logement consomme de 100 à 300 tonnes.

Pour les travaux publics les routes et autoroutes absorbent 80% des granulats produits pour la construction des routes. Un Km d'autoroute nécessite 30 000 tonnes de granulats, de nature et de dimensions différentes. Sans béton, donc sans granulats, les avions ne décolleraient pas.

Pour les voies ferrées, la construction d'un Km de voie ferrée nécessite 30 000 tonnes de granulats (ballast). Equipements collectifs : il faut de 20 000 à 40 000 tonnes pour édifier un hôpital ou lycée.

Dans le domaine des ouvrages d'art et de génie civil, les Barrages, les enrochements, les ouvrages de protection des côtes, les ports avec digues, les viaducs et ponts et ne peuvent être réalisés sans intégration de granulats au sein de béton.

Au Maroc selon les estimations élaborées par le Bureau d'études d'Atelier de Recherche d'Etude et d'Architecture, la demande en produits issus de matériaux alluvionnaires en 2004 a été évaluée à 4.370.008 m<sup>3</sup> pour les sables et 4.727.978 m<sup>3</sup> pour les gravettes. Les perspectives d'évolution de la demande avaient prévu pour 2010 un besoin de 5.700.000 à 6.600.000 m<sup>3</sup> de sables, 6.200.000 à 7.200.000 m<sup>3</sup> de gravettes et 3.000.000 à 3.500.000 m<sup>3</sup> de moellons graviers. Soit au total, 14.900.000 à 17.300.000 m<sup>3</sup> de granulats. (Charef, 2007)

Cependant si on part de la consommation en ciment de 12 millions de tonnes qui a été prévue pour 2010 et du fait que 1 m<sup>3</sup> de béton nécessite 350 kg de ciment et 1,9 tonne de granulats, les besoins en granulats ont été évalués à un peu plus de 65 millions de tonnes, soit près de 40.8 Mm<sup>3</sup>. Cette estimation comprend aussi bien les besoins du bâtiment (directs et indirects, milieu urbain et milieu rural).

En termes de disponibilité des ressources, l'approvisionnement des chantiers en sable se fait essentiellement à partir des dunes du littoral. Les prélèvements de sable de plage posent des problèmes non seulement en termes de dégradation de l'environnement mais aussi en



termes de qualité et de pérennité des bétons les granulats alluvionnaires sont les plus recherchés, mais il s'agit d'une ressource qui se renouvelle très lentement, de ce fait les difficultés d'approvisionnement en ce type de granulats se posent avec acuité surtout dans les régions les plus peuplées.

L'approvisionnement à partir des lits des oueds pose des problèmes compte tenu de l'exploitation anarchique et non rationnelle de ces ressources et des conséquences pour l'environnement.

La décision d'exploiter les carrières alluvionnaires au niveau des cours d'eau est souvent prise au regard de contraintes techniques et foncières. Si l'ouverture d'un site et sa localisation sont étroitement liées à la présence abondante des matériaux alluvionnaires, à la qualité de ces matériaux et aux facilités qu'offre le site pour son exploitation, c'est aussi pour répondre aux besoins d'un marché en granulats. L'énumération de ces facteurs serait incomplète si l'on ne tenait compte du foncier et de la nécessaire maîtrise d'une surface potentiellement exploitable et proche, dans la mesure du possible, des lieux d'utilisation et de transformation. Or, la dimension environnementale et les préjudices dues à cette activité sont souvent négligés et le coût de ces préjudices ne sont pas internalisés, ces carrières sont abandonnées, se transforment rapidement en poches d'habitat insalubre, utilisées comme sites de décharges d'ordures ménagères ou souvent lieux de remblais sauvages.

Ces différentes sortes d'utilisation constituent, certes, des sources de nuisances en matière d'hygiène et de salubrité ou de dégradation des ressources naturelles (couvert végétal, eaux souterraines et superficielles,...), menacent parfois des infrastructures ou des habitats.

Les textes législatifs en vigueur ne sont pas appliqués à cause du manque des décrets d'application et du fait que la quasi-totalité des carrières ont été ouvertes sans l'élaboration d'études d'impact préalable faisant souvent l'objet d'une exploitation abusive, ces carrières sont enfin de parcours abandonnées une fois leurs ressources épuisées sans aucun effort de remise en état des lieux.

A Marrakech les besoins en matériaux de construction deviennent de plus en plus importants sous la pression de la croissance que connaît le secteur du bâtiment et des travaux publics.

Pour répondre à ces besoins, les entreprises accroissent leur taille et étendent les surfaces d'extraction des matériaux de construction.ils en résulte des dommages, souvent irréversibles, pour l'environnement.

Le cours d'eau qui répond à la demande croissante de matériaux de construction à Marrakech est l'oued N'Fis. L'activité d'extraction des matériaux alluvionnaires (sables,

graviers) au niveau de ce cours d'eau n'est pas sans laisser des traces qui vont au-delà du simple aspect visuel, mais qui posent de véritables problèmes d'érosion des sols et de dégradation de l'environnement aux alentours de ces sites. Bien que l'impact environnemental de chacune de ces carrières peu sembler limité, leurs impacts combinés sont considérables en raison de leur large dispersion sur la région d'extraction. Ceci est dû aux raisons suivantes : durant une durée de vie moyenne extrêmement limitée : de nouvelles carrières sont constamment ouvertes et les anciennes abandonnées sans aucune remise en état des lieux.

Nous avons entamé ce sujet avec un objectif principal c'est celui de dévoiler et de suivre toutes les modifications multi-temporelles de la morphologie naturelle de l'Oued N'Fis, enregistrées le long de ces dizaines années d'exploitation alluvionnaire intense.

L'approche retenue pour atteindre cet objectif été de faire superposer les photos aériennes et les images satellites du site avant le début des exploitations à celles coïncidant avec l'ouverture de nouvelles carrières et la fermeture d'anciennes. Malheureusement ce sujet de recherche a coïncidé avec la polémique qui a fait rage suite à la décision du Ministère de l'Équipement de publier la liste des bénéficiaires des agréments du transport et des permis d'exploitation des carrières. Soudain tous les obstacles se sont dressés et il est devenu impossible d'avoir la moindre donnée sur les cahiers de charges imposés à ces carrières, sur leurs dates d'ouverture et de fermeture et sur les rapports des commissions de contrôle. Les photos aériennes et les coordonnées géographiques des sites d'extraction sont devenus des documents ultra confidentiels.

Devant une telle situation, il a fallu exploiter les photos aériennes de certaines parties de l'Oued datant des années 1979 et 2006 (fournies par ORMVA. Haouz) et les comparer avec les images satellites de l'année 2011 publiées sur le site Earth Google.

Il a fallu également faire la mise au point sur l'objectif du travail et au lieu de se contenter de l'étude de l'impact des carrières sur la morphologie de N'Fis, nous avons étendu le travail à l'étude de leurs impacts sur l'ensemble des composantes de son environnement (eau, sol, végétation, air, l'homme,.....).

En effet, l'important travail de terrain effectué au cours de plusieurs missions (observations, mesures, échantillonnage des eaux, enquête au près des habitants, ..... ) et les données récoltées nous a permis d'établir l'état global des lieux et d'avoir des preuves concrètes sur l'implication des carrières dans la dégradation de l'état environnemental de l'Oued N'Fis.

Ainsi, le schéma général de ce mémoire comprend six chapitres. Dans le premier chapitre, est exposé le principe d'équilibre d'un cours d'eau ainsi que les facteurs de déséquilibres naturelles et anthropiques des rivières. Dans le deuxième chapitre nous trouvons la situation géographique ainsi que les données générales sur le secteur d'étude. Le troisième chapitre est consacré à la présentation des carrières sur l'Oued N'Fis. Le quatrième et le cinquième chapitre traitent respectivement les impacts de l'exploitation des alluvions sur l'environnement et les eaux de l'Oued N'Fis. Nous terminons par un essai d'évaluation des conséquences économiques de l'extraction alluvionnaire sur les communes de l'Oued N'Fis et des propositions pour atténuer ou compenser ces impacts.

# Chapitre I : Niveau de base et profil d'équilibre des rivières

Les rivières subissent des modifications géomorphologiques en fonction des variations spatiotemporelles des flux liquides et sédimentaires (Bravard et Petit, 2000). Cela permet ainsi de considérer les systèmes fluviaux comme des éléments physiques ayant une histoire (Schumm, 1977). Elles déposent des matériaux, les reprennent, les transportent puis les redéposent plus loin cherchant toujours à atteindre un équilibre hydrodynamique qui va conditionner la quantité de matériaux érodés, transportés ou sédimentés.

## I. Principe du profil d'équilibre

La morphologie d'un cours d'eau est caractérisée par le profil en long et en large, la pente des berges, la profondeur et la nature du fond du lit. Elle résulte principalement d'un équilibre entre des variables de contrôle : d'une part l'hydrologie qui influe sur la puissance du cours d'eau, d'autre part le débit solide qui impose une charge de travail à effectuer par l'eau et des variables de réponse : l'érosion des berges et/ou du fond du lit et la pente du cours d'eau. (Schumm, 1977)

Le profil d'équilibre d'un cours d'eau dépend du niveau de base (niveau de la mer est le niveau de base ultime, un lac peut être un niveau de base local (Fig. I-1)), cet équilibre est atteint soit par creusement ou par comblement du lit. (Vatan, 1967)

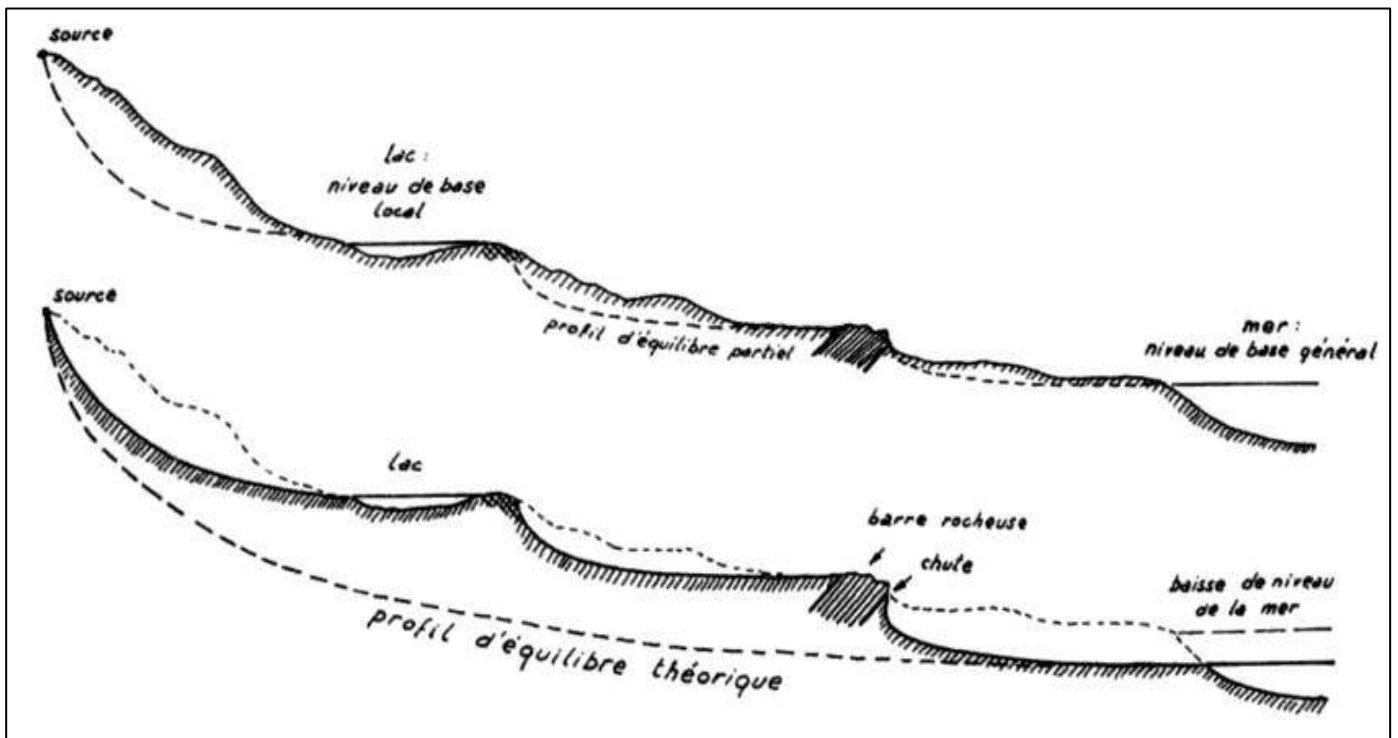


Fig.I-1 : Réalisation du profil d'équilibre d'un cours d'eau (Vatan, 1967)

L'érosion tend à réaliser un profil d'équilibre entre la source et le niveau de base local : lac, barre rocheuse dure, ou général, mer. une baisse du niveau de base correspond à une baisse du profil d'équilibre et une érosion régressive. (Vatan, 1967)

Dans des conditions naturelles relativement constantes, les rivières tendent à établir une combinaison « dynamiquement stable » entre deux types de variables (Schum, 1977) :

- Des variables de contrôle (ou variables extrinsèques) : il s'agit du débit liquide qui influe sur la puissance du cours d'eau et du débit solide qui impose une charge de travail à effectuer par l'eau. Elles-mêmes sont sous l'influence du climat et de la couverture végétale qui conditionne l'écoulement de surface et protège les versants de l'érosion. Ces variables fluctuent à différents pas de temps et dans différents compartiments spatiaux du bassin versant, ils s'imposent directement à la rivière et contrôlent son évolution physique.
- Des variables de réponse (ou variables intrinsèques) : il s'agit d'érosion des berges et/ou du fond du lit et de la pente du cours d'eau. Ces variables jouent à l'échelle du tronçon de cours d'eau ils permettent à la rivière de s'ajuster aux mutations des variables de contrôle, lorsque celles-ci se produisent (changement climatique, modification importante et durable de la couverture végétale etc.).

Le schéma de Lane (1955) (Fig. I-2) montre que toute rivière cherche son équilibre entre la charge alluviale imposée (caractérisée par son volume ( $Q_s$ ) et sa granulométrie ( $D$ )) et le débit liquide ( $Q$ ), qui, couplé à la pente ( $J$ ), fournit l'énergie capable de l'évacuer.

De manière très simplifiée, le principe de la dynamique fluviale peut donc être représenté comme l'oscillation permanente de l'aiguille d'une balance dont l'un des plateaux serait rempli de sédiments grossiers (variable  $Q_s$ ), et l'autre d'eau (variable  $Q$ ). Les quantités respectives et les rapports de ces deux éléments étant extrêmement fluctuants (à l'échelle de la journée, de l'année, du millier d'années), il s'ensuit un ajustement permanent de la morphologie du cours d'eau, autour de conditions moyennes, par le biais des processus d'érosion-dépôt.

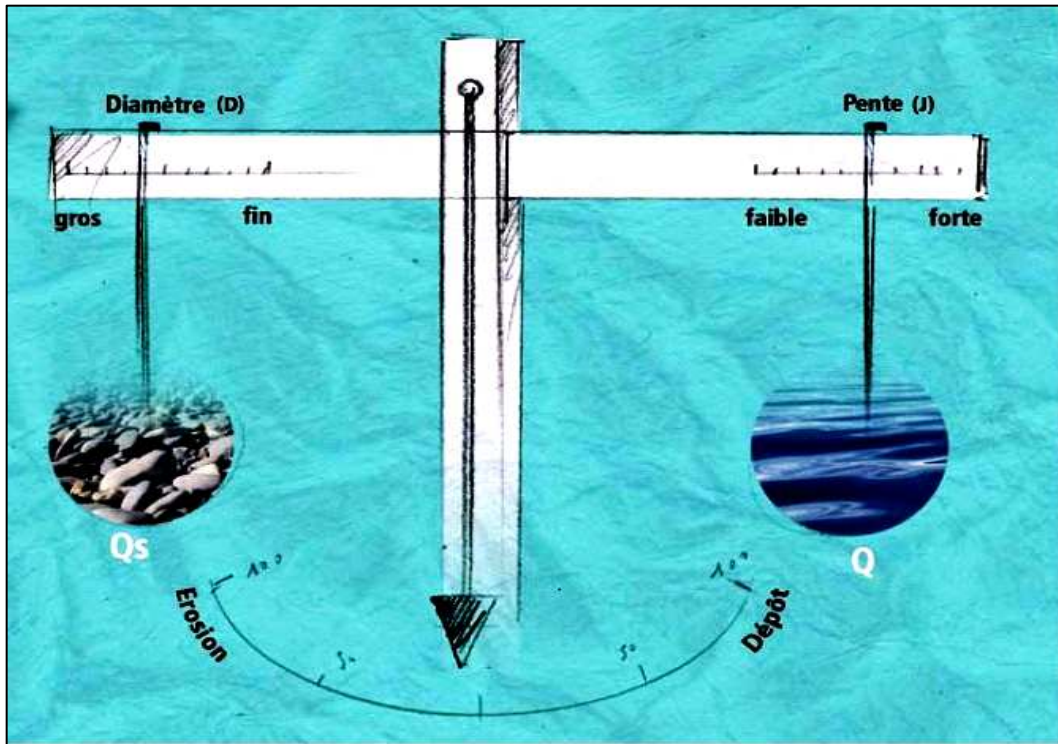


Fig. I-2 : La balance de Lane et le principe de l'équilibre dynamique (Lane, 1955).

## II. L'équilibre dynamique

Il est important de comprendre que l'équilibre d'un cours d'eau ne se traduit pas par une constance du profil en long et de l'apport solide au cours du temps. La rivière même lorsqu'elle est dite à l'équilibre est soumise à une dynamique naturelle dans le temps et l'espace. Il est à signaler aussi que les rivières ne sont pas toutes en équilibre dynamique, un déséquilibre (ou altération) peut avoir une origine naturelle ou anthropique.

### 1. L'équilibre dynamique spatiotemporel d'un cours d'eau

❖ La dynamique temporelle :

- les apports solides ne sont pas constants à l'amont du bassin versant, l'apport en matériaux solide est essentiellement alimenté par l'érosion des versants. Cette érosion est fortement dépendante du climat dont la variabilité est plus ou moins importante. La charge solide qui arrive de l'amont est donc naturellement variable.
- le transport par charriage qui est l'une des mécanismes du transport de fond des matériaux grossiers répond à une mécanique particulière. Les matériaux grossiers se déplacent par à coup au gré des crues (dites crues morphogènes) sous forme de bancs entiers appelés nappe de charriage. La vitesse de déplacement de ces bancs

est très variable en fonction des cours d'eau (de 50m par an à plusieurs centaines des mètres par an). Donc naturellement, le profil en long de la rivière subit donc des oscillations autour d'un équilibre dit respiratoire de la rivière.

❖ La dynamique spatiale :

La mobilité transversale du cours d'eau est un élément permettant l'ajustement du profil en long par l'érosion de berges et des crues morphogènes en modifiant la pente. L'endiguement et le confortement de berge en réduisant l'espace de mobilité transversale diminuent les capacités d'ajustement naturelles du cours d'eau (l'érosion des berges étant une variable de réponse).

## 2. Le déséquilibre d'un cours d'eau

Les causes donnant naissance à un déséquilibre des cours d'eau peuvent être d'origine naturel en relation avec la géologie (Néotectonique) et l'eustatisme (niveau de base) ou d'origine anthropique :

### a. les causes naturelles

Le profil d'équilibre des rivières étant conditionné par le point le plus bas du bassin versant appelé niveau de base (local, régional ou ultime (Fig. I-3)), les variations de ce niveau de base causent le plus souvent un déséquilibre des cours d'eau. Les fluctuations du niveau marin entraînent un abaissement ou relèvement du niveau de base cette modification provoque augmentation, respectivement une diminution de l'érosion régressive.

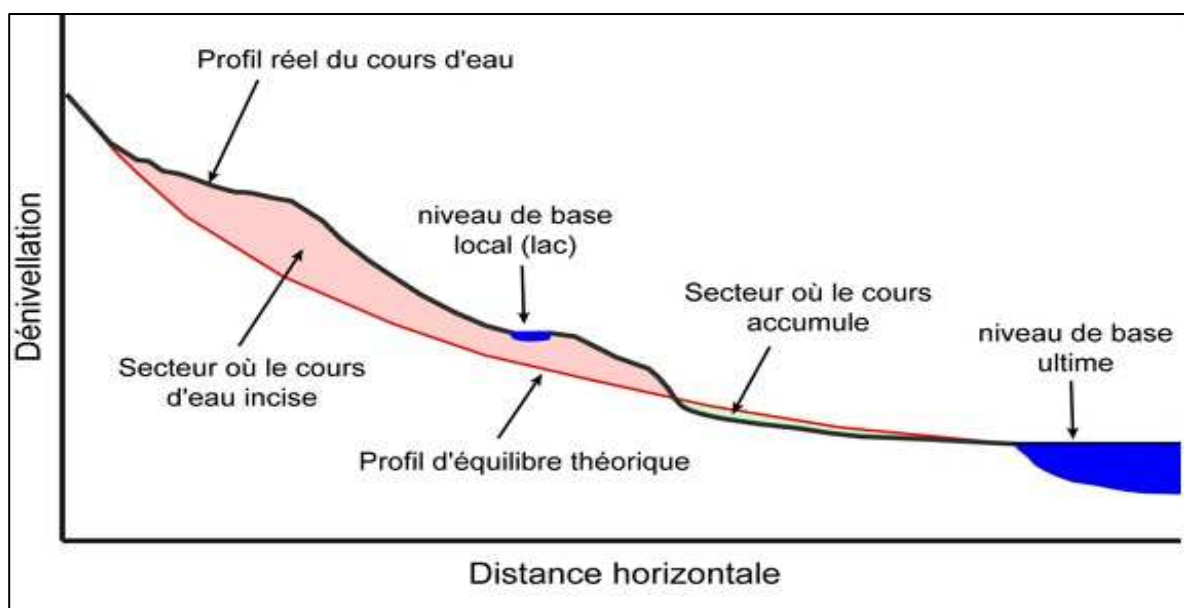


Fig. I-3 : Illustration du profil d'équilibre et du niveau de base d'un cours d'eau  
<http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/ssgmfiches/torrent/5103.php>

Le fleuve tend vers un profil d'équilibre. Toutes les rivières, cependant, n'atteignent pas ce profil d'équilibre. Leur lit s'encombre souvent des matériaux transportés et la rivière peut arriver à un profil de régularisation plus élevé que le profil d'équilibre théorique. Le profil d'équilibre des rivières n'est pas toujours régulier. Il y a souvent des ressauts dus à des barres rocheuses.

### **b. Les causes anthropiques**

Les activités humaines, le plus souvent de façon fortuite, modifient l'équilibre dynamique des cours d'eau qui demeure fragile. En général, ce sont l'apport solide ou la pente qui sont modifiés. Ces activités sont :

- ❖ Blocage des apports solides par les barrages : le blocage de transport solide entraîne un déficit d'apport solide en aval (provoquant l'érosion progressive). En bloquant les matériaux, les barrages provoquent aussi des exhaussements et une diminution de la pente en amont.
- ❖ Rupture de pente par les seuils : le seuil constitue une rupture de continuité du profil en long du cours d'eau entraînant souvent une diminution de la pente en amont (avec exhaussements régressifs) et une modification de la pente en aval (avec érosion).
- ❖ Diminution des apports solides et rupture de pente par l'extraction des matériaux.

Une extraction s'elle est mal réalisée cause le plus souvent des déficits de la charge solide en aval. Le cours d'eau ne peut alors retrouver son équilibre qu'en modifiant sa pente. Ce qui se concrétise par des phénomènes d'érosion régressive (incision vers l'amont) et/ou d'érosion progressive (incision vers l'aval). L'érosion progressive peut entraîner une rupture brutale de la pente en amont (là où a commencé l'exploitation) et une diminution de celle-ci en aval (là où s'arrête l'exploitation). Cette extraction lorsqu'elle est génératrice d'un approfondissement du lit d'un cours d'eau peut avoir des perturbations dommageables pour le milieu physique (lit du cours d'eau et nappe phréatique). Les répercussions de ces perturbations se font sentir à des distances importantes (fig. I-4, I-5, I-6)



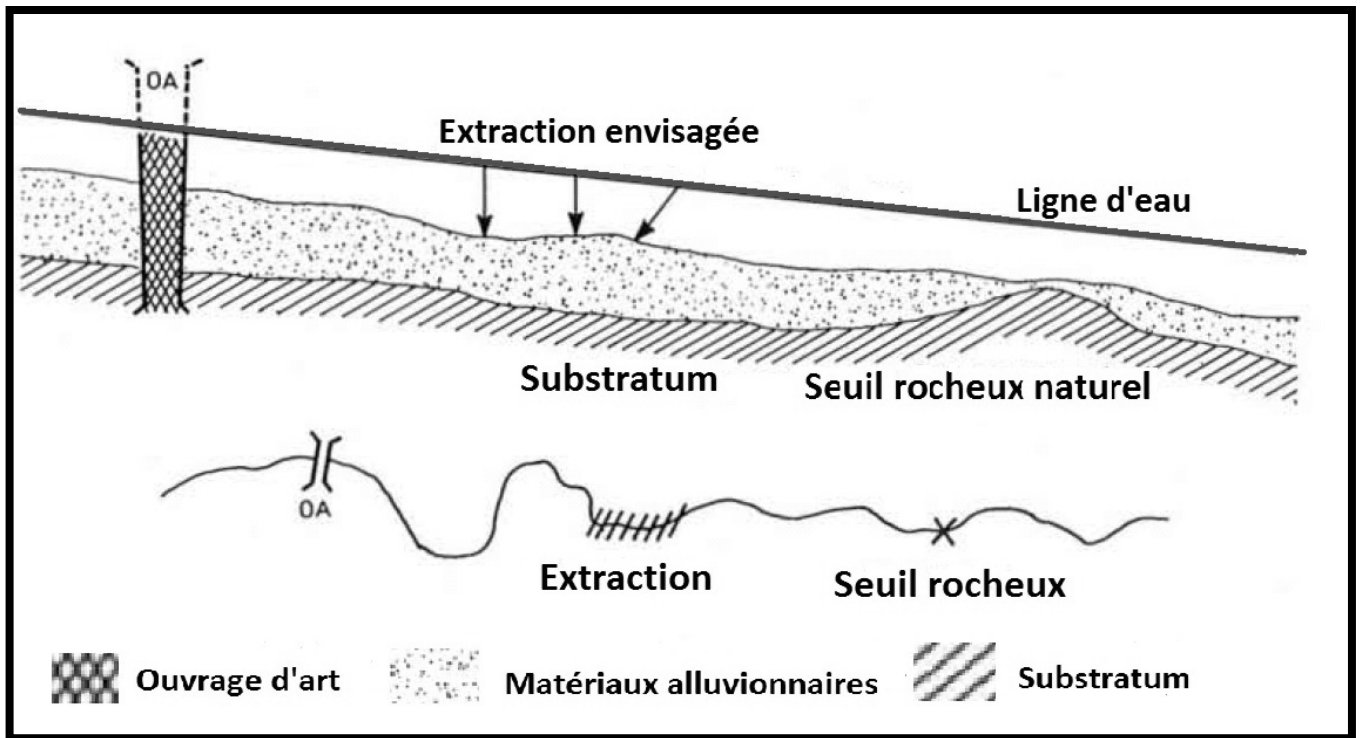


Fig. I-4: L'état initial (In Archimbaud MM 1982).

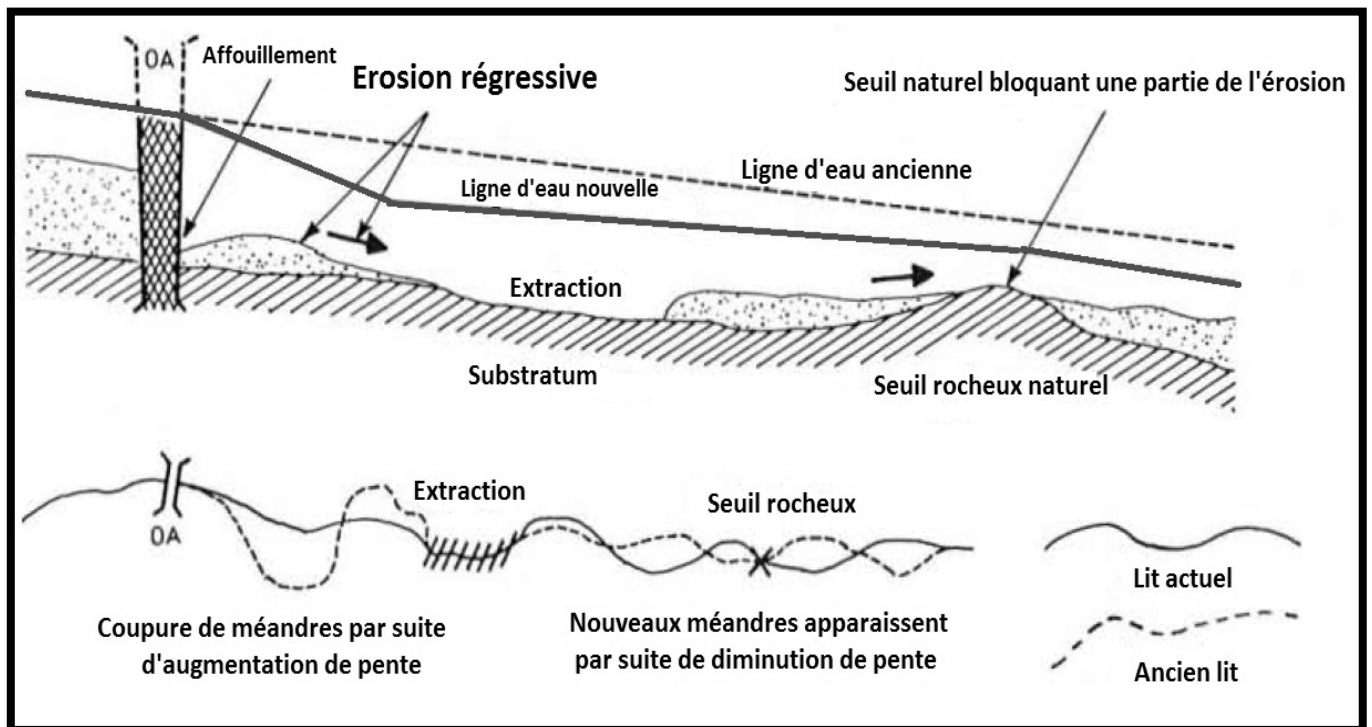


Fig. I-5: Phase de début d'extraction (In Archimbaud MM 1982).

L'extraction se fait à partir du matériau en place, des sédiments provenant de l'érosion régressive et du transport solide naturel. Cette extraction provoque un abaissement localisé de la ligne d'eau, érosion régressive et augmentation de la pente amont, recouplement de méandres amont.

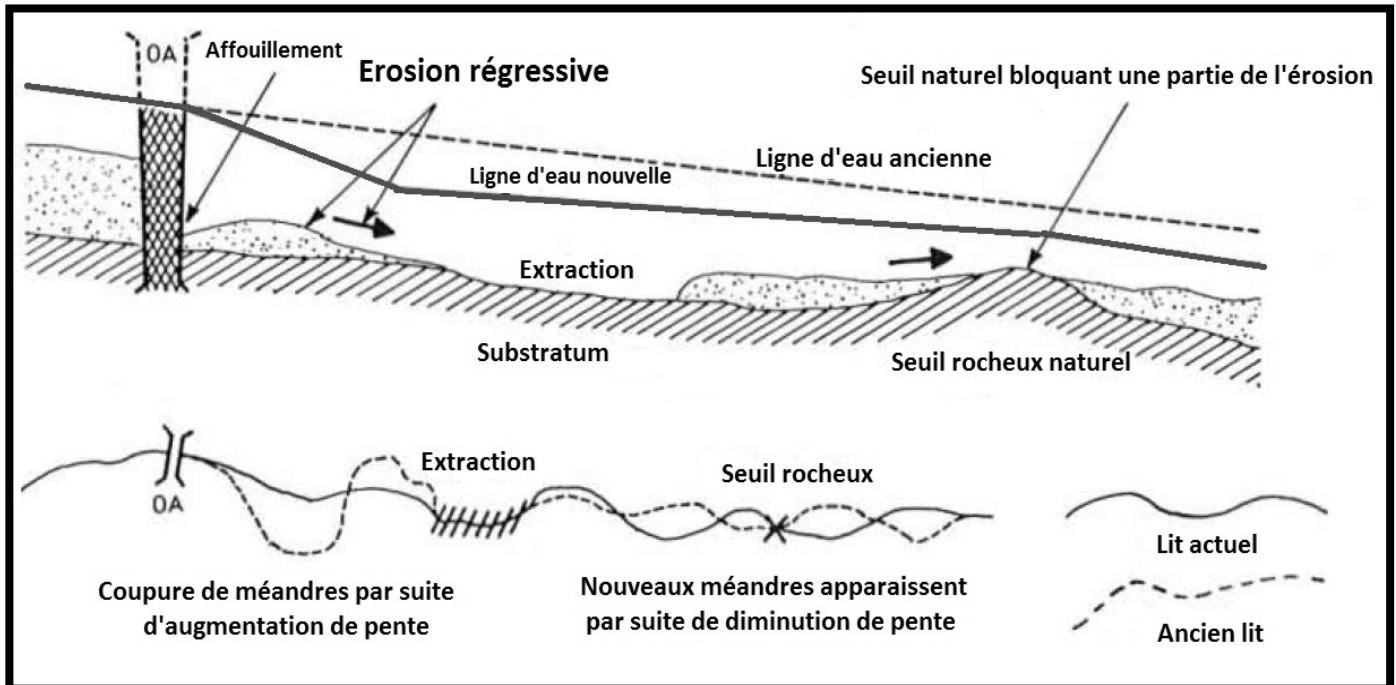


Fig. I-6: Phase d' extraction intensive (In Archimbaud MM 1982).

L'extraction se fait à partir des sédiments provenant de l'érosion régressive et du transport solide naturel, de plus des sédiments sont entraînés en aval de l'extraction pour nourrir le fleuve. Cette extraction a pour effet d'abaissement général de la ligne d'eau, érosion régressive, augmentation de la pente amont, affouillement de l'ouvrage d'art, recouplement de méandres amont, érosion en aval de l'extraction, diminution de la pente en aval de l'extraction, et méandrage en aval du fleuve.

Tout prélèvement dans le lit vif, même inférieur aux apports naturels du cours, induit un déficit du transit des sédiments : il est donc compensé par un entraînement naturel du stock, qui se traduit par un abaissement du lit. La roche peut ainsi être mise à nu.

Nous signalons que le terrain des bassins versants sont souvent de nature sédimentaire érodable .Par suite il y a beaucoup de transport solide tant qu'il n y a pas des barrages et ceci n'est pas le cas au niveau du cours d'eau d'Oued N'fis. la mise en service du barrage Lalla Takerkoust (1935 surélévation en 1980) entraîne le blocage de l'entraînement des matériaux

solides en aval de l'Oued provoquant ainsi une érosion progressive et une diminution de la pente.

Dans notre cas d'Oued N'Fis on va s'intéresser au déséquilibre causé au niveau de ce cours d'eau par l'extraction des matériaux alluvionnaires qui a débuté en 1980. Le prélèvement des matériaux dans ce cours d'eau modifie le volume solide effectivement transporté, mais le potentiel de transport reste inchangé et le débit liquide restant le même. Le reste de l'énergie est utilisé au creusement et à l'érosion du lit.

Le but de notre travail est de mettre en évidence l'érosion causé au niveau du cours d'eau d'oued N'Fis par l'extraction et évaluer son intensité. Ceci est réalisé en se basant sur des observations sur terrains et des traitements des photos aériennes par des comparaisons entre des couvertures aériennes illustrant l'état initial du cours d'eau d'oued N'fis et l'état actuel.

## Chapitre II : Situation géographique et données générales sur le secteur d'étude

La charge solide (matériaux alluvionnaires) disponible au niveau du cours d'eau N'Fis est contrôlée par l'érosion hydrique du bassin versant. Ce chapitre a pour but de présenter tous ce qui en relation avec cette érosion (géologie, hydrologie, morphologie, pente, débit, crues...).

### I. Situation géographique

Le bassin versant de l'Oued N'Fis est localisé entre les latitudes 30.5° et 31.2° Nord et entre les longitudes 7.55° et 8.40° ouest. Il fait partie du Haut-Atlas occidental, c'est le bassin le plus étendu du Haut Atlas du Marrakech.

Il se divise en trois parties:

- Une section aval entre le Haouz et les cuvettes des Goundafa,
- Une section « moyenne » comprenant les cuvettes Goundafa ; correspondant plus ou moins au synclinal permo-triasique dit du N'Fis,
- Une section amont qui abandonne le synclinal et se dirige vers l'ouest à travers le massif cambrien schisteux et calcaire jusqu'au massif granitique du Tichka. (In El Younssi, 2004).

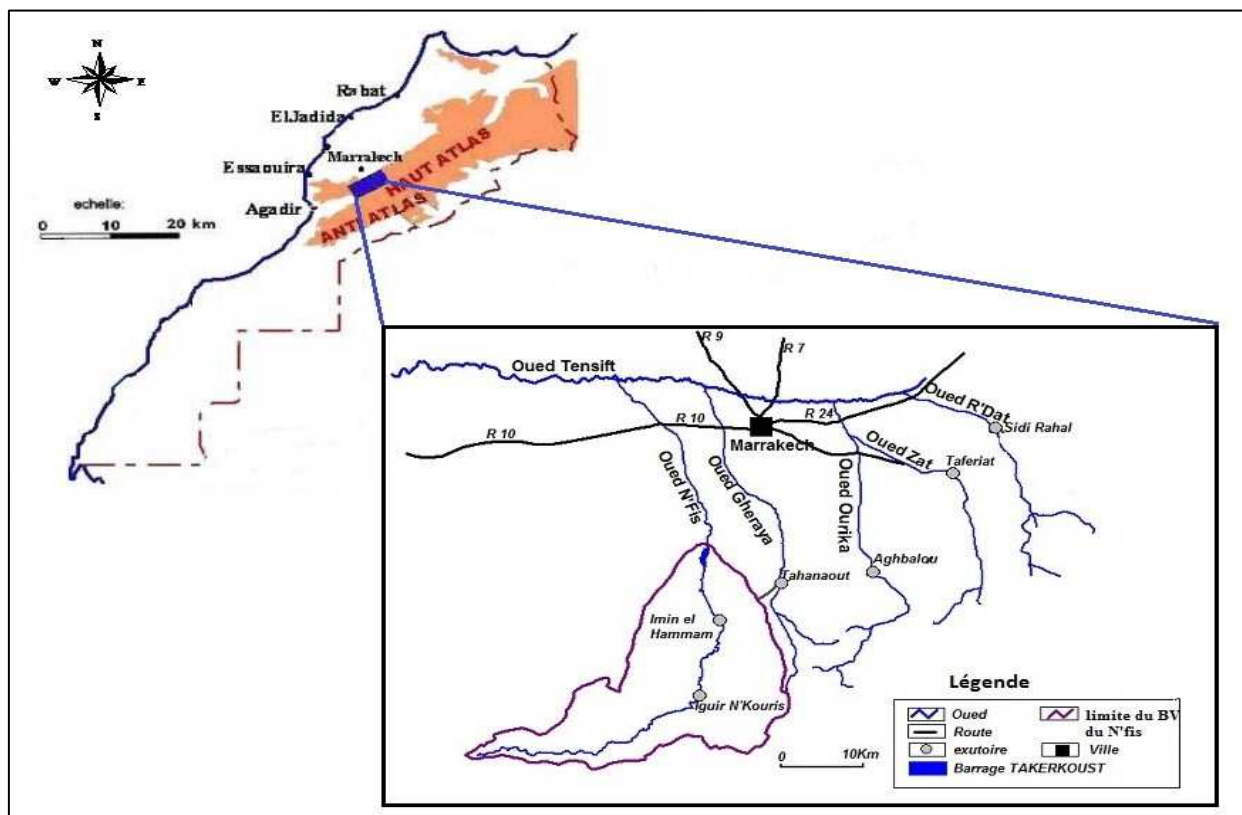


Fig. II-1 : Situation Géographique d'Oued N'Fis

## II. Morphologie et hypsométrie du bassin

### 1. Morphologie

Le bassin versant du N'Fis couvre une superficie de 1270 Km<sup>2</sup> avec un périmètre de 200 Km. Il présente une topographie très accidentée (55% du bassin a une pente supérieure à 50%).

Superficie du BV	1270 km <sup>2</sup>	Altitude moyenne	2300 m
Périmètre du BV	200 km	Altitude maximale	4088 m
Indice de compacité	KG =1,7	Pente moyenne de l'oued	2,5 %
Temps de concentration	8h30min	Pente moyenne de tous les versants	3,5 %
Altitude minimale	770	Longueur du talweg principal	82 km

Tab. II- 1 : Caractéristiques morphologiques du bassin versant du N'Fis (ABHT).

Le tableau en annexe n°1 présente les classes des pentes d'Oued N'Fis à Imin El Hammam en fonction de la distance. Et la courbe ci-dessous montre le profil de pente en long.

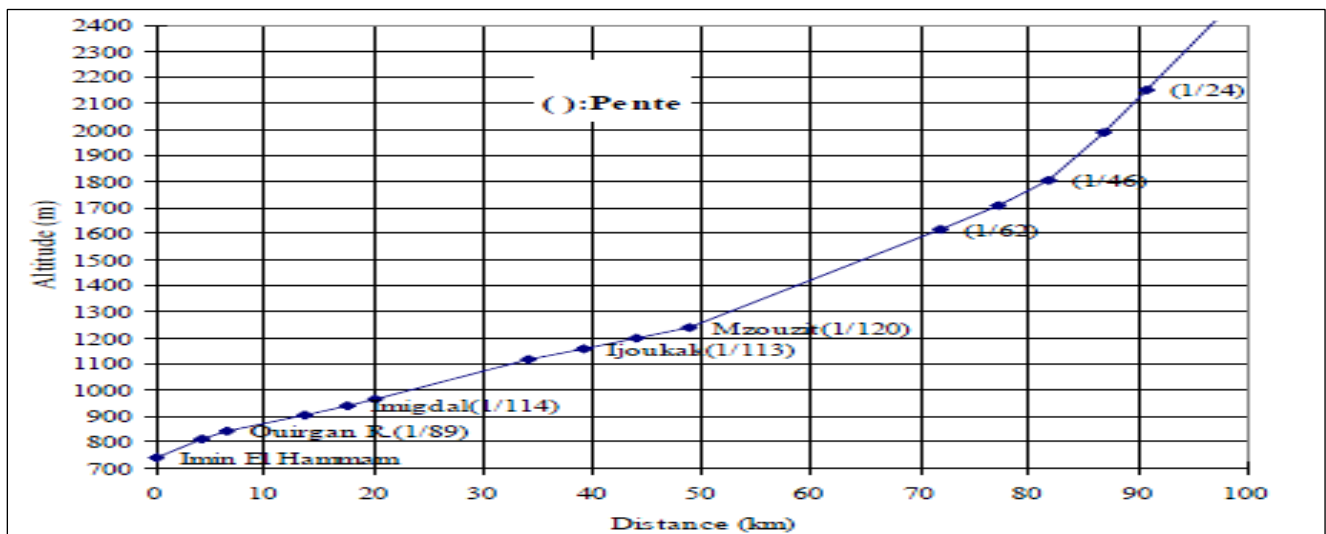


Fig. II-2: Profil en long d'Oued N'Fis (In El Younssi, 2011)

### 2. Hypsométrie

La répartition altitudinale du bassin versant du N'Fis est comme suit :

- L'altitude moyenne est de l'ordre de 2300m,
- L'altitude médiane (correspondant à la courbe hypsométrique au point d'abscisse 50% de la surface totale) est de 1800m,
- L'altitude la plus fréquente est située entre 2000 et 2400m et représente 25,20%.

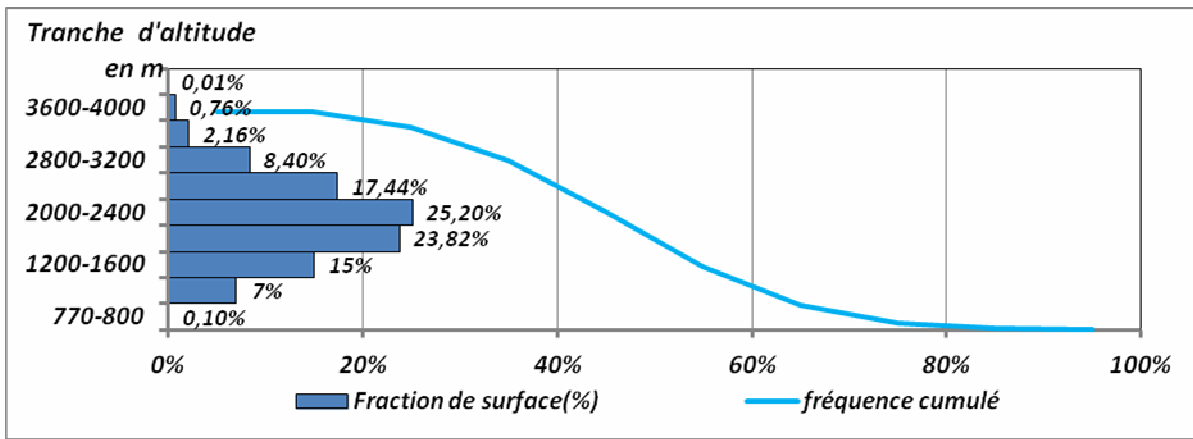


Fig. II-3 : Courbe hypsométrique du bassin versant d’N’Fis à Imin El hammam(ABHT)

### III. Géologie générale et lithologie

Le bassin versant du N’Fis est essentiellement schisteux, le reste est répartie entre les grès permo-triasiques au niveau des cuvettes, les calcaires et les granites qui dominent le plateau de Tichka. (El wahidi, 2004).

Comme montre la carte ci-dessous la partie montagneuse du bassin du N’Fis est constitué essentiellement de schistes et de calcaires d’âge primaire. Cette partie est parsemée par des petites formations permo-triasique caractérisées par la dominance de grès et d’argiles.les hauts massifs granitiques sont situés au SW (massif Tichka) ; suivis en haut vers la source du N’Fis par les formations calcaires très dures.

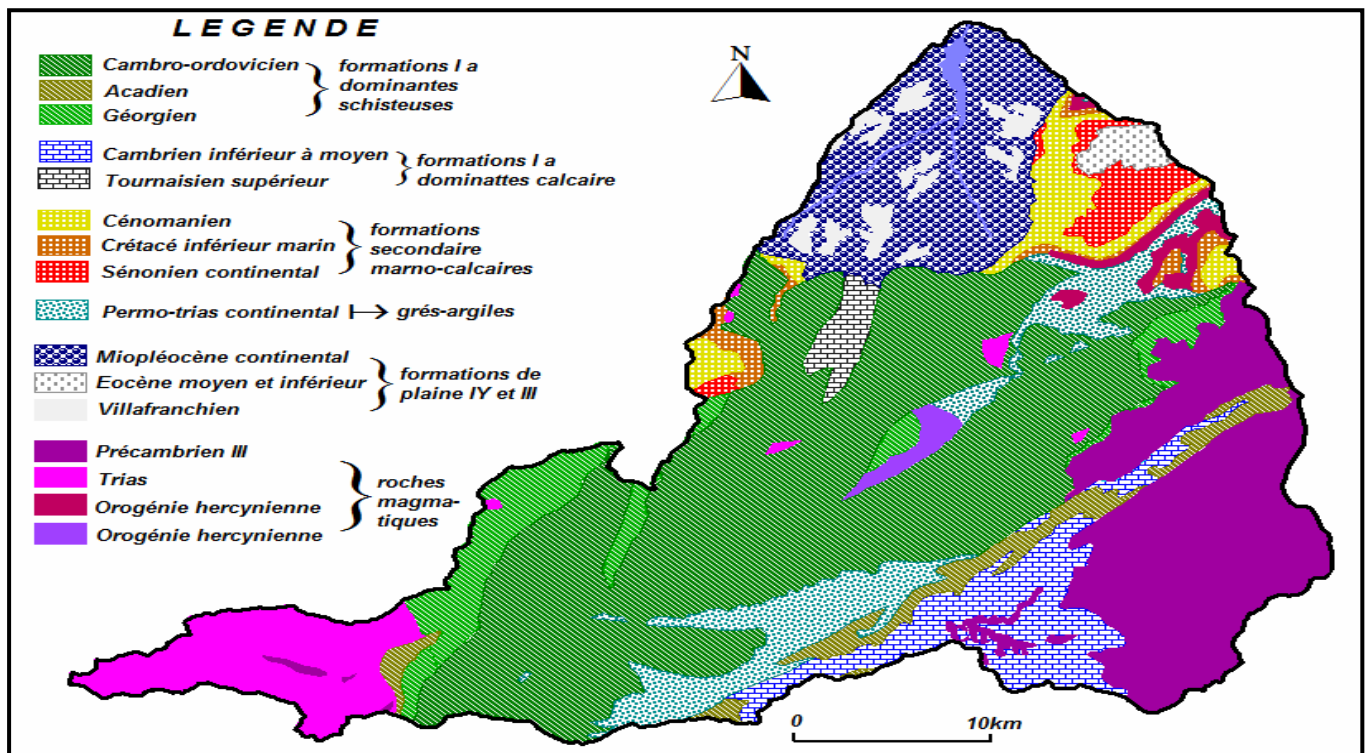


Fig. II-4 : Carte géologique du bassin versant du N’Fis (extrait de la carte géologique de Marrakech au 1/500 000), (El Younssi, 2011)



De point de vue pédologique, le N’Fis est caractérisé par la dominance des terrains imperméables avec une répartition de 20% de sols perméable, 9% de sols semi-perméable et 71% de sols imperméable. (ABHT).

#### IV. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de l’oued N’Fis mesure au total 3322 km environ au barrage Lalla Takerkousst, son cours principal mesure 152 km jusqu’à la confluence avec l’oued Tensift.

Sur la rive droite du N’Fis se jettent les affluents suivants :

- Oued Wirgane : il prend naissance dans la région de TAZAGHANT à une altitude de 3616 m,
- Assif Imigdal : il prend naissance à l’altitude 3400 m environ,
- Assif N’Agoundis : il prend naissance dans la région d’OUANOUKRIM à une altitude de 3600 environ.

Alors que sur sa rive gauche, on trouve deux affluents important :

- Oued Amzmiz : qui rejoint le N’Fis au niveau du barrage Lalla Takerkousst. Draine un bassin de 105 km<sup>2</sup> à la station hydrologique SIDI HSSAIN en service depuis Janvier 1988,
- Assif Ougdant : affluent le plus important qui prend sa source dans les sommets calcaires géorgiens (Tizi N’oumslama).

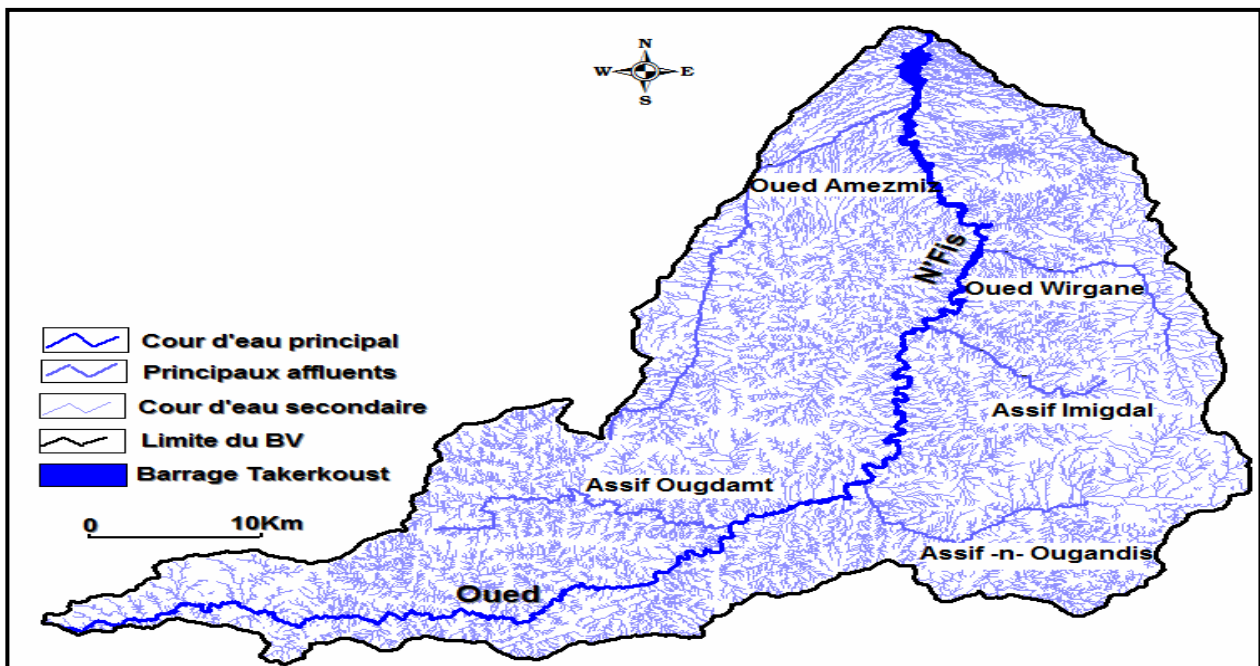


Fig. II-5 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant du N’Fis. (El Younssi, 2011)

## V. Contexte Climatique

### 1. Climat

Le climat du bassin versant du N’Fis est de type semi-aride. Les mesures de température au barrage de LallaTakerkoust montrent une température moyenne de 18,6 °C, avec une température maximale absolue est de 46 °C et une température minimale absolue est de -7.4 °C. La vitesse moyenne du vent à Takerkoust est de 1,0 m/s.

### 2. Régime pluviométrique du bassin

Le bassin versant du N’Fis à une pluviométrie moyenne de 426,4 mm par an, et les précipitations maximales annuelles atteignent 700 mm dans les hautes montagnes.

Le tableau en annexe n°3 présente des données pluviométrique mesurées à la station d’Imin El Hammam située à l’aval du bassin versant aux coordonnées Lambert : X=241,400 Y=72,400.

#### 2.1 Pluviométrie mensuelle

On peut distinguer d’après la courbe (fig. II-6) obtenue par le calcul de la moyenne arithmétique des données mensuelles de chaque année deux périodes :

- Une période humide qui s’étend depuis le mois d’Octobre jusqu’au mois d’Avril avec des hauteurs supérieures à 30 mm et ne dépassent pas les 60 mm.
- Une période sèche depuis Mai jusqu’au le mois de Septembre avec des hauteurs inférieures à 30 mm.

Le mois le plus arrosé est le mois d’Avril avec une hauteur de 58 mm.et le mois le moins arrosé est le mois d’Aout avec une hauteur inférieure à 3 mm.

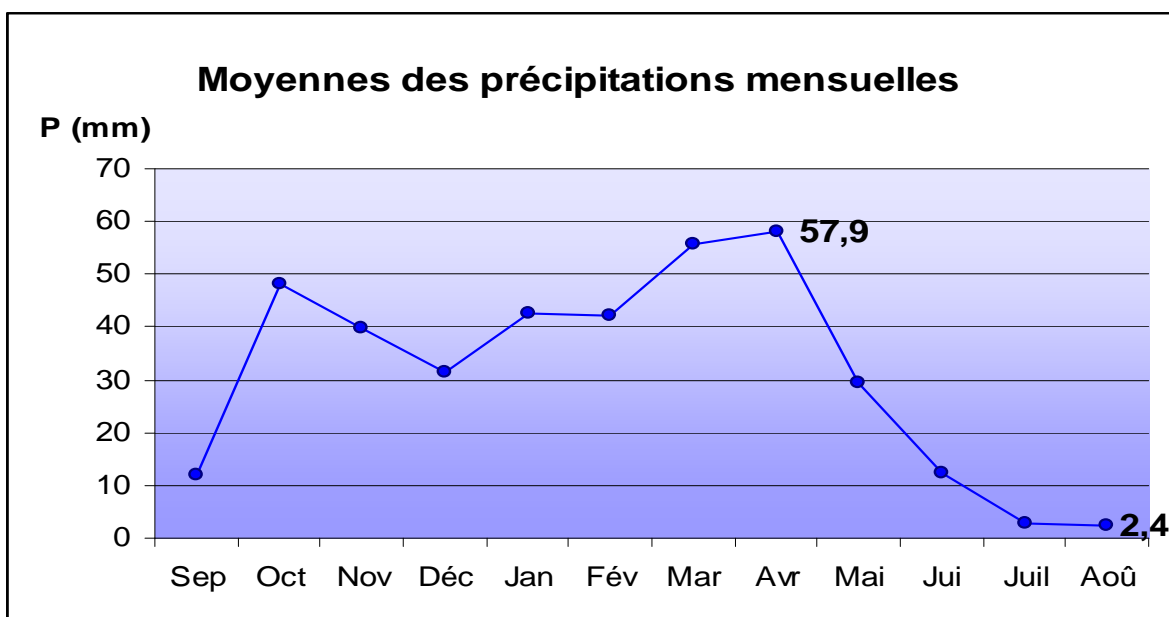


Fig. II-6: La moyenne des précipitations mensuelles de N’Fis à Imin El Hammam (19682010)  
(ABHT)



## 2.2 Pluviométrie annuelle

La représentation de la moyenne de précipitations annuelles obtenues par sommation des moyennes mensuelles de chaque année, montre une répartition irrégulière des précipitations d'une année à l'autre avec un module annuel de 363,4 mm. (fig. II-7)

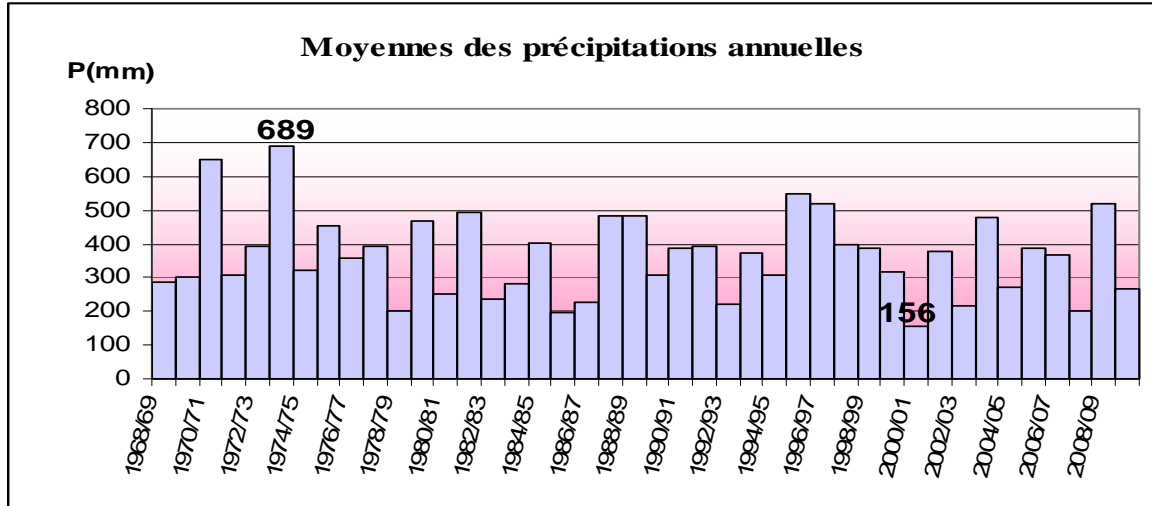


Fig. II-7 : Pluviométrie annuelle de N'Fis à Imin El Hammam (1968-2010) (ABHT)

Les années 70-71,73-74,95-96,96-97, et 08-09 sont les plus pluvieuses avec une hauteur qui dépasse largement la moyenne.

Les années 1985-1986 et 2000-2001 sont les plus sèches avec une hauteur inférieure à 200mm.

Le maximum pluvieux est de l'ordre de 689 mm en enregistré en 1973-1974, et le minimum est de l'ordre de 156 mm enregistré en 2000-2001.

## 3. Régime hydrologique de l'oued

### 3.1 Variations mensuelles des débits : (1965-2009)

Elles sont obtenues par le calcul de la moyenne arithmétique des débits mensuels de chaque année (annexe n°4). La courbe montre une répartition bimodale des débits :

- le premier pic est enregistré au mois de Novembre, c'est un écoulement d'origine pluvial.
- Le second pic est le plus important, il est enregistré au printemps (mois de Mai et d'Avril) ; c'est un écoulement résultant de la combinaison des pluies et de la fonte des neiges. Le régime est donc pluvionival.

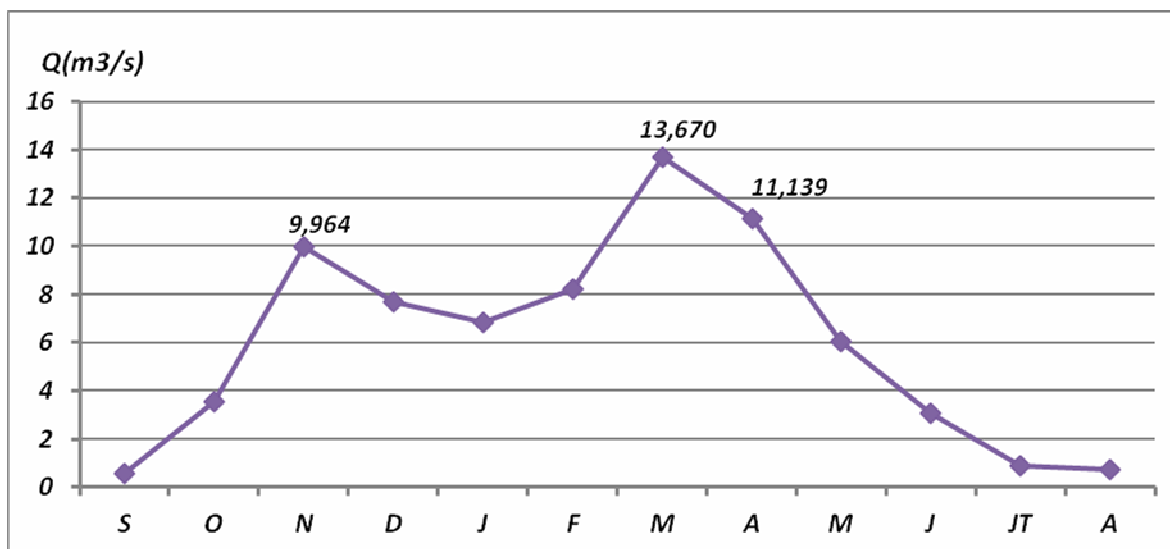


Fig. II-8: Débits moyens mensuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)

### 3.2 Variations saisonnières des débits :(1965-2009)

Les débits saisonniers ont été calculés à partir des débits mensuels.

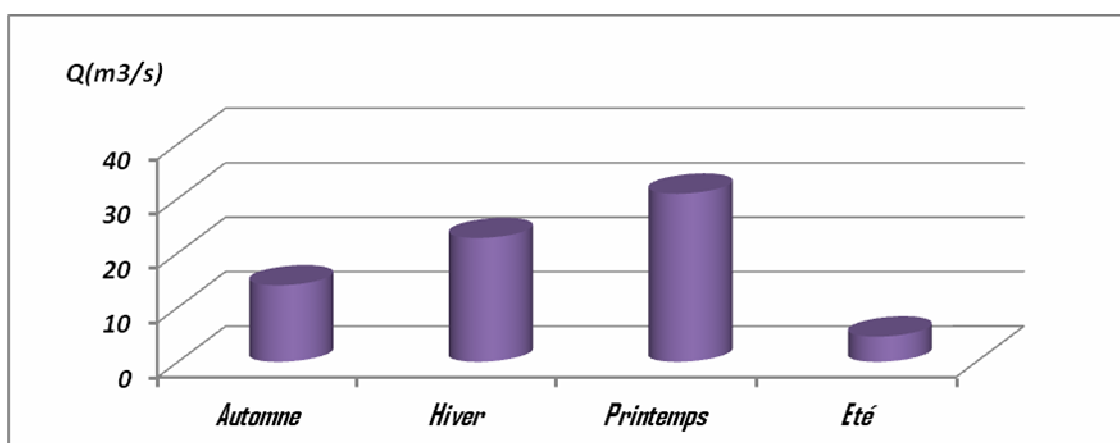


Fig. II-9: Débits moyens saisonniers de N'Fis à Imin El Hammam(ABHT)

On remarque que les débits du printemps sont les plus élevés (30,875 m<sup>3</sup>/s), suivi par ceux de l'hiver puis d'automne avec des moyennes respectives de 22,732 m<sup>3</sup>/s et 14,041 m<sup>3</sup>/s. Les écoulements d'été sont les moins importants avec une moyenne de 4,64 m<sup>3</sup>/s.

### 3.3 Variations annuelles des débits : (1965-2009)

Les débits moyens annuels sont calculés en additionnant les débits moyens journaliers et en divisant le total par le nombre de jour de l'année.

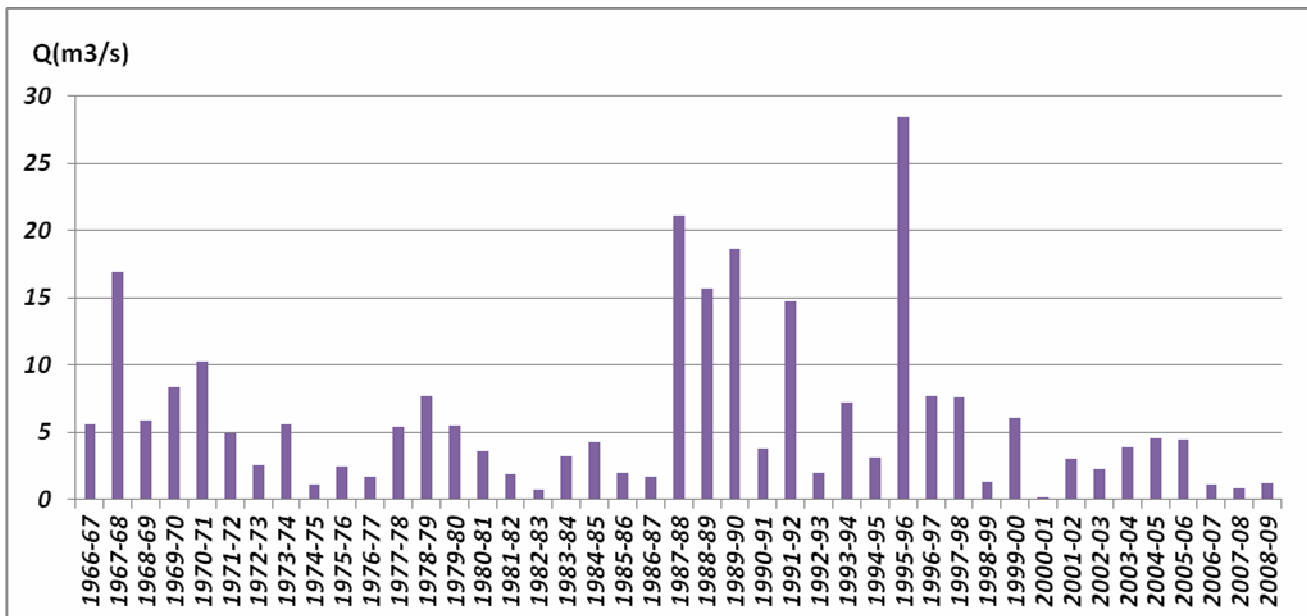


Fig. II-10 : Débits moyens annuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)

L'histogramme montre une répartition irrégulière des débits, les années 67-68, 87-88, 88-89, 89-90 et 95-96 présentent un débit remarquable qui dépasse largement la moyenne (6,024m<sup>3</sup>/s) avec une hauteur maximale de 28,442m<sup>3</sup>/s enregistrée en 95-96. Les autres années ont enregistrées des débits variant entre une valeur maximale de 10,273m<sup>3</sup>/s en 70-71 et une valeur minimale de 0,104m<sup>3</sup>/s en 2000-2001.

### 3.4 Corrélation pluie-débit

La corrélation met en évidence la contribution de la pluie sur les débits à l'exutoire du bassin versant.

Les fig. II-11 et II-12 montrent respectivement le lien existant entre les précipitations et les débits moyens mensuels et annuels à la station d'Imin El Hammam.

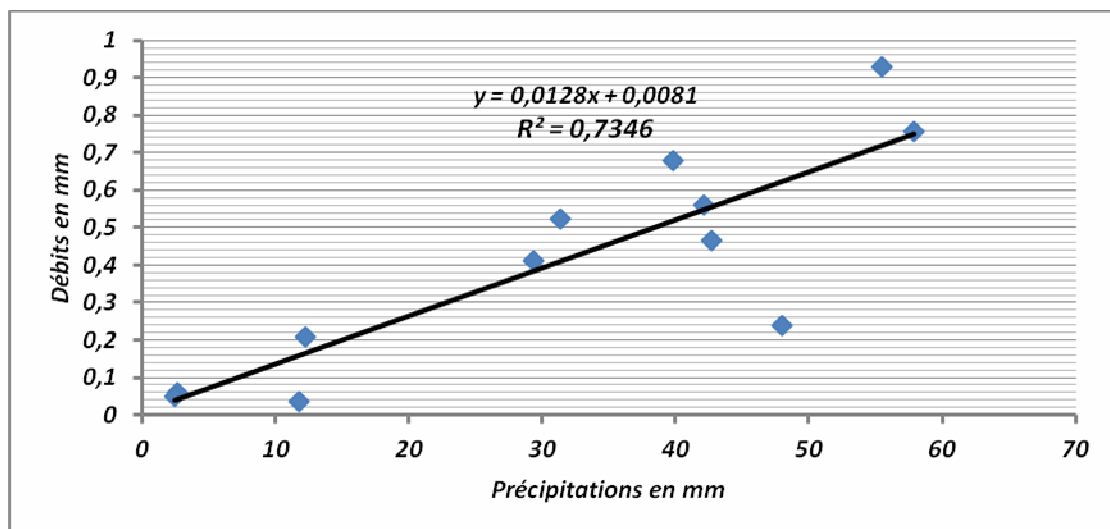


Fig. II-11 : Corrélation pluie-débit mensuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)

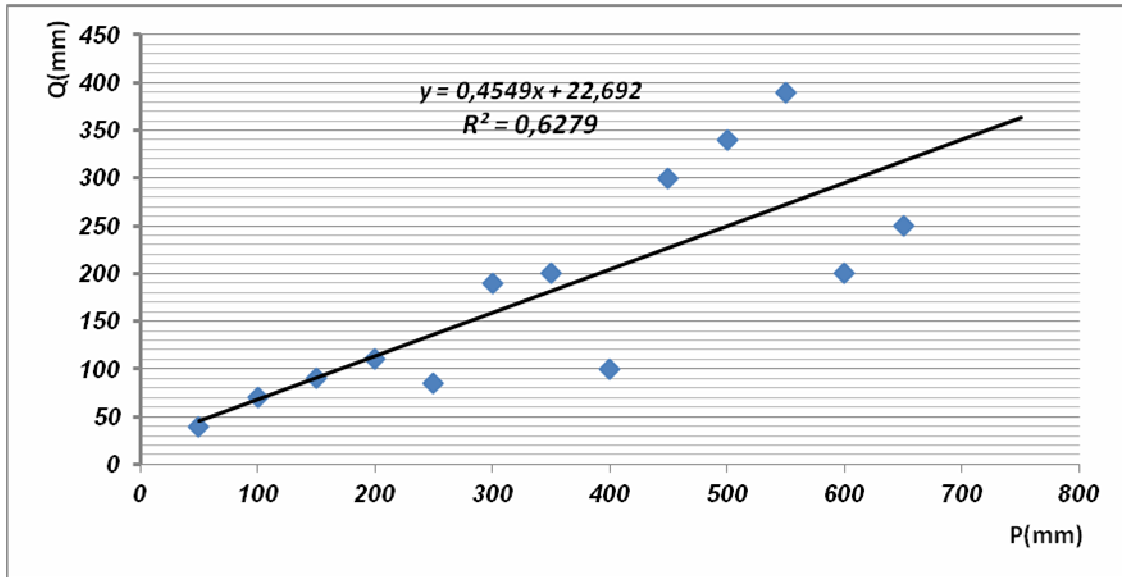


Fig. II-12: Corrélation pluie-débit annuels de N'Fis à Imin El Hammam.(ABHT)

Dans les deux cas le coefficient de corrélation est élevé, il est de l'ordre de 0,7 pour les précipitations et les débits mensuels, et de 0,6 pour les précipitations et les débits annuels. Donc les débits et les pluies sont étroitement liés.

## VI. Les crues

Dans cette partie nous allons présentés les crues les plus importantes qui ont affectés le bassin du N'Fis durant la période (1988-2006). Les données sont fournies par l'ABHT, elles concernent la station d'Imin El Hammam. (Annexe 5).

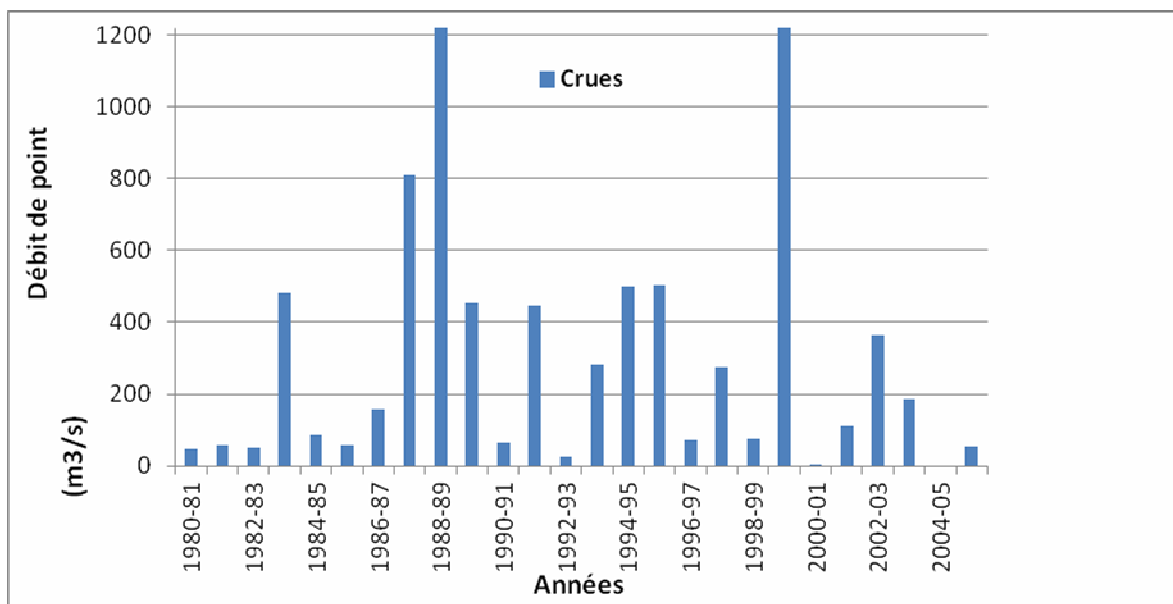


Fig. II-13: Débit de point des crues maximales annuelles du N'Fis à Imin El Hammam (1980-2006)

## VII. Végétation

La végétation du bassin est influencée essentiellement par la température et l'altitude :

Les hautes températures du piémont assurent les conditions favorables au développement des espèces steppiques herbacées. (Caroubier, Jujubier, Doum...),

Le froid des hautes altitudes favorise le développement des espèces herbacées (Bulplévres épineux...).

Le tableau suivant montre l'occupation des sols du bassin N'Fis :

<b>Occupation des sols</b>	<b>Superficie km<sup>2</sup></b>
Forets	642
Vergers	30
Agricultures	509
Pâturages / terrains nus	483
Terrains rocheux	43
Total	1707

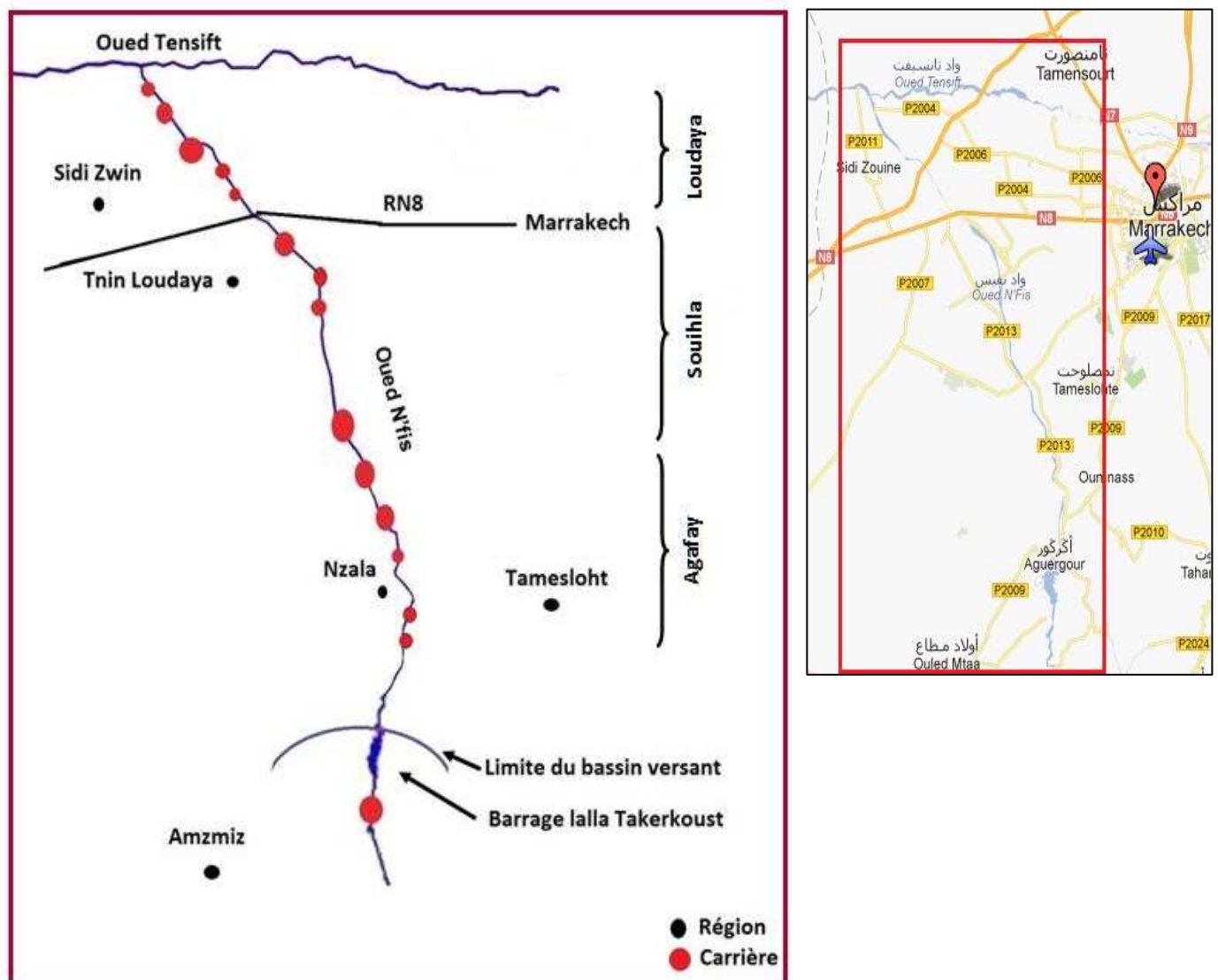
*Tab. II-2 : Occupation des sols du bassin du N'Fis (DREFM)*

## Chapitre III : les carrières alluvionnaires sur oued N’Fis

Oued N’Fis est la principale source de carrières qui répond à la demande croissante en agrégats, gravettes et sables destinés au marché du bâtiment et travaux publics dans la région de Marrakech Tensift Al Haouz. Cette partie du rapport est réservée à la localisation de ces carrières et à la description de leurs méthodes d’exploitation.

### I. Emplacement des carrières

Les carrières sur Oued N’Fis sont en nombre de quinze. La carte III-1 présente l’implantation de ces carrières le long du cours d’eau d’Oued N’Fis.

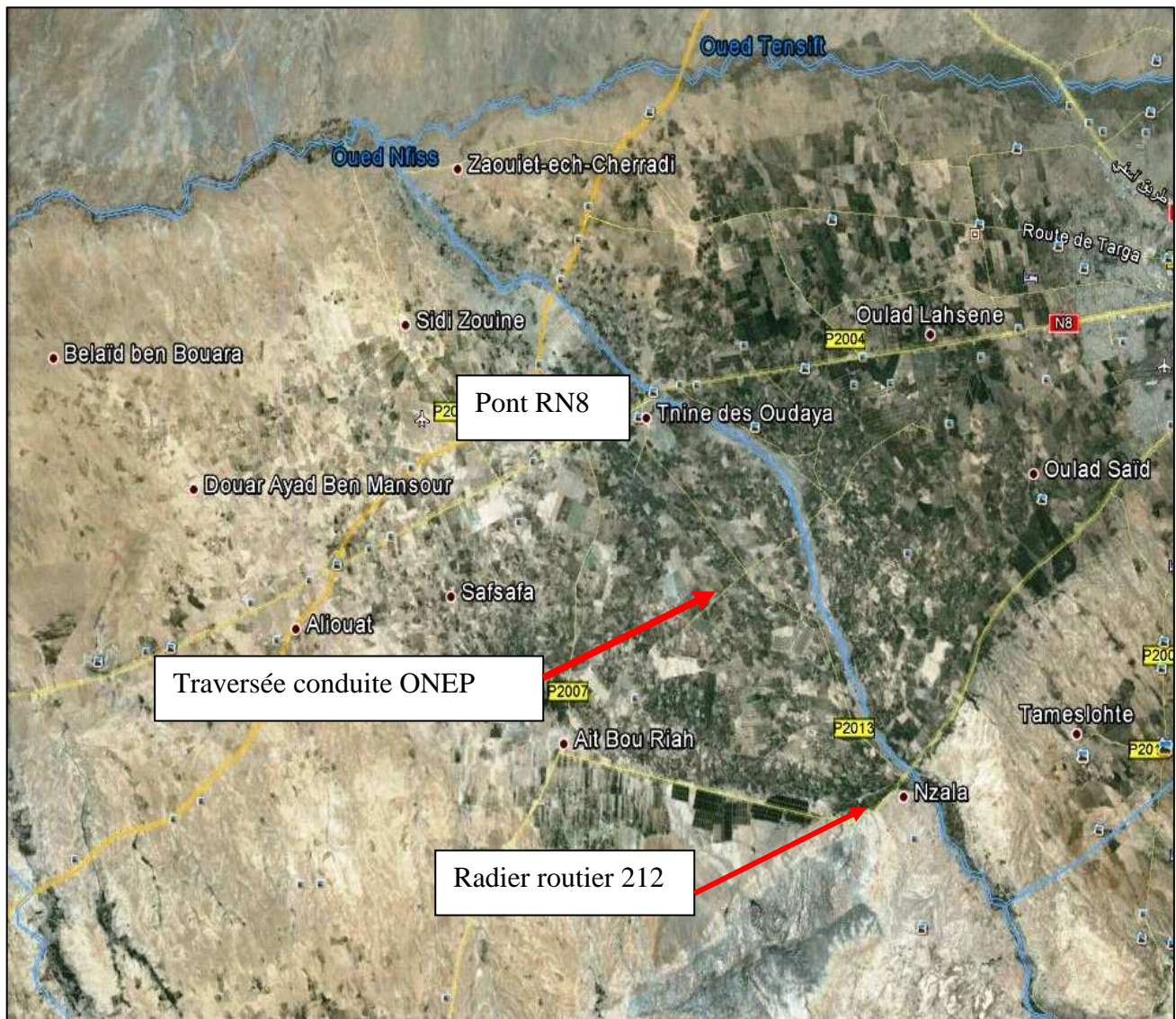


Carte.III-1 : Situation géographique des carrières d’Oued N’Fis.



Une des quinze carrières est située à l'amont du barrage Lalla Takerkoust, les autres sont situées en aval du barrage et se répartissent depuis le début de la route P2013 jusqu'à Oued Tensift. La section située entre l'aval du barrage et le début de cette route n'est pas exploitable (Zone humide protégée).

La section exploitable de l'oued située entre le début de la route P2013 et Oued Tensift comporte des zones de sécurité pour les radiers des ponts routiers de la route R212 et de la route nationale RN8 ainsi que l'ouvrage de traversée d'une conduite d'eau potable de l'ONEP.



*Ph.III-1 : Vue aérienne montrant la section exploitable d'oued N'Fis (Route P2013-Oued Tensift)*

La section située à l'amont du barrage de Lalla Takerkoust contenant une seule carrière ne montre l'existence d'aucun obstacle physique. La section située entre l'aval du barrage et le début de la route P2013 n'est pas exploitable à cause de l'existence de la zone humide susceptible de faire l'objet d'un Site d'intérêt Biologique et Ecologique. Cette zone abrite plusieurs espèces vivantes notamment des oiseaux, reptiles, et batraciens. Elle abrite également plusieurs espèces végétales, principalement les roseaux et laurier rose totalisant un linéaire de près de 3,5Km.



*Ph. III-2 : Vue aérienne montrant la localisation de la carrière située à l'amont du barrage Lalla Takerkoust*





*Ph. III-3 : Vue aérienne montrant la localisation de la zone humide située à l'aval du barrage Lalla Takerkoust*



*Ph.III-4 : Photo montrant exemple d'une zone humide*

Le tableau suivant montre une liste des carrières implantées le long du cours d'eau d'Oued N'Fis.

Carrières	Commune	Province
Intercontinentale Immobilier Industrielle	Lalla Takerkousst	El Haouz
Les Grandes Carrières EL WAD	Tamslouht	Marrakech
Carrières et Transport MENARA	Souihla	
Carrières et Transport MENARA		
Carrières et Transport MENARA		
Carrières et Transport MENARA	Loudaya	
CCGT Granulats	Agafay	
Chantier Moderne Routes et Bâtiments		
Haouz Concassage		
Hssaine Ben DAHOU	Souihla	
IDER	Loudaya	
Intercontinentale Immobilier Industrielle	Agafay	
Intercontinentale Immobilier Industrielle	Loudaya	
Intercontinentale Immobilier Industrielle	Loudaya	
La Route Marocaine	Agafay	
Les Grandes Carrières de Routiers	Loudaya	
MAGRAVE	Loudaya	
SAGHRO BITUME	Agafay	
SEFIANI	Souihla	
SICOFAM	Souihla	
SOGEMATRO	Agafay	

Tab.III-1 : Sociétés d'exploitation des carrières installées le long de l'Oued N'Fis (ABHT)

Un document publié par l'ABHT montre d'une manière globale le nombre de sociétés autorisées à extraire les produits de carrières à l'Oued N'Fis, le nombre de site autorisés ainsi que les volumes à extraire pour les années 2009, 2010 et 2011

Année	Province	Volume autorisé à extraire (m <sup>3</sup> )	Nombre des sites autorisés	Nombre de sociétés
<b>2009</b>	Marrakech	936 000	18	15
	Al Haouz	40 000	1	1
<b>2010</b>	Marrakech	541 600	18	14
	Al Haouz	50 000	2	2
<b>2011</b>	Marrakech	393 210	16	13
	Al Haouz	59 000	2	2

Tab.III-2: l'extraction des matériaux de construction du domaine public hydrique d'Oued N'Fis

## II. Techniques d'exploitation

Le cours d'eau d'oued N'Fis fait l'objet d'une exploitation intense des carrières pour l'élaboration des matériaux de construction, il s'agit d'extraction à ciel ouvert des matériaux alluvionnaires. Au niveau de ce cours il y a deux types d'exploitation :

### 1. Exploitation artisanale ou informelle

Ce mode d'exploitation est basé sur l'extraction manuelle des matériaux et leur commercialisation directe par des camionneurs utilisant des camions dont la capacité de transport oscille entre 3 et 7 m<sup>3</sup>. Cette extraction se fait au moyen de pioches et de pelles. (Ph.III-5)

D'une manière générale, ce type d'exploitation est très actif sur les plages alluviales proches des pistes d'accès aux oueds.



*Ph.III-5 :Photo illustrant l'extraction artisanale*

Ces exploitants prélèvent la fraction 0/40 mm et abandonnent le reste du matériau brut sur les lieux d'extraction, sous forme de galets dépourvus de la fraction sableuse ne servant alors à aucune exploitation ultérieure. Le choix de ces exploitants porte alors sur des poches relativement sableuses dont l'étendue granulaire est réduite.



En plus de tas de matériaux abandonnés au milieu de l'oued, ce type d'exploitation est source d'une importante pollution du cours d'eau et du paysage en raison des tas de déchets divers que les camionneurs déposent sur les bords de l'oued et les pistes d'accès. Le volume des chargements déversés montrent qu'ils sont déposés par des camions d'une capacité de 3 à 6 m<sup>3</sup>. En effet, les camions qui viennent chercher les matériaux de construction au niveau de l'oued ou au près des carrières amènent divers déchets (les déchets inertes en particuliers) qu'ils déversent sur les berges ou au milieu de l'oued et souvent sur les routes et les pistes d'accès (Ph.III-6 et Ph.III-7).



*Ph. III-6 : photo d'une zone de dépôts au niveau d'Oued N'fis*



*Ph.III-7 : vue aérienne montrant les zones de dépôts au niveau de l'Oued N'Fis*

Nous présenteront plus loin le danger de ce type d'exploitation sur l'environnement.

## **2. Exploitation industrielle**

Le processus d'exploitation des matériaux alluvionnaires extraits du cours d'eau de l'oued N'Fis commence depuis l'accès à la carrière jusqu'à livraison des produits élaborés. Cette exploitation industrielle se passe par l'extraction du brut et son traitement au niveau des unités de concassage-criblage.

L'extraction des matériaux bruts au niveau des plages alluviales de ce cours d'eau se fait au moyen de pelles mécaniques (Ph.III-8).



Le transport des matériaux extraits vers les stations de concassage se fait par camions d'une capacité de 7 à 18 m<sup>3</sup>. Ces camions suivent des pistes de circulation aménagées le long du cours d'eau (Ph.III-9).



*Ph.III-8 : Photo montrant l'engin d'extraction industrielle*

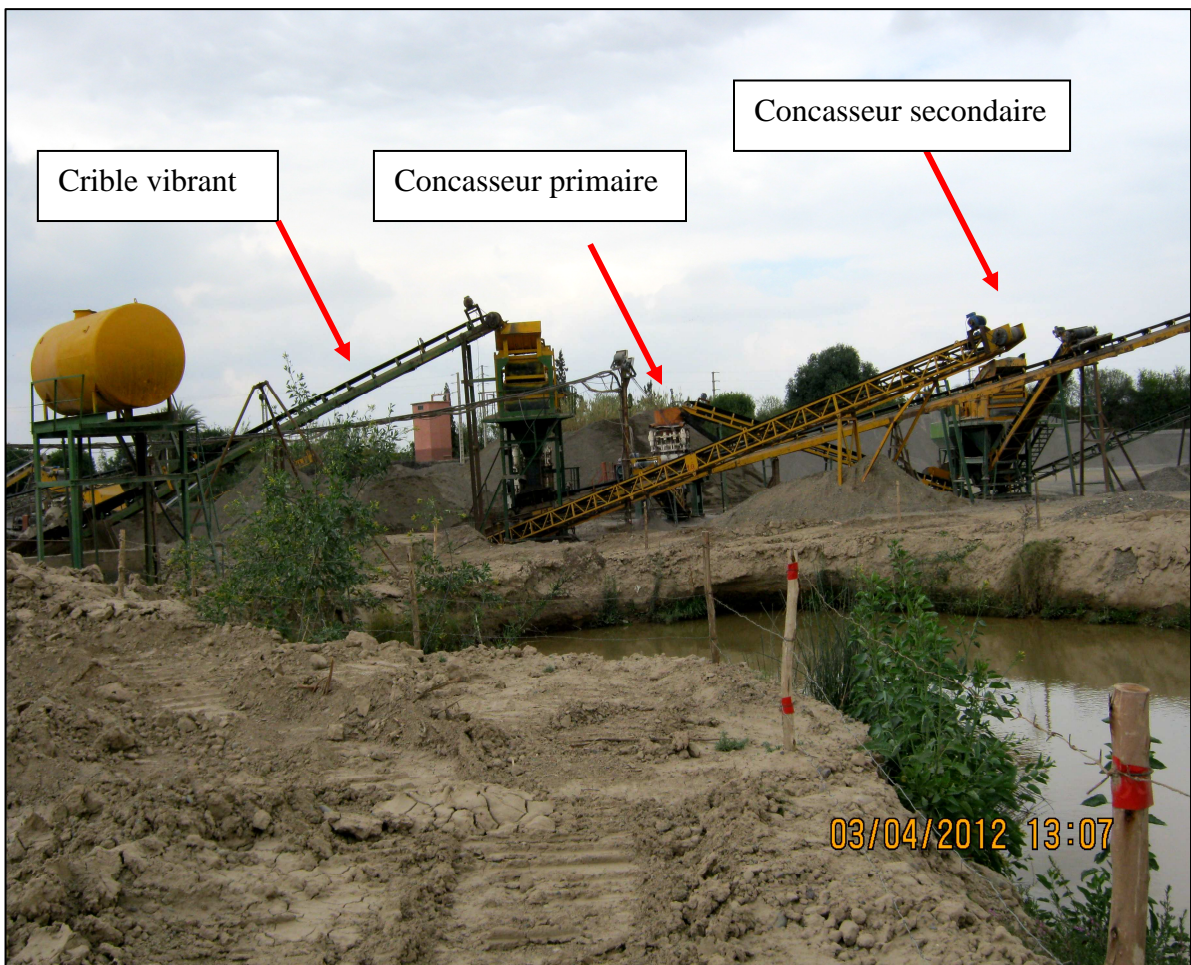


*Ph.III-9 : Photo montrant le transport des matériaux alluvionnaires vers les stations de traitement*

Le traitement des matériaux englobe toutes les opérations réalisées au niveau de la carrière pour transformer les matériaux bruts alluvionnaires en produits granulaires, sableux et graveleux commercialisable. Les installations de concassage-criblage de traitement de matériaux sont de composition et de complexité variables, selon la nature, la qualité et le débit des matériaux élaborés. Les différentes phases de ce traitement sont décrites ci-après :

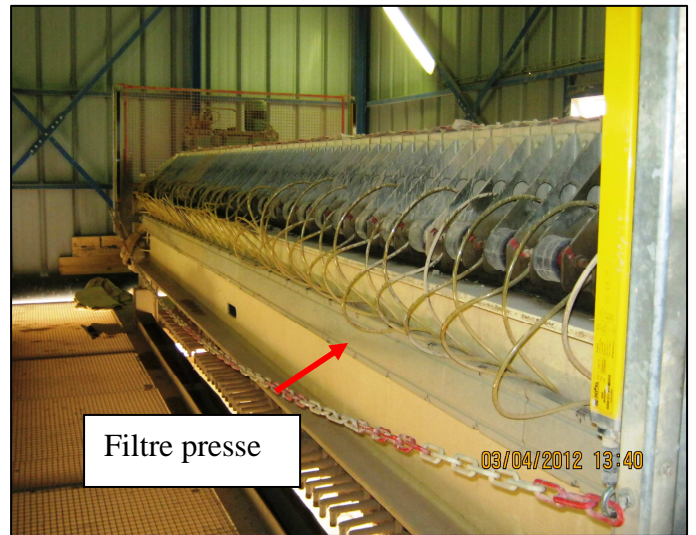
- Pré-criblage ou scalpage : étape consistant à séparer de matériau brut les gros éléments ne pouvant pas passer dans la suite de la chaîne de concassage (écrêtage) et la fraction fine trop sale,
- Concassage primaire : Il est assuré par un concasseur à mâchoires qui a pour rôle de réduire les gros éléments du matériau brut pour qu'ils soient traités par la suite de la chaîne,
- Concassage secondaire et tertiaire : Ils sont assurés par des broyeurs à cônes placés en aval du concasseur primaire. Ces opérations permettent de réduire les éléments concassés à la granulométrie correspondant aux dimensions des cribles de sortie qui permettent de fractionner le matériau concassé aux classes granulaires à produire (sables, gravettes et graves),
- Criblage : Il est assuré par des cribles positionnés en étages permettant de fractionner le matériau concassé selon les classes granulaires à produire (granulats pour bétons, granulats et graves routiers). Cette étape de criblage constitue la principale source des émissions des poussières dans une station de concassage.
- Lavage : Cette opération est assurée par des cribles laveurs couplés à des unités de traitement des sables. Elle est réalisée exclusivement pour les granulats pour bétons pour lesquels on impose des critères de propreté.
- Traitement des eaux de lavage : selon la taille des exploitations, on rencontre quatre modes de traitement des eaux de lavage :
  - ✓ Unité de clarification des eaux avec cuves de récupération des eaux et filtres presses pour la récupération des boues isolées des eaux de lavage. Ce système est actuellement le mieux performant du fait qu'il permet de récupérer et de réutiliser jusqu'à 85% des eaux de lavage. Le recours au pompage est fait pour assurer l'appoint en eau qui correspond aux pertes dans les granulats humides, dans les boues et par évaporation,

- ✓ Unité de clarification sans filtre presse : il s'agit du même système que celui décrit précédemment mais le filtre presse est remplacé par une série de bassins de décantation permettant de récupérer une partie des eaux boueuses (en générale, moins de 30%). Les eaux boueuses épaissies sont évacuées vers l'oued dans des fosses d'évaporation,
- ✓ Des bassins de décantation : il s'agit d'une série de bassins permettant de diminuer la charge boueuse des eaux de lavage par décantation. Ce système n'est pas efficace dans le cas d'installations de grands débits en sable. Les eaux de lavage sont évacuées vers des fosses au niveau de l'oued presque sans traitement. Le recours au pompage pour alimenter les unités de lavage est quasi permanent,
- ✓ Aucun traitement n'est assuré pour les eaux de lavage. Ces dernières sont évacuées directement dans les fosses aménagées au milieu ou en bordure de l'oued. Le recours au pompage à partir de la nappe est alors permanent.



Ph.III-10 : Exemple d'équipements standards dans une installation de concassage-criblage





*Ph.III-11: Unité de clarification des eaux de lavage avec filtre presse*



*Ph.III-12 : Exemple d'unité de clarification sans filtre et avec bassins de décantation*



*Ph.III-13: Exemple de rejet direct des eaux boueuses et leur épandage dans l'oued*

### **III. Les matériaux élaborés**

Les produits élaborés à partir des matériaux alluvionnaires extraits; au niveau des installations de concassage criblage implantées sur le cours d'eau de l'Oued N'Fis sont énumérés ci après :

- granulats pour béton hydraulique : il s'agit du gravette GII classe 15/25mm, gravette GI classe 8/15, grain de riz classe 3/8mm, et sable lavé classe 0/3mm.
- granulats pour travaux routiers : il s'agit du Gravette10/14mm, Gravette6.3/10mm, et Gravette 4/6mm.
- graves pour assises de chaussées :il s'agit de Graves GNF1,GNF2,GNF3,Grave GNB, et Grave GNA.
- granulats pour enrobés bitumineux et graves bitumes : il s'agit du Gravette 10/20mm, Gravette 10/14 mm, Gravette6/10mm, Gravette4/6mm, et sable de concassage.

Les produits élaborés sont mis en tas et stockés dans des aires préparés à cet effet ou bien livrés aux chantiers par des camions de 3à 21 m<sup>3</sup>.



## **Chapitre IV : Les impacts de l'exploitation des carrières sur l'environnement d'Oued N'Fis**

L'ouverture d'une exploitation occasionne inévitablement des modifications de l'état initial des cours d'eau dont les effets durables ou temporels se sont manifestés sur : le milieu naturel, l'activité humaine, le paysage, l'hydrologie et la qualité de l'eau.

Ces effets ont principalement pour origine:

- l'existence d'une excavation,
- les poussières,
- le bruit,
- le transport des matériaux.

Les visites sur terrain consacrées d'une part aux zones d'extraction des matériaux alluvionnaires et d'autre part aux installations de concassage et de criblage qui sont situées au niveau d'oued N'Fis, ainsi que l'enquête publique faite aux douars qui se localisent aux alentours de ces carrières révèlent l'existence d'une série d'impacts environnementaux négatifs.

Cette partie du rapport est consacrée à la présentation de ces impacts.

### **I. Impacts sur la morphologie**

Parmi les effets causés par les carrières, et plus précisément l'extraction des matériaux alluvionnaires, sur la morphologie des cours d'eau on note : la détérioration, la fragmentation et la défiguration. On trouve également une autre conséquence qui est l'augmentation de la profondeur du lit de l'oued par rapport aux berges.

Pour réduire les dommages causés par l'extraction des carrières au niveau du cours d'eau d'Oued N'Fis le cahier des charges oblige les entreprises de ne pas dépasser 3m comme profondeur d'extraction. Les observations faites le long de ce cours d'eau montrent que dans certaines zones notamment la région de Loudaya et Agafay les profondeurs d'extraction atteignent les 6 à 7m.

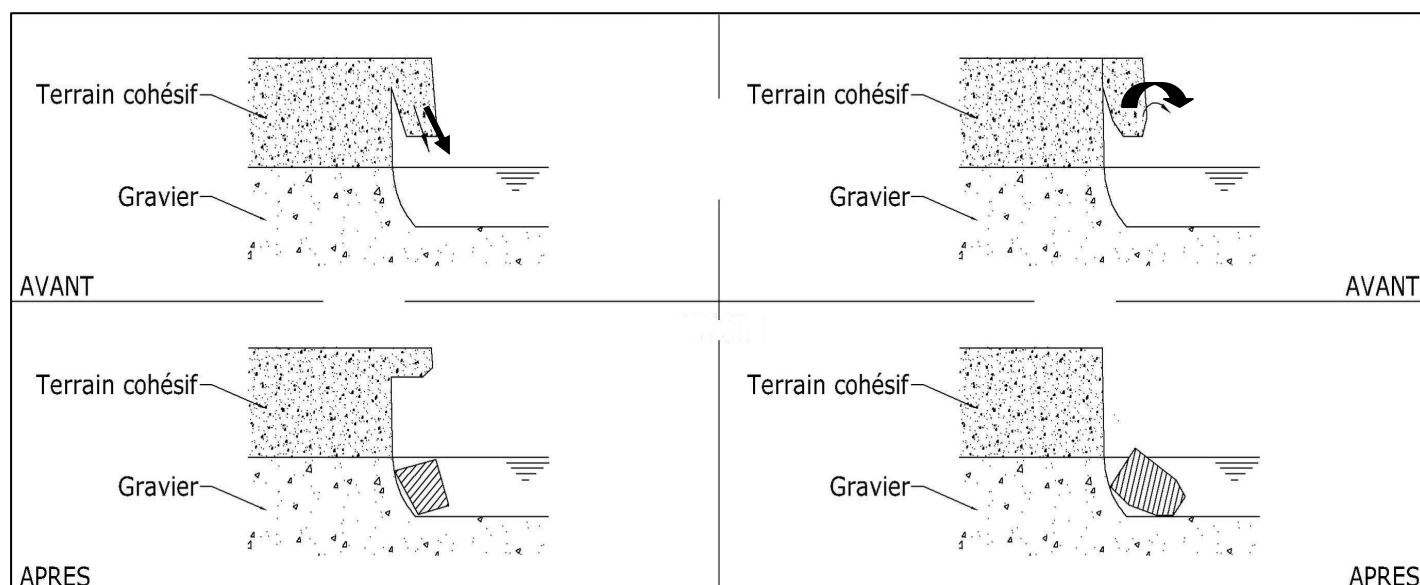
Le non respect de l'énoncé de cahier des charges par le dépassement des profondeurs d'extraction autorisées menace la morphologie du cours d'eau d'oued N'Fis d'une part par l'instabilité et l'érosion des berges notamment par l'enfoncement du lit de la rivière et/ou par le sapement des berges, et d'autre part par l'élargissement du cours d'eau. Ces modifications morphologiques représentent une menace pour la pérennité des infrastructures riveraines.



*Photo.IV-1 : Photo montrant la profondeur d'extraction*

### 1. Erosion des berges d'oued N'Fis

L'extraction des matériaux alluvionnaires (charge solide) au niveau du cours d'eau d'oued N'Fis perturbe l'équilibre existant entre les variables de contrôles et les variables de réponses de ce cours d'eau. Cette perturbation se traduit par l'enfoncement du lit du cours d'eau et le sapement des berges qui est un type d'érosion de berge au niveau de sa base accompagnant de dégradation et effondrement de ces berges au cours du temps.

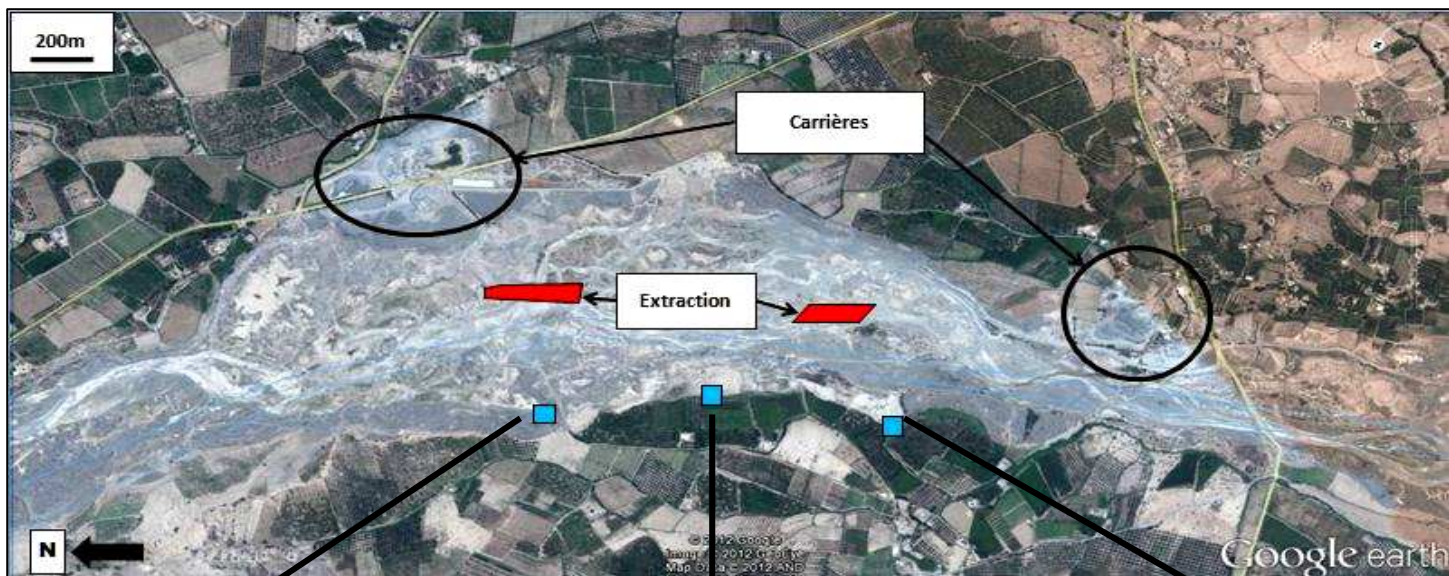


*Fig.IV-1 : schéma montrant effondrement des berges par sapement*

[http://www.aquaterra-solutions.fr/pdf/guides\\_ats/GUIDEATS-CHAP2.pdf](http://www.aquaterra-solutions.fr/pdf/guides_ats/GUIDEATS-CHAP2.pdf)



Les photos suivantes montrent l'état des berges du cours d'eau d'oued N'Fis :



*Ph.IV-2 : Vues montrant la dégradation des berges d'Oued N'Fis par l'extraction des carrières*



Les photos ci-dessus montrent une érosion et dégradation des berges du cours d'eau d'oued N'Fis, cette dégradation est due à l'enfoncement du lit de ce cours d'eau par l'extraction des carrières qui est à l'origine de sapement et effondrement des berges.

Les sapements et les risques d'effondrement sont d'autant plus intenses que la hauteur des rives est importante et la pente est forte, c'est le cas du cours d'eau d'oued N'Fis. Les fosses d'extraction atteignant des profondeurs supérieures à 6 m et la forte pente provoquée par l'ajout de l'exploitation artisanal ou informelle à l'extraction des carrières causent des érosions et des dégradations intenses de berges de ce cours d'eau.

Pour bien identifier les modifications multi-temporelles de la morphologie de l'oued N'Fis, on a fait des comparaisons entre des anciennes photos aériennes de la zone étudiée avec d'autres qui sont récentes. On a obtenu les anciennes photos aériennes d'après le service des archives au sein de l'ORMVA-Haouz, et concernant les photos récentes, elles sont prises par le logiciel « Google Earth » et dont la date est l'année 2011.

On note que les anciennes photos aériennes de la zone avale du barrage Lalla Takerkoust sont datées de 1979 et celles de la partie amont appartiennent à l'année 2006 puisque la carrière y présente n'a pas été mise en place qu'à cette date.

Pour travailler avec les photos aériennes obtenues par l'ORMVA-Haouz et celles prises par le logiciel Google Earth on les a importé sur le logiciel Mapinfo. La première étape à réaliser avec ce logiciel est le géo référencement de ces photos, puis le traçage du cours d'eau sur les deux couvertures aériennes de l'Oued N'Fis (anciennes et récentes). Le traçage permet d'effectuer au premier lieu une comparaison visuelle afin de distinguer les zones les plus modifiées et en deuxième lieu une superposition des deux tracés.

A partir de ces comparaisons primaires et cette superposition des deux tracés, on a réalisé ces deux opérations :

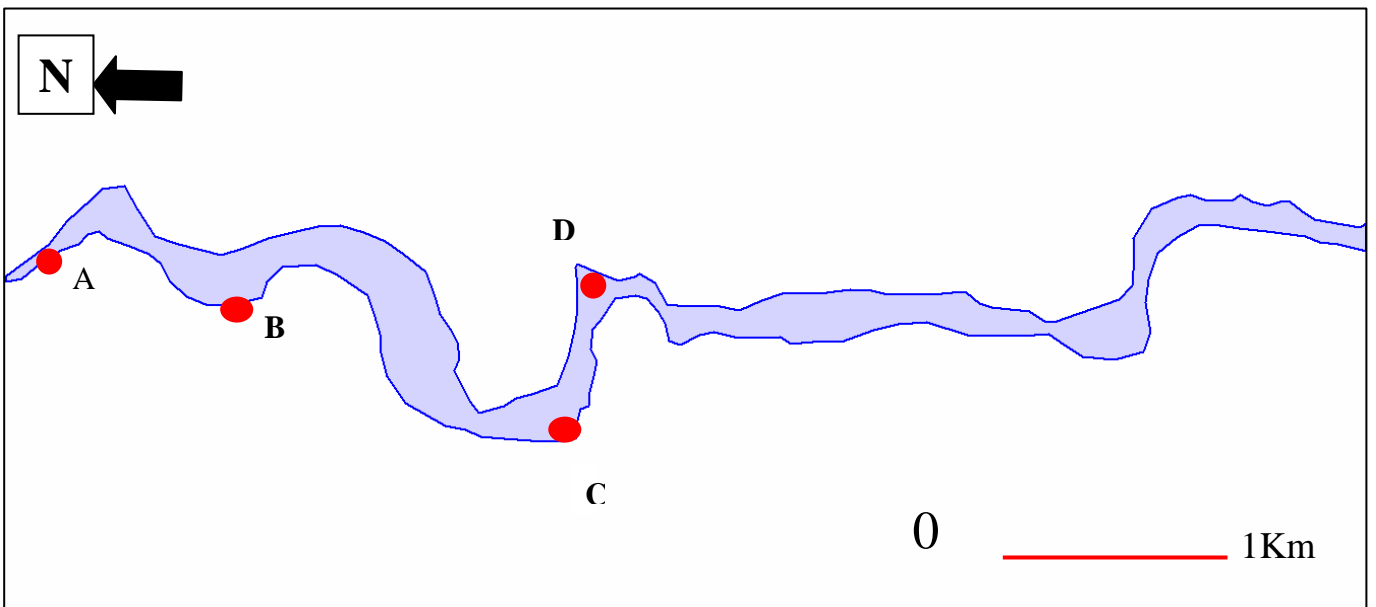
- Pour les photos qui concerne la zone amont du barrage : on a choisit les endroits (points) où on a une forte modification pour calculer les superficies érodées des berges de l'Oued,
- Pour les photos de la zone avale du barrage : Sur le tracé de l'oued on a choisit les sections qui montrent un important élargissement du lit mineur de l'Oued dont on a calculé les longueurs de ces sections.



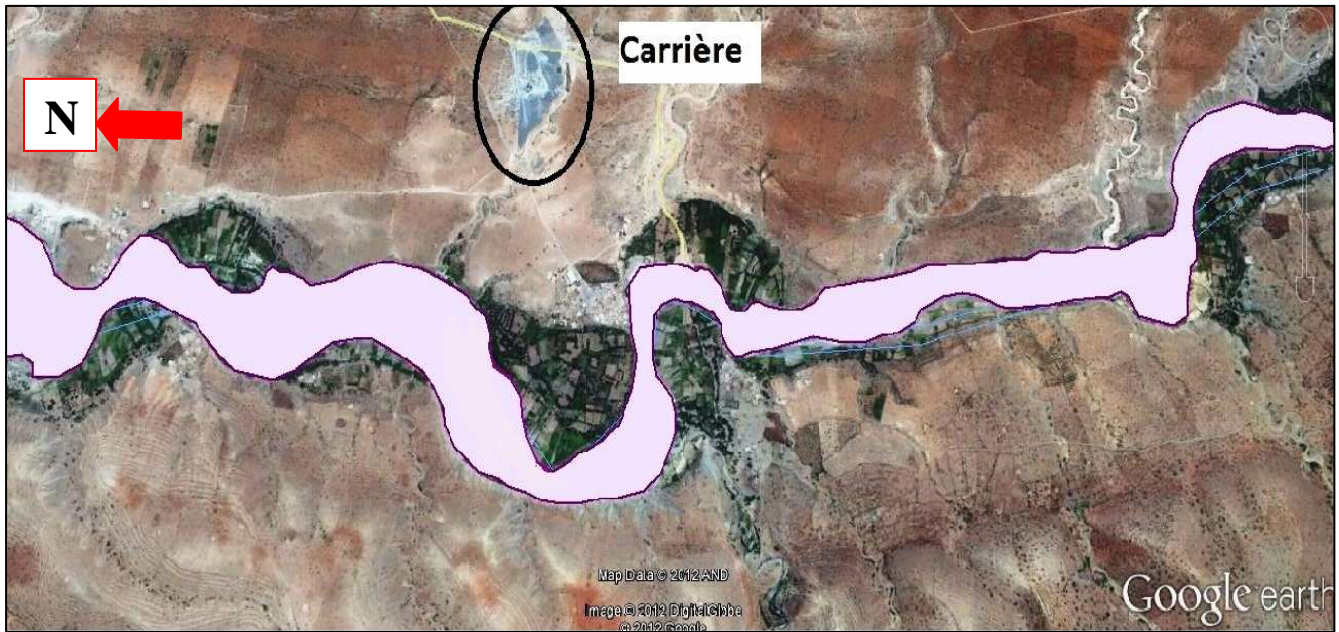
La superposition des photos aériennes d'oued N'Fis couvrant la partie amont du barrage Lalla Takerkoust des deux dates différentes (2006 et 2011) montre que l'installation de la carrière dans cette partie a causée des déformations et érosion des berges.



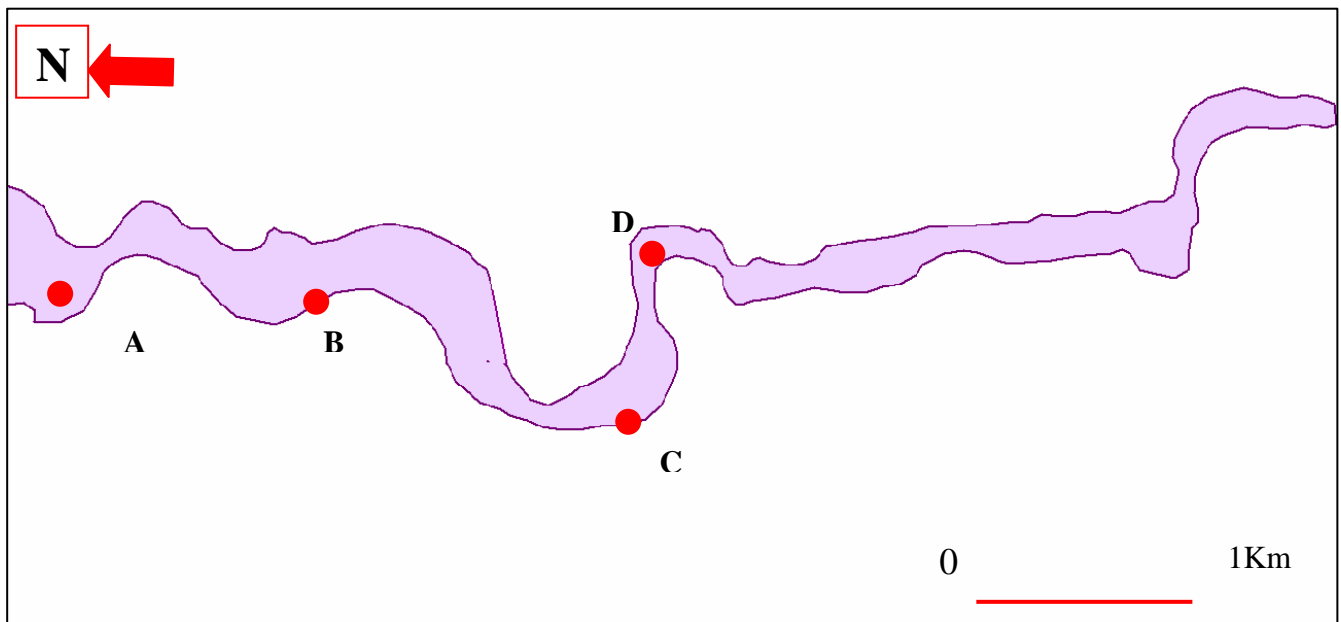
*Ph.IV-3 : Vue aérienne du cours d'eau d'oued N'Fis en amont du barrage de Lalla Takerkoust et son tracé (Année 2006)*



*Fig.IV-2 : Tracé du cours d'eau d'Oued N'Fis en amont du barrage Lalla Takerkoust (Année 2006)*



*Ph.IV-4: Vue aérienne du cours d'eau d'oued N'Fis en amont du barrage de Lalla Takerkoust et son tracé (Année 2011)*



*Fig.IV-3 : Tracé du cours d'oued N'Fis en amont du barrage de Lalla Takerkoust et son tracé (Année 2011)*



La comparaison du tracé du cours d'eau de 2006 et 2011 montre que l'installation de la carrière a causée un élargissement de ce cours d'eau, cet élargissement s'accompagne avec une érosion et dégradation des berges.

La dégradation est plus marquée et accentuée au niveau des points A, B, C et D.les valeurs de surfaces érodées sont comme suit, ces valeurs sont obtenues avec le logiciel Mapinfo :

points	Surface érodée en m <sup>2</sup>
A	315
B	88,79
C	52,87
D	45,61

*Tab.IV-1 : Tableau montrant les surfaces érodées au niveau des points A, B, C et D*

En concluant, on a calculé les superficies totales des tracés du cours d'eau d'Oued N'Fis correspondant aux années 2006 et 2011 et on a obtenu les résultats suivant :

Année	Superficie totale du cours d'eau en m <sup>2</sup>
2006	42 788,575
2011	43 290,95

*Tab.IV-2 : Mise en évidence de la surface totale érodée au niveau de l'Oued N'fis à l'amont du barrage Lalla Takerkoust*

D'après ce résultat on constate que la superficie totale de l'oued a augmenté ce qui est toute à fait normal avec la présence du phénomène de l'érosion causée par l'extraction des carrières.

## 2. Elargissement du lit d'oued N'Fis

Les schémas suivantes montrent le tracé du cours d'eau d'oued N'Fis sur des photos aériennes de deux dates différentes 1979 et 2011.

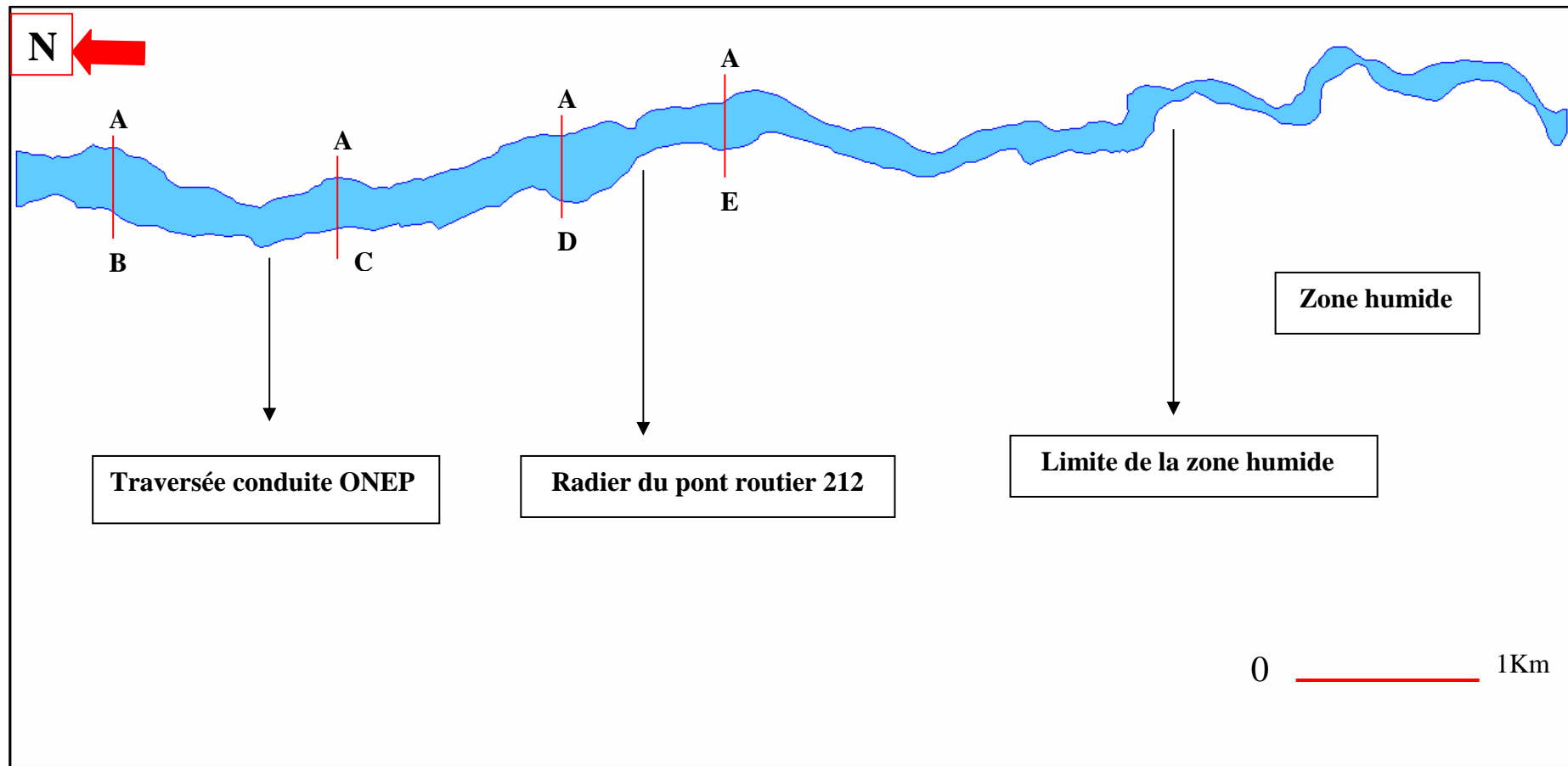


Fig.IV-4: Tracé du cours d'eau d'oued N'Fis (photo aérienne 1979).

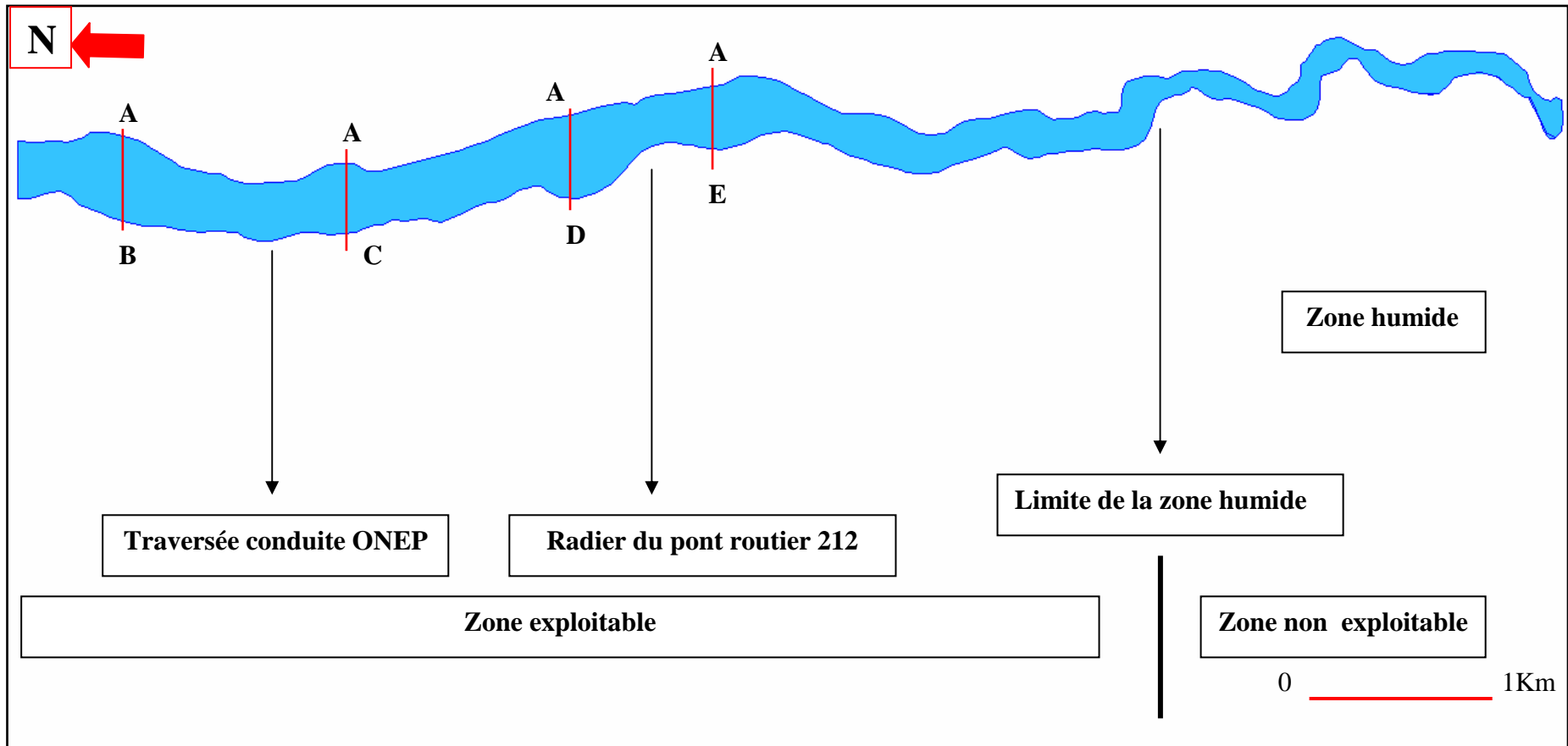


Fig.IV-5 : Tracé du cours d'eau d'oued N'Fis (photo aérienne 2011).

La comparaison des tracés du cours d'eau d'oued N'Fis initial et actuel qui correspondent respectivement à l'année 1979, avant l'extraction des matériaux alluvionnaires, et à l'année 2011, après 32 ans d'extraction, montre globalement une différence dans la largeur au long de ce cours d'eau au niveau de la zone exploitable. On note que ces tracés appartiennent à la zone avale du barrage Lalla Takerkoust.

L'élargissement du lit d'oued N'Fis est plus marquant au niveau de sections AB, AC, AD, AE. Le tableau suivant montre les valeurs de longueur de ces sections, ces valeurs sont obtenues avec le logiciel Mapinfo

Les sections	La longueur en 1979(m)	La longueur en 2011(m)
<b>AB</b>	70,61	73,60
<b>AC</b>	42,15	59,92
<b>AD</b>	59,62	67,28
<b>AE</b>	42,60	55,72

*Tab.IV-3 : Tableau montrant les longueurs des sections (AB-AC-AD-AE) de cours d'eau d'oued N'Fis correspondant aux années 1979 et 2011*

En calculant également la superficie totale des tracés des cours d'eau correspondant aux 1979 et 2011 (Tab.IV-2), on constate qu'il y a une évolution de cette superficie montrant ainsi l'influence de l'érosion sur le lit de l'oued qui se manifeste par un élargissement de ce lit.

Année	Superficie du tracé du cours d'eau en m <sup>2</sup>
1979	60 900,125
2011	61 502,395

*Tab.IV-4 : Evolution de la superficie de du cours d'eau entre 1979 et 2011*

## **II. Impacts sur la qualité de l'air**

Les poussières constituent la principale source de pollution de l'air lors de l'exploitation des carrières. Elles sont occasionnées par l'extraction, le transport, la manutention et le traitement des matériaux (chargement sur camions, concassage, criblage...). Au niveau du cours d'eau d'Oued N'fis, ces émissions sont accentuées par le mauvais entretien des pistes

d'accès par l'action de vents en absence de couvertures au niveau des installations de concassage.les émissions des gaz à effet de serre par les moteurs des engins de la carrière s'ajoutent à ces poussières affectant ainsi la qualité de l'air de la zone.

Ces émissions de carrières dans l'air peuvent avoir des conséquences sur la sécurité publique, la santé des personnes, l'esthétique des paysages, la faune et la flore.



*Ph.IV- 5: Photo montrant l'émission de poussières par la station de concassage (Agafay)*

Le tableau suivant montre une grille d'évaluation de l'intensité de l'impact de la poussière en fonction des différentes activités.

<b>L'impact</b>	Poussières dues à l'extraction des matériaux	Poussières dues aux transports des matériaux	Poussières dues au traitement des matériaux (concassage)
<b>L'intensité</b>	+	++	++++

*Tab.IV-5 : Evaluation de l'impact des poussières générées par les différentes activités des carrières d'Oued N'Fis*

### **III. Impacts sonores**

L'exploitation de la carrière est subordonnée de nuisances sonores (bruit) qui peuvent être causées par les bruits des engins d'extraction et la circulation des camions de transport ainsi que l'installation de traitement. Ces facteurs contribuent à l'élévation du niveau sonore pouvant ainsi nuire aux populations et aux espèces animales qui vivent dans l'entourage de carrière.

### **IV. Impacts sur la faune**

Les impacts que les carrières d'oued N'Fis peuvent avoir sur la faune peuvent se résumer aux points suivants :

- L'occupation de l'habitat naturel abritant la faune locale, lors de l'installation de la carrière et l'ouverture des zones d'extraction,
- L'empêchement de la libre circulation des animaux notamment les bétails de part et d'autre des rives de l'oued, ce qui restreint, localement, leur territoires naturels,
- L'empêchement des séjours des oiseaux migrateurs habitués les zones en exploitation par l'occupation et la perturbation de leur milieu d'accueil,
- La mort de certains individus de la faune locale par des accidents dus aux engins de la carrière ou par les zones boueuses dans les zones d'extraction, qui deviennent des pièges pour ces animaux.

Bien que cet impact est existant, il est difficile de l'évaluer en raison de l'absence de données précises sur des cas réels et aussi l'absence de constatations directes sur le terrain lors des visites sur terrain.

### **V. Impacts sur la flore**

L'impact de l'exploitation des carrières sur la flore de Oued N'Fis se présente dans :

- le déboisement, et la destruction du couvert végétal lors de l'ouverture des zones d'extraction,
- Le déboisement des surfaces arborisées lors d'installation des stations de concassage.



*Ph.IV- 6: Photos montrant le décapage du couvert végétal et la dégradation de la flore au niveau d'oued N'Fis, à gauche (Agafay) et à droite (Souihla)*

## **VI. Impacts sur le sol**

Les impacts négatifs que peuvent subir les sols des carrières d'oued N'Fis et ceux de son entourage sont d'ordre physique portant atteinte à leur stabilité, et d'ordre chimique portant atteinte à leur qualité.

Ces impacts pourraient survenir suite aux :

- Mauvais talutage des excavations au niveau des zones d'extraction, ce mauvais talutage porte atteinte à la stabilité des sols par effondrement,
- Déviation des écoulements vers les berges de l'oued ce qui accentue l'érosion des terrains avoisinants et compromet leur stabilité. A ce sujet, on notera qu'une extraction bien étudiée et orientée pourra être bénéfique pour les terrains situés sur les rives de l'oued et cela en créant un chenal qui dirige les écoulements dans la partie centrale du cours d'eau, ce n'est pas le cas d'oued N'Fis. la photo Ph.IV-9 illustre ce point.
- Forte circulation de poids lourds sur des pistes non aménagées et sur les plages alluviales cause un compactage des sols au niveau de ces sites. Ce compactage a pour effet de réduction de circulation de l'eau et de volume de l'air et dans le sol d'où asphyxie des racines, des vers de terre et de la vie dans le sol, et par conséquent diminution des rendements des cultures,
- Modification de la qualité pédologique et biologique des sols d'une part par l'émission des poussières dues à la circulation des engins de la carrière et au processus

de concassage et de criblage et d'autre part par l'épandage de déchets liquides et huiles.



*Ph.IV-7: Photos montrant la déviation du cours d'eau N'Fis vers la rive gauche lors de la crue 2006, montrant l'érosion des sols de la berge*

## **VII. Impacts sur la sécurité et l'hygiène publique**

Les poussières et les nuisances sonores sont à l'origine de toutes atteintes à l'hygiène publique. En effet une grande concentration de matière en suspension dans l'air et des gaz polluants peuvent engendrer des dysfonctionnements respiratoires et des allergies dermatologiques et ophtalmologiques chez les riverains.

Les riverains les plus atteints par ces poussières sont les habitants des douars Hmar, Fnajir, et Oulad maki dont la plupart souffrent des dysfonctionnements respiratoires et des allergies ophtalmologiques. De même une augmentation des niveaux acoustiques ambiants peut sérieusement endommager les capacités auditives des riverains. D'autre part la circulation des camions aura pour effet d'augmenter les risques d'accidents.

## **VIII. Impacts sur le réseau routier**

L'impact sur le réseau routier sera scindé en deux catégories :

- Impact dû à l'alimentation de la station de concassage en matériaux brutes,
- Impact dû à l'alimentation du marché en produits élaborés.

Les impacts des carrières d'Oued N'Fis sur le réseau routier constatés lors de la visite de ces carrières se présentent d'une part dans la destruction totale de la surface de roulement



des chaussées ceci est due à la largeur de la chaussée qui ne permet pas le croisement des poids lourds. et d'autre part dans l'augmentation des risques d'accidents routiers aux points d'accès aux carrières en raison d'absence de signalisation suffisante, de mauvais aménagement des points d'accès ou encoure à la forte concentration de trafics de poids lourds au niveau de ces points.

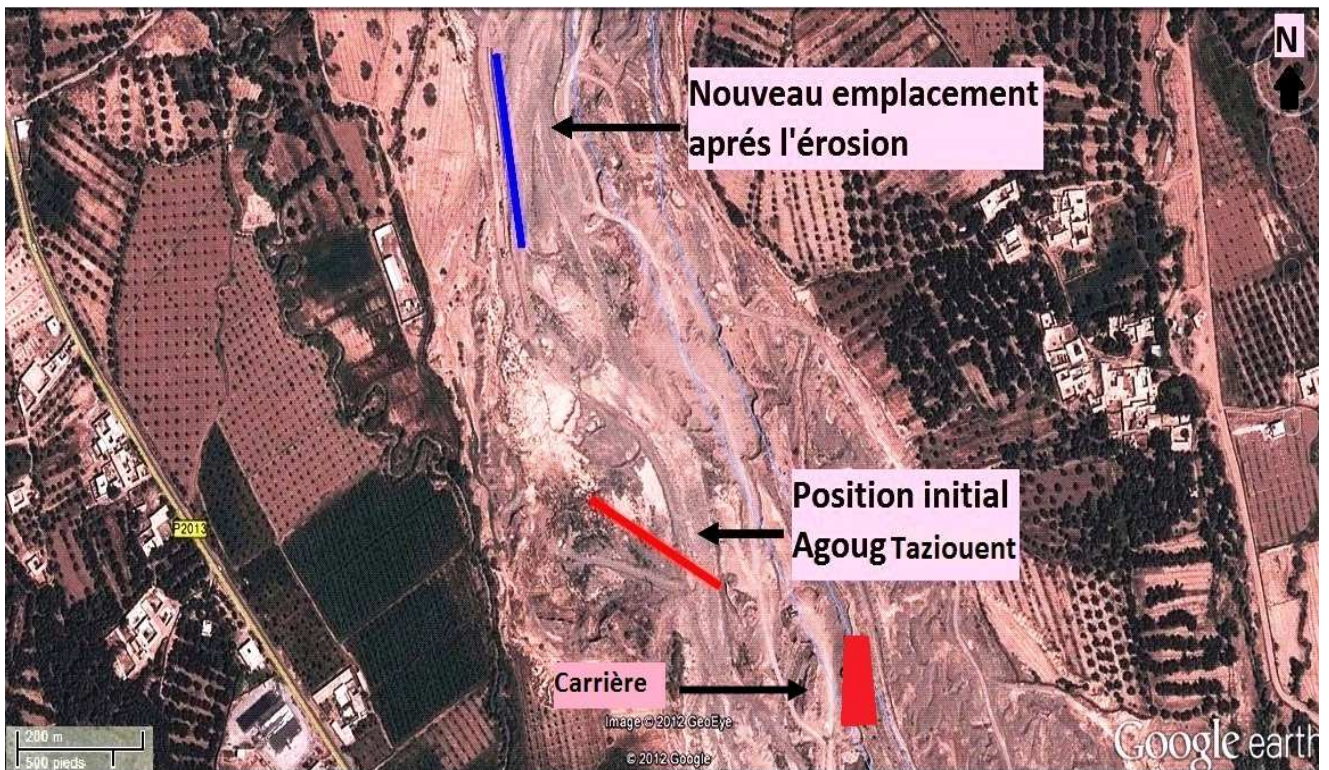
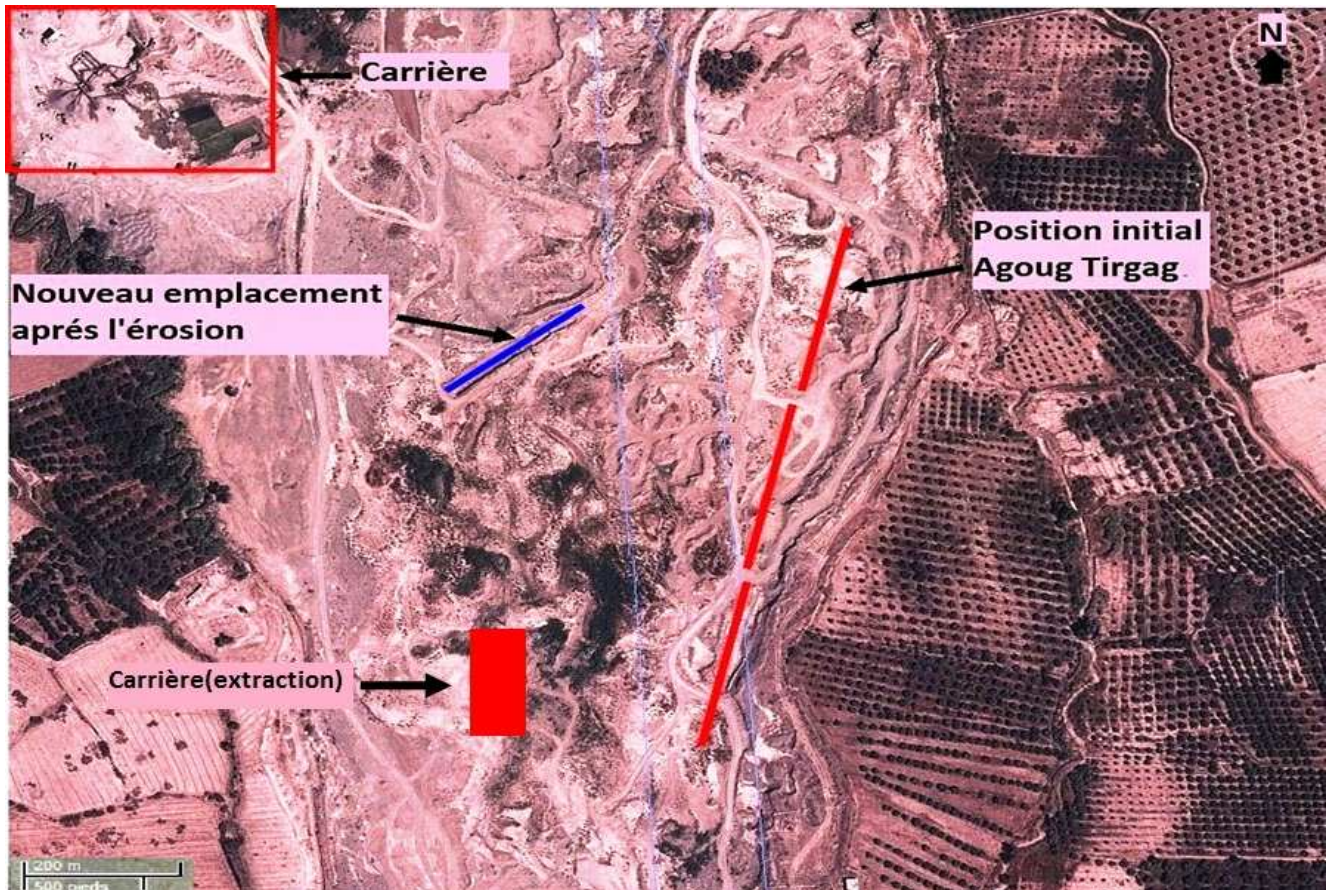
Ces carrières peuvent aussi avoir un impact sur les routes nationales : le trafic en poids lourds généré par une zone à forte concentration de carrière (oued N'Fis) accélère la fatigue des chaussées du fait que les hypothèses de dimensionnement de ces chaussées, basées sur celles du catalogue de structures de chaussées neuves de la Direction des Routes et de la Circulation Routière(DRCR), ne tiennent, souvent, pas compte de ce trafic exceptionnel.

### **IX. Impacts sur l'activité agricole**

Le résultat de l'enquête faite avec quelques agriculteurs des douars Hmar, Fnajir, Rmitat et Fakhara montre que les carrières installées au long du cours d'eau d'oued N'Fis affectent les activités agricoles sur plusieurs plans :

- La circulation des camions nuit au fonctionnement des canaux d'irrigation traditionnels(Msarf) obligeant les agriculteurs à les entretenir à l'occasion de chaque utilisation.
- L'approfondissement du cours d'eau, au niveau des zones d'extraction, a pour conséquence la mise hors service de plusieurs prises d'eau des seguias. les agriculteurs recourent alors au pompage en installant des motopompes à moteurs thermiques, fonctionnant au gasoil, sur les berges de l'oued.
- Les poussières générées par les activités de transport et de concassage des matériaux peuvent affecter de manière notable la qualité pédologique des sols ainsi que les cultures qui y poussent. Le couvert végétal pourra être ruiné lorsque d'importantes quantités de poussières se déposent sur les feuillages qui assurent la photosynthèse de ces végétaux. Ces poussières couvrant la surface des feuilles induit une diminution des échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère, donc une diminution de la capacité photosynthétique. Les terrains agricoles les plus touchés par ses poussières sont ceux d'oliviers, raisins et abricots situés à douar Hmar. (Loudaya)





*Ph.IV-8: Photos aériennes montrant le changement de position des prises d'eau : Agoug Taziouent (440m), Agoug Tirgag (385m) (Souihla)*





*Ph.IV-9: Photos aériennes montrant des terrains Limitrophes aux carrières avec des dépôts important des poussières (Loudaya)*



## X. Impact sur les ouvrages hydrauliques

Les impacts des carrières sur les ouvrages hydrauliques d'oued N'Fis concernent :

- Le pont de Loudaya situé sur la route N°8 :l'impact sur ce pont se traduit dans la mise à découvert des éléments de fondation cela s'explique par l'érosion régressive causée par les carrières situées en aval du pont et l'érosion progressive causée par les carrières situées en amont.les photos ci-dessous illustrent cet impact.



*Ph.IV-10 : Photos montrant la mise à découvert à découverts des éléments de fondation du pont de la RN8*

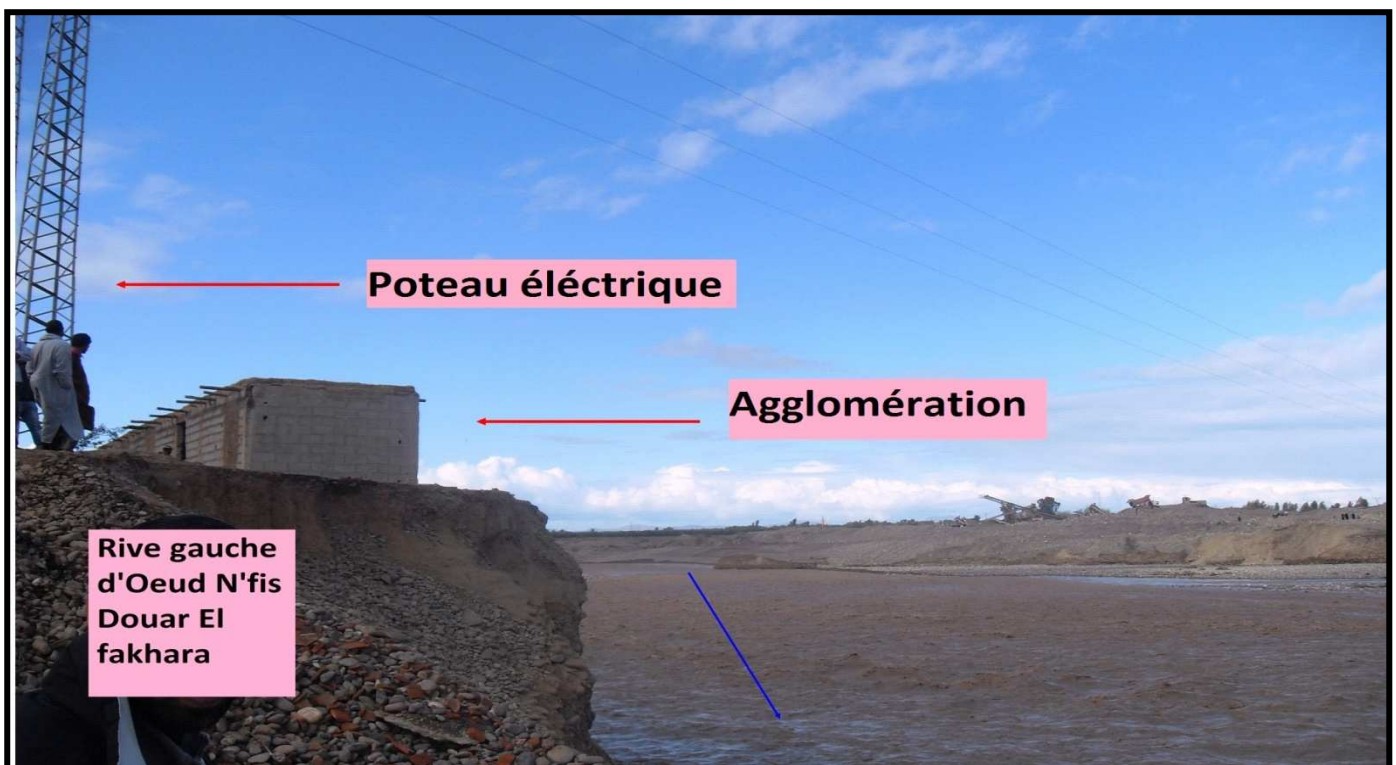
- Le barrage de Lalla Takerkoust : l'excavation dans le lit d'oued N'Fis, le transport des matériaux extraits (circulation des engins) et l'épandage des eaux boueuses ou de poussières issues du concassage et du lavage des matériaux élaborés à pour effet d'augmenter la matière en suspension des eaux d'oued N'Fis. Le transport de ces matières en suspension par l'érosion hydrique vers la retenue du barrage Lalla Takerkoust participe à l'envasement de ce dernier.

# Chapitre V : Impacts de l'exploitation des carrières sur les eaux d'oued N'Fis

## I. Impacts sur les eaux de surfaces

Les impacts des carrières sur les eaux de surface d'oued N'Fis se présentent dans les points suivants :

- Le lavage de granulats pour l'élimination des fines et des impuretés ainsi que la circulation des engins de chargement et de transport augmentent les matières en suspension des eaux de surface. De même les produits des opérations de maintenance et d'entretien des engins (huiles, graisses...) endommagent la qualité de ces eaux de surface. De même les produits des opérations de maintenance et d'entretien des engins (huiles, graisses...) peuvent endommager la qualité des eaux.
- Les zones excavées résultantes de l'extraction au niveau d'Oued N'Fis perturbent d'une part l'écoulement naturel des eaux et des prises d'eaux(Séguias) et d'autre part ces excavations profondes affectent la qualité des eaux superficielles de cet Oued par transformation en dépotoirs ou en zones de stagnation des eaux.



*Ph.V-1 :Photo montrant un exemple de déviation de l'écoulement vers la rive droite de l'Oued N'Fis ce qui a accentué l'érosion de cette berge, cette érosion est plus dommageable lors de crue (Douar El fakhara) (Crue 2006)*

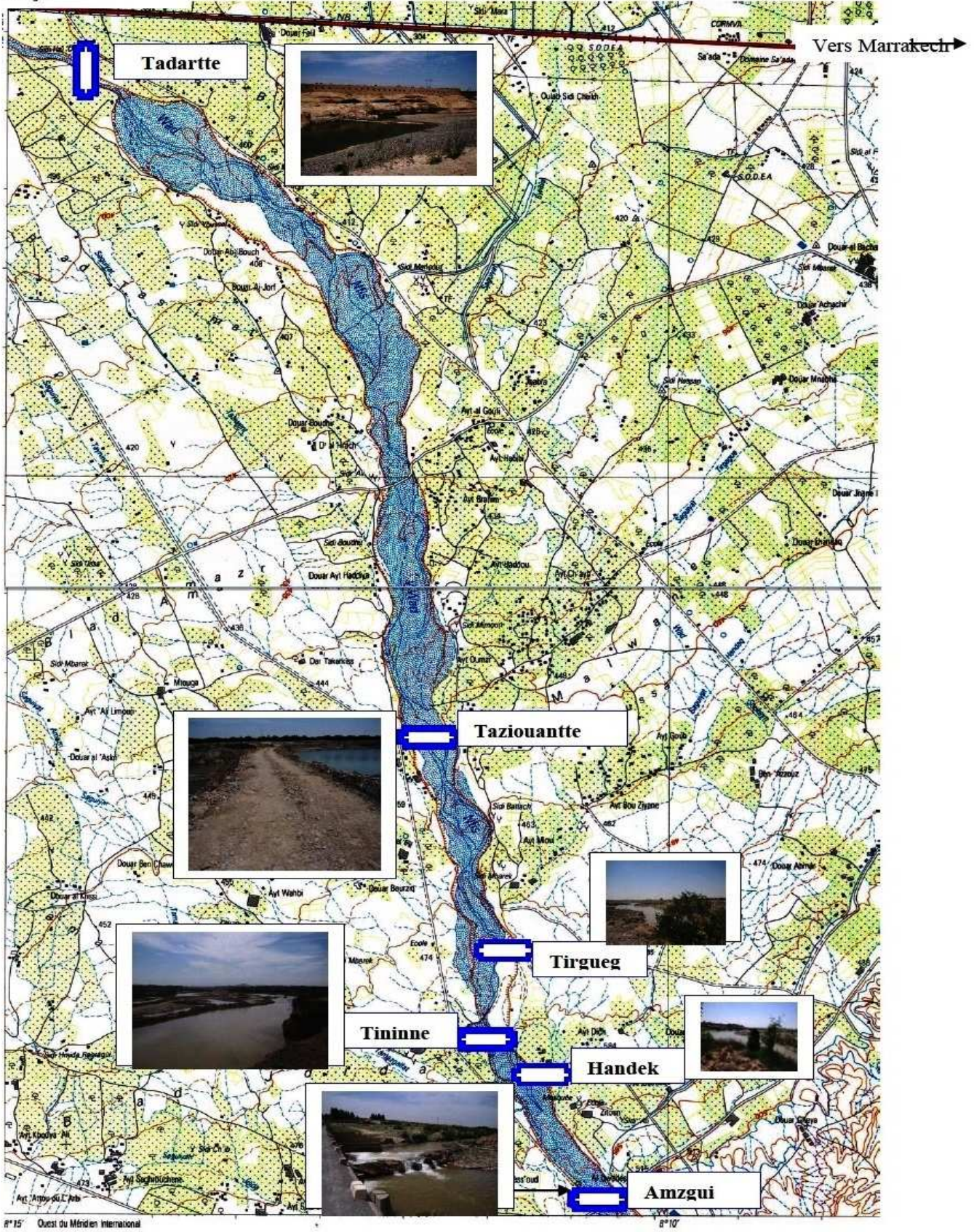




*Ph.V-2 : Exemple de zones de stagnations des eaux pouvant être à l'origine des maladies parasitaires (Souihla)*

La carte suivante (Carte.V-1) montre la localisation des prises d'eau affectées par l'extraction des carrières au niveau d'oued N'Fis. Ces seguias sont un élément essentiel dans l'agriculture de consommation de petits agriculteurs qui ne sauraient survivre sans ce moyen d'irrigation. Cela fait qu'après multiples manifestations l'ABHT et l'office Al Haouz ont fait une sortie sur lieux, suite à cette sortie il est demandé à l'ABHT de faire participer toutes les sociétés d'extraction des matériaux alluvionnaires existantes sur l'oued N'Fis pour les travaux d'urgences de reconstruire de dites Seguias notamment Tinnine et Tamzgoiutte. Tout cela sous la supervision de la Willaya.





Carte.V-1 : Plan de situation des Agougs (Amzri-Tinine-Taziouante-Tadarte-Handek-et Tirgueg) (ABHT 2011)



## II. impact de l'exploitation des carrières sur la piézométrie de la nappe

### 1. Observations

L'exploitation des carrières dans oued N'Fis a débuté depuis 1980, l'impact de l'exploitation de ces carrières sur les eaux souterraines se présente dans l'augmentation de la profondeur de la nappe de l'Haouz ce qui dit la baisse du niveau piézométrique.

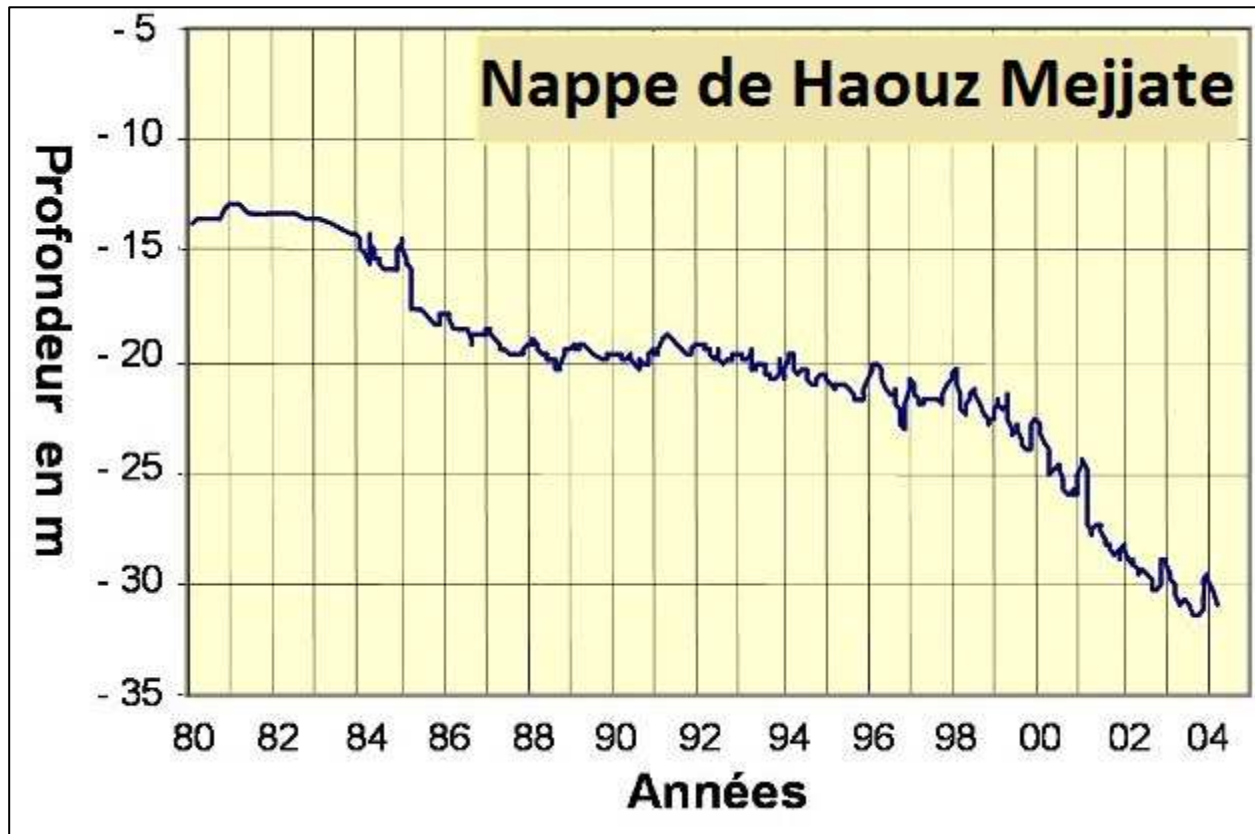


Fig.V-1 :L'évolution de la profondeur de la nappe de l'Haouz (1980-2004) (ABHT)

Les carrières existantes sur oued N'Fis participent dans la baisse du niveau piézométrique de la nappe de l'Haouz Mejjate d'une part par les prélèvements et d'autre part par la diminution de l'alimentation.

- **Prélèvement**

Les unités de clarification des eaux avec cuves de récupération des eaux et filtres presse, pour la récupération des boues isolées des eaux de lavage permettent de récupérer et de réutiliser jusqu'à 85% des eaux de lavage et d'utiliser les boues récupérées dans la réhabilitation des sites d'extraction. Le problème c'est qu'au niveau d'oued N'Fis juste 20% des carrières qui dispose de ce système, les 80% des carrières restantes font un recours quasi permanent au pompage pour alimenter les unités de lavage (bassin de décantation). Les carrières situées à Loudaya pompent jusqu'à 30 millions  $m^3$ /ans. (Centre Loudaya)



- **Diminution d'alimentation**

La diminution de l'alimentation de la nappe de Haouz-Mejjat au niveau d'oued N'Fis s'explique par :

la mise à nu de la nappe phréatique par diminution et parfois suppression de la couverture alluvionnaire protectrice de la nappe suite à l'extraction de matériaux alluvionnaires dans le lit mineur de l'Oued (Ph.IV-3). Le départ de cette couverture entraîne une réduction d'alimentation de la nappe. Les débits liquides et les crues du cours d'eau d'oued N'Fis s'écoulent sans que la nappe profite de ces volumes d'eaux.

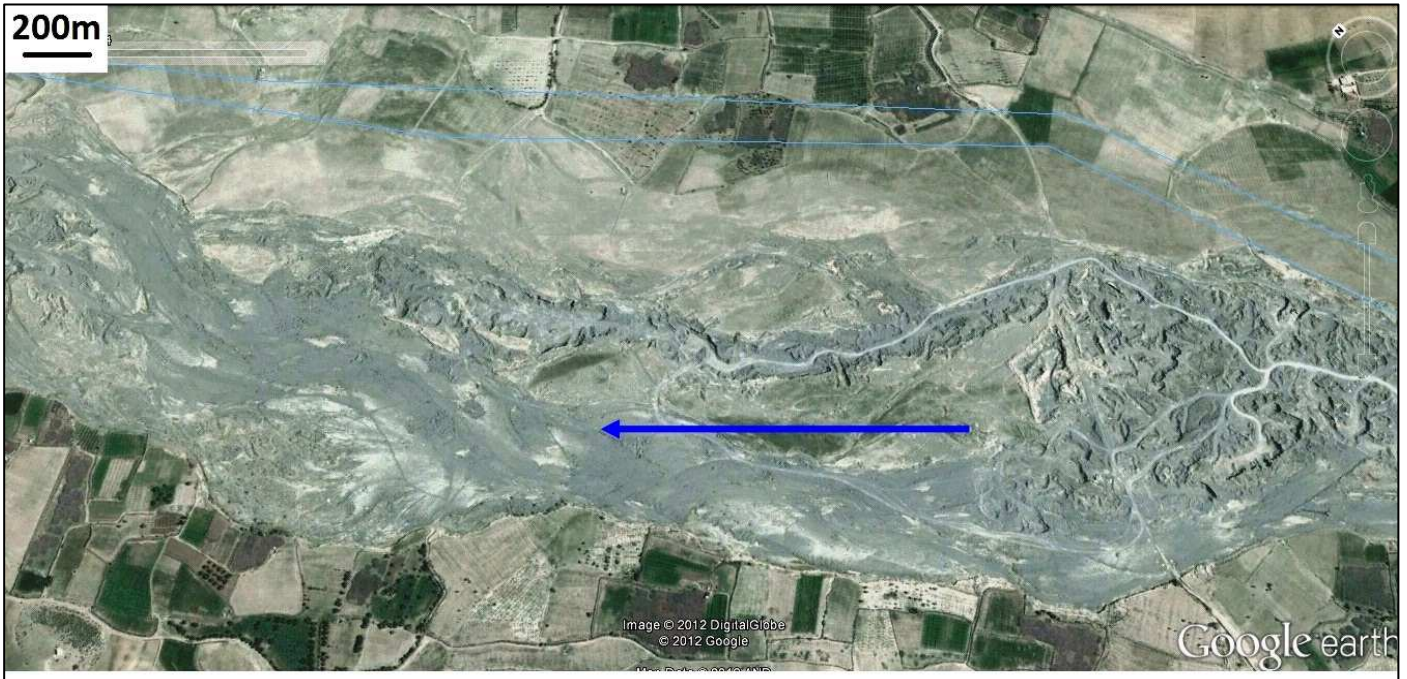


*Ph.V-3 : Vues montrant l'apparition du substratum résultant de l'érosion régressive suite à l'extraction des matériaux alluvionnaires à gauche (Loudaya) et à droite (Agafay)*

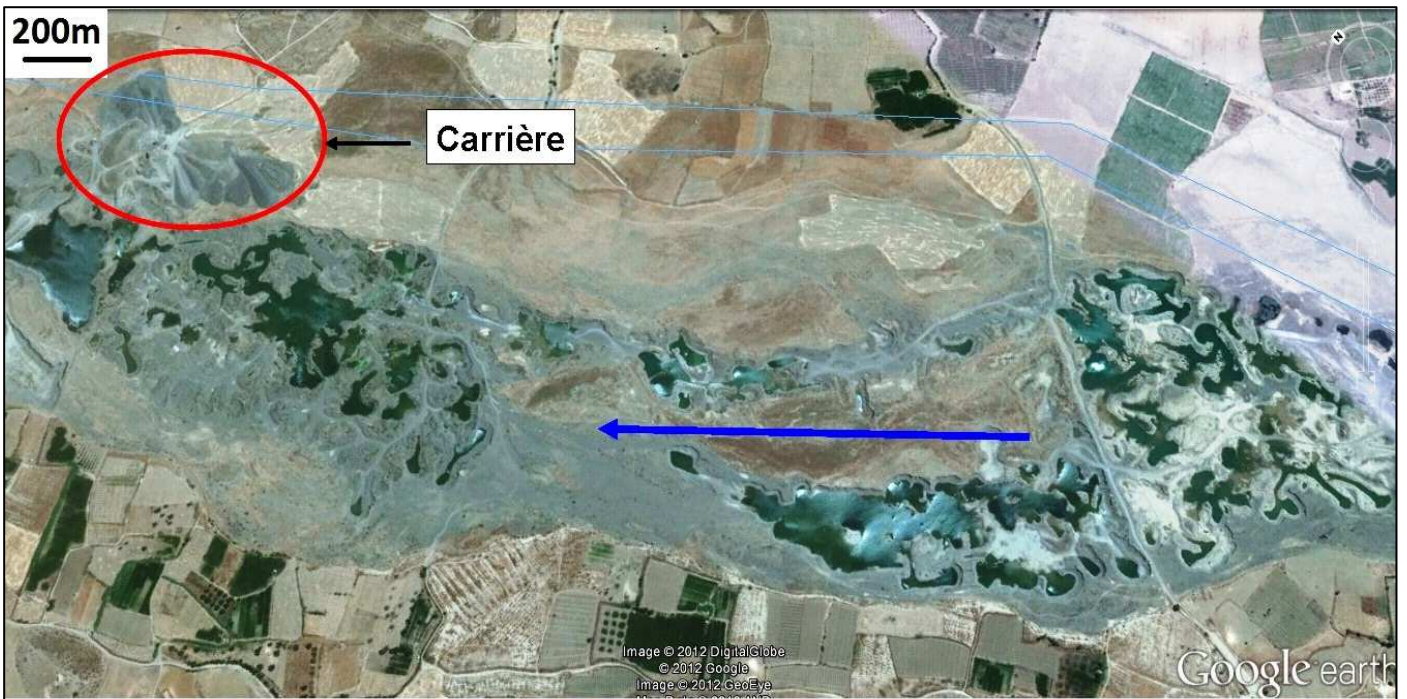
Aussi les rejets des eaux boueuses ou de poussières issues de concassage et du lavage des matériaux élaborés ont pour effet de réduire la perméabilité des couches alluvionnaires et par suite, l'alimentation de la nappe à travers ces couches.



Les photos suivantes (Ph. V-4 et Ph. V-5) montrent la comparaison de la couverture d'une zone d'oued N'Fis entre deux dates différentes : 2004 et 2011. On remarque sur la couverture qui correspond à 2011 que l'installation de la carrière s'accompagne avec la création et l'épandage des zones de stagnation des eaux de lavages.



*Ph.V-4 : vue aérienne témoinne (2004)*



*Ph.V-5 : Vue aérienne montrant les zones de stagnation des eaux de lavage des matériaux élaborés par la carrière installée (2011)*



Ainsi l'extraction des matériaux cause un abaissement du niveau des nappes et perturbations des relations rivière-nappe, notamment par colmatage ou abaissement excessif de la ligne d'eau à l'aval de l'extraction.

Les schémas suivants montrent les effets d'une extraction sur la piézométrie.

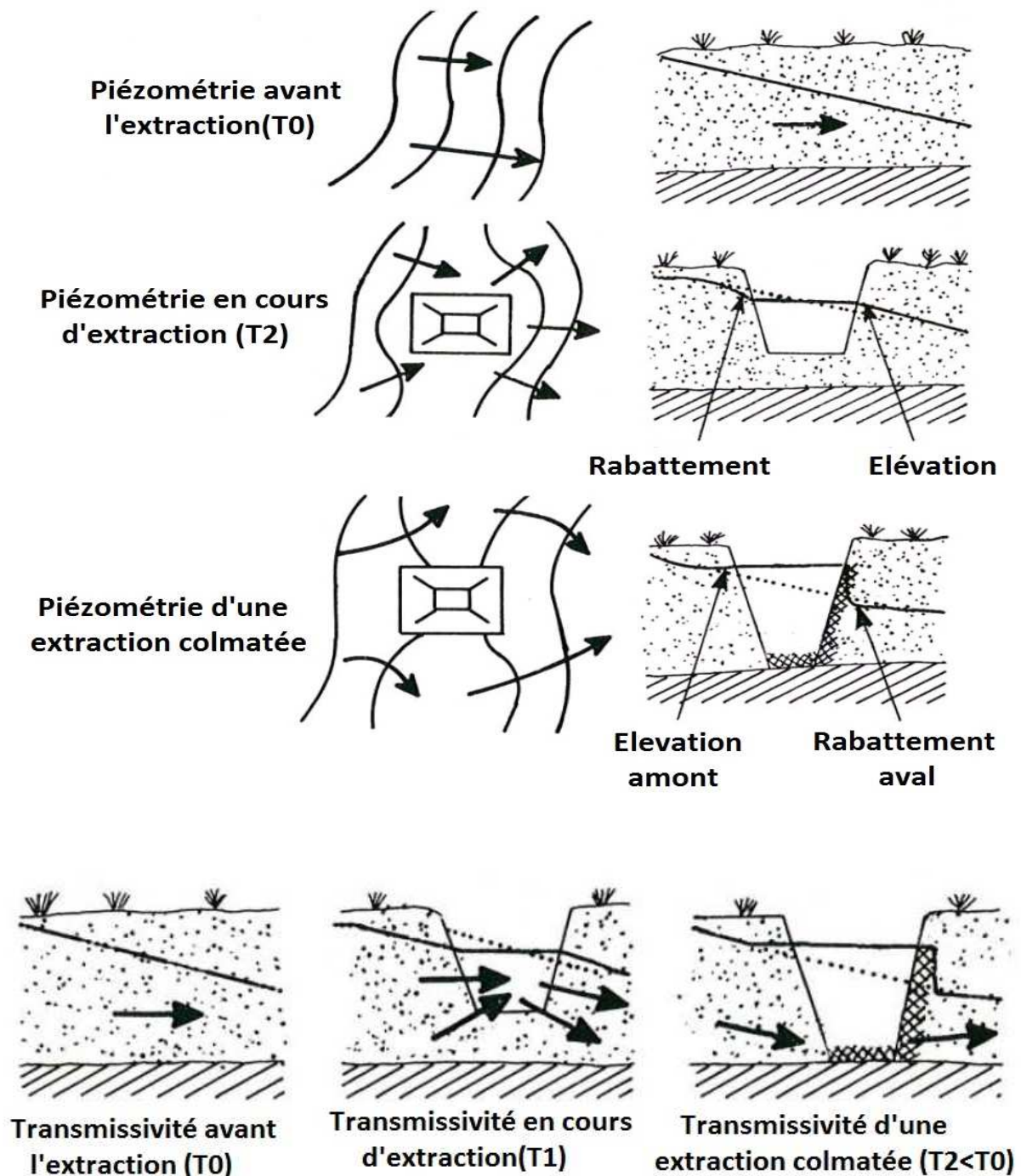
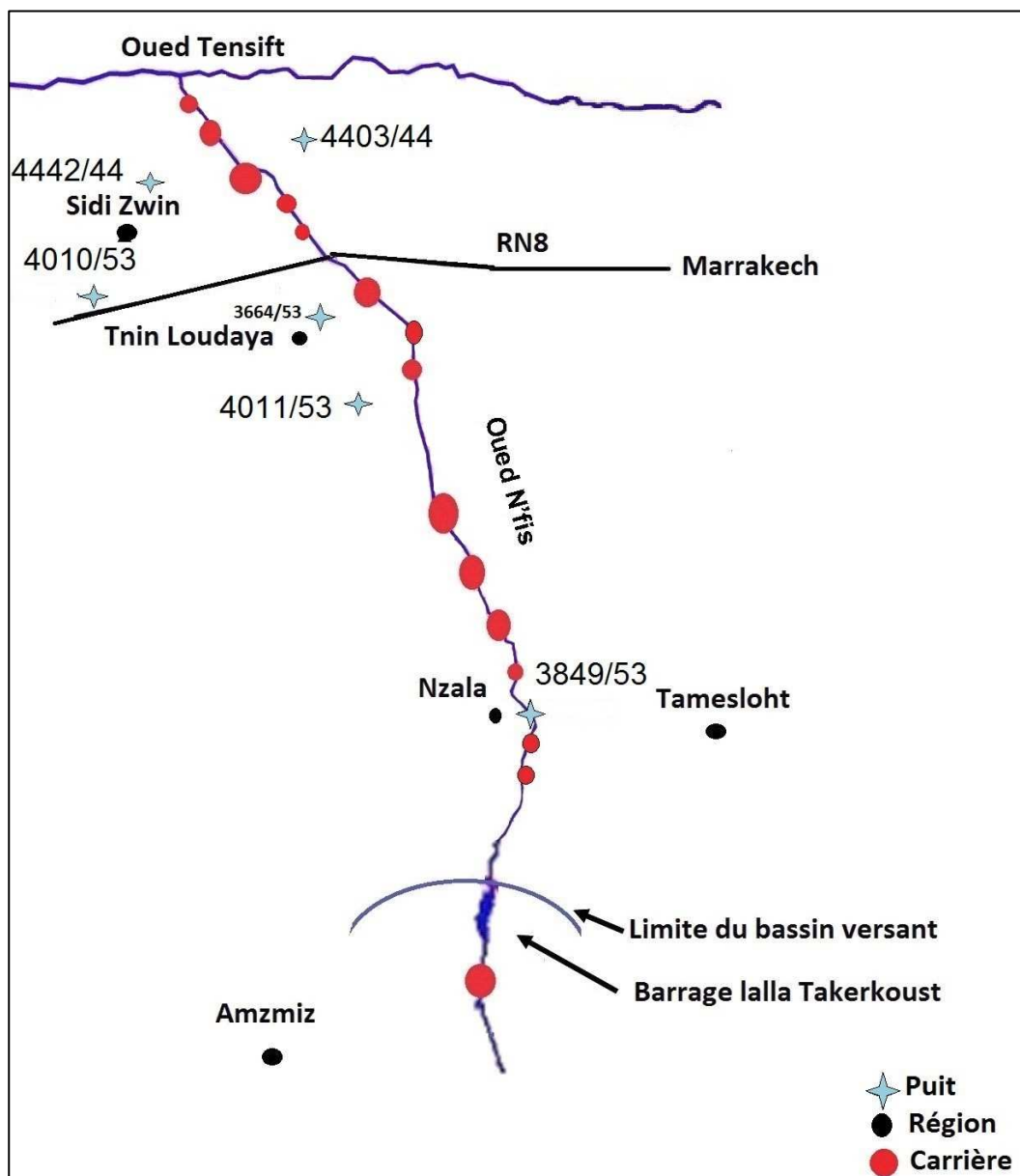


Fig.V-2: Effets d'une extraction sur la piézométrie (Archimbaud, 1982)

## 2. Résultats

L'observation des données de mesures de la piézométrie des puits, situés à proximité des carrières et appartenant à la nappe Haouz Mejjat qui est située au niveau d'Oued N'Fis montre une tendance générale de baisse du niveau piézométrique dans ces puits.

Le tableau en annexe n°5 fournit par l'ABHT montre les coordonnées géographiques de ces puits, les mesures piézométriques et quelques informations sur ces puits, la carte suivante présente l'implantation de ces puits sur la carte topographique de la région.



Carte.V-2 : Situation géographique des puits localisant à proximité des carrières d'oued N'Fis

Les représentations graphiques ci-dessous montrent l'évolution piézométrique au niveau des puits motionnés auparavant sur la carte précédente.

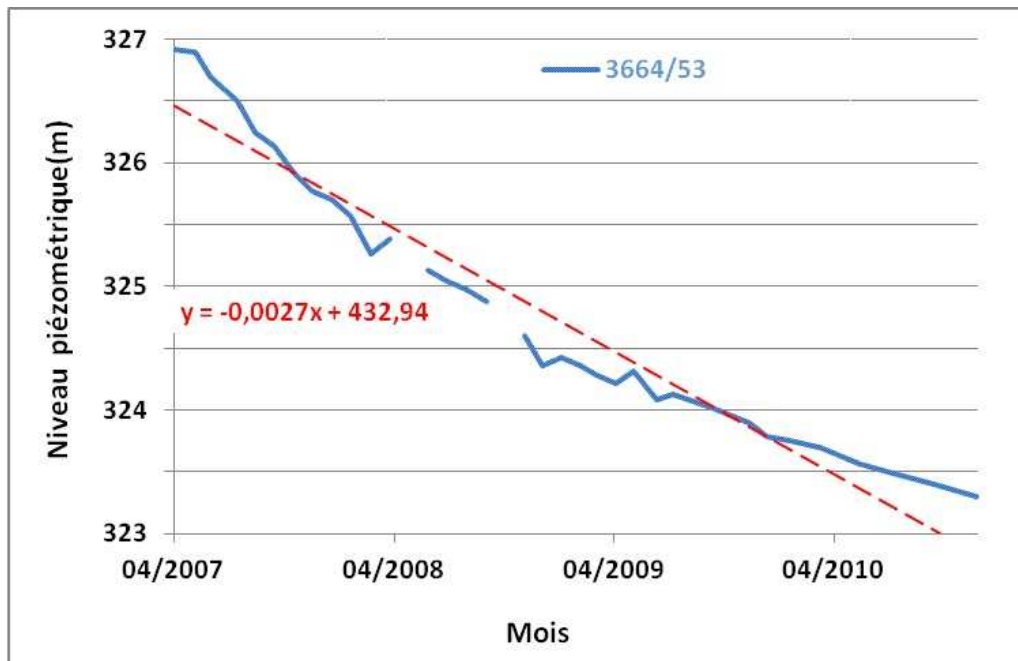


Fig.V-3 : Evolution piézométrique du puit 3664/53 pour la période (04/2007-04/2010)

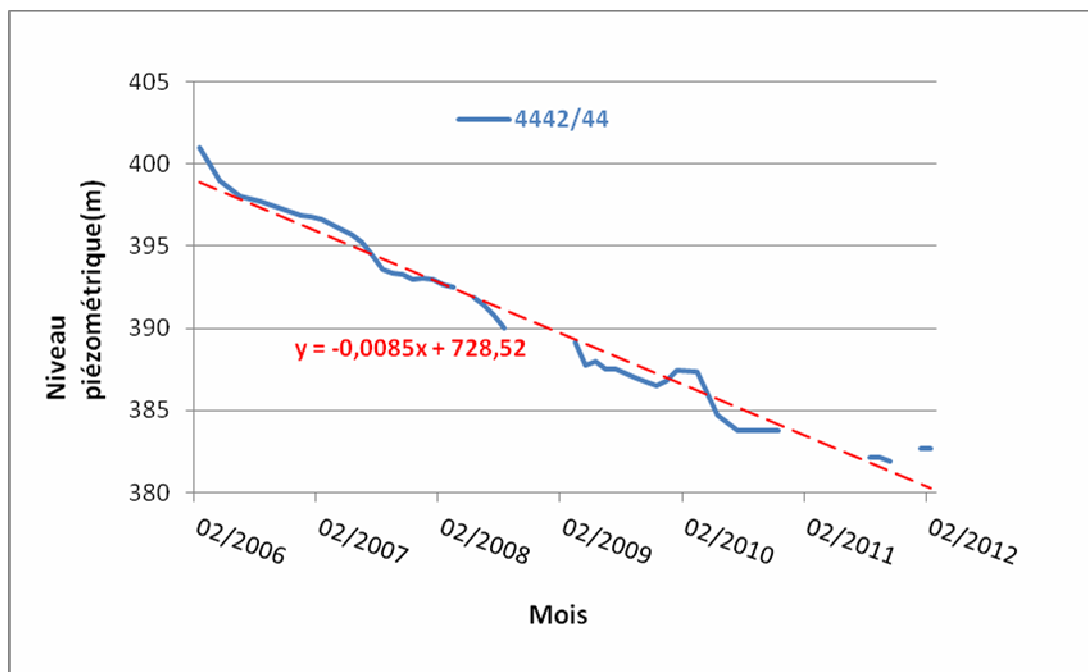


Fig.V-4 : Evolution piézométrique du puit 4442/44 pour la période (02/2006-02/2012)



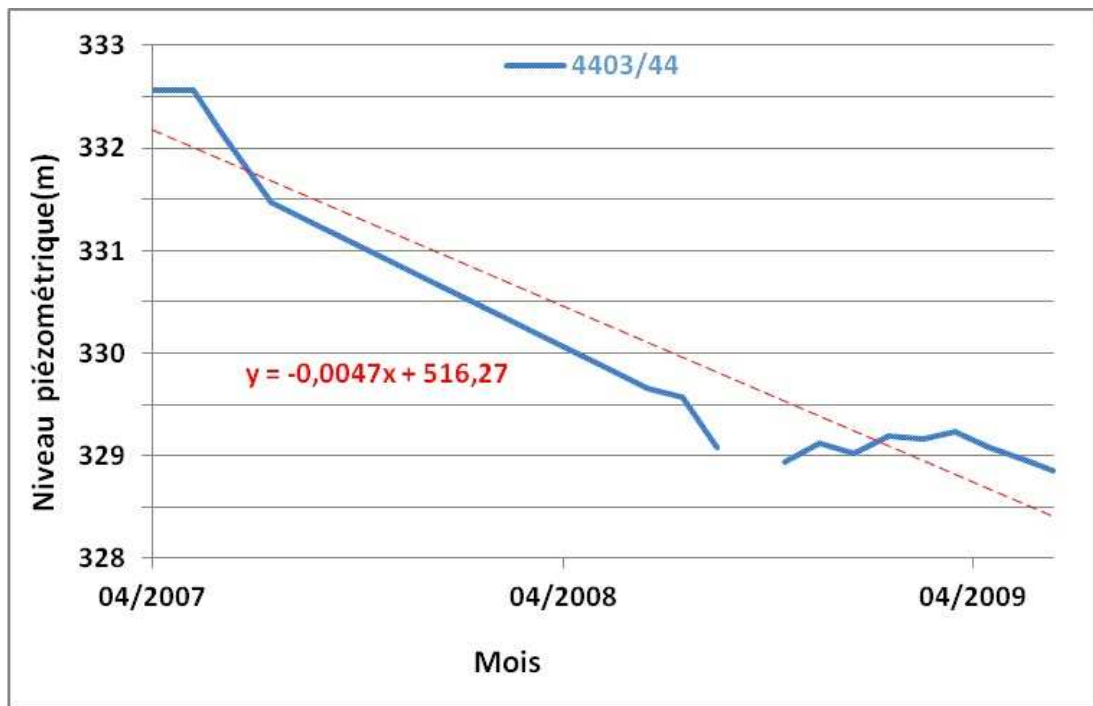


Fig.V-5 : Evolution piézométrique du puit 4403/44 pour la période (04/2007-04/2009)

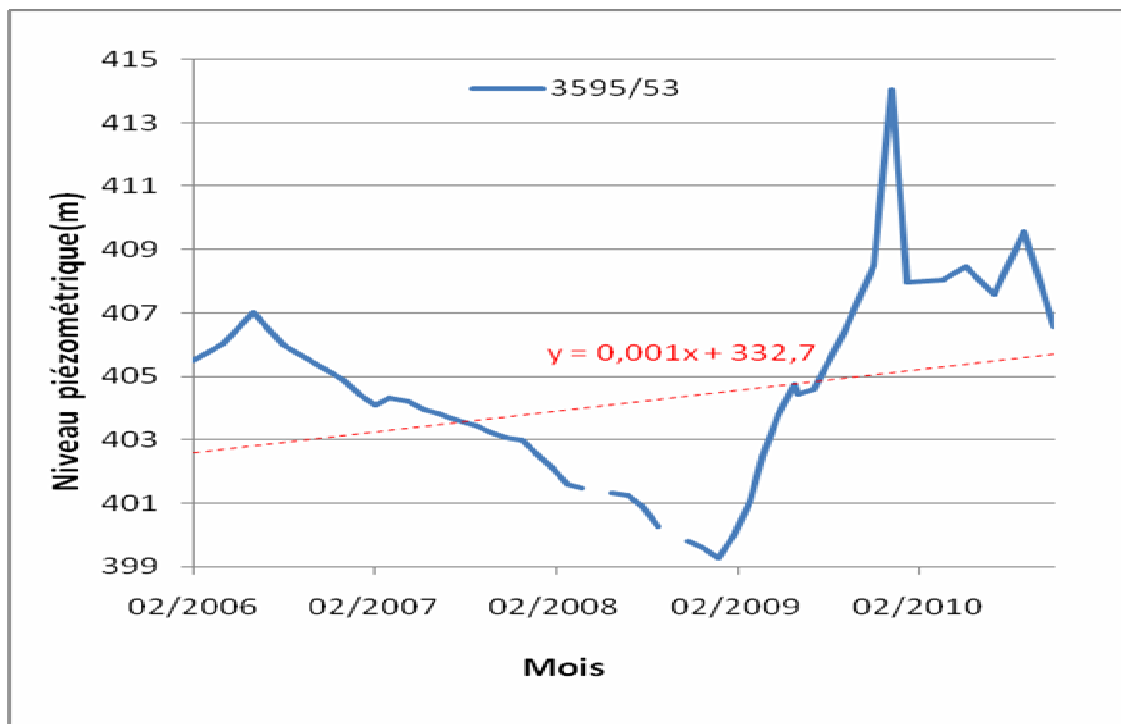


Fig.V-6 : Evolution piézométrique du puit 3595/53 pour la période (02/2006-05/2010)  
(puit témoin)

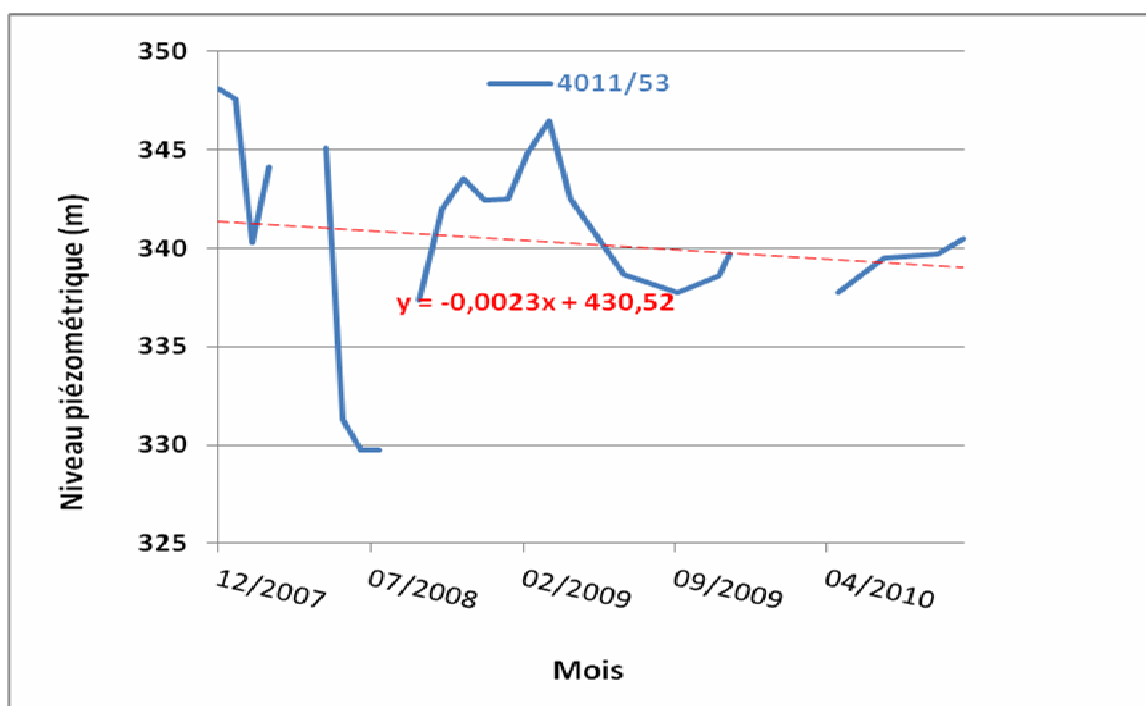


Fig.V-7 : Evolution piézométrique du puit 4011/53 pour la période (12/2007-04/2010)

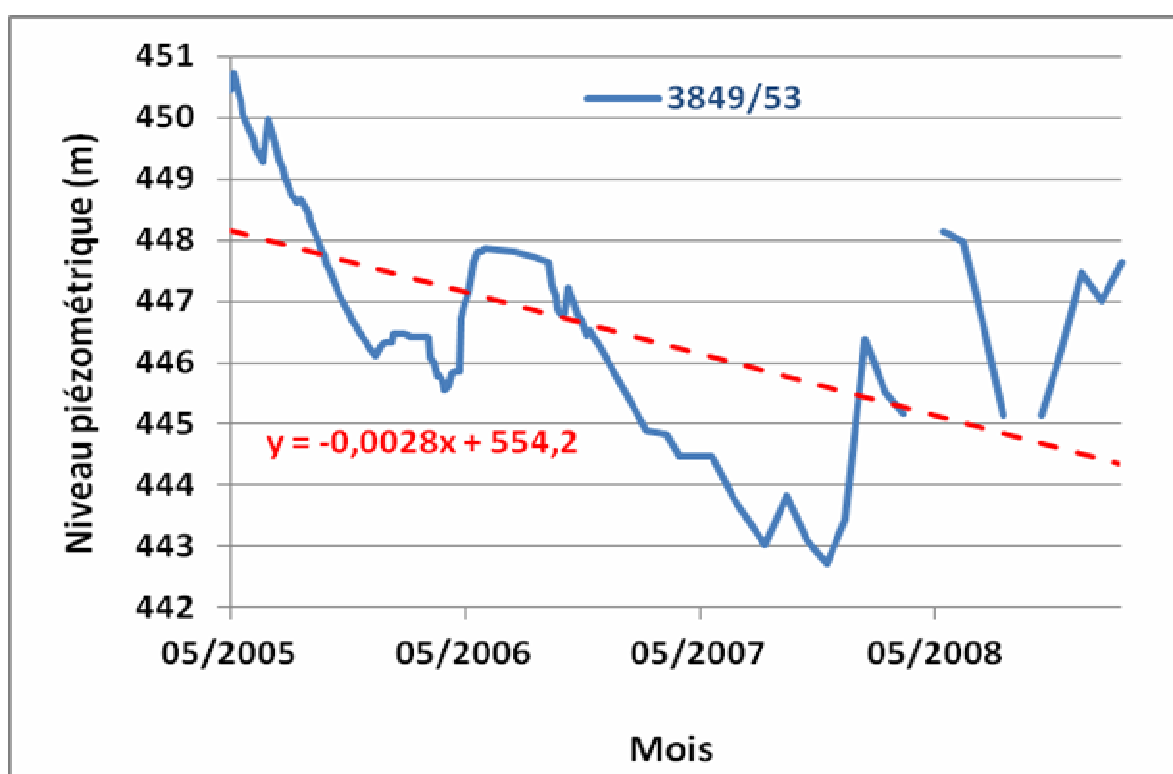


Fig.V-8: Evolution piézométrique du puit 3849/53 pour la période (05/2005-05/2008)

D'une manière générale ces représentations montrent une tendance de la baisse du niveau piézométrique au niveau de la plupart des puits en le comparant avec le puit témoin 3849/53, situé à peu près loin de ces carrières, où on a une augmentation du niveau piézométrique.

La comparaison entre l'évolution du niveau piézométrique des puits (3664/53,4442/44,4403/44), situés dans la zone où il y'a une abondance des carrières, et les autres puits (3849/53, 4011/53) , localisés dans une zone avec faible abondance de carrières, montrent que les puits de la première catégorie présentent une tendance de baisse du niveau de la nappe, et la deuxième catégorie est caractérisée par des fluctuations entre la baisse et la remonté de ce niveau.

On observe, pour la période (02/2006-02/2009) ,que le puit témoin (3549/53) présente une légère diminution du niveau piézométrique de 8m avec un minimum enregistré à 399m. Pour la même période les autres puits (3664/53,4442/44,4403/44), situés à Loudaya et Sidi Zwin, là où il y'a une abondance des carrières, le niveau piézométrique a diminué de 15m avec un minimum enregistré à 380m, 329m, 323m respectivement pour les puits notés auparavant .Après cette période le niveau piézométrique de ces dernier puits a continué sa diminution au contraire au puit témoin qui montre une brusque augmentation de 14m avec un maximum à 414m.

## **Chapitre VI : Mesures d'atténuation et de compensation des impacts, proposition d'aménagement**

Les carrières de sables ou graviers constituent un maillon important de la filière du bâtiment et des travaux publics. Elles produisent, chaque jour, des tonnes de matériaux nécessaires pour la réalisation des projets d'habitat et d'infrastructures nécessaires au développement des villes et régions. L'existence de ces carrières donc nécessaire, voir primordial pour entretenir et accompagner les développements économiques et urbanistiques des régions de notre pays.

L'exploitation de ces carrières au niveau d'oued N'fis est la base d'un enjeu économique pour les communes dans les quelles elles sont implantées par :

- ✓ La création d'emplois, en effet, les carrières objet de la présente étude emploient près de 900 personnes sur les sites de concassage uniquement. Les emplois indirects liés à ces activités peuvent être multipliés par 10, soit près 90.000 emplois indirects dans la région.
- ✓ La contribution aux apports, l'ensemble des carrières objet de la présente étude a une capacité d'extraction annuelle de près de 976.000 m<sup>3</sup>, soit un apport de près de 6 millions de dirham par an aux recettes des communes (ABHT 2001).

Aujourd'hui, l'ensemble des acteurs de la société (politiciens, techniciens, promoteurs et simple citoyen) soulignent, néanmoins, que les règles de gestion et d'exploitation de ces carrières présentent souvent des dangers pour l'environnement, la santé, la sécurité et constituent une menace pour les infrastructures routières des communes où elles sont implantées.

Les composantes les plus touchées par ces activités de carrières au niveau d'oued N'fis pour l'année 2011 recensés par l'OROMVA-Haouz sont :

- ✓ L'agriculture
  - Les fosses créées par l'extraction des matériaux alluvionnaires au niveau de la région d'Agafay causent une déviation de l'écoulement vers la rive gauche d'oued N'fis ce qui accentué l'érosion et l'effondrement de cette berge causant le départ de 2 hectares de la culture des abricots,
  - L'approfondissement du cours d'eau au niveau de la région de Souihla, a pour

conséquence de la mise hors service des prises d'eau (Taziouant, Tirgag et Handak) ce qui a causé la baisse de rendement de 300 arbres d'oliviers,

- L'atteinte à la qualité des sols et les cultures qui y poussent par les poussières générées par les activités de transport et de concassage des matériaux a causé la destruction de 6 hectares de cultures au niveau de la région de Loudaya au niveau de Douar Hmar (3hectares des raisins, 2 hectares abricots, et 1 hectare d'oliviers).
  - La baisse du niveau piézométrique de 11m au niveau des puits situés dans la région d'Agafay de 5m au niveau des puits situés dans la région de Souihla et 15m au niveau de la région de Loudaya s'ajoute à ces impacts causant des baisses des rendements agricoles par la diminution d'irrigation.
- ✓ La population la plus touchée par les impacts des carrières est celle de Loudaya. Cet impact se présente d'une part dans les dysfonctionnements respiratoires et des allergies ophtalmologiques dues aux poussières. Ces maladies ont affectées 80% des riverains des douars Hmar et Fnajir et 60% des riverains de douar Oulad maki localisé à peu près loin des carrières. Et d'autre part dans des pièges mortels par les zones de stagnations des eaux boueuses c'est le cas d'un enfant de 10ans au niveau de douar Rmitat.
- ✓ Le réseau routier :

Les impacts sur le réseau routier desservant des carrières consistent essentiellement en une agressivité importante due à un trafic exclusif en poids lourds qui accélère la fatigue des chaussées, des routes nationales et régionales, du fait que les hypothèses de dimensionnement de ces chaussées basées sur celles du catalogue de structure des chaussées neuves de la Direction des Routes et de la Circulation Routière(DRCR) ne tiennent, souvent, pas compte de ce trafic exceptionnel. Les routes les plus atteintes par ces poids lourds sont: RN8, RR212 et RP2013.

Dans ce qui suit, nous présentons des propositions d'aménagements des solutions et des recommandations à adopter, afin d'atténuer et de compenser les impacts sur l'environnement et les eaux d'oued N'fis décrits précédemment.

## **I. Mesure d'atténuation d'impact sur la morphologie**

Comme il a été précité, l'extraction dans le lit mineur dans oued N'fis a causé une défiguration et détérioration de la morphologie des sites exploités. Afin de réduire les effets de cet impact il est recommandé de faire une remise en état des lieux.



A la fin de l'exploitation, la totalité des talus obtenus au niveau du site de la carrière devront être taillés à une pente correcte de manière à empêcher tout éboulement de terrain. Il ne devrait pas y avoir non plus de blocs suspendus menaçant de chute : les talus devront être purgés à cet effet et débarrassés de tout élément non adhérent comme montré sur la figure ci-après :

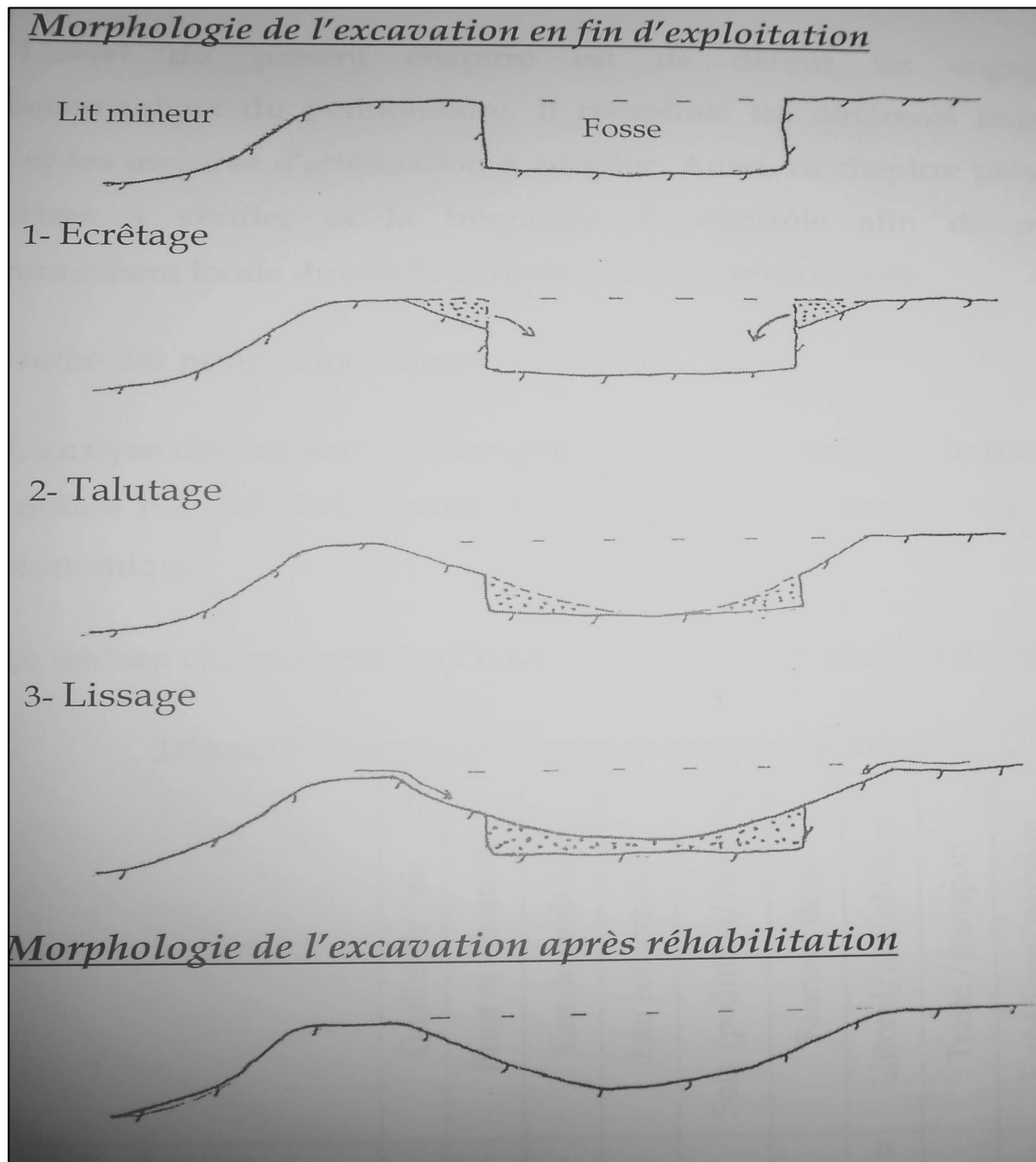


Fig.VI-1 : Méthode détaillée pour la remise en état des zones libérées(In M.CHAKIR.2011)

## **II. Mesure d'atténuation d'impact de poussières**

Afin de réduire les effets liés à l'émission de poussières et pour le bien être de la population environnante, certaines mesures doivent être prises :

- ✓ Le chargement de sable ou de graviers fins ne doit pas dépasser le niveau supérieur de la ridelle des camions,
- ✓ L'arrêt de travail en périodes de vents forts, et l'arrosage des pistes de circulation des camions dans l'oued et les stocks des matériaux de façon régulière,
- ✓ Le bâchage des camions et des stocks en période des vents de forte intensité,
- ✓ Le renforcement de l'écran végétal du périmètre de la station de concassage par l'implantation des arbres pour empêcher le transport des poussières par les vents forts.

## **III. Mesure d'atténuation d'impact sonore**

Comme il a été précité, les stations de traitements des matériaux se trouvent à proximité de populations et les accès aux carrières traversent les douars. Ceci constitue une source de nuisance sonore très considérable gênant les habitants avoisinants. Afin de réduire cette nuisance, plusieurs dispositions peuvent être prises en cours de l'exploitation des carrières selon les activités des entreprises :

- ✓ Nuisances dues à l'extraction des matériaux

Le niveau sonore des moteurs de certains engins d'extraction peut être réduit en assurant un entretien périodique de ceux-ci et particulièrement des silencieux d'échappement.

- ✓ Nuisances dues aux installations de traitement des matériaux

Afin de limiter l'intensité acoustique que les installations de traitement des matériaux émettent, les carrières sont appelées à :

- Adopter un horaire de travail pour le traitement des matériaux approprié, profitant du niveau sonore élevé de la journée, et éviter de travailler la nuit,

- ✓ Nuisances dues à la circulation des engins de transport

Les camions assurant le transport des produits des carrières empruntent des routes traversant des agglomérations. La réduction de la nuisance sonore générée par ces camions peut être assurée par les mesures suivantes :

- Limiter la vitesse de circulation des camions à la traversée des agglomérations,
- Éviter la circulation des camions pendant la nuit.

#### **IV. Mesure d'atténuation d'impact sur la flore**

Afin de pouvoir préserver la flore, il est recommandé de procéder à une récupération de la terre végétale lors de déboisements ou du décapage en vue d'une utilisation ultérieure.

#### **V. Mesure d'atténuation d'impact sur le sol**

Afin de préserver les sols, il est exigé de :

- Assurer les mesures de réduction des émissions de poussières,
- Assurer les mesures pour éviter la contamination par les déchets liquides et les huiles,
- Assurer une bonne gestion des espaces afin de minimiser les surfaces allouées aux activités de la carrière,
- Réhabiliter pédologiquement les terrains libérés de l'exploitation en procédant à leur fertilisation ou enrichissement par des terres d'apports.

#### **VI. Mesure d'atténuation de l'impact sur l'hygiène publique**

L'extraction le transport et le traitement des matériaux sont potentiellement producteurs de poussière et des nuisances sonores. Afin de préserver la sécurité et l'hygiène publique, il est recommandé de :

- Assurer les mesures de réduction des émissions de poussières,
- Assurer les mesures de préservation des eaux,
- Respecter les limitations de vitesse aux traversées des agglomérations,
- Assurer les conditions de sécurité et d'hygiène au niveau des sites de concassage et des zones d'extraction,
- Clôturer le site de carrière et les excavations utilisées par la carrière pour l'épandage des eaux de lavage,
- Eviter, au maximum, la création de zones de stagnation des eaux au niveau des zones d'extraction,
- Entretenir les pistes et accès utilisés par les populations par les engins de la carrière,
- Eviter le travail de nuit,
- Soigner l'état des engins de la carrière et des camions de transport afin de réduire les bruits et les vibrations ressentis par les populations voisines,

- Assurer la propreté à l'intérieur et autour du site de concassage ainsi qu'au niveau des zones d'extraction.

## **VII. Impacts sur le réseau routier**

Afin de réduire les impacts sur le réseau routier, il est recommandé de:

- Prévoir une signalisation suffisante aux accès à la carrière, conformément au cahier de charge environnemental et à la réglementation en vigueur en matière de signalisation routière,
- Respecter les charges maximales tolérées pour les camions de transport,
- Limiter la vitesse des camions au niveau des accès et aux traversées des agglomérations,
- Bâcher les bennes des camions et assurer leur entretien pour éviter les déversements de granulats sur les routes.

## **VIII. Mesure d'atténuation d'impact sur les eaux**

### **1. les eaux de surfaces**

Les entreprises devront veiller à prendre des mesures visant à éviter toute contamination des eaux de surface. A cet effet, elles doivent :

- ✓ Instaurer les mesures nécessaires évitant les émissions de poussières et leur dépôt à l'extérieur du site d'extraction et de traitement des matériaux. Ces mesures consistent en :
  - L'entretien des pistes d'accès aux sites de carrières,
  - L'équipement des sauterelles pour éviter les émissions de poussières surtout, en périodes de vents,
  - Disposer les stocks de granulats tout autour des unités de concassage afin de constituer un écran empêchant les vents d'emporter les poussières en dehors du site de concassage,
  - Planter un écran d'arbres autour du site de concassage,
  - Bâcher les camions de transport des produits,
  - Arrêter le travail en cas des vents forts.
- ✓ Mettre en place un système de collecte et d'évacuation des divers déchets qui seront générés par l'exploitation de la carrière (déchets métalliques, huiles et hydrocarbures, déchets domestiques...)
- ✓ Contrôler l'état des engins de la carrière et s'assurer de l'absence de toute fuite.



## **2. Les eaux souterraines**

Afin de pouvoir préserver les eaux souterraines, il est recommandé :

- ✓ Eviter les excavations profondes où pourraient stagner les eaux de surface,
- ✓ Eviter l'épandage des eaux boueuses dans les excavations profondes,
- ✓ Obliger les entreprises d'intégrer dans les carrières des unités de clarifications des eaux avec cuves de récupérations des eaux et filtre presse pour la récupération des boues isolées des eaux de lavages.

## Conclusion

Certes, l'exploitation des matériaux à partir de carrières de l'Oued N'Fis est la base d'un enjeu économique pour les communes dans les quelles elles sont implantées d'une part par la création d'emplois directs au niveau des sites de concassage et des emplois indirects liés à ces activités de carrières, et d'autre part par la contribution aux apports financiers aux recettes de ces communes. Mais Le retard accumulé dans le domaine de protection de l'environnement depuis l'indépendance et le non respects de cahier de charges par certaines carrières qui sont actuellement en exploitation ont engendré des impacts dommageables à l'environnement de ces sites.

Le diagnostic de l'état actuel des carrières du cours d'eau d'Oued N'Fis soulèvent les problèmes suivants :

- Des atteintes aux activités agricoles d'une part par la destruction des prises d'eau et les dépôts de poussières sur les terrains agricoles et d'autre part par l'érosion des berges et l'élargissement du cours d'eau de l'Oued,
- Des transformations progressives des sites non réhabilités en décharges des déchets inertes,
- Des perturbations des échanges rivière-nappe ce qui induit une diminution du niveau piézométrique,
- Des atteintes à la santé des riveraines liées à la génération des poussières par les différentes activités des carrières,
- Des atteintes aux réseaux routiers liés aux poids lourds et au trafic exclusif.

Si les critères économiques (besoin local en matériaux alluvionnaires, proximité géographique, apport à l'activité économique) sont en faveur de l'installation de carrières sur l'Oued N'Fis, cependant l'enjeu environnemental est très grand.

Les conséquences financières et sociales sur les communes et les habitants causées par les activités de carrières sur N'Fis seront largement supérieures à tous les bénéfices économiques réalisés.

L'enjeu exige la recherche (à l'échelle nationale et régionale) de solutions qui doivent concilier deux objectifs presque opposés à savoir le caractère stratégique des carrières et leurs impact positif sur le développement du secteur Bâtiment et Travaux Publics et l'impact négatif des carrières sur l'équilibre de l'environnement dans les zones exploitées.

Nous espérons, par ce travail, avoir contribué à l'enrichissement d'un dialogue encore très pauvre au sein des sociétés dans notre pays le Maroc autour de l'étude d'impact de l'exploitation des carrières sur l'environnement.

## Références Bibliographiques

- Vatan A.,(1967)-manuel de sédimentologie, Paris,pp.16-27
- Archimbaud. MM, et al (1982)-Les études d'impact de carrières de matériaux alluvionnaires. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Lyon, 67p..
- Bravard J. Petit F., (2000)-les cours d'eau : dynamique du système fluvial, Paris, 220p..
- El Gharib B.,(2006)- Observations préliminaires sur la réhabilitation des carrières de la commune de Benmansour et utilisation du SIG pour la caractérisation du milieu naturel. Mémoire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat ,98p..
- El Younssi Y., (2011)-Caractéristiques hydrologiques et géomorphologiques du bassin versant du N'fis : Conséquence sur l'envasement du barrage Lalla Takerkoust .Mémoire de fin d'études, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech,76p..
- Mounssif C.El Moukhayar R.et Fadel B., (2011)-Station de concassage « Ghar-Et-Tour », zones d'extraction sur l'Oued N'Fis, commune rurale LOUDAYA Province de Marrakech, Etude d'impact sur l'environnement ,105pp..
- Schumm S.A.,(1977)- Le système fluvial, New York,338p..

### Sites web consultés :

- <http://www.onema.fr/IMG/pdf/chap1-3.pdf>
- <http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=5821>
- <http://www.unifr.ch/geoscience/geographie/ssgmfiches/torrent/5103.php>
- [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca\\_0035113x\\_1952\\_num\\_2\\_7\\_4\\_1149](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca_0035113x_1952_num_2_7_4_1149)
- [http://ddaf38.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/COM\\_ProfilEquilibre\\_cle8b251a.pdf](http://ddaf38.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/COM_ProfilEquilibre_cle8b251a.pdf)
- [http://www.aquaterra-solutions.fr/pdf/guides\\_ats/GUIDEATS-CHAP2.pdf](http://www.aquaterra-solutions.fr/pdf/guides_ats/GUIDEATS-CHAP2.pdf)
- <http://acharef1.blogspot.com/>
- <http://sierm.eaurmc.fr/sdage/documents/note-tech-1.pdf>
- [http://www.msh-clermont.fr/IMG/pdf/13.PIGEON.Au\\_fil\\_1.pdf](http://www.msh-clermont.fr/IMG/pdf/13.PIGEON.Au_fil_1.pdf)

**a**

**n**

**n**

**e**

**x**

**e**

**s**

*Annexe. 1 : Tableau des Classes de pentes de l'oued N'Fis a Imin El Hammam en fonction de la distance. (El Younssi, 2011)*

Distance Km	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	>60
Pente de l'oued	1/100 – 1/60	1/100-1/200	1/93 - 1/100	1/110	1/120	1/100	1/70- 1/6

*Annexe. 2 : Tableau de la répartition hypsométrique du bassin du N'Fis à Imin El Hammam(El Younssi, 2011)*

Tranches d'altitudes (m)	Surfaces élémentaires (km2)	Fractions de surface (%)
770-800	1,4	0,1
800-1200	89,6	7
1200-1600	193	15
1600-2000	305	23,82
2000-2400	322,6	25,2
2400-2800	223,4	17,44
2800-3200	107,6	8,4
3200-3600	27,7	2,16
3600-4000	9,8	0,76
4000-4088	0,2	0,01
total	1280,3	99,89

*Annexe.3 : Tableau des pluies mensuelles d'Oued N'Fis en mm à Imin El Hammam (1968-2010), (ABHT)*

Année	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Total
1968/69						0	80	112	71	18	5		<u>286</u>
1969/70			86	71			82	53	9	0	0	3	<u>304</u>
1970/71	0	19	16	96	69	47	109	163	106	22	0		<u>647</u>
1971/72	0	6	99	17	32		81	15	57	0	0	0	<u>307</u>
1972/73	13	74	84	15	24	22	82	60	11	1	0	6	392
1973/74	0	65	91	98	14	139	101	144	16	12	9	0	689
1974/75	20	13	13	8	9	20	40	145	49	6	0	0	323
1975/76	25	10	24	4	14	28	65	174	105	2	0	2	453
1976/77	10	66	0	49	130	41	47	1	0	11	0	0	355
1977/78	30	87	19	32	83	15	0	69	10	40	0	7	392
1978/79	18	31	0	35	51	40	9	9	3	5	0	0	201
1979/80	56	139	0	2	45	62	103	44	5	9	0	2	467
1980/81	0	44	74	0	22	33	44	11	18	6	0	0	252
1981/82	9	30	7	28	58	29	11	198	96	0	29	0	495
1982/83	17	12	25	40	0	53	22	49	18	0	0	0	236
1983/84	0	20	36	17	4	2	85	33	86	0	0	0	283



1984/85	7	4	52	0	143	25	22	91	53	5	0	0	402
1985/86	0	3	42	14		33	29	19	36	22	0	0	<u>198</u>
1986/87	3	12	38	0	34	44	64	3	1	27	0	0	226
1987/88	13	106	51	32	99	81	53	2	33	0	11	1	482
1988/89	1	52	116	0	33	67	108	75	17	0	0	13	482
1989/90	8	80	33	15	23	0	82	9	20	25	8	2	305
1990/91	7	4	7	44	1	121	172	18	1	7	3	4	389
1991/92	11	27	31	36	0	57	78	71	10	55	0	17	393
1992/93	1	48	25	15	34	31	19	35	13	0	1	0	222
1993/94	2	31	93	39	70	60	62	2	12	0	0	0	371
1994/95	7	75	9	0	0	61	53	92	0	9	0	0	306
1995/96	9	43	22	49	102	74	158	10	55	26	0	0	548
1996/97	11	12	74	106	80	8	35	157	25	5	2	1	516
1997/98	71	60	42	83	33	13	42	29	26	0	0	0	399
1998/99	11	103	0	51	74	74	57	4	13	0	0	2	389
1999/00	1	142	51	41	10	0	0	34	36	0	0	1	316
2000/01	0	28	16	16	34	7	19	32	3	0	0	1	156
2001/02	9	1	17	31	1	21	39	146	37	74	0	0	376
2002/03	0	10	41	25	19	2	38	42	11	23	4	0	215
2003/04	0	184	72	39	0	24	36	77	27	15	2	0	476
2004/05	4	39	35	51	6	49	37	0	15	15	0	22	273
2005/06	0	81	40	22	92	45	1	43	5	29	27	0	385
2006/07	13	64	30	16	22	68	2	86	55	0	0	11	367
2007/08	2	9	61	8	27	21	21	14	35	0	5	0	203
2008/09	40	82	59	31	113	71	90	1	3	30	0	0	520
2009/10	43	3	1	<u>10</u>	62	94	54						<u>267</u>
Moyenne	11,8	48	39,8	31,4	42,7	42,1	55,5	57,9	29,3	12,2	2,6	2,4	363,4

AN / MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	MOY
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	-----

Max	71	184	116	106	143	139	172	198	106	74	29	22	689
Min	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156

Annexe.4 : débits mensuels en m<sup>3</sup>/s à Imin El Hammam (1965-2009) (ABHT)

<b>1965 - 66</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,062	-
<b>1966 - 67</b>	0,578	2,260	7,060	3,020	1,850	3,350	30,400	7,100	6,670	3,100	0,816	0,272	<b>5,540</b>
<b>1967 - 68</b>	0,975	6,290	103,00	17,400	9,490	10,100	13,900	20,400	11,400	5,340	3,460	0,951	<b>16,892</b>
<b>1968 - 69</b>	0,871	1,020	4,790	5,160	12,200	18,500	12,000	6,490	5,150	3,080	0,986	0,188	<b>5,870</b>
<b>1969 - 70</b>	0,123	6,410	7,600	7,500	41,200	11,400	7,940	8,770	4,930	2,900	0,738	0,136	<b>8,304</b>
<b>1970 - 71</b>	0,134	1,960	16,200	12,700	15,700	11,400	9,760	19,800	19,100	10,800	4,400	1,320	<b>10,273</b>
<b>1971 - 72</b>	0,866	1,730	8,030	4,580	3,740	4,820	11,300	10,700	7,190	3,940	1,430	0,417	<b>4,895</b>
<b>1972 - 73</b>	0,529	1,980	2,600	5,730	3,200	3,880	6,190	4,000	1,760	0,871	0,092	0,050	<b>2,574</b>
<b>1973 - 74</b>	0,050	0,243	1,070	2,150	1,600	2,550	11,900	23,800	15,200	5,870	1,850	0,422	<b>5,559</b>
<b>1974 - 75</b>	0,509	0,756	1,050	1,250	1,200	0,811	0,401	3,130	3,420	0,434	0,106	0,028	<b>1,091</b>
<b>1975 - 76</b>	0,086	0,167	0,288	1,370	0,839	2,170	5,580	6,860	9,270	2,760	0,305	0,021	<b>2,476</b>
<b>1976 - 77</b>	3,410	1,900	2,050	1,420	3,480	2,910	1,660	1,490	0,764	0,319	0,046	0,066	<b>1,626</b>
<b>1977 - 78</b>	1,520	0,718	1,270	2,470	25,300	13,000	8,810	6,190	3,170	1,640	0,237	0,067	<b>5,366</b>
<b>1978 - 79</b>	0,082	0,572	1,010	1,190	36,100	21,900	10,500	10,800	6,550	2,780	0,543	0,027	<b>7,671</b>
<b>1979 - 80</b>	0,548	3,130	1,700	1,420	1,460	4,190	29,200	15,600	6,280	2,230	0,345	0,108	<b>5,518</b>
<b>1980 - 81</b>	0,589	2,300	5,130	2,190	1,280	6,850	11,800	8,010	2,920	1,120	0,141	0,009	<b>3,528</b>
<b>1981 - 82</b>	0,000	0,817	0,931	0,799	1,310	1,170	1,340	8,170	6,030	1,220	0,120	0,000	<b>1,826</b>
<b>1982 - 83</b>	0,091	0,004	2,060	0,819	0,791	0,789	1,580	0,689	1,710	0,165	0,104	0,000	<b>0,734</b>
<b>1983 - 84</b>	0,000	2,910	24,800	3,980	1,320	0,554	1,310	0,860	2,100	0,220	0,022	0,000	<b>3,173</b>
<b>1984 - 85</b>	0,000	0,000	4,160	3,250	9,100	9,580	7,020	6,690	9,200	1,690	0,223	0,031	<b>4,245</b>
<b>1985 - 86</b>	0,007	0,099	0,352	0,690	1,100	1,170	12,800	4,650	1,980	0,499	0,056	0,030	<b>1,953</b>
<b>1986 - 87</b>	0,109	0,715	0,485	0,634	5,720	7,820	1,880	0,609	0,725	1,100	0,012	0,000	<b>1,651</b>
<b>1987 - 88</b>	0,003	7,970	33,600	38,800	1,570	33,600	93,600	25,800	10,800	5,300	1,370	0,427	<b>21,070</b>
<b>1988 - 89</b>	0,523	7,370	106,00	13,700	6,150	6,910	11,800	20,000	8,500	4,620	1,460	1,000	<b>15,669</b>
<b>1989 - 90</b>	0,728	32,900	40,900	49,000	18,400	8,370	36,000	16,100	11,800	6,070	2,710	0,447	<b>18,619</b>
<b>1990 - 91</b>	1,880	1,340	0,744	1,480	1,320	2,290	15,000	13,000	4,910	1,880	0,666	0,696	<b>3,767</b>
<b>1991 - 92</b>	0,187	1,020	1,070	62,900	8,780	17,300	34,700	29,200	12,400	6,320	2,140	0,913	<b>14,744</b>
<b>1992 - 93</b>	0,729	1,530	1,660	2,510	2,600	3,120	4,680	2,720	1,860	0,953	0,714	0,141	<b>1,935</b>
<b>1993 - 94</b>	0,002	5,870	16,100	4,970	3,090	4,030	31,100	13,800	4,190	1,080	0,139	2,210	<b>7,215</b>
<b>1994 - 95</b>	0,135	0,958	1,670	0,785	0,657	1,800	3,660	19,400	3,350	0,496	0,336	3,610	<b>3,071</b>
<b>1995 - 96</b>	0,414	0,478	3,210	25,200	31,000	49,800	86,000	75,400	35,200	30,600	2,570	1,430	<b>28,442</b>
<b>1996-97</b>	1,800	1,230	3,310	5,940	14,900	11,000	9,000	22,500	14,400	5,180	1,380	1,510	<b>7,679</b>
<b>1997-98</b>	2,630	2,540	1,620	1,460	2,320	43,000	18,800	11,800	3,540	2,160	0,639	0,225	<b>7,561</b>
<b>1998-99</b>	0,000	0,175	0,642	3,730	3,660	1,780	1,950	1,750	0,249	0,475	0,039	0,713	<b>1,264</b>
<b>1999-2000</b>	0,388	38,500	7,540	6,060	3,990	3,540	8,050	4,640	0,121	0,115	0,042	0,004	<b>6,083</b>
<b>2000-2001</b>	0,000	0,042	0,068	0,192	0,216	0,175	0,192	0,190	0,147	0,021	0,000	0,000	<b>0,104</b>
<b>2001-2002</b>	0,000	0,000	0,159	6,040	1,600	1,720	2,510	18,800	3,810	0,884	0,066	0,062	<b>2,971</b>
<b>2002-2003</b>	0,004	0,001	1,240	11,700	1,280	1,230	2,290	2,200	2,280	1,300	0,310	2,640	<b>2,206</b>

<b>2003-2004</b>	0,456	2,490	4,470	4,830	2,590	5,290	5,630	8,210	7,460	3,580	0,575	0,430	<b>3,834</b>
<b>2004-2005</b>	0,451	4,390	1,520	3,670	2,560	3,250	12,600	7,570	4,240	4,050	3,540	6,450	<b>4,524</b>
<b>2005-2006</b>	1,161	3,716	3,484	5,091	6,585	8,846	6,432	8,961	4,253	1,532	1,295	2,172	<b>4,461</b>
<b>2006-2007</b>	0,849	1,260	1,120	0,971	0,915	2,660	1,030	1,010	0,842	0,722	0,688	0,710	<b>1,065</b>
<b>2007-2008</b>	0,000	0,000	0,979	0,834	1,040	4,750	0,921	0,351	0,167	0,291	0,196	0,090	<b>0,802</b>
<b>2008-2009</b>	0,265	1,86	1,73	0,357	0,388	0,56	4,58	0,783	0,783	1,180	0,506	1,110	<b>1,175</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>0,551</b>	<b>3,526</b>	<b>9,964</b>	<b>7,673</b>	<b>6,828</b>	<b>8,231</b>	<b>13,670</b>	<b>11,139</b>	<b>6,066</b>	<b>3,044</b>	<b>0,870</b>	<b>0,724</b>	<b>6,024</b>

*Annexe 5: caractéristiques des crues maximales annuelles du N'Fis à Imin ElHammam (1980 2006)*

année		date début	date fin	Qp m <sup>3</sup> /s	Qmax moy m <sup>3</sup> /s	Qbase avant m <sup>3</sup> /s	Qbase après m <sup>3</sup> /s	volume 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Temps base (heures)	Temps montée (heures)	coefficient pointe
<b>1979</b>	<b>80</b>	16/03/1980 à 12h	19/03/1980 à 12h	132	34,71	23,6	40,9	8,872	71	6	3,8
<b>1980</b>	<b>81</b>	03/10/1980 à 8h	05/10/1980 à 12h	44,8	10,499	2,05	5,74	1,927	51	6	4,3
<b>1981</b>	<b>82</b>	26/04/1982 à 8h	27/04/1982 à 12h	58,5	14,476	7	8,08	1,407	27	9	4
<b>1982</b>	<b>83</b>	08/11/1982 à 18h	12/11/1982 à 8h	51,4	11,774	0,12	3,4	3,603	85	3	4,4
<b>1983</b>	<b>84</b>	15/11/1983 à 22h	18/11/1983 à 16h	482	97,321	25,1	32,4	22,773	65	12	5
<b>1984</b>	<b>85</b>	09/11/1984 à 1h	10/11/1984 à 18h	86,5	25,17	0	4,46	3,624	40	3	3,4
<b>1985</b>	<b>86</b>	01/03/1986 à 5h	03/03/1986 à 8h	57	30,154	2,2	15	5,428	50	5	1,9
<b>1986</b>	<b>87</b>	27/01/1987 à 16h	30/01/1987 à 12h	156	49,883	0,4	9,8	12,032	67	15	3,1
<b>1987</b>	<b>88</b>	02/11/1987 à 5h	06/11/1987 à 0h	810	172,272	24,4	42,4	55,816	90	9	4,7
<b>1988</b>	<b>89</b>	05/11/1988 à 16h	16/11/1988 à 0h	1220	124,718	56,1	74,7	110,899	247	118	9,8
<b>1989</b>	<b>90</b>	23/10/1989 à 16h	29/10/1989 à 12h	455	99,703	2,7	57,8	49,891	139	28	4,6
<b>1990</b>	<b>91</b>	06/03/1991 à 16h	08/03/1991 à 16h	63,9	16,915	3	11,9	4,323	71	23	3,8
<b>1991</b>	<b>92</b>	07/12/1991 à 2h	12/12/1991 à 16h	446	118,323	63,9	72,7	56,653	133	29	3,8
<b>1992</b>	<b>93</b>	20/12/1992 à 12h	21/12/1992 à 16h	25,8	8,011	2,4	2,8	0,778	27	9	3,2
<b>1993</b>	<b>94</b>	30/10/1993 à 16h	03/11/1993 à 8h	283	72,435	0	28,3	22,686	87	11	3,9
<b>1994</b>	<b>95</b>	17/08/1995 à 16h	18/08/1995 à 6h	501	192,146	0	1,58	8,882	13	3	2,6
<b>1995</b>	<b>96</b>	14/12/1995 à 16h	17/12/1995 à 16h	502	117,236	2,8	31,3	29,965	71	29	4,3
<b>1996</b>	<b>97</b>	21/12/1996 à 16h	24/12/1996 à 16h	70,6	22,348	1,5	10,8	5,712	71	14	3,2
<b>1997</b>	<b>98</b>	07/02/1998 à 16h	12/02/1998 à 20h	274	62,372	9,5	51,48	27,618	123	11	4,4
<b>1998</b>	<b>99</b>	31/05/1999 à 16h	01/06/1999 à 6h	73,7	30,147	0,123	3,65	1,411	13	10	2,4

1999	0	28/10/1999 à 6h	30/10/1999 à 17h	1575	208,2	59,7	59,7	43,5	58	9	7,6
2000	1	21/10/2000 à 15h	22/10/2000 à 17h	0,645	0,186	0,015	0,056	0,017	25	4	3,5
2001	2	31/03/2002 à 12h	06/04/2002 à 22h	110,4	24,027	3,368	5,096	13,32	154	30	4,59
2002	3	13/08/2003 à 12h	15/08/2003 à 19h	364	26,384	1,541	1,7	5,22	55	27	13,79
2003	4	23/10/2003 à 8h	28/10/2003 à 8h	187	11,105	1,32	2,904	4,797	120	14	16,8
2004	5										
2005	6	29/11/2005	à 2h00	52	27	9,8	13,1	22,4	23	8	1,9

*Annexe.6 : les coordonnées géographiques des puits localisant à proximité des carrières d'oued N°Fis, les mesures piézométriques et quelques informations sur ces puits*

N°IRE	3849/53	4442/44	3849/53	3664/53	4011/53	3595/53
Coordonnées	X=235143.43 Y=105525.98 Z=480.77	X=220800 Y=121545 Z=460	X=235143.43 Y=105525.98 Z=480.77	X=223975.84 Y=117780.58 Z=384.94	X=224746.54 Y=112819.50 Z=419.08	X=229084.26, Y=104942.67, Z=468.81
PH	-	Équipé par système automatique	-	Système emporté par l'ABHT	-	Équipé par système automatique
O2 dissout (mg/l)	-	0	-	0	-	0
T (°C)	20,03	0	20,03	0	24,29	0
Conductivité (µs/cm)	1	0	1	0	1,048	0



N°IRE 3849/53			N°IRE 4442/44			N°IRE 4445/44			N°IRE 3664/53			N°IRE 3595/53			N°IRE 4403/44		
Mois	Prof (m)	NP (m)	Mois	Prof (m)	NP (m)	Mois	Prof (m)	NP (m)	Mois	Prof (m)	NP (m)	Mois	Prof (m)	NP (m)	Mois	Prof (m)	NP (m)
mai-05	29,55	450	févr-06	59	401	avr-07	41,44	332,56	avr-07	58,08	326,92	févr-06	74,5	405,5	avr-07	41,44	332,56
mai-05	29,27	451	avr-06	61,01	398,99	mai-07	41,44	332,56	mai-07	58,1	326,9	avr-06	73,98	406,02	mai-07	41,44	332,56
mai-05	29,52	450	juin-06	62	398	juin-07	41,84	332,16	juin-07	58,3	326,7	juin-06	72,98	407,02	juin-07	41,84	332,16
mai-05	29,71	450	août-06	62,3	397,7	juil-07	42,53	331,47	juil-07	58,5	326,5	août-06	74,02	405,98	juil-07	42,53	331,47
juin-05	29,94	450	déc-06	63,18	396,82		42,81	331,19	août-07	58,76	326,24	déc-06	75,1	404,9	39307	42,81	331,19
juin-05	30,07	450	janv-07	63,23	396,77		43,33	330,67	sept-07	58,87	326,13	janv-07	75,54	404,46	39339	43,33	330,67
juin-05	30,22	450	févr-07	63,4	396,6		43,39	330,61	oct-07	59,08	325,92	févr-07	75,9	404,1	39370	43,39	330,61
juin-05	30,35	450	avr-07	63,99	396,01		43,51	330,49	nov-07	59,23	325,77	mars-07	75,68	404,32	39401	43,51	330,49
juin-05	30,49	450	mai-07	64,35	395,65		43,43	330,57	déc-07	59,3	325,7	avr-07	75,8	404,2	39431	43,43	330,57
juin-05	30,6	449	juin-07	64,81	395,19		43,33	330,67	janv-08	59,43	325,57	mai-07	76,04	403,96	39462	43,33	330,67
juil-05	30,71	449	juil-07	65,57	394,43		43,52	330,48	févr-08	59,74	325,26	juin-07	76,16	403,84	39493	43,52	330,48
juil-05	30,26	450	août-07	66,45	393,55		43,75	330,25	mars-08	59,61	325,39	juil-07	76,32	403,68	39522	43,75	330,25
juil-05	30,03	450	sept-07	66,65	393,35				avr-08			août-07	76,53	403,47	39553		
juil-05	30,22	450	oct-07	66,76	393,24	mai-08	44,18	329,82	mai-08	59,87	325,13	sept-07	76,78	403,22	mai-08	44,18	329,82
juil-05	30,43	450	nov-07	67,05	392,95	juin-08	44,35	329,65	juin-08	59,96	325,04	oct-07	76,94	403,06	juin-08	44,35	329,65

<b>juil-05</b>	30,68	449	<b>déc-07</b>	66,99	393,01	<b>juil-08</b>	44,43	329,57	<b>juil-08</b>	60,02	324,98	<b>nov-07</b>	77	403	<b>juil-08</b>	44,43	329,57
<b>août-05</b>	30,83	449	<b>janv-08</b>	67,05	392,95	<b>août-08</b>	44,92	329,08	<b>août-08</b>	60,12	324,88	<b>déc-07</b>	77,4	402,6	<b>août-08</b>	44,92	329,08
<b>août-05</b>	30,97	449	<b>févr-08</b>	67,33	392,67	<b>sept-08</b>			<b>oct-08</b>			<b>janv-08</b>	77,86	402,14	<b>sept-08</b>		374,00
<b>août-05</b>	31,12	449	<b>mars-08</b>	67,47	392,53	<b>oct-08</b>	45,06	328,94	<b>nov-08</b>	60,4	324,6	<b>févr-08</b>	78,4	401,6	<b>oct-08</b>	45,06	328,94
<b>août-05</b>	31,28	449	<b>avr-08</b>			<b>nov-08</b>	44,87	329,13	<b>déc-08</b>	60,64	324,36	<b>mars-08</b>	78,51	401,49	<b>nov-08</b>	44,87	329,13
<b>août-05</b>	31,33	449	<b>mai-08</b>	68,1	391,9	<b>déc-08</b>	44,97	329,03	<b>janv-09</b>	60,58	324,42	<b>avr-08</b>			<b>déc-08</b>	44,97	329,03
<b>août-05</b>	31,4	449	<b>juin-08</b>	68,62	391,38	<b>janv-09</b>	44,81	329,19	<b>févr-09</b>	60,64	324,36	<b>mai-08</b>	78,68	401,32	<b>janv-09</b>	44,81	329,19
<b>sept-05</b>	31,34	449	<b>juil-08</b>	69,21	390,79	<b>févr-09</b>	44,84	329,16	<b>mars-09</b>	60,72	324,28	<b>juin-08</b>	78,75	401,25	<b>févr-09</b>	44,84	329,16
<b>sept-05</b>	31,43	449	<b>août-08</b>	70,02	389,98	<b>mars-09</b>	44,76	329,24	<b>avr-09</b>	60,78	324,22	<b>juil-08</b>	79,08	400,92	<b>mars-09</b>	44,76	329,24
<b>sept-05</b>	31,54	448	<b>sept-08</b>			<b>avr-09</b>	44,92	329,08	<b>mai-09</b>	60,68	324,32	<b>août-08</b>	79,73	400,27	<b>avr-09</b>	44,92	329,08
<b>sept-05</b>	31,69	448	<b>oct-08</b>			<b>mai-09</b>	45,03	328,97	<b>juin-09</b>	60,92	324,08	<b>sept-08</b>		480	<b>mai-09</b>	45,03	328,97
<b>sept-05</b>	31,83	448	<b>nov-08</b>			<b>juin-09</b>	45,14	328,86	<b>juil-09</b>	60,87	324,13	<b>oct-08</b>	80,2	399,8	<b>juin-09</b>	45,14	328,86
<b>sept-05</b>	31,96	448	<b>déc-08</b>						<b>sept-09</b>	60,98	324,02	<b>nov-08</b>	80,4	399,6	<b>juil-09</b>		
<b>oct-05</b>	32,13	448	<b>janv-09</b>						<b>nov-09</b>	61,1	323,9	<b>déc-08</b>	80,73	399,27	<b>sept-09</b>		
<b>oct-05</b>	32,24	448	<b>févr-09</b>						<b>déc-09</b>	61,22	323,78	<b>janv-09</b>	80	400	<b>nov-09</b>		
<b>oct-05</b>	32,38	448	<b>mars-09</b>	70,86	389,14				<b>janv-10</b>	61,25	323,75	<b>févr-09</b>	78,95	401,05	<b>déc-09</b>		
<b>oct-05</b>	32,5	448	<b>avr-09</b>	72,25	387,75				<b>mars-09</b>	61,3	323,7	<b>mars-09</b>	77,54	402,46	<b>janv-10</b>		

									<b>10</b>										
<b>oct-05</b>	32,67	447	<b>mai-09</b>	72,05	387,95				<b>mai-10</b>	61,43	323,57	<b>avr-09</b>	76,22	403,78	<b>mars-10</b>				
<b>oct-05</b>	32,81	447	<b>juin-09</b>	72,5	387,5				<b>juil-10</b>	61,51	323,49	<b>mai-09</b>	75,25	404,75	<b>mai-10</b>				
<b>oct-05</b>	32,9	447	<b>juil-09</b>	72,46	387,54				<b>sept-10</b>	61,6	323,4	<b>juin-09</b>	75,54	404,46	<b>juil-10</b>				
<b>nov-05</b>	33	447	<b>sept-09</b>	73	387				<b>nov-10</b>	61,7	323,3	<b>juil-09</b>	75,41	404,59	<b>sept-10</b>				
<b>nov-05</b>	33,1	447	<b>nov-09</b>	73,48	386,52							<b>sept-09</b>	73,63	406,37	<b>nov-10</b>	43,06			
<b>nov-05</b>	33,21	447	<b>déc-09</b>	73,23	386,77							<b>nov-09</b>	71,51	408,49	<b>janv-11</b>				
<b>11/2005</b>	33,3	447	<b>janv-10</b>	72,56	387,44							<b>déc-09</b>	65,95	414,05	<b>mars-11</b>				
<b>nov-05</b>	33,4	447	<b>mars-10</b>	72,65	387,35							<b>janv-10</b>	72,03	407,97	<b>mai-11</b>				
<b>nov-05</b>	33,5	447	<b>mai-10</b>	75,33	384,67							<b>mars-10</b>	71,97	408,03	<b>juil-11</b>				
<b>déc-05</b>	33,59	446	<b>juil-10</b>	76,22	383,78							<b>mai-10</b>	71,52	408,48	<b>août-11</b>	43,52		330,48	
<b>déc-05</b>	33,66	446	<b>sept-10</b>	76,2	383,8							<b>juil-10</b>	72,4	407,6	<b>sept-11</b>	43,56		330,44	
<b>déc-05</b>	33,73	446	<b>nov-10</b>	76,24	383,76							<b>sept-10</b>	70,42	409,58	<b>oct-11</b>	43,71		330,29	
<b>déc-05</b>	33,8	446	<b>janv-11</b>									<b>nov-10</b>	73,43	406,57	<b>nov-11</b>	43,52		330,48	
<b>déc-05</b>	33,88	446	<b>mars-11</b>									<b>janv-11</b>			<b>janv-12</b>	43,42		330,58	
<b>janv-06</b>	33,71	446	<b>mai-11</b>									<b>mars-11</b>			<b>févr-12</b>	43,37		330,63	
<b>janv-06</b>	33,66	446	<b>juil-11</b>									<b>mai-11</b>			<b>mars-12</b>	43,65		330,35	
<b>janv-06</b>	33,67	446	<b>août-11</b>	77,88	382,12							<b>juil-11</b>							
<b>janv-06</b>	33,67	446	<b>sept-11</b>	77,88	382,12							<b>août-11</b>	68,6	411,4					

<b>janv-06</b>	33,54	446	<b>oct-11</b>	78,13	381,87
<b>janv-06</b>	33,53	446	<b>nov-11</b>		
<b>févr-06</b>	33,53	446	<b>janv-12</b>	77,3	382,7
<b>févr-06</b>	33,54	446	<b>févr-12</b>	77,29	382,71
<b>févr-06</b>	33,55	446			
<b>févr-06</b>	33,57	446			

<b>sept-11</b>	67,72	412,28
<b>oct-11</b>	67,34	412,66
<b>nov-11</b>	67,87	412,13
<b>janv-12</b>	66,05	413,95
<b>févr-12</b>	65,32	414,68
<b>mars-12</b>	66,93	413,07

