



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
التعليم العالي و البحث العلمي  
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique.  
جامعة جيجل

Université de Jijel

Géo. 03/14

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Terre et de  
l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم : علوم الأرض و الكون

## Mémoire de fin d'études

01  
01

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en géologie  
Option : Géologie de l'ingénieur

### Thème

*L'eau et ses conséquences sur les infrastructures routières  
de la wilaya de Jijel - le glissement de terrain au niveau de la  
RN77 (PK 17+900)*

Membres de Jury  
Président: Rouikha, Y  
Examinatrice : Kherrouba, H

Présenté par :  
Benhamouda Ismail  
Aries Boudjemàa  
Saidi Nadir



Encadreur(s): M. Tekkouk, R. Benzaid



Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Année Universitaire 2013-2014

# Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Dédicaces

Dédicaces

Introduction générale..... 1

## Chapitre I Présentation de la région

I.1-Situation Géographique..... 2

I.2 Morphologie..... 3

I.2.1 Montagnes..... 3

I.2.2 Plaines et crêtes ..... 3

I.3 Les différents types de réseaux ..... 3

I.3.2 Réseau routier ..... 3

I.4 Climat et couvert végétale..... 4

I.4.1 Climat ..... 4

I.4.2 Couvert végétal..... 4

I.5 problématique et méthodologie de travail..... 4

## Chapitre II Cadre géologique régionale

II.1 Introduction..... 5

II.2 Caractéristiques lithologiques de la région étudiée ..... 5

II.2.1 Description des formations lithologiques de la région de Texenna..... 6

II.2.1.1 Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle..... 6

II.2.1.2 Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna..... 6

II.2.1.3 Les formations de type flysch ..... 6

II.2.1.3.1 Les formations du flysch massylien..... 6

II.2.1.3.2 Les formations du flysch maurétanien..... 7

II.2.1.4 Le Trias..... 8

II.2.1.5 Dépôts détritiques du Quaternaire..... 8

II.2.2	Caractéristiques géologiques du site étudié.....	8
II.2.2.1	Aspect structural.....	9
▪	Le socle Kabyle .....	9
▪	Sous le socle Kabyle.....	9
▪	Sur le socle Kabyle .....	9
II.2.2.2	La tectonique.....	9
II.2.2.2.1	Les charriages.....	10
II.2.2.2.2	Déformations ductiles.....	10
II.2.2.2.3	Déformations cassantes.....	10
II.3	Sismotectonique.....	11
II.3.1	Aperçu sismique de la région d'étude.....	11
II.3.2	Règles parasismiques Algériennes .....	11
II.3.3	Carte sismique de la région de Jijel.....	12
II.3.4	Classes des secousses ressenties dans la région de Jijel.....	13
II.3.5	Analyse sismo-tectonique.....	14
II.4	Conclusion.....	14

### **Chapitre III : Synthèse hydrologique et hydrogéologique**

III.1	Introduction .....	15
III.2	Hydroclimatologie, hydrogéologie de la région .....	15
III.2.1	Hydroclimatologie.....	15
III.2.1.1	Aperçu général sur le climat.....	15
III.2.1.2	Analyse des paramètres climatiques.....	15
III.2.1.2.1	Précipitations.....	15
III.2.1.2.1.1	Précipitations liquides.....	16
III.2.1.2.2	Températures.....	18
III.2.1.3	Synthèse climatique.....	19

IV 3.2 Essais d'identifications géotechnique réaliser au laboratoire	30
III.2.1.3.1 Diagramme ombrothermique .....	19
IV 2.1 Paramètres physiques	30
III.2.1.4 Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite.....	20
IV 3.2 paramètres mécaniques	33
III.2.1.4.1 Calcul de l'évapotranspiration.....	20
IV 4 Diagnostic et causes probables du glissement étudié	34
III.2.1.4.2 Ruissellements et infiltration.....	23
IV 4.1 Analyse de stabilité	34
III.2.1.4.2.1 Ruissellement (R) .....	23
IV 4.2 Description générale du type de GLO-SLOPE	37
III.2.1.4.2.2 Infiltration (I).....	23
IV 5 Techniques de confortement	39
III.2.2 Hydrologie du site.....	23
IV 5.1 Action sur le site au pied du talus	39
III.2.3 Contexte hydrogéologique.....	25
III.2.4 Unités hydrogéologiques .....	25
III.2.4.1 Système aquifère amont.....	25
IV 5.2 Repérage avec carotement	42
III.2.4.2 Système aquifère aval.....	26
III.2.4.3 Relation entre les deux systèmes.....	26
III.3 Conclusion.....	27
...	
<b>Chapitre IV Étude géotechnique</b>	<b>46</b>
IV Introduction.....	28
IV.1 Méthodologie d'étude du glissement de terrain .....	28
Liste des Tableaux	
IV.1.1 Repérage de la zone instable .....	28
Liste des Figures	
IV.2 Etude géotechnique .....	29
IV.3 Campagne de reconnaissances géotechniques.....	29
IV.3.1 Essai géotechnique in-situ .....	29
IV.3.1.1 Sondages carottés .....	29
IV.3.1.2 Essai au pénétromètre dynamique.....	29
IV.3.1.3 Niveau d'eau.....	29

IV.3.2 Essais d'identifications géotechnique réaliser au laboratoire.....	30
IV.2.1 Paramètres physiques.....	30
IV.3.2 paramétré mécaniques.....	33
IV.4 Diagnostic et causes probables du glissement étudié .....	34
IV.4.1 Analyse de stabilité .....	36
IV.4.2 Description générale du logiciel GEO-SLOPE .....	37
IV.5 Techniques de confortement .....	39
IV.5.1 Action sur la buté en pied du talus .....	39
IV.5.1.1 Les enrochements .....	39
IV.5.2 Action sur la topographie par reprofilage du talus .....	41
IV.5.2.1 Reprofilage avec enrochement .....	42
IV.5.3 Action sur l'eau .....	44
IV.5.3.1 Tranchées drainantes .....	44
IV.6 Conclusion.....	46
Conclusion générale.....	47

**Liste des Tableaux**

**Liste des Figures**

**Liste des photos**

**Annexes**

**Bibliographie**

- Introduction générale
- Présentation de la région
- Chapitre II : Cadre géologique local
- Chapitre III : Hydrogéologie et hydrologie de la région
- Chapitre IV : Etude géotechnique
- Conclusion générale et recommandations.

## Introduction générale

Un mouvement de terrain est un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol sous l'effet d'influences naturelles (agent d'érosion, pesanteur, séisme, etc.) ou anthropiques (exploitation de matériaux, déboisement, terrassement, etc.). Ce phénomène comprend diverses manifestations, lentes ou rapides, en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure. Les glissements de terrain sont des accidents graves, parfois de grande ampleur, se produisent soudainement ou peuvent durer plusieurs mois. Ils affectent aussi bien des ouvrages construits par l'homme que des pentes naturelles.

L'intérêt que suscitent les phénomènes d'instabilité de terrain s'est fortement accru ces dernières décennies, surtout en raison des dégâts occasionnés par divers événements catastrophiques. L'augmentation des dégâts et des coûts liés aux instabilités de terrain est devenue une source de préoccupation qui touche presque l'ensemble du territoire national. Il est donc primordial, pour établir des plans d'aménagement du territoire, non seulement d'identifier ces phénomènes, mais également de mieux cerner leur comportement afin d'anticiper des dégâts probables.

Notre projet de fin d'étude est un glissement de terrain situé à environ 1Km au Nord de la ville de Texenna, localisé sur la rive droite de la RN77 en allant de Jijel vers Texenna au (PK17+900)

A l'amont de notre projet de fin d'étude, la géologie, l'hydrologie et l'étude géotechnique sont d'une importance capitale. En effet, à partir de la géologie on détermine la nature, la géométrie et l'extension des différentes unités lithologiques. L'étude hydrologique, nous permet de caractériser le comportement hydro-climatique du secteur étudié. Quand à l'étude géotechnique, elle permet de connaître les paramètres physico-mécaniques du sol étudié, d'étudier la stabilité du versant en question et de proposer les solutions de confortement adéquates.

Cette étude est proposée dans le but d'approfondir nos connaissances sur la manière d'entamer une étude de stabilité d'un talus à travers un diagnostic des causes probables du problème afin de proposer des solutions de confortement techniquement fiables et économiquement raisonnables. La méthodologie suivie comme suit :

- Une consultation des travaux et des études antérieure en rapport avec le sujet d'étude que se soit sur le plan géologique, hydrologique ou géotechnique.
- Des sorties de terrain sur la région d'étude, observations des désordres, analyse du phénomène et réalisation de coupes géologiques;
- Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter une stratégie adéquate pour la stabilisation du site et le confortement de la route.

Pour cela le plan de travail est organisé de la manière suivante :

- Introduction générale
- Chapitre I : présentation de la région
- Chapitre II : Cadre géologique local
- Chapitre III : Hydrogéologie et hydrologie de la région
- Chapitre IV : Etude géotechnique
- Conclusion générale et recommandations.

*1.1 Situation géographique :*

La commune de Texenna a été créée lors du découpage administratif de 1984. Texenna se situe à 18 Km environ au Sud du chef-lieu de la ville de Jijel. Ses coordonnées Lambert sont :

-Longitude : 36°-40°

-Latitude : 5°- 47°

Texenna est limitée administrativement par les communes suivantes :

-Au Nord : Knous.

-A l'Est : Oudjama et Emir Abdellader.

-A l'Ouest : El Apouana et Selma Ben Ziada.

-Au Sud : Erzogoune et Beni-Yadjia.

Texenna est desservie par la R.N77 qui traverse le territoire de la commune et qui relie Jijel à Sétif.

# Chapitre I

La zone de glissement se situe sur la rive droite de la RN77 en allant de Jijel vers Texenna à environ 1 Km au Nord de la ville de Texenna

## Présentation de la région



Fig.1.1 situation géographique du site  
carte topographique de Texenna n° 2NJ-31-VI-43 Ouest

*L.2 Morphologie*

**I.1 Situation géographique :**

La commune de Texenna a été créée lors du découpage administratif de 1984. Texenna se situe à 18 Km environ au Sud du chef-lieu de la ville de Jijel. Ses coordonnées Lambert sont :

-Longitude : 36°- 40'

-Latitude : 5°- 47'

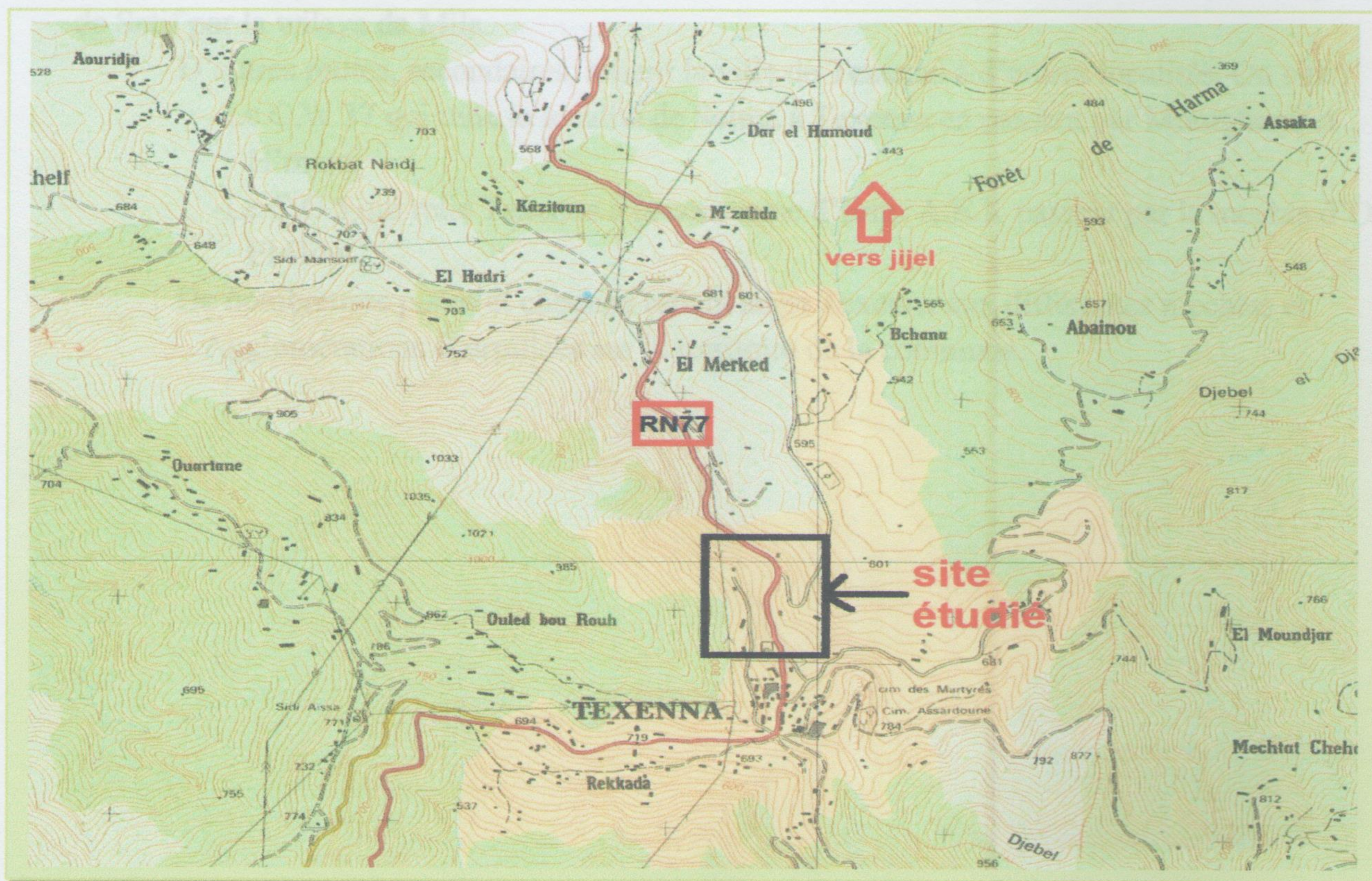
Texenna est limitée administrativement par les communes suivantes :

- Au Nord : Kaous.
- A` l'Est : Oudjana et Emir Abdelkader.
- A` l'Ouest : El Aouana et Selma Ben Ziada.
- Au Sud : Erraguene et Beni-Yadjis.

Texenna est desservie par la R.N77 qui traverse le territoire de la commune et qui relie Jijel a Sétif.

La zone de glissement concernée par cette étude est située sur la rive droite de laRN77 en allant de Jijel vers Texenna à environ1 Km au Nord de la ville de Texenna

la zone d'étude est caractérisé par un relief montagneux. Bien que l'altitude moyenne soit de l'ordre de 700m,localisé sur un versant de pente élevée de l'ordre 40%



**Fig.I.1 situation géographique du site**  
**carte topographique de Texenna n° :NJ-31-V1-42 Ouest**



## **I.2 Morphologie:**

### **I.2.1 Montagnes :**

La topographie de la commune de Texenna est fortement accidentée ; cela est dû à la présence de montagnes abruptes et de nombreux oueds et chaabets qui la traversent. Les montagnes se présentent en deux chaînons, l'un se trouve à l'Est et l'autre à l'Ouest et sont caractérisés par des altitudes qui peuvent dépasser les 1000 m (Djebel Sendouah).

### **I.2.2 Plaines et crêtes :**

Entre les deux chaînons cités plus haut, existe une zone basse où se concentrent la plupart des agglomérations et mechtats. Cette zone s'étend jusqu'aux limites de la commune de Kaous au Nord et, la pente de ses terrains varie entre 0-12%. L'altitude de cette zone varie entre 400 et 800 m et composée de terres cultivables le long des Oueds qui traversent la zone et se dirigeant du Sud vers le Nord.

## **I.3 Aspect socio-économique de la région**

### **I.3.1 Réseau routier :**

Il est constitué essentiellement par la R.N77 qui traverse le territoire de la commune du Nord au Sud séparent celle-ci en deux parties. Cette route relie également la wilaya de Jijel à celle de Setif par la wilaya de Mila.

D'autres routes, secondaires, relient la ville de Texenna à d'autres localités. On cite :

- Le C.W 37 qui relie la localité de Selma à Texenna en passant par Mourghane et H'mara.
- Le C.C 5 qui relie Texenna à la commune d'Emir A.E.K passant par la mechta d'Ooum El Hout.

De nombreuses pistes et chemins relient aussi Texenna aux différentes mechtas et Agglomérations éparpillées sur le territoire de la commune.

---

CW:Chemin wilayal

CC : Chemin communal

### I.4 Climat et couvert végétal :

#### I.4.1 Climat :

La région de Texenna est caractérisée par le climat méditerranéen, influencé par les reliefs et la mer. Ces deux raisons font que le climat de la région est tempéré, avec des températures élevées en été et basses en hiver.

Quant à l'influence du relief sur le climat, se dessine joue le rôle de barrière face aux masses saturées en humidité et froides qui donnent d'importantes précipitations.

#### I.4.2 Couvert végétal :

La végétation couvre une grande partie de la superficie du territoire de la commune. Les plus importantes variétés en nombre sont :

- Le chêne
- Les oliviers
- La bruyère.
- Le doug

## **Chapitre II**

### **cadre géologique local**

La forêt, ou couvert végétal, constitue l'élément principal pour la lutte contre les glissements de terrains et l'érosion.

### I.5 problématique et méthodologie de travail :

Suite à une introduction générale, qui concernera la région de Texenna, d'un point de vue global (situation géographique, climat, ... etc.), ce présent travail traitera deux volets principaux : Dans le premier volet, il sera question de géologie locale, d'hydrologie et d'hydrogéologie. Un aperçu sur la sismicité de la région viendra compléter ce premier volet.

Au terme de ce volet, une conclusion sur les différents points traités sera donnée. Le deuxième volet sera consacré quant à lui à l'étude et au traitement du problème du glissement de terrain, objet de notre étude.

Une approche purement géotechnique (description du glissement, analyse des paramètres physico-mécanique, résistance stabilité, etc...) sera ici détaillée.

Une conclusion résume la caractéristique du terrain et contenant des mesures à prendre pour freiner ce phénomène et protéger ainsi les infrastructures et la construction environnante viendra clôturer ce dernier volet.

## I.4 Climat et couvert végétal :

### I.4.1 Climat :

La région de Texenna est caractérisée par le climat méditerranéen, influencé par les reliefs et la mer. Ces deux raisons font que le climat de la région est tempéré, avec des températures élevées en été et basses en hiver.

Quant à l'influence du relief sur le climat, ce dernier joue le rôle de barrière face aux masses saturées en humidité et froides qui donnent d'importantes précipitations.

### I.4.2 Couvert végétal :

La végétation couvre une grande partie de la superficie du territoire de la commune. Les plus importantes variétés en nombre sont :

- Le chêne liège, le chêne zéne.
- Les oliviers
- La bruyère.
- Le doum.
- Les maquis : diss, pistachier lentisque, etc.

La forêt, ou couvert végétal, constitue l'élément principal pour la lutte contre les glissements de terrains et l'érosion.

## I.5 problématique et méthodologie de travail :

Suite à une introduction générale, qui concernera la région de Texanna, d'un point de vue global (situation géographique, climat,... etc.), ce présent travail traitera deux volets principaux : Dans le premier volet, il sera question de géologie locale, d'hydrologie et d'hydrogéologie. Un aperçu sur la sismicité de la région viendra compléter ce premier volet.

Au terme de ce volet, une conclusion sur les différents points traités sera donnée. Le deuxième volet sera consacré quant à lui à l'étude et au traitement du problème du glissement de terrain, objet de notre étude.

Une approche purement géotechnique (description du glissement, analyse des paramètres physico-mécanique, résistance stabilité, etc...) sera ici détaillée.

Une conclusion résume la caractéristique du terrain et contenant des mesures à prendre pour freiner ce phénomène et protéger ainsi les infrastructures et la construction environnante viendra clôturer ce dernier volet.

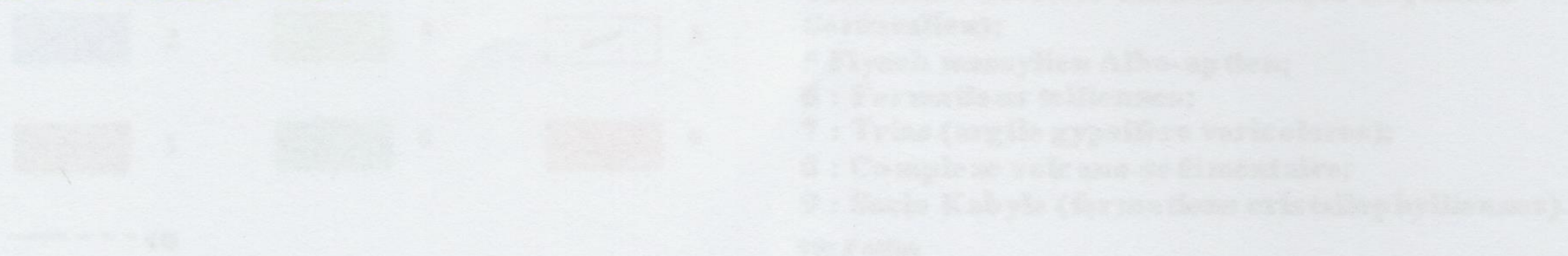


Fig.1.1 : Coupe géologique de la région d'étude (KouikbaY, 2008) modifiée

**II.1 Introduction :**

La région de Jijel appartient au domaine nord atlasique et caractérisée par un relief essentiellement montagneux et exceptionnellement accidenté, a part quelques plaines côtières sur le couloir Kaous-Taher-Chekfa sa géologie est liée a celle de la Petite Kabylie. On a un ensemble de terrains sédimentaires d'âge Mésozoïque couvrant les terrains métamorphique. Ces formations tertiaires reposeraient soit sur le socle Kabyle, soit sur les terrains d'âge crétacé ou sur les séries de type flysch. Des sédiments littoraux couvrent les structures tertiaires individualisées durant le néogène, elles constituent le bassin néogène ou bassin sahélien de Jijel.

**II.2 Caractéristiques lithologiques de la région étudiée**

D'après les travaux de M, Durand Delga (1955), et H, Djellit (1987) sur la région de Texenna, les différents termes lithologiques de cette région et leur dispositif structural peuvent être résumés comme suit :

Du Nord vers le Sud Fig. II.1 on peut distinguer :

- Les formations quaternaires.
- Les formations évaporitiques du Trias.
- Les formations de type flysch.
- Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna.
- Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle.

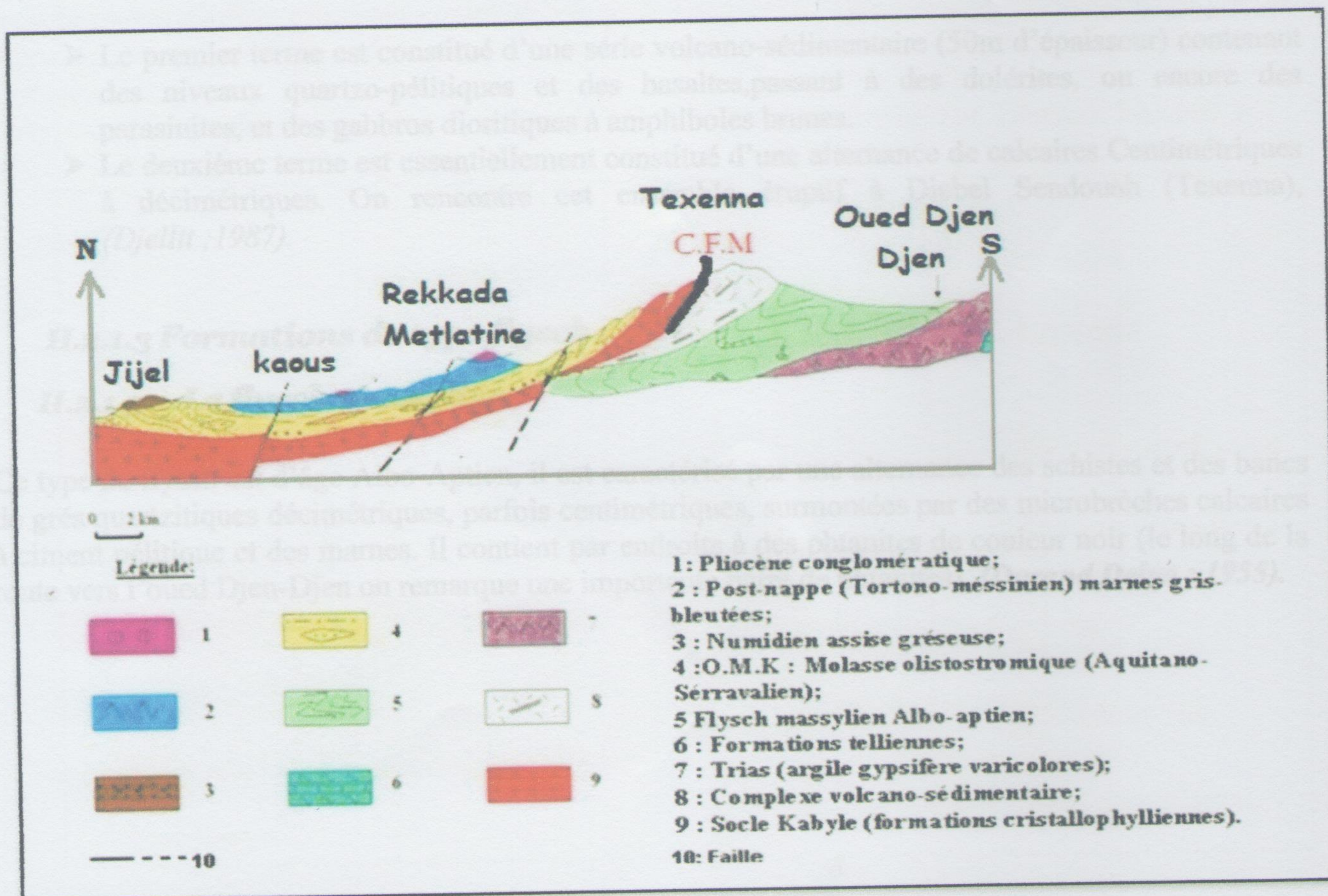


Fig.II.1 : Coupe géologique de la région d'étude (Rouikha Y, 2008) modifiée

## II.2.1 Description des formations lithologiques de la région de Texenna

### II.2.1.1 Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle

Les formations cristallophylliennes du socle Kabyle sont représentées dans la région de Texenna par des gneiss ocellés, et des phyllades. Ils forment la plus basse unité géologique de la région. L'âge Précambrien probable est attribué à ces formations (*Durand Delga ; 1955*).

### II.2.1.2 Les formations du complexe volcano-sédimentaire de Texenna

Ces formations reposent par un contact anormal sur les formations du flysch massylien. Pour *Bouillin (1979)*, le « complexe volcano-sédimentaire » de Texenna représente le substratum Jurassique du flysch maurétanien. Il comporte de bas en haut :

- a) **Un ensemble basal** : d'une épaisseur allant de 200 m à 300 m, il est composé d'un empilement de roches volcaniques à textures variables. Ces roches sont d'épaisseur métrique, foliées et s'organisent en niveaux parallèles entre eux. Cet ensemble débute localement par des Pillow-lava auxquels sont associées des radiolarites recristallisées.
- b) **Un ensemble sommital** : d'une épaisseur de 200 m environ, il est divisé en deux termes :
  - Le premier terme est constitué d'une série volcano-sédimentaire (50m d'épaisseur) contenant des niveaux quartzo-pélitiques et des basaltes, passant à des dolérites, ou encore des parasinites, et des gabbros dioritiques à amphiboles brunes.
  - Le deuxième terme est essentiellement constitué d'une alternance de calcaires Centimétriques à décimétriques. On rencontre cet ensemble éruptif à Djebel Sendouah (Texenna), (*Djellit ; 1987*).

### II.2.1.3 Formations de type flysch

#### II.2.1.3.1 Le flysch massylien

Ce type de flysch est d'âge Albo-Aptien, il est caractérisé par une alternance des schistes et des bancs de grés quartzitiques décimétriques, parfois centimétriques, surmontées par des microbrèches calcaires à ciment pélitique et des marnes. Il contient par endroits à des phtanites de couleur noir (le long de la route vers l'oued Djen-Djen on remarque une importante barre de phtanites), (*Durand Delga ; 1955*).



Photo.II.1 Les formations du flysch Massylien de Texenna.

II.2.1.3.2 Formations du flysch maurétanien

Dans la région étudiée, elles sont constituées l'unité de Guerrouch, représentée essentiellement par des bancs de grès homométrique à cassure verdâtre. L'âge Eocène supérieur-Oligocène est attribué à ces formations.

Ce type de flysch occupe largement la région de M'cid-Echta au Sud-Ouest de Texenna. Figure II.3

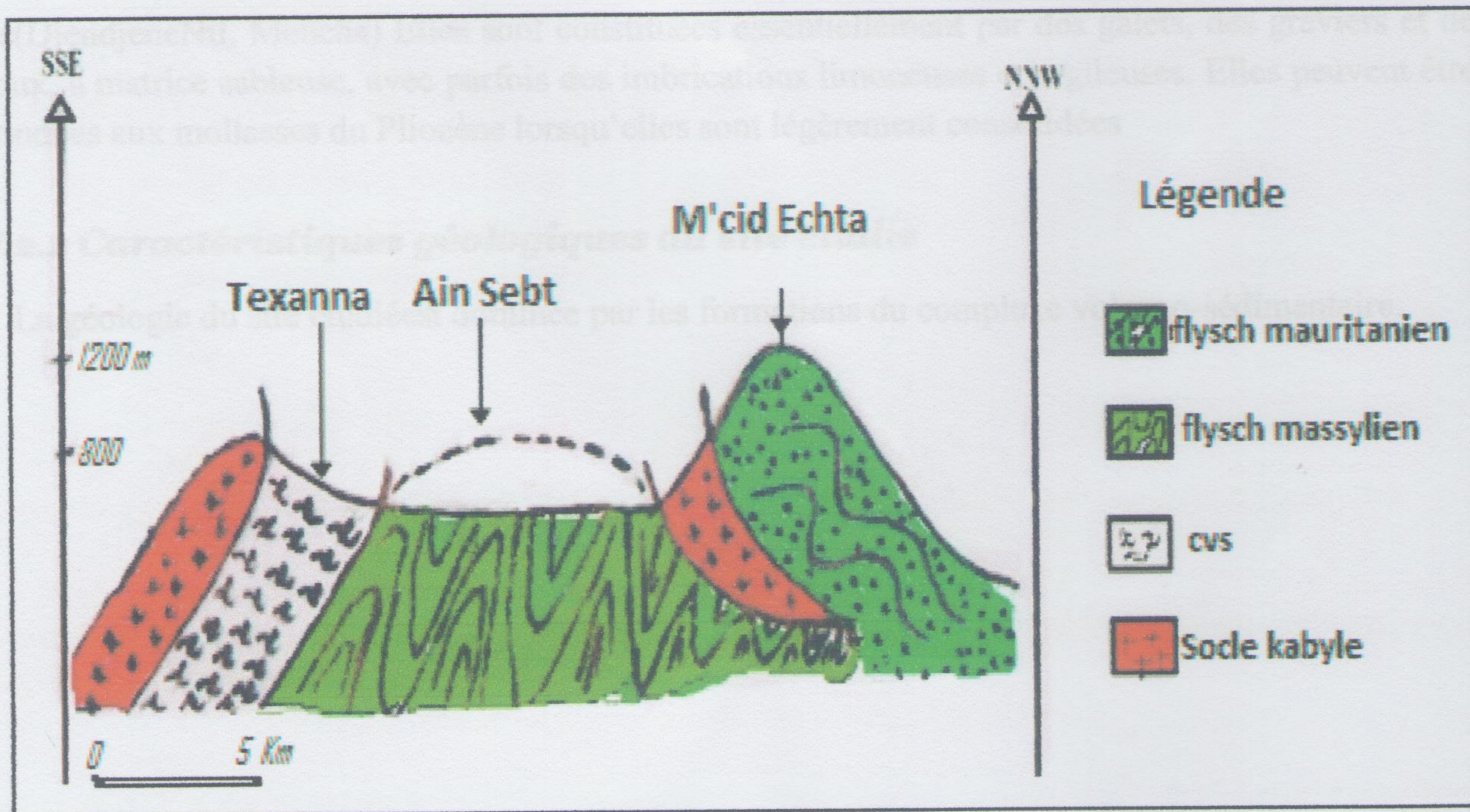


Fig.II.3 : Coupe géologique de la transversale Texenna-M'cidEchta. (Kherrouba .H ; 2008)

### II.2.1.4 Le Trias

Le long de l'oued Djen-Djen on rencontre du Trias diapirique comportant du gypse, des marnes gypsifères, des argiles bariolées, et des argiles de couleur lie de vin (figure.II.4)



**Photo II.2: Photo illustrant du Trias effondré au niveau de l'oued Djen-Djen. (Kherrouba, H ; 2008)**

### II.2.1.5 Dépôts détritiques du Quaternaire

Dans le bassin néogène de Jijel les dépôts détritiques sont constituées de :

- **Alluvions anciennes**

Les alluvions ou terrasses anciennes se limitent principalement aux anciennes vallées de oueds (Djendjene Nil, Mencha) Elles sont constituées essentiellement par des galets, des graviers et de cailloux, à matrice sableuse, avec parfois des imbrications limoneuses et argileuses. Elles peuvent être confondues aux mollasses du Pliocène lorsqu'elles sont légèrement consolidées

### II.2.2 Caractéristiques géologiques du site étudié

La géologie du site étudié est dominée par les formations du complexe volcano-sédimentaire.

### II.2.2.1 Aspect structural

La figure II.3 montre la structure de la région d'étude

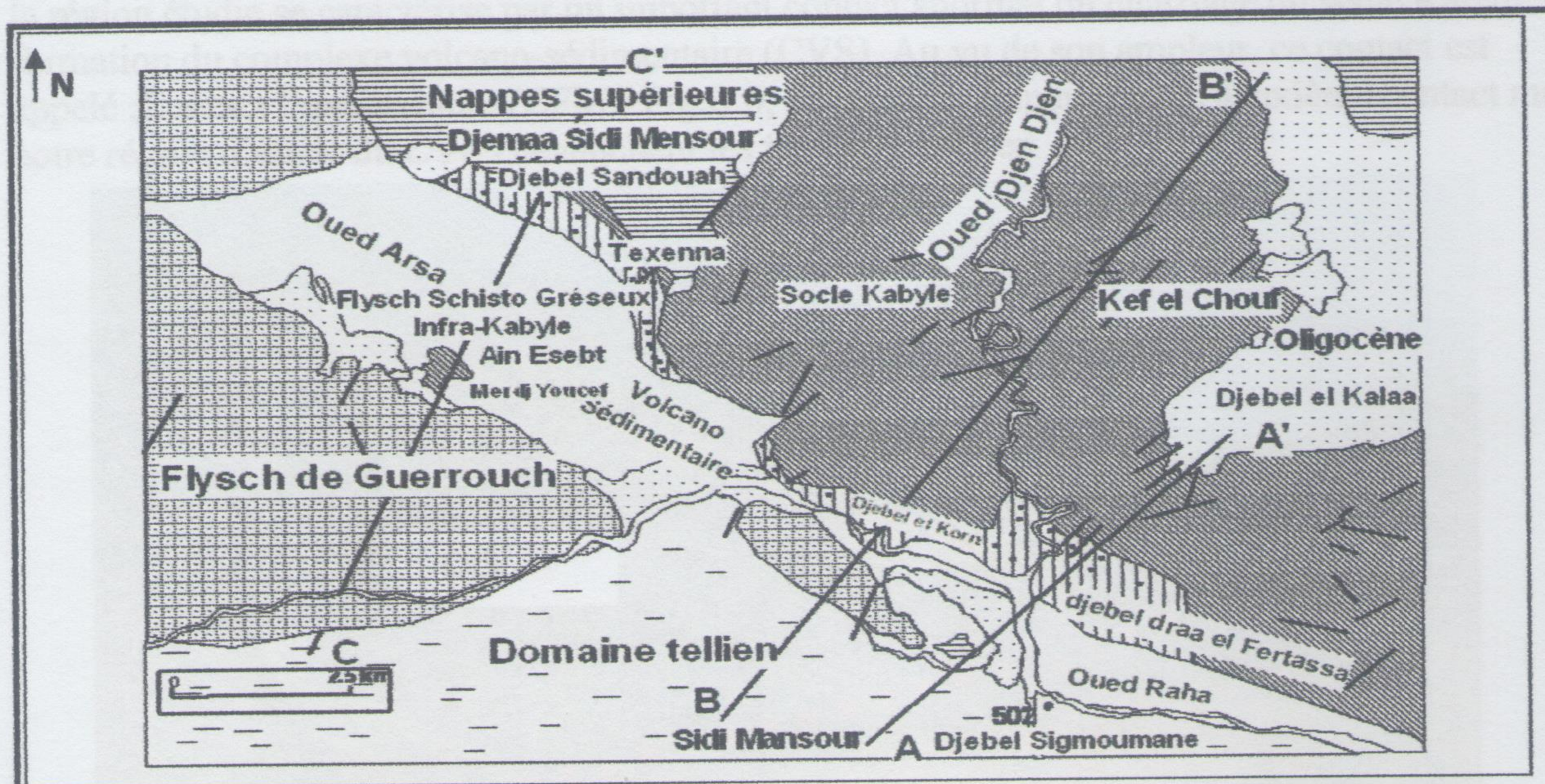


Fig.II.5: Carte géologique de la région d'étude (H. Djellit ; 1987)

L'édifice structural de la région d'étude se présente comme suit :

#### ▪ Le socle Kabyle

Le socle Kabyle dans la région d'étude est composé d'un substratum gneissique, d'un complexe phylladique, un ensemble de psammites, ainsi que calcaires.

- Le substratum gneissique est d'âge anté-Cambrien.
- Le complexe phylladique est d'âge Cambro-Ordovicien.
- Les psammites et calcaires sont d'âge Silurien à Dévonien inférieur à moyen.

#### ▪ Sous le socle Kabyle

Le complexe volcano-sédimentaire : débité en écaillés, chevauche vers le Sud les flyschmassylien

#### ▪ Sur le socle Kabyle

Un ensemble de nappes constituées d'un olistostrome à la base surmonté par le flysch de gerrouch vient directement couvrir le socle.

Le but (socle+nappe) est scellé par les formations miocène terminal et pliocène

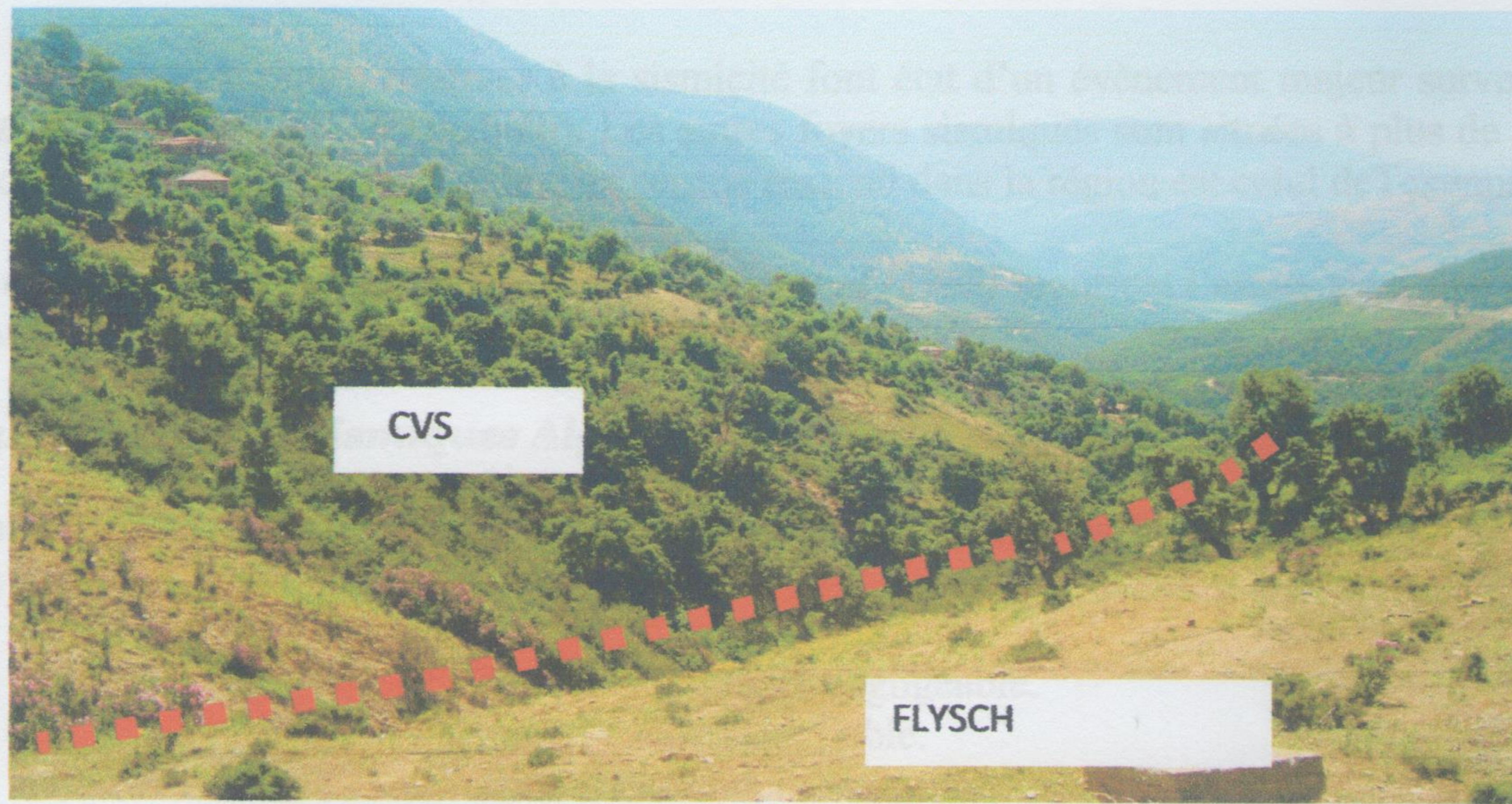
### II.2.2.2 La tectonique

Au niveau de la région d'étude qui constitue la terminaison occidentale de la Petite Kabylie, plusieurs événements tectoniques ont conduit à la structure actuelle. Les différents aspects tectoniques régionaux sont les charriages, les déformations ductiles et les déformations cassantes.



### II.2.2.2.1 Les charriages

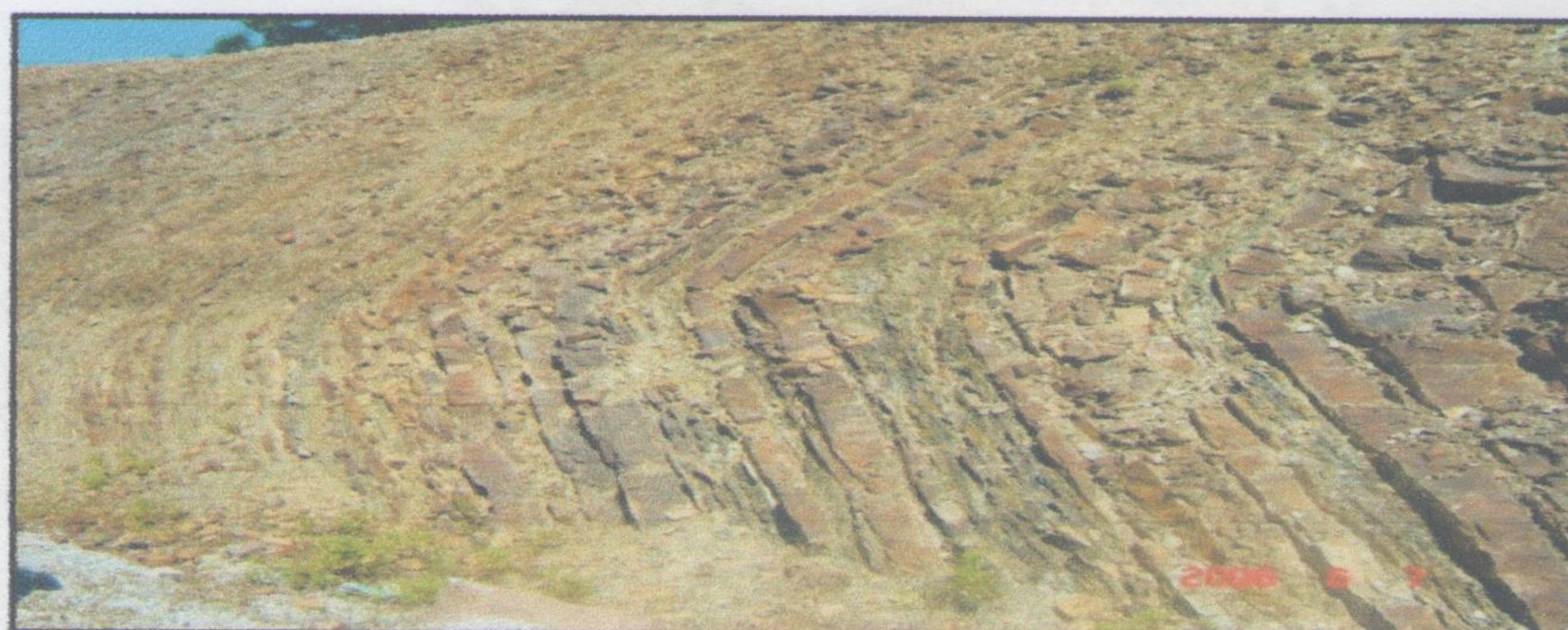
la région étudiée se caractérise par un important contact anormal ou charriage du socle Kabyle sur les formations du complexe volcano-sédimentaire (CVS). Au vu de son ampleur, ce contact est appelé ;Contact frontal majeur (CFM) Fig.II.6, de moindre importance le deuxième contact marquant notre région d'étude du CVS chevauchent les flysch massylien



*Photo.II.6 Contact frontal majeur au-dessous de la RN77*

### II.2.2.2.2 Déformations ductiles

Elles sont matérialisées par les plissements d'axe E-W et N-S visibles dans les formations du socle Kabyle et les formations du flysch massylien, dans celles de la couverture sédimentaire.



*Photo.II.7: Plissement des flysch massylien de Texenna (Kherrouba, H ; 2008)*

### II.2.2.2.3 Déformations cassantes

De grandes failles d'ampleur régionale et des décrochements marquant notre région d'étude à la direction dominante des failles sont N-S, E-W....etc. enregistrées au niveau des formations des lieux étudiés (socle et sa couverture)

## II.3 Sismotectonique

### II.3.1 Aperçu sismique de la région d'étude

La région de Jijel est située dans une région sismique classée (d'après *Bockel, 1999*), comme région pouvant subir des secousses supérieures à l'intensité 8, les épicentres de la plupart des secousses ressenties sont localisées entre Bejaia et Sétif dans la zone des Bibans et des Babors. Cet axe sismique paraît présenter une activité qui s'atténue vers l'Est, où les structures en nappes viennent buter sur les contreforts du socle.

Les données historiques relatives à la sismicité font état d'un événement majeur survenu le **21 Août 1856** au large de Jijel (ex. Djedjelli). Les autres foyers sismiques sont situés à plus de 50 Km du côté Est du barrage d'El-Agrem. Le dernier séisme ressenti dans la région est celui de Texenna 2009.

Les études les plus récentes réalisées par *Yelles et al (1999)* montrent l'existence d'une faille supposée active dans la zone de la pente continentale au large de Jijel.

### II.3.2 Règles parasismiques Algériennes

Selon RPA99 (version 2003) le territoire Algérien est divisé en quatre zones de sismicité décroissante de 0 à III (Fig. II.5):

- Zone 0 : sismicité négligeable.
- Zone I : sismicité faible.
- Zone II : sismicité moyenne
- Zone III : sismicité forte.

La région de Jijel est classée dans la zone de moyenne sismicité (zone II).

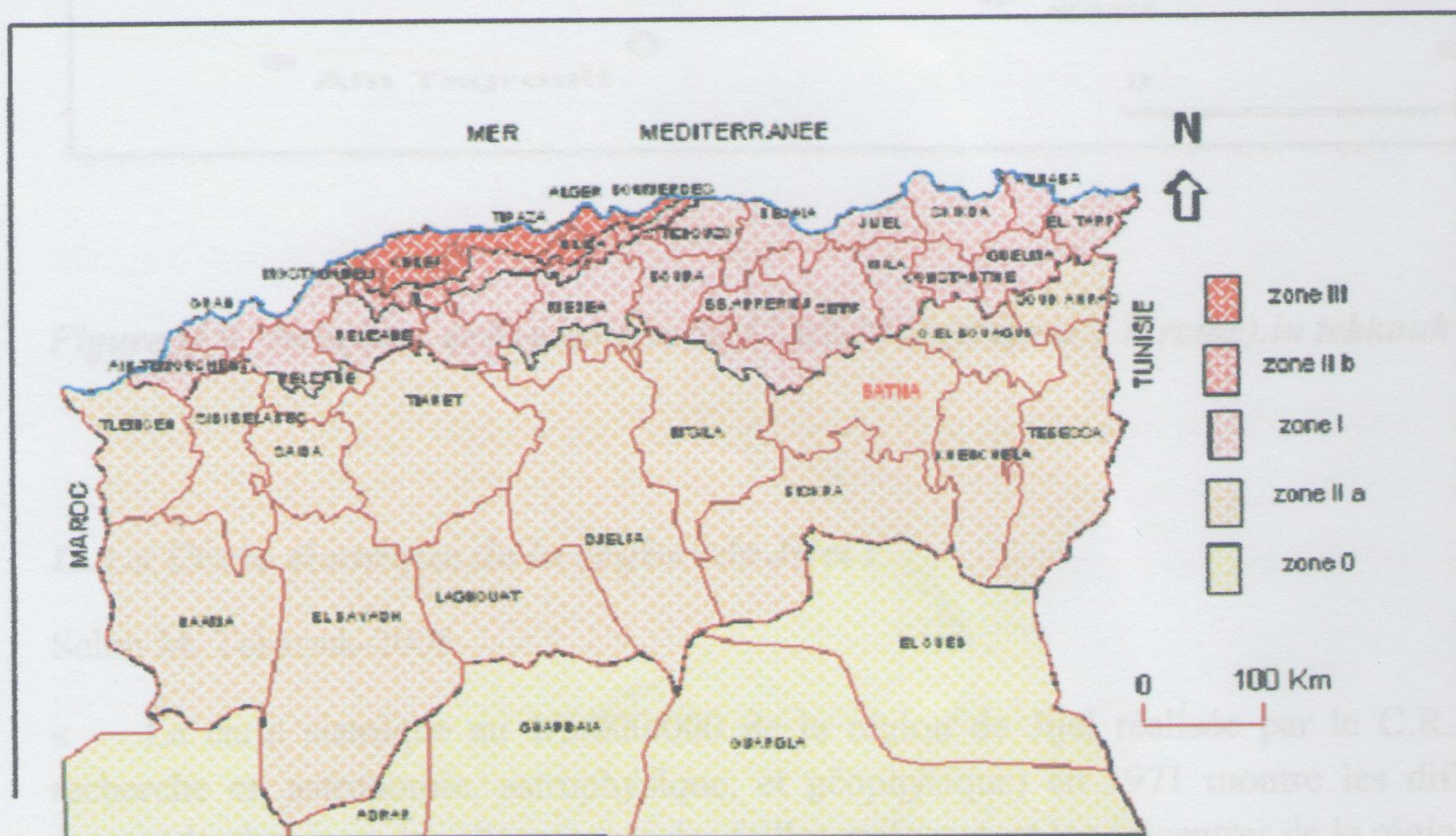


Fig. II.8 Carte sismique de l'Algérie selon le RPA version 2003.

Selon M, Tekkouk 2005

« La plus forte et plus proche concentration d'épicentres par rapport à Jijel se trouve au Sud – Ouest. Il s'agit de Kherrata et sa région Fig II.9, partie intégrante des Babors.

La magnitude des séismes de la région donne naissance à des rayons macrosismiques atteignant facilement Jijel et sa région».

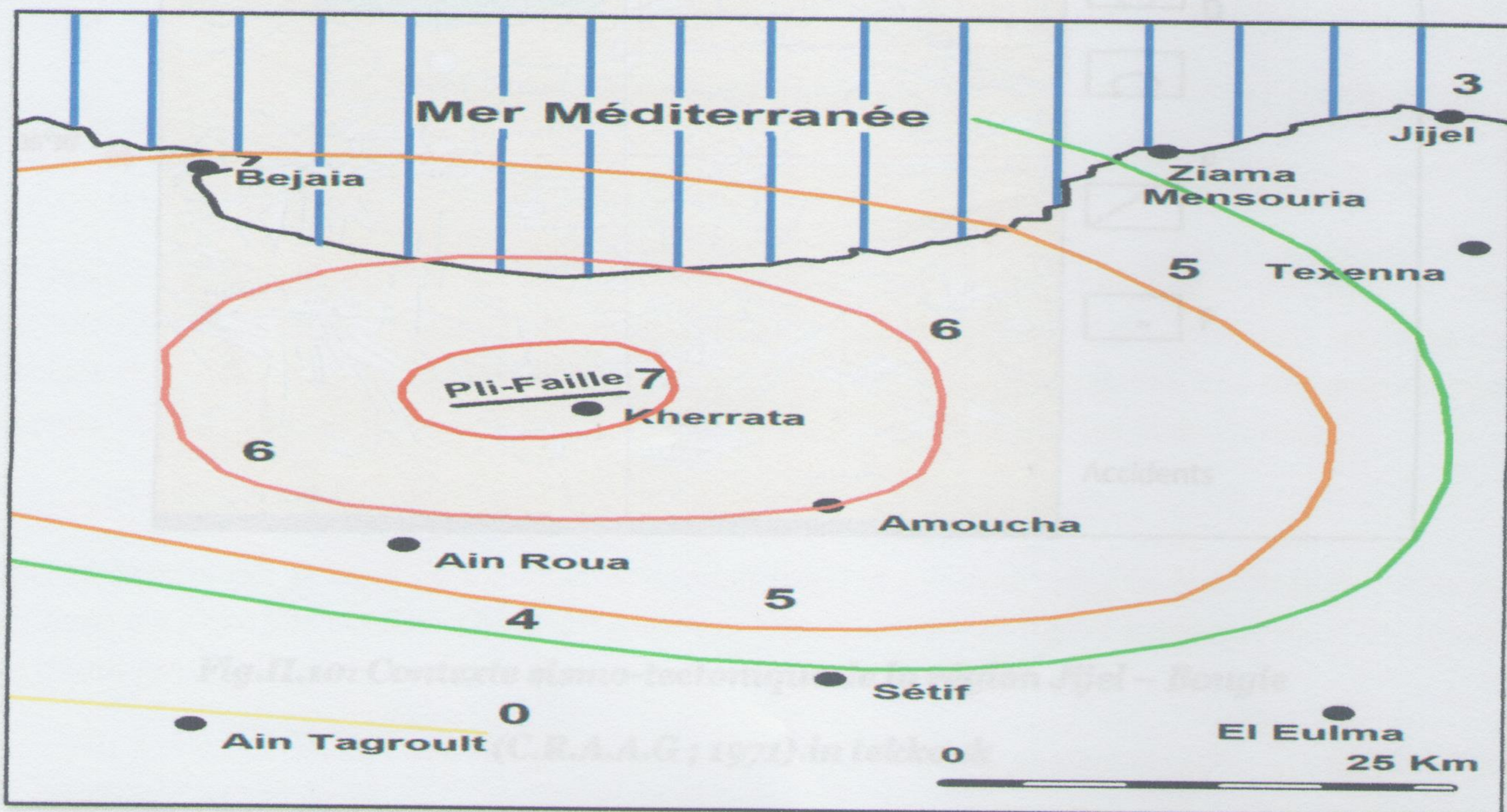


Figure II.9 Isoséistes de la secousse du 17-02-1949 (d'après J.P rothe).in tekkouk

### II.3.2 Carte sismique de la région de Jijel :

Selon M, Tekkouk-2005

« La carte sismique au 1/5.000.000 de la région de Jijel réalisée par le C.R.A.A.G (centre de recherche en astronomie, astrophysique, et géophysique) en 1971 montre les différents fronts des nappes de charriage, les alignements des failles majeures, et les épicentres de la région.

Une première observation nous permet de constater les grandes lignes sismiques qui coïncident avec l'alignement des failles. La plus forte est la plus proche concentration d'épicentres par rapport à

Jijel et Béjaïa se trouve au Sud-Ouest, il s'agit de Kherrata et de ces environs (partie intégrante des Babors) Fig.II.8».

II.3.4 Analyse sismo-tectonique

Selon M. Tekkouk «La carte sismo-tectonique du CRAAG ; 1971) Fig.II.10 permet de distinguer quatre (4) classes de séismes par classes

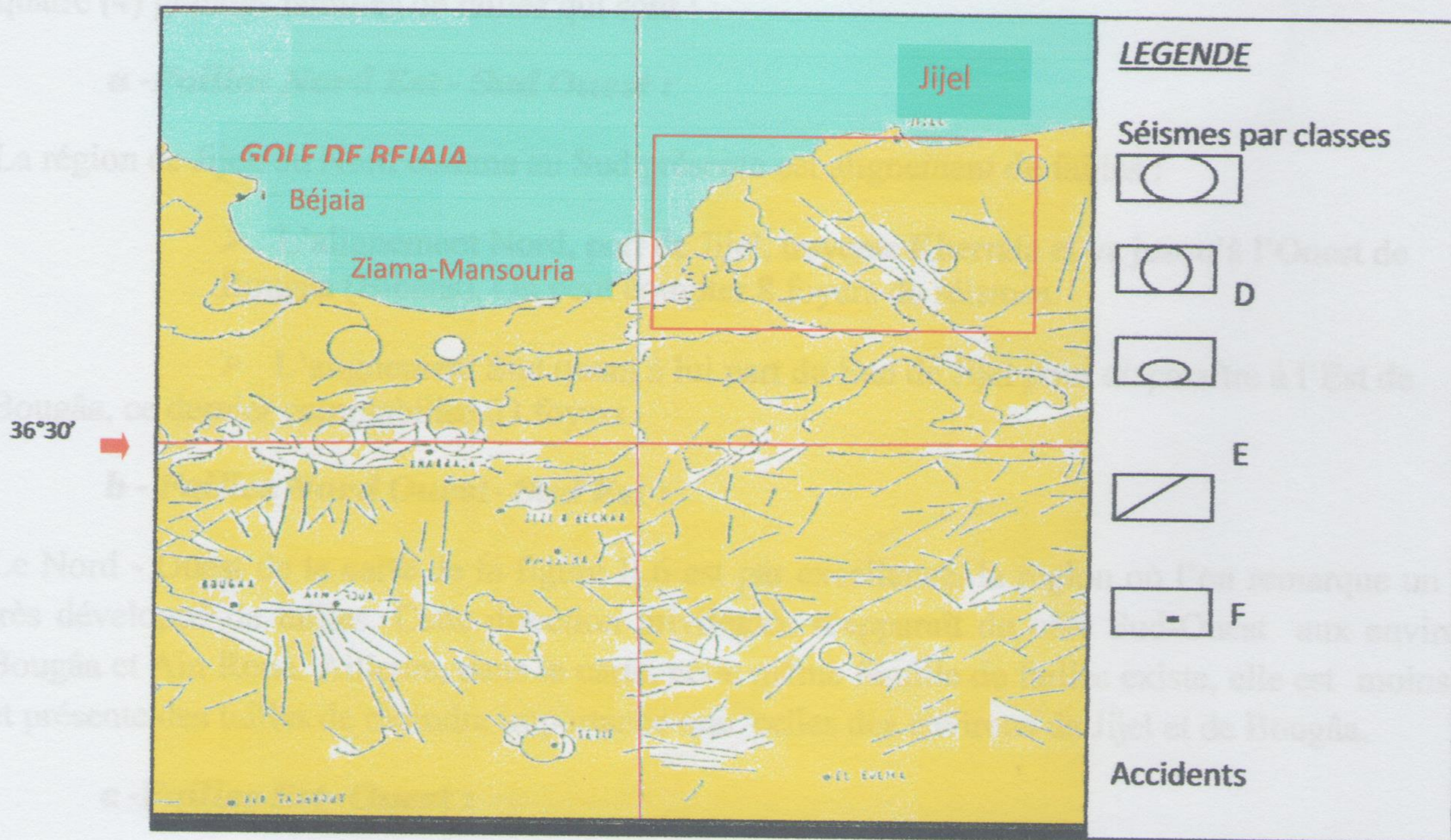


Fig.II.10: Contexte sismo-tectonique de la région Jijel – Bougie

(C.R.A.A.G ; 1971).in tekkouk

II.3.3 Classes des secousses ressenties dans la région de Jijel :

D'après les travaux de M, Tekkouk sur la sismicité de la région de jijel nous citons :

« Aujourd'hui tout le monde sait que l'échelle de Richter est une échelle ouverte et que les séismes pouvant atteindre une magnitude de 9 et peut être même plus.

La classification de l'époque, selon Gutenberg et Richter concernait quatre classes de séismes qui sont :

- Classe c : magnitude allant de 6,0 et 6,9.
- Classe d : magnitude allant de 5,3 à 5,9.
- Classe e : magnitude allant de 4,0 à 5,2.
- Classe f : magnitude inférieur à 4,0.

Les Babors sont périodiquement secoués par ces quatre classes.

Les différentes classes sismiques concernant la partie Nord de l'Algérie sont représentées sur la carte de la figure II.6»

### **II.3.4 Analyse sismo-tectonique:**

Selon M, Tekkouk «La carte sismo-tectonique du (CRAAG ; 1971), Fig. II.10 permet de distinguer quatre (4) grandes familles de failles qui sont :

#### **a - Failles Nord Est - Sud Ouest :**

La région de Jijel, au Nord comme au Sud présente cet alignement de failles :

- L'alignement Nord, part de Jijel, traverse Kherrata et va jusqu'à l'Ouest de Bougâa (Bibans). On peut compter 8 foyers de séismes.
- L'alignement Sud quant à lui part du Sud de Jijel pour disparaître à l'Est de Bougâa, ce dernier comptabilise 03 foyers.

#### **b - Failles Nord Ouest- Sud Est :**

Le Nord - Ouest de la carte de la figure II.6 est par excellence, la région où l'on remarque un réseau très développé de failles. Cette direction privilégiée réapparaît du côté Sud-Ouest aux environs de Bougâa et Ain Roua. Ailleurs, dans la carte, cette même famille de failles existe, elle est moins dense et présente des failles de moindre importance que celles des environs de Jijel et de Bougâa.

#### **c - Failles Est- Ouest :**

Un axe passant par le Nord de Ziamma Mansouriah (mer) et s'étalant jusqu'au Sud de Jijel semble s'aligner sur l'axe très net Est - Ouest qui passe par Kherrata et où les foyers longent le tracé des fronts de charriages de la région.

Au Sud de Kherrata, l'axe Bougâa/Ain Roua présente ce même alignement (Est- Ouest) ; la carte ne mentionne aucun foyer.

#### **d - Failles Nord -Sud :**

La zone des Bibans (Ain Roua et Amoucha) est la seule à présenter discrètement cet alignement. Kherrata et Ziamma Mansouriah situées au Nord sont dans le prolongement immédiat de ce réseau de failles.»

## **II.5 Conclusion**

D'après l'étude géologique ici menée nous retenir ce qui suit :

La zone étudiée caractérisé par des formation variées allant des terrains primaires (socle) au quaternaire Les empreintes tectoniques, et la sismicité de la région atteint de la multiplicité et de l'importance des phases ayant affectés la région.

# ***Chapitre III***

## ***Synthèse hydrologique et hydrogéologique***

### III.1 Introduction

Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel est très dense, il est constitué essentiellement de plusieurs oueds principaux tel que Oued Nil, Oued Mencha, Oued Djenjen, Oued EL-Kébir, Oued Zhour. ces oueds qui jouent un rôle très important dans l'érosion et le transport des sédiments vers la mer contribuent ainsi à l'alimentation des plages par ces formations détritiques susceptibles d'être des concentrations minérales exploitables.

La zone d'étude localisée sur le versant Nord de Texenna, caractérisée par un ravinement de nombreux talwegs créant ainsi un chevelu hydrographique dense. Ces derniers favorisent la convergence des eaux de ruissellement, qui entaillent fortement les dépôts de couverture des versants.

L'importance du caractère hydrologique de la région d'étude conditionne l'occurrence et l'intensité des mouvements de terrain. L'étude hydrologique passe principalement, par le traitement de mesures hydro-climatiques permettant d'établir le bilan hydrologique et par conséquent de comprendre les mécanismes de la circulation et de l'infiltration des eaux induisant l'instabilité des terrains.

### III.2 Hydroclimatologie et hydrogéologie

#### III.2.1 Hydroclimatologie

##### III.2.1.1 Aperçu général sur le climat

Le climat Algérien est caractérisé par la variation de la répartition des précipitations et des températures. Cette variation est due à l'influence de la mer méditerranéenne ainsi qu'à la morphologie générale du pays. La région de Jijel fait partie du littoral Est-Algérien, elle est caractérisée par un climat méditerranéen, doux et pluvieuse en hiver, chaud et humide en été.

##### III.2.1.2 Analyse des paramètres climatiques

###### III.2.1.2.1 Précipitations

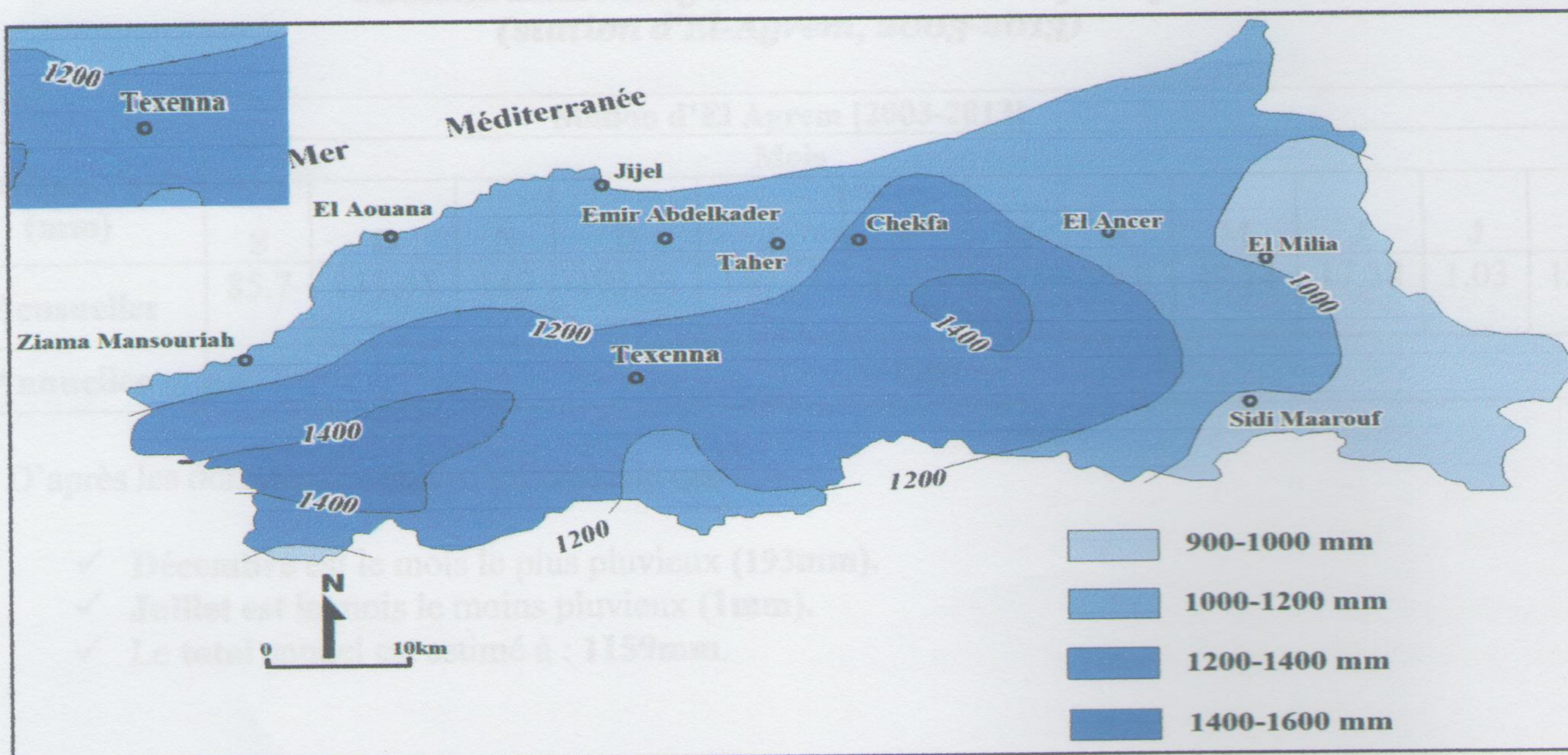
La région de Texenna est considérée parmi les régions qui reçoivent les précipitations les plus importantes en Algérie. L'étude de ces précipitations sert à évaluer la quantité d'eau tombée qui a une influence directe sur le niveau des eaux souterraines et superficielles dans la région étudiée


###### Variations mensuelles et annuelles

La répartition mensuelle des précipitations dans l'année et ses variations conditionnent (avec les facteurs thermiques et lithologiques), l'écoulement, le régime des eaux d'égout et celui des nappes aquifères qui sont liés.

**III.2.1.2.1.1 Précipitations liquides**

La carte pluviométrique Fig.III.1 ci-dessous donne les répartitions des pluies au niveau de la wilaya de Jijel



**Fig.III.1 : Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel, (A.N.R.H, 1996)**

La carte pluviométrique de la Fig.III.1 montre que la moyenne annuelle des pluies enregistrée à Texenna est variée de 1200 à 1400 mm

Ont utilisé les données météorologiques de la station d’El-Agrem dans l’étude de l’hydroclimatologie de la région de Texenna parce que cette station est plus proche de la région de Texenna

La variation des principaux paramètres permet de définir le régime pluviométrique de la région : quantité de pluie annuelle, quantité de pluie mensuelle et saisonnière. Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques de la station d’El-Agrem

**Tableau III.1 : Caractéristiques de la station pluviométrique d’El-Agrem.**

Code de la station	longitude	latitude
03 03 03	05° 50' 11"	36° 44' 06"

➤ **Variations mensuelles et annuelles**

La répartition mensuelle des précipitations dans l'année et ses variations conditionnent (avec les facteurs thermiques et lithologiques), l’écoulement, le régime des cours d'eau et celui des nappes aquifères qui sont liées.



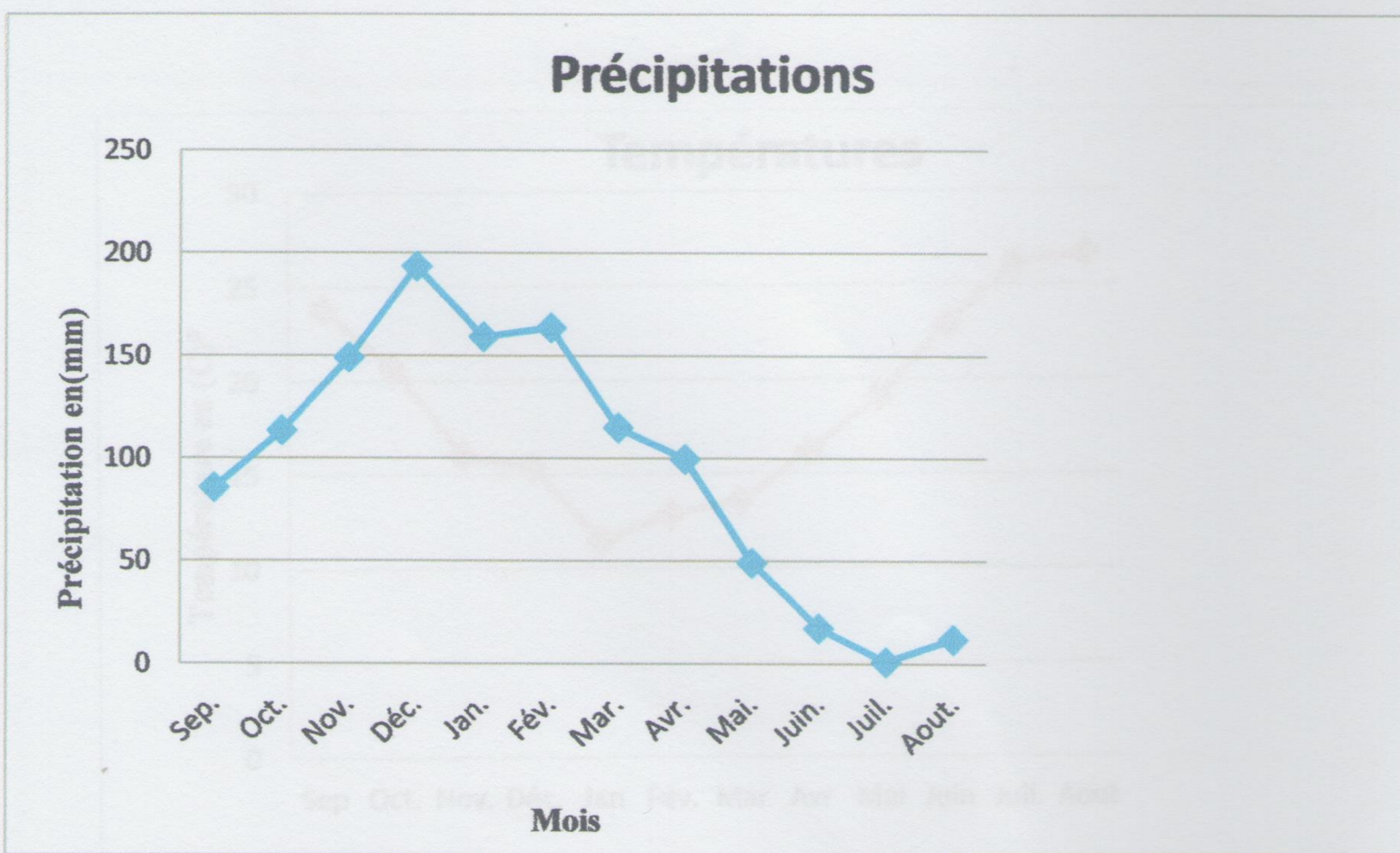
Les données pluviométriques de la période 2003-2013 données dans le tableau III.2 permettent de tracer le graphe de la figure III.2

**Tableau III.2 : Moyenne mensuelle des précipitations (station d'El-Agrem, 2003-2013)**

Station d'El Agrem [2003-2013]												
Precipitations (mm)	Mois											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Mensuelles	85.7	113.45	149	193.43	159.13	163.7	115	99.8	49.14	17.38	1.03	12.05
Annuelles	1159											

D'après les données du tableau on constate que :

- ✓ **Décembre** est le mois le plus pluvieux (193mm).
- ✓ **Juillet** est le mois le moins pluvieux (1mm).
- ✓ Le **total** annuel est estimé à : **1159mm**.



**Fig.III.2: Distribution de la pluviométrie moyenne mensuelle de la période 2003 –2013 (station d'El-Agrem).**

**III.2.1.2.2 Températures :**

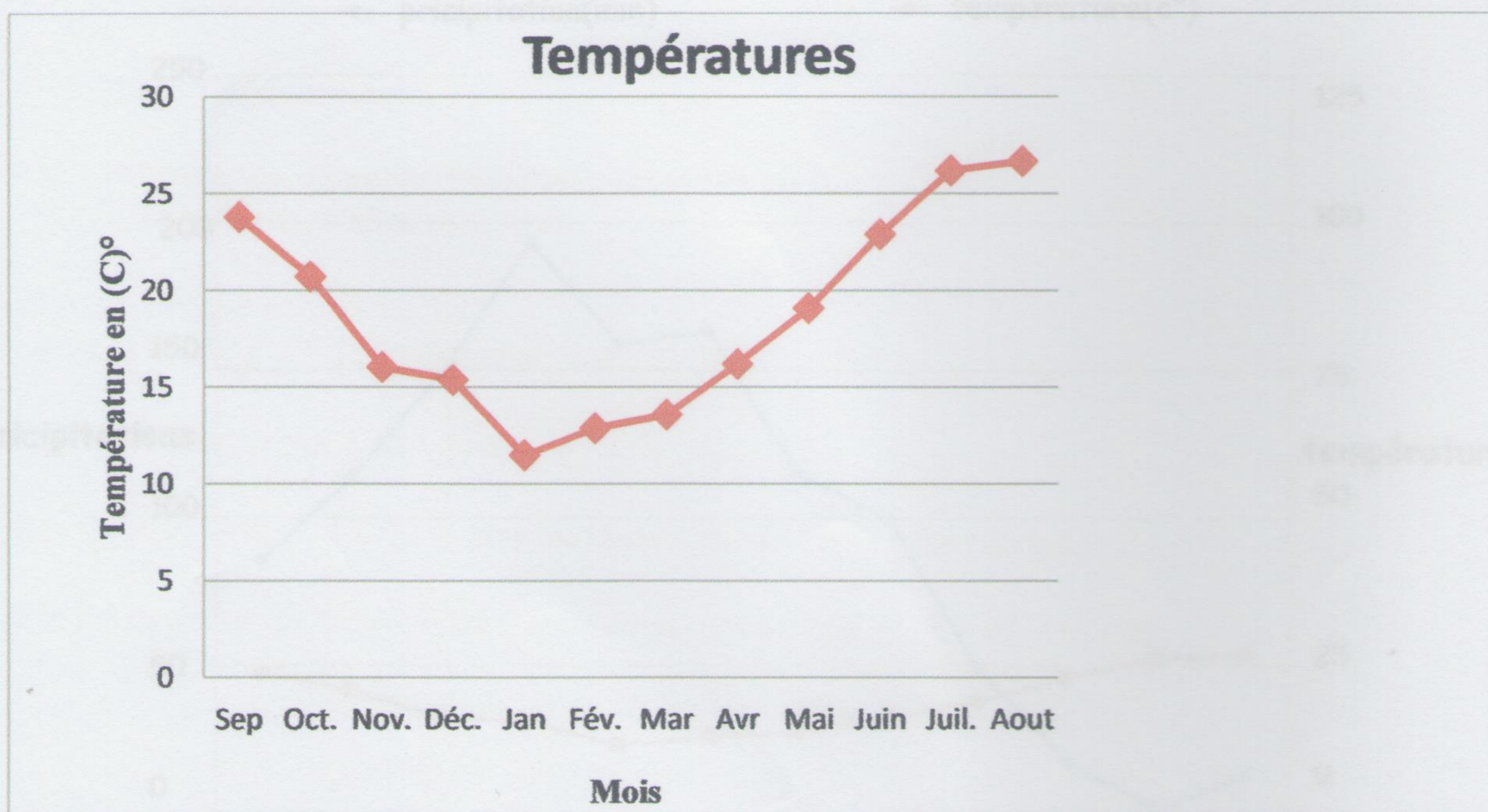
La température est un facteur ayant une grande influence sur l'évapotranspiration et de ce fait elle joue un rôle important dans le comportement des sols vis-à-vis des eaux météoriques.

Le Tableau .III.7 donne la répartition mensuelle des températures pour la période (2003-2013).

**Tableau. III.3 : Données des Températures moyennes mensuelles (Station d'El-Agrem, période 2003-2013).**

Station	Températures (C°)												
Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Moy
El-Agrem	23.78	20.72	16.04	15.38	11.48	12.87	13.57	16.2	19.08	22.9	26.2	26.68	18,74
	20.18			13.24			16.28			25.26			
	Automne			Hiver			Printemps			Eté			

Le Tableau.III.7 indique que la saison la plus froide est l'hiver avec une valeur de température moyenne saisonnière de (11.48C°) et par contre l'été représente la saison la plus chaude avec une valeur de température moyenne saisonnière de (26.68°).



**Figure. III.3 : Répartition des températures moyennes mensuelles (Station d'El-Agrem, période 2003-2013)**

III.2.1.3 Synthèse climatique

III.2.1.3.1 Diagramme ombrothermique

Un diagramme ombrothermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ( $P = 2T$ ). Il a été développé par *H. Gaussen* et *F. Bagnouis* pour mettre en évidence les périodes de sécheresse définies par une courbe des précipitations se situant en dessous de la courbe des températures. Ces diagrammes permettent de comparer facilement les climats de différents endroits d'un coup d'œil du point de vue pluviosité.

Tableau.III.4 : Paramètres du diagramme Ombrothermique (Station de d'El Agrem, période 2003/2013)

Station d'El-Agrem [2003-2013]												
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	85.7	113.45	149	193.43	159.13	163.7	115	99.8	49.14	17.38	1.03	12.05
T (°C)	23.78	20.72	16.04	15.38	11.48	12.87	13.57	16.2	19.08	22.9	26.2	26.68

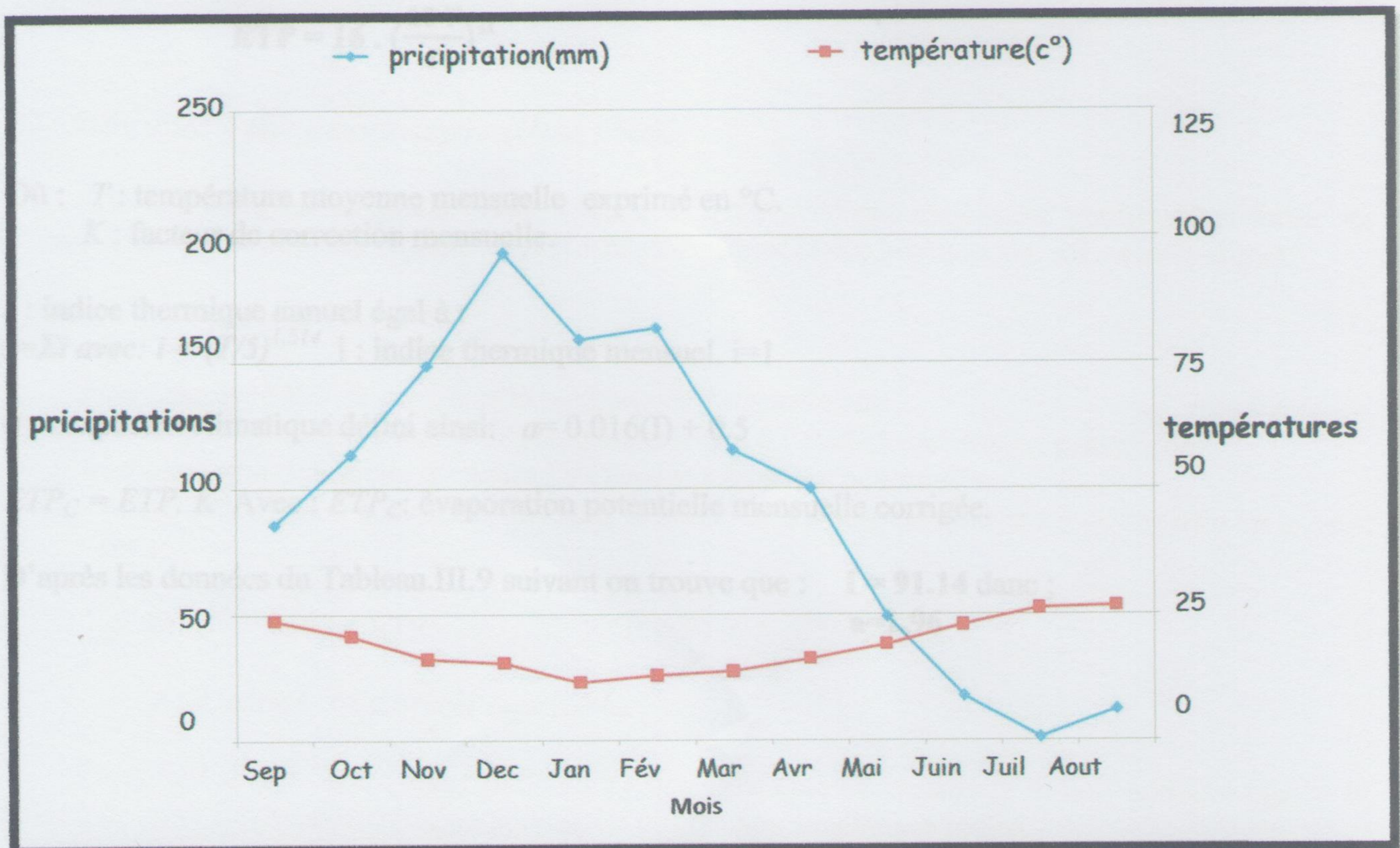


Fig.III.4: Diagramme Ombrothermique de la station d'El- Agrem (Période 2003-2013)

A partir de ce diagramme on constate que la période de sécheresse s'étale entre la fin de Mai et début de Septembre

### III.2.1.4 Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite.

L'établissement du bilan hydrologique selon *Thornthwaite* est primordial pour l'évaluation des réserves d'eau transmises ou emmagasinées dans une région. Il est exprimé par la formule suivante :

$$P = ETR + R + I + Wa$$

Avec :

$P$  : Précipitations moyennes annuelles en mm

$ETR$  : Evapotranspiration réelle en mm

$R$  : Ruissellement en mm

$I$  : Infiltration moyenne en mm

$Wa$  : Variation des réserves (terme souvent négligeable)

#### III.2.1.4.1 Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un transfert de l'eau de la terre vers l'atmosphère par évaporation des eaux de surface et du sol et par transpiration de la végétation.

##### a) Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

C'est la quantité d'eau nécessaire à la transpiration non ralentie d'un tapis végétal couvrant entièrement et alimenté régulièrement en eau.

La formule générale utilisée pour le calcul d'ETP selon *Thornthwaite* est la formule suivante :

$$ETP = 16 \cdot \left(\frac{10T}{I}\right)^a$$

##### b) Calcul de l'évapotranspiration réelle

Où :  $T$  : température moyenne mensuelle exprimé en °C.

$K$  : facteur de correction mensuelle.

$I$  : indice thermique annuel égal à :

$$I = \sum i \text{ avec: } i = (T/5)^{1.514} \quad i : \text{indice thermique mensuel. } i=1$$

$a$  : exposant climatique défini ainsi:  $a = 0.016(I) + 0.5$

$$ETP_C = ETP \cdot K \quad \text{Avec : } ETP_C : \text{évaporation potentielle mensuelle corrigée.}$$

D'après les données du Tableau.III.9 suivant on trouve que :  $I = 91.14$  danc ;  
 $a = 1,96$

##### > Calcul du déficit agricole

Le déficit d'eau  $DA$  (water deficiency) que l'on appelle parfois le déficit agricole égal à la différence entre l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle.

$$DA = ETP - ETR$$

Il représente la quantité d'eau supplémentaire qui aurait pu être utilisée par les plantes (et les sols) si les disponibilités en eau avaient pu être artificiellement complétées par un système d'irrigation.

**Tableau.III.5: Résultats du calcul de l'évapotranspiration potentielle (Station d'EL-Agrem, période 2003/2013)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total annuel
P (mm)	85.7	113.45	149	193.43	159.13	163.7	115	99.8	49.14	17.38	1.03	12.05	1159
T(C°)	23.78	20.72	16.04	15.38	11.48	12.87	13.57	16.2	19.08	22.9	26.2	26.68	224
I	10.6	8.60	5.84	5.48	3.51	4.18	4.53	5.92	7.59	10.01	12.27	12.61	9
ETP non corrigée (mm)	104.82	80.02	48.44	44.61	25.15	31.46	34.90	49.40	68.08	97.35	126.75	131.34	842
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	-
ETP corrigée (mm)	107.96	77.62	41.66	37.47	21.88	26.74	35.95	54.34	82.38	118.77	157.17	152.35	914

### b) Calcul de l'évapotranspiration réelle

L'Evapotranspiration réelle **ETR** désigne la quantité d'eau réellement perdue sous forme de vapeur d'eau par le couvert végétal. L'**ETR** traduit l'ensemble des interactions: sol, plante, climat.

#### ➤ Calcul de l'ETR

Pour calculer l'**E.T.R** on utilise la méthode de *Thornthwaite* :

- 1) Si les précipitations du mois (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle :  
L'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle.
- 2) Si les précipitations du mois (P) sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle on a deux cas :
  - a) Si  $P + RU > ETP \Rightarrow ETR = ETP$
  - b) Si  $P + RU < ETP \Rightarrow ETR = P + RU$

#### ➤ Calcul du déficit agricole

Le déficit d'eau **DA** (water deficiency) que l'on appelle parfois le déficit agricole égal à la différence entre l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle.

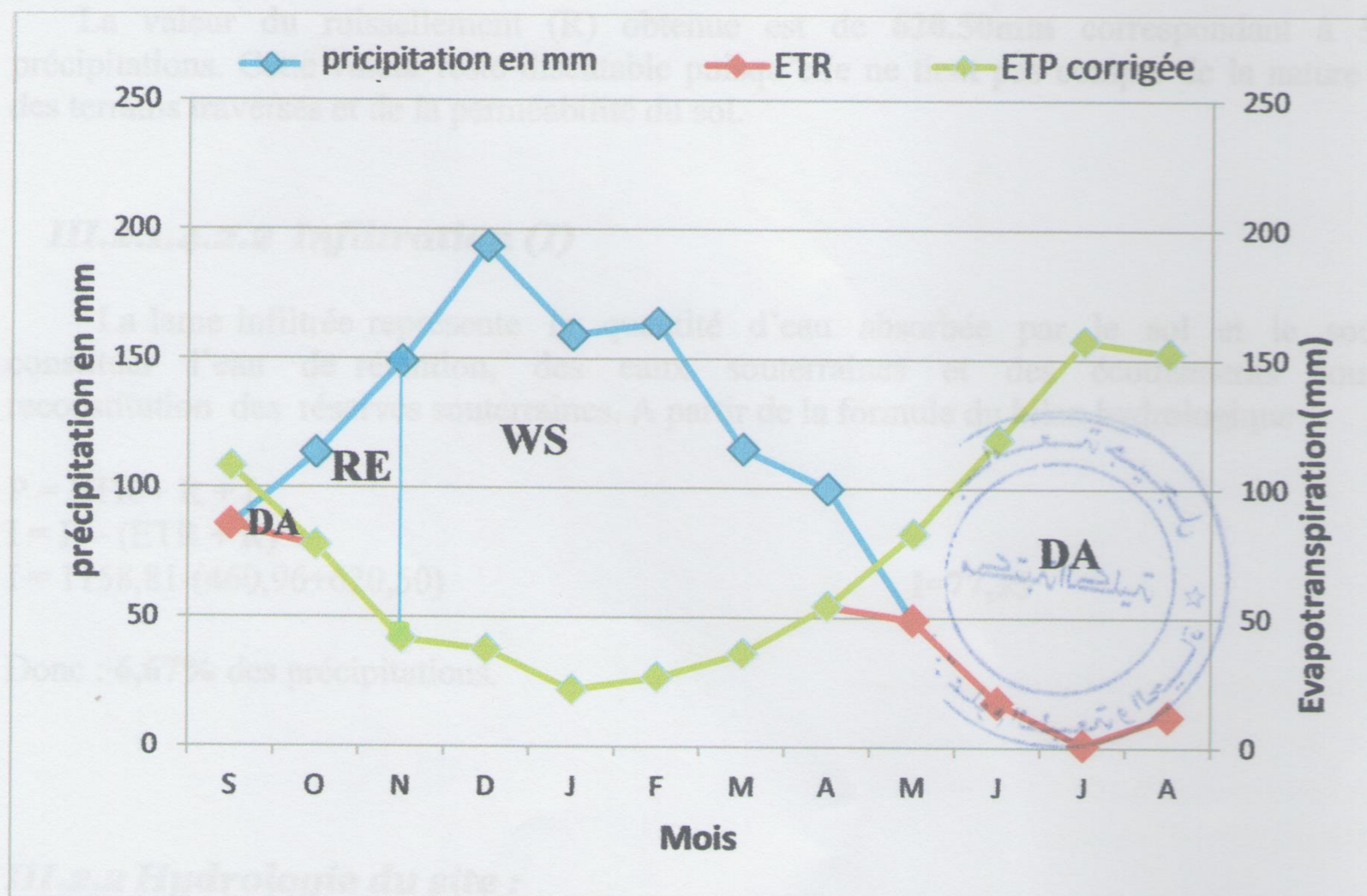
$$DA = ETP - ETR$$

Il représente la quantité d'eau supplémentaire qui aurait pu être utilisée par les plantes (et les sols) si les disponibilités en eau avaient pu être artificiellement complétées par un système d'irrigation.

**Tableau.III.6 : Résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle**

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total Annuel
P (mm)	85.7	113.45	149	193.43	159.13	163.7	115	99.8	49.14	17.38	1.03	12.05	1159
ETP corrigée (mm)	107.96	77.62	41.66	37.47	21.88	26.74	35.95	54.34	82.38	118.7 7	157.17	152.3 5	914
P-ETP	-22.26	53.83	107.34	155.96	137.25	136.96	79.05	45.46	- 33.24	- 101.3 9	-156.14	- 140.3	262
RU	0.00	100	100	100	100	100	100	100	00,00	0,00	0,00	0,00	-
ETR	85.7	77.62	41.66	37.47	21.88	26.74	35.95	54.34	49.14	17.38	1.03	12.05	460
DA	22.26	0	0	0	0	0	0	0	33.24	101.3 9	156.14	140.3	453
Ws	0.00	53.83	107.34	155.96	137.25	136.96	79.05	45.46	00.00	0.00	00.00	00.00	715

ETP : évapotranspiration potentielle, égale à 914 mm



**Légende :** WS- Excédent d'eau. DA- Déficit en eau. RE- Recharge en eau

**Fig.III.5 : Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite (station d'El-Agrem, période 2003- 2013)**

D'après la Figure.III.5 on peut tirer les remarques suivantes :

- Les hauteurs de précipitations atteignent leurs maximums ou l'ETP atteint son minimum.
- En Juillet où les hauteurs de précipitations atteignent leurs minimums
- Le déficit agricole s'étale au long de la période sèche de l'année.
- La constitution de la RU s'étend du Novembre à Mai.
- Les écoulements deviennent importants à partir du mois de Novembre jusqu'au mois de Mai

### III.2.1.4.2 Ruissellements et infiltration

#### III.2.1.4.2.1 Ruissellement (R)

Pour l'estimation de la lame ruisselée, nous utiliserons la formule de **Tixeront – Berkaloff** (précipitations moyennes annuelles doivent être inférieures à 600 mm), car on a pas trouvé d'autres formules dans la bibliographie. La formule de Tixeront – Berkaloff est présentée par la formule :

$$R = P^3 / 3 (ETP)^2$$

Avec : R : ruissellement en (mm);

P : précipitation moyenne annuelle, égale à 1159 mm

ETP : évapotranspiration potentielle, égale à 914 mm

La valeur du ruissellement (R) obtenue est de **620.50mm** correspondant à **53.54%** des précipitations. Cette valeur reste discutable puisqu'elle ne tient pas compte de la nature lithologique des terrains traversés et de la perméabilité du sol.

#### III.2.1.4.2.2 Infiltration (I)

La lame infiltrée représente la quantité d'eau absorbée par le sol et le sous-sol, pour constituer l'eau de rétention, des eaux souterraines et des écoulements souterrains, et reconstitution des réserves souterraines. A partir de la formule du bilan hydrologique :

$$P = ETR + R + I$$

$$I = P - (ETR + R)$$

$$I = 1158,81 - (460,96 + 620,50)$$

$$I = 77,35$$

Donc : **6,67%** des précipitations.

### III.2.2 Hydrologie du site :

Sur l'ensemble du site, on observe six talwegs de sens d'écoulement Ouest-Est dont la plupart descendent du sommet de la montagne. Ces eaux coulent plus ou moins abondamment suivant la saison dans les talwegs et se jettent finalement dans un cours d'eau principale. Ce cours d'eau constitue le seul exutoire des eaux provenant. Fig. III.6

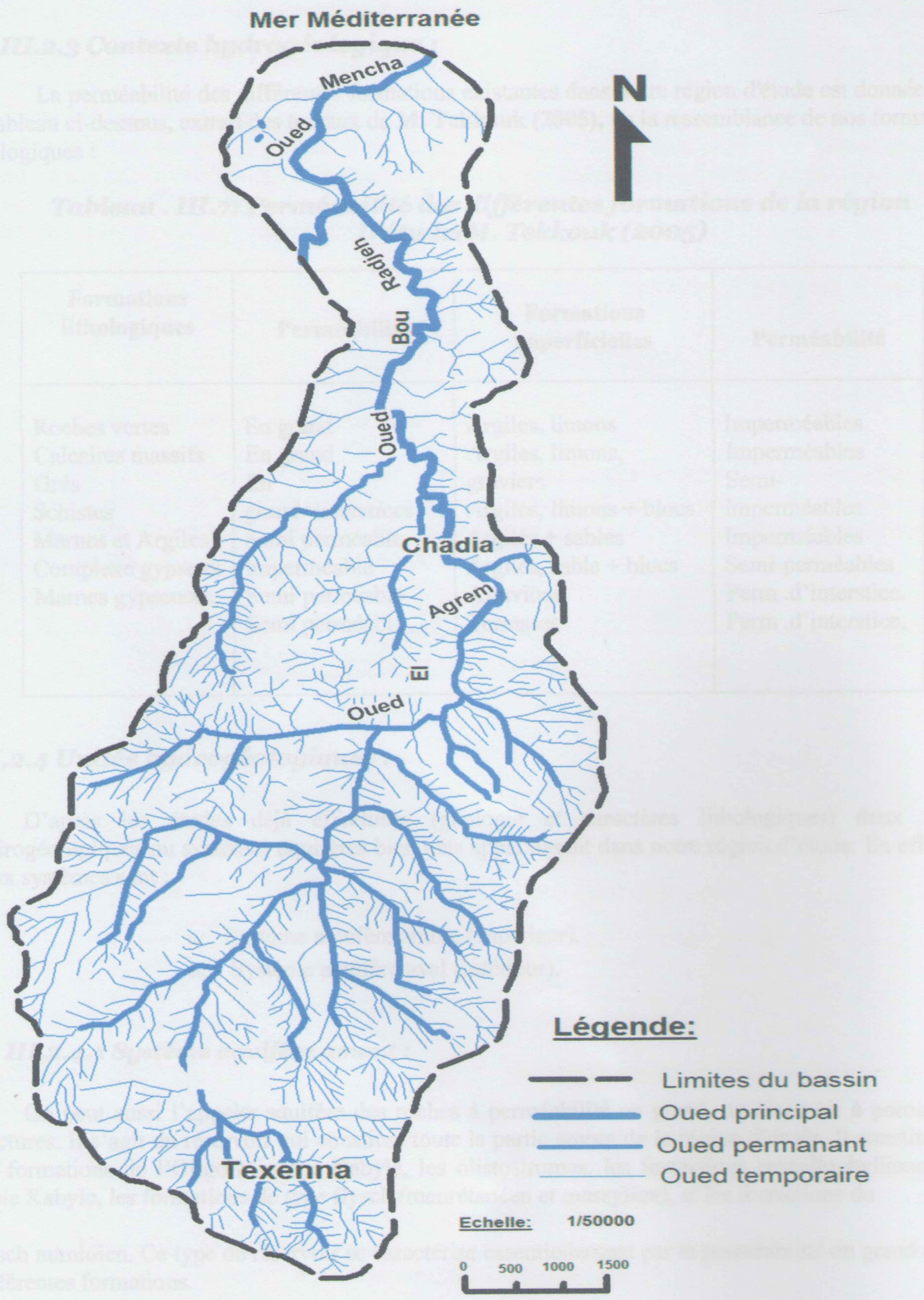


Fig. III.6: Limite et chevelu hydrographique du bassin versant d'El Agrem(Boudjriha,2009)



### III.2.3 Contexte hydrogéologique :

La perméabilité des différentes formations existantes dans notre région d'étude est donnée dans le tableau ci-dessous, extrait des travaux de **M. Tekkouk (2005)**, vu la ressemblance de nos formations géologiques :

**Tableau . III.7: Perméabilité des différentes formations de la région D'étude(M. Tekkouk (2005))**

Formations lithologiques	Perméabilité	Formations superficielles	Perméabilité
Roches vertes	En grand	Argiles, limons	Imperméables
Calcaires massifs	En grand	Argiles, limons,	Imperméables
Grés	En	graviers	Semi-
Schistes	grand+interstices	Argiles, limons + blocs	imperméables
Marnes et Argiles	Semi perméable	Argiles + sables	Imperméables
Complexe gypseux	Imperméable	Argiles, sable + blocs	Semi-perméables
Marnes gypseuses,	Semi perméable	Alluvions	Perm .d'interstice.
	Semi perméable	Terrasses	Perm .d'interstice.

### III.2.4 Unités hydrogéologiques :

D'après les études déjà effectuées (géologie et caractères lithologiques) deux unités hydrogéologiques ou systèmes aquifères bien nets apparaissent dans notre région d'étude. En effet ces deux systèmes sont :

- a. Système aquifère amont (supérieur).
- b. Système aquifère aval (inférieur).

#### III.2.4.1 Système aquifère amont :

On peut aussi l'appeler aquifère des roches à perméabilité en grand, ou réservoir à porosité de fractures. Il s'agit du réservoir qui constitue toute la partie amont de la région d'étude. Il constitue par les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle, les olistostromes, les formations cristallophylliennes du socle Kabyle, les formations de type flysch (maurétanéen et massylien), et les formations du

flysch numidien. Ce type de réservoir se caractérise essentiellement par la perméabilité en grand de ses différentes formations.

L'abondante fracturation (macrofissures, microfissures, et diaclases), les plans de schistosité, et les joints de stratification des différentes formations géologiques assurent un rôle hydrologique très important en ces lieux. Ils peuvent en certains endroits provoquer des pertes totales.

III.3 Conclusion

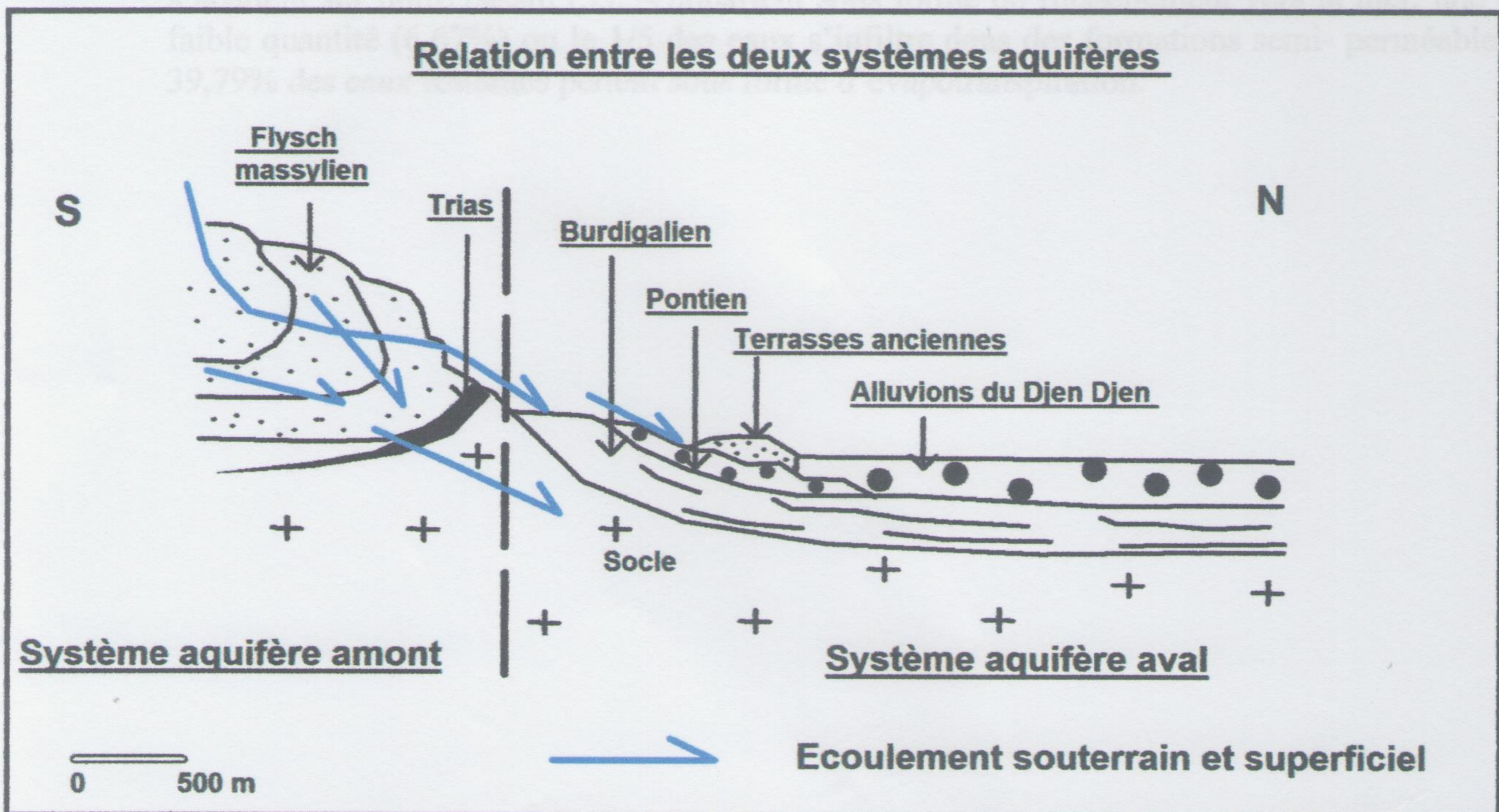
**III.2.4.2 Système aquifère aval :**

On peut aussi l'appeler réservoir à porosité inter-granulaire ou d'interstice, plaine ou nappe alluviale tout simplement. Il englobe toute la partie avale de la région d'étude. Les formations qui le constituent sont essentiellement de nature détritique (consolidées ou non), et que nous avons regroupé (pour l'essentiel) sous l'appellation de formations superficielles (formations post nappes, formations telliennes, et les formations quaternaires...etc).

Les formations de la nappe alluviale (graviers, sables, terrasses...) jouissent d'une bonne perméabilité, les eaux y circulent facilement.

**III.2.4.3 Relation entre les deux systèmes :**

Au vu de nos différentes visites sur la région d'étude, des travaux hydrogéologiques et des travaux antérieurs, nous pouvons conclure que les systèmes aquifères se comportent totalement d'une façon indépendante, en effet les marnes miocène et leurs épaisseur très important sont présentes pour veiller à cette parfaite indépendance Figure.III.7.



**Figure.III.7: Relation Amont -aval des systèmes aquifères du sous bassin versant d'El Agrem. (M. Tekkouk, 2005)**

### III.3 Conclusion

- La région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen, avec un hiver doux à très doux et un été sec.
- Elle reçoit une hauteur de précipitations d'environ **1159mm** à la station de Texenna. La grêle et la neige se produisent surtout sur les reliefs, au cours de la saison froide.
- La température moyenne annuelle est de l'ordre de **18 C°** enregistrée à la station d'El Agrem
- La présence de l'eau avec une température très variable facilite la désagrégation physique des roches (gélifraction), ce qui influe sur leurs caractéristiques mécaniques, de plus l'accumulation des eaux dans les surfaces de discontinuités (fissures, joints de stratification, plans de schistosité, diaclases...etc.) peut déclencher le ripage des bancs rocheux, l'ouverture des discontinuités...etc.
- Dans cette région nous avons distinguée deux systèmes aquifères (supérieur et inférieur).
- Les facteurs hydrologiques et hydrogéologiques étudiés auparavant jouent un rôle important dans la dynamique des zones instables de la région d'étude.
- Au regard des résultats du bilan hydrologique calculé, nous observons que le 1/3 des pluies qui s'abattent sur notre bassin (53,54%) partent sous forme de ruissellement vers la mer, une plus faible quantité (6,67%) ou le 1/5 des eaux s'infilte dans des formations semi- perméables, et 39,79% des eaux restantes pertent sous forme d'évapotranspiration.

*IV Introduction :*

Le glissement de terrain objet de notre étude qui se situe à environ 1km au nord de la commune de Texannat localisé sur la rive droite de la RN77 en allant de Nîmes vers Texannat au PK 77+900 (Fig.IV.1). L'étude de ce glissement de terrain a été faite en 2011. La première étude géotechnique a été effectuée par le L.M.T.P.B. La zone d'étude est une brèche présente sous forme d'une dépression orientée Ouest-Est et dans les versants sont caractérisés par des reliefs très accidentés, le glissement est caractérisé par des signes d'arrachement par une surface topographique bosselée et un bourrelet au pied du talus. L'étude que nous allons effectuer comprend la description du glissement, la recherche des causes probables du glissement, et enfin l'étude de stabilité afin de pouvoir proposer des solutions de confortement efficaces.

*IV.1 Méthodologie de l'étude*

*IV.1.1 Repérage de la zone instable*

# Chapitre IV

## Etude géotechnique

La photo IV.1 illustre le repérage de la zone de glissement de terrain au nord de la commune de Texannat. Localisé sur la rive droite de la RN77 en allant vers Texannat au PK 77+900.



Photo.IV.1 Repérage de la zone de glissement

L.M.T.P.B. : Laboratoire de la Modélisation des Travaux Géotechniques

*IV.2 Etude géotechnique :*

## IV Introduction :

Le glissement de terrain objet de notre étude qui se situe à environ 1km au nord de la commune de Texanna localisé sur la rive droite de la RN77 en allant de Jijel vers Texanna au PK17+900 (Fig.IV.1). L'étude de ce glissement de terrain a été lancée en 2012. La première fois l'étude géotechnique a été effectuée par le L.M.T.P.B. La zone d'étude, au sens large, se présente sous forme d'une dépression orientée Ouest-Est et dans les versants sont constitués par des reliefs très accidentés, le glissement est caractérisé par des niches d'arrachements, par une surface topographique bosselée et un bourrelet au pied du talus. L'étude que nous allons effectuer comprend la description du glissement, la recherche des causes probables du glissement, et enfin l'étude de stabilité afin de pouvoir proposer des solutions de confortement efficaces.

### IV.1 Méthodologie d'étude du glissement de terrain :

#### IV.1.1 Repérage de la zone instable :

La Figure IV.1 montre une vue aérienne du site étudié à environ 1Km au nord de la ville de Texanna. Localisé sur la rive droite de la RN77 en allant vers Texanna au PK17+900



Photo.IV.1 Repérage de la zone de glissement

LMTPB : Laboratoire de la Mitidja des Travaux Bâtiments

### IV.2 Etude géotechnique :

### IV.3 Campagne de reconnaissances géotechniques

Les essais d'identification des sol et ceux réalisés sur site ont été réalisés par le laboratoire S.E.T.Setif (2012) ce programme de reconnaissances géotechnique comprendre un sondage carotté et quelques essais d'identification au laboratoire.

#### IV.3.1 Essai géotechnique in-situ :

##### IV.3.1.1 Les sondages carottés :

- Un sondage carotté a été réalisé au niveau du site avec une profondeur de 10 m. ce dernier été placé sur la rive gauche de la RN77 en allant vers Texanna.

La description des carottes récupérés ont données ce qui suit dans le tableau IV.1

Tab.IV.1 Description des carottes (L.M.T.P.B)

Profondeur(m)	Description
0,00 à 00,90	Remblai.
0,90 à 06,80	Argiles limoneuses à graveleuses jaunâtres rougeâtres.
6,80 à 09,00	Argiles limoneuses à passages caillouteux jaunâtres brunâtres.
9,00 à 10,00	Schiste friable a latéré à formation argilite jaunâtre.

##### IV.3.1.2 Essai au pénétromètre dynamique

Deux essais au pénétromètre dynamique noté PDL1 et PDL2, implanté respectivement, au droit de sondage carotté, sur la rive droit de la RN77 ont été réalisé dont l'intérêt et de vérifier la capacité portante du sol pour la reconstruction du corps de chaussée par la suite.

##### IV.3.1.3 Niveau d'eau

Malgré la pose d'un piézomètre au niveau du sondage carotté (SC01 RN77) lors de la réalisation des essais in situ, aucun indice d'eau n'a été décelé, ce qui suppose que le niveau d'eau probable se trouve au-delà des profondeurs atteintes.

➤ Mesure des limites d'Atterberg

➤ Analyse granulométrique

➤ Cisaillement rectiligne

Les résultats obtenus concernant les différentes caractéristiques physiques sont regroupés dans les tableaux ci-dessous ainsi que les classifications correspondantes.

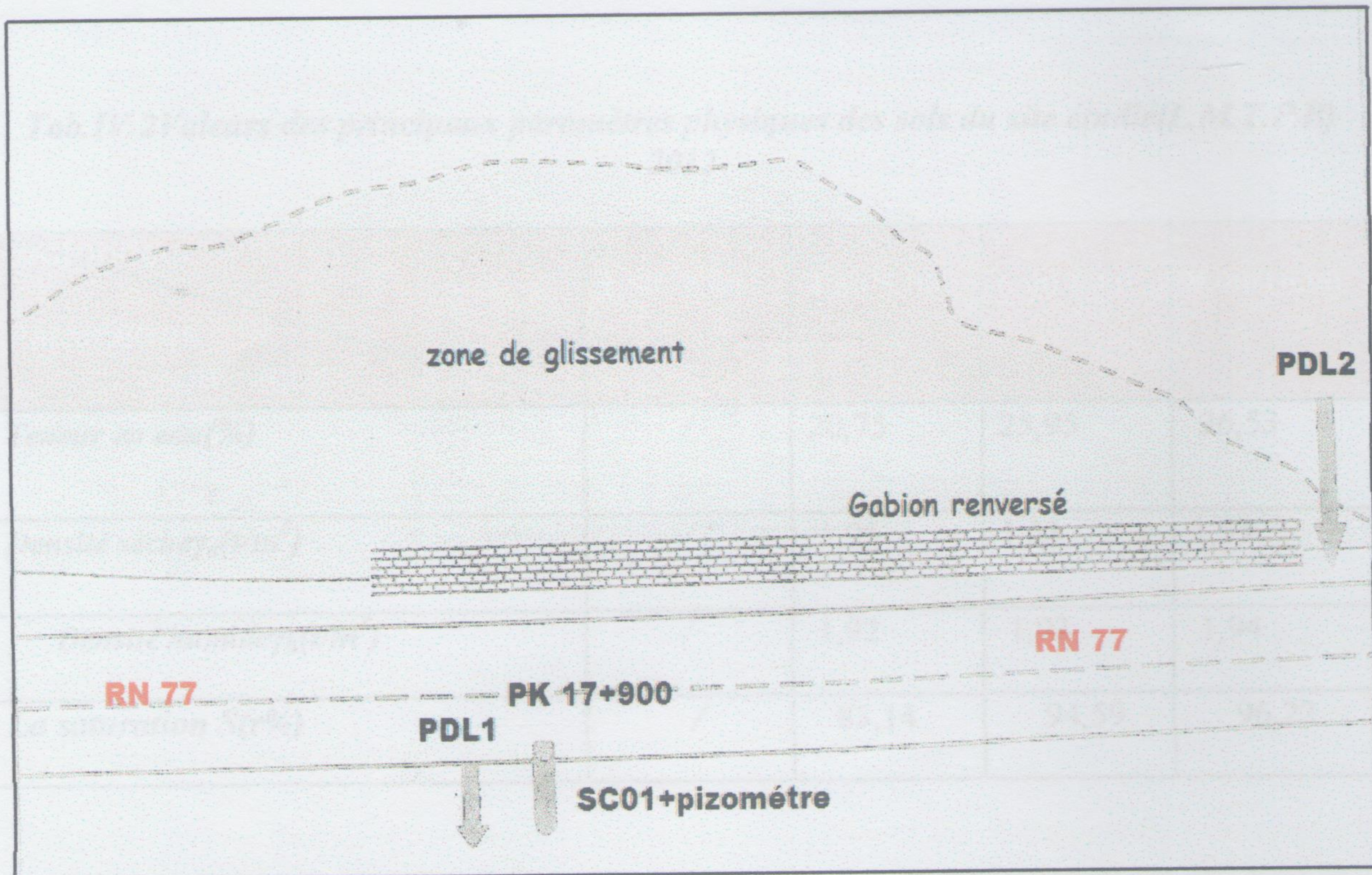


Fig. IV.2 plan d'implantation des essais in situ

### IV.3.2 Essais d'identifications géotechnique réaliser au laboratoire

Les essais d'identification géotechniques réalisés au laboratoire ont pour but, la détermination des caractéristiques physico-mécaniques des sols étudiés, telles que : l'analyse granulométrique, poids volumiques, densités, teneur en eau, les limites d'Atterberg, la compressibilité et la résistance au cisaillement du sol, etc. Ces essais permettent aussi de préciser la nature du sol, sa structure, ces propriétés physique, et l'identification géotechnique des sols rencontrés sur le site.

Il ya lieu de rappeler qu'un programme d'essais laboratoire a été établi par le S.E.T.S sur les échantillons, prélevés à partir du sondage carotté.

#### IV.2.1 Paramètres physiques :

- La teneur en eau naturelle ( $w$ )
- Le poids volumiques du sol sec ( $\gamma_d$ )
- Mesure des limites d'Atterberg
- Analyse granulométrique
- Cisaillement rectiligne

Les résultats obtenus concernant les différentes caractéristiques physiques sont regroupées dans les Tableaux ci-dessous ainsi que les classifications correspondantes.

Tab. IV.3 Analyse granulométrique (L.M.T.P.B)

**Tab.IV.2 Valeurs des principaux paramètres physiques des sols du site étudié(L.M.T.P.B) 2012**

profondeur Paramètres physique	1.50 /2.00	4.30/5.00	6.00/6.80	9.00/10.00
Teneur en eau(%)	/	20,75	25,95	26,53
Densité sèche $\gamma_d(t/m^3)$	/	1,95	1,53	1,53
Densité humide $\gamma_h(t/m^3)$	/	1,92	1,93	1,94
La saturation $S(r\%)$	/	83,14	94,59	96,22

Ces essais servent à prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de teneur en eau. Il consiste à faire varier la teneur en eau d'une fraction de sol en observant sa consistance. Il existe deux limites importantes, la limite de liquidité et la limite de plasticité.

Il en ressort de ces résultats que :

**Premier horizon : Argile graveleuse à caillouteuse**

- Les valeurs obtenues pour la teneur en eau ont indiqué que le sol en place est **humide** avec des **taux de saturation importants**
- Les valeurs obtenues pour  $(\gamma_d, \gamma_h)$  montrent un sol **moyennement dense à dense**

**Deuxième horizon : Schiste friable altéré**

- Les valeurs obtenues pour la teneur en eau ont indiqué que le sol en place est **très humide**
- Les valeurs obtenues pour  $(\gamma_d, \gamma_h)$  montre que notre sol **moyennement dense à dense**

➤ **Analyse granulométrique**

Les analyses granulométriques dénotent un sol fin, la classification de L.C.P.C, dont le pourcentage des particules inférieures à  $80\mu m$  est supérieur à 58%.

Les analyses sédimentométriques donnent une teneur en éléments fins inférieurs à  $2\mu m$  entre 26 et 36%. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous

Profondeur	$d_{60}$	$d_{30}$	$d_{10}$	$d_{5}$	Consistance
1.50 / 2.00	51,26	31,42	19,85	1,28	-consistance dure
4.30/5.00	53,64	30,39	23,24	1,17	-Plastique élevée -forçation constante

**Tab. IV.3 Analyse granulométrique(L.M.T.P.B)**



Granulométrie(%) (refus cumulé)	<5 mm	<2 mm	<80 µm	<2 µm
Profondeure(m)				
1,50/2,00	90	80	64	36
4,30/5,00	81	73	58	26
6,00/6,80	85	76	60	27
9,00/9,80	98	95	82	42

### ➤ Les limites d'Atterberg

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de teneur en eau. Il consiste à faire varier la teneur en eau d'une fraction de sol en observant sa consistance. Il existe deux limites importantes dites d'Atterberg : la limite de liquidité et la limite de plasticité.

- $w_l$  : c'est la limite de liquidité qui caractérise la transition entre un état liquide et un état plastique.
- $w_p$  : c'est la limite de plasticité qui caractérise la transition entre un état plastique et un état solide.
- Indice de plasticité =  $I_p = w_l - w_p$
- Indice de consistance =  $I_c = (w_l - w) / I_p$

$w$  : étant la teneur en eau naturelle du sol

Tab. IV.4 résultats des limites d'Atterberg (L.M.T.P.B)

Profondeur(m)	$w_l$ %	$w_p$ %	$I_p$ %	$I_c$	Observations
1,50 /2,00	46,82	29,41	17,42	/	-Plasticité moyen à élevée -consistance dure
4,30/5,00	45,01	28,23	16,78	1,45	
6,00/6,80	51,26	31,42	19,85	1,28	
9,00/10,00	53,64	30,39	23,24	1,17	-Plasticité élevée -formation consistante

Les résultats des limites d'atterberg indiquent la présence des sols moyennement plastique à plastique jusqu'à une profondeur de 6m environ, et des formations plus au moins consistante ou dure au-delà de 6m de profondeur

#### IV.3.2 paramétré mécaniques :

##### ➤ Essais de cisaillement rectiligne :

Les résultats des essais de cisaillement direct sont regroupés dans le tableau suivant :

Tab. IV.5 Valeurs des caractéristiques intrinsèques(L.M.T.P.B)

Sondage SC01		profondeur				
		1,50 /2,00	4,30/5,00	6,00/6,80	9,00/10,00	
Essai Mécanique	Cisaillement Court terme	C <sub>uu</sub> (bars)	/	0,34	0,27	0,25
		$\phi_{uu}$ (°)	/	16,57	9,96	13,25
	Cisaillement long terme	C <sub>u</sub> (bars)	/	0,33	0,23	0,19
		$\phi_u$ (°)	/	10,81	12,98	12,16

#### IV.4 Diagnostic et causes probables du glissement étudié :

##### ▪ Description du glissement :

Le glissement de terrain étudié s'étend approximativement sur 150 m de largeur (parallèlement à la route) et 100 m de longueur (côté de la pente). Lors de nos sorties de terrain on a remarqué l'existence des niches d'arrachement sur le talus amont de la route du (RN77) la présence de bourrelets sur le talus aval de la route et la présence de quelques arbres et poteaux inclinés. La pente du talus (coté amont de la route) est de l'ordre de 40° en moyenne alors que la celle du coté aval de la route est d'environ 60°. D'autre part, le déplacement du mur en gabionnage qui servait de solution de confortement est un indice important de l'activité de ce glissement.

**▪ Causes probables du glissement étudié :**

Les désordres constatés dans la zone d'étude sont le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs : relief accidenté, lithologie du sol, forte pluviométrie, forte pente du talus en question ; augmentation disproportionnée des sollicitations sur le talus naturel en place (diminution des caractéristiques des sols en place du à une arrivée massive d'eau et son infiltration dans le massif. La combinaison de ces facteurs a conduit à la situation constatée sur le terrain Figure.IV.3

Dans ce qui suit nous présenterons les causes probables qui ont contribué à la manifestation des instabilités des versants survenant dans notre secteur d'étude, notamment :

- la morphologie qui résulte d'un relief montagneux, la topographie irrégulière et très en pente. Les terrains traversés correspondent à un véritable sous bassin versant.
- le glissement affecte un matériau d'altération composé par des argiles et des Schistes. Les eaux de surface et les eaux infiltrées ont conduit à leurs altérations et à leurs érosions par entrainement des particules fines, ce qui réduit considérablement leur caractéristique physico-mécanique.
- les formations constituant le talus sont des formations susceptibles au gonflement, vu les variations d'humidité, ce qui permet l'augmentation des pressions interstitielles.
- le versant est ceinturé par des ravinements temporaires principaux qui constituent des points de convergences des eaux de ruissèlement.
- La stratification est séparée par des joints qui sont généralement argileux, est due à des altérations de ces dernières par érosion



Fig.IV.3 Désordres causés par le glissement



Fig.IV.3 Désordres causés par le glissement

### IV.4.1 Analyse de stabilité

#### ▪ Hypothèse de calcul

Il existe en principe deux possibilités pour calculer la stabilité d'une pente, la première, considère que la masse instable forme un bloc rigide et que le sol a un comportement rigide-plastique, et donc, qu'à la rupture tous les points de la masse stable atteignent en même temps leur seuil de rupture. C'est la méthode de calcul à la rupture. La seconde possibilité est l'application de la méthode des éléments finis en choisissant une loi de comportement adéquate complexe. Parmi les méthodes de calcul à la rupture, on a :

- Les méthodes globales qui ne conviennent que pour des profils de talus simple en sol homogène et isotrope.
- Les méthodes par tranches, qui sont plus souples, le talus est partagé en tranches verticales, profile de talus non rectiligne, hétérogénéité du sol, la ligne de glissement quelconque.

Le logiciel utilisé pour le calcul de la stabilité du talus étudié est basé sur la théorie de calcul à la rupture dans laquelle on suppose, que lors d'un glissement de terrain il ya séparation d'une masse mobile ( $A$ ) du massif stable est sain ( $B$ ) le long d'une surface de rupture ( $S$ ). On calcul la contrainte de cisaillement du sol le long de cette surface ( $S$ ) a partir des valeurs connues ou supposées des forces agissant sur ( $A$ ) et on la compare a la résistance au cisaillement du sol estimée a partir des caractéristiques mécaniques du sol.

Le Tableau IV.6 résume les principales méthodes de calculs de rupture couramment utilisées.

**Tab.IV.6- Méthodes de calculs de stabilité des talus**

Méthodes	Type de rupture	Type de méthode	Hypothèses sur les forces inter-tranches
Fellenius (1936)	Circulaire	Tranches	Négligés
Jumbu (1964)	Non circulaire	Tranches	Position imposées
Bishop (1965)	Circulaire	Tranches	Composantes horizontal imposées
Morgenstern-price (1965)	Non circulaire	Tranches	Composante verticale $Z$ et composante horizontale $H$ définies par la relation $\square.f(x) = Z/H$
Spencer (1967)	Non circulaire et circulaire	Tranches	Aucune
Perturbation (1972)	Non circulaire	Globales	Aucune

C'est différentes méthodes se basent sur le même principe concernant le calcul du coefficient de sécurité vis-à-vis la stabilité du talus qui est :

$$F_s = \frac{\sum \text{Moments résistants}}{\sum \text{Moments moteurs}}$$

- Si  $F_s < 1$  : le talus est instable.
- Si  $F_s = 1$  : le talus est stables mais avec des conditions. (Talus douteux)
- Si  $F_s > 1$  : le talus est stable son danger.

### ▪ Calcul numérique par le logiciel GEO-SLOPE

Du fait de la maîtrise de ce logiciel, sa disponibilité, son fonctionnement simple basé sur la méthode des tranches, ces résultats très fiables et la possibilité d'une modélisation acceptable de la rupture on considère que GEO-SLOPE est l'un des logiciels les plus utilisés pour les études de stabilité des talus.

#### - Description générale du logiciel GEO-SLOPE :

Le software GEO-SLOPE exécute l'analyse de la stabilité des talus naturels à l'équilibre limite, des talus artificielles non renforcés, ou des talus en sol renforcé. Ce programme emploie la méthode ordinaire (fellenius), Bishop, Janbu et Morgenstern-Prince dites méthodes de tranches. Il permet d'appliquer l'une ou l'autre méthode à des surfaces circulaires, composées, et non circulaires. Concernant son mode d'emploi il faut introduire les données suivantes pour pouvoir lancer le calcul de stabilité :

- Définition de l'espace de travail.
- Définition du problème (donnée géométrique).
- Définition des paramètres d'analyse.
- Définition des couches.
- Définition des caractéristiques physico-mécaniques des sols constituant les couches.
- Définition du maillage.
- Lancer le calcul de stabilité

- **Validation de l'approche de calcul considérée :** La stabilité du talus étudié sera faite à partir d'une coupe géométrique faite sur la section de la route (RN77) affectée par le glissement du terrain étudié. On a essayé de faire une synthèse en utilisant les données mentionnées dans les rapports géotechniques du laboratoire (L.M.T.P.B). Pour les calculs de stabilité on a opté pour le profil en travers composé de trois couches successives de bas en haut avec une couche de remblais sous la route.

- profil adopté : qui commence à partir de la chaussée de la route (coté amont) surmontée par un talus composé d'une couche de schiste friable suivie d'une couche d'argiles limoneuses à graveleuses jaunâtre à rougeâtre de 6,80 m d'épaisseur suivie d'une couche d'argile limoneuse à passage caillouteux jaunâtre à brunâtre de 2,20 m d'épaisseur, et enfin une couche de remblai de 1 m d'épaisseur. (Fig.IV.3).

Les valeurs des caractéristiques physico-mécaniques des différentes couches de sol utilisées dans l'étude de la stabilité du talus affecté par le glissement de terrain sont regroupées dans le Tableau IV.7

Dans le calcul du facteur de sécurité on a utilisé les valeurs des paramètres mécaniques du cisaillement à long terme ( $\phi', C'$ ) les mieux représentatifs. Ce choix est justifié le fait que ce glissement est suite d'une série de mouvements de terrain enregistrés dans cette zone, donc nous pensons que ces caractéristiques à long terme sont représentatives. D'autre part, nous vérifions comme même la stabilité à court terme.

Tab.IV.7 Paramètres physico-mécaniques des sols en place.

Paramètre physico-mécanique lithologie	$\varphi(^{\circ})$	$C(\text{bars})$	$\varphi'(^{\circ})$	$C'(\text{bars})$	$\gamma_d(\text{t/m}^3)$
Argiles limoneuses graveleuses jaunâtre à rougeâtre	16,57	0,34	11,04	0,23	1,59
Argiles limoneuses à passage caillouteux jaunâtre à brunâtre	9,96	0,27	6,65	0,18	1,53
Schiste friable altéré	13,25	0,25	8,83	0,17	1,53

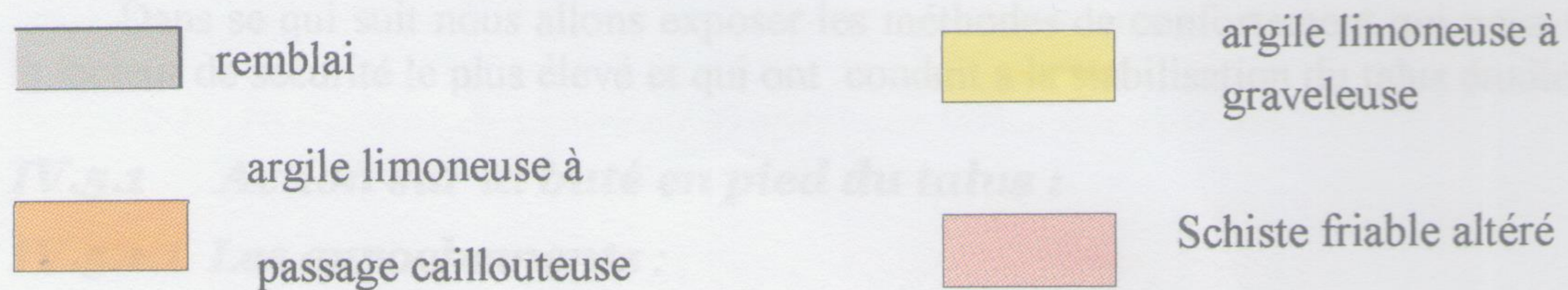
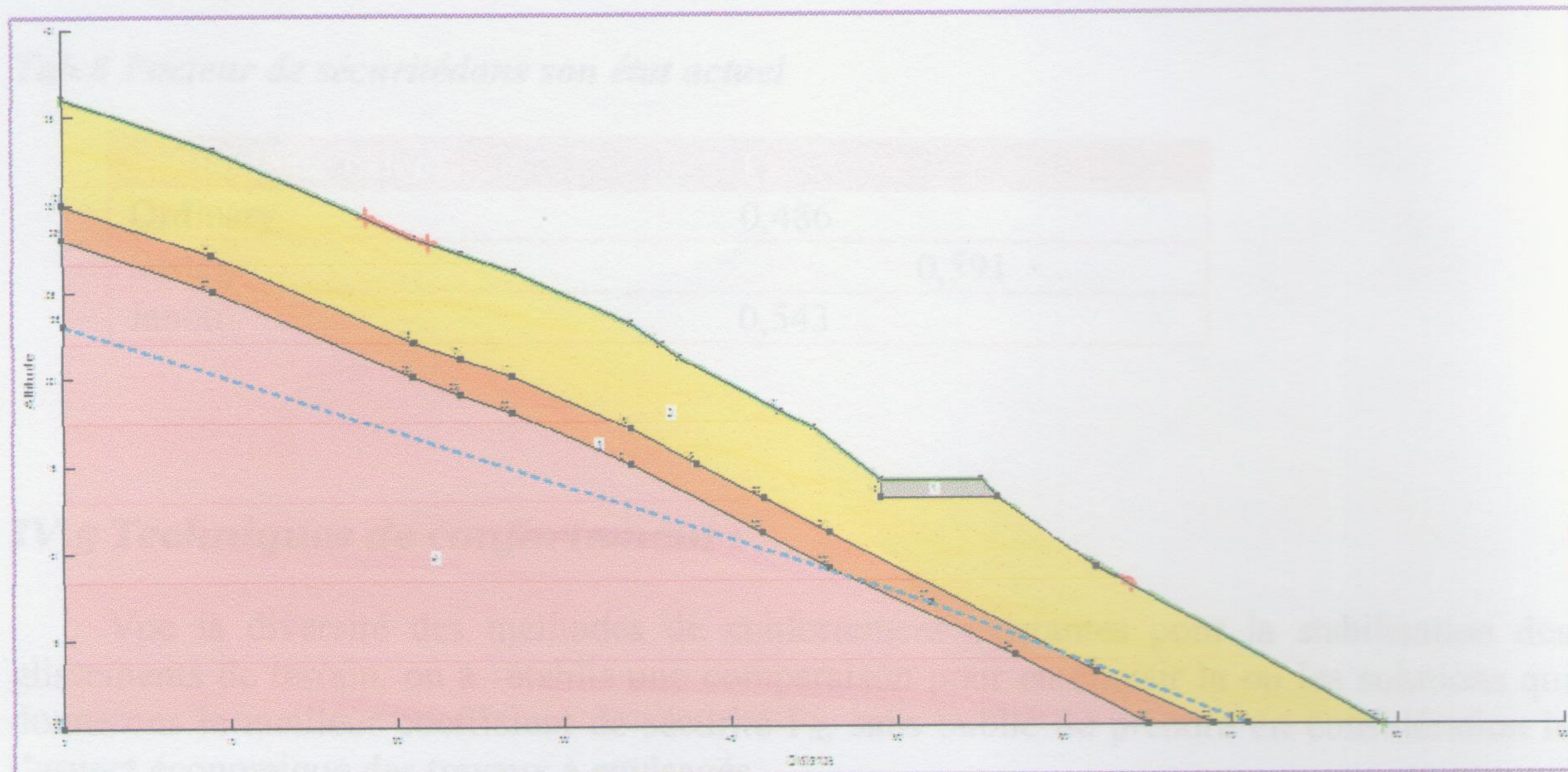


Fig.IV.4 Profil du Talus(état initial)

Les résultats de l'analyse de stabilité effectuée sur le talus dans son état actuel montrent un facteur de sécurité  $F_s < 1$  donc le talus est instable. Le cercle critique dans les différents profils adoptés pour cette étude sont présentés dans la Figure IV.5

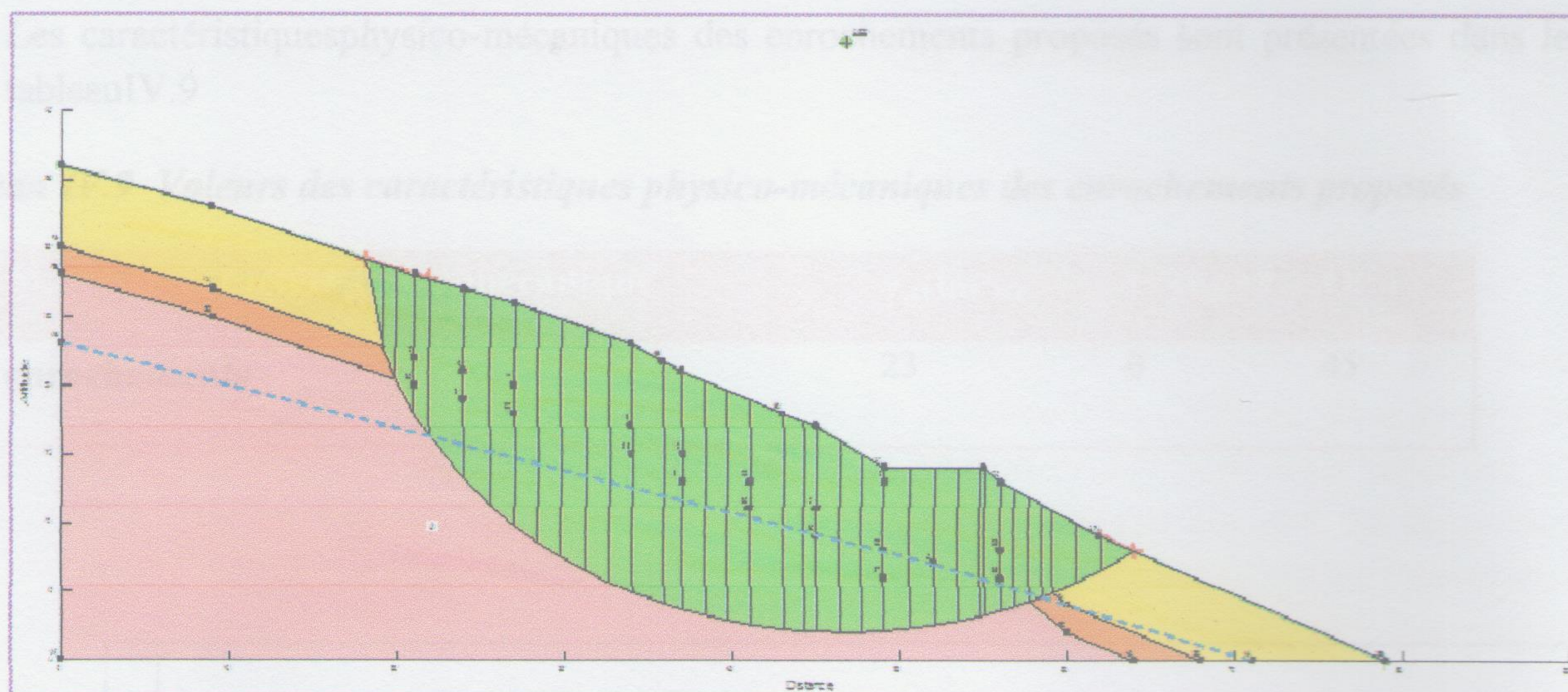


Fig.IV.5: etude critique du Talus dans son état actuel (profil 1)

Tab.8 Facteur de sécurité dans son état actuel

méthode de calcul	Fs
Ordinary	0,486
Bishop	0,591
Janbu	0,543

#### IV.5 Techniques de confortement :

Vue la diversité des méthodes de confortement existantes pour la stabilisation des glissements de terrain, on a établis une comparaison pour en choisir la ou les solutions qui donnerons le meilleur coefficient de sécurité  $F_s$ , sans oublié de prendre en considération le l'aspect économique des travaux à envisagés.

Dans se qui suit nous allons exposer les méthodes de confortement qui nous on donner le facteur de sécurité le plus élevé et qui ont conduit a la stabilisation du talus étudié.

##### IV.5.1 Action sur la buté en pied du talus :

###### IV.5.1.1 Les enrochements :

Dans notre cas d'étude, la solution quia conduit à la stabilisation du Talus été la mise en place des enrochements au pied de ce dernier.

Le rôle de ces enrochements est d'annuler la pression interstitielle dans la portion correspondante du terrain, mais leurs caractéristiques mécaniques élevées (angle de frottement) apportent également un gain considérable de stabilité. Suit à la butée exercée au pieds du Talus

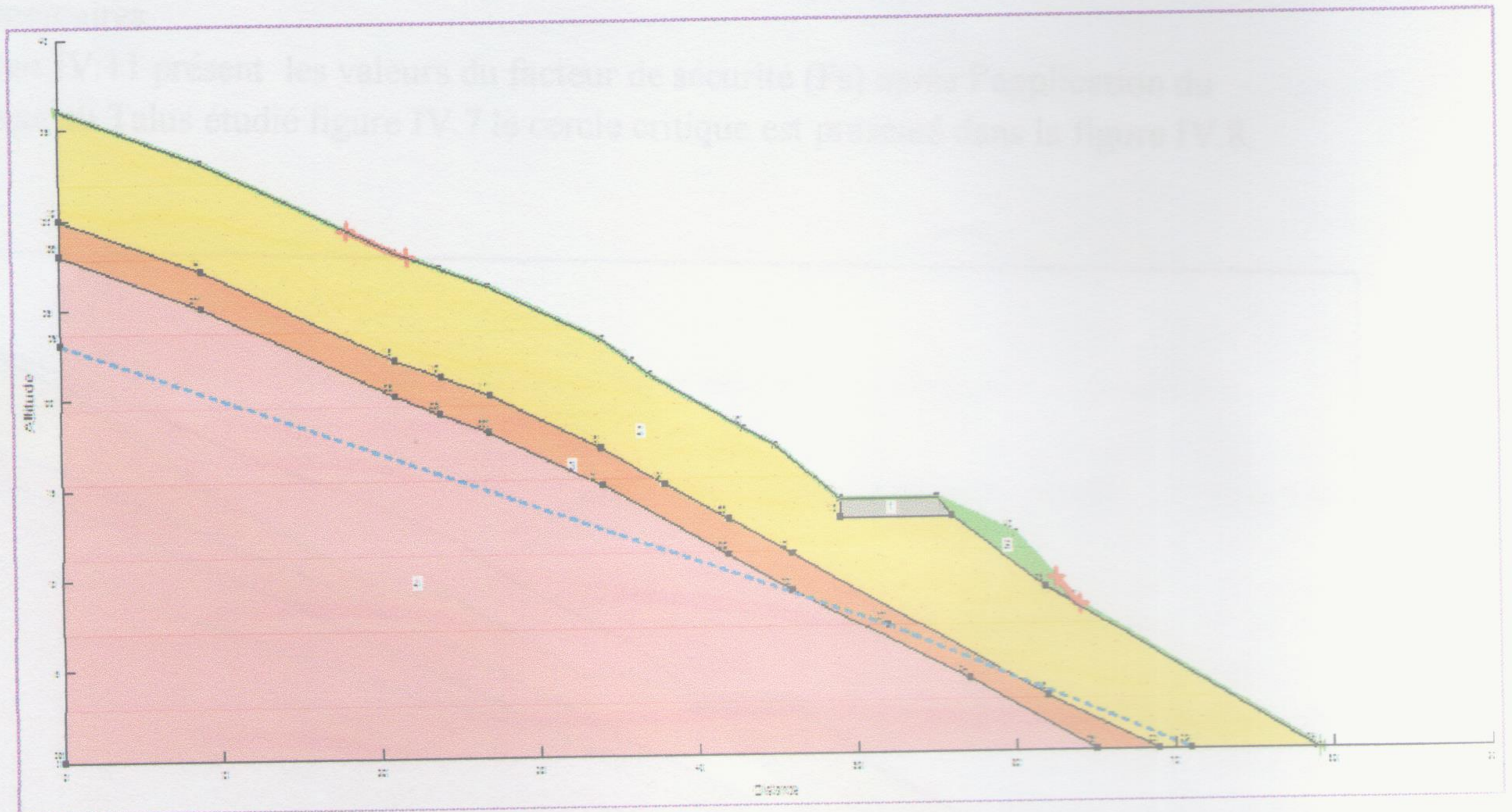
Les enrochements proposé sont constitué de blocs (200-800 mm) mise en place sur le talus sous forme de butée faiblement ancrée d'une hauteur de 3 m avec une largeur de 15m disposé au pied du talus, Cette solution est combinée avec un réseau de tranchées drainantes comme le montre le profil de la Figure IV.6.



Les caractéristiques physico-mécaniques des enrochements proposés sont présentées dans le tableau IV.9

**Tableau IV.9 Valeurs des caractéristiques physico-mécaniques des enrochements proposés**

Matériel /caractéristique mécanique	$\gamma_d(\text{kn/m}^3)$	$C^\circ(\text{kpa})$	$Q^\circ$
enrochements	23	0	45



**Fig.IV.6 Confortement avec des enrochements en pieds du Talus (profil 2)**

Les résultats de l'étude de stabilité sont regroupés dans le tableau IV.10

**Tableau IV.10 Facteur de sécurité (Fs) après confortement avec des Enrochements en pieds du Talus**

méthode de calcul	Fs
Ordinary	0,523
Bishop	0,641
Janbu	0,589

Les résultats de l'analyse de stabilité montrent un facteur de sécurité  $F_s < 1$ , donc le talus est toujours instable.

Ce qui oblige de combiné la solution de confortement afin d'améliorer la stabilité du Talus étudié.

#### IV.5.2 Action sur la topographie par reprofilage du talus :

Les conditions de stabilité d'un talus étant directement liées à sa pente, on peut assez simplement augmenter la sécurité par retalutage du Talus naturel. Dans ce sens, le procédé s'apparente à l'allègement en tête : il consiste en un adoucissement de la pente moyenne. Ce type de traitement est particulièrement bien adapté aux talus en déblais, et il est de pratique courante. Notons que l'exécution de risbermes a l'avantage d'améliorer la stabilité par rapport à une pente unique et de créer des voies d'accès pour l'entretien ou pour des travaux complémentaires.

Le tableau IV.11 présent les valeurs du facteur de sécurité (Fs) après l'application du reprofilage au Talus étudié figure IV.7 le cercle critique est présenté dans la figure IV.8.

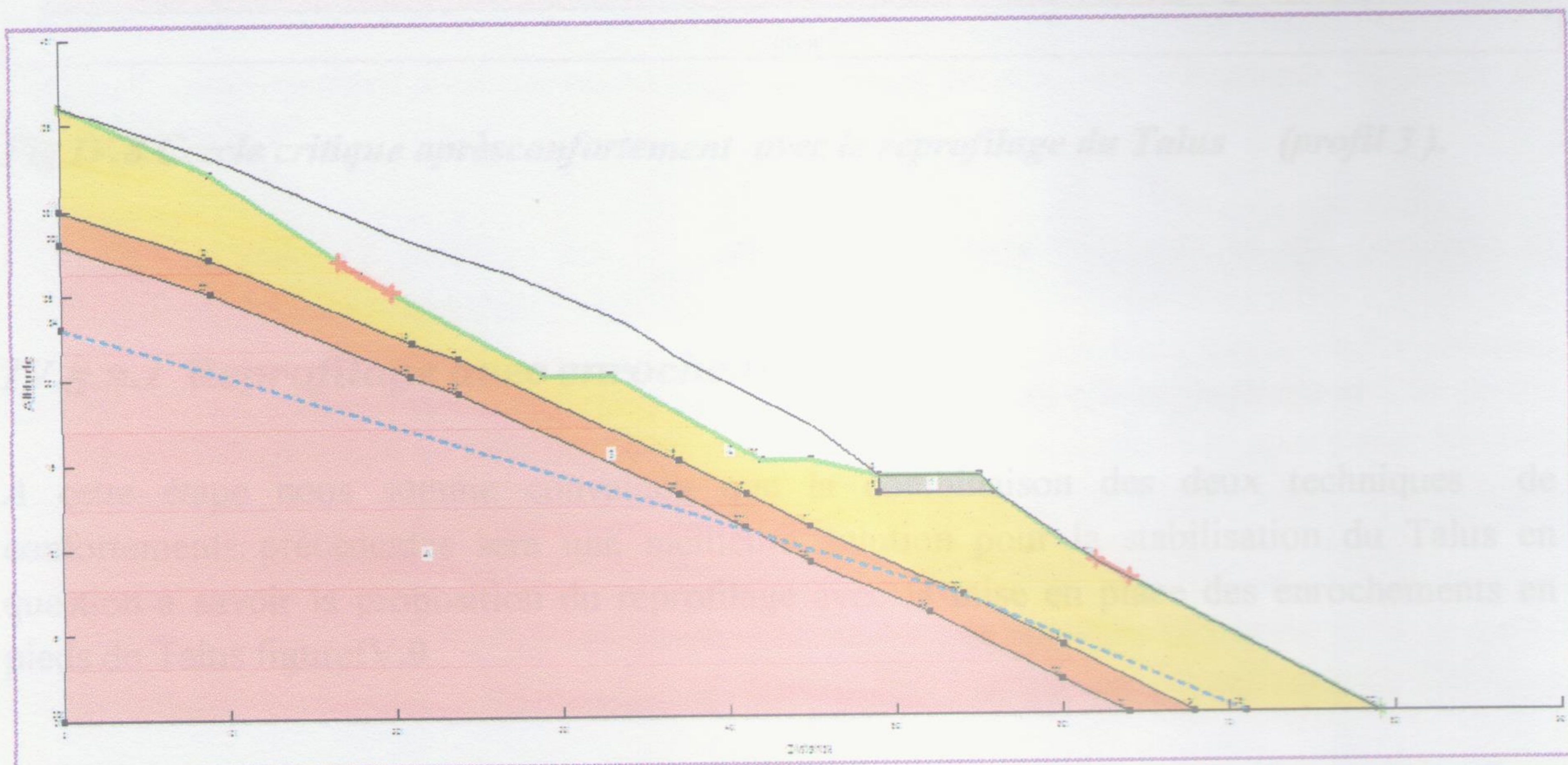
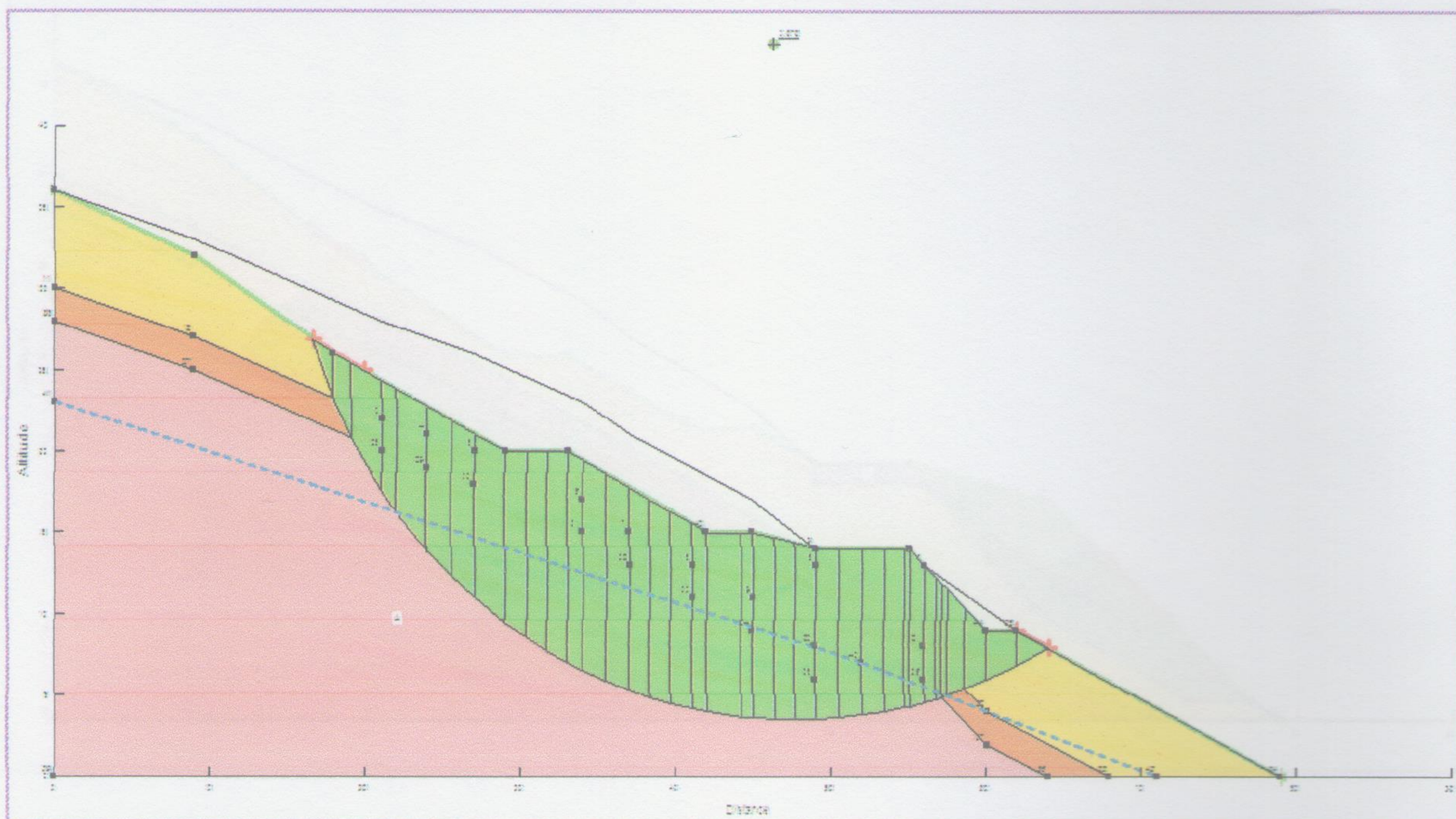


Fig.IV.7 Confortement avec le reprofilage du Talus (profil 3).

Tableau IV.11 Facteur de sécurité (Fs) après confortement par reprofilage du Talus

méthode de calcul	Fs
Ordinary	0,524
Bishop	0,689
Janbu	0,611

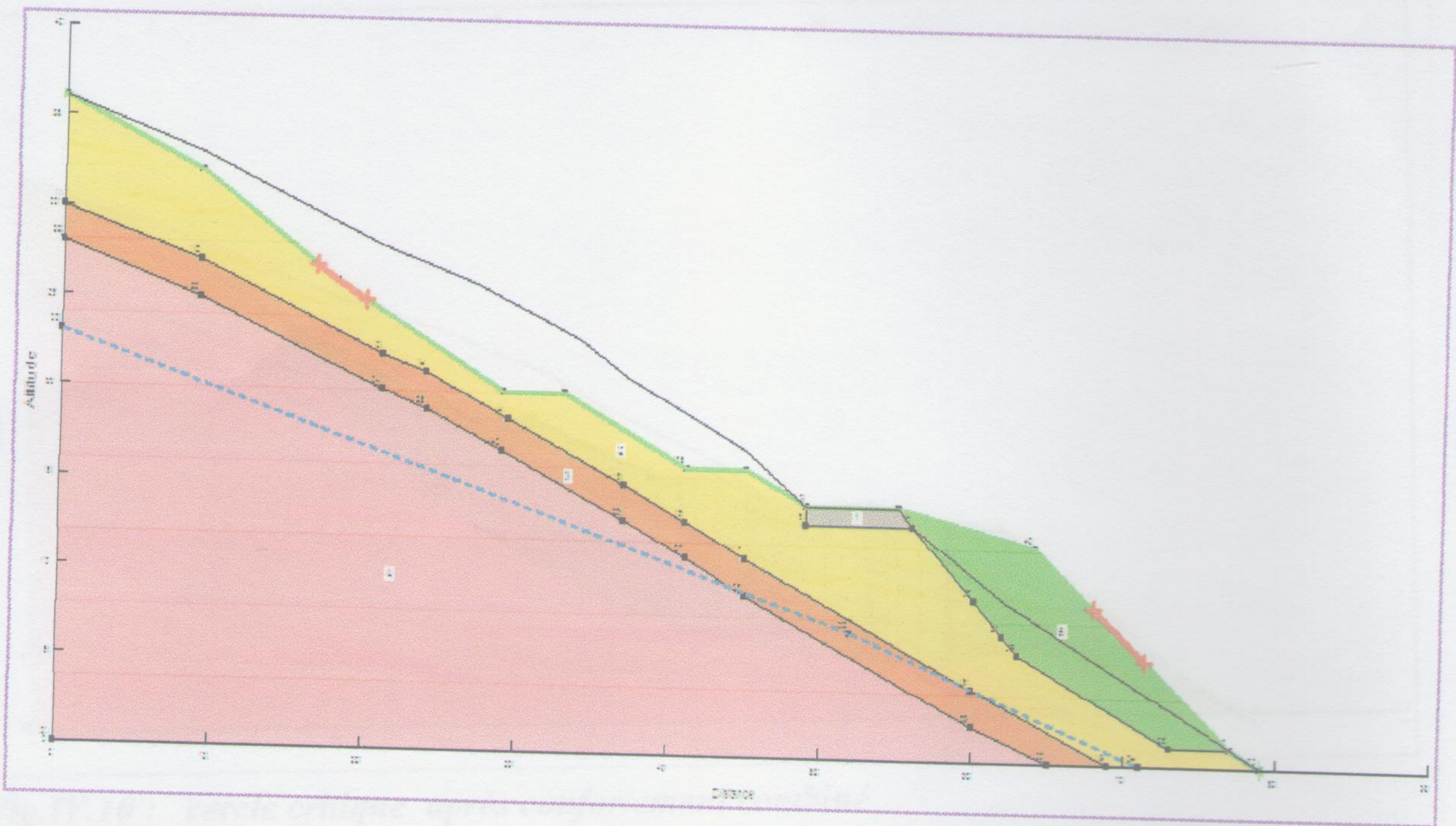
On remarque qu'après le reprofilage du Talus le facteur de sécurité est bien amélioré mais il restetoujoursinférieur à 1 ?5



**Fig.IV.8 Cercle critique après confortement avec le reprofilage du Talus (profil 3).**

**IV.5.2.1 Reprofilage avec enrochement :**

A cette étape nous sommes convaincu que la combinaison des deux techniques de confortements précédentes sera une meilleure solution pour la stabilisation du Talus en question à savoir la proposition du reprofilage avec la mise en place des enrochements en pieds du Talus figure IV.9



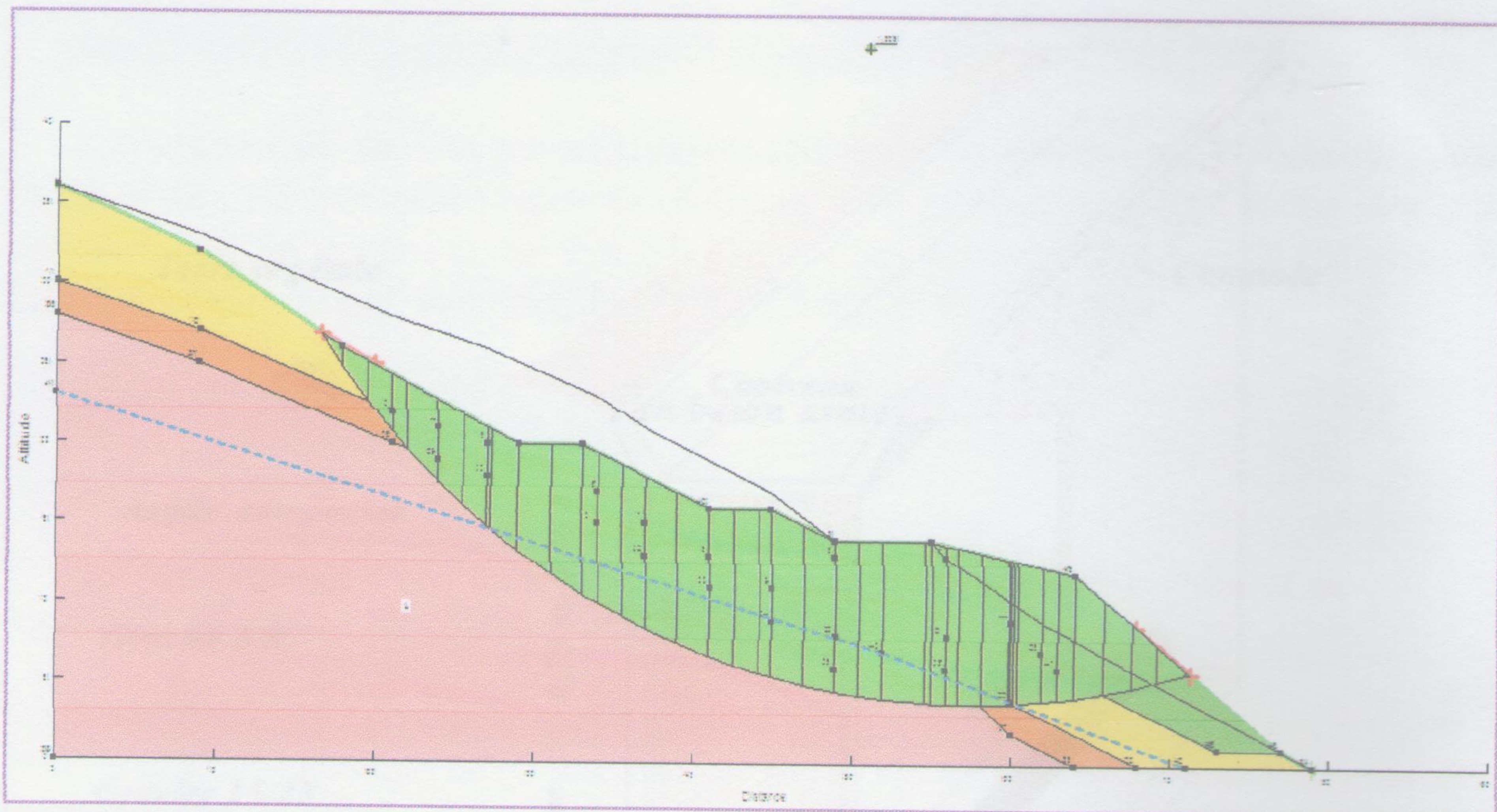
**Fig. IV.9 confortement avec le reprofilage du Talus et des enrochements en pieds du Talus (profil 4)**

Enfin le tableau IV.12 présente des facteurs de sécurité satisfaisants ce qui confirme la fiabilité des solutions proposées.

**Tableau IV.12. Facteur de sécurité ( $F_s$ ) après confortement avec le reprofilage et Les Enrochement en pied du Talus**

méthode de calcul	$F_s$
Ordinary	1,016
Bishop	1,638
Janbu	1,336

Les résultats de l'analyse de stabilité après la combinaison des deux solutions proposées (reprofilage et enrochements) montrent un facteur de sécurité  $F_s > 1.5$  : ce qui indique que le talus est stable.



**Fig.IV.10 : cercle critique après confortement combiné  
reprofilage et Enrochement (profil 4)**

### IV.5.3 Action sur l'eau :

**IV.5.3.1 Tranchées drainantes :** dans la plus part des glissements de terrain, l'eau joue un rôle moteur déterminant, ce qui est le cas dans notre site étudié. Pour limité l'effet des eaux d'infiltration on a opté pour l'utilisation d'une tranchée drainante de 1m de largeur et de 6m de profondeur disposée perpendiculairement aux lignes de pentes. Pour que cette dernière répond aux règles de filtre, elle sera constituée de matériaux drainants à savoir des graviers (15/25) ayant comme caractéristiques ( $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $C = 0 \text{ kPa}$  et  $\varphi = 42^\circ$ ) surmontant un drain en buse perforée de 200mm de diamètre. Ce système de drain est enveloppé dans un géotextile non tissé (Fig.III.21). On propose de réaliser la tranchée drainante dans la partie supérieure de la route (au pied du talus en déblai) afin d'empêcher les infiltrations des eaux dans le remblai constituant la route.

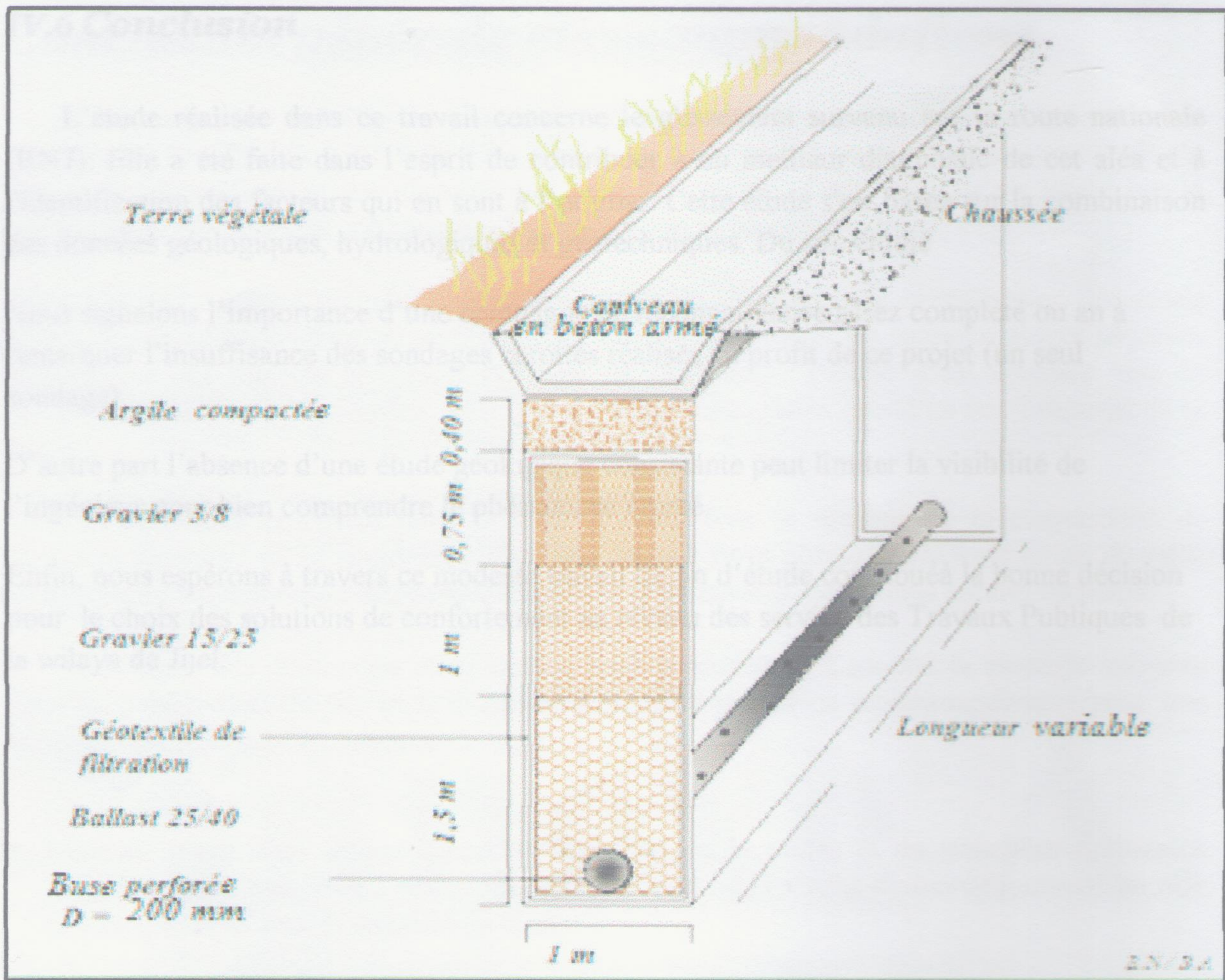


Fig.IV.11 Schéma typique de la tranchée drainante proposée

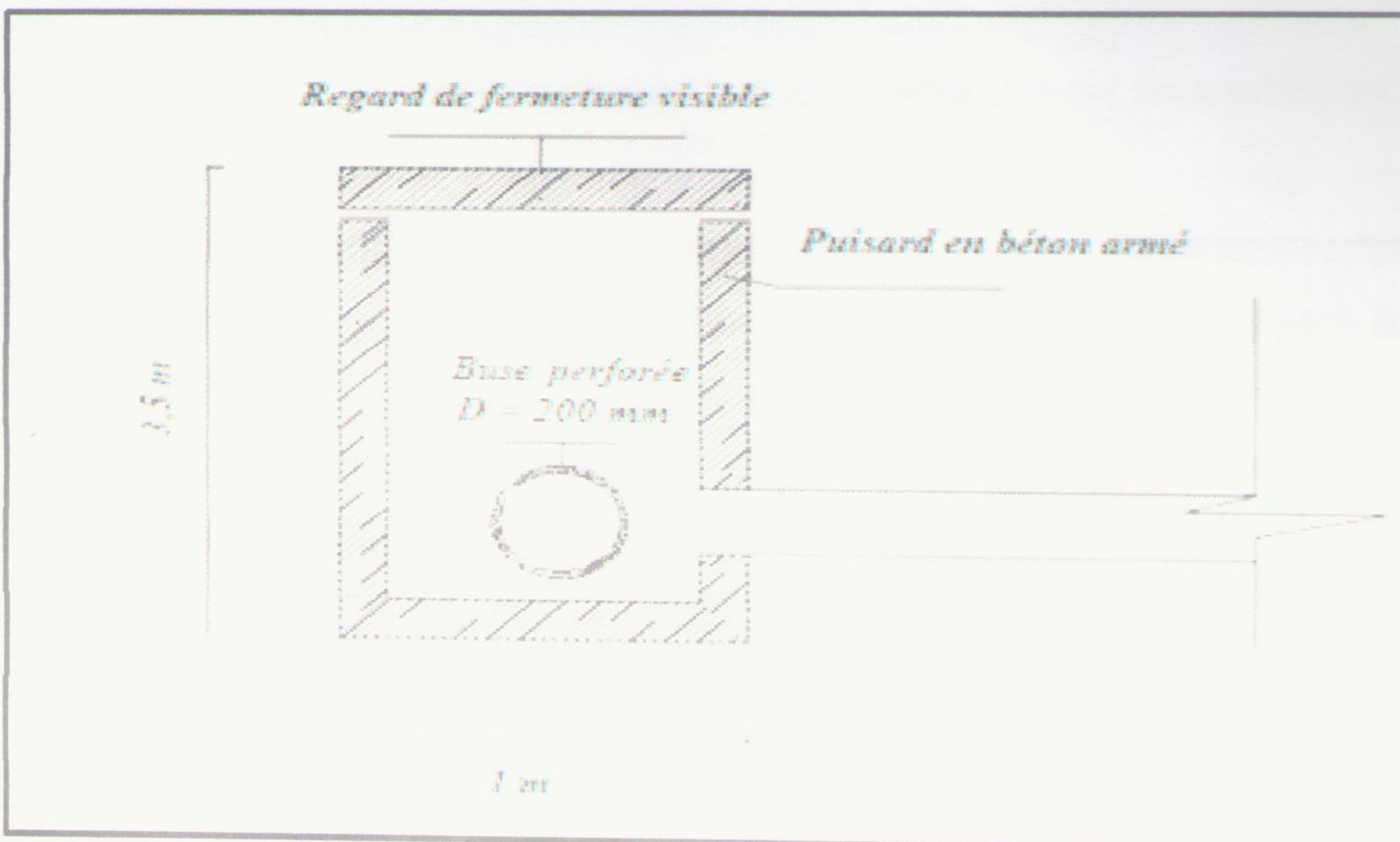


Fig.IV.12 Détail de la jonction du drain en buse perforée de la tranchée drainante avec le puis

## IV.6 Conclusion

L'étude réalisée dans ce travail concerne le glissement survenu sur la route nationale (RN7). Elle a été faite dans l'esprit de contribuer à un meilleur diagnostic de cet aléa et à l'identification des facteurs qui en sont à l'origine. Cette étude s'est basée sur la combinaison des données géologiques, hydrologiques et géotechniques. Du site étudié

Nous signalons l'importance d'une campagne de reconnaissance assez complétée ou au moins à remarquer l'insuffisance des sondages carottés réalisés au profit de ce projet (un seul sondage).

D'autre part l'absence d'une étude géologique consistante peut limiter la visibilité de l'ingénieur pour bien comprendre le phénomène étudié.

Enfin, nous espérons à travers ce modeste travail de fin d'étude contribuer à la bonne décision pour le choix des solutions de confortement au niveau des services des Travaux Publics de la wilaya de Jijel.

- \* Mise en place d'un réseau d'épaves (en aval de la route) et de tranchées drainantes judicieusement placées à l'amont du site. En outre des épaves drainantes jouent un rôle non négligeable dans la stabilité du terrain ;
- \* Mettre en place des revêtements au pied du talus en amont de la route ;
- \* Le drainage des eaux superficielles par la mise en place de fossés bétonnés le long de la route et aux pieds des bermes réalisées sur le talus, réalisation des ouvrages bois ;
- \* Remise en état du corps de chaussée et son revêtement sur un remblai en terre renforcée par géotextile pour assurer une bonne tenue de la route ;

## Conclusion générale et recommandations

Notre projet de fin d'étude concerne l'étude d'un glissement située en amont de la RN77 au PK17+900. Elle a été faite dans l'esprit de contribuer à un meilleur diagnostic de cet aléa et à l'identification des facteurs qui sont à l'origine. Cette étude s'est basée sur la combinaison des données géologiques, hydrologiques et géotechniques.

Le travail est basé sur une inspection visuelle du site suivie de la réalisation des essais d'identifications géotechniques au laboratoire afin de déterminer les caractéristiques physico-mécaniques des terrains en place. A l'issue de ces essais, l'étude est orientée vers la compréhension de ce phénomène ainsi que les recommandations quand au confortement de la route.

Les désordres constatés dans la zone d'étude sont le résultat de la conjonction de plusieurs facteurs : relief accidenté, lithologie du sol, forte pluviométrie, forte pente du talus en question ; augmentation disproportionnée des sollicitations sur le talus naturel en place.

Les causes des dommages étant cernés, nous préconisons d'adopter la stratégie suivante pour la stabilisation du site et le confortement de la route. Nos recommandations pour une solution optimale sont les suivantes :

- Mise en place d'un réseau d'éperons (en aval de la route) et de tranchées drainantes judicieusement placées à l'amont du site. En outre ces éperons drainants joueront un rôle non négligeable dans la stabilité du terrain ;
- Mettre en place des enrochements au pied du talus en amont de la route ;
- Le drainage des eaux superficielle par la mise en place de fossés bétonnés le long de la route et aux pieds des bermes réalisées sur le talus, réalisation des ouvrages bués ;
- Remise en état du corps de chaussée et son revêtement sur un remblai en terre renforcée par géotextile pour assurer une bonne tenue de la route ;
- Interdire toute décharge de matériaux sur les talus.



## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tab.III.1-</b> Caractéristiques de la station pluviométrique de Texenna. (A.N.R.H).....	16
<b>Tab.III.2-</b> Moyenne mensuelle des précipitations (station d'El Agrem, 2003-2013) (A.N.R.H, 2013).....	17
<b>Tab.III.3-</b> Données des Températures moyennes mensuelles (Station d'El -Agrem, période 2003-2012).....	18
<b>Tab.III.4-</b> Paramètres du diagramme Ombrothermique (Station de Texenna, période 2001/2012) .....	19
<b>Tab.III.5-</b> Résultats de calcul de l'évapotranspiration potentielle (Station d'El Agrem, période 2002/2012).....	21
<b>Tab.III.6-</b> Résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle.....	22
<b>Tab.III.7-</b> Perméabilité des différentes formations de la région D'étude (M. Tekkouk (2005)).....	25
<b>Tab.IV.1-</b> Déscription des carottes (L.M.T.P.B).....	29
<b>Tab.IV.2-</b> Valeurs des principaux paramètres physiques des sols du site étudié (L.M.T.P.B) 201.....	31
<b>Tab.IV.3-</b> Analyse granulométrique (L.M.T.P.B) .....	32
<b>Tab.IV.4-</b> Résultats des limites d'atterberg(L.M.T.P.B ).....	32
<b>Tab.IV.5-</b> Valeurs des caractéristiques intrinsèques (L.M.T.P.B) .....	33
<b>Tab.IV.6-</b> Méthodes de calculs de stabilité des talus.....	36
<b>Tab.IV.7-</b> Paramètres physico-mécaniques des sols en place.....	38
<b>Tab.IV.8-</b> Facteur de sécurité dans son état actuel.....	39
<b>Tab.IV.9-</b> Caractéristiques physico-mécaniques des enrochements proposés.....	40
<b>Tab.IV.10-</b> Facteur de sécurité (Fs) après confortement avec enrochements en pieds du Talus.....	41
<b>Tab.IV.11-</b> Facteur de sécurité (Fs)après confortement par reprofilage du Talus.....	42
<b>Tab.IV.12-</b> Facteur de sécurité (Fs)après confortement avec le reprofilage et Enrochement en pied du Talus.....	4

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Fig.I.1-</b> Situation géographique du site d'après la carte topographique de la région de Texanna.....	2
<b>Fig. II.1-</b> Coupe géologique de la région d'étude (Rouikha, Y, 2008).....	5
<b>Fig. II.3-</b> Coupe géologique de la transversale Texenna-M'cid Eghta (Kherrouba .H ; 2008)..	7
<b>Fig.II.5-</b> Carte géologique de la région d'étude (H. Djellit ; 1987).....	9
<b>Fig.II.8-</b> Carte sismique de l'Algérie selon le RPA version 2003.....	11
<b>Fig.II.9-</b> Isoséistes de la secousse du 1949 (d'après J.P rothe).in Tekkouk.....	12
<b>Fig.II.10-</b> Contexte sismo-téctonique de la région Jijel-Boujje (C.R.A.A.G ;1971) in Tekkouk.....	12
<b>Fig.III.1-</b> Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel, (A.N.R.H, 1996).....	16
<b>Fig.III.2-</b> Distribution de la pluviométrie moyenne mensuelle de la période 2003-2013 (Station d'El Agrem).....	17
<b>Fig.III.3-</b> Répartition des températures moyennes mensuelles station El -Agrem, période (2003/2013).....	18
<b>Fig.III.4-</b> Diagramme Ombrothermique de la station de Texenna (Période 2003/2013).....	19
<b>Fig.III.5-</b> Bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite (station El-Agrem période 2003-2013).....	22
<b>Fig.III.6-</b> Limites du bassin versant et chevelu hydrographique (Boudjriha, 2009).....	24
<b>Fig.III.7-</b> Relation Amont -aval des systèmes aquifères du sous bassin versant d'El Agrem. (M. Tekkouk, 2005).....	26
<b>Fig. IV.2-</b> Plan d'implantation des essais in situ.....	30
<b>Fig. IV.3-</b> Désordres causés par le glissement.....	35
<b>Fig. IV.4-</b> Profil du Talus (état initial).....	38
<b>Fig. IV.5-</b> Cercle critique du Talus dans son état actuel (profil 1).....	39
<b>Fig. IV.6-</b> Confortement avec des enrochements en pieds du Talus (profil 2).....	40
<b>Fig. IV.7-</b> Confortement avec le reprofilage du Talus (profil.3).....	41
<b>Fig. IV.8-</b> Cercle critique après confortement avec le reprofilage du talus (profil 3).....	42
<b>Fig. IV.9-</b> Confortement avec reprofilage et enrochement en pieds du talus (profil 4).....	43
<b>Fig. IV.10-</b> Cercle critique après confortement combiné reprofilage et enrochement.....	44
<b>Fig. IV.11-</b> Schéma typique de la tranchée drainante proposée.....	45

References bibliographiques

# LISTE DES PHOTOS

Boullin, J.P. 1977. Géologie de la région de Djidjelli et de l'oued Milla. Thèse Paris. 140 pages.

Boullin, J.P. (1979): La géologie de l'Algérie, une région-clé pour l'interprétation de la géologie algérienne. Thèse de l'Université de Paris. 206P.

Durand Delga, M. 1955: Etude géologique de l'Oued de l'oued Numidique. Thèse de l'université de Paris.

**Photo.II.1** -Les formations du flysch Massylien de Texenna..... 6

**Photo II.2** -Photo illustrant du Trias effondré au niveau de l'oued Djen-Djen. (Kherrouba, H ;2008)..... 7

**Photo.II.6**-Contact frontal majeureau-dessous de la RN77..... 9

**Photo.II.7**-Plissement des flyschsmassylien de Texenna..... 9

**Photo.IV.1**- Repérage de la zone de glissement..... 27

Kherrouba, H. (2008): Etude géologique et géotechnique des zones instables de la région de Texenna-Djinnia, wilaya de Jijel (Algérie) ; mémoire de magistère, université de Jijel.

L.M.E.P.B., (2012): Etude des dégâts causés par le séisme du 23/05/2012 sur les RN (Annexes) Rapport inédit. Jijel, Algérie.

Saupeyrou, G.Olivari, G. et Carlier B-1983. Problèmes pratiques de la géotechnique des fondations. T. Ed. Dunod. 1983. 11, 203 p.

Rouikha, F. 2006 : études géologiques et géotechniques de la région Elchaïba, El chaïba, sud algérie. Mémoire de magistère, université de Jijel, Algérie.

Leouk, M (2008). Etude de la zone de glissement de l'oued Djen-Djen. Mémoire de Magistère, université de Jijel, Algérie.

## Références bibliographiques

**Boullin, J.P.1977** .Géologie alpine de la Petite Kabylie dans la région de Collo et d'El-Milia. Thèse Paris .Toulouse.15p

**Boullin, J.P. (1979):** La transversale de Collo et d'El-Milia (Petite Kabylie): une région-clef pour l'interprétation de la tectonique Alpine de la chaîne littorale d'Algérie. Thèse. Paris. Mém. Soc. Géol. France. Nouv. Série. L VII, n°135,84P.

**Djellit, H. (1987):** Evolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flyschs en Petite Kabylie occidentale (Algérie).Thèse Doct. Univ d'Orsay Paris, 206P.

**Durand Delga, M.1955:** Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat. Paris, Publ. serv. Carte géol. Algérie, 24,533P.

**Kherrouba, H. (2008):** Etude géologique et géotéchnique des zones instables de la région de Texenna-Djimla, wilaya de Jijel(Algérie) ),mémoire de magistère,université de Jijel.

**L.M.T.P.B., (2012):** Etude des dégats causés par les intempéries 2012 sur les RN77 W Jijel (Annexes).Rapport inédit. Jijel. Algérie.,21P

**Sanglerat, G.Olivari ,G. et Camboer B.1983.** Problèmes pratiques de mécanique des sols et de fondations. 2<sup>e</sup> Ed. Dunod, Paris. Tome II. 263 p

**Rouikha .Y.2008 :** études géologiques et géo mécaniques des roches carbonatées de la région Elchekfa, El chahna, sidi bouaza, mémoire de magistère 2008 Univ.Jijel.Algérie.79P.

**Tekkouk, M.(2005) .** Étude de la pollution par les sulfates des eaux du bassin versant de l'oued Djen-Djen. Mém de Magister. Univ. Constantine. Algérie. 262 p.

## Sites Web

[www.geoslope.com](http://www.geoslope.com)

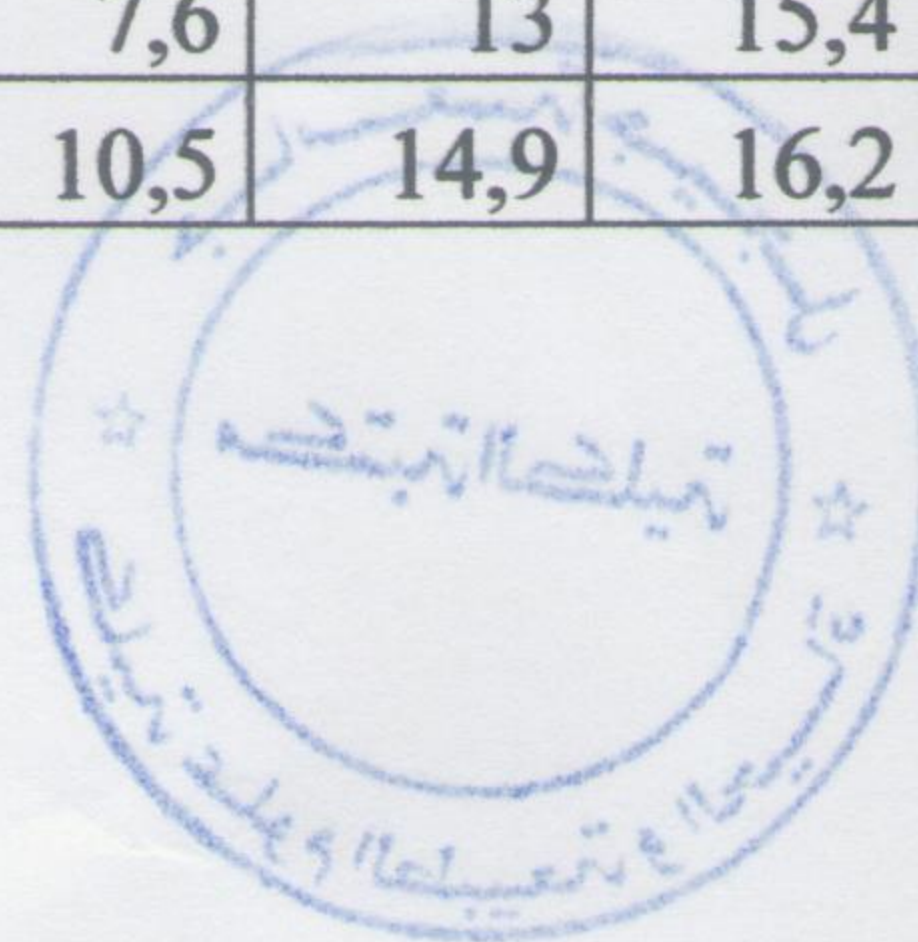
# Annexe A

**Nom station : Barrage El Agrem****Précipitations enregistrées (en mm) Période (2003-2013).**

mois années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
2003-2004	123,9	51,6	130,5	281,2	177,6	88,3	65,9	109,3	82,3	61,3	0,0	0,0
2004 -2005	78,3	25,6	199,7	201,9	272,8	218,6	88,8	193,0	13,3	0,0	0,6	8,5
2005-2006	80,1	40,4	164,2	208,0	188,0	189,0	70,3	45,7	41,8	2,6	0,0	18,9
2006-2007	54,3	51,7	36,0	243,5	11,7	83,9	271,1	74,7	4,0	27,1	4,4	4,0
2007-2008	83,4	129,6	211,7	307,4	19,8	27,7	199,2	36,0	128,2	4,8	0,0	0,0
2008-2009	136,2	30,4	161,5	136,6	331,4	109,6	87,7	162,1	26,5	0,0	0,5	7,7
2009-2010	136,0	88,4	162,6	180,9	165,4	81,0	112,2	58,1	65,9	46,9	1,8	1,1
2010-2011	58,4	271,7	190,3	110,3	102,3	216,1	78,4	90,9	40,1	31,1	0,5	0,0
2011-2012	10,7	193,9	109,1	178,5	80,1	352,3	78,6	178,4	0,0	0,0	2,5	48,5
2012-2013	95,7	251,2	124,4	86,0	242,2	270,5	97,8	49,8	89,3	0,0	0,0	31,8

**Températures moyen enregistrées (en C°) Période (2003-2013).**

mois années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
2003-2004	24	21	16,7	1,5	10,7	12,6	12,9	14,7	16,3	20,8	22,6	25,2
2004 -2005	23,2	21,4	13,4	12,2	8,5	8	12,1	15,3	19,4	23,3	25,4	24,9
2005-2006	23,6	21,2	16,5	11,9	10,2	11,5	14,6	18,9	21,3	24,7	27,3	25,6
2006-2007	24	22,6	18,2	13,5	13,2	13,6	13,1	16,5	20,4	23,2	26,5	28,1
2007-2008	24	20	15,2	12,5	12,7	13,4	13,4	17	19,3	22,6	26,9	25,8
2008-2009	24,6	20,4	14,7	12	11,4	10,9	12,9	14,5	20,6	24,3	28,6	27,3
2009-2010	23,3	19,8	17,1	15,1	12,6	13,7	14,6	15,9	17,7	21,6	26,2	26,4
2010-2011	23,4	20,3	15,6	13,7	12,5	11,5	14,2	17,6	19,3	22,3	26,5	27,8
2011-2012	24,1	20,1	16,1	12,4	10,9	7,6	13	15,4	19,1	25,4	26,6	29,3
2012-2013	23,6	21	16,9	13	12,1	10,5	14,9	16,2	17,4	20,8	25,4	23,9



## Résumé

Le travail que nous présentons ici et qui a pour but l'étude du glissement de terrain de la RN 77 au PK 17+900 a concerné dans son premier volet une étude complète des données géologiques hydrologiques et hydrogéologiques de la zone étudiée. La partie géotechnique de notre étude a été abordée dans le deuxième volet où tous les caractéristiques du terrain ont été traités.

L'étude de tous les paramètres menée au niveau des deux volets nous a permis de conclure et de proposer des recommandations que nous avons jugé opportunes pour stabiliser les masses en mouvement

## ملخص

العمل الذي قمنا به هنا و الذي يهدف الى دراسة انزياح التربة على الطريق الوطني رقم 77 عند النقطة Pk17+900 و الذي يهتم في جزئه الاول بدراسة كاملة للمعطيات الجيولوجية و الهيدرولوجية و الهيدروجيولوجية للمنطقة المعنية بالدراسة. الجزء الجيوتقني لدراستنا و الذي نوقش في الجزء الثاني اين كل خصائص الارض تمت معالجتها دراسة كل العوامل المطروحة في مستوى الجزئين يسمح لنا باستنتاج واقتراح حلول مناسبة لاستقرار الكتل المتحركة

## Summary

The work we present here and which aims to study the land slide of the RN77 to PK17+900 concerned in its first part with a comprehensive study of the hydrological, geological and the hydrogeological data within the studied area. The geotechnical part of our study was discussed in the second part of our study where all the terrain features were processed.

The study conducted every parameter at the two components has allowed us to conclude and propose recommendations that we felt appropriate to stabilize the moving mass.