

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة ابي بكر بلقايد - تلمسان -
Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen -



حىء اسءنوءوءىء
Faculté de Technologie

Laboratoire : Research Laboratory No. 60 Valorization of Water Resources

THÈSE

Présentée pour l'obtention du grade

de

Doctorat LMD

Option : *science de l'eau*

THEME

Inventaire et analyse des aménagements traditionnels de conservation de l'eau et du sol dans l'ouest algérien et recherche de leurs applicabilités : Cas des Béni Snous

Soutenue le : 09 / 06 /2021

Présentée Par : *M^{elle} : FECIH Abla*

Devant les membres du jury :

Président	Mr. Bouchelkia Hamid	Professeur	Univ. Tlemcen
Directeur de thèse	Mr. HABI Mohammed	Professeur	Univ. Tlemcen
Co-Directeur de thèse	Mr. MORSLI Boutkhil	Maitre de Recherche A	INRF Tlemcen
Examineur 1	Mr. Boughalem Mostafia	Maitre de Conférences A	C.U. Ain Temouchent
Examineur 2	Mr. El Ouissi Abdelkader	Maitre de Conférences A	Univ. Mascara

Année : 2020 - 2021

Remerciement

Toute mon gratitude et remerciement vont à Allah, le clément et le miséricordieux qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail que je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaborer.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mes encadreurs Mr. Habi Mohammed « professeur au département d'hydraulique à l'université de Tlemcen » et Mr. Morsli Boutkhal « Maître de Recherche à L'INRF de Tlemcen » pour la sollicitude avec laquelle ils ont suivi et guidé ce travail.

Je tiens à remercier Mr. Bouchelkia Hamid « professeur au département d'hydraulique à l'université de Tlemcen » d'avoir accepté de présider le jury de ce travail.

Je remercie aussi Mme. Boughalem Mostafia « Maitres de Conférences (A) au C.U.Ain Temouchent » et Mr. El Ouissi Abdélkader « Maitres de Conférences (A) à l'université de Mascara » pour leurs aides et leurs encouragements et l'honneur qui nous feront d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier également, avec une profonde reconnaissance, Mr. Benchaib Abdellatif « enseignant au niveau du département de mathématiques, Nouveau Pôle Universitaire Abou Bakr Belkaïd Tlemcen », ainsi que toutes les personnes qui travaillent au niveau de L'INRF de Tlemcen, qui m'ont énormément aidé afin d'achever ce travail.

Je remercie finalement toutes les personnes de la région de Béni Snous qui m'ont beaucoup aidé aux cours de mes sorties sur terrain.

Dédicace

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce modeste travail :

A ma très, très chère mère

A mes chères sœurs qui m'ont beaucoup soutenue tous le long de ma formation

A tous mes proches

A tous mes neveux et nièces

A mes amis Zakî, Halîma et Lamîa

A mes encadreur et tous mes enseignants

Résumé

Par le passé, la société rurale a toujours su mettre en œuvre des formes de gestion communautaire de l'espace, de l'eau et des terres qui ont servi de support à la survie de populations souvent trop nombreuses par rapport aux ressources disponibles. La zone de montagne de Beni Snous-Algérie offre de grandes diversités de stratégies de gestion Conservatoire de l'Eau et du Sol (CES) et présente une forme d'adaptation de l'homme aux fortes contraintes physiques et constitue ainsi un patrimoine hydro agricole et culturel qui malheureusement n'a pas encore suscité tout l'intérêt nécessaire et d'où on peut s'inspirer. L'ingéniosité de ces systèmes traditionnels qui a résisté le long de l'histoire nous interpelle pour approfondir leur analyse et leur étude, notamment technique et organisationnelle. Notre étude a été menée dans cette optique. Le présent travail a pour objectif l'évaluation des systèmes traditionnels de CES existants au niveau des monts de Béni Snous à climat semi-aride et que nous considérons comme un type de créativité, à la fois, pratique, organisationnelle et sociale. La méthodologie a été basée sur des prospections et des enquêtes effectuées sur terrain et sur le dépouillement des questionnaires préétablies et la spatialisation des aménagements de CES et sur l'évaluation des techniques hydro agricole recensées et du savoir-faire mis en œuvre par les sociétés traditionnelles de la région. L'évaluation de l'état de ces aménagements a montré que 78% des aménagements de versants sont fonctionnels actuellement et valorisés. Les aménagements de mobilisation et de gestion des eaux sont aussi tous fonctionnels vu leur intérêt et ont montré un bon rapport Coût/efficacité. Ces atouts présentent beaucoup d'opportunités de mise en œuvre des programmes de développement et environnementaux surtout devant l'échec des différentes stratégies modernes développées pour faire face à l'érosion et afin de préserver et de gérer les ressources en eau et en sol. Ils peuvent constituer ainsi d'autres options pour faire face à l'érosion, qui ne cesse de peser sur les terres ce qui hypothèque le potentiel agricole et provoque l'envasement des barrages.

Mots-clés : évaluation des techniques hydro agricole, savoir-faire, Coût/efficacité, érosion, climat semi aride, Béni Snous – Algérie.

Abstract

In the past, rural society has always been able to implement some forms of community management of space, water and land that have served as a support for the survival of populations that are often too large for the available resources. The mountainous region of BéniSnous-Algeria offers a wide variety of strategies for water and soil fertility conservation management; it presents a form of adaptation of man to the strong physical constraints and thus constitutes a hydro-agricultural and cultural heritage which unfortunately has not yet aroused all the interest it deserves and of which one can be inspired. The ingenuity of these traditional systems, which have survived throughout history, challenges us to analyse and study these systems more seriously, particularly from the technical and organizational side. Our study was conducted in this context. The present work aims to evaluate the traditional systems of water and soil fertility conservation management, which are encountered on the mountains of Béni-Snous, which is characterized by a semi-arid climate. These systems represent a kind of creativity that is, at the same time, practical, organizational and social. The methodology was based on the prospecting and surveys carried out in the field, on the examination of the pre-established questionnaires, the spatialization of the water and soil conservation and on the evaluation of the hydro-agricultural techniques identified and the know-how implemented by traditional societies. The assessment of the state of water and soil management and conservation structures showed that 78% of them are currently functional and valorised. Given their importance, all mobilization and water management structures are still functional; they showed a good cost-effectiveness ratio. These assets present a many opportunities for the implementation of the development and environmental programs, especially in the face of the failure of the various modern strategies developed to deal with the erosion and to preserve and manage the water and soil resources. They can thus constitute other options to cope with the erosion, which continues to weigh on the land, jeopardizing the agricultural potential and causing the siltation of dams.

Key words: evaluation of hydro-agricultural techniques, know-how, cost-effectiveness, erosion, semi-arid climate, Béni-Snous – Algérie.

ملخص

قديمًا، لطالما عرف المجتمع الريفي كيفية وضع طرق و آليات تعتمد على الإدارة الجماعية للاراضي الزراعيّة و الموارد المائيّة. طرق و آليات جماعية مكنتهم من العيش و التّعايش مع محيطهم و مع ندرة المياه. المنطقة الجبلية بني سنوس- الجزائر تتوفّر على تنوّع كبير من استراتيجيات و آليات التّسير و الحفاظ على الموارد المائيّة و التّربة. أنّها منطقة تمثل شكلا من اشكال تكيف الانسان مع الصّعوبات الطّبيعية. لكن مع الاسف هذا التّراث التّقليدي و الغني من الآليات الهيدروليكية و الزراعيّة لم يحظى بالاهتمام اللاّزم و لم يتم الاستلها م منه. إنّ براعة هذه الانظمة التّقليدية التي صمدت عبر التّاريخ تدعونا الى تكييف الابحاث التي تعمل على تحليلها و دراستها. دراستها من الجهة التّقنيّة و التّنظيميّة. هذا العمل يصبّ في هذا الاطار. هذا العمل يهدف الى تقييم الانظمة و الآليات التّقليدية لتسير والحفاظ على الموارد المائيّة و التّربة الموجوده في المنطقة الجبلية لبني سنوس المعروفة بمناخها الشبه جاف. هذه الانظمة و الآليات التي نعتبرها كنوع من الابداع، في نفس الوقت، عملي، تنظيمي و اجتماعي. منهجية هذا العمل استندت على خرجات ميدانية و ملاء استبيانات معدّه مسبقا تخص التّقنيات الخاصة بتسيير و الحفاظ على المياه و التّربة، ثم جرد المعلومات المدوّنة على هذه الاستبيانات، تحديد مواقع تواجد هذه التّقنيات على خرائط خاصة بالمنطقة و بعدها تقييم هذه التّقنيات الهيدرو- زراعية و طرق و قوانين ادارتها و الحفاظ عليها، الموضوعه من طرف المجتمعات التّقليدية للمنطقة. تقييم الحالة الفيزيائية لهذه التّقنيات اثبت ان 78% من التّقنيات الخاصة بتهيئة المنحدرات و بحماية التّربة تعمل حاليا و هي مستغلة و مزروعة. التّقنيات الخاصة بادارة و تسير المياه، كلّها تعمل حاليا و اظهرت نسبة تكلفة/كفاءة جيّده. بعد فشل مختلف الاستراتيجيات الحديثة التي تم تطويرها للتّعامل مع مشكل الانجراف و الحفاظ على موارد المياه و التّربة و ادارتها، هذه النّقاط الجيّده التي اظهرتها الطّرق التّقليدية في الحفاظ على موارد المياه و التّربة تجعل منها تقنيات مناسبة للتطبيق في اطار البرامج التّنموية و البيئية المستقبلية. هذه الآليات و التّقنيات يمكنها ان تشكّل خيارات اخرى للتّعامل مع انجراف التّربة الذي لا يزال يهدّد الاراضي الزراعيّة، ممّا يأتّر على المردود الزراعي و يتسبّب في استمرار ترسّب التّربة في السّدود.

، جاف/الكلمات المفتاحية : تقييم هذه التّقنيات الهيدرو- زراعية ، الإدارة الجماعية ، تكلفة / كفاءة، الانجراف، مناخ شبه بني سنوس – الجزائر

Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	

Chapitre I. Etude bibliographique

I. Facteurs et ampleur de l'érosion en Algérie.....	02
II. Contexte des interventions de LAE en Algérie.....	07
II.1. Projets et interventions mis en œuvre avant l'indépendance.....	08
II.1.1. Création de la police forestière.....	08
II.1.2. Interventions de reconstitution des forêts.....	08
II.1.3. Création du Service Spécial de la Défense et de la Restauration des Sols.....	09
II.2. Projets et interventions mis en œuvre après l'indépendance.....	10
III. Constat d'échec des stratégies modernes de CES.....	12
IV. Techniques et pratiques traditionnelles de conservation des eaux et du sol (CES).....	13
IV.1. Définition et historique des techniques traditionnelles de conservations des eaux et du sol.....	14
IV.2. Techniques traditionnelles de conservation des eaux et du sol dans le Sud méditerranéen.....	15
IV.3. Classement des techniques traditionnelles de conservations des eaux et du sol selon leurs objectifs.....	19
IV.3.1. Techniques de capture et de collecte des eaux de ruissellement.....	19
IV.3.1.1. Agriculture sous impluvium.....	20
IV.3.1.1.1. Meskat.....	20
IV.3.1.1.2. Jessours.....	22
IV.3.1.1.3. Demi-lunes en terre.....	24
IV.3.1.1.4. Cuvettes individuelles en pierres construites.....	25
IV.3.1.1.5. Zaï.....	27

IV.3.1.2. Systèmes pour collecter et stocker les eaux de pluies.....	28
IV.3.1.2.1. Citernes à ciel ouverte.....	28
IV.3.1.2.2. Citernes souterraines couvertes.....	29
IV.3.2. Système d'irrigation.....	31
IV.3.2.1. Diguettes de dérivation des eaux des cours d'eau pérennes.....	31
IV.3.2.2. Diguettes d'épandage des crues.....	32
IV.3.2.3. Foggaras.....	35
IV.3.3. Techniques d'aménagements des pentes et de gestion des eaux de ruissellement et d'irrigation sur les terrains de cultures.....	36
IV.3.3.1. Terrasses de culture.....	37
IV.3.3.2. Culture en billonnage et en planche.....	40
IV.3.3.3. Techniques de dissipation d'énergie du ruissellement.....	41
IV.3.3.3.1. Diguettes de terre (ou « billons » en Afrique Australe).....	41
IV.3.3.3.2. Cordons en pierres.....	42
IV.3.3.3.3. Clôtures en haies vives.....	43
IV.3.4. Protection de la surface des sols et amélioration de la fertilité des sols.....	44
IV.3.4.1. Epierrage.....	45
IV.3.4.2. Paillage.....	45
IV.3.5. Autres pratiques culturelles simples.....	45

Chapitre II. Méthodologie de travail

I. Choix de la zone d'étude et les sites d'observation.....	47
II. Elaboration d'un questionnaire d'enquête.....	48
III. Enquêtes sur terrain et collecte des données.....	49
IV. Dépouillement des questionnaires.....	49
V. Inventaire et analyse des techniques traditionnelles de CES au niveau de la zone d'étude.....	52
V.1. Inventaire et localisation des techniques traditionnelles de CES.....	52
V.2 Analyse et évaluation des techniques.....	53

Chapitre III. Présentation de la zone d'étude

I. Caractéristiques physiques de la région de Béni Snous.....	56
I.1. Cadre géographique et administrative.....	56
I.2. Relief et topographie.....	58
I.2.1. Altitude.....	58
I.2.2. Pente.....	59
I.3. Aperçu sur le contexte géologique.....	60
I.4. Aperçu sur le contexte hydrogéologique.....	62
I.5. Aperçu sur le contexte hydrographique.....	63
I.5.1. Situation géographique du bassin versant de la Haute-Tafna.....	64
I.5.2. Réseau hydrographique du bassin versant de la Haute-Tafna.....	65
I.6. Sol et érosion	67
II. Modes de mobilisation des ressources en eau.....	69
II.1. Ouvrages de grande hydraulique.....	69
II.1.1. Barrage de Béni Bahdel.....	69
II.1.2. Retenues collinaires	70
II.2. Captage des sources et ouvrages de petites hydraulique.....	70
II.2.1. Sources.....	70
II.2.2. Ouvrages de petites hydraulique.....	71
II.2.2.1. Forages hydrauliques.....	71
II.2.2.2. Puits.....	72
III. Etude bioclimatique.....	72
III. 1. Précipitations.....	73
III.1.1. Précipitations moyennes mensuelles.....	73
III.1.2. Régime saisonnier.....	74
III.2. Température.....	75
III.3. Synthèse bioclimatique.....	76
III.3.1. Diagrammes ombrothermiques de BAGNOLS et GAUSSEN.....	76
III.3.2. Indice de l'aridité de DEMARTONNE.....	77
III.3.3. Quotient pluviothermique d'EMBERGER.....	78
III.3.4. Indice de STEWART.....	79
IV. Etude biologique et socioéconomique.....	80

IV.1. Couvert végétal.....	80
IV.2. Etude socioéconomique.....	81
IV.2.1. Appartenance de la population.....	81
IV.2.2. Evolution et répartition de la population de Béni Snous.....	81
IV.2.3. Occupation et activités de la population.....	83
IV.2.4. Agriculture.....	84
IV.2.4.1. Situation juridiques de la propriété à Béni Snous.....	84
IV.2.4.2. Occupation des sols au niveau de la région de Béni Snous.....	84
IV.2.4.3. Types de culture.....	86
IV.2.4.4. Droits sur l'eau et systèmes d'irrigation.....	88
IV.2.5. Elevage.....	90

**Chapitre IV. Inventaire et spatialisation des différentes techniques traditionnelles de
CES recensées**

I. Identification et spatialisation des techniques traditionnelles de CES.....	92
II. Occupation agricole des terres aménagées et identification des modes et types de cultures appliquées.....	96
II. 1. Occupation agricole des sols	97
II.2. Identification des modes et types de cultures appliquées sur les terres aménagées.....	98
II.2.1. Culture intercalaires ou monocultures.....	98
II.2.2. Culture irriguée ou non irriguée.....	102
II.2.3. Culture intensive	102
III. Techniques et systèmes recensés.....	102
III.1. Seds de dérivation des eaux du cours d'eau.....	102
III.1.1. Structure des Seds.....	102
III.1.2. Objectif et principe des Seds.....	105
III.1.3. Les Seds supposent une gestion collective.....	105
III.2. Séhrige de stockage des eaux de sources.....	105
III.2.1. Structure du Séhridj.....	105
III.2.2. Objectif et principe du Séhridj.....	109
III.2.3. Le Séhridj suppose une gestion collective.....	109

III.3. Séguias de dérivation et de transportation des eaux d'irrigation.....	110
III.3.1. Structure des Séguias.....	110
III.3.2. Objectif et principe des Séguias.....	113
III.4. Terrasses de cultures.....	113
III.4.1. Structure et différents types de terrasses.....	113
III.4.1.1. Terrasses avec murets en pierres.....	114
III.4.1.2. Terrasses avec un simple talus.....	118
III.4.2. Principe et Objectifs des terrasses.....	121
III.5. Cuvettes individuelles.....	122
III.5.1. Description des cuvettes individuelles.....	122
III.6.2. Objectif des cuvettes individuelles.....	124
III.6. Autres pratiques culturelles.....	125

Chapitre V. Analyse de l'adaptation dimensionnelles des terrasses et cuvettes avec le milieu physique de la région de Béni Snous

I. Terrasses avec murets en pierre.....	129
I.1. Corrélation entre les variables quantitatives.....	129
I.2. Résultats de l'ACP.....	130
II. Terrasses avec un simple talus en terre.....	134
II.1. Corrélation entre les variables quantitatives.....	135
II.2. Résultats de l'ACP.....	136
III. Cuvettes individuelles en pierres.....	139
III.1. Corrélation entre les variables quantitatives.....	139
III.2. Résultats de l'ACP.....	140
IV. Discussion.....	143

Chapitre.VI : Analyse des techniques traditionnelles de CES sur les plans technique, écologique et socioéconomique

I. Définitions et analyse uni-variée des variables qualitatives.....	148
I.1. Variables caractérisant les terrains aménagés.....	149
I.1.1. Pentés des terrains aménagés.....	149

I.1.2. Altitudes des terrains aménagés.....	150
I.1.3. Texture des sols aménagés.....	150
I.1.4. Pression humaine au niveau des terrains aménagés.....	150
I.2. Variables caractérisant les aménagements.....	151
I.2.1. Type de techniques.....	151
I.2.2. Objectif par rapport à la conservation des eaux.....	151
I.2.3. Objectif par rapport à la conservation des sols.....	152
I.2.4. Age.....	153
I.2.5. Etat.....	153
I.2.6. Efficacité.....	154
I.2.7. Coût des aménagements.....	156
I.2.8. Spécificités de construction et d'entretien des aménagements.....	157
I.2.9. Fréquence d'entretien des aménagements.....	157
I.2. 10. Acceptation et adoption des aménagements.....	157
I.2.11. Reproduction des aménagements.....	158
II. Résultats de l'Analyse de Correspondance Multiples et la classification hiérarchique (méthode Ward).....	158
II.1. Choix des axes factoriels.....	158
II.2. Résultats de l'analyse sur les observations.....	160
II.3. Résultats de l'analyse sur les variables et catégories	163
II.3.1. Rapports de corrélations (R^2).....	163
II.3.2. Etude du nuage de points des catégories.....	166
III. Résultats d'analyse de l'efficacité des aménagements des terrains de culture (terrasses et cuvettes).....	170
III.1. Choix des axes factoriels.....	172
III.2. Résultats de l'analyse sur les observations.....	173
III.3. Résultats de l'analyse sur les variables et catégories.....	176
III.3.1. Rapports de corrélations (R^2).....	176
III.3.2. Etude du nuage de points des catégories.....	178
IV. Discussion.....	183
IV.1. Classement des aménagements et systèmes analysés selon leurs objectifs.....	183
IV.2. Durabilité et état actuelle des aménagements traditionnels de CES.....	185

IV.3. Adaptabilité des aménagements traditionnels de CES avec les conditions de la région de Béni Snous.....	188
IV.4. Adoption et reproductibilité des aménagements de CES.....	193
IV.5. Coût et efficacité des aménagements traditionnels de CES.....	195
IV.6. Aspect organisationnel et gestion communautaire des eaux.....	197
Conclusion générale.....	
Référence bibliographique.....	
Annexe I.....	
Annexe II.....	

Liste des tableaux

Chapitre I. Etude bibliographique

Tableau 1 : programmes et plans de 1962 à 1990.....	11
--	-----------

Chapitre III. Présentation de la zone d'étude

Tableau 1 : principales caractéristiques du barrage de béni Bahdel.....	70
Tableau 2 : les sources destinées à l'AEP au niveau de la daïra de Béni Snous.....	71
Tableau 3 : les forages destinés à l'AEP au niveau de la daïra de Béni Snous.....	72
Tableau 4 : précipitation mensuelles moyenne de la période 1970 à 2014.....	73
Tableau 5 : précipitation saisonnière de la période 1970 à 2014.....	74
Tableau 6 : la répartition des températures moyennes mensuelles minimales et maximales de la station de Béni Bahdel de la période allant de 1987 à 2014.....	75
Tableau 7 : précipitations et températures moyennes mensuelles et annuelles de la période 1987 - 2014.....	76
Tableau 8 : étages bioclimatiques selon Emberger (1932).....	78
Tableau 9 : paramètres de calculs du quotient pluviothermique d'EMBERGER.....	79
Tableau 10 : paramètres de calculs de STEWART.....	79
Tableau 11 : population résidente des ménages de la daïra de Béni Snous selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuel moyen (1998-2008)	83
Tableau 12 : occupation des terres par communes au niveau de la daïra de Béni Snous.....	86
Tableau 13 : surfaces cultivées, pour chaque type de culture et par communes au niveau de la daïra de Béni Snous.....	87
Tableau 14 : production totale en olive par communes au niveau de la daïra de Béni Snous.	87
Tableau 15 : production totale en céréaliculture.....	88
Tableau 16 : les principales espèces animales élevées par commune (2014/2015).....	90
Tableau 17 : la production des viandes et du lait par commune.....	91

Chapitre IV. Inventaire et spatialisation des différentes techniques traditionnelles de CES recensées

Tableau 1 : la répartition des différentes techniques recensées sur les sites visités au niveau des trois communes de la daïra de Béni Snous.....	93
--	-----------

Chapitre V. Analyse de l'adaptation dimensionnelles des terrasses et cuvettes avec le milieu physique de la région de Béni Snous

Tableau 1 : données quantitatives (variables quantitatives).....	128
Tableau 2 : matrice des coefficients de corrélation entre les variables quantitatives initiales, cas des terrasses avec murets en pierres.....	130
Tableau 3 : corrélation entre les variables d'origine et les nouvelles variables synthétiques (axes factoriels), cas des terrasses avec murets en pierres.....	134
Tableau 4 : matrice des coefficients de corrélation entre les variables quantitatives initiales, cas des terrasses avec un simple talus en terre.....	135
Tableau 5 : corrélation entre les variables d'origine et les nouvelles variables synthétiques (axes factoriels), cas des terrasses avec un simple talus en terre.....	138
Tableau 6 : matrice des coefficients de corrélation entre les variables quantitatives initiales, cas des cuvettes individuelles en pierres.....	139
Tableau 7 : corrélation entre les variables d'origine et les nouvelles variables synthétiques (axes factoriels), cas des cuvettes individuelles en pierres.....	143

Chapitre VI. Analyse des techniques traditionnelles de CES sur les plans technique, écologique et socioéconomique

Tableau 1 : variables qualitatives et catégories pris en compte pour l'évaluation des aménagements.....	146
Tableau 2 : variables d'analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes.....	154
Tableau 3 : valeurs propres.....	159
Tableau 4 : rapports de corrélation des variables avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).....	164
Tableau 5 : coordonnées des catégories des variables qui ont un bon rapport de corrélation avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).....	167

Tableau 6 : sens (- ou +) de représentation (configuration) des catégories selon les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).....	168
Tableau 7 : variables qualitatives et catégories (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).....	170
Tableau 8 : valeurs propres (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes)...	172
Tableau 9 : rapports de corrélation des variables avec les deux axes (Dim1 et Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).....	175
Tableau 10 : coordonnées des catégories des variables qui ont un bon rapport de corrélation avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).....	177
Tableau 11 : classification hiérarchique des observations selon leurs profils de catégories avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).....	180

Liste des figures

Chapitre I. Etude bibliographique

Figure 1 : schéma représentatif du système meskat.....	21
Figure 2 : représentation schématique d'un système de jessour dans les régions arides de la Tunisie.....	23
Figure 3 : madgen.....	29
Figure 4 : schéma d'un système d'épandage de crue (faïd, amzaourou ou amazighe).....	33
Figure 5 : plan schématique et coupe de « bancales » irrigués par « rigo de boquera ».....	34
Figure 6 : système de la Foggara.....	36
Figure 7 : aperçu des diguettes en terre sur les courbes de niveau.....	42
Figure 8 : aperçu des cordons de pierres.....	43

Chapitre II. Méthodologie de travail

Figure 1 : création de la feuille "option des réponses".....	50
Figure 2 : réalisation des listes déroulantes.....	51
Figure 3 : tableau des réponses.....	51
Figure 4 : logiciel R (version 2.13.2).....	55

Chapitre III. Présentation de la zone d'étude

Figure 1 : zone d'étude (daïra de Béni Snous).....	57
Figure 2 : le MNT du sous bassin versant "la Haut-Tafna".....	58
Figure 3 : carte d'altitude de la zone d'étude (SBV la Haute Tafna) avec MapInfo Professional 8.5 et Vertical Mapper 3.0.....	59
Figure 4 : carte des pentes de du sous bassin versant la Haute Tafna avec MapInfo Professional 8.5 et Vertical Mapper 3.0.....	60
Figure 5 : carte géologique des monts de Tlemcen.....	61
Figure 6 : log litho-stratigraphique synthétique des monts de Tlemcen.....	62
Figure 7 : bassins versants Algériens.....	64

Figure 8 : le bassin versant de la Tafna dans l'ensemble Oranie Chott Chergui.....	64
Figure 9 : cadre géographique de la Tafna et de la wilaya de Tlemcen.....	65
Figure 10 : réseau hydrographique du bassin versant d'Oued El Khemis.....	66
Figure 11 : carte pédologique des monts de Tlemcen.....	67
Figure 12 : situation géographique du barrage de Béni Bahdel.....	70
Figure 13 : histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la période 1970 – 2014..	74
Figure 14 : températures moyennes de la période 1987 – 2014.....	75
Figure 15 : diagramme Ombrothèrmique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	77
Figure 16 : pourcentage de chaque type d'irrigation par rapport à la surface agricole utile (SAU) totale irriguée de la daïra de Béni Snous.....	89

Chapitre IV. Inventaire et spatialisation des différentes techniques traditionnelles de CES recensées

Figure 1 : spatialisation des techniques traditionnelles de CES recensées sur les sites visités au niveau des trois communes de la daïra de Béni Snous.....	95
Figure 2 : pourcentage d'effectifs d'aménagement traditionnels de CES pour chaque commune de la daïra de Béni Snous.....	96
Figure 3 : occupation agricole des sols au niveau de la zone d'étude.....	97

Chapitre V. Analyse de l'adaptation dimensionnelles des terrasses et des cuvettes avec le milieu physique de la région de Béni Snous

Figure 1 : diagramme des pourcentages de variance pour les terrasses avec murets en pierres	131
Figure 2 : cercle de corrélation selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec murets en pierres. (Logiciel R).....	132
Figure 3 : carte de représentation des individus selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec murets en pierres. (Logiciel R).....	132
Figure 4 : diagramme des pourcentages de variance pour les terrasses avec un simple talus en terre.....	136
Figure 5 : cercle de corrélation selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec un simple talus en terre. (Logiciel R).....	137

Figure 6 : carte de représentation des individus selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec un simple talus en terre. (Logiciel R).....	137
Figure 7 : diagramme des pourcentages de variance pour les cuvettes individuelles.....	140
Figure 8 : cercle de corrélation selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des cuvettes individuelles en pierres. (Logiciel R).....	141
Figure 9 : carte de représentation des individus selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des cuvettes individuelles en pierres. (Logiciel R).....	141

Chapitre VI. Analyse des techniques traditionnelles de CES sur les plans technique, écologique et socioéconomique

Figure 1 : tableau de codage condensé (tableau de contingence).....	145
Figure 2 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Pente ».....	145
Figure 3 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Altitude ».....	150
Figure 4 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Pression H ».....	151
Figure 5 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Objectif E ».....	152
Figure 6 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Objectif S ».....	152
Figure 7 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Age ».....	153
Figure 8 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Etat ».....	154
Figure 9 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Efficacité ».....	156
Figure 10 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Coût ».....	156
Figure 11 : histogramme des pourcentages des variances.....	160
Figure 12.a : nuage de points des observations (aménagement) selon les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2) (Logiciel R).....	161
Figure 12.b : classification hiérarchique des observations (aménagement) selon les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2). (Logiciel R).....	162
Figure 13 : présentation des variables selon leurs rapports de corrélation avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).....	165
Figure 14 : carte de présentation des catégories selon leurs coordonnées avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).....	168
Figure 15 : histogramme des pourcentages des variances (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).....	172

Figure 16 : regroupement de nuage de points des observations selon le plan factoriel formé par les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2). (Logiciel R).....	173
Figure 17 : classification hiérarchique des terrasses et des cuvettes selon les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2). (Logiciel R).....	174
Figure 18 : présentation des variables selon leurs rapports de corrélation avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes). (Logiciel R).....	176
Figure 19 : carte de présentation des observations et des catégories selon leurs coordonnées avec les deux axes 1 et 2 (Dim1 et Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes). (Logiciel R).....	177
Figure 20 : périmètres agricoles traditionnels (irrigués) d'Oued El Khemis (Région de Beni Snous)	191
Figure 21 : les surfaces irriguées par les Sed de Oued El Khemis.....	192

Liste des photos

Chapitre I. Etude bibliographique

Photo 1 : Ravinement sur sols rouges dans la région de Tlemcen (Algérie); (cliché : B. Morsli).....	7
Photo 2 : type de verger sur banquettes — Deux ans après la mise en défense du sol contre les érosions et la plantation des arbres fruitiers (Algérie).....	10
Photo 3 : demi-lunes en eau.....	24
Photo 4 : demi-lunes ; trois Acacia senegal plantés par demi-lune; Al Ain (Nord Kordofan, Soudan); (cliché: M. Malagnoux 2002).....	25
Photo 5 : série de demi-lunes capturant l'eau pour les manguiers, Zimbabwe.....	25
Photo 6 : cuvettes individuelles en pierres construites (sur terrain rocheux).....	26
Photo 7 : sorgho dans les poquets de zaï+eau (cliché : X. N. Gnoumou, 2013).....	28
Photo 8 : Matfia traditionnelle	30
Photo 9 : citerne en béton d'un volume de stockage de 3000 m ³ , construite dans la région de Marsa Matrouh, NW Egypte (Photo: Prinz).....	30
Photo 10 : barrage (Ouggoug) de dérivations des eaux d'Oued Todgha.....	31
Photo 11 : construction de terrasses de cultures avec murettes en pierres.....	38
Photo 12 : culture en billonnage et en planche.....	40
Photo 13 : figue de Barbarie.....	44

Chapitre III. Présentation de la zone d'étude

Photo 1 : les formations dolomitiques.....	62
Photo 2 : érosion linéaire au niveau de la région de Béni Snous.....	68
Photo 3 : aménagements des ravines avec des gabions en pierres fonctionnels.....	68
Photo 4 : aménagements des ravines avec des gabions en pierres détruits.....	69
Photo 5 : tissage Alfa et laine des Béni Snous.....	84

Chapitre IV. Inventaire et spatialisation des différentes techniques traditionnelles de CES recensées

Photo 1 : village en plein champ aménagé.....	98
Photo 2 : terrasses de faibles largeurs anciennes plantées en oliviers.....	99
Photo 3.a : nouvelles terrasses avec un simple talus, de faibles largeurs, plantées en oliviers...	100
Photo 3.b : nouvelles terrasses avec murets en pierres, de faibles largeurs, plantées en oliviers et d'autres arbres fruitiers.....	100
Photo 3.c : nouvelles terrasses avec un simple talus de faibles largeurs plantées en cultures maraichères.....	101
Photo 4 : terrasses très larges avec des cultures maraichères et arboricoles (intercalaire ou diversifié).....	101
Photo 5 : Sed Ain Ghbali.....	103
Photo 6 : Séguia latéral principale.....	103
Photo 7 : Sed Takbalt.....	104
Photo 8 : Sed Barrahou.....	104
Photo 9 : Séhrige d'Ouled Moussa.....	106
Photo 10 : source de Sidi Ouariach.....	107
Photo 11 : Séguia principale de la source de Sidi Ouariach.....	107
Photo 12.a : orifice d'évacuation des eaux stockées pour l'irrigation.....	108
Photo 12.b : orifice obstrué par un tronc d'arbre.....	108
Photo 13 : réseau de distribution et d'irrigation.....	109
Photo 14 : Séguia creusés en terre.....	111
Photo 15 : Séguia creusés en roche.....	111
Photo 16 : Séguia revêtues avec du ciment plus récemment.....	112
Photo 17 : Sérif (des ouvertures occupant tout le long des Séguias).....	112
Photo 18 : terrasses avec murets en pierres taillées et creusées dans le sol.....	114
Photo 19 : terrasses avec murets en pierres creusées et remblayées.....	115
Photo 20 : terrasses avec murets en pierres construites et remblayées.....	115
Photo 21 : terrasses avec murets en pierres totalement construites avec les pierres tirées du terrain aménagé ou emportés d'un autre endroit.....	116
Photo 22 : terrasses avec murets en pierres en structure composite.....	117
Photo 23 : murets qui servent principalement à délimiter les champs.....	118

Photo 24 : terrasses de cultures avec talus taillées.....	119
Photo 25 : terrasses de cultures avec talus creusées et remblayées.....	120
Photo 26 : terrasses de cultures résultantes des labours.....	120
Photo 27 : cuvette individuelle en demi-lune.....	123
Photo 28 : cuvette individuelle en cercle.....	123
Photo 29 : cuvette individuelle sur de faibles pentes.....	124
Photo 30 : cuvette individuelle sur une basse colline rocheuse et très pentue.....	125
Photo 31 : travail la terre (labour).....	126
Photo 32 : fumure organique.....	126
Photo 33 : planches creuses entourées d'un billon.....	127
Photo 34 : culture en billons parallèles.....	127

Chapitre V. Analyse de l'adaptation dimensionnelles des terrasses et des cuvettes avec le milieu physique de la région de Béni Snous

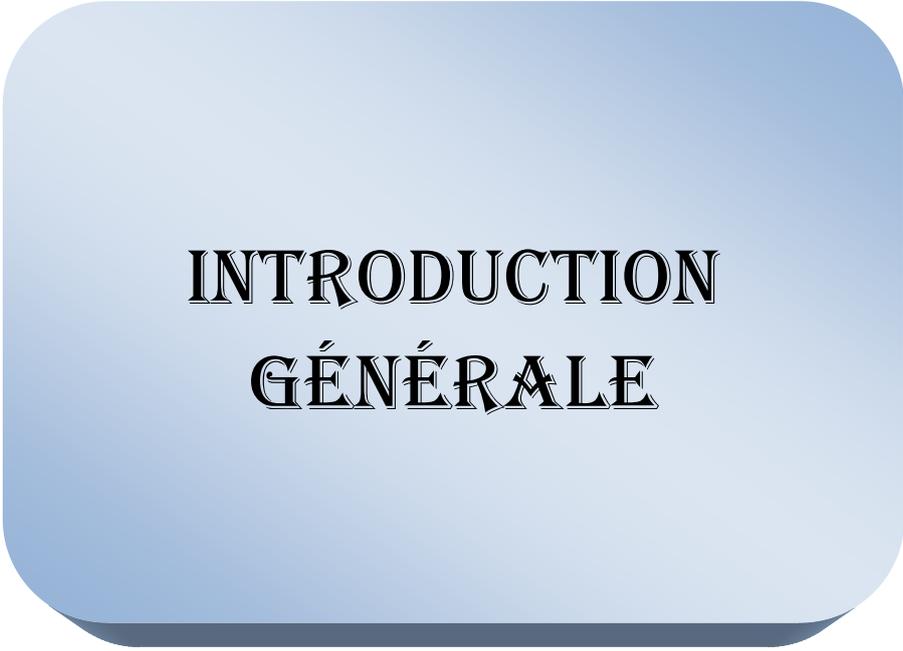
Photo 1 : murets très hautes qui délimitent des champs de cultures et forment des ruelles de passage.....	134
--	------------

Chapitre VI. Analyse des techniques traditionnelles de CES sur les plans technique, écologique et socioéconomique

Photo 1 : terrasses de culture avec des oliviers datant à plus de 5 siècles.....	184
Photo 2 : terrain aménagé en cuvettes individuelles sous pieds des oliviers sous une forte pression animal.....	184
Photo 3 : nouvelles terrasses avec des murets en pierres à Sidi Ouriache, commune Béni Snous.....	194
Photo 4 : nouvelles terrasses avec un simple talus à Tassa, commune Beni Bahdel.....	194

Abréviations

- A.F.M** : analyse factoriel multiple
- ACM** : Analyse de Correspondance Multiple
- ACP** : Analyse des Composantes Principales
- B.L.A** : Bovin Laitières Améliorés
- B.L.L** : Bovin Laitières Locale
- B.L.M** : Bovin Laitières modernes
- C.AZ** : commune d'Azail
- C.BS** : commune de Béni Snous
- C.BB** : commune de Béni Bahdel
- CES** : Conservation des Eaux et du Sol
- CH** : Classification Hiérarchique
- DRS** : Défense et de Restauration des Sols
- DSA** : Direction des Surfaces Agricoles
- INRF.T** : Institut National des Recherches Forestières. Tlemcen.
- LAE** : Lute Antiérosive
- PMH** : Petite et Moyenne hydraulique
- Que_AZ** : Questionnaire Azails
- Que_BB** : Questionnaire Béni Bahdel
- Que_BS** : Questionnaire Béni Snous
- R²** : Rapport de corrélation
- RTM** : Restauration des Terrains en Montagne.
- SBV** : Sous Bassin Versant



**INTRODUCTION
GÉNÉRALE**

Introduction générale

L'eau et le sol constituent le capital le plus précieux pour l'homme. Ces ressources fragiles subissent aujourd'hui une dégradation qualitative et quantitative sans précédent. Parmi les principaux phénomènes qui causent la dégradation de ces ressources "l'érosion", principalement l'érosion hydrique. L'Algérie se classe parmi les pays les plus affectés dans le monde par l'érosion hydrique (Taabni, 1998 ; Roose *et al.*, 2012 ; Morsli, 2015 ; Meghraoui *et al.*, 2017) avec une érosion spécifique moyenne annuelle variant entre 2 000 et 4 000 t/km²/an (Demmak, 1982). Environ 20 millions de tonnes de sédiments arrivent annuellement aux barrages algériens (Remini, 2000). Cette situation fait que les potentialités en eau et en sol en Algérie, comme en tous les pays du Maghreb, sont sérieusement menacées (Heusch, 1971). Ce phénomène représente ainsi un risque important pour les espaces agricoles (Laouina *et al.*, 2000). Dû à ce phénomène, la production des terres agricoles n'a cessé de décroître dans les zones arides et semi-arides (Auzet, 1987 ; Sani Mahaman, 1992 ; Roose, 1992.a ; Roose *et al.*, 1995 ; Boufaroua, 2004 ; Aderghal *et al.*, 2011). L'érosion hydrique est un problème économique important qui détériore fortement l'environnement et exige des mesures correctives (Rybicki, 2017).

Différents travaux et stratégies ont été développées et réalisés, dans le monde entier, pour faire face à l'érosion et afin de préserver et de gérer les ressources en eau et en sol à travers les programmes de la Conservation de l'Eau et des Sols (CES) née en USA (Jean, 1952 ; Morel, 1953 ; Roose, 1995 ; Masutti, 2007), de la Restauration des Terrains en Montagne (RTM) née en France (Auzet, 1987 ; Roose, 1997 ; Brugnot et Cassayre, 2003 ; Lailly, 2010 ; ONF, 2010.a ; ONF, 2010.b ; Daubet, 2012 ; Arnould *et al.*, 2016) et les programmes de Défense et de Restauration des Sols (DRS) née en en Algérie (RFF, 1950 ; Kouti et Hamdi, 2001 ; Soler, 2003 ; Arabi *et al.*, 2004). Roose *et al.*, 2010). Mais malgré les efforts et les grands moyens déployés, la plupart de ces travaux et stratégies, dites modernes (Laouina, 2010), de préservation et de gestion des ressources en eau et en sol n'ont pas abouti aux objectifs escomptés et le processus de dégradation ne cesse de prendre de l'ampleur avec les changements climatiques et la pression humaine (Aubert, 1986 ; Heusch, 1986 ; Arabi et Roose, 1989 ; Habi et Morsli, 2011) qui se traduit par le déclin, l'épuisement de ces ressources

et l'aggravation des problèmes environnementaux. Cette situation implique alors des stratégies d'adaptation et le développement de techniques de gestion adéquates et durables.

En contre partie, les sociétés traditionnelles ont toujours su mettre en œuvre des formes de gestion communautaires qui s'adaptent aux conditions environnementales et socio-économiques locales et ont contribué au développement et au perfectionnement d'un patrimoine très riche de techniques (aménagements) de gestion et de conservation des eaux et du sol, qui ont servi de support à la survie d'une population souvent trop nombreuse par rapport aux ressources disponibles. Devant l'échec des stratégies modernes de Conservation des Eaux et du Sol (CES) (Roose, 1995, 1997 ; Taabni, 1998; Arabi *et al.*, 2004), il apparaît clairement qu'il est aujourd'hui nécessaire de prendre en considération, dans les nouvelles stratégies de Conservation des Eaux et du Sol (CES), toutes les stratégies et techniques de CES traditionnelles et ancestrales, qui ont prouvé leur efficacité à travers le temps, mais surtout celles que les agriculteurs ont adoptées, adaptées et maîtrisées. La compréhension et l'évaluation des stratégies traditionnelles (techniques et savoir-faire) qui restent encore méconnu et soulèvent encore des questions relatives à leur connaissance et à leur fonctionnement, s'imposent aussi bien pour leur rôle socio-économique que pour leur fonction environnementale et d'où on peut s'inspirer pour mettre en place de nouvelles stratégies plus appropriées à la mesure des enjeux actuels et futurs (changement climatique et croissance démographique). Aussi ce savoir-faire doit être repensé dans un sens d'efficacité, de rentabilité et de durabilité.

Dans les régions sud méditerranéennes, en particulier en Algérie, plusieurs stratégies traditionnelles ont été développées. Ces stratégies sont certes présentes sur certaines zones du territoire algérien mais restent souvent éparpillées et quelquefois abandonnés (Mazour *et al.*, 2008). Alors que dans d'autres régions comme la zone montagneuse semi-aride des Beni Snous, elles sont utilisées intensivement depuis des siècles et elles se sont maintenus jusqu'à maintenant et continuent à être utilisés et on assiste même à un regain d'intérêt ce qui justifie des recherches. Effectivement, la zone de Beni Snous, qui fait partie des monts de Tlemcen au Nord-ouest de l'Algérie et qui est une région à relief fortement accidenté et pentu où plus de 70% de son territoire est essentiellement montagneux, offre de grandes diversités de stratégies de gestion conservatoire des eaux et du sol et présente une forme d'adaptation de l'homme aux fortes contraintes physiques et constitue ainsi un riche patrimoine hydro agricole et culturel d'où on peut s'inspirer.

Ce travail a pour objectif de contribuer à la compréhension et à l'évaluation de ce patrimoine et de son fonctionnement, de mettre en lumière ce savoir traditionnel, de le préserver pour les générations futures et de tirer les leçons de ces stratégies traditionnelles qui constituent les éléments essentiels pour promouvoir une meilleure gestion conservatoire de l'eau et du sol et la mise en œuvre des programmes de développement durable.

L'approche méthodologique suivie pour la réalisation de ce travail peut être résumée dans les deux grands titres suivants :

1. Identification, spatialisation et classification des techniques traditionnelles de CES

- L'identification est basée sur des prospections et des enquêtes effectuées sur terrain et sur le dépouillement des questionnaires préétablis;
- La spatialisation des techniques traditionnelles de CES (localisation et répartition des techniques traditionnelles dans l'espace), réalisée par l'utilisation du logiciel SIG MapInfo.

2. Evaluation et analyse des techniques traditionnelles de CES.

- L'évaluation est basée sur l'analyse de plusieurs paramètres (adaptabilité des techniques avec le milieu naturel, adoption par les agriculteurs, rapport coût/efficacité, durabilité, reproductibilité...). Les données ont fait l'objet de différentes formes d'analyse factorielles (Analyse des Composantes Principales (ACP), Analyse de Correspondance Multiple (ACM), Analyse Hiérarchique (AH)). Ces méthodes sont parfaitement adaptées aux traitements des enquêtes où les questions sont à réponses multiples et de nature qualitative, ce qui est notre cas.

Ce travail s'articulera autour des six chapitres suivants:

- Le premier chapitre, est une étude bibliographique qui présente la problématique du travail en donnant une idée sur l'ampleur du phénomène d'érosion hydrique en Algérie et ses conséquences néfastes sur les ressources en eau et en sol, une notion sur les causes de l'échec des stratégies dites modernes de lutte antiérosive (LAE) ou de conservation des eaux et du sol (CES) et finissant par projeté le regard vers les différents systèmes et pratiques paysannes traditionnelles ancestrales ; ceux les plus connues.
- Le deuxième chapitre expose la méthodologie bien détaillée qui a été suivie pour l'accomplissement de ce travail.

- Le troisième chapitre, donne une présentation générale de la zone d'étude « la région de Béni Snous ». Dans ce chapitre nous tenterons de faire le diagnostic physico-géographique de la région de Béni-Snous, ainsi que l'étude climatique et socio-économique.
- Le quatrième chapitre, présente les résultats de l'inventaire et de l'identification des techniques traditionnels de CES existants au niveau de la région de Béni Snous.
- Le cinquième chapitre, concerne l'analyse le l'adaptation dimensionnelles des différentes techniques ou aménagements traditionnels de CES recensées avec le milieu physique de la région de Béni Snous (pente et altitude). Cette étape à été effectuée en faisant recours à une Analyse en Composante Principale (ACP) qui est une analyse quantitative.
- Le sixième chapitre, sera consacré à l'analyse globale des techniques recensées sur les plans technique, écologique et socioéconomique. Cette fois nous avons fait recours à une Analyse de Correspondance Multiple (ACM), qui est une analyse qualitative, et aussi à une classification hiérarchique (méthode Ward).

**CHAPITRE I.
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE**

Dans les régions marginales, c'est l'accentuation de la pression anthropique au cours du 20^e siècle qui explique la dégradation rapide de l'environnement, ce qui limite sérieusement les possibilités de développement et hypothèque le potentiel agricole par le biais de l'érosion des sols en amont d'une part et de l'envasement des retenus de barrages alimentant les plaines d'autre part (Laouina *et al.*, 2000). Aggravé par le changement climatique, la pression des sociétés toujours en croissance reste la principale cause de l'accentuation de ce phénomène.

Malgré les années de recherche en la nature physique du problème et son arrêt, voire renversement, l'érosion accélérée est toujours présente, sinon amplifiée (Biot *et al.*, 1989). Pour faire face à cette problématique et ses conséquences néfastes sur les plans écologique et socioéconomique, plusieurs stratégies modernes d'équipement en petite hydraulique des versants pentus ont été mise en place. La restauration des terrains montagnard (RTM), la conservation des eaux et du sol (CES) et la défonce et restauration des sols (DRS) (Roose *et al.*, 2010). Malheureusement et malgré les puissants moyens engagés, ces stratégies modernes n'ont pas aboutie à leur but et ont eu un grand échec dû à l'ignorance des conditions naturelles et socioéconomiques locales, ainsi qu'à l'inexistence d'une approche participative avec les populations concernées. C'est pourquoi les regards sont projetés à l'heure actuelle au développement d'une stratégie participative de gestion des eaux et de conservation de la fertilité des sols (GCES). Dans ce cadre plusieurs travaux ont eu pour objectif d'étudier le patrimoine très riche en techniques traditionnelles de gestion et de conservation des eaux et du sol. Ces techniques simples, durables et efficaces que l'homme à créer pour survivre et s'adapter avec son environnement.

Dans ce chapitre nous exposons une brève idée sur l'ampleur du phénomène d'érosion hydrique en Algérie ainsi que les impacts et conséquences qui en résultent. Après nous entamons les causes d'échec des stratégies modernes de Lute Antiérosive (LAE) à travers les travaux de recherche misent en ouvre dans ce cadre.

Ultérieurement, à travers quelques travaux réalisés, nous allons projetés le regard vers les différents systèmes et pratiques paysannes traditionnelles ancestrales ; ceux les plus connues dans la méditerranée et en Afrique. Ces techniques qui ont permis aux paysans ancestraux et même actuels de survivre dans des conditions naturelles et socioéconomiques très difficiles et qui ont prouvé leur efficacité, adaptabilité et durabilité à travers le temps. Cette richesse qui peut être valorisée et améliorée afin de s'adapter avec les conditions et les

besoins actuels et futurs, et ainsi pour promouvoir une gestion durable des ressources en eau et en sol.

L'objectif de ce chapitre est de présenter le problème qui se pose par ce travail et ainsi d'avoir une base bibliographique permettant d'enrichir l'analyse des systèmes et pratiques traditionnelles recensés au niveau de notre zone d'étude (Béni Snous).

I. Facteurs et ampleur de l'érosion en Algérie

Depuis des siècles, les géographes ont considéré la zone du bassin Méditerranéen comme très sensible à l'érosion sous toutes ses formes (Roose *et al.*, 2012). En effet, ces versants ont la réputation d'être très sensibles aux phénomènes d'érosion pour des raisons écologiques (pluies erratiques, relief jeune...), historiques (succession de civilisations) et démographiques (forte pression sur les terres agricoles auparavant fragiles). L'érosion en nappe est faible, mais dès que le ruissellement augmente avec le pâturage et l'extension puis l'abandon des cultures ça entraîne : le ravinement, la dégradation des berges des oueds lors des fortes crues, des inondations et l'envasement rapide des barrages. Les paysages de la région du sud de la méditerranée, dont fait partie l'Algérie, sont les milieux les plus sensibles à ces phénomènes érosifs. Ce qui amplifie la gravité du problème de l'érosion des sols en Algérie, c'est d'abord l'importance prise par le phénomène ; la rapidité et la violence avec lesquelles il se développe. Ces faits, résultent d'une série de facteurs morpho-climatiques et historiques (Benchetrit, 1955).

L'Algérie est l'un des plus grand pays du continent africain avec une superficie de 2 381000 km². Toutefois, les ressources naturelles y sont limitées et fragiles, du fait des conditions climatiques et de leur distribution inégale à travers le territoire. C'est un pays de hautes terres et de moyennes montagnes, peu élevées dans l'ensemble, ne dépassant pas les 1 500 mètres d'altitude en moyenne, avec des points culminants de 2 381 mètres. Dans le nord, parallèlement à la côte, l'Atlas Tellien, composé de trois chaînes parallèles, forme, avec le cordon littoral et les dépressions qui les séparent la région de cultures et de forêts. Dans le Sud, l'Atlas Saharien forme un bourrelet montagneux séparant l'Algérie septentrionale et le Sahara (Benderradji *et al.*, 2006). Ces deux ensembles montagneux couvrent une superficie de 12 130 000 ha. Les massifs de chaque Atlas présentent une spécificité sur les plans écologiques et socio économiques. L'Atlas tellien, plus humide, plus boisé, plus peuplé est plus diversifié que l'Atlas saharien qui est lui-même plus diversifié que le Tassili – Hoggar

(Sahara algérienne) (Berrayah, 2006). Ces montagnes algériennes forment par leur altitude et leur topographie un réseau hydrographique appréciable. La région des hauts plateaux, perchés entre 800 et 1 200m, constitue l'espace de jonction entre les deux Atlas au sein duquel le pastoralisme représente l'activité de base de la population. C'est l'ensemble géographique connu sous le nom de la steppe algérienne (Hadeid, 2006). Et enfin, le Sahara (ensemble totalement aride ou hyper-aride) couvre plus des trois quarts de la superficie du pays (87 % du territoire). Il est limité au Nord par la série de l'Atlas saharien et par les frontières du pays à l'Est, à l'Ouest et au Sud (Saggai, 2008). L'Algérie est un territoire essentiellement aride et semi-aride. La partie qui reçoit plus de 400 mm de pluie se limite à une bande de 150 km de large à partir du littoral (bande réduite à moins de 100 km en Oranie). On passe ensuite, au-delà de l'Atlas tellien, à un climat semi-aride (pluviométrie se situant entre 100 et 400 mm) qui concerne une bande de 300 à 350 km de large. Enfin, et sur plus de 1.000 km en poursuivant vers le Sud, c'est la zone aride où la pluviométrie tombe à moins de 100 mm d'eau par an Elle est caractérisée par un climat semi-aride (MATE, 2002).

Les fortes pentes, la fragilité des sols (en majorité hérités de périodes quaternaires) et des substrats (terrains peu cohérents, flyschs et marnes, dominants) et les caractères climatiques très particuliers de ces milieux algériens augmentent les contraintes à l'exploitation durable des terres et favorisent l'érosion (Taabni, 1998), mais malgré ces facteurs naturels précités, l'érosion reste plus ou moins faible, et ce sont les activités humaines qui ont l'impacte le plus lourd sur ces zones jeunes et fragiles et qui aggravent la situation et accélère le processus de l'érosion. Effectivement, ces milieux, principalement montagnards, ont été à travers l'histoire ancienne et récente fortement exploités. Anciennement, ce pays été presque exclusivement agricole, vivant donc entièrement sur les ressources de la terre et par le commerce de ces ressources. Ainsi, la colonisation a dépossédé les paysannats indigènes de leurs terres et se sont retrouvés comprimé dans les montagnes ou refoulé sur les hautes plaines intérieures (Benchetrit, 1955). Ces faits ont contraint ces paysannats à surexploiter ces terres déjà fragiles ce qui a accentué leur dégradation. Actuellement, on peut dire que la croissance démographique galopante et donc l'augmentation des besoins alimentaires ont accentué les activités agricoles non adéquates aux conditions locales. Ce qui a conduit à la dégradation de la fertilité des sols et leur destruction structurelle, et les a rendus moins productives et moins résistantes vis-à-vis des averses torrentielles. Cependant, la population rurale a connue une diminution constante depuis l'indépendance due à leur migration croissante vers les zones urbaines où en 1966 la

population rurale été de 68,6 %, 60 % en 1977, 50,3 % en 1987, 39,2 % en 2004 et 37 % en 2005, soit 12 millions d'habitants, et elle représenté encore un peu plus du tiers de la population en 2010 selon la FAO (Bessaoud, 2006). Et malgré cette diminution de population et donc la pression humaine sur les terres agricoles rurales, les problèmes d'érosion ne cessent de s'accroître. L'émigration et la recherche d'une meilleure vie des populations rurales génèrent en conséquence l'abandonnement de leurs terres agricoles et donc leurs dégradations et l'accentuation des phénomènes d'érosion. Ce point a été démontré par le travail de Morel (2002) sur les stratégies des sociétés face aux problèmes d'érosion, en milieux montagnards méditerranéens, où il a expliqué que les phénomènes d'érosion visibles dans un espace peuvent être considérés comme les marques d'un abandon, ou au contraire ils correspondent à une surexploitation du milieu. Donc, non seulement la surexploitation des terres agricoles et les pratiques agricoles inadaptées aux conditions locales pédologiques, morphologiques et climatiques sont des facteurs déclenchant de l'érosion, mais le délaissement des terres agricoles a aussi les mêmes conséquences.

En outre, les pressions démographiques exercées sur les forêts et les zones steppiques situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud et couvrant une superficie globale de 20 millions d'hectares, rendent les bassins versants Algérien très vulnérable à l'érosion, exceptionnellement l'érosion linéaire. Effectivement, les zones steppiques algériennes, qui sont des régions à vocation essentiellement pastorale, connaissent aujourd'hui une forte tendance à la dégradation (Nedjraoui, 2004). Près de 6 millions d'hectares des terres steppiques sont menacées par les effets de l'érosion éolienne (Ghazi et Lahouati, 1997). Concernant les forêts, sur plus de 7 millions d'ha qui existaient en Algérie en 1830 (5 millions d'hectares de forêts productives et 2 millions d'hectares de maquis et matorral), soit 15 % de la surface totale, et qui a resté la même jusqu'à 1880, il ne restait plus, d'après les évaluations du Ministère de l'Agriculture, que 3,7 millions d'hectares en 1984 (8% de la surface du pays) dont la moitié sous forme de matorral dégradé et le reste de forêts très éclaircies, se régénérant difficilement (Taabni, 1998). La surface détruite entre 1955 et 1997 est de 1 030 000 hectares (soit 24 000 ha/an). Le taux de déforestation est de 21% en 42 ans, et c'est surtout la forêt en bon état qui disparaît (58% en 42 ans). La forêt est remplacée par des broussailles et des reboisements qui présentent des signes de dégradation plus ou moins récents (MATE, 2002). Cette réduction, des surfaces boisées algériennes, est dû à plusieurs facteurs : les incendies, la charge pastorale qui est au moins quatre fois supérieure aux capacités d'équilibre et à la surexploitation et aux coupes illicites de bois (Taabni, 1998). La

destruction de ces couvertes végétales steppiques et forestières a entraîné la dégradation de la structure des sols et par conséquent, accentué les effets érosifs des eaux de ruissellement. Effectivement, tant que la végétation couvre les versants, les phénomènes de ruissellement et d'érosion restent modérés, mais on peut observer des désastres là où de longues averses tombent sur des sols nus saturés (Roose et Sabir, 2002). Selon une analyse effectuée à l'aide du modèle USLE de Wischmeier et Smith, l'amélioration de la couverture végétale ou des cailloux du sol ou de la pente est bien plus efficace pour lutter contre l'érosion que le choix du sol et des techniques antiérosives. La lutte antiérosive (LAE) doit donc tenter de modifier le système de culture et la topographie (Roose et Sabir, 2002).

En plus, le changement climatique provoque à son tour une perturbation climatique, des périodes pluviométriques plus courtes avec des précipitations très intenses et violentes, des saisons de sécheresse plus longue et des températures plus élevées (FAO, 2011). L'élévation des températures accélère la minéralisation des sols et provoque une considérable diminution de la matière organique se qui rende ces sols très fragiles, faiblement structurées et prédisposés au tassement et à la formation de croûte de battance et par conséquent très sensible à l'érosion (Al Ali, 2007). L'Algérie n'est pas à l'abri de ces changements. Cependant, l'impact de ces changement reste faible ou négligeable là où l'impact humain et animal est faible ou nul.

L'érosion hydrique des sols affecte principalement les sols des systèmes naturels, cultivés ou pâturés de la partie Nord de l'Algérie. C'est la région la plus érodée du pays, où 47 % de l'ensemble des terres sont touchées par l'érosion (Morsli *et al.*, 2012). Elle est très vulnérable à l'érosion linéaire, exceptionnellement les zones montagneuses. Dans cette même partie de l'Algérie, et selon le Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire (2000), l'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. Effectivement, 26% de l'ensemble des terres de la partie Est du pays sont touché par l'érosion hydrique et au centre 27% sont touché. La partie Ouest du pays est la plus affectée avec 47 %.

L'érosion spécifique en Algérie varie entre 2 000 et 4 000 t/km²/an (Demmak, 1982). Selon Bouraba (2002), dans une étude de synthèse, l'érosion spécifique varie annuellement de 307 à 5453 t/km² dans le bassin de Cheliff, de 1557 à 9397 t/km² dans le côtiers Algérois, 3990 t/km² dans l'Isser, 248 t/km² dans le Soummam, 252 à 10375 t/km² dans le côtiers Constantinois, 742 t/km² dans le Sybouse, 782 t/km² dans Kebir Rhumel, 164 à 5153 t/km²

dans le Chott Hodna, 794 à 2621 t/km² dans le haut plaine Constantinois, 838 à 1260 t/km² dans le Chott Melhir, 938 t/km² dans le Côtiers Oranais et de 301 à 406 t/km² dans la Tafna.

Dans les montagnes Telliennes où se trouvent 90 % des barrages et se concentre plus de 8 millions d'habitants, le Ministère de l'Agriculture a estimé, en 1984, que plus de 20 millions d'hectares de terres sont touchées par l'érosion alors qu'elles ne représenté que 5 millions d'hectares selon les premiers inventaires menés par le Service de la DRS en 1941 (Taabni, 1998). Cependant, et selon des travaux plus récentes menés par Morsli *et al* (2012) sur l'érosion et le ruissellement en montagnes méditerranéennes d'Algérie du Nord, les pertes en terre sont relativement faibles, même durant les années de fortes précipitations. Mais ces taux d'érosion dépassent souvent ce que la pédogenèse peut produire dans les conditions actuelles.

Dans les monts de Tlemcen, au Nord-Ouest d'Algérie et dont fait partie notre zone d'étude (la région de Béni Snous), les pertes en terre par l'érosion en nappe varient de 2 à 6 t/ha/an sur sol nu, de 0,3 à 1,5 t/ha/an sur parcelles cultivées traditionnelles et de 0,3 à 1,3 t/ha/an sur parcelles améliorées. Les taux d'érosion sont aussi variables à l'échelle interannuelle et mensuelle (Morsli *et al.*, 2004.b). Presque les mêmes valeurs sont obtenues dans les monts de Beni-Chougran à Mascara qui ont été quantifiées par Morsli *et al.* (2004.a). Elles varient de 4 à 6 t/ha/an sur sol nu, de 0.4 à 1.3 t/ha/an sur les sols cultivés et de 0.2 à 1.4 t/ha/an sur sol en jachère. Donc le ruissellement et l'érosion sont plus faibles sur des sols cultivés que sur des sols nus. Les grandes exportations dans les monts de Tlemcen sont liées à l'érosion linéaire (griffes, rigoles et ravines) due aux ruissellements exceptionnels. Ces ruissellements sont à l'origine de dégradations spectaculaires qui marquent souvent le paysage pour plusieurs années (photo 1). Le ruissellement maximal dépasse les 30 % et peut atteindre 80 % sur sol nu et tassé, ce qui explique l'importance du ravinement et de l'envasement des barrages (Morsli *et al.*, 2012). L'érosion active pèse durablement sur les terres agricoles, sur les infrastructures hydrauliques et contribue surtout à l'exode massif de la population rurale (Morsli *et al.*, 2004.a ; Boucherit *et al.*, 2012).

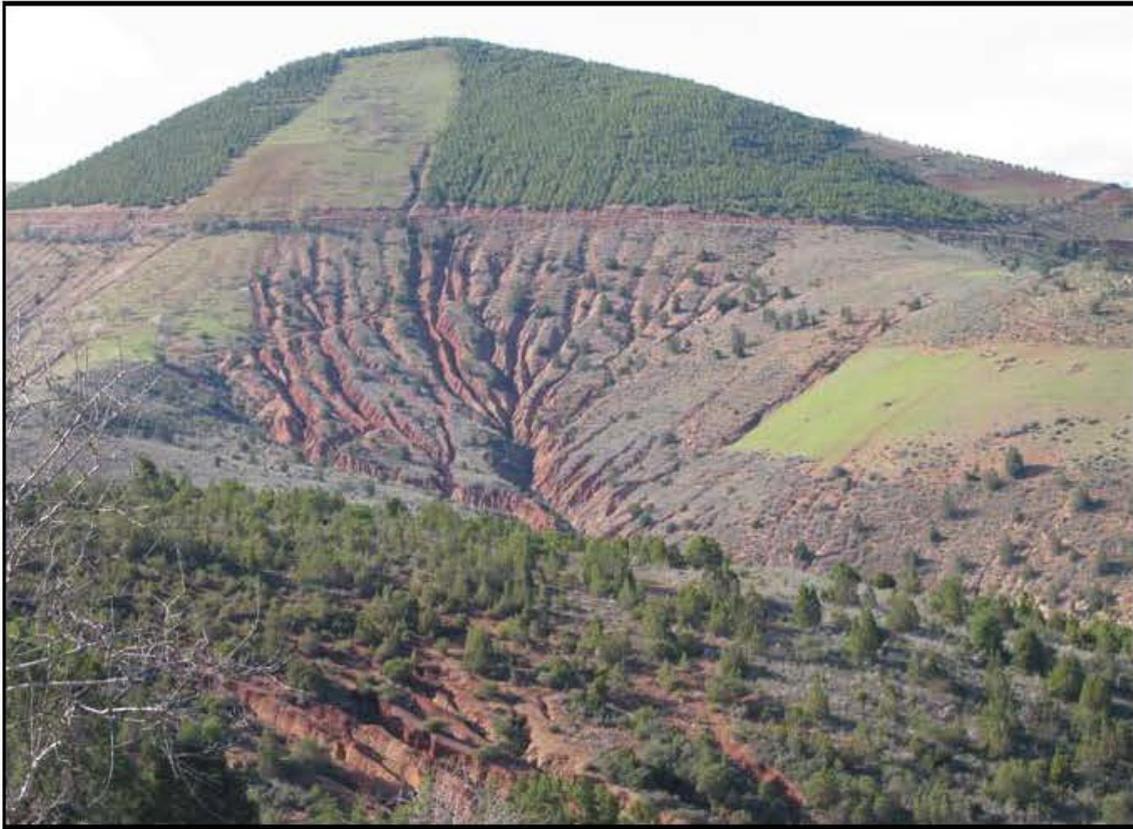


Photo 1 : ravinement sur sols rouges dans la région de Tlemcen (Algérie). (Cliché : B. Morsli) in Roose *et al.*, (2012).

II. Contexte des interventions de LAE en Algérie

En Algérie, les constats souvent anciens de la dégradation des écosystèmes dans les montagnes algériennes très peuplées, ont été à l'origine de nombreux projets d'aménagement. Ces projets visaient à rétablir à moyen et long termes, l'équilibre écologique global des milieux et l'amélioration des conditions de vie des populations. Le reboisement et l'extension de l'arboriculture sur les versants, la lutte contre l'érosion des terres y occupent une grande place.

Des moyens importants ont été consentis entre 1940 et 1977 pour revégétaliser l'amont des bassins-versants, stabiliser les ravines, restaurer la productivité des terres et protéger les barrages de l'envasement dans le cadre de la DRS (Arabi *et al.*, 2004). Malgré ces moyens substantiels consacrés, les résultats ont été bien souvent en deçà des prévisions sur le plan de la lutte antiérosive (Taabni, 1998).

Les interventions peuvent se distinguer par deux périodes : celle avant l'indépendance ou coloniale et celle après l'indépendance.

II.1. Projets et interventions mis en œuvre avant l'indépendance

Durant la période coloniale française en Algérie. Plusieurs programmes et interventions étatiques ont été mis en œuvre par l'état français.

II.1.1. Création de la police forestière

Avant la création de la défense et de restauration des sols (DRS) en Algérie, les premiers efforts entrepris pour s'opposer aux méfaits du ruissellement ont porté sur des mesures préventives où il y a eu la création de la police forestière fixée par la loi française du 2 février 1903 instituée peu après l'installation de la souveraineté française (la colonisation française). Elle régit les forêts domaniales et certaines forêts communales soumises au régime forestier et réglemente les exploitations et les défrichements au niveau des propriétés privées. Mais le conflit entre l'homme et la forêt se poursuit. Les populations riveraines en voie de croissance défrichent encore les forêts, ce qui rend difficile leur protection (Soler, 2003 ; RFF, 1950).

II.1.2. Interventions de reconstitution des forêts

Après la création de la police forestière, il y a eu aussi des interventions de reconstitution des forêts détruites pour discipliner le ruissellement et protéger les sols ravagés par les érosions. Ces interventions ont été les premières opérations de défense entreprise. Dès 1850, les «Planteurs du Génie» s'étaient mis à l'ouvrage avec le souci plus particulier de créer des bois productifs et surtout des forêts d'agrément au voisinage des agglomérations urbaines. En 1885, l'administration forestière a présenté un programme de reboisement qui prévoit la correction, après expropriation, des bassins ou des versants où le danger torrentiel excite déjà. En 1907, un service spécial de Reboisement est créé et son action se précise dès 1911. Les difficultés techniques sont surmontées avec succès et plus de 10 000 hectares de boisement sont ainsi reconstitués. Mais les expropriations préalables des terrains, que nécessite cette opération de reboisement, se heurtent à des difficultés et à des protestations. C'est pourquoi le Gouverneur Général CARDE les subordonne désormais à l'obligation de fournir des terrains de recasement aux expropriés. Cette mesure rendait toute réalisation pratiquement impossible (RFF, 1950).

II.1.3. Création du Service Spécial de la Défense et de la Restauration des Sols

Après les différentes interventions de protections et de reconstitution des forêts et pour organiser une défense efficace contre le danger aigu qui menace le patrimoine, un Service Spécial de la Défense et de la Restauration des Sols (DRS) a été créé en 1942 à Alger. Selon Benchetrit (1955), ce service correspondant exactement au S.C.S. américain (toutes proportions gardées). Tous les méthodes et techniques appliquées sont empruntées au Soil Conservation Service.

En première, le Service Spécial de DRS a fait appel à des fonctionnaires des Eaux et Forêts et des Ponts et Chaussées et ce n'est que depuis 1946, qu'il est doté d'un statut et recrute graduellement ses cadres. Dans ses actions, le Service de la Défense et de la Restauration des Sols recherché de rompre la force vive des eaux dès l'origine, en les disciplinant et en favorisant leur infiltration sur place. Les travaux de protection sont basées sur la construction des terrasses en escaliers, la correction des ravins entreprise au moyen de séries de seuils en pierres sèches, en gabions et quelquefois en maçonnerie pour fixer le fond du lit et diminuer sa pente entre deux ouvrages consécutifs, l'installation de bandes horizontales de plants vivaces de fixation de 15 à 20 mètres de largeur (tels que le Cactus inerme), mais les travaux les plus colossales sont ceux de la construction de réseau de banquettes (photo 2) de restauration des sols échelonnés le long des pentes et destinées à freiner le ruissellement des eaux (RFF, 1950). Ce réseau de banquettes est généralement complété par des façons culturales effectuées parallèlement au réseau de restauration, par le maintien de la protection végétale ou par des plantations arbustives d'espèces forestières ou fruitières, compte tenu des conditions écologiques locales (RFF, 1950 ; Soler, 2003). Le reboisement, cependant, intervient comme moyen de complément sur les sols stériles ou rocheux et dans les plus fortes pentes. Au niveau de la région des Hauts-Plateaux où domine l'économie pastorale, des arbres tels que le caroubier, le figuier de Barbarie, le mûrier, le frêne, le févier inerme ont été mis en place aussi. C'est arbres sont susceptibles de fixer le sol et au même temps de fournir des rations fourragères complémentaires pour nourrir les bétails. Les travaux ont été exécutés en grande partie dans les périmètres de restauration déclarés d'utilité publique et dans les Secteurs d'Amélioration Rurale (RFF, 1950). Les surfaces traitées ont passé de 860 ha en 1946, année de mise en œuvre des opérations, à 24 000 ha en 1952 (Soler, 2003).

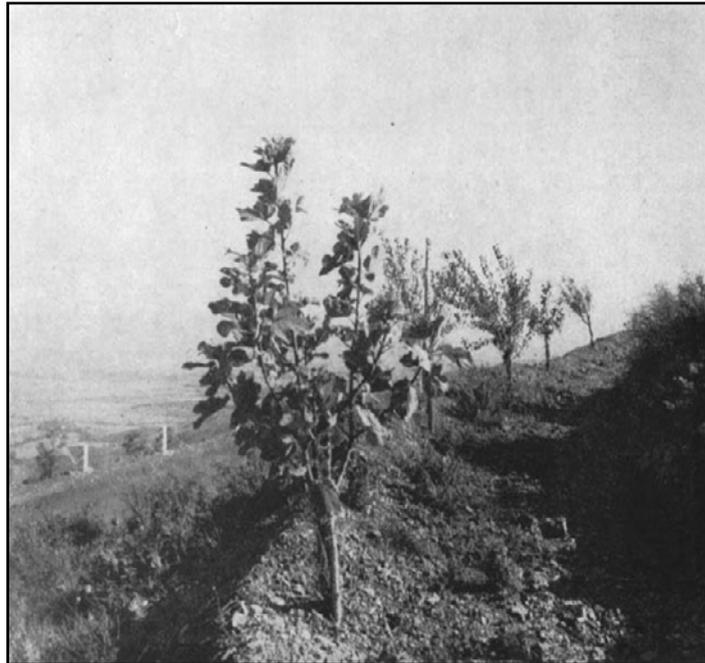


Photo 2 : Type de verger sur banquettes — *Deux ans* après la mise en défense du sol contre les érosions et la plantation des arbres fruitiers (Algérie) (RFF, 1950).

II.2. Projets et interventions mis en œuvre après l'indépendance

Dés l'indépendance et pour remédier à la dégradation des ressources naturelles, l'Algérie a entrepris un grand nombre d'actions (tableau 1). De 1962 à 1970 les institutions qui ont pris le relais du Service de la D.R.S, tel que l'Offices National des Travaux Forestiers (O.N.T.F), ont continué à fonctionner sur le schéma ancien à savoir la préférence pour les traitements mécaniques par les banquettes plantées ou non avec un effort accru pour le reboisement sous toutes ses formes. La décennie 1970 a vu l'arrêt des traitements par la banquette de D.R.S. du fait de l'hostilité des paysans (MADR, 2004). La surface totale traitée est de 78 000 ha. En outre, dix millions d'arbres d'essences forestières et deux millions d'arbres fruitiers ont été plantés (Soler, 2003).

L'année 1976 avait vu le lancement du projet de "Barrage vert fruitier" par les services du Ministère de l'Agriculture sur la base d'une étude commandée à un bureau espagnol. L'objectif était de créer à court terme, sur des milliers d'hectares une ceinture de vergers (oliviers, figuiers, amandiers) sur les versants telliens. Ce projet confié à l'O.N.T.F (Office National des Travaux Forestiers) et au C.P.R (Chantiers Populaires de Reboisement) avait connu un début de réalisation dans le Tell oriental (petite Kabylie, Tell constantinois) où il a

connu de gros échecs du fait du non adhésion des paysans. La méfiance vis-à-vis de l'Etat, qui nationalisait à ce moment les terres des propriétaires absents et visait à réduire la propriété foncière (application de la "Révolution Agraire"), était maximale.

Par suite, l'année 1987, a vu la mise au point du plan national de lutte contre la désertification et la définition des objectifs du Haut Commissariat au Développement de la Steppe. Cette vision intégrative intéressera tous les pays de l'Afrique du Nord, qui sous le parrainage de l'ALECSO eurent à participer au projet « ceinture verte » de l'Atlantique à la Mer Rouge.

En 2004, la superficie forestière est estimée à 4,1 millions d'hectares. La forêt productive représente 1,3 million d'hectares dont l'espèce dominante le pin d'Alep occupe une superficie de 880.000 ha et se localise principalement dans les zones semi arides. Le chêne liège avec 229.000 ha se situe principalement dans le Nord-est du pays. Les efforts accomplis en matière de superficies reboisées (1,1 million d'hectares) durant les différents programmes sont remis en cause par les incendies de forêts qui détruisaient en moyenne près de 59.000 ha/an. Le renforcement du dispositif de prévention et de lutte contre les feux de forêts a permis, toutefois, de réduire à 12.000 ha les superficies atteintes par le feu en 2003 (MADR, 2004).

Tableau 1 : Programmes et plans de 1962 à 1990 (MADR, 2004).

Intitulé	Période	Type d'actions en rapport avec le reboisement et/ou la lutte contre la désertification
Chantiers populaires de reboisement CPR	1962 - 1967	Reboisement dans les régions à fort taux de chômage
Plan triennal	1967 - 1969	Relance de l'activité forestière
Premier plan quadriennal	1970 - 1973	Reboisement productif et « barrage vert » contre la désertification
Deuxième plan quadriennal	1974 - 1977	Renforcement du plan précédent
Programmes spéciaux	variables	Activités ciblées de DRS et de reboisement
Premier plan quinquennal	1980 - 1984	Reboisement et aménagements des bassins versants
Deuxième plan quinquennal	1985 - 1989	Reboisement avec une plus grande diversification des espèces
Le barrage vert	1971 - 1990	Reboisement systématique puis aménagement intégré agro-sylvo-pastorale des territoires compris entre les isohyètes 300 mm et 200 mm
Le plan national de lutte contre la désertification	Des 1987	Intensification et extension du barrage vert avec une approche agro-sylvo-pastorale
Haut commissariat au développement de la steppe	1987	Développement intégré de la steppe

III. Constat d'échec des stratégies modernes de CES

Depuis lors, des sommes importantes ont été dépensées dans le monde et en particulier dans les pays tropicaux, pour réduire les problèmes d'érosion et protéger la qualité des eaux de surface et les ouvrages d'art par les stratégies modernes de CES. Mais plusieurs études montrent que ces stratégies et aménagements destinés à réduire l'érosion, tels que les banquettes, n'ont pas atteint leurs objectifs d'augmenter durablement la productivité des terres aménagées et de limiter les inondations, les glissements de terrains et l'envasement des lacs et barrages lors des averses fortes et rares (Roose, 1986). Les résultats du séminaire de Porto Rico (1987), qui avait pour thème d'étudier les multiples causes des échecs des différents projets de LAE, ont montré que les causes essentielles de l'abandon des structures mécaniques sont l'absence de participation des bénéficiaires et leur inefficacité sur la productivité des terres (Roose et De Noni, 2004).

Au Maghreb et en Afrique de l'Ouest et du Nord, des paysans préfèrent parfois abandonner leurs terres aménagées par l'État plutôt que d'entretenir les banquettes antiérosives (Heusch, 1986) car l'aménagement des terres par les engins de l'Etat et la plantation d'arbres, démontre dans la mentalité paysanne que l'Etat veut s'appropriier les terres (Roose, 1997). Ainsi, les paysans ont vite constaté que ces banquettes faisaient perdre 5 à 15 % des surfaces cultivables (Roose *et al.*, 2000), sans augmenter pour autant les rendements des parcelles restantes qui continuent d'ailleurs de se dégrader par l'érosion en nappe. Pour eux, ces aménagements ont leurs causé plus de gêne que de bénéfices.

En Algérie, les résultats des innombrables projets étatiques d'aménagement, de reboisement et de lutte contre l'érosion en zones montagneuses, particulièrement dans les géosystèmes de l'ouest algérien, demeurent largement en deçà de leurs objectifs (Taabni et Kouti, 1993 ; Taabni, 1998). En effet, malgré 40 années de DRS et les grands investissements employés dans ce cadre, les terres continuent à se dégrader, l'érosion à se développer et les barrages à s'envaser rapidement (Demmak, 1982). La première cause de ces échecs, est que la lutte contre l'érosion, en Algérie, a été perçue par l'Administration comme un problème purement technique, ce qui est expliqué par la diffusion généralisée de plusieurs ouvrages mécaniques sur de vastes surfaces. Comme exemple la banquette, considérées comme une technique sûre qui a fait ses preuves aux Etats-Unis, elle a été employée sans qu'elle ne fasse l'objet de recherche d'adaptation locale et elle a souvent été utilisée en dehors de son domaine de validité (Arabi *et al.*, 2004). En plus de la mauvaise adaptation de ces techniques aux

conditions locales des montagnes algériennes, les échecs sont dus en grande partie au non concertation avec les populations paysannes installées dans les bassins versants. Les agriculteurs ont trop longtemps été considérés comme des récepteurs passifs des recommandations de la vulgarisation et de la recherche sur la gestion et la conservation des sols (FAO, 2004). Ils n'ont été associés ni à la conception ni à la réalisation des programmes d'aménagement.

Devant l'aggravation des dégâts observés au cours de ces vingt dernières années, dégradation de la végétation, des sols et des ressources en eaux, et face à l'échec de ces méthodes d'équipement rural, il fallu trouver une nouvelle approche intégrée et participative qui tient mieux compte des intérêts des paysans en tirant les leçons des échecs des stratégies modernes. Une approche où la participation des intéressés intervient dès le stade de définition des projets.

Dans ce cadre là, une nouvelle stratégie (Land husbandry ou GCES) a vue le jour, et qui tente de mieux prendre en compte les préoccupations immédiates des paysans : assurer leur survie, en valorisant la terre et le travail. C'est une véritable révolution pour les conservationnistes qui entraîne la modification des priorités. 1. D'abord améliorer la gestion des bonnes terres qui réagissent le mieux aux investissements avant de s'occuper « des terres mortes » qui exigent un très gros effort pour les régénérer. 2. Engager un dialogue entre les techniciens et les paysans dès le début des projets sur la perception par les paysans des problèmes et des solutions. 3. Rechercher de nouveaux systèmes de production en vue d'une gestion durable de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. 4. Confier à une équipe spécialisée de l'Etat le traitement délicat de l'érosion catastrophique (ravines, mouvements de masse, inondations et aménagement des rivières), mais responsabiliser les paysans sur l'amélioration de l'environnement rural. (Roose et De Noni, 2004). L'objectif majeur actuel est donc de valoriser les terres agricoles et améliorer les conditions socio-économiques de la population rurales, tout en respectant l'environnement avec une gestion durable des ressources naturelles qui sont l'eau, la fertilité des sols et la biodiversité.

IV. Techniques et pratiques traditionnelles de conservation des eaux et du sol (CES)

Pour ne pas tombé dans les mêmes échecs des stratégies dites modernes, purement techniques qui n'ont pas vraiment donné leurs fruits en termes de conservation des sols contre

l'érosion, de protection des barrages contre l'envasement et en terme de gestion des eaux de ruissellement, et dans le même cadre de la GCEs qui consiste à définir avec les paysans les risques d'érosion et les moyens traditionnels améliorés de gestion de l'eau et de restauration de la fertilité des sols (GCEs) (Roose et al., 1992), les regards sont dirigés, ces derniers temps, à l'étude des techniques et pratiques hydro-agricoles traditionnelles, qui ont permis aux agriculteurs, durant des siècles, de survivre dans des conditions naturelles et socioéconomiques très difficiles, afin de les valoriser pour s'adapter aux conditions et besoins actuelles et futures; dans le but de les incorporer dans une gestion intégrée. L'objectif de notre travail est d'inventorier et d'analyser quelques pratiques traditionnelles agricoles de la région de Béni Snous dans l'Ouest algérien. Pour faciliter cette tâche il est nécessaire d'avoir une idée globale sur les techniques, systèmes et pratiques traditionnelles et très ancestrales de CES à partir de quelques recherches et travaux réalisés dans ce cadre.

IV.1. Définition et historique des techniques traditionnelles de conservations des eaux et du sol

Les techniques traditionnelles de conservations des eaux et du sol sont les fruits de savoirs faire ancestrales de toutes les civilisations qui ont rencontré des problèmes de dégradation des terres, du manque d'eau et du terre cultivable. Devant ces crises, les hommes ont réagi selon les conditions socio-économiques de l'époque et ont inventé des techniques (physique, biologique et pratiques culturelles) simples mais efficaces pour maîtriser les différentes formes d'érosion et améliorer la gestion de l'eau et la fertilité des sols (Lowdermilk, 1953).

Les premières traces de ces techniques traditionnelles de CES sont très ancestrales. Elles reviennent à plus de 7 000 ans (Roose, 1995). Elles ont été développées par les paysans pour tirer profit de la moindre quantité d'eau afin de réaliser la production de biomasse et préserver la fertilité des sols (Majdoub et al., 2012). D'après Boufaroua (2004), l'idée de lutte antiérosive est très ancienne dans la méditerranée. C'est aux berbères et aux phéniciens que reviennent les premières pratiques encore reproduites jusqu'à nos jours : meskats, jessours et mgouds. Ensuite, les romains, valorisant le savoir faire antérieur sur les techniques antiérosives, ont eu le mérite de sauvegarder l'existant et l'améliorer pour proposer des techniques mieux adaptées : barrages, fossés de garde, cordons en pierres, terrasses, correction de ravins. Enfin la conquête des arabes a pu introduire de nouvelles pratiques

pouvant assurer la maîtrise des eaux de ruissellement à grande échelle : épandage des eaux de crues.

L'adaptation des habitants aux conditions difficiles a été à l'origine de l'application de ces techniques. On les trouve aussi bien dans des régions d'installation ancienne que dans des régions récemment mises en valeur. Généralement il y a un parallélisme important entre les concentrations de la population et de l'habitat et la localisation des techniques de CES en grande densité (Laouina, 2010).

D'après (Roose et De Noni, 2004), l'efficacité de ces méthodes traditionnelles est strictement liée aux conditions socio-économiques des sociétés où elles se sont développées. Ces pratiques nécessitent d'énormes moyens humains et matériels mais elles sont efficaces et s'adaptent avec les conditions naturelles et socioéconomiques de leur milieu d'implantation. Malheureusement, devant le changement des conditions socioéconomiques des sociétés rurales et l'immigration de leurs population vers les grandes villes, cherchant une vie plus confortable, plusieurs techniques ancestrales très efficaces auparavant sont trouvées abandonnées, il y'en a même qui sont complètement disparues dans certaines régions dans le monde.

IV.2. Techniques traditionnelles de conservation des eaux et du sol dans le sud méditerranéen

La conservation du sol contre l'érosion hydrique comporte toujours une dimension de gestion de l'eau. Mais l'objectif varie entre l'interception et le captage de l'eau pour en profiter, la diversion de l'eau pour s'en protéger ou enfin la dissipation de l'énergie de l'eau, sur les versants comme dans les ravins et les cours d'eau. Dans les régions montagneuses humides méditerranéennes, toutes ces catégories d'actions peuvent s'associer, du fait de la nature climatique de cette région, caractérisé par des excès momentanés et des périodes de déficit en eau (Laouina et al., 2008)

En Tunisie, les travaux de lutte contre l'érosion ne sont pas nouveaux. L'historique à toujours montrer que ces sociétés humaines n'ont jamais été indifférentes à l'érosion des sols. Elles ont toujours œuvré à la lutte contre cette calamité. En effet, pour faire face à ce phénomène, les populations ont depuis toujours œuvré pour la mise en place de techniques de conservation des sols et de maîtrise des eaux de ruissellement en vue de s'adapter aux conditions très sévères du climat aride et semi-aride du pays. Depuis l'occupation romaine,

depuis 2000 ans, de petites terrasses furent construites par les romains dans l'objectif de drainer et collecter les eaux des collines. Ainsi, un fameux grenier de l'empire a pu être construit (barrages, fossés de garde, cordons en pierres, correction de ravins,...). Parmi les pratiques traditionnelles de conservation des eaux et des sols les plus rencontrés aussi en Tunisie on trouve : les Meskats, les sebkhat, les cuvettes individuelles, et les ouvrages d'épandage des eaux de crues (mgouds). Ce sont des techniques qui ont été mises au point par les agriculteurs eux-mêmes pour faire face au problème de la rareté des ressources en eau (Boufaroua, 2004 ; Abdelli et al., 2012). Dans le sud-est Tunisien, les eaux de pluie et de ruissellement sont mobilisées par toute une panoplie de dispositifs anciens ou plus modernes servant parfois à la recharge des nappes phréatiques, tels que les aménagements de thalwegs (en particulier les jessour et les ouvrages en gabions). Au Maroc aussi, les techniques et pratiques traditionnelle, occupent une place importante dans les systèmes agraires marocains, notamment dans les régions marginales, de montagne ou de climat semi-aride. Ces pratiques locales sont suffisamment variées dans l'espace. La conservation du sol est primordiale, pour les sites les plus productifs, alors que le reste des versants est utilisé sans dispositifs de protection. En effet, dans le *Rif* par exemple, les aménagements sont restés limités aux sites proches des douars et hameaux (terres «*demna*»). Plus loin, le comportement est moins conservateur. Les hautes montagnes relativement arrosée et au relief très cloisonné des *Haut Atlas* occidental et central se caractérisent par des aménagements complexes de terrasses irriguées et en sec du fait de la nature du climat caractérisé par des excès momentanés et des périodes de déficit en eau et du fait de la densité humaine relativement forte. Dans les régions à forte charge humaine et vieille civilisation agraire, type *Anti-Atlas*, *Souss* et les montagnes du *Maroc* oriental et dans un contexte de rareté et de la modicité des ressources en eaux, l'avantage est à l'interception et à l'infiltration de l'eau ; il s'agit de créer les conditions pour cultiver et profiter au maximum des eaux de pluie, d'où la multiplicité des cordons de pierres qui peuvent couvrir des versants entiers. L'autre impératif est de disposer d'eau potable et d'abreuvement; c'est ce qui explique la multiplicité des «*matfias*» ou citernes. Dans les milieux présahariens, au débouché des vallées comme en plaine les aménagements se concentrent à proximité du lit d'oued, pour profiter de l'eau, mais avec une protection mécanique et végétale contre les apports de l'oued. Tous les terrains irrigués sont soigneusement aplanis et ne souffrent d'érosion que sur le rebord sapé par l'oued. Un épais rideau de roseaux, de peupliers et de tamarix protège les terrasses de l'oasis contre les eaux de crues (Laouina, 2007 ; 2010).

De même qu'au Maroc et en Tunisie les sociétés rurales bien particulières du Nord Algérien ont toujours su mettre en œuvre des formes de gestion communautaires pour faire face aux phénomènes d'érosion très actives dans les montagnes et pour en profiter des eaux de pluies. Cette conscience a contribué au développement et au perfectionnement de techniques de gestion et de conservation de l'eau et des terres qui ont servi de support à la survie d'une population souvent trop nombreuse par rapport aux ressources disponibles.

Malheureusement, bon nombre de ces techniques sont abandonnés avec le temps dû à des événements historiques (invasions, colonisation, décolonisation, exodes,...) et des phénomènes de changement d'usage des terres qui sévirent dans les zones montagneuses du Nord de l'Algérie, mais certaines techniques défient le temps et les cultivateurs ruraux les ont conservées et parfois améliorées. Parmi les innombrables exemples d'aménagement de surface de production, les terrasses avec murets en pierre ou avec un simple talus sont un phénomène largement répandu dans les montagnes telliennes, ainsi que les cuvettes individuelles d'infiltration (circulaire ou en demi lune) (Mazour et al., 2008). Parmi les autres techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols observées, on trouve des techniques sous forme d'ouvrage foncière tel que les cordons (en pierres, végétal ou mixte), les dérivation des eaux (Séguias, Seds et diguettes d'épandage des eaux de crue) et les ouvrages de stockage des eaux (Madjen, Jboub et Dayat) qui permettent de contrôler les eaux de ruissellement, les stocker et les utiliser pour l'irrigation des terrasses aménagées, des oliviers et d'autres arbres fruitiers (grenadier, pommier, pêcher, prunier, poirier, etc.). On trouve aussi des techniques purement culturelles : cultures en planche et en billons, travail à l'araire, mulching (en pierres, en paille), utilisation du fumier. L'évaluation de l'état actuel de ces aménagements a montré que certains sont en voie de disparition dû aux changements dans les rapports socio-économiques et non pas à leur faible efficacité. Par contre d'autres sont encore largement utilisés (cordons, cuvettes d'irrigation, madjens, haies vives...) (Mazour et al., 2008). Sur les versants côtiers, il y a peu d'ouvrages de contrôle des écoulements superficiels et du ruissellement, ceci peut s'expliquer en partie par le régime pluviométrique caractérisé par des averses peu agressives, une influence marine qui atténue le déficit hydrique, des ressources générées par la pêche qui font que la pression sur les terres agricoles n'est pas importante et un système agricole contraignant.

Parmi les fruits de cette richesse, en techniques traditionnelles, dans les zones arides on trouve les oasis. Ce sont des espaces anthropisés et cultivés au sein de vastes zones arides

voire désertiques. On les trouve sur le pourtour du Sahara, au Maghreb comme au Sahel, au Moyen Orient, sur la côte ouest de l'Amérique latine et en Asie centrale. Il est estimé qu'elles font vivre près de 150 millions de personnes. La survie de ces oasis est conditionnée par la mobilisation de l'eau. Sur le plan technique, celle-ci peut se faire de différentes façons, soit par la dérivation d'eau de rivières ou de fleuves comme dans la vallée du Nil en Egypte, soit par l'exploitation par pompage de nappes souterraines plus ou moins profondes comme dans le cas des oasis tunisiennes du Djérid, du Nefzaoua ou de Gafsa, ou par le drainage à l'aide de galeries souterraines de nappes phréatiques situées en amont de l'oasis : c'est le système des « khetaras » du sud marocain ou des « foggaras » d'Algérie (Jouve, 2012). Les systèmes de « foggaras » sont très anciens, mais la date exacte de leur apparition est encore imprécise. Ce type de système est dite « qanâts » en Iran (Grandguillaume, 1973 ; Remini et Achour, 2008 ; Senoussi et al., 2011). Malheureusement une grande partie de ces agro-écosystèmes complexes, dans différentes régions du monde, sont en crise et en déclin du à différents menaces. La principale de ces menaces est constituée par la diminution des ressources en eau dont dépend la vie de l'oasis. De même, au Maghreb et dans le pourtour méditerranéen, la première cause de cette diminution est la succession de périodes de sécheresse au cours des dernières décennies. En plus on trouve la surexploitation des nappes aquifères par la multiplication incontrôlée des pompages, l'ensablement et la salinisation des sols et en fin, l'émigration des hommes vers les villes ou les pays industrialisés (Jouve, 2012 ; Deygout et al., 2012).

A cette maîtrise technique de la ressource en eau sont associées traditionnellement des formes d'organisation sociale complexes en matière de droits et d'usages de l'eau, ayant un caractère communautaire sans être pour autant égalitaire.

Le classement des techniques traditionnelles diffère d'un auteur à un autre. Selon Tribak (2002) ces techniques peuvent être groupées en fonction de leur mode de confection. Il les a classé en deux grands ensembles : des ouvrages construits qui englobent les techniques de talus, de cordons, de murets et de terrasses dont les caractéristiques varient amplement en fonction de la diversité des milieux et des conditions offertes ; et des pratiques mécaniques, biologiques et culturelles qui aide les agriculteurs à mieux gérer les ressources et à limiter les méfaits de l'érosion sur leurs terrains. Il s'agit essentiellement du traitement des ravins, de la mise en place de clôtures de haies vives ainsi que de certaines pratiques culturelles. D'autres auteurs ont classé les différents systèmes observés dans le bassin méditerranéen selon le

gradient climatique ou selon leurs objectifs, tels que Roose et Sabir (2002) et Al Karkouri et al., (2002). En ce qui nous concerne, nous allons présenter les techniques et pratiques traditionnelles les plus connues dans la méditerranée et en Sud d'Afrique selon leurs objectifs.

IV.3. Classement des techniques traditionnelles de conservations des eaux et du sol selon leurs objectifs

De nombreuses techniques traditionnelles ont été mises au point par les populations dans les diverses zones arides et semi-arides de la planète (Malagnoux., 2008). L'objectif de ces techniques de conservation des eaux et des sols peut être purement hydraulique comme il peut être hydraulique et édaphique. Plus on va vers l'aride, plus la mobilisation de l'eau devient prioritaire; mais cela n'empêche pas qu'elle soit associée à des actions de conservation du sol. Par contre, en milieu plus humide, toute action visant la conservation du sol a obligatoirement une connotation de gestion de l'eau. Enfin, en zone aride, on a des actions de conservation du sol particulières qui n'ont rien à voir avec l'eau, parce qu'elles s'appliquent aux processus éoliens (Laouina et al., 2008).

Généralement, ces dispositifs traditionnels se retrouvent conjugués sur les versants et leurs actions bénéfiques sont combiner, afin de mieux valoriser les ressources naturelles que sont l'eau, la biomasse et le sol. Nous n'allons présenter, dans ce titre, que quelques techniques traditionnelles, qui sont les plus connues, à partir des recherches et travaux réalisés dans ce cadre. Il ne s'agit pas de présenter une liste exhaustive de ces techniques, l'espace imparti n'y suffirait pas, mais de donner seulement quelques exemples.

IV.3.1. Techniques de capture et de collecte des eaux de ruissellement

Les ressources en eau sont indispensables à la vie quotidienne du paysan, du fait qu'elles constituent une condition nécessaire et principale à la survie des populations. C'est pourquoi, en réponse aux aléas de la pluviométrie et à la faible capacité de rétention des sols, chaque pluie est très rapidement valorisée (Derdouri, 2011).

Les techniques de CES traditionnelles pratiqués en montagne semi-aride vise en premier lieu la gestion des eaux de ruissellement, sa capture, son stockage et sa valorisation. La mobilisation de ces eaux présente un apport en eau très important et en même temps un apport en terre fertile très riche en matières organiques qui améliore la fertilité du sol (Roose et Sabir, 2002).

IV.3.1.1. Agriculture sous impluvium

Ce sont des pratiques qui ont une relation avec l'aridité du milieu, et qui visent à collecter les eaux, ruisselées sur une surface dénudé (impluvium), directement au niveau des champs cultivés en aval.

IV.3.1.1.1. Meskat

Le *Meskat* (figure 1), est décrit comme un système d'aménagement hydraulique traditionnel qui consiste à augmenter, dans les zones arides, la quantité d'eau reçue par les cultures en récoltant les eaux pluviales grâce à l'utilisation d'impluviums (Sayari et Rejeb, 2003). Il est fondé sur l'interception et le contrôle des eaux de ruissellement. Face à l'insuffisance de la pluviométrie, les aménagements meskat ont rendu possible la récolte des eaux de ruissellement "water-harvesting" au profit des plantations d'oliviers qui garnissent les pentes des collines littorales Tunisien (Houimli, 2008). Les impluviums, connus sous le nom de *Meskat en Tunisie*, sont les sommets des collines qui sont maintenus dénudés par le surpâturage pour produire du ruissellement. Ces eaux de ruissellement issues du *Meskat*, sont récupérées par suite par les zones cultivées, aux piedmonts des collines dénudées, connus sous le nom de *Mankâas*. Les *mankâas* sont aménagées en casiers grâce à des gros billons (*levées de terre ou tabia*), capables de stocker le ruissellement, même lors des plus fortes averses. Des oliviers (ou amandiers, abricotiers, figuiers, grenadiers) sont plantés dans des cuvettes individuelles d'où les eaux de ruissellement débordent de cuvette en cuvette (El Amami, 1984 ; Houimli, 2008 ; Maher, 2009 ; Roose *et al.*, 2010 ; Ben Salem *et al.*, 2013). Des petits seuils permettent aux eaux de ruissellement excédentaires de passer d'un casier vers l'autre selon le sens d'écoulement. Les eaux récoltées dans les casiers les plus bas, finissent par se déverser dans le ravin ou les dépressions les plus proches. Outre l'arboriculture qui est la principale spéculation, la céréaliculture et les cultures fourragères sont aussi pratiquées pour satisfaire les besoins de la famille et du bétail (Maher, 2009). L'objectif de ce système est en effet de garder les eaux, le plus longtemps possible auprès des racines des oliviers. Il permet ainsi la régulation des eaux de ruissellement en assurant tant l'infiltration d'une plus importante quantité de ces eaux nécessaires pour l'irrigation des oliviers et l'alimentation de la nappe, que la protection du sol en général contre l'érosion (Houimli, 2008 ; Maher, 2009). Le *Meskat* permet un appoint en eau très important aux plantations, une bonne amélioration de la productivité des terres et donc une production fruitière relativement stable dans les zones semi-arides. En plus elle améliore la fertilité du sol (Majdoub *et al.*, 2012).

Ce système se trouve dans la plus part des terrains en pente en zones semi-arides de faible pluviométrie, qui varie entre 200 et 400mm. Il représente le modèle d'aménagement spécifique de la région du Sahel Tunisien. Il semble bien s'intégrer aux contextes géologique, géomorphologique, topographique, pédologique et climatique de cette région. Il représente un exemple typique d'une agriculture durable en participant de manière efficace à la garantie de la production de l'oléiculture, tout en jouant un rôle de premier rang dans la lutte contre l'érosion hydrique (Majdoub *et al.*, 2012). Il est attesté que le paysage agraire typique du sahel tunisien, fondé sur la persistance de l'olivier au niveau des petites parcelles, n'a été possible que grâce à ce système ingénieux d'irrigation qui a comblé le déficit de la pluviométrie annuelle (Sayari et Rejeb, 2003). Ce système est une richesse concédé par les ancêtres à leurs descendants dans cette région. Il s'agit d'un patrimoine architectural et hydraulique avec un paysage rural de bonne qualité (Ben Salem *et al.*, 2013). Selon Roose *et al.* (2010) ce système pourrait être étendu en zones de piémonts semi-arides du Maroc.

Le bon fonctionnement de ce système des *meskats* est assuré par le fait que la surface de l'impluvium (collines dénudées) doit être égale à deux fois la surface de la zone de culture (Houimli, 2008). Cette condition représente le principal inconvénient de cette technique. Ce système suppose des pratiques (d'entretiens et de partage) collectives.

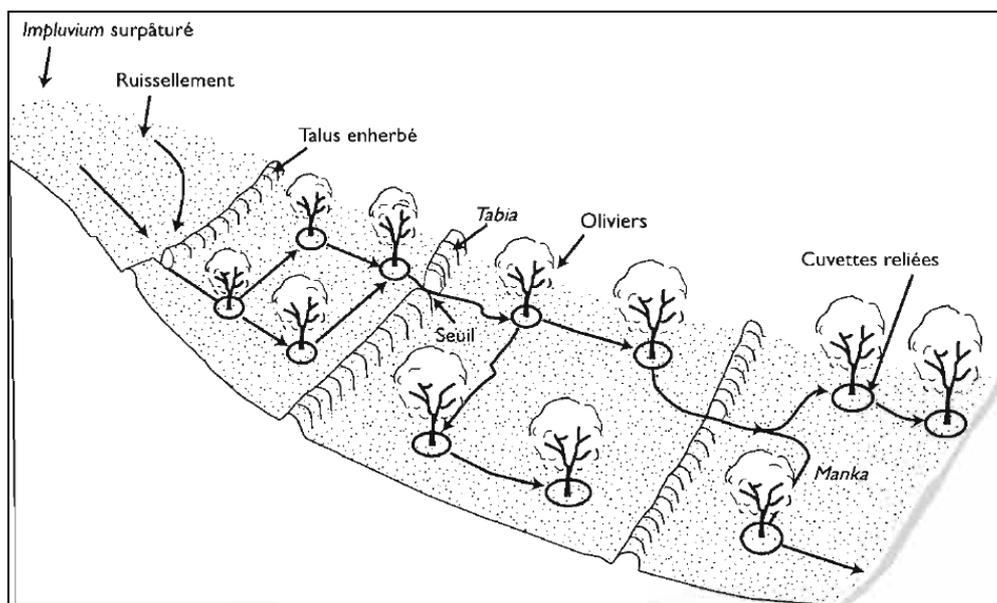


Figure 1 : schéma représentatif du système meskat (Roose *et al.*, 2010).

IV.3.1.1.2. Jessours

Les jessours (figure 2) sont des aménagements qui occupent les fonds des cours d'eau temporaire d'Afrique du Nord, permettant d'avoir de petites zones cultivées étagées le long du cours d'eau (Bonvalot, 1986). Ces jessours ne sont pas de simples barrages pour retenir l'eau (à la différence des barrages romains des Nememcha en Algérie ou islamiques au Kairouanais en Tunisie) (Ballais, 1990). Leur fonction est de piéger à la fois les alluvions issues de l'érosion sur les versants et les eaux de ruissellement provenant des impluviums. Cette technique consiste ainsi à réaliser de véritables concentrateurs des eaux de surface et de fertilité (Romagny et Riaux, 2007). Ils sont généralement établis en série à partir de l'amont jusqu'à l'aval du talweg (Hilali, 2011).

Les composants de ce système sont la digue dite Tabia, le champ de culture et l'impluvium. La digue est de section trapézoïdale et elle est construite perpendiculairement à l'axe du talweg de manière à retenir, en son amont, les eaux de ruissellement et les matériaux de charriage. Elle est construite souvent en terre avec des renforcements en pierres sèches appelés Sirra. La hauteur de la digue varie de deux à cinq mètres en général et la longueur dépend de la largeur de la vallée, mais plus fréquemment elle mesure quelques dizaines de mètres. Afin de pouvoir résister aux plus fortes averses, le système des « tabias » est doté d'un déversoir central, (*masraf*), ou d'un déversoir latéral (*menfess*) sur l'un ou les deux cotés du Tabia. Ils permettent à l'eau en excès de s'écouler vers les « jessours » de l'aval, car il s'agit aussi de ménager une bonne alimentation en eau aux parcelles voisines (Bonvalot, 1986). Le déversoir central, (*masraf*) est plutôt une innovation technique introduite par les pouvoirs publics dans les jessours de montagne (Romagny et Riaux, 2007). Le volume important de matériaux meubles, généralement des limons et des sables arrachés au versant par le ruissellement, déposés derrière la digue, constitue le champ du jessr où sont cultivés les arbres fruitiers, principalement l'olivier, et les cultures vivrières. Chaque jessr a un bassin pour recueillir les eaux de pluie (impluvium). C'est la partie du bassin versant située en aval du jessr précédent. Toutefois, l'impluvium du premier jessr est constitué par la partie amont du bassin versant dont la superficie, assez importante, donne souvent lieu à un volume de ruissellement provoquant des débordements vers les autres jessour situés en aval (Abdelli *et al.*, 2012).

Les jessours constituent un moyen efficace pour réduire les effets de l'érosion hydrique en cassant la vitesse du ruissellement sur des pentes fortes. Ce système peut fournir, pour une pluviométrie de l'ordre de 200 mm•an⁻¹, l'équivalent d'un apport d'eau d'une pluie de 500

mm•an-1. Ceci permet de multiplier les ressources hydriques par 2,5 et d'augmenter de façon significative les possibilités offertes pour pratiquer l'agriculture en milieu aride (Ben Ouedou et Troussel, 2002). Cette ancienne technique de récolte des eaux de ruissellement est largement pratiquée dans le sud Tunisien (Abdelli *et al.*, 2012 ; Bonvallot, 1986 et 1992 ; Ballais, 1990 ; Snane et Mechergui, 1996 ; Boufaroua, 2004 ; Romagny et Riaux, 2007 ; Guillaume, 2009 ; Palluault et Romagny, 2009 ; Hilali, 2011). D'après Snane et Mechergui (1996), sans ces aménagements hydrologiques, les cultures seraient pratiquement impossibles dans ces zones arides à roche calcaire affleurante ou à sols squelettiques, où la pluviométrie moyenne annuelle varie de 150 à 200 mm et se manifeste sous forme d'averses de forte intensité. Ces aménagements, sont désignés comme alternative de développement durable pour la bonne gestion de l'eau et la protection des sols. Ce sont parmi les techniques les plus appropriées pour la récolte des eaux de ruissellement en zones arides. Leur durabilité est conditionnée par le maintien des travaux d'entretien. Dû à leur importance, plusieurs projets sont mis en place pour leur entretien et même leur extension en Tunisie. Cette technique existe aussi, sous le même nom, au Maroc (Roose *et al.*, 2010). Les *jessours* ont aussi été aménagés en Tripolitaine (*Nefoussa*) et sous des noms différents en Libye, en Crète et au Proche-Orient. Ce mode d'agriculture a aussi été pratiqué dans le sud-ouest de l'Amérique du Nord par les Anasazi du Sonora et par les Navajos (Mollard et Walter, 2008).

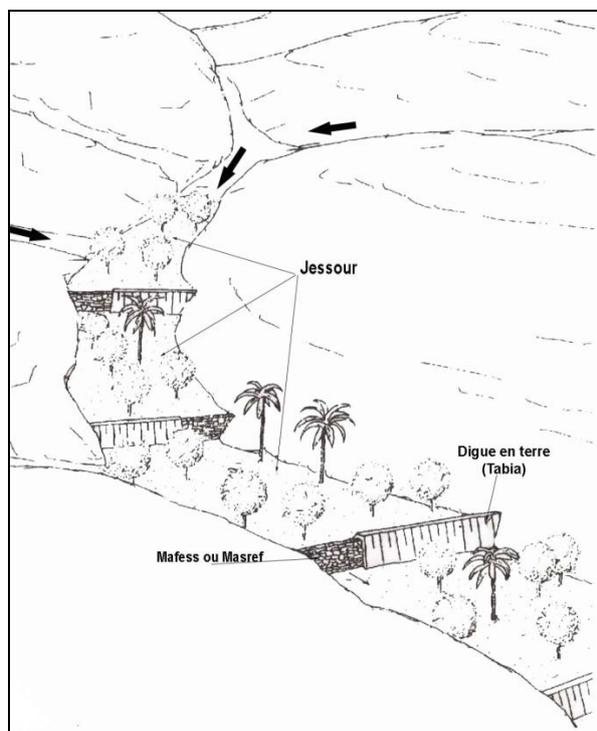


Figure 2 : représentation schématique d'un système de jessours dans les régions arides de la Tunisie (Alaya *et al.*, 1993).

IV.3.1.1.3. Demi-lunes en terre

Les demi-lunes consistent à creuser dans le sol, perpendiculairement à la pente, des *demi-lunes* (photo 3) et le sol ainsi enlevé est mis en bordure du demi-cercle ; de manière à ce que l'intérieur soit tourné vers l'amont (Adamou Mahaman, 2010). La partie la plus basse à l'intérieur de la demi-lune est travaillée afin de favoriser la pénétration de l'eau de ruissellement recueillie par le dispositif. Les demi-lunes sont disposées suivant les courbes de niveau et en quinconce d'une ligne sur l'autre afin de récupérer le maximum d'eau de ruissellement en la concentrant au pied des plantations et diminuer les effets d'érosion. Sur les sols à très faible pente, les demi-lunes sont grandes et destinées à l'amélioration pastorale, par contre sur les pentes un peu plus fortes elles sont petites pour la plantation d'arbres. Souvent un seul, et parfois quelques arbres sont plantés au pied de la diguette à l'intérieur de la demi-lune (photo 4 et 5). Ces ouvrages nécessitent un investissement en main d'œuvre très variable en fonction de la qualité du sol, du type de demi-lune et de la densité (nombre à l'hectare). Sur sols très durs, des normes de 1 à 2 demi-lunes seulement par homme et par jour ont été observé (Malagnoux, 2008). Ils sont le plus souvent placés sur des glacis pour faciliter l'infiltration des eaux et rendre le sol plus meuble en enlevant la partie dure (croûte) (Adamou Mahaman, 2010).



Photo 3 : Demi-lunes en eau (Adamou Mahaman, 2010).



Photo 4 : Demi-lunes ; trois *Acacia senega* plantés par demi-lune; Al Ain (Nord Kordofan, Soudan); Photo M. Malagnoux in Malagnoux (2008).



Photo 5 : Série de demi-lunes capturant l'eau pour les manguiers, Zimbabwe (Mottram *et al.*, 2017).

IV.3.1.1.4. Cuvettes individuelles construites en pierres

Les cuvettes individuelles en pierres construites (photo 6) (El Faleh *et al.*, 2005) ou les plateformes terrassées individuelles selon Naimi et Baghdad (2002), ce sont des structures physiques en demi-cercles construites manuellement par l'agriculteur autour au pied de

l'arbre sur les terrains en pente pour retenir les eaux du ruissellement, et piéger les sédiments arrachés par l'érosion hydrique (El Faleh *et al.*, 2005). Elles sont placées en quinconce afin de récupérer le maximum d'eau de ruissellement. Elles captent bien les eaux de ruissellement sans que la concentration soit trop forte puisque le bassin de réception est de petite taille. Contrairement aux demi-lunes en terres, ces cuvettes sont souvent construites au niveau des bases collines rocheuse dépourvus de terre et elles sont destinées généralement à l'oléiculture. Ce sont des cuvettes individuelles renforcées par de vraies structures en pierres et remblayées par de la terre amené d'ailleurs ; dites cuvettes construites. Elles sont très recommandé quand la topographie du terrain est discontinue (présence de ravins) et la surface est de fortes pentes et rugueuse (présence de blocs) (Naimi et Baghdad, 2002). La mise en place de plants se fait en plusieurs étapes: creusement et curage du trou, construction de la plate-forme (empilement de pierres et remblaiement), préparation d'un mélange de fumier, d'engrais et de terre menée de loin, emplacement du plant et bouchage du trou avec le mélange obtenu (Naimi et Baghdad, 2002). Ce type d'aménagement est très répondu au Maroc, en Tunisie et en Algérie, principalement là où les terrains sont très rocheux et où le sol fait défaut.



Photo 6 : Cuvettes individuelles en pierres construites (sur terrain rocheux)

(El Faleh *et al.*, 2005).

IV.3.1.1.5. Zaï

Le Zaï ou « Tassa » est une technique de récupération des terrains encroûtés. Elle consiste à creuser des trous de 10 à 40 cm de diamètre et de 10 à 25 cm de profondeur dans les sols indurés; généralement, l'espacement est un pas d'adulte soit environ 1 m (photo 7). Ces trous sont disposés en quinconce et espacés d'environ 0,8 m et le déblai est déposé en croissant vers l'aval (Bouzou Moussa et Dan Lamso, 2004). Ensuite, le paysan apporte une quantité de la matière organique sous forme de fumier ou de compost (une poignée, soit environ 600 g/trou), il la mélange avec un peu de déblai et pose le touts dans le trou (Zougmoré *et al.*, 1993). De même que pour les demi-lunes en terre et les cuvettes individuelles, cette technique à pour objectif de capturer les eaux de ruissellement et les terres fertiles arrachées de l'amont qui est riche en matière organique.

Le Zaï est une technique traditionnelle de conservation des eaux et des sols réhabilitée au Yatenga (nord du Burkina Faso) entre 1982 et 1984, à la suite d'années de sécheresse (Hien *et al.*, 2004). C'est une technique bien adaptée aux conditions physiques et socioéconomiques des glacié des régions semi-arides. Elle permet de réduire le ruissellement, donc d'économiser de l'eau, et d'éviter les pertes en terres et d'assurer une bonne production agricole. Ceci a conduit à son adoption par les agriculteurs et les projets de développement. (Bouzou Moussa et Dan Lamso, 2004). Aujourd'hui, elle est très répandue dans la zone Sahélienne partout où les terres de plateau sont dégradées (Adamou Mahaman, 2010). Cette technique « le zaï » pourrait être une méthode efficace de restauration de la productivité des sols dégradés au niveau de cette zone (Zougmoré *et al.*, 1999). Effectivement, le traitement des sols dégradés avec le zaï, en ajoutant le compost et l'utilisation d'une semence améliorée, a permis un meilleur développement du sorgho et une augmentation des rendements en grains (Gnoumou *et al.*, 2017). Au Niger, cette technologie traditionnelle simple et économique a produit des résultats immédiats, a pu être intégrée aux systèmes de culture existants et elle a été facilement généralisée en s'appuyant sur la main-d'œuvre locale (FIDA, 2010).



Photo 7 : Sorgho dans les poquets de zai+eau (Cliché : X. N. Gnomou) in Gnomou *et al.*, (2017).

IV.3.1.2. Systèmes pour collecter et stocker les eaux de pluies

En zones *semi-arides et arides* se trouvent aussi des ouvrages hydrauliques destinées à collecter et stocker les eaux de pluies ruisselées pour les utilisées ultérieurement. Ce sont des citernes à ciel ouverte ou couvertes.

IV.3.1.2.1. Citernes à ciel ouverte

Ce sont une sorte de mares artificiels (dites "*Magdens*" en Algérie, en Tunisie et au Maroc, "*Boulis*" au Burkina et "*citernes*" en Haïti) de quelques dizaines ou centaines de m³, creusées par des populations agropastorales fixées, soit dans des roche calcaire, soit dans le sol avec revêtement des faces avec du mortier ou des pierres imperméabilisées à la chaux (figure 3). Ces réservoirs à ciel ouverte ont pour objectif de recueillir les eaux de ruissellement captées par un fossé le long des routes, des toitures ou des surfaces dénudées. Elles sont remplies plusieurs fois l'an. Les eaux captées servent à abreuver les troupeaux et irriguer des petits jardins (Roose, 1992.b et 2002 ; Sawadogo *et al.*, 2008 ; Roose *et al.*, 2010). Ces mars couvrent les zones arides et surtout semi-arides où les nappes phréatiques sont absentes. L'aménagement d'une mare ne requiert ni compétence particulière, ni investissement important. Une mare de 5 m de diamètre et de 1,5 m de profondeur nécessite 4 à 9 jours de travail manuel (Roose *et al.*, 2010).

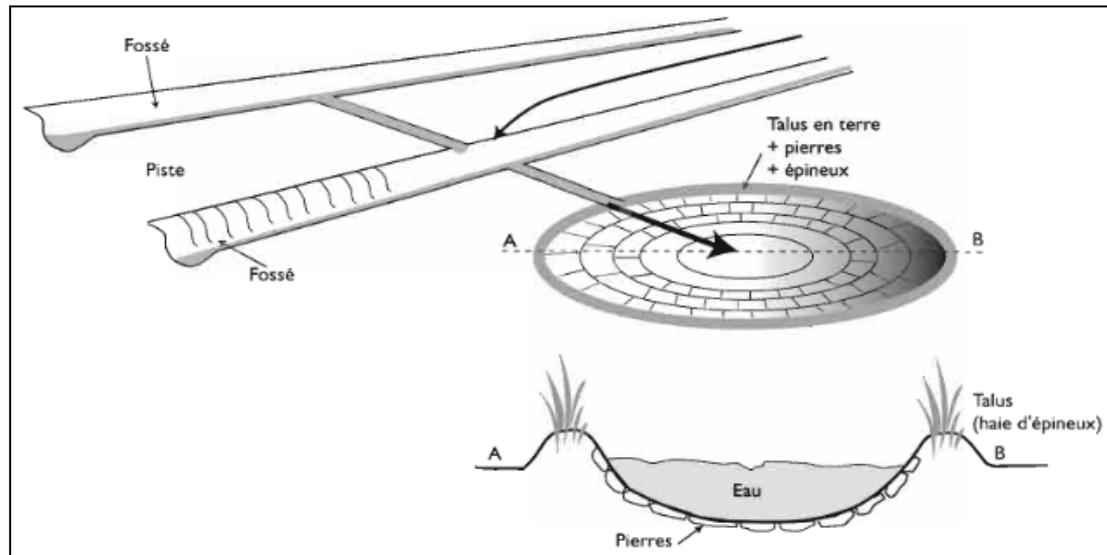


Figure 3 : madgen (Roose *et al.*, 2010).

IV.3.1.2.2. Citernes souterraines couvertes

Cette fois ce sont des réservoirs souterrains creusés dans le sol, construite en pierre et étanchéifiée par de la terre battue, de la chaux ou du ciment. On trouve des réservoirs souterrains collectifs construits dans les cours ou les jardins. Ce sont à usage agricole et reçoivent leur eau d'un impluvium naturel. Chaque réservoir est précédé par un ou deux bassins de décantation des sédiments qui interceptent les eaux ruisselant des pistes et des petits versants, afin d'éviter le comblement rapide du réservoir par ces produits. Les réservoirs *individuels ou familiaux*, ils sont creusés en bas des maisons et ils sont plus modestes où c'est le toit de la maison qui joue le rôle d'impluvium. Ils sont entretenus par la chaux appliquée tous les ans sur les toitures et par l'eau de javel (Roose *et al.*, 2010 ; Kouakbi, 2005 ; Bennasr et Verdeil, 2009). Les eaux stockées dans les réservoirs collectives ou individuelles, sont destinées aux usages domestiques, à l'abreuvement de la famille et du troupeau et parfois à l'irrigation d'appoint d'un petit jardin (Roose *et al.*, 2010). L'usage traditionnel de l'extraction de l'eau par le sceau permet d'oxygéner cette dernière en luttant contre la stagnation. Aujourd'hui plusieurs réservoirs sont équipés de moteurs électriques ce qui porte préjudice à la qualité des eaux (Bennasr et Verdeil, 2009). Au Maroc, les réservoirs collectifs sont dits « *matfia* » (photo 8) et les réservoirs familiales « *joub ou notfia* » (Roose *et al.*, 2010 ; El Khadir, 2011). Ce type de système est aussi une pratique ancestrale en Tunisie, sous le nom de « *Majel* » (photo 8), qui permet d'assurer l'alimentation en eau potable et d'irrigation et gérer sa rareté. Il est très répandu et diffusé au niveau de la région de Sfax (Bennasr et Verdeil, 2009). Ces modes traditionnels d'habitat, attestent que la population de Sfax a longtemps

démontré une capacité d'adaptation remarquable face aux manifestations de l'aridité et à la chaleur estivale (Beltrando *et al.*, 2013).



Photo 8 : Matfia traditionnelle (El Khadir, 2011).

Des citernes similaires sont connues de "*Rhajastan*" au Nord-ouest de l'Inde. Aujourd'hui les citernes souterraines sont souvent construites avec du béton ; l'exemple de la citerne construite dans la région de Marsa Matrouh au Nord-ouest de l'Egypte (photo 9) (Prinz, 2002).



Photo 9 : citerne en béton d'un volume de stockage de 3000 m^3 , construit dans la région de Marsa Matrouh, NW Egypte. Photo: Prinz in Prinz (2002).

IV.3.2. Système d'irrigation

La gestion des eaux des cours d'eau est une pratique très ancestrale dans le monde aride. Elle consiste à la dérivation des eaux des cours d'eau, par des seuils construits dans leurs fonds, pour l'irrigation des champs de culture. Ces seuils, de dérivation des eaux, sont parmi les techniques traditionnelles les plus répandues et les plus ancestrales dans tous les continents.

IV.3.2.1. Diguettes de dérivation des eaux des cours d'eau pérennes

Dans les zones humides à semi arides, dans les vallées, les eaux des cours d'eau plus ou moins pérennes et au flux excessivement variable sont déviées vers les champs de culture aménagés généralement en terrasses (sur les rives des cours d'eau) un peu plus loin en aval pour l'irrigation. Le système est constitué par, une diguette (seuil, barrage) en pierre ou en terre et branchettes construite transversalement au cours d'eau et tout un système complexe de séguia pour transporter les eaux stockées en amont vers les champs. On peut donner l'exemple des barrages de dérivation des eaux de l'oued Todgha au Maroc (photo 10) (Mahdane, 2009).



Photo 10 : barrage (Ouggoug) de dérivations des eaux d'Oued Todgha (Mahdane, 2009).

III.3.2.2. Diguettes d'épandage des crues

Dans les plaines arides, les précipitations soudaines et violentes engendrent des crues de forte amplitude dans les oueds. Pour en profiter de ces écoulements lorsqu'ils surviennent et parfois de s'en protéger, les populations de ces zones ont fait recours à l'épandage de crues rares avec « *les diguettes d'épandage des crues* ». Le principe de l'épandage de crue, encore appelée inondation dirigée, est de freiner la violence des eaux sans arrêter le flux et de conserver la plus grande quantité d'eau possible afin de l'étendre et de l'amener au plus grand nombre de champs possible. Elle est obtenue en plaçant et déplaçant des obstacles (barrages) submersibles à des endroits stratégiques. Il n'y a pas, à proprement parler, de maîtrise de la crue mais plutôt une utilisation habile des eaux à l'aide de quelques aménagements destinés à étaler la crue au maximum (Mollard et Walter, 2008). Lorsque l'oued est à sec, une fosse oblique est creusée au niveau de son lit pour créer une dépression et par suite on y empile de la terre, des branchages, des pierres...etc., de sorte à élever un barrage de dérivation souple, pouvant être facilement détruit en cas de crue trop forte. Cette fois les barrages sont rudimentaires et éphémères. Ils ne longent qu'une partie de la largeur des oueds et ils ne sont pas perpendiculaires au courant mais placés légèrement en diagonale de façon à faire face à une moindre poussée des eaux. Après, une *Séguia* (canal) principale de dérivation des eaux est creusée raccordant le lit de l'oued aux champs de culture. À partir de ce canal, un réseau de *Séguias secondaires* conduit les eaux vers les différentes parcelles cultivées (Vila-Valenti, 1961 ; El Abbassi, 2000 ; Mollard et Walter, 2008). C'est une pratique traditionnelle très ancienne permettant de tirer le meilleur profit des eaux d'épandage générées par les pluies. L'objectif consiste à récupérer l'eau et les sédiments fins en transit dans l'oued et à les canaliser vers des surfaces planes pour fertiliser leur sol et irriguer les cultures.

Cette agriculture, très ancienne, est le propre des régions arides soumises à des pluies rares mais toujours dévastatrices. C'est, ainsi, l'agriculture des oueds pratiquée de tout temps dans le Maghreb que l'on retrouve sous le nom de « inondation dirigée », terme réservé ici à l'épandage de crue en plaine (Mollard et Walter, 2008). C'est à la conquête des arabes que revient l'introduction de cette pratique qui assure la maîtrise des eaux de ruissellement à grande échelle (Boufaroua, 2004). En Algérie, les habitants pauvres des régions de Hautes-Plaines, bassin du Hodna et bordure nord-saharienne, région aride qui reçoit entre 200 mm et 300 mm de pluie par an, qui se trouve à 400 m d'altitude et qui est traversée par des oueds larges, mal délimités, à sec la plupart du temps mais dans lesquels l'eau arrive soudainement

et impétueusement, ont eus depuis des temps très lointains l'idée d'épandage, sur les sols, des eaux de crues courtes et violentes des oueds descendus des monts ou des collines pour améliorer les récoltes de céréales. La tradition s'en était conservée, et sur bien des oueds les populations semi-nomades construisaient des barrages de mauvaise terre et de pauvres fascines amenées parfois de loin pour remonter l'eau de crue au niveau des hautes berges, d'où elle s'écoulait par quelques canaux ou « séguias » creusés dans le sol (Drouhin, 1960 ; Mollard et Walter, 2008). Au Maroc, qui est un pays où 93 % de son territoire se situe dans les étages bioclimatiques semi-aride, aride et désertique (Bouaziz *et al.*, 2004), les digues d'épandage de crue (*faïd*, *amzaourou* ou *amazighe*) sont très répandues dans les montagnes arides du pays (figure 4). Selon El Abbassi (2000), cette technique est très répandue dans les espaces plats des glaciers et des cônes de déjection qui s'étendent sur les bordures des massifs des Beni Touzine-Beni Saïd et de Beni Akki - Trougout (à l'aval du seuil de Tafersite, partie occidentale du bas Neckor, par exemple). Il existe aussi des exemples un peu partout où le déficit pluviométrique est important comme à Midar. Elle est pratiquée aussi dans la province de "Tata" situées au pied de l'Anti-Atlas aux portes du désert du Maroc (dans l'oued Drâa) (Morau et Morize, 2004 ; Tazi, 2009). Roose *et al.* (2010) ont observé aussi cette technique sur les versants du sud présaharien du Haut Atlas Tafilalt et Ouarzazate où les pluies ne dépassent pas 200 mm.

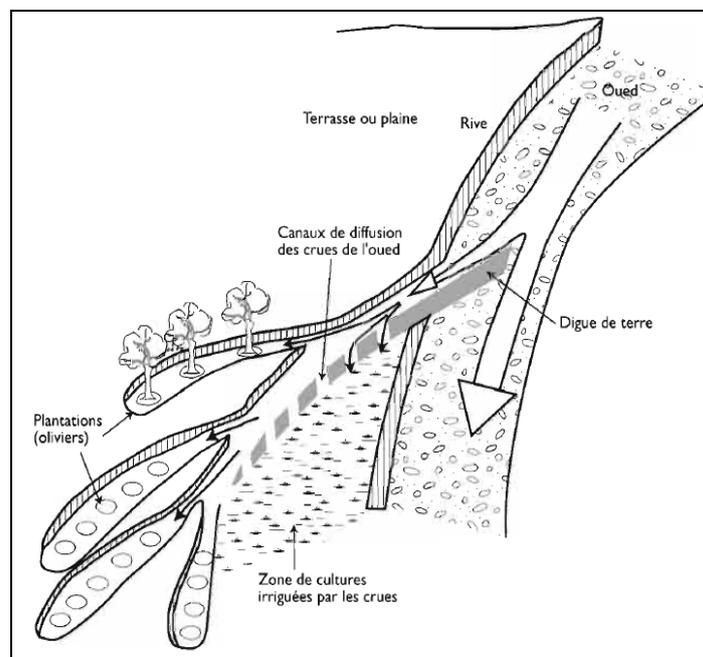


Figure 4 : schéma d'un système d'épandage de crue (*faïd*, *amzaourou* ou *amazighe*) (Roose *et al.*, 2010).

Ainsi le Sud-Est espagnol constitue un exemple achevé de cette forme d'irrigation temporaire caractéristique des secteurs qui, comme le Piémont des Andes Centrales, présentent une forte tendance à l'aridité. Les agriculteurs dans cette zone lui donne plusieurs noms distincts : irrigation « de boquera », d' « aguas turbias » (eaux troubles), de « ventura » (éventuelle), de « crecida » (de crue), de « partididor » (dérivation) ; et dans la région d'Alicante, de « duit » (figure 5) (Vila-Valenti, 1961). Cette agriculture, on la retrouve aussi en Syrie (plaine de la Nuqra dans le Hawran), dans le bassin du Nil, en Asie et sans doute dans plusieurs autres lieux (Mollard et Walter, 2008). Selon Roose *et al* (2010), cette technique pourrait être étendue à toutes les zones arides de montagne et en piémont, aux alentours des oueds.

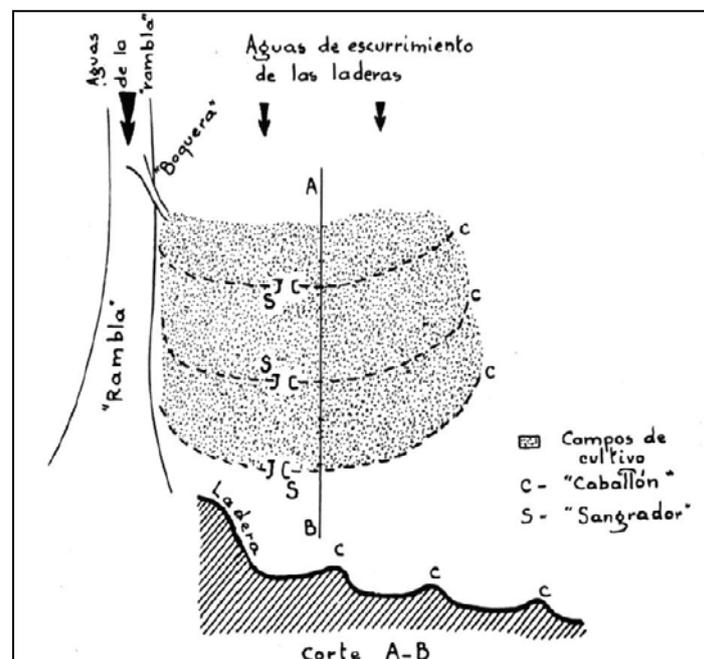


Figure 5 : plan schématique et coupe de « bancales » irrigués par « rigo de boquera » (Vila-Valenti, 1961).

Il ne s'agit évidemment pas là d'une culture sur laquelle on puisse compter sûrement chaque année, car le climat est extrêmement irrégulier, et il arrive que les crues soient insuffisantes ou mal placées dans les saisons. Mais il faut dire que la pratique des épandages de crues augmente le rendement moyen dans des proportions considérables. A telle enseigne qu'il est susceptible, en combinaison avec l'élevage, d'équilibrer, pauvrement certes mais assez sûrement, l'économie rurale (Drouhin, 1960).

La maîtrise des eaux de crues exige de gros équipements, d'importantes dépenses de travail et une coordination des efforts de la population pour la réalisation des épandages

(Menesson, 1972). Effectivement, si la construction de ces périmètres s'est étalée sur plusieurs générations, il a fallu néanmoins qu'à chacune d'elles les ayants droit partagent un intérêt commun pour garantir les entretiens. Une autorité centrale capable de coordonner les travaux d'aménagements et d'entretien, de régler une distribution équitable de l'eau et de garantir les droits de chacun est alors nécessaire au bon fonctionnement du système (Mollard et Walter, 2008).

IV.3.2.3. Foggaras

La *foggara* (pluriel *foggaras*) est un mode originale de captage et de canalisation des eaux souterraines pour irriguer les oasis au niveau du Sahara algérien, où se combinent les faibles précipitations à des températures élevées. Cette technique ancestrale est connue au Maroc sous le nom de « khattara » (Ouhssain, 2004). Au niveau du sultanat d'Oman elle est dite « falaj », en Tunisie la « kriga », en Arabie saoudite « Ain » et en Jordanie et en Syrie « qanat romani » (Boualem et Rabah, 2012). Même s'il est communément admis que les galeries drainantes ont été initiées en Perse antique il y a plus de 3000 ans, plusieurs écrits historiques affirment que ce système est une pure création des habitants de l'Afrique de Nord « Imazighen » (Ouhssain, 2004 ; Mahdane, 2009). Le système *Foggara* consiste à drainer l'eau de l'aquifère amont en direction de la palmeraie en aval (figure 6). Le système est divisé en deux parties : le captage et la distribution. Le captage de l'eau souterraine est assuré par une galerie de plusieurs kilomètres, de faible pente, qui draine l'eau de la nappe vers la surface libre. Cette galerie est équipée de plusieurs puits verticaux qui servent à l'entretien et à l'aération de la *Foggara*. La distribution de l'eau s'effectue juste à la sortie de la galerie et repose sur quatre éléments majeurs qui sont : Kasria (répartiteur); Seguia (canal), Madjen (bassin de récupération) et Gamoun (Jardin). Une fois l'eau arrivée à la sortie de la galerie, elle est répartie entre les propriétaires par la Kasria. Le cheminement de l'eau jusqu'au Madjen s'effectue par l'intermédiaire des Seguias (Remini et Achour, 2008). Comme tous les systèmes d'irrigation traditionnelle, l'irrigation par le système *foggara* se fait par écoulement gravitaire, il est favorisé par les conditions topographiques favorables, dont le niveau du sol est inférieur au niveau piézométrique de la nappe. Selon LO (1954), pour creuser une *foggara* de 4 km à une profondeur moyenne de 12 mètres, il faut environ 48 000 journées de travail, soit le travail de 40 ouvriers pendant 4 ans. La *foggara*, une fois creusée, requiert un entretien difficile, des travaux de curage et de réfection, des travaux de prolongation, étant donné la tendance continue du débit à diminuer. En Algérie, le manque d'entretien a fait baisser le

nombre de foggaras fonctionnelles de plus de 1400 à seulement 900 et ce, avec une diminution constante du débit et du rabattement du niveau hydrostatique de la nappe (Khadraoui, 2007 ; Boualem et Rabah, 2012).

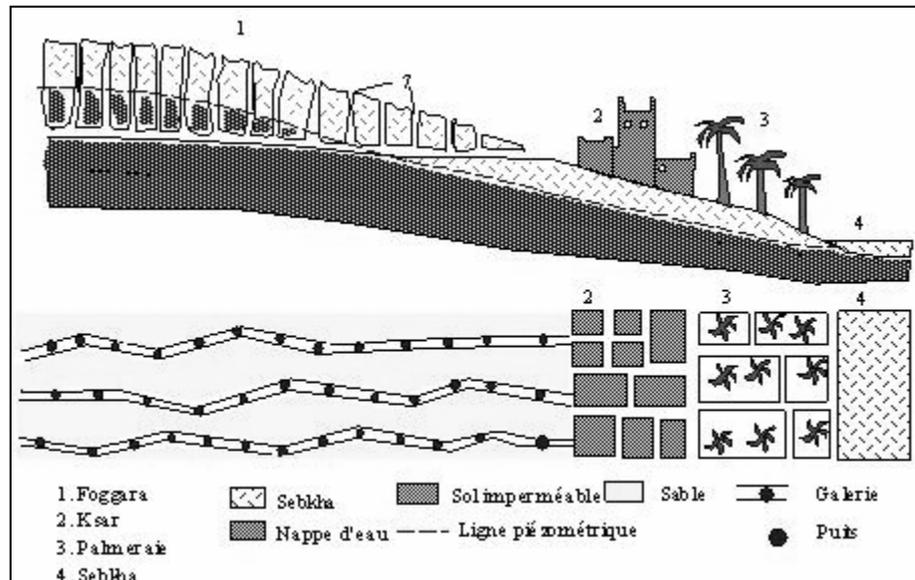


Figure 6 : système de la Foggara (Remini et Achour, 2008).

La gestion des eaux de ces systèmes traditionnels de captage et d’irrigation, qui témoignent d’un génie hydraulique humain remarquable, obéit à des normes coutumières de répartition appelées droit d’eau, établis en fonction du volume des travaux fournis par les usagers lors de l’édification de l’ouvrage (Mahdane, 2009). La mesure et la répartition des parts d’eau des copropriétaires sont contrôlées en permanence par un syndic (*kiyal el ma*) dont la charge est héréditaire. Celui-ci est assisté de témoins (*šuhud*) lors des mesurages et qui interviennent lors des contestations, des ventes de parts d’eau en transcrivant dans un registre toutes les opérations concernant l’exploitation du réseau de l’eau (Gast, 1998).

IV.3.3. Techniques d’aménagements des pentes et de gestion des eaux de ruissellement et d’irrigation sur les terrains de cultures

Ce sont des techniques qui ont comme objectif principale l’aménagement des terrains agricoles, modifier leurs pentes pour les protéger contre le risque d’être emportés par le ruissellement des eaux de pluie, faciliter le travail des terres et de mieux gérer les eaux de ruissellement et d’irrigation et améliorer leur rétention dans le sol. Ces techniques peuvent en certains cas être une moyenne de limitation des parcelles de chaque paysan.

IV.3.3.1. Terrasses de culture

Depuis temps, afin de compenser la rareté des espaces plans et avoir de nouveaux pour cultiver, vivre ou survivre, les versants ont alors été aménagés, selon la pente, en terrasses (Castex et Dagonne, 2006). Dans les zones semi-arides à arides on voit apparaître diverses formes de terrasses de cultures plus ou moins équipées de systèmes d'irrigation, ce qui impose leur construction près des ressources en eaux. Par contre dans les zones semi-humides à humide, ce type d'aménagement peut être répondu par tous. En modifiant la longueur de la pente, qui est l'un des facteurs principaux du déclenchement du ruissellement, cette technique, exigeante en main d'œuvre (500 à 1200 hommes. jours pour aménager un hectare), est très efficace pour protéger les terrains vis-à-vis de l'érosion et des risques d'effondrement. Cette technique permet ainsi une meilleure gestion des eaux d'irrigation et favorise l'infiltration des eaux (Roose *et al.*, 2010).

La question de l'histoire, de la conception et des modes de construction des terrasses demeure ouverte faute de documents écrits ou archéologiques datés (Gay et Blanc, 1984). Harfouche (2006) a présenté dans son article « *Contradictions et complémentarité des sources à propos de l'arboriculture en terrasses* » des d'écrits antérieurs qui témoigne l'existence de terrasses plantées en palmiers au Yémen au III^e siècle avant l'ère chrétienne. En contexte méditerranéen, dans les montagnes de l'Aurès en Algérie, entre les III^e et Ve siècles, des parcelles en terrasses autour des villages reçoivent des vignes, oliviers, figuiers, pistachiers et amandiers. A l'époque byzantine, dans le Néguev, une grande variété d'arbres (vigne, figuiers, olivier, dattier) est cultivée sur des terrasses durant les VI^e-VII^e siècles autour de la ville de Nessana. Délos, cœur des Cyclades, conserve intact un paysage de terrasses antiques qui grâce des inscriptions épigraphiques et à la fouille démontrent qu'il fut bâti au plus tard au V s. av. J.-C (Brunet, 1990). Aux environs de Kasserine en Tunisie, certaines terrasses dateraient de l'époque romaine. Mais les seules qui soient incontestablement anciennes sont celles du djebel Ousselet, à l'ouest de Kairouan, évacué de force au milieu du XVIII^e siècle. Très bien adaptées au modelé de détail, elles s'articulent avec un système de barrages et de réservoirs de haute époque islamique (Ballais, 1990).

L'agriculture en terrasses est un fait géographique mondial. C'est une expression paysagère du travail humain familière à toutes les zones où la topographie s'est présentée sous les aspects les plus accidentés et les plus raides (Despois, 1956). L'ampleur de ce travail d'aménagement de pentes témoigne du rôle fondamental occupé par l'agriculture dans la cité

antique (Brunet, 1990). Ces terrasses se trouvent en France (De Reparaz, 1990 ; Boillat *et al.*, 2004), dans les montagnes semi-arides du SE Espagne (Solé-Benet *et al.*, 2010), en Rosswager Halde en Allemagne (Petit *et al.*, 2008), en Albanie, dans l'île portugaise de Madère, au Yémen, Thaïlande, à Samarang, au centre de l'île de Java, en Indonésie (Ziyadi, 2011), à Madagascar (Roose, 1995), au Maroc (El Abbassi, 2000 ; Naimi et Baghdad, 2002 ; Roose *et al.*, 2010), en Algérie (Abdessemed, 1984 ; Morizot, 1993 ; Morizot et Nasraoui, 2001 ; Mazour *et al.*, 2008),...etc. Elles se trouvent sur toutes fractions de pentes et d'altitudes, sur tous types de climat, elles sont cultivées en toutes types de cultures (arboriculture, cultures maraichères, cultures céréalière, riziculture...) et elles sont irriguées ou non. Au Maroc et en Algérie les terrasses sont construites pour l'irrigation des oliviers, des arbres fruitières et des légumes, mais il y a d'autres types aussi perfectionnés dans beaucoup de vallées pyrénéennes sans irrigation (Gaussen, 1927).



Photo 11 : construction de terrasses de cultures avec murettes en pierres (Naimi et Baghdad, 2002).

Le mode de confection de ces terrasses varie selon le type de terrains. Elles sont soit taillées, leurs dimensions et leurs formes sont variables selon le degré de la pente et la forme de la topographie, soit construites et qui peuvent être de différentes conformations géométriques (rectangulaire, carré ou triangulaire) (El Abbassi, 2000 ; Naimi et Baghdad, 2002). Sur les terrains pierreux de fortes pentes, la méthode la plus classique et la plus

répandue consiste en construction de murettes et aménagement en terrasses de culture (photo 11). Il est remarqué toutefois que dans les terrains avec une terra-rossa assez abondante, les murettes peuvent être remplacées ou associées à des talus et des haies-vives. Ces mesures antiérosives traditionnelles ont montré leur efficacité quand on compare les paysages aménagés à ceux qu'ils ne sont pas (Jean, 1990).

Malheureusement, depuis le début du xxe siècle, la plupart des systèmes de terrasses des régions méditerranéennes sont abandonnées avec le temps et elles ne sont plus fonctionnelles et même carrément disparues (Larcena, 2012). On donne les exemples des terrasses de culture de la moyenne Roya (Boillat *et al.*, 2004) et des Alpes- Maritimes à la Cévenne ardéchoise (De Reparaz, 1990) en France, des terrasses de culture du versant sud de la chaîne Filabres, dans la province d'Almeria (Solé-Benet *et al.*, 2010). En Algérie, on trouve le cas de l'Aurès, où des observations montre l'existence de visibles traces de nombreuses terrasses abandonnées sur le terrain et les photos aériennes témoigne d'une exploitation très ancienne. Particulièrement dans les vallées d'Oued *Abdi*, le versant Est du Mahmel, le synclinal de Bouzina (Abdessemed, 1984). Morizot et Nasraoui (2001) confirme l'existence d'aménagement en terrasses de culture abandonnées à l'Aurès, cette fois au niveau de la vallée Baïnou. La cause n'est certainement pas que ces systèmes traditionnels ne sont plus efficaces ou sont incapables de préserver les ressources naturelles, mais que les conditions socioéconomiques ont changé. En effet, ces abandons sont survenus suite à des phénomènes de changement d'usage des terres et du mode de vie des populations rurales de la méditerranée et à des évènements historiques (invasions, colonisation, décolonisation, ...). En Europe la population a diminué et la mécanisation a pris une grande place dans leur pratiques culturelles depuis longtemps, ce qui a conduit à l'abandon de tous les systèmes qui ne sont pas adaptés à cette modernisation de l'agriculture. Par contre, dans la méditerranée du Sud le scénario est complètement le contraire. La population rural à augmenté et le niveau de vie à complètement changé. Ce qui a poussé les jeunes à émigrer en ville ou en Europe pour chercher une meilleure vie, en laissant derrière eux que les femmes, les enfants et les vieux incapables d'assurer l'entretien des aménagements traditionnels exigeant souvent d'énormes efforts d'entretien.

L'abandon de ces terrasses qui semble irréversible et l'arrêt des travaux d'entretien transforme et bouleverse complètement les dynamiques physiques des versants et constitue un risque, à moyen et long terme, pour leur équilibre hydro-géomorphologique. La

désorganisation de la circulation des eaux sur les pentes et la reprise des phénomènes érosifs fragilisent l'équilibre des versants (Roose et Sabir, 2002 ; Larcena, 2012).

Selon Larcena (2012), l'agriculture de terrasse devient un archaïsme agricole caractérisé par un travail manuel considéré comme non mécanisable à l'époque des tracteurs ; un parcellaire très morcelé à l'ère du remembrement et des travaux d'entretien multiples à l'heure de la réduction de la main d'œuvre. L'intérêt économique de ces milieux ayant disparu, leur rôle dans la gestion de l'eau et de la terre, ainsi que tous leurs services cachés ont été progressivement oubliés. La lente décomposition de ces systèmes séculaires et immuables est passée inaperçue (Larcena, 2012). Toutefois, en Espagne, l'Union Européenne a financé un programme de réhabilitation des terrasses pour restaurer des paysages (tourisme) et aussi pour protéger des villes et des plaines agricoles contre les crues, les inondations et les flots de boue (Roose et Sabir, 2002). Ainsi, au sud de la méditerranée, les terrasses de culture sont encore très souvent utilisées et entretenues (Ballais, 1990).

IV.3.3.2. Culture en billonnage et en planche

Autres techniques simples qui favorisent une meilleure infiltration et rétention des eaux d'irrigation et de pluie, ce sont la culture en billonnage et en planche. Le travail du sol en billonnage (photo 12.a) peut être réalisé à la main ou à la charrue ou par un billonneur (Nicou *et al.*, 1987). Ce sont des petites diguettes en terre réalisées en parallèle mais de manière à faciliter la circulation des eaux d'irrigation d'un sillon à un autre. Les cultures sont plantées sur ces diguettes et l'eau d'irrigation se concentre dans les sillons et s'y infiltre au profit de ces plantes.



Photo 12 : culture en billonnage (a) et en planche (b).

La culture en planche (photo 12.b) consiste en aménagement du terrain en casiers, en parallèles, entourés par des billons en terre. Les cultures, cette fois, sont plantées de dans et l'irrigation ce fait par inondation (une lame d'eau).

IV.3.3.3. Techniques de dissipation d'énergie du ruissellement

Généralement ce sont des barrières réalisées sur les terrains en pente, dont le but est d'étaler le ruissellement pour qu'il dissipe son énergie sans creuser de rigole et donc de réduire les pertes de sols, de contribuer ainsi à la conservation des sols, de l'eau et des nutriments en réduisant l'inclinaison et / ou la longueur de la pente. Pour cela il faut maintenir la vitesse d'écoulement à moins de 25 cm par seconde (Roose, 1992.b). Avec le temps, et avec les mouvements de terre de la partie supérieure vers la partie inférieure (en amont des barrières), ces techniques se terminent par la formation de terrasses dites progressives derrière des digues de terre, des bandes végétales ou des barrières de pierres. L'érosion entre les barrières permet d'obtenir le nivellement du lit de la terrasse. Bien que ces barrières en travers de la pente soient principalement destinées à réduire l'érosion du sol, elles permettent aussi une agriculture entre ces barrières, qui suit généralement les courbes de niveaux. Cependant, dans les zones de fortes précipitations, celles-ci peuvent être inclinées de 0,5 à 2,0% au travers de la pente pour permettre l'évacuation en toute sécurité de l'excès d'eau de surface le long des barrières, pour atteindre les cours d'eau. Ces techniques, applicable sur des pentes faibles à raides, convient pour l'ensemble des zones arides aux zones humides.

IV.3.3.3.1. Diguettes de terre (ou « billons » en Afrique Australe)

Les diguettes en terre (figure 7) sont des structures battues le long de courbes de niveaux. Elles sont formées par le creusement d'un canal et puis par pilonnage du sol (petites crêtes en contrebas). Leur plus grand avantage est qu'elles ne nécessitent pas de transport de matériaux. Elles empêchent parfaitement le ruissellement, mais les diguettes sont facilement détruites lorsque le ruissellement les déborde (Karimata, 2001).

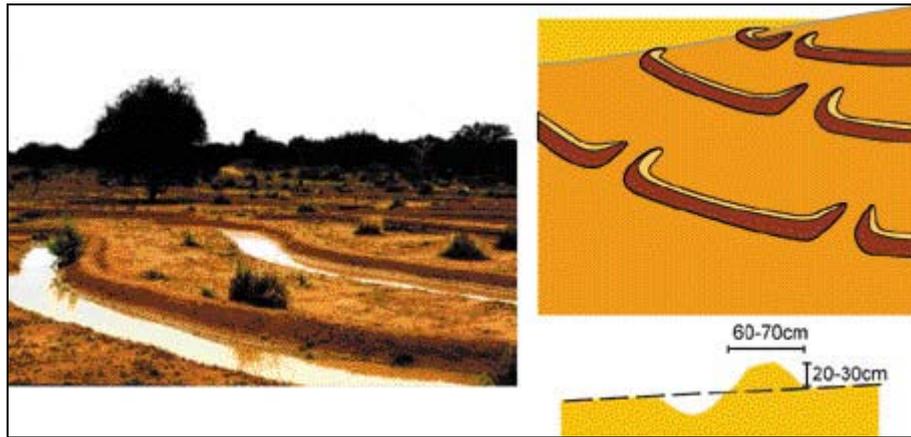


Figure 7 : Aperçu des diguettes en terre sur les courbes de niveau (Karimata, 2001).

IV.3.3.3.2. Cordons en pierres

Dans les régions où les pierres sont abondantes, les agriculteurs disposent des cordons en pierres sèches en lignes (figure 8) à travers de la pente (parallèles aux courbes de niveau). Ces cordons peuvent être plus ou moins continus selon l'homogénéité des substrats et la rugosité de la surface (Naimi et Baghdad, 2002). Les pierres utilisées pour confectionner ces cordons viennent toujours des champs exploités (El Abbassi, 2000). La disposition des blocs se fait de façon jointive simple, par des blocs dressés et soutenus à la base par de la terre damée à l'amont ou par des blocs plats couchés à l'aval, avec trois pierres juxtaposées, deux à la base et une au sommet (Constant Évariste Dapola Da, 2008). Les cordons pierreux, à la différence des diguettes en terre qui bloquent la lame d'eau ruisselée, sont des obstacles filtrants qui ralentissent la vitesse du ruissellement (Hien *et al.*, 2004). Selon Karimata (2001), des tests réalisés par la JGRC au Niger sur une pente sableuse douce (2,8%) ont montré que les cordons de pierres ont réduit d'environ 40% le volume de ruissellement sur un terrain nu. Les cordons provoquent une submersion temporaire par le ruissellement, mais les eaux se fauillent bientôt à travers les interstices des pierres pour poursuivre graduellement leur descente. C'est pourquoi le taux d'humidité du sol augmente à proximité des cordons de pierres, mais entraîne une légère amélioration de l'infiltration même aux autres endroits. Si la protection du gros sable est assurée en surface sur une longue période, la perméabilité se trouvera améliorée dans l'ensemble. A partir du milieu de la saison de pluie, les herbes deviennent luxuriantes aux environs des cordons de pierres, assurant un plus grand effet de prévention de l'érosion du sol. Dans le cas d'une pente douce au sol sableux, les cordons de pierres sont espacés de 15 à 30 mètres environ. Si le sol n'est pas très perméable et si la pente est abrupte, il est préférable de réduire cet espace. Fondamentalement, l'espacement doit être tel qu'il empêche une vitesse de

ruissellement telle qu'elle engendre l'érosion en rigoles. D'après Roose (2002), les cordons en pierre est une version intéressante de techniques qui réduisent la vitesse du ruissellement, dissipent son énergie, atténuent la force de transport et stabilisent le sol et qui aboutit à l'étalement des crues des oueds, à la réduction du débit de pointe et des transports solides. Avec le temps, les éléments piégés bouchent les brèches entre les pierres et par conséquent, et suite de l'érosion et des labours successifs, les cordons permettent une accumulation plus importante de terres arables et formant ainsi une sorte de terrasses dites progressives.

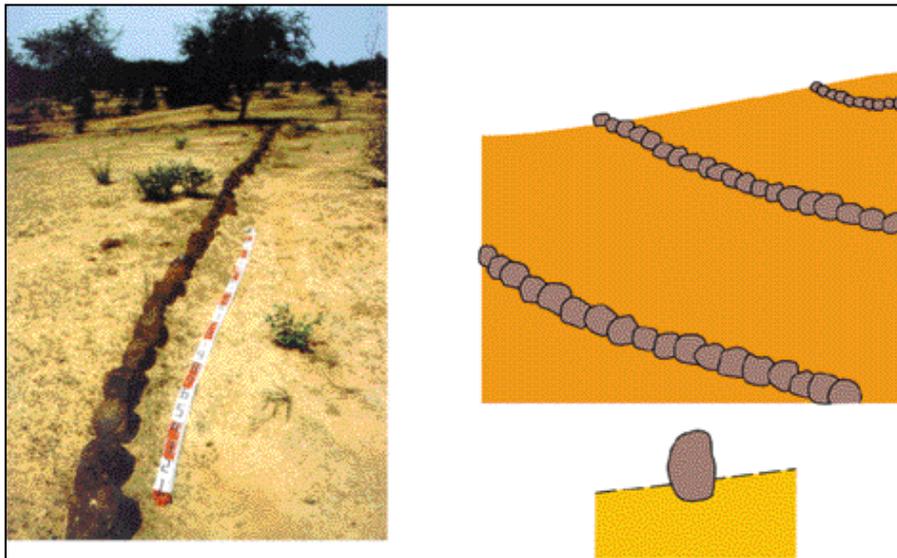


Figure 8 : Aperçu des cordons de pierres (Karimata, 2001).

IV.3.3.3.3. Clôtures en haies vives

Les clôtures en haies vives est une pratique très fréquente dans la région méditerranéenne. Bien qu'elles soient destinées prioritairement à délimiter les parcelles, à protéger les vergers contre les animaux et à produire du bois de feu ou des fruits, elles jouent un rôle antiérosif très important. Ces haies sont généralement faites d'espèces épineuses, en particulier le figuier de barbarie (cactus) ou des alignements d'agave. Le long des cours d'eau, elles se composent de rideaux de roseaux ou de peupliers destinés à protéger les parcelles irriguées et les vergers d'arbres fruitiers (Tribak, 2002). L'utilisation des haies vives en figuier de barbarie (photo 13), est une forme de conservation qui se pratique souvent dans les zones qui ont connu une érosion intense et qui se trouvent dans un état très dégradées et dénudées (apparence de fragments de roches) (Al Karkouri *et al.*, 2002). Cette pratique est très répandue au Maroc, en Algérie et en Tunisie.



Photo 13 : figue de Barbarie.

Il arrive aussi que ces haies vives soient situées perpendiculairement à la pente principale (bandes enherbées). Avec le temps, des talus se forment par l'érosion aratoire (essentiellement) et par érosion hydrique ou éolienne. Ces talus enherbés et stabilisés par les racines des arbustes et les cailloux, peuvent atteindre 1 mètre de dénivelée en 5 à 10 ans avant de se stabiliser : ils participent à la consolidation du versant en rompant l'énergie du ruissellement, en transformant de longues pentes en une succession de secteurs moins inclinés concaves et de talus raides mais protégés. Ces obstacles perméables ne retiennent pas beaucoup d'eau, mais ralentissent le ruissellement, et comme les cordons pierreux étalent les crues, réduisent les débits de pointe et les transports solides (Roose, 2002). Parmi les espèces herbacées les plus utilisées il y'a : *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes hamata*, *Bracharia ruziziensis*, *Pennisetum pedicellatum*, *Pennisetum purpureum* (Hien et al., 2004).

IV.3.4. Protection de la surface des sols et amélioration de la fertilité des sols

Ce sont des techniques qui ont comme objectif la protection de la surface du sol contre l'agressivité et la battance des pluies. D'autre ont un double objectif, et la protection de la surface du sol et l'amélioration de la fertilité des sols.

IV.3.4.1. Epierrage

Cette technique consiste à une répartition des pierres sur les champs de cultures pour protéger les sols contre l'érosion. Les agriculteurs procèdent à l'occasion de chaque labour à l'épierrage de sa parcelle qui est un travail d'entretien essentiellement. Il ramasse les grosses pierres alors que les plus petites sont laissées pour protéger le sol contre l'effet des pluies et du ruissellement (Al Karkouri *et al.*, 2002).

IV.3.4.2. Paillage

Cette technique est très connue en pays Mossi, les paysans pauvres qui ne possèdent pas de bétail ni de fumier, disposent à la surface de leurs petits champs une mince couche de paille (2t/h) et surtout de branchettes issues de légumineuses arbustives peu appréciées par les bêtes. Ce faisant, le paysan fume son champ épuisé et attire les termites qui vont creuser des galeries (amélioration de l'infiltration), rejeter en surface des éléments argileux riches en calcium, percer la croûte de battance et répartir en profondeur les nutriments apportés par la litière (comme en forêt). Certes, les termites réduisent considérablement le poids de la litière à la surface du sol (tiges creuses, vidées de leur contenu), mais la surface reste suffisamment couverte pendant un an et le sol reste assez perméable pour absorber toutes les pluies et une partie du ruissellement issu de la colline (Roose, 1989). Ainsi, les déchets végétaux, en surface, attirent les vers de terre qui se nourrissent avec. Ces vers de terre, en remontant en surface pour se nourrir, entretiennent un réseau de galeries permettant la progression des racines et l'infiltration de l'eau.

IV.3.5. Autres pratiques culturales simples

Ce sont des pratiques culturales simples et répandues dans le monde entier. Elles ont pour objectifs de minimiser le ruissellement et de favoriser l'infiltration et autres l'amélioration de la fertilité des sols. Il s'agit du travail superficiel et grossier de la terre, préalable aux premières pluies de l'année agricole, pour augmenter leur infiltration (Tribak, 2002). En plus du travail de la terre, il est indispensable de restaurer la capacité de production des terres. Pour se faire, les paysans pratiquent toute une série de techniques traditionnelles : la rotation ou l'association des céréales et des légumineuses, le fumier (généralement pauvre qualitativement et en faible quantité), divers systèmes de compostage, la jachère pâturée, des systèmes agro-forestiers (rotation céréales-fèves sous oliviers, amandiers ou figuiers) et sylvo-pastoraux (parcours sous divers chênes).

Ces systèmes complexes aident à maintenir un niveau minimal de production (4 à 15 quintaux/ha/an), mais un apport complémentaire d'engrais minéraux (N+P) est indispensable pour valoriser les apports d'eau si on veut intensifier la production (Roose et Sabir, 2002).

**CHAPITRE II.
MÉTHODOLOGIE DE
TRAVAIL**

L'objectif de cette thèse est de faire un inventaire et une analyse des différentes techniques traditionnelles de conservation des eaux et des sols les plus intéressantes au niveau d'une zone à l'Ouest Algérien. C'est la région de Béni Snous au Sud-ouest de la wilaya de Tlemcen.

Afin d'analyser ces différentes techniques traditionnelles et aboutir à un bilan le plus objectif possible, nous avons fait des enquêtes sur terrain à l'échelle de la zone d'étude choisie. Mais avant cela, nous avons en premier lieu entrepris des recherches bibliographiques sur les différents techniques traditionnelles de conservations des eaux et du sol (CES) et sur la zone d'étude pour faciliter les prospections sur terrain.

Durant les sorties sur terrain, des dialogues avec la population locale ont ainsi eus lieu dû fait que notre travail vise à prendre en compte leurs avis en vers ces savoir-faire traditionnels. En effet, ce travail ne pouvait s'effectuer sans des rencontres avec les agriculteurs. Ces rencontres, avec les observations directes sur terrain, ont constitué la base de notre travail de terrain. Pour faciliter cette tâche et selon les objectifs attendus, un questionnaire unique pour toutes les techniques a été minutieusement élaboré. Il expose une série de questions permettant de caractériser, aux même temps, les techniques rencontrées in-situ et les sites aménagés. Ces questionnaires nous ont permis de disposer d'une base de données statistique (quantitative et qualitative) qui nous a servis d'analyser les techniques inventoriées. Ces données quantitatives et qualitatives ont fait l'objet d'un dépouillement et par suit des traitements statistiques uni-variés et multi-variés (analyses factoriels multiples (A.F.M)).

Dans ce chapitre nous allons présenter l'approche méthodologique détaillée empruntée pour la réalisation de ce travail.

I. Choix de la zone d'étude et les sites d'observation

La zone choisie pour effectuer ce travail est la zone de Béni Snous, située au Sud-ouest de la wilaya de Tlemcen. Elle est très riche en techniques ou aménagements traditionnelles de conservations des eaux et du sol (CES). Ces techniques sont suffisamment variés et représentatives du savoir faire de la région.

Cette zone est située dans le sous bassin versant « la haute Tafna » (SBV n°4) où se trouve le barrage le plus ancien au niveau de la wilaya de Tlemcen, c'est le barrage de Béni Bahdel. Ce barrage est considéré comme le moins envasé par apport aux autres barrages de la

wilaya. Cette zone correspond à un climat le moins sec de la wilaya (climat semi-aride) et à des conditions naturelles topographiques très particulier où les pentes dépasse souvent les 25 % et les altitudes culminent à plus de 1 600 m. Ses ressources en eau sont plus ou moins pérennes en situation hydrologique normale. Elles sont très exploitées en agriculture et en élevage. Les structures de gestion de ces ressources en eau et aussi des sols sont mises en place très anciennement par les agriculteurs locaux. Effectivement, cette zone est très connue par ses pratiques agricoles traditionnels et ses anciens aménagements de mobilisation des eaux et de préservation de la fertilité des sols. Afin de bien connaître les conditions de construction de ces techniques ou aménagements de CES et les raisons de leur présence, une définition du milieu physique naturel et un aperçu sur les conditions socio-économiques de cette zone a eu lieu.

Après avoir choisie la zone, il été nécessaire de faire une première sortie sur terrain et communiquer avec la population locale afin de bien choisir les sites pilotes de notre travail. Nous avons essayé de visiter des sites anciennement aménagés et autres plus récemment aménagés, des sites avec différentes pentes et altitudes, ainsi des sites proches des habitations et autres isolés afin d’avoir un échantillon le plus représentatif possible. Ces sites pilotes vont êtres évoqués au cours des étapes de cette étude.

II. Elaboration d'un questionnaire d'enquête

Un questionnaire est un groupe ou une séquence de questions formulées pour obtenir de l’information sur un sujet (Anonyme, 2003). Pour notre travail, un questionnaire unique pour toutes les techniques a été minutieusement élaboré. Ce questionnaire (annexe I et II) est composé d’un ensemble de questions fermées et simples qui permet de collecter conformément le maximum d’informations et de données qui concerne, et les sites pilotes et les différentes techniques traditionnelles de CES recensées. Ces questions sont les critères sur les quels va se baser l’évaluation et l’analyse de ces techniques.

Il comprend les volets suivants :

1. Localisation géographique des sites d’enquête;
2. Caractéristiques des sites de prospection ;
3. Caractéristiques des techniques ou aménagements existants sur les sites d’enquête permettant de les analyser sur les plans, technique, biologique et socio-économique.

III. Enquêtes sur terrain et collecte des données

Les enquêtes sur terrain ont eus pour objectif de collecter des données sur les caractéristiques d'intérêt des aménagements traditionnels de CES existants au niveau de la région de Béni Snous.

Les enquêtes et prospections effectuées sur terrain nous ont permis, à l'aide du questionnaire élaboré à cet effet, de collecter toutes les informations d'intérêt et nécessaires pour faire un diagnostic des sites d'enquêtes sélectionnées et pour analyser soigneusement les aménagements traditionnels de CES inventoriés au niveau de la région de Béni Snous.

Au cours de cette démarche, nous avons essayé, selon nos moyens et les conditions de la région, de visiter les sites les plus représentatives pour chaque technique et sur différents types de pentes et d'altitude. En plus des observations directes, nous avons ainsi discuté et dialogué avec les agriculteurs locaux et surtout ceux les plus âgés afin d'avoir plus d'informations sur les aménagements traditionnels de CES et sur le savoir-faire de la région en terme de gestion et de partage des eaux. A la fin du travail sur terrain nous avons pu avoir un échantillon de 53 questionnaires et donc d'aménagement.

IV. Dépouillement des questionnaires

Toute enquête est suivie d'un dépouillement. C'est une tâche de compilation des données recueillies, à l'intermédiaire des questionnaires reconquis, permettant de les présenter sous une forme récapitulative utile. Le dépouillement a consisté à entrer toutes les données recueillies sur terrain sur un seul tableau. Cette étape est réalisée sur Excel.

Pour commencer, et après avoir recueilli les questionnaires établis et remplis sur terrain, il importe de les numéroter pour les identifier. En suite, la saisie des données recueillies ce fait à partir d'une feuille crée « *Dépouillement* » sur un fichier Excel. Cette feuille « *Dépouillement* » est une feuille de réponses « *tableau des réponses* ». C'est une phase très importante et qui demande beaucoup de temps et nécessite beaucoup d'intention afin de prévenir les erreurs qui peuvent avoir des répercussions sur les résultats finals du travail.

- La première ligne du tableau des réponses contienne l'intitulé de ces questions (on a utilisé des noms simples, courts, sans accent, sans espace. Ensuite, chaque ligne corresponde à une observation (questionnaire).

- La première colonne du tableau expose les numéros qui viennent d'être portés, manuellement et arbitrairement, sur chaque questionnaire papier. Ensuite, chaque colonne correspond à une question.

Afin de créer le tableau des réponses sur la feuille « *Dépouillement* », il faut d'abord créer une feuille « *option des réponses* » où pour chaque question du questionnaire, il est nécessaire de nommer les réponses possibles. Ensuite, les réponses concernant a une des questions (par exemple : la question sur le Sous Bassin Versant correspondant à "SBV") sont sélectionnées (sans le titre de la question) et avec le bouton droit de la souris il faut sélectionner « *Définir un nom* » et dans « *Nom* » il faut saisir SBV (pour l'exemple), sans espace, et enfin terminer par OK (figure 1).

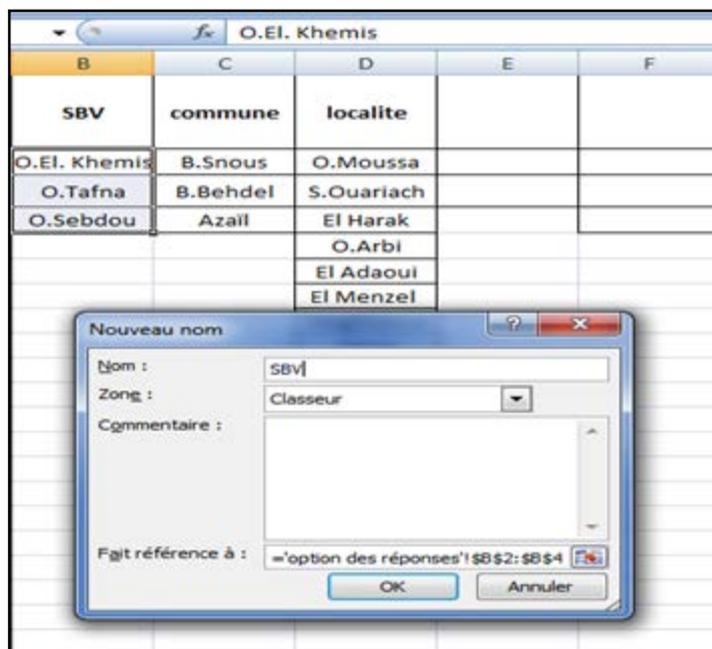


Figure 1 : création de la feuille « *option des réponses* ».

Il faut reprendre la même procédure pour toutes les questions y compris les questions à multiples réponses.

Après, sur le tableau des réponses, il est nécessaire de réaliser des listes déroulantes ; il faut sélectionner la colonne correspondant à la question "SBV" (sans le titre), cliquer sur l'onglet *Données*, *Validation des données*, dans *Autoriser* : choisir *Liste*, dans *Source* : saisir SBV et terminer par OK (figure 2). Il faut reprendre cette procédure pour chaque question (variable).

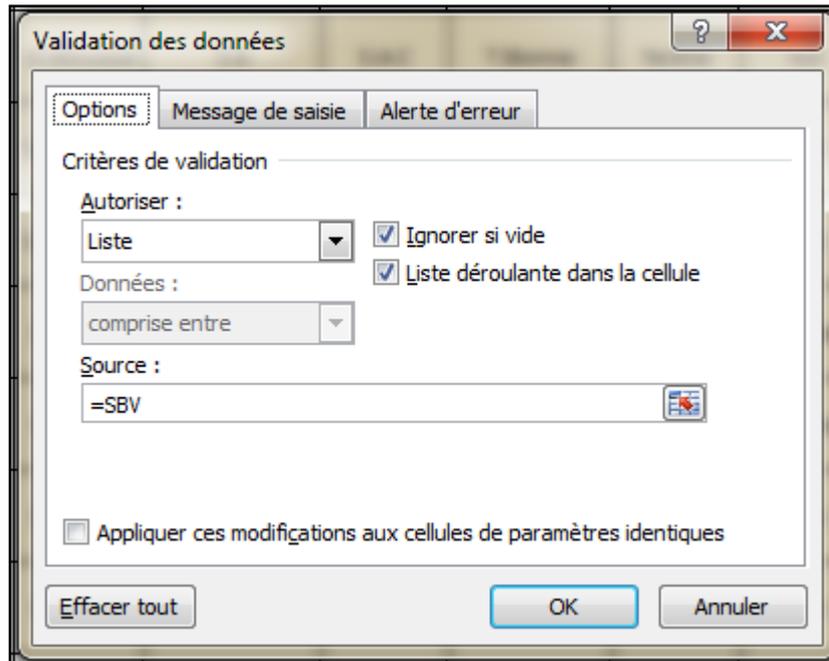


Figure 2 : réalisation des listes déroulantes.

Ensuite pour faire le dépouillement, il faut cliquer sur le triangle qui apparait sur le coin de chaque case et choisir une des réponses qui apparaissent et qui coïncide avec l'individu et la question concernée. En terminant la même procédure pour toutes les questions et individus, le dépouillement est terminé (figure 3).

	A	B	C	D	E
1	questionnaire	SBV	commune	localite	
2	Quest24_BS	O.El. Khemis	B.Snous	O.Moussa	
3	Quest9_BS	O.El. Khemis O.Tafna O.Sebdou	.Snous	S.Ouariach	
4	Quest11_BS	O.El. Khemis	B.Snous	S.Ouariach	
5	Quest13_BS	O.El. Khemis	B.Snous	El Harak	
6	Quest14_BS	O.El. Khemis	B.Snous	El Harak	

Figure 3 : tableau des réponses.

Cette opération a permis de spécifier les critères nécessaires permettant d'analyser et d'évaluer les différents aménagements traditionnels de CES recensés, sur les plans technique, écologique et socio-économique. Ces critères forment un tableau dit tableau de codage

condensé (de contingence). C'est un tableau formé, en colonnes, par plusieurs variables quantitatives et/ou qualitatives ($J > 2$). Ces variables sont les critères retenus. En ligne se trouvent les observations qui sont les questionnaires ou aménagements.

V. Inventaire et analyse des techniques traditionnelles de CES au niveau de la zone d'étude

V.1. Inventaire et localisation des techniques traditionnelles de CES

L'inventaire consiste à exposer l'ensemble des techniques et aménagements traditionnels de conservation de l'eau et du sol (CES) recensées au niveau de la région de Béni Snous durant les enquêtes, en présentant leurs principes et leurs objectifs.

Les prospections et observations effectuées sur terrain et le dépouillement des questionnaires nous ont permis de recensé un patrimoine très riche en techniques de CES. Des techniques (aménagements) qui témoignent l'intelligence des populations rurales qui les ont inventées pour survivre dans un milieu très difficile et fragile.

Afin de bien mettre en lumière la grande variabilité et l'abondance de ces aménagements de CES, dans la zone de Béni Snous, une carte de spatialisation et de répartition dans l'espace de ces dernières est réalisée par le logiciel SIG MapInfo.

Pour réaliser cette carte et toutes les autres cartes de ce travail nous avons eu besoin des supports et outils suivants :

- Le model numérique du terrain (MNT) du sous bassin versant "la Haut-Tafna" (source : INRF.T) ;
- Carte d'état major de Maghnia N° 299 à échelle 1/50 000 ;
- Carte d'état major de Tirny N° 300 à échelle 1/50 000 ;
- Carte d'état major de Ghar Roubane N° 328 à échelle 1/50 000;
- Caret d'état major de Sebdou N° 329 à échelle 1/50 000 ;
- Carte de la limite géographique de la daïra de Béni Snous.
- Le logiciel SIG-MapInfo.

V.2 Analyse et évaluation des techniques

Dans le domaine du traitement d'enquêtes, comme dans notre cas, nous sommes devant un tableau formé par plusieurs variables $J > 2$ (*tableau individus-variables* où *tableau de contingence*). Les individus étudiés ne sont plus représentés dans un espace à deux dimensions, mais dans un espace de dimension plus importante. Donc, le problème statistique qui se pose est comment analyser les relations pouvant exister entre un nombre important de variables et comment caractériser les individus selon ce nombre de variable. Les méthodes d'analyse factorielle sont les méthodes factorielles de Statistique Descriptive permettant de traiter ce problème (Baccini, 2010). Par opposition aux statistiques uni-variées et bi-variées, ces méthodes multi-variées permettent d'offrir une visualisation interprétable d'un espace-variables complexe (Costa et Masuy-Stroobant, 2013).

L'objectif de ces méthodes est de revenir à un espace de dimension réduite (par exemple 2) en déformant le moins possible la réalité (*information initiale*). Il s'agit donc d'obtenir le résumé le plus pertinent possible des données initiales. Pour le faire, ces méthodes font recours à la matrice des variances-covariances (ou celle des corrélations) qui va permettre de réaliser ce résumé pertinent, parce qu'on analyse essentiellement la dispersion des données considérées. C'est à partir de cette matrice et par un procédé mathématique adéquat, que les facteurs (dimensions) que l'on recherche sont extraits, et en un nombre plus petit que le nombre de variables initiale. Ce sont ces facteurs qui vont permettre de réaliser les graphiques désirés dans un espace de petite dimension (le nombre de facteurs retenus), en déformant le moins possible la configuration globale des individus selon l'ensemble des variables initiales (ainsi remplacées par les facteurs). C'est l'interprétation de ces graphiques qui permettra de comprendre la structure des données analysées. Cette interprétation sera guidée par un certain nombre d'indicateurs numériques et graphiques, appelés aides à l'interprétation.

Sur le plan des individus, ces méthodes permettent d'explorer les ressemblances entre individus et ainsi mettre en évidence une typologie de ces individus. Sur le plan des variables, elles permettent de distinguer quelles sont les variables qui sont corrélées (liées) entre elles (Escofier et Pagès, 1998).

Ces méthodes sont largement utilisées dans de différents domaines, analyse physico-chimique, études climatiques, en informatique (N'Diaye *et al.*, 2013 ; Chaouki *et al.*, 2015 ; Lakhili *et al.*, 2015 ; Medjerab et Henia, 2005 ; Tabet aoul et Ziani, 2013). Elles sont beaucoup plus fréquentes en sociologie et dans la plupart des sciences sociales (De Puydt, 2013). Elles sont ainsi utilisées dans quelques travaux sur l'analyse des aménagements tels que le travail de Hamoudi *et al.*, (2008).

Pour notre travail, les questions ou les critères (variables) retenus après dépouillement pour analyser les aménagements recensés sont soit des critères de caractère quantitatif soit des critères de caractère qualitatif. C'est pourquoi nous avons opté pour différentes méthodes factorielles. Les variables quantitatives (pente, altitude, dimensions des techniques), qui nous permettent d'étudier la relation entre les dimensions des aménagements et le milieu naturel de leur implantation, ont fait l'objet d'une Analyse en Composante Principale (ACP). Quant aux variables qualitatives, elles ont fait l'objet d'une Analyse de Correspondance Multiples (ACM), ainsi qu'une classification hiérarchique (méthode Ward) qui a été utilisée afin d'identifier des groupes d'aménagement. Les questionnaires ou les aménagements sont considérés comme observations. En ACM, les réponses aux questions, qui sont de caractères qualitatives, sont dites catégories ou modalités. Ces méthodes d'analyse multi-variées sont des approches privilégiées pour bien estimer l'intérêt et l'efficacité des techniques ou aménagements recensés sur le plan technique, écologique et socio-économique.

Du fait que les tableaux de données à traitées sont de grandes tailles ça rende les calculs à la main très difficile voire impossible et donc faire recours à un logiciel de traitement spécialisé, utilisant un algorithme approprié, est indispensable. Dans notre travail, tout le traitement des données, est mené par le logiciel R (version 2.13.2) mis en service gratuitement sur internet (figure 4). Plus précisément par l'aide des fonctions du package "**FactoMinerR**"

- **R est un logiciel de traitement statistique des données.** Il fonctionne sous la forme d'un interpréteur de commandes. Il dispose d'une bibliothèque très large de fonctions statistiques, d'autant plus large qu'il est possible d'en intégrer de nouvelles par le système des "packages", des modules externes compilés (sous forme de DLL sous Windows) que l'on peut télécharger gratuitement sur internet. R propose également une palette étendue de fonctionnalités graphiques. Il est possible d'utiliser R en mode interactif sans jamais avoir à programmer.

- **R est ainsi un langage de programmation (de script) interprété** dérivé de S (disponible dans le logiciel S-PLUS). A ce titre, il en intègre toutes les caractéristiques : données simples et structurées, opération d'entrée-sortie, branchements conditionnels, boucles indicées et conditionnelles, récursivité, etc. En particulier, il nous sera possible de créer de nouvelles fonctions de traitement de données avec le langage R.

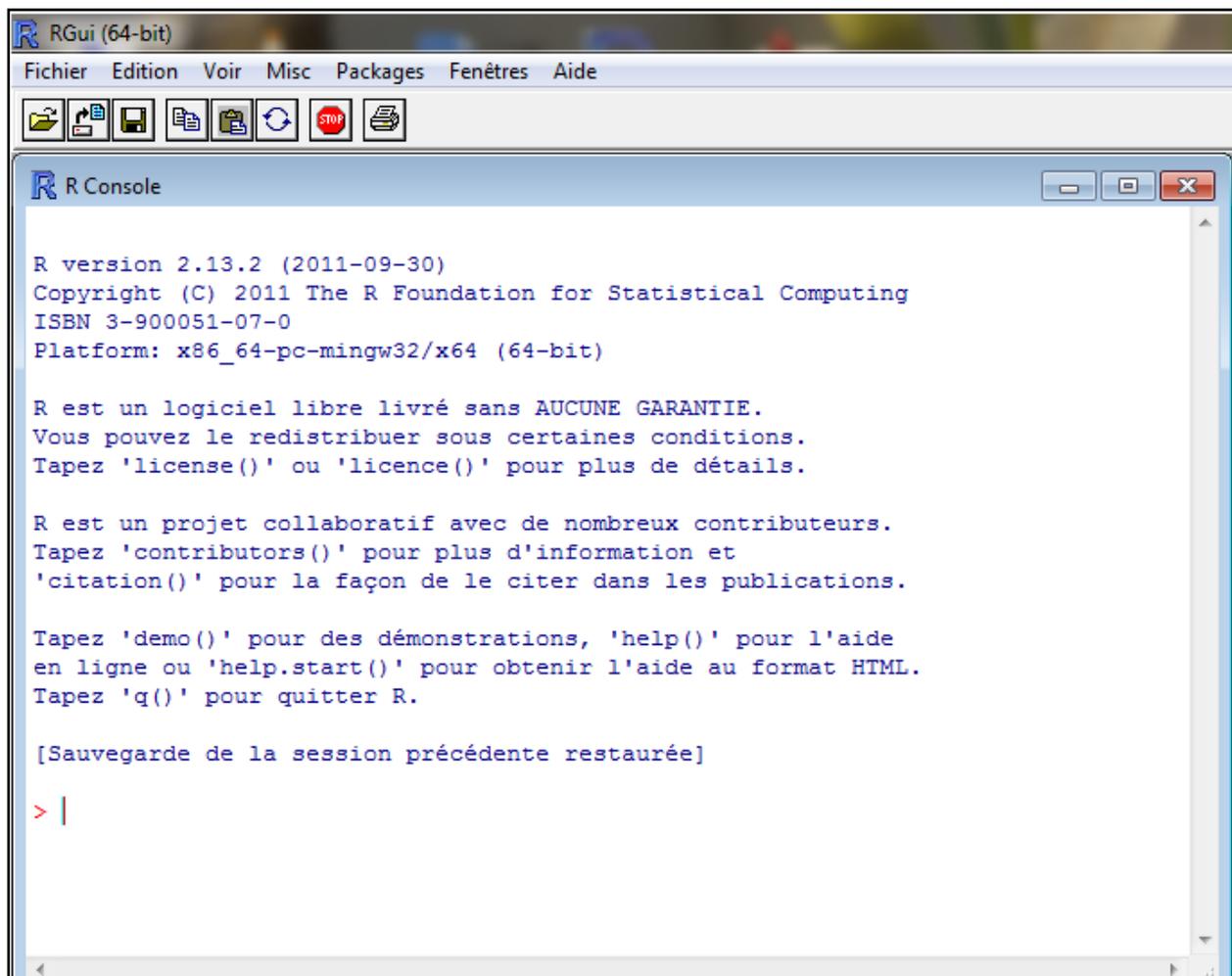


Figure 4 : logiciel R (version 2.13.2). (Source : Logiciel R)

**CHAPITRE III.
PRÉSENTATION DE
LA ZONE D'ÉTUDE**

Ce chapitre a pour objectif de faire le diagnostic physico-géographique de la région de Béni-Snous, ainsi que l'étude climatique et socio-économique.

Le choix de cette région montagneuse vient du fait qu'elle a toujours été une région de pratiques culturelles et d'irrigation traditionnelles.

I. Caractéristiques physiques de la région de Béni Snous

I.1. Cadre géographique et administrative

La région de Béni Snous, qui fait partie des montes de Tlemcen, est située au sud-ouest de la ville de Tlemcen, à 35 kilomètres et elle s'étend sur 40 km jusqu'à la frontière marocaine. Cette région montagneuse aux paysages fabuleux est connue par sa vallée mystérieuse et féérique de Oued El Khemis qui s'étend sur 40 km, enserrée par des douars et villages typiquement berbères, à savoir Tagga, Beni Achir, Zahra, Keddara, Tassa, Fahs, Oules Moussa, Ouled Arbi...

Administrativement c'est la daïra de Béni Snous (figure 1) qui se rattache à la wilaya de Tlemcen et elle se compose de trois communes :

- ❖ **La commune de Beni Snous (37 995 ha)** est constituée des localités suivantes: El-Fahs (chef-lieu), Menzel, Khemis, Ouled Moussa, Ouled Arbi, Béni Achir, Mzoughen Aimani, Sidi Larbi, Mazer, Ouled Bouchama, Béni Zidaz, Gasba, Tagga et Dar-Ayad.
- ❖ **La commune d'Azails (12 032 ha)** est constituée des localités suivantes: Azails, Tleta (chef-lieu), Zahra, Tafessera, Mizab, El Henèche.
- ❖ **La commune de Beni Bahdel (6 016 ha)** avec ses principaux villages : Béni Bahdel le chef lieu, Carrière, Tassa, Ain boudaoud, Keddara, gaada, ouled Belahcène, Ouled Djelloul, Sidi Amar, etc. Cette localité a eu le privilège de bénéficier du plus grand barrage réalisé à l'Ouest pendant la colonisation (Gadiri, 2009).

La daïra de Béni Snous s'étant sur une superficie de 55 543 ha pour une population de 21 646 hab (2008). Elle a pour coordonnées géographiques: Latitude 34° 45' 7,83" et 34° 30' 33" nord et Longitude 1° 21' 5 .47" et 1° 41' 21" ouest. Elle est limitée au Nord par les communes de Sidi Medjahed et Bouhlou, à l'Ouest par la commune de Béni Boussaid, à l'Est, par les communes d'Ain Ghoraba et Sebdou et enfin, au Sud par les communes d'El Bouihi et de Sidi Djilali.

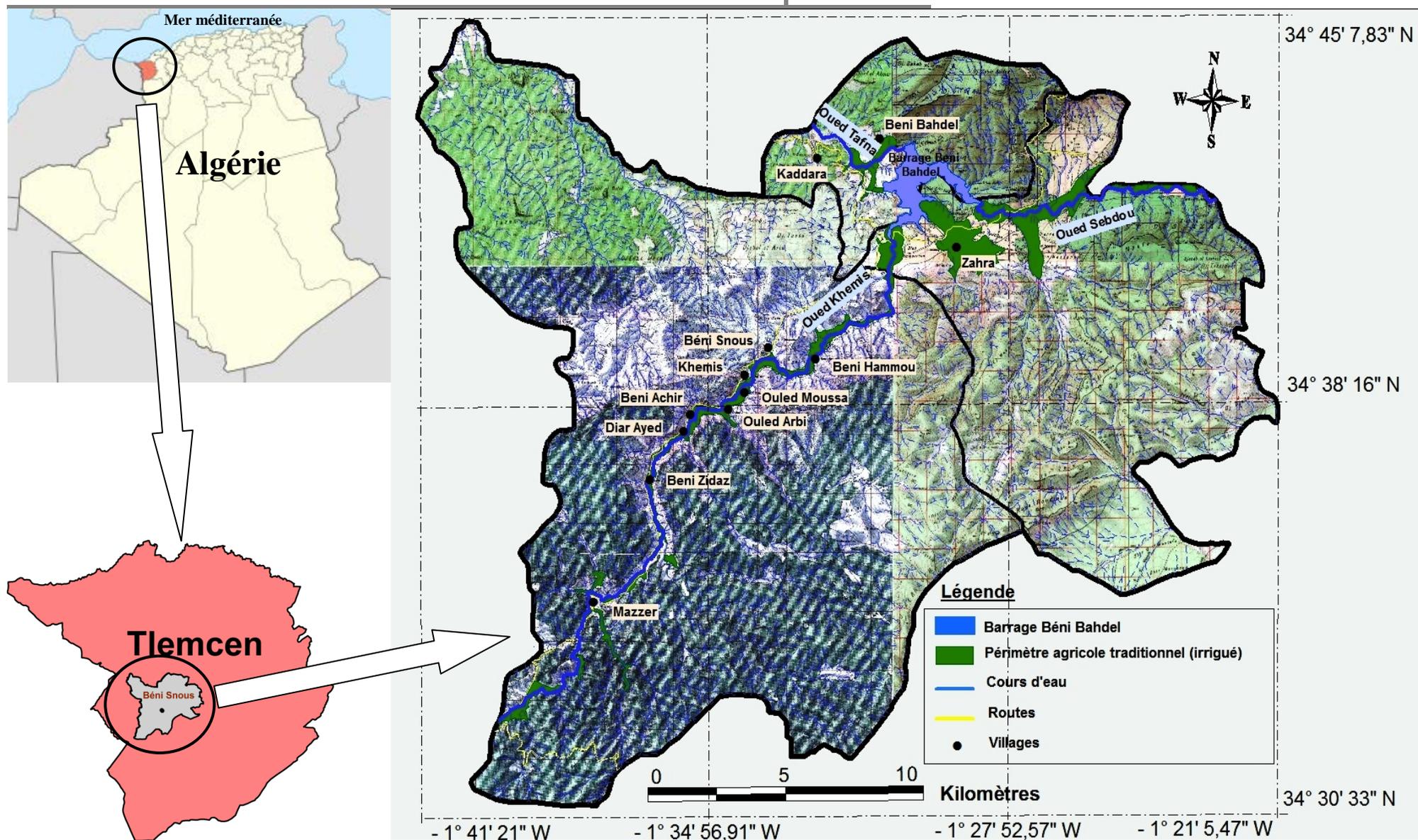


Figure 1 : zone d'étude (daïra de Béni Snous).

I.2. Relief et topographie

Les Monts de Tlemcen représentent des versants assez pentus et dissymétriques ou la pente dépasse parfois les 30% (Benabdellah, 2011). La région de Béni Snous se localise dans sa partie Sud-ouest. Exactement dans la partie Sud-ouest du sous bassin versant « la Haute Tafna ». C'est une région à relief fortement accidenté principalement au niveau de la commune Béni Snous. Elle est caractérisée par ces vallées dont la plus importante est celle d'El Khémis.

Les différentes cartes (altitude, pente) sont réalisées avec le logiciel MapInfo Professional 8.5 et Vertical Mapper 3.0, en utilisant le Modèle Numérique du Terrain (MNT) du sous bassin versant la Haut-Tafna (figure 2).

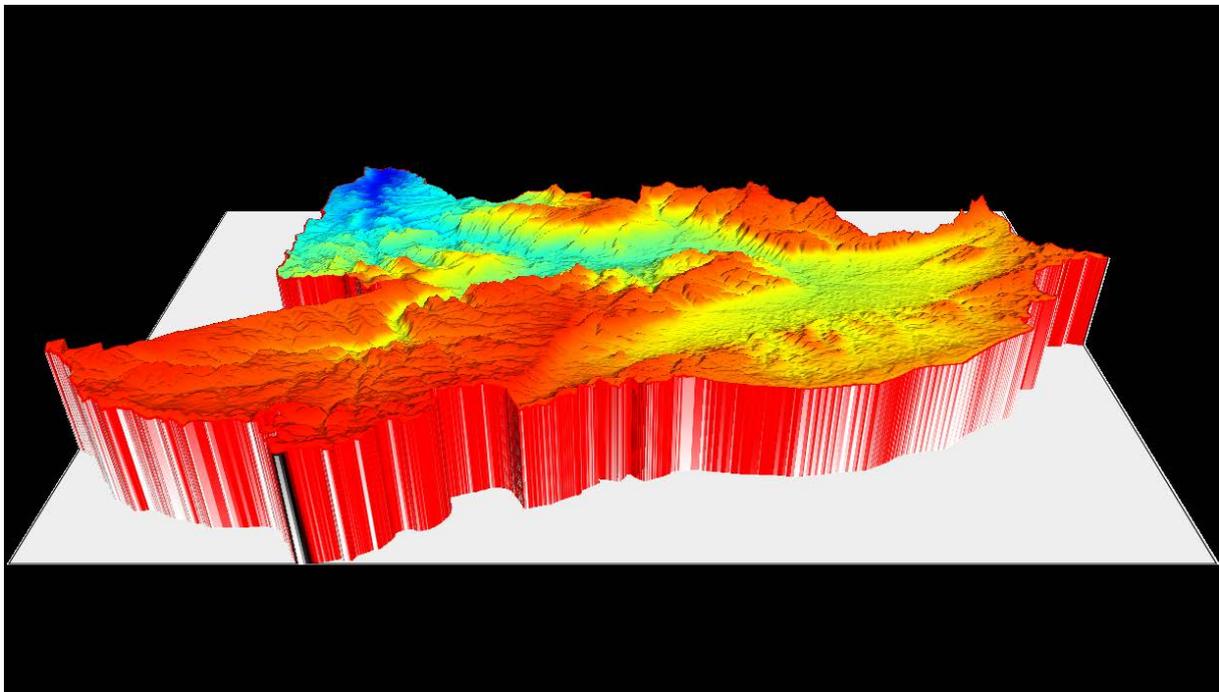


Figure 2 : Le MNT du sous bassin versant "la Haut-Tafna".

I.2.1. Altitude

Pour étudier la variation des altitudes du sous bassin versant la Haute-Tafna, à laquelle appartient la région de Béni Snous, on a créé une carte hypsométrique réalisée sous forme de classes d'altitude (figure 3). Elle présente une vue d'ensemble du terrain et renseigne sur sa géomorphologie.

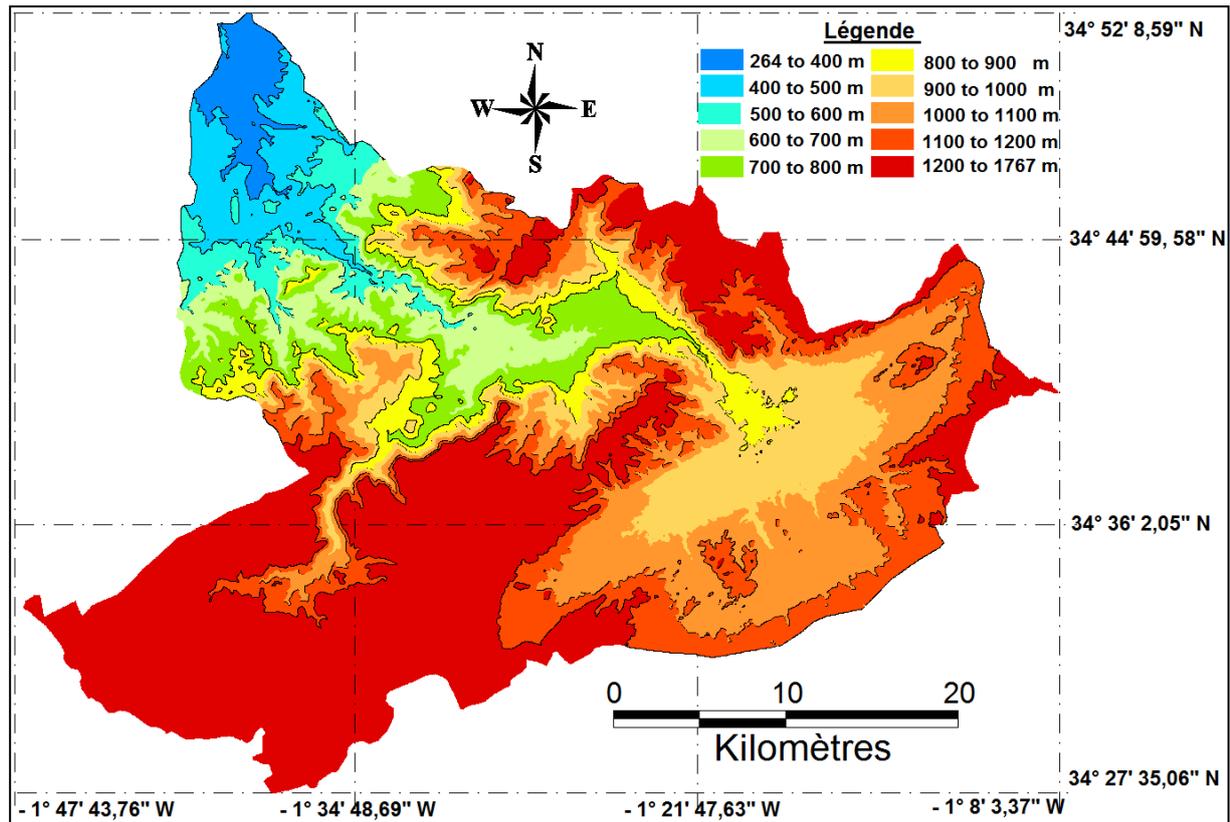


Figure 3 : Carte d'altitude du sous bassin versant la Haute Tafna avec MapInfo Professional 8.5 et Vertical Mapper 3.

Suivant la figure 3, les altitudes au niveau du sous bassin "la Haute Tafna" varie entre 260 et près de 1800 m. Le massif montagneux de la région de Béni Snous, qui appartient à la partie Sud-Ouest de ce même bassin, se caractérise par différentes classe d'altitude variant de 400 à plus de 1 200 m; allant jusqu'au plus haut sommet TAGGA qui est estimé à 1 675 m, qui se localise au sud de la commune de Béni Snous (PDAU, 2008).

I.2.2. Pente

Le MNT a permis aussi d'établir la carte des pentes qui marquent le paysage de Béni Snous à l'aide de la fonctionnalité « create slope&aspect » du « Vertical Mapper 3.0 ». La carte ainsi réalisée (figure 4) permet de dégager les cinq classes de pentes fixées, renseignant sur la déclivité de la zone. Les surfaces à faible pentes sont à faible risque vis-à-vis de l'érosion par contre, pour celles à moyenne et forte pentes le risque d'érosion est plus important.

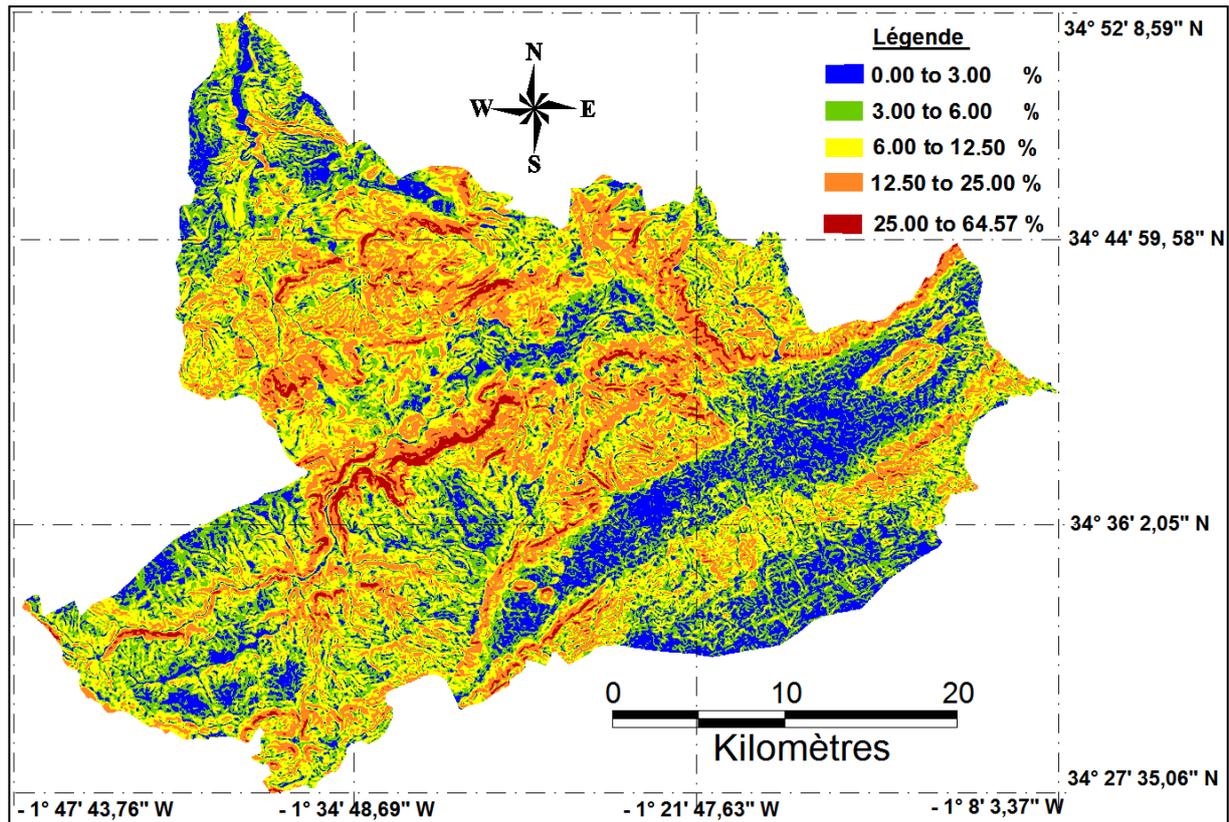


Figure 4 : Carte des pentes du sous bassin versant la Haute Tafna avec MapInfo Professional 8.5 et Vertical Mapper 3.0.

Le relief correspondant à notre zone d'étude présente des pentes moyennes à forte inclinaison (terrain accidenté). Effectivement, la plupart des terrains sont caractérisé par des pentes entre 6 et 25%. Aux abords des oueds les pentes sont assez abruptes dépassant généralement 25% et où le risque de l'érosion linéaire est très important.

I. 3. Aperçu sur le contexte géologique

Les monts de Tlemcen sont compris entre les horsts de "*Ghar Roubane*" à l'Ouest et le môle de "*Tiffrit*" à l'Est. Il est constitué de terrains d'âge Jurassique supérieur et Eo-Crétacé (figure 5). Le Lias et le Jurassique moyen n'affleurent que dans la partie occidentale et le Trias n'apparaît qu'en faveur de structures dia pyriques. Dans ces monts, les dépôts du Plio-Quaternaire ne sont présents que dans les fossés d'effondrement et les dépressions, tel que le fossé de Sebdu et le plateau de Terni (Bensaoula, 2005).

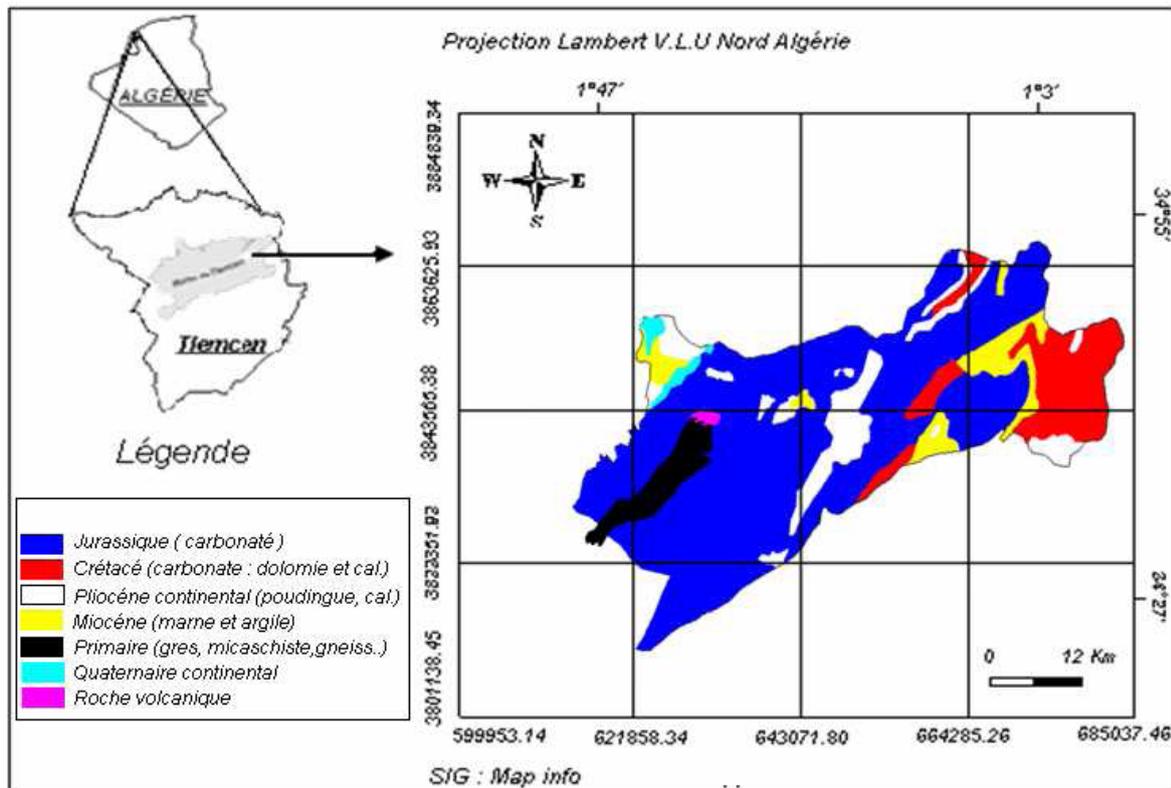


Figure 5 : Carte géologique des monts de Tlemcen (Cornet et *al.*, 1952) in Benabdellah (2011).

La région de Béni Snous, appartenant à la partie occidentale de ces monts, se situe entre deux falaises avec des pentes abruptes pouvant être supérieures à 25%. Ce secteur d'étude est composé principalement de terrain carbonaté d'âge jurassique (figure 5). C'est pourquoi elle est désignée, par les géographes, sous le nom de massif jurassique tlemcénien. La majeure partie des surfaces occupées par le jurassique supérieur sont comprises entre les courbes de niveaux 1 200 et 1 500 m (Destaing, 1907).

La série stratigraphique de ces monts est constituée essentiellement de terrains secondaires qui reposent sur les terrains primaires, nous avons surtout une série épaisse du Jurassique qui va du Lias au Kimméridgien. Le Tertiaire et le Quaternaire existent en terrains réduits (PDAU, 2008).

Les formations géologiques rencontrées au niveau de cette région sont : les formations dures d'âge jurassique (calcaire, grès de Boumediene, des dolomies de Tlemcen et de Terni (photo 1), des formations Marno-calcaires et des intercalations de bancs d'argile du crétacé qui caractérisent les sols à fortes pentes (PDAU, 1996 ; 2008).



Photo 1 : Les formations dolomitiques (PDAU, 2008).

I.4. Aperçu sur le contexte hydrogéologique

Hydro-géologiquement, au niveau des Monts de Tlemcen, les seuls niveaux intéressants sont les formations calcaréo-dolomitiques de Tlemcen et de Terni (Bensaoula, 2005). Effectivement, du fait de leur caractère très cristallin et vacuolaire, ces formations dolomitiques massives (figure 6) acquièrent une forte porosité, ce qui leur confère de remarquables propriétés aquifères (Benest *et al.*, 1999).

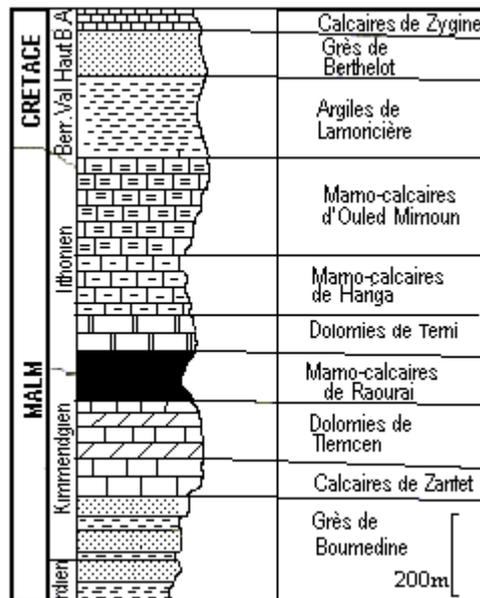


Figure 6 : log litho-stratigraphique synthétique des monts de Tlemcen (Benest *et a.l.*, 1999).

Les principales formations aquifères caractérisant la région de Béni Snous sont :

- **Formation aquifère à perméabilité d'interstices (Grés de Boumediene) :**

Elles sont constituées essentiellement de grés, avec des passées argileuses pouvant atteindre 500 m d'épaisseur. Cette formation tire son nom du sanctuaire de Sidi Boumediene du fait qu'elle y affleure. Elle est représentée par des sédiments essentiellement terrigènes, à affinités molassiques, déposés dans une vaste plaine marine littorale (Kaid Slimane, 2000).

- **Formation aquifères à perméabilité de fissures :**

Ce sont des formations calcaire-dolomitiques (dolomie de Tlemcen et Terny). Ces deux grands ensembles affleurent en grande partie dans la région de Béni Snous. Ils sont largement karstifiés et décèlent d'importantes ressources en eaux souterraines ; en témoigne la présence d'un nombre important de source au niveau du bassin d'Oued El Khemis (PDAU, 2008). Ces formations-constituent les aquifères les plus importants de la wilaya de Tlemcen.

Les eaux issues de ces aquifères sont d'une qualité physico-chimique bonne avec une faible minéralisation. Elles sont de faciès bicarbonaté calcique ou magnésien (Achachi, 1996). Cependant, vu la nature karstifiée de ces dolomies, elles sont très vulnérables à la pollution. La pollution peut passer directement à travers les fissures et les fractures pour atteindre rapidement les nappes souterraines (PDAU, 2008).

- **Terrasses alluviales :**

Ces terrasses constituent un endroit favorable pour l'accumulation de l'eau, il s'agit des alluvions du quaternaire (croutes calcaires et dépôts conglomératiques) qui forment les terrasses alluviales le long de l'Oued EL Khemis. Elles sont caractérisées par leur faible épaisseur et la facilité de leur exploitation (Salhi et Trandji, 2008).

I.5. Aperçu sur le contexte hydrographique

Le réseau hydrographique joue un rôle important dans la réponse hydrologique d'un bassin versant. Il est considéré comme l'élément clé dans l'interprétation sommaire des caractéristiques du sol et du sous sol. Les cours d'eau en Algérie et même ceux les plus importants du versant méditerranéen sont irréguliers et de débit médiocre, leurs débits d'étiage sont extrêmement faibles, leurs crues violentes et souvent dévastatrices. Torrentiels dans la

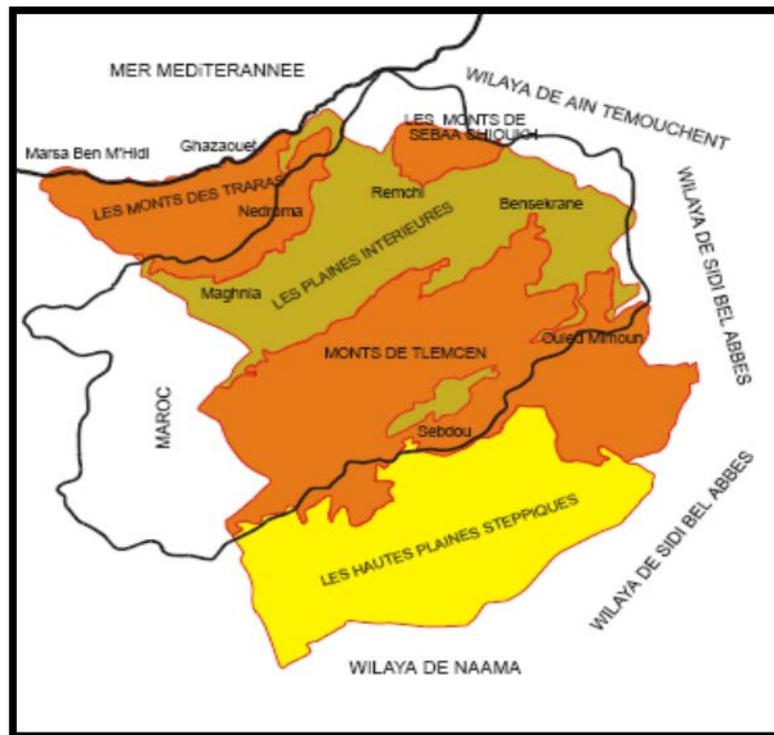


Figure 9 : Cadre géographique de la Tafna et de la wilaya de Tlemcen (Belarbi, 2010).

II.5.2. Réseau hydrographique du bassin versant de la Haute-Tafna

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques. Le chevelu hydrographique de la Tafna suit pratiquement les accidents importants qui ont affecté les formations carbonatées du Jurassique et se modifie avec l'évolution de la tectonique.

Au niveau de la Haute-Tafna, l'oued prend naissance dans les Ouled Ouariach et s'affirme après la jonction d'un grand nombre de ramifications creusées dans les terrains jurassiques et descendent de crêtes atteignant 1500m. Ces ramifications se réunissent aux environs de Sebdou à une altitude d'environ 900m. A partir de cet endroit et jusqu'à Sidi Medjahed, l'oued suit un cours dans une vallée encaissée creusée dans les terrains jurassiques. Dans cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued El Khemis (rive droite) et l'oued Sebdou (rive gauche) (Bouanani, 2004).

La région de Béni Snous, appartenant à ce sous bassin versant, est traversée principalement par ces mêmes Oueds. Oued El Khemis qui traverse l'agglomération de Khemis est le plus important. Cet oued naît à 1 050 m d'altitude, long de 36 Km et présentant une orientation SE-NW, est alimenté surtout par des sources pérennes. Il coure au fond d'une vallée extrêmement encaissée étroite creusé dans des terrains rocailloux et calcaires appelés les gorges

du Khémis qui sont par ailleurs très fertile. L'oued reçoit à l'amont les effluents domestiques du village de Sidi el Arbi puis ceux de l'agglomération de Khémis. Oued Sebdu, d'une longueur de 78 km, coure entre les deux communes Béni Bahdel et Azail. Ces deux oueds présentent une confluence avec l'oued Tafna au niveau du barrage de Béni Bahdel situé au Nord Est de la commune de Béni Snous (Benhadji, 2013). La figure 10 représente le réseau hydrographique du bassin versant d'Oued El Khemis.

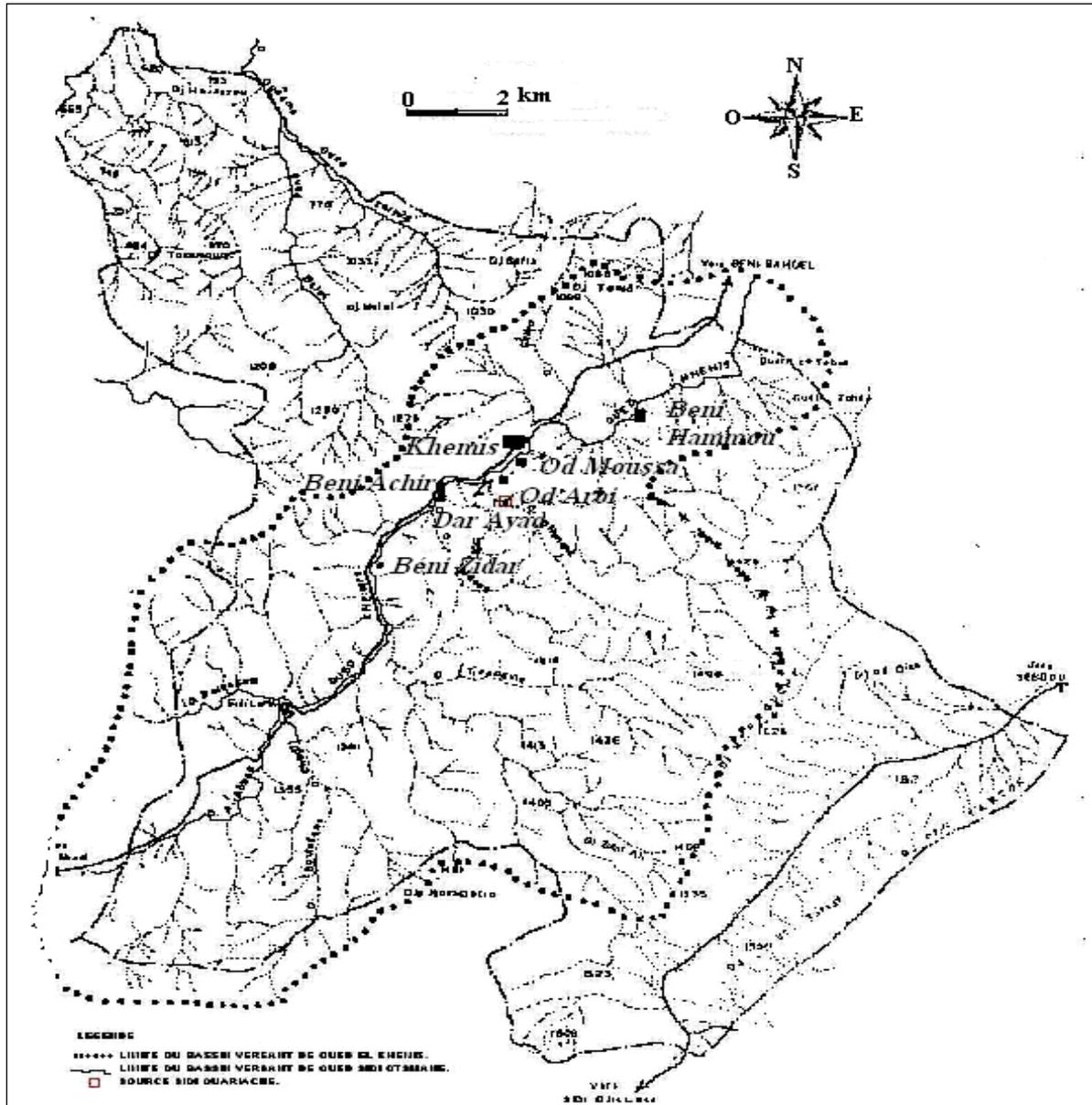


Figure 10 : Réseau hydrographique du bassin versant d'Oued El Khemis (PDAU, 2008).

I.6. Sol et érosion

La connaissance du sol est indispensable à tout projet de mise en valeur et la répartition de la végétation. Le sol est défini comme étant la couche superficielle qui recouvre la roche-mère et résulte de son altération sous l'effet des agents atmosphériques et biologiques. Il est développé suivant la nature de la roche mère, la topographie des lieux et les caractéristiques du climat (Benabdellah, 2011).

Malheureusement, dans la région de Béni Snous, l'étude pédologique est très incomplète ; cependant, il existe quelques travaux qui caractérisent les monts de Tlemcen, tels que la carte pédologique des monts de Tlemcen réalisée par Kazi tani (figure 11) in Benabdellah (2011).

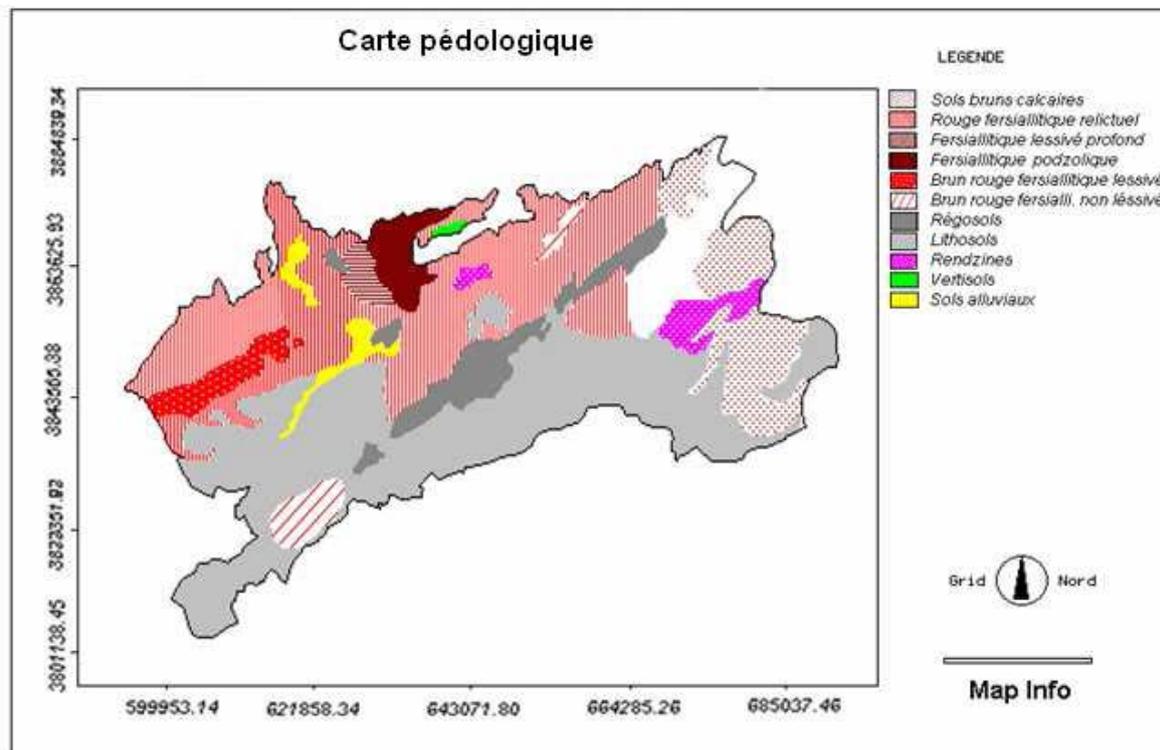


Figure 11 : Carte pédologique des monts de Tlemcen réalisée par Kazi tani in Benabdellah (2011).

Approximativement et selon cette carte, on trouve au niveau de la région de Béni Snous des sols alluviaux, des lithosols, des régosols, des sols brun rouge fersiallitique lessivé, des sols fersiallitique lessivé profond, des sols rouges fersiallitique relictuel.

Vu de la nature des sols de la région de Béni Snous, le risque d'érosion en nappe n'est pas du tout préjudiciable, par contre l'érosion linéaire est très active (photo 2). En effet ces sols argileux et marneux ont une très faible résistance aux forces érosives. La forte déclivité

entraînant une forte vitesse de ruissellement, les pluies torrentielles et l'absence d'une couverture végétale dense augmentent les risques d'érosion au niveau de cette région montagneuse.



Photo 2 : érosion linéaire au niveau de la région de Béni Snous.

Parmi les travaux de lutte contre l'érosion linéaire qui ont été réalisés par l'état, au niveau de cette région, on trouve des aménagements des ravines avec des gabions en pierres (photo 3).



Photo 3 : aménagements des ravines avec des gabions en pierres fonctionnels.

Il y en a ceux qui sont encore fonctionnels, mais il y en a d'autres qui ont été détruits par les forts ruissellements ainsi que la pression animal (photo 3 et 4).



Photo 4 : aménagements des ravines avec des gabions en pierres détruits.

II. Modes de mobilisation des ressources en eau

La région de Béni Snous, comme toute la wilaya de Tlemcen, subit une très forte pression sur la ressource en eau, superficielle et souterraine. Cette tendance s'est exacerbée ces dernières années avec le déficit pluviométrique, qui a engendré une sécheresse prolongée et grave, et la priorité donnée à l'AEP pour l'exploitation des ressources en eau. Cette région a bénéficiée d'un des plus grands barrages de la wilaya de Tlemcen qui est le barrage de Béni Bahdel, ainsi de quelques ouvrages de petites hydrauliques.

II.1. Ouvrages de grande hydraulique

II.1.1. Barrage de Béni Bahdel

La région de Béni Snous a bénéficié d'un des plus grands barrages de l'Ouest de l'Algérie. C'est le barrage de Béni Bahdel (figure 12) qui est le plus ancien barrage de la wilaya de Tlemcen.



Figure 12 : situation géographique du barrage de Béni Bahdel.

Les travaux ont commencé en 1934 et la mise en service en 1946 (tableau 1). Il est considéré comme la principale ressource d'irrigation pour les agriculteurs de cette commune.

Tableau 1 : principales caractéristique du barrage de béni Bahdel (Source : PDAU 1996).

Barrage de Béni Bahdel	Données
Date de construction	1934
La mise en service	1946
Volume du barrage	56 millions M ³
Volume envasé	06 millions M ³

II.1.2. Retenues collinaires

Les deux ouvrages qui existent aux niveaux de la commune de Béni Snous sont envasés et devenues non fonctionnels due aux graves problèmes d'érosion qui affecte cette région.

II.2. Captage des sources et ouvrages de petites hydraulique

II.2.1. Sources

Selon le recensement fait par SOGREAH en 2009. Le nombre de sources au niveau de la daïra de Béni Snous est de 16 sources. Ces sources sont pour la plus part destinées à

l'alimentation en eau potable et à l'irrigation. D'autres sont préservées pour l'abreuvement du cheptel. Le régime de la plus part de ce nombre de sources est très irrégulier et typiquement karstique et le temps de réponse aux précipitations est très court. Le tableau 2 présente les sources destinées à l'AEP au niveau de la daïra de Béni Snous. Les deux sources de Sidi Amar et Ain-Medra sont aussi destinées à l'irrigation avec d'autres sources comme Ain Mahmel, Ain Taffessra, Ain Guesba, Ain Sidi Ouariach, Ain Zenaga, Ain Tafrent, Ain Djnane et Ain Sidi Moussa. Il est à noter que la diminution de la pluviométrie a provoqué le tarissement de certaines sources et l'abandon de certains périmètres agricoles.

Tableau 2 : les sources destinées à l'AEP au niveau de la daïra de Béni Snous (Source : DSA 2015).

Commune	Noms des sources	Lieux	dates de mise en service	Débit (l/s)
Béni Snous	Ain Ghebalit	O.Larbi	1984	10
	Ain Rhat	Khemis	/	4
	Timegrast	B/Achir	/	5
	Sidi Larbi	Sidi Larbi	/	4
Béni Bahdel	Sidi Amar	Sidi Amar	1988	4
Azail	Ain-Medra	Ain-Medra	1990	4

II.2.2. Ouvrages de petites hydraulique

En plus du captage des sources, les eaux souterraines sont exploitées aussi par des ouvrages de petites hydrauliques : forages et puits.

II.2.2.1. Forages hydrauliques

Le dernier inventaire des périmètres de Petite et Moyenne hydraulique (PMH) de la wilaya de Tlemcen réalisé en 2009 par SOGREAH, qui a permis de donner même le bilan des forages non officiels, a recensé environ 2 247 forages. Par contre, les forages présentés dans les bilans de la DSA ne représentent que 728 forages. Ce nombre très important de forages, confirme la pression extensive exercée sur les ressources souterraines de la wilaya de Tlemcen. Le nombre de forages destinés à l'irrigation au niveau de la daïra de Béni Snous est de 43 forages (SOGREAH, 2009). Les forages destinés à l'AEP sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : les forages destinés à l'AEP au niveau de la daïra de Béni Snous (Source : DSA 2015).

Commune	Noms des forages	Lieux	Dates de mise en service	Profondeur (m)	Débit (l/s)
Béni Snous	Fahs 01	Béni Zidez	2007	300	10
	Fahs 02	Béni Zidez	2008	300	8
	Fahs 03	Fahs	2009	250	10
	Tagga	Tagga	2007	/	4
	Mazer	Mazer	2006	/	4
Béni Bahdel	Kaddara 01 PCD	Kaddara	1998	285	10
	Kaddara 02	Kaddara	2009	450	10
	Forage Sidi Amar	Sidi Amar	2009	250	10
Azails	Bir Azzouz	Bir Azzouz	2006	250	10
	Taffessra	Taffessra	2009	250	5
	Zahra	Zahra	2011	250	10
	Ain Benmimoune	Larha	1984	60	10

II.2.2.2. Puits

Le nombre des puits au niveau des communes de la daïra de Béni Snous est très faible. Il y a 28 puits destinés à l'irrigation. Aucun puits n'est destiné à l'alimentation en eau potable.

III. Etude bioclimatique

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu. C'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. Dans le cadre de notre travail, le climat est un facteur déterminant des types de techniques ou aménagements pratiqués par les agriculteurs de la région de Béni Snous pour survivre et protéger leur terre agricoles.

La région de la Tafna, à l'Ouest de l'Algérie, est classée dans le climat semi-aride, orienté face au nord, subit l'influence des perturbations complexe du régime du bassin méditerranée. Les précipitations y sont irrégulières dans le temps et dans l'espace. Dans cette région, la pluie peut même se manifester en périodes sèches. D'autre part des précipitations intenses peuvent engendrer des crues et des inondations catastrophiques (Belarbi, 2010). Les

monts de Tlemcen, appartenant à cette région et dans fait partie la région de Béni Snous, sont les plus arrosé de cette région. Les précipitations annuelles montrent une répartition annuelle de type HP AE.

Pour bien définir le climat de la région de Béni Snous et mieux comprendre l'irrégularité des précipitations, nous avons entamé une étude climatique. Pour le faire, on a choisi la station météorologique de Béni Bahdel. L'étude de l'évolution du climat est effectuée en exploitant les données climatiques d'une période allant de 1970 à 2014.

III.1. Précipitations

III.1.1. Précipitations moyennes mensuelles

En se basant sur les quantités de précipitations pour les 44 dernières années : l'année la plus pluvieuse, à la base des données de la station de Béni Bahdel, est celle de 1973-1974 avec 827,8 mm; l'année la moins pluvieuse est celle de 1981-1982 avec un total de 203,6 mm. La moyenne annuelle est de 438,5 mm (tableau 4).

Tableau 4 : précipitation mensuelles moyenne de la période 1970 à 2014.

Précipitation mensuelles moyenne de la période 1970 à 2014													
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
P moyennes (mm)	19,5	31,3	53,9	53,1	56	59,8	65	45,5	37,7	7,5	3,6	5,5	438,5

L'observation de l'histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la période 1970 – 2014 (figure 13), montre que la période la plus arrosée s'étend du mois d'Octobre à Mai. Le mois le plus pluvieux est le mois de Mars avec une moyenne de 65 mm et le mois le plus sec est le mois de juillet avec 3,6 mm.

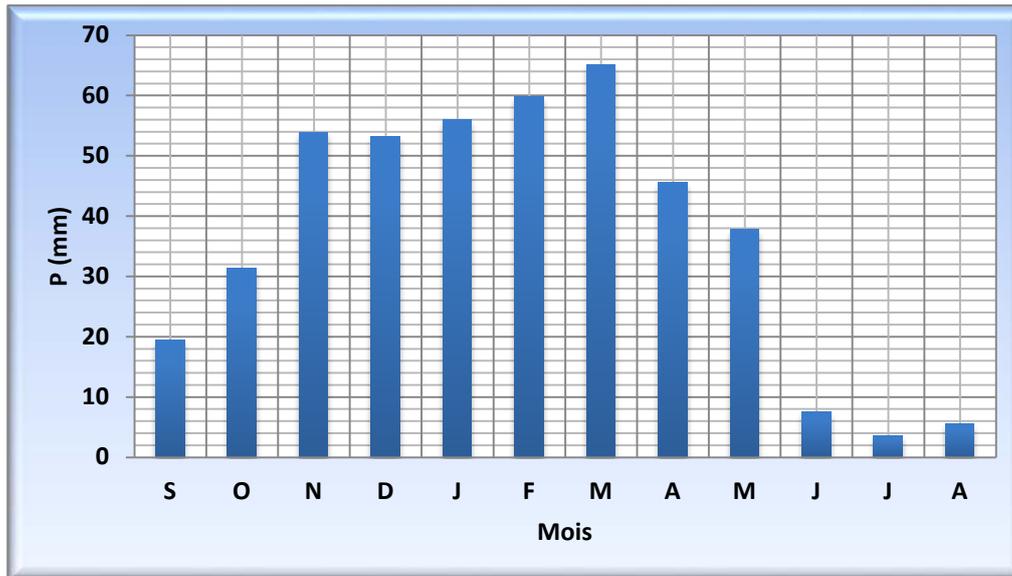


Figure 13 : histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la période 1970 – 2014.

III.1.2. Régime saisonnier

Pour définir les saisons, nous nous sommes basé sur le critère qui définit l'été (Juin, Juillet, Aout) comme étant le trimestre le plus sec (Daget, 1980) et à partir de là, on définit les autres saisons :

- Automne : (Septembre, Octobre, Novembre) ;
- Hiver : (Décembre, Janvier, Février) ;
- Printemps : (Mars, Avril, Mai).

D'après le tableau 5, le climat de la région de Béni Snous est caractérisé par deux saisons nettement tranchées : les hivers doux et pluvieux et les étés secs et chauds avec des taux élevés de rayonnement solaire et d'évaporation. L'Indice saisonnier et HPAE.

Tableau 5 : précipitation saisonnière de la période 1970 à 2014.

Précipitation saisonnière de la période 1970 - 2014				
Saison	Automne	Hiver	printemps	Eté
P (mm)	104,7	168,9	148,2	16,6

III.2. Température

Selon l'histogramme des températures moyennes de la période allant de 1987 à 2014 (station de Béni Bahdel), les mois les plus froids sont : décembre, janvier et février. Le mois le plus chaud de l'année est le mois de Août avec 27,80 °C.

Le minimum des moyennes mensuelles des températures minimales est enregistré en février avec 6,30 °C et le maximum des moyennes mensuelles des températures maximales est enregistré en Août avec 30,1 °C (tableau 6).

Tableau 6 : la répartition des températures moyennes mensuelles minimales et maximales de la station de Béni Bahdel de la période allant de 1987 à 2014.

Températures de la période 1987 – 2014													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T Min	7,4	6,3	10,4	12,5	16,3	18,5	24,4	25,5	20,6	16,4	11	8,3	14,80
T Max	14,4	13,1	16	18	23,4	26,9	30	30,1	26	22,2	16,5	13,7	20,86
T Moy	10,90	9,70	13,20	15,25	19,85	22,70	27,20	27,80	23,30	19,30	13,75	11,00	17,83

Selon la **figure 14**, de mai à octobre la température annuelle > la moyenne annuelle (17,83 C°).

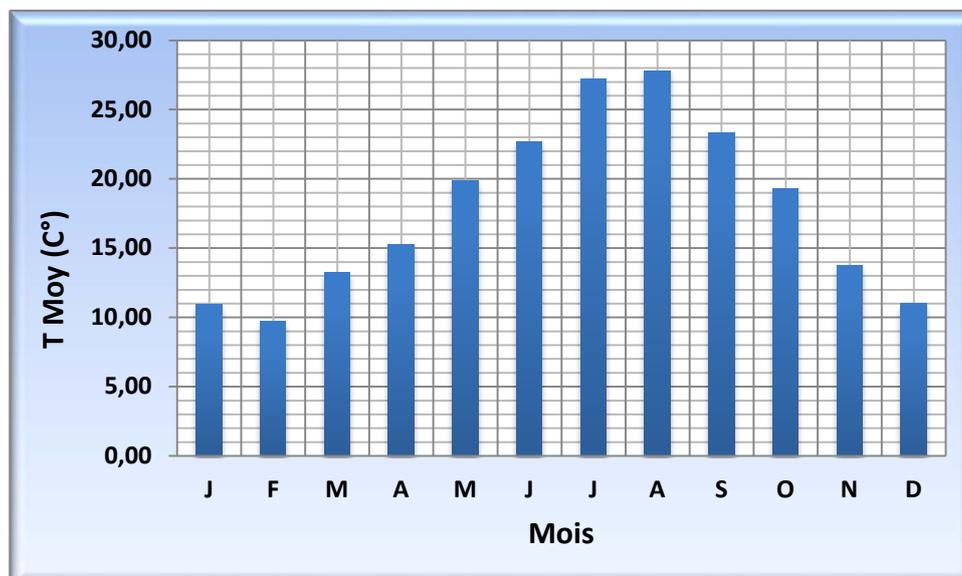


Figure 14 : Températures moyennes de la période 1987 – 2014.

III.3. Synthèse bioclimatique

Une synthèse bioclimatique est une combinaison des données pluviométriques et des températures qui permet de caractériser l'influence du climat sur la région. Plusieurs méthodes graphiques et indices climatiques existent pour caractériser le climat d'une région à partir des précipitations et des températures moyennes mensuelles et annuelles. Les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des précipitations et des températures de la station de Béni Bahdel sont portées sur le tableau 7. Du fait que nous nous posséderons que des températures de la période 1987 à 2014, nous avons pris la même période pour les précipitations.

Tableau 7 : précipitations et températures moyennes mensuelles et annuelles de la période 1987 - 2014.

Précipitation et température mensuelles moyennes de la période 1987 – 2014													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	annuelle
P moy (mm)	59,3	44,7	55,5	41,5	36,1	9,2	3,6	6,2	26,1	35,2	54,6	48,7	420,6
T moy (C°)	10,90	9,70	13,20	15,25	19,85	22,70	27,20	27,80	23,30	19,30	13,75	11,00	17,83
2T ° moy	21,8	19,4	26,4	30,5	39,7	45,4	54,4	55,6	46,6	38,6	27,5	22	35,66

III.3.1. Diagrammes ombrothermiques de BAGNOLS et GAUSSEN

Selon BAGNOLS et GAUSSEN (1953), un mois est sec lorsque le total moyen des précipitations est égal ou inférieur au double de la température moyenne.

$$P = 2 T$$

La figure 15 permet de fixer le début et la fin de la période sèche. Selon ce diagramme, la saison de sécheresse au niveau de cette région est de 6 mois par ans. Elle s'étant du mois de Mai au mois d'Octobre.

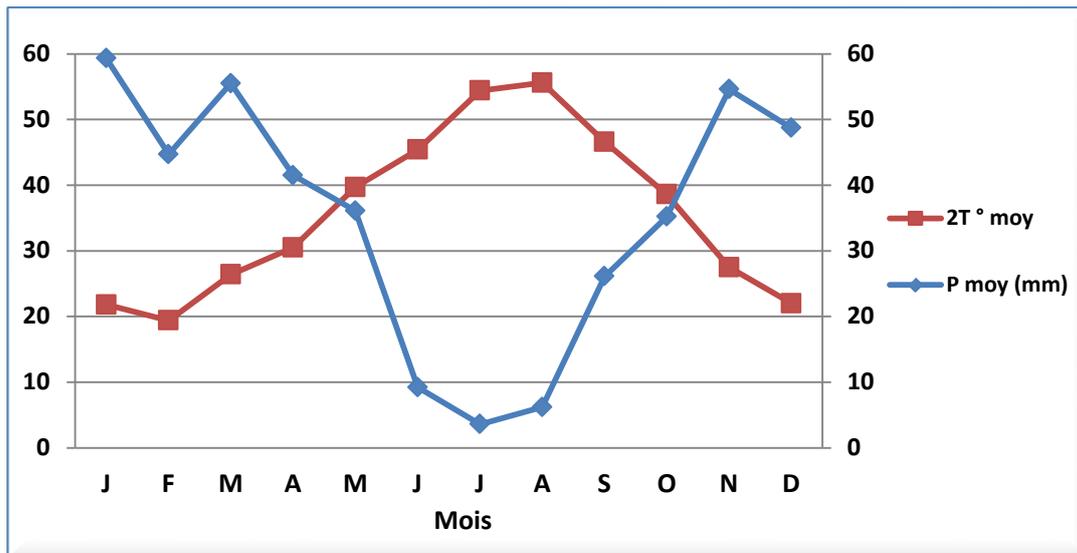


Figure 15 : diagramme Ombrothèrmique de BAGNOULS et GAUSSEN.

III.3.2. Indice de l'aridité de DEMARTONNE

L'Indice de DEMARTONNE caractérise l'aridité du climat d'une région donnée.

$$I = P / (10 + T)$$

Avec :

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

T : Température moyenne annuelle en (C°).

Pour :

- $20 < I < 30$: Climat tempéré
- $10 < I < 20$: Climat semi-aride
- $7,5 < I < 10$: Climat steppique
- $5 < I < 7,5$: Climat désertique
- $I < 5$: Climat hyperaride.

$$I = 420,6 / (10+17,83) = 15,11$$

L'Indice de DEMARTONNE trouvé indique que le climat de la région de Béni Snous est semi-aride.

III.3.3. Quotient pluviothermique d'EMBERGER

Dans la méditerranée, la classification climatique d'EMBERGER est la classification la plus souvent utilisée pour caractériser le climat d'une région. C'est une classification qui se base sur l'utilisation d'un Quotient pluviothermique " Q_2 " proposé par Emberger pour caractériser le climat méditerranéen.

Ce quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q_2) est donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 \cdot P}{(M^2 - m^2)}$$

Avec :

P : pluviosité moyenne annuelle en (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud exprimé en degré Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

m : moyenne des minima du mois le plus froid exprimé en degré Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$).

Le **tableau 8** présente l'ensemble des étages bioclimatiques définis au niveau de la région méditerranéenne selon Emberger (1932).

Tableau 8 : étages bioclimatiques selon Emberger (1932).

Q2	P (mm)	Zones bioclimatiques
$Q_2 < 10$	$P < 100$	Saharienne
$10 < Q_2 < 45$	$100 < P < 400$	Aride
$45 < Q_2 < 70$	$400 < P < 600$	Semi-aride
$70 < Q_2 < 110$	$600 < P < 800$	Subhumide
$110 < Q_2 < 150$	$800 < P < 1200$	Humide
$Q_2 > 150$	$P > 1200$	Per-humide

Les valeurs nécessaires pour calculer le quotient pluviothermique d'EMBERGER sont mentionnées dans le tableau 9 avec M (moyenne des maxima du mois le plus chaud) est égale à 30,1 mm (mois d'Août). Et avec m (moyenne des minima du mois le plus froid) égale à 6,3 mm (mois de février).

Tableau 9 : paramètres de calculs du quotient pluviothermique d'EMBERGER.

Paramètres	P (mm)	M (°K)	m (°K)	Q ₂
Valeurs	420,6	303,1	279,3	60,69

Donc :

$$Q_2 = \frac{2000 \cdot P}{(M^2 - m^2)} = \frac{2000 \cdot 420,6}{(M^2 - m^2)} = 60,69$$

En remplaçant la valeur trouvée pour le quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q₂ = 60,69) dans le **tableau 8**, nous constatons qu'il se trouve dans l'intervalle 45 < Q₂ < 70, indiquant ainsi un climat Semi-aride.

III.3.4. Indice de STEWART

L'Indice de STEWART est la formule modifiée du quotient pluviothermique d'EMBERGER en 1969.

$$\text{Où } Q_3 = 3,43 \frac{P}{(M-m)}$$

Avec :

P : pluviosité moyenne annuelle en (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

M - m : amplitude thermique moyenne.

Les valeurs nécessaires pour calculer le quotient pluviothermique d'EMBERGER sont mentionnées dans le **tableau 10**.

Tableau 10 : paramètres de calculs de STEWART.

Paramètres	P (mm)	M (°C)	M (°C)	Q ₃
Valeurs	420,6	30,10	6,30	60,62

Donc

$$Q_3 = 3,43 \frac{420,6}{(30,1 - 6,3)}$$

$$Q_3 = 60,62$$

Selon l'Indice de STEWART Q_3 trouvé et qui est égale à 60,62, le climat est semi-aride.

En concluant, la région de Béni Snous est caractérisée par une faible pluviosité (420,6 mm par ans). Le climat est semi-aride à hiver froid (où tempéré) avec $Q_2 = 60, 62$. Les précipitations estivales ne représentent même pas 3 % de la pluviosité annuelle, ce qui est un inconvénient capital pour la survie des jeunes semis. C'est pourquoi l'irrigation est indispensable au niveau de cette région et c'est ce qui explique la richesse en ouvrages traditionnelles d'irrigations.

Les températures annuelles moyennes est de 17,83 °C, les minima hivernaux peuvent se rapprocher de 0°C, alors que les maxima atteignent 30°C et peut même la dépassée. L'ensoleillement est également important, avec 6 mois secs (définition de GAUSSEN) en moyenne et une forte amplitude thermique en été et ce qui exige l'irrigation afin d'avoir une production.

IV. Etude biologique et socioéconomique

IV.1. Couvert végétal

Le couvert végétal intervient sur le volume ruisselé et les pertes en terre. La végétation protège le sol contre la battance des pluies, donc maintient l'ouverture du sol et réduit le ruissellement. Sa litière entretient la mésofaune (laquelle creuse la macroporosité) et absorbe une grande quantité d'énergie du ruissellement. La végétation des monts de Tlemcen qui dominant la wilaya de Tlemcen se caractérise par une diversité de structures physiologiques et de composition dans les strates (arbustives et buissonnantes) et ce, grâce à la variété géographique, géologique et climatique qu'offrent les montagnes de Tlemcen (Benabdelli, 1996).

Les terres forestières occupent une place importante dans la Wilaya de Tlemcen. Sur une superficie totale de 9 017,69 Km², la wilaya de Tlemcen couvre une superficie forestière totale de l'ordre de 199 488 ha, dont 137 217 ha de forêt et le reste composé de maquis et broussaille (Ayache et Bouazza, 2008). Selon Bellissant (1941) la forêt des monts de Béni Snous est la forêt sèche de la région méditerranéenne, qui depuis des milliers d'années lutte contre l'assèchement du climat. Cette forêt est peu dense, le sous-bois y est maigre, les arbres n'y ont pas les dimensions de ceux des forêts humides. Pourtant d'assez nombreux chênes sont beaux, dans les vallées près des oueds. La forêt fournissait aux Béni Snous le bois de chauffage et de

construction (les poutres qui supportent les terrasses des maisons sont en genévrier). Cette région, froid à Frais, est dominée par *Tetraclinis articulata* (Thuya de Berberie), *Pinus halepensis* (Pin d'Alep), *Quercus ilex* (chêne -vert), *Quercus coccifera* (chêne - Kermes), *Juniperus oxycedrus* (genévrier oxycedre), puis *Quercus suber* (chêne- liège) et *Quercus faginea* (chêne zeen) qui dominent sur les sols profonds et humides (Gaouar, 1980). Au niveau du territoire de la commune de Beni Snous qui s'étend sur une superficie de 37 495 ha, l'espace communal dominé par les forêts et les maquis occupent 54,93% de la surface totale. Ces formations forestières couvrent les massifs montagneux formés par Djebel Merguechou, Djebel Lahmar et Djebel Tamerset. Ces terres forestières ont pour vocation principale la protection du barrage de Beni Bahdel contre l'envasement, dû fait que l'espace de la commune de Beni Snous fait partie intégrante du bassin versant d'Oued Tafna (PDAU 2008).

IV.2. Etude socioéconomique

IV.2.1. Appartenance de la population

Tous les habitants de la région de Béni Snous sont de même type ethnique. Elle n'en forme qu'une grande tribu berbère des Béni Snous. Le berbère est l'ancienne langue de cette population (Bellissant, 1941). Selon Bellissant (1941) toujours, ce dialecte (la Zenâtiya) qui était encore parlé un peu partout dans le douar Khémis en 1900, n'été plus parlé, en 1941, que dans un seul petit village de la vallée de Oued El Khémis qui est le village de Béni-Zidaz. Partout ailleurs, il été remplacé par la langue arabe.

Au par avant et selon (Larnaude, 1944), dans la banlieue de la ville de Tlemcen, dans les Béni Snous, le type normal de construction dans ses villages été la maison à toit de terre plat et débordant, qu'on confond à tort avec la maison à terrasse véritable. Autour de ces villages, se dispose le territoire agricole. Il est généralement d'un seul tenant, jalousement défendu autrefois dans les guerres entre villages : à portée des maisons, une ceinture de petits potagers entretenus par les femmes ; puis les champs en parcelles exigües, délimitées par des bornes, ou, le long des chemins, par des clôtures de branchages ou de pierres.

IV.2.2. Evolution et répartition de la population de Béni Snous

Pour la période coloniale nous avons pris les données d'évolution de la population présentées par le sociologue instituteur Bellissant (1941) dans son causerie faite à la Société des Amis du Vieux Tlemcen « LES BÉNI SNOUS ». Selon Bellissant (1941), en 1941, cette région

pittoresque ne comprenait que le Khémis et ses dépendances, et les Azaïls. Mais avant, elle comprenait quatre tribus : les Azaïls, le Khémis et ses dépendances, le Kef et les Béni Bou Saïd.

En 1920, la population à Azaïls était de 2742 habitants pour 513 feux soit une moyenne de 5,34 par ménage. En 10 ans, l'augmentation de la population est de 1734 habitants sur un total de 2742 (soit 62 % de ce dernier chiffre) et l'augmentation de la moyenne par maison est de 1,05 soit 19 %. C'est-à-dire qu'en 1930 la tribu des Azaïls comprenait 4476 habitants pour 700 ménages (non compris le barrage) ce qui fait une moyenne de 6,39 par maison. Concernant Tafessera elle comptait 948 habitants en 1930 et 684 en 1920, Tléta 794 habitants en 1930 et 600 en 1920, Zahra 802 habitants en 1930 et 480 en 1920. Les Béni Bahdel en ont 1710 habitants en 1930 y compris les Marocains qui travaillent au barrage (en 1920, les Béni Bahdel comptaient 797 habitants). Au barrage vivaient 214 français, 183 étrangers et un certain nombre de Marocains (Bellissant, 1941).

Toutes les agglomérations sur les rives d'Oued El Khemis, où vivaient 5000 habitants en 1930, n'existaient que grâce à la présence du précieux Oued Khémis. C'est lui qui a apporté l'étroite bande de terre alluvionnaire que cultivent les Béni Snous dans ces gorges sauvages, c'est lui qui irrigue les cultures, c'est lui qui fournit son eau potable aux habitants (Bellissant, 1941). Malheureusement ses eaux sont polluées aujourd'hui avec les eaux usées jetés directement à son cours. Le village d'El Khemis seul comptait 2000 habitants en 1930 (1700 en 1920), les Béni Hammou (El-Fahs actuellement) 850 habitants pour cinq agglomérations, les Ouled Moussa 545 habitants pour deux agglomérations, les Ouled Arbi 222 habitants, les Béni Achir et les Béni Zidaz, ensemble 954 habitants, Mazzer 450 habitants. Comme aux Béni Bahdel, ces villages ont été construits sur le bord des précipices ou sur des pentes très fortes, car la bonne terre alluvionnaire est si rare qu'il faut l'utiliser en entier, et obligatoirement bâtir sur le rocher (Bellissant, 1941).

A nos jours, la daïra de Béni Snous regroupe trois communes : la commune de Béni Snous, la commune de Béni Bahdel et la commune de Azails. La décennie 1987 à 1998, cette période qui a marqué une conjoncture caractérisée par l'insécurité, avait prévalu un exode massif à cette région. Comme exemple au niveau de la commune de Béni Snous, la population est passée de 11 256 à 10 969 habitants. Après le retour de la sécurité et selon le recensement 2008 de la population au niveau de la wilaya de Tlemcen, sur le site de l'ONS, il y'a eu un léger accroissement sur 10 ans. Effectivement, la commune de Beni Snous, avec tous ses villages,

compte 11 318 habitant, Azails 7 527 et Beni Bahdel 2 801 avec des taux de croissance, consécutivement, de 0,4 ; 1,2 et 0,5. La population de Béni-Snous est caractérisée par sa jeunesse où plus de 50% de la population ont moins de 25 ans. La population dépassant 60 ans représente environ 9% seulement du total. Le nombre du sexe féminin dépasse légèrement le sexe masculin (tableau 11).

Tableau 11 : population résidente des ménages de la daïra de Béni Snous selon la commune de résidence et le sexe et le taux d'accroissement annuel moyen (1998-2008). (Recensement 2008 de la population algérienne, wilaya de Tlemcen, sur le site de l'ONS).

Communes	Masculin	Féminin	Total	Taux d'accroissement
Beni Snous	5 765	5 553	11 318	0,4
Azails	3 866	3 661	7 527	1,2
Beni Bahdel	1 416	1 385	2 801	0,5

IV.2.3. Occupation et activités de la population

L'agriculture est considérée comme la principale pratique et activité au niveau de la région de Béni Snous où l'on pratique divers cultures maraîchères et arboricoles en irrigué. L'emploi industriel est aussi important, mais il est offert dans sa globalité en dehors de la daïra de Béni Snous notamment au niveau du complexe minier d'El Abed, COTITEX Sebdou et SOITEX Tlemcen, à l'exception de L'ENOF situé dans l'AS Beni Hammou. Ceci a généré un important flux de travailleurs vers les centres de Sebdou et de Tlemcen. Le reste des emplois est offert par quelques artisans privés au niveau de la daïra. Il est de même pour le secteur du BTP et le tertiaire où la majorité des emplois sont offerts en dehors des limites communales (PDAU, 2008). Quelques habitants seulement sont commerçants. L'artisanat traditionnel, tels que la confection des tapis et des nattes d'alfa (h'ssirate) (photo 5), à toujours fait la fierté de toute la région de Béni Snous. Elle a toujours apporté la prospérité et surtout la quiétude à ses habitants. Cette industrie a toujours sauvé la population de la commune de Béni Snous de la disette (Bellissant, 1941). Durant la période coloniale, le tapis était commercialisé en Europe, les h'ssirate dans les souks, la poterie partout en Algérie. L'artisanat était le principal revenu des familles. Malheureusement, cet artisanat est en voie d'extinction vu l'absence de la relève et surtout la cherté des produits, alors qu'ils peuvent être un atout majeur pour le développement du secteur touristique. Si les autorités ne prennent pas la situation au sérieux, nous pouvant dire adieu à cet héritage.



Photo 5 : tissage Alfa et laine des Béni Snous (Bellissant, 1941).

IV.2.4. Agriculture

IV.2.4.1. Situation juridiques de la propriété à Béni Snous

Dans la région de Béni Snous les différentes situations juridiques de la propriété sont de l'ordre de trois : la propriété dite « melk » (propriété privé), le « jmaa » (collectif = parcours) et le domanial (forêt) où la population puise du bois sec et fait pâturer son troupeau. On distingue en plus les terres voisines des forêts et les terres qui sont éloignées, ainsi que les terres privées délaissées par leur propriétaire vivant à l'extérieur du milieu rural : elles constituent des parcours collectifs. Suite à la construction du barrage de Béni Bahdel pendant la colonisation française, les sécheresses persistantes et la décennie noir qu'ont vécue les zones montagneuses, les populations ont émigré en laissant leurs terres en friche ou les prêtant à un proche (fermage). Anciennement, les bons cultivateurs, qui malheureusement ne disposent que de peu de terrain, va le plus souvent se louer comme Khammés en dehors de sa tribu. Le Khammés (de khammsa qui veut dire cinq) est une sorte de métayer agricole, qui prépare les cultures d'un propriétaire, fait les semailles et ne revient que pour faire la récolte, moyennant le paiement en nature du cinquième de cette récolte (Bellissant, 1941).

IV.2.4.2. Occupation des sols au niveau de la région de Béni Snous

La daïra de béni Snous appartenant à la région agricole « Monts de Tlemcen / Beni Snous haute Tafna » est parmi les principales régions où se localisent les périmètres traditionnels de la wilaya de Tlemcen. Elle dispose d'une forte tradition en matière d'irrigation collective par le biais de périmètres traditionnels notamment dans la commune Béni Snous. Ces périmètres

d'irrigation traditionnels sont irrigués par les eaux de sources et par les eaux superficielles d'Oued El Khemis et Oued Sebdou et le barrage de Béni Bahdel. Malheureusement, avec la réduction importante de la pluviométrie intervenue à partir du milieu des années 1970 et par conséquent la réduction de la ressource en eau, plusieurs de ces périmètres traditionnels périclitent. Dans certains cas, des périmètres ont complètement disparu suite au tarissement complet de la ressource qui les alimentait (périmètre de taffessera sur la commune d'Azails par exemple). Dans autres cas, de nombreux usagers se détournent de la ressource et des réseaux collectifs pour utiliser soit l'eau de puits ou forages privés à partir de pompages individuels, soit l'eau encore disponible dans les oueds à l'aide de moto pompes individuelles. Ainsi, avec la politique de subventions aux exploitations individuelles, on constate une diminution de la culture participative et une montée de l'individualisme des agriculteurs, fortement préjudiciable pour la viabilité des périmètres collectifs existants : apparition de conflits entre usagers liés au partage de l'eau, abandon de l'entretien des structures collectives des réseaux, notamment.

La surface agricole totale (SAT) au niveau de la daïra de Béni Snous est de 15 734 ha représentant environ 28 % seulement de la surface totale de la daïra. Ainsi la surface agricole utile (SAU) ne représente que 8 219 ha seulement de cette SAT (tableau 12), soit 52 %. La SAU au niveau de la commune Béni Snous représente 57,65 % de la SAU totale de la daïra. Dans cette région montagneuse, ces terrains agricoles ne se limitent pas uniquement aux endroits présentant meilleures conditions (sols, pentes) mais occupent aussi des terrains présentant des conditions défavorables (terrains fortement accidentés).

La structure foncière se caractérise par la prédominance de la micro propriété et le morcèlement des terres. La taille moyenne des exploitations dans les monts de Béni Snous est de l'ordre de 1,23 ha (SOGREAH, 2009). L'activité agricole est dominée par son caractère traditionnel et peu d'actions innovatrices sont menées pour plusieurs raisons. En tête, ces pratiques agricoles traditionnelles ancestrales sont transférées de père en fils. Ainsi la pauvreté des agriculteurs ne leur permet pas d'investir ou tous simplement d'acheter les intrants (engrais, produit phytosanitaires, amendements).

Tableau 12 : occupation des terres par communes au niveau de la daïra de Béni Snous.

Commune	Superficie commune (ha)	SAT	SAU	SAU irriguées	Terres au repos ou Jachères (ha)	Prairie naturelles (ha)	Pacages et parcours	Terres improductives	Forets	Domaine maritimes
Béni Snous	37 495	7 675	4 738	655	3 590	30	2 787	150	20 596	8 934
Azails	12 032	4 601	2 451	610	1 227	15	2 000	150	4 732	2 494
Béni Bahdel	6 016	3 458	1 030	121	70	/	2 328	100	1 950	526
Totale	55 543	1 5734	8 219	1 386	4 887	45	7 115	400	27 278	11 954

Source : Subdivision agricole de Béni Snous (2014/2015)

IV.2.4.3. Types de culture

Au niveau de la région de Béni Snous, l'agriculture est essentiellement pluviale et les principales productions agricoles sont la céréaliculture, les cultures maraichères et l'arboriculture notamment l'oléiculture. Ses vallées, principalement la vallée d'Oued El khemis, sont réputées par leurs productions en légumes (haricot) et de fruits (olivier et noyer).

L'arboriculture occupe pratiquement l'ensemble des terres non occupée par le maraîchage. Les Béni Snous pratiquent une intensification culturale en irrigué en faisant le plus souvent une double culture maraîchère et en plantant de nombreux arbres fruitiers en sous-étage. La superficie des cultures irriguées totale ne représente que 1 386 ha de la SAU totale (tableau 12). Les activités agricoles sont assurées en quasi-totalité par la main d'œuvre familiale et les performances techniques restent encore assez traditionnelles depuis la plantation jusqu'à la cueillette.

Les cultures maraichères les plus fréquemment pratiquées au niveau de la région de Béni Snous sont: la pomme de terre, carottes, tomates, oignons, haricots-verts, haricot à égrainer, les melons et les pastèques, piments, poivrons, concombres, courgette, aubergines, navets, ails, fèves vertes, petits pois, betteraves, salade verte. Les cultures maraichères sont proportionnellement plus importantes dans les vallées où les conditions climatiques plus favorables (températures plus clémentes, et absence de gelées et pluviométrie plus abondante) favorisent une mise en culture plus précoce et un étalement plus long du cycle végétatif. Dans cette région, une grande partie de ces cultures maraichères est destinée à l'autoconsommation familiale. La superficie totale en culture maraichères est de 475 ha (tableau 13).

Ainsi, ces conditions climatiques favorables au niveau des vallées ont permis aussi de cultiver de nombreuses espèces arboricoles fruitières tels que le pêcher, le poirier, le grenadier, le pommier et le cognassier, le figuier, l'abricotier, l'amandier, le cerisier, le néflier, le prunier, le noyer. Les espèces fruitières à noyau comme le pêcher, l'abricotier, le prunier sont plantées dans les plaines tandis que les espèces rustiques tels que l'olivier, l'amandier et le figuier, sont pratiquées sur les terres pauvres et pentues.

Tableau 13 : surfaces cultivées, pour chaque type de culture, par communes au niveau de la daïra de Béni Snous.

Commune	superficie cultivé en olivier (ha)	Superficie en culture Maraichères (ha)	Superficie en culture fruitière (ha)
Béni Snous	119	275	260
Azails	340	166	442
Béni Bahdel	117	34	166
Totale	576	475	868

Source : Subdivision agricole de Béni Snous (2014/2015)

La superficie totale cultivée en olivier est de 576 ha et la production totale des olives est de 29 720 Qx (tableau 14). Une partie de cette production est destinée à la préparation des olives de table. L'autre partie est destinée à la production de la fameuse huile d'olive du Béni Snous qui reste une référence de la région. La superficie totale en culture fruitière est de 868 ha (tableau 13).

Tableau 14 : production totale en olive par communes au niveau de la daïra de Béni Snous.

Olivier									
Commune	Superficie cultivé en olivier			Production			Utilisation		
	en masse (ha)	isolé (ha)	superficie cultivé totale (ha)	en masse (Qx)	isolé (Qx)	production totale (Qx)	olives de table (Qx)	olives à huile (Qx)	production d'huile (hl)
Béni Snous	98	21	119	4 440	1 520	5 960	2 086	3 874	697
Azails	302	38	340	1 4160	2 240	16 400	6 560	9 840	1 771
Béni Bahdel	100	17	117	6 000	1 360	7 360	1 472	5 888	1 060
	superficie totale cultivée en olivier		576	production d'olive totale (Qx)		29 720			

Source : Subdivision agricole de Béni Snous (2014/2015)

La culture en sec ou pluviale (la céréaliculture), elle se pratique généralement sur les terres les plus éloignées des habitations où la ressource en eau pour l'irrigation est indisponible. La superficie totale occupée par la céréaliculture en sec est de 1 605 ha (tableau 15). Les espèces céréalières dominantes sont le blé dur, blé tendre, l'orge et en fin l'avoine comme fourrage destiné à l'alimentation du cheptel. Les productions sont assez intéressantes en raison de la bonne pluviométrie enregistrée au niveau de la zone (PDAU, 2008).

Tableau 15 : production totale en céréaliculture.

Semis des céréales: labours semailles 2014/2015					
Commune	Blé dur (ha)	Blé tendre (ha)	Orge (ha)	Avoine (ha)	Totale (ha)
Béni Snous	150	30	500	50	730
Azails	60	250	500	60	870
Béni Bahdel	0	0	5	0	5

Source : Subdivision agricole de Béni Snous (2014/2015)

IV.2.4.4. Droits sur l'eau et systèmes d'irrigation

Dans les régions arides à semi-humides, les systèmes d'irrigation sont d'importance cruciale pour l'agriculture. Dans la région de Béni Snous, des systèmes d'irrigation divers existent avec des droits de propriété différents. Parfois les droits sur l'eau sont en relation avec les droits sur la terre (la terre ne peut pas être achetée ou vendue sans droits sur l'eau) et dans d'autres règlements, les droits sur l'eau peuvent être achetées et vendues de façon indépendante.

Les systèmes existant à Béni Snous, nous pouvant les classées en deux groupes : le système gravitaire traditionnel et les systèmes modernes. Au niveau de la wilaya de Tlemcen la commune où la superficie totale irriguée par les systèmes modernes est très considérable est la commune de Maghnia. En contre partie la commune où le taux d'irrigation gravitaire est le plus important par rapport aux systèmes modernes est la commune de Hennaya et vient en seconde place, la commune de Beni Snous (Fecih *et al.*, 2016).

A. Systèmes d'irrigation traditionnels

L'irrigation par système gravitaire dans la région agricole de Béni Snous représente la part la plus importante de la SAU irriguée avec 3 588 hectares en 2009. Cette technique

d'irrigation très ancestrale est la plus abondante au niveau de la daïra de Béni Snous où elle occupe à elle seule 88% de la SAU totale irriguée (figure 16).

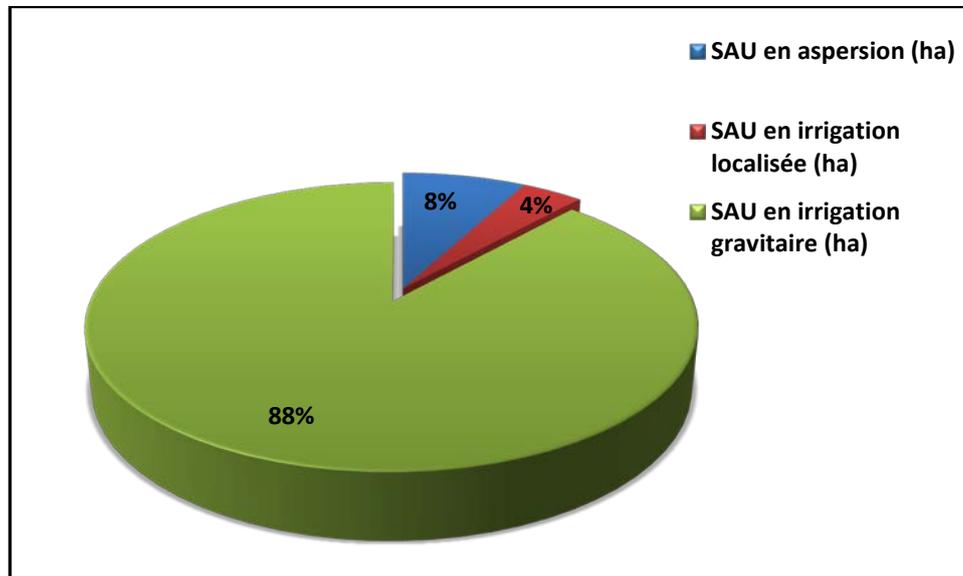


Figure 16 : pourcentage de chaque type d'irrigation par rapport à la surface agricole utile (SAU) totale irriguée de la Daïra de Béni Snous.

B. Systèmes d'irrigation modernes économes en eau

Parallèlement aux systèmes d'irrigation traditionnels, on assiste depuis une à deux décennies, au niveau de la wilaya de Tlemcen, à un effort de modernisation des infrastructures existantes en vue d'améliorer le rendement des irrigations et ainsi d'accroître les surfaces ou de pratiquer plusieurs cultures dans l'année en utilisant la même quantité d'eau. Par contre au niveau de la daïra de Béni Snous cette opération reste faiblement représentée.

➤ *Irrigation localisée*

Si les superficies irriguées en PMH (Petite et Moyenne Hydraulique) ont connu un développement remarquable ces dernières années, le développement de l'irrigation localisée (goutte à goutte) a été encore plus encourageant. En effet, à l'échelle nationale ce type d'irrigation est passé de 20 000 hectares en 2001 à 47 000 hectares en 2002 (MATE, 2005). Dans la région agricole de Béni Snous- Haut Plaines, près de 1 371 hectares sont irrigués au "goutte à goutte" selon l'inventaire de SOGREAH (2009) alors que ce type d'irrigation était totalement absent de la région quelques années avant. Ces développements encouragés par le Ministère de l'Agriculture concourent à une utilisation rationnelle des ressources en eau et devraient être poursuivis. La rationalisation de l'irrigation localisée permettrait de maintenir et même améliorer les rendements agricoles (MATE, 2005).

Au niveau de la daïra de Béni Snous, l'irrigation localisée ne touche que 4 % de la SAU totale irriguées de la daïra Béni Snous (figure 16). C'est au niveau de la commune de « Azails » où ce type de système se localise le plus.

➤ *Irrigation par aspersion*

Cette technique d'irrigation moderne représente 8 % de la SAU totale irriguée (figure 16). Elle est totalement absente au niveau de la commune de Beni Bahdel. La commune d'Azails reste la plus touchée par cette technique moderne d'irrigation.

IV.2.5. Elevage

Après l'agriculture, l'élevage est la seconde activité des Béni Snous. Il constitue une activité d'appoint à l'agriculture à travers cette région agricole. Les produits que fournit cette activité génèrent des revenus importants à l'exploitation agricole. Les agriculteurs de la région de Béni Snous pratiquent un élevage mixte dont l'effectif est estimé à 20 947 têtes et le mode d'élevage est de type extensif. Toutes les opérations liées à cette activité (nettoyage des locaux, traite, alimentation, soins,...) sont assurées, en grande partie, par les femmes.

L'alimentation du cheptel est assurée pendant 6 mois de l'année à travers les espaces de parcours montagneux (PDAU, 2008).

Tableau 16 : les principales espèces animales élevées par commune (2014/2015).

Espèces animales élevées					
communes	Vaches laitières		Totale cheptel bovine	Totale cheptel ovine	Totale cheptel caprin
	B.L.M	B.L.A+B.L.L			
Béni Snous	52	800	1 162	9 206	1 068
Azails	248	80	437	5 584	782
Béni Bahdel	100	80	262	1 756	690
Totale	400	960	1 861	16 546	2 540

B.L.M: Bovin Laitières modernes

B.L.A: Bovin Laitières Améliorés

B.L.L: Bovin Laitières Locale

La daïra de Béni Snous est considérée comme un bassin laitier potentiel. L'effectif bovin laitier représente 1 360 têtes composés de races modernes, améliorées et locales (tableau 16). La production totale du lait au niveau de la daïra de Béni Snous est de 3456 000 litres (2014-

2015) (tableau 17). La production totale en viande rouge est de 1 816 Qx et la production totale en viande blanche est de 1 300 Qx (tableau 17).

Tableau 17 : la production des viandes et du lait par commune.

Production des viandes et lait 2014/2015					
communes	Viandes rouges (Qx)			Viandes blanches (Qx)	Production du lait (litres)
	viandes Bovine	viandes Ovine	viandes Caprine		
Béni Snous	336	628	48	400	1 360 000
Azails	124	420	36	900	1 448 000
Béni Bahdel	68	124	32	/	648 000
Totale	528	1 172	116	1 300	3 456 000

**CHAPITRE IV .
INVENTAIRE ET
SPATIALISATION DES
DIFFÉRENTES
TECHNIQUES
TRADITIONNELLES DE
CES RECENSÉES**

Au niveau de la région de Béni Snous, l'homme en rapport avec son environnement était obligé de gérer les ressources diverses et limitées en eaux et en sols pour assurer une certaine stabilité socioéconomique et se prémunir contre la pénurie. Effectivement, dans ces milieux abrupts où les surfaces planes sont très limitées, de gros efforts ont été menés par la population agricole pour transformer et aménager les terrains raides afin de créer des surfaces planes et cultivables. Cette population agricole a su, ainsi, mobiliser et gérer les eaux disponibles, afin d'irriguer leurs parcelles, avec des systèmes traditionnelles témoignant son ingéniosité en s'appuyant aussi sur des organisations communautaire tribales.

Dans ce chapitre nous allons identifier et spatialiser l'ensemble de ces aménagements et systèmes traditionnels de gestion et de conservation de l'eau et du sol recensés au niveau de la région de Béni Snous. Ainsi nous allons présenter après, leur principe technique, leur objectif par rapport à la conservation de l'eau et du sol et leurs avantages et inconvénients.

I. Identification et spatialisation des techniques traditionnelles de CES

Les sorties sur terrain et l'inventaire des différentes pratiques et techniques (aménagements), traditionnelles et ancestrales, de culture et de conservation des eaux et du sol (CES), ont été effectués particulièrement au niveau de la commune de Béni Snous, la commune de Béni Bahdel et la commune de Azails.

Les stations (sites) visités au niveau de chaque commune sont comme suit :

- 1) Au niveau de la commune de Béni Snous : Ouled Moussa, Sidi Ouariach, El Harak, Ouled Arbi, El Adaoui, El Menzel, Maghraoua.
- 2) Au niveau de la commune de Béni Bahdel : Tassa, Sidi Amer, Béni Bahdel, Barrage de Béni Bahdel.
- 3) Au niveau de la commune d'Azails : Diar El Arab, El Mamlouh.

Les prospections et observations effectuées au niveau de ce territoire et le dépouillement des questionnaires nous ont permis d'identifier une gamme assez intéressante de ces aménagements et systèmes traditionnels de CES: *les Seds, le Sehridj, les Séguias, les terrasses de culture irriguées avec talus où avec murets en pierres et les cuvettes individuelles renforcés*

avec des pierres. Les terrasses de cultures maraichères sont généralement combinées avec d'autres pratiques culturales : travail traditionnel des terres, utilisation du fumier, culture en billon, culture en planche et cordons végétales. Ces pratiques combinées augmentent très remarquablement l'efficacité des structures de conservation de l'eau et du sol. D'après les travaux de Morsli *et al.* (2008), ces pratiques culturales simples ont montré une grande efficacité dans la conservation de l'eau et le contrôle de l'érosion.

Ces aménagements sont simples, durables et très efficaces vis-à-vis de l'érosion et qui ont prouvé leur adaptabilité avec les conditions naturelles et socioéconomiques de la région. Effectivement, l'adaptation des habitants vis-à-vis des conditions locales, très difficiles, a été à l'origine de l'application de ces aménagements dans une optique de protection contre le ruissèlement violent et les processus d'érosion, et d'utilisation rationnelle des eaux dans un but d'amélioration de la production (Laounia *et al.*, 2000).

Le tableau 1 présente, sans donner une classification spécifique, les différentes techniques recensées sur les sites visités au niveau des trois communes de la daïra de Béni Snous.

Tableau 1 : la répartition des différentes techniques recensées sur les sites visités au niveau des trois communes de la daïra de Béni Snous.

N°	Techniques (aménagements)	Sites
01	<u>Terrasses</u> :	- Sidi Ouariache, Ouled Arbi, Ouled Moussa, Sidi Amer, El Harek, Diar Ayad, Diar el Arab, El Memllouh, El Menzal, Maghraoua.
	- Avec murets en pierre	
02	- Avec un simple talus incliné	- Tassa, Kaddara, Béni Bahdel, Zahra.
03	<u>Cuvette individuelles</u> renforcé avec des pierres	Sidi Ouariache, Ouled Arbi, Ouled Moussa, Tassa.
04	<u>Séhrige</u> : réservoir pour la collecte des eaux des sources	Ouled Moussa.
05	<u>Seds</u> : seuils pour la dérivation des eaux des cours d'eau pérennes	Le long d'Oued El Khemis

06	<u>Séguias</u> : Canal de dérivation	Sidi Ouariache, Ouled Arbi, Ouled Moussa, El Harek, Diar Ayad, El Menzal, Maghraoua, Diar el Arab, El Memllouh, Tassa, Kaddara, Béni Bahdel.
07	<u>Cordons végétales</u> : pour délimiter les parcelles	Ouled Moussa, Ouled Arbi, Diar Ayad.
08	Culture en planche	Ouled Moussa, El Harek, Diar Ayad, Ouled Arbi, Diar el Arab, El Memllouh, Tassa
9	Culture en billon	Ouled Moussa, El Harek, Diar Ayad, Ouled Arbi, Diar el Arab, El Memllouh, Tassa
10	Utilisation de fumier	Ouled Moussa, El Harek, Diar Ayad, Ouled Arbi, Diar el Arab, El Memllouh, Tassa
11	travail traditionnel des terres	Ouled Moussa, El Harek, Diar Ayad, Ouled Arbi, Diar el Arab, El Memllouh, Tassa

Dû fait que les pratiques culturelles (cordons végétales, culture en planche, culture en billon, utilisation de fumier, travail traditionnel des terres) sont utilisées généralement en conjonction avec les autres aménagements (techniques) physiques on ne peut spatialiser que les six premières techniques du tableau 1.

La carte ci-après (figure 1) présente la spatialisation de ces aménagements.

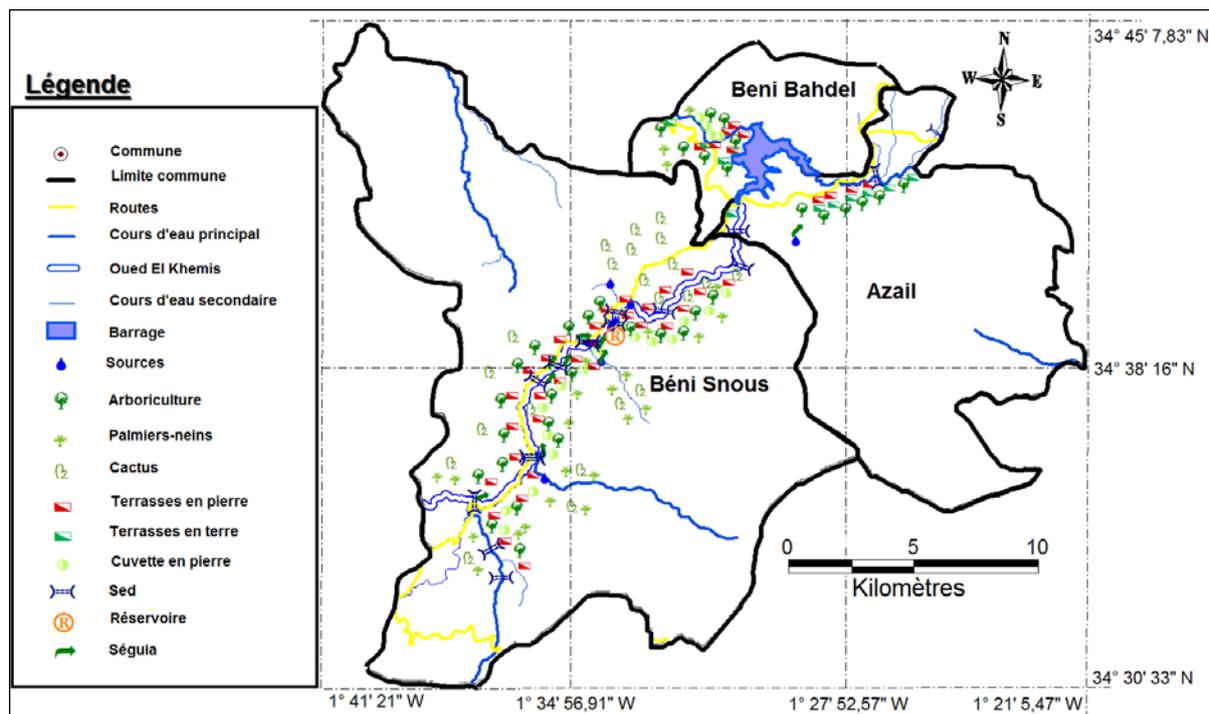


Figure 1 : spatialisation des techniques traditionnelles de CES recensées sur les sites visités au niveau des trois communes de la daïra de Béni Snous.

Selon le tableau 1 et la carte de spatialisation des techniques traditionnelles de CES (figure 1), ces techniques sont suffisamment variées dans l'espace et plus particulièrement au niveau de la commune Béni Snous. Nous les trouvons aussi bien sur des sites d'installation ancienne que sur des sites récemment mises en valeur.

- La commune de Béni Snous (C.BS) est la plus riche, où se trouve tous types d'aménagements de CES recensés. 64 % d'effectifs de notre échantillon se localise au niveau de cette commune (figure 2). Elle est caractérisée par ses systèmes de *Seds* et le *Séhrige* (réservoir) de stockage des eaux de la Source de Sidi Ouriache (figure 1). Ces systèmes représentent les principales ressources d'irrigation pour les agriculteurs des deux rives d'Oued El Khemis. Les eaux mobilisées sont dérivées par des réseaux de *Séguias* (*creusées en terre, consolidées par des pierres, creusées en roches*). Toutes les terres de sa vallée d'Oued El Khemis sont aménagées en terrasses avec muret en pierre et les piémonts en cuvettes individuelles en pierre.

- Au niveau de la commune de Béni Bahdel (C.BB) où le sol est plus épais et les pentes moins fortes, les terres sont en majorité aménagées en terrasses avec un talus, mais on trouve aussi des terrasses avec muret en pierre sur les sites abrupts et rocheux anciennement aménagés. On trouve

aussi les cuvettes individuelles principalement là où le sol fait défaut. Les eaux de sources sont dérivées directement par des longues *Séguias*.

- Au niveau de la commune d'Azails (C.Az) on trouve en majorité les terrasses avec murets en pierre, ainsi les deux Seds se trouvant au niveau d'Oued Sebdou. Les eaux de sources sont aussi dérivées directement par des longues *Séguias* principales et secondaires.

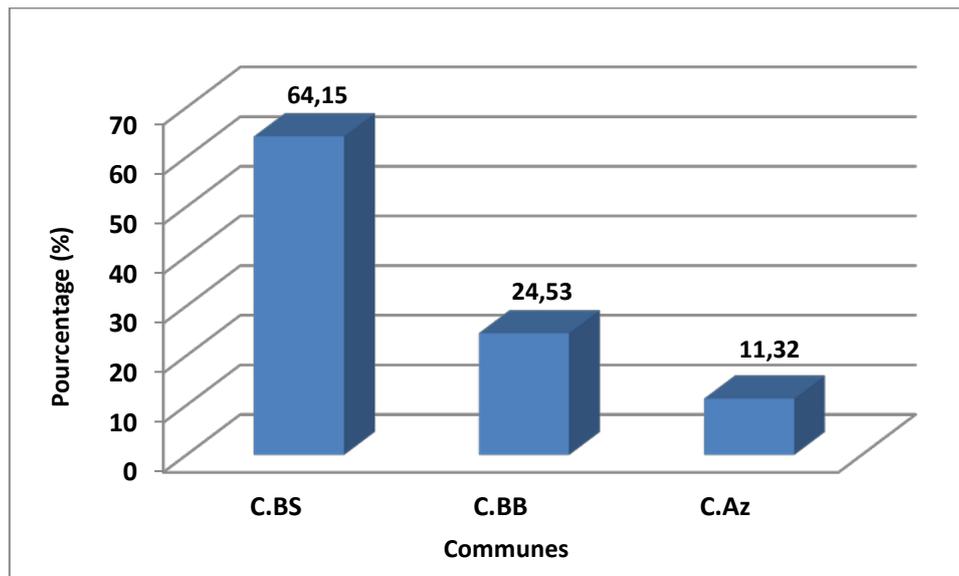


Figure 2 : pourcentage d'effectifs d'aménagement traditionnels de CES pour chaque commune de la daïra de Béni Snous.

Selon le positionnement des aménagements recensés (figures 1 et 2), il apparut clairement que la variabilité de la répartition spatiale de ces aménagements et systèmes traditionnels de CES est marquée par le degré d'adaptation de la population avec les conditions naturelles locales de chaque commune (influence de la variation de l'altitude et de la pente) et ainsi l'emplacement des ressources en eaux.

II. Occupation agricole des terres aménagées et identification des modes et types de cultures appliquées

L'identification des types de cultures est indispensable du fait que ça permet d'indiquer comment sont valorisés les aménagements par les agriculteurs.

II.1. Occupation agricole des sols

La carte d'occupation agricole des sols (figure 3) montre bien la concordance des terrains de cultures avec l'emplacement des aménagements traditionnels de CES.

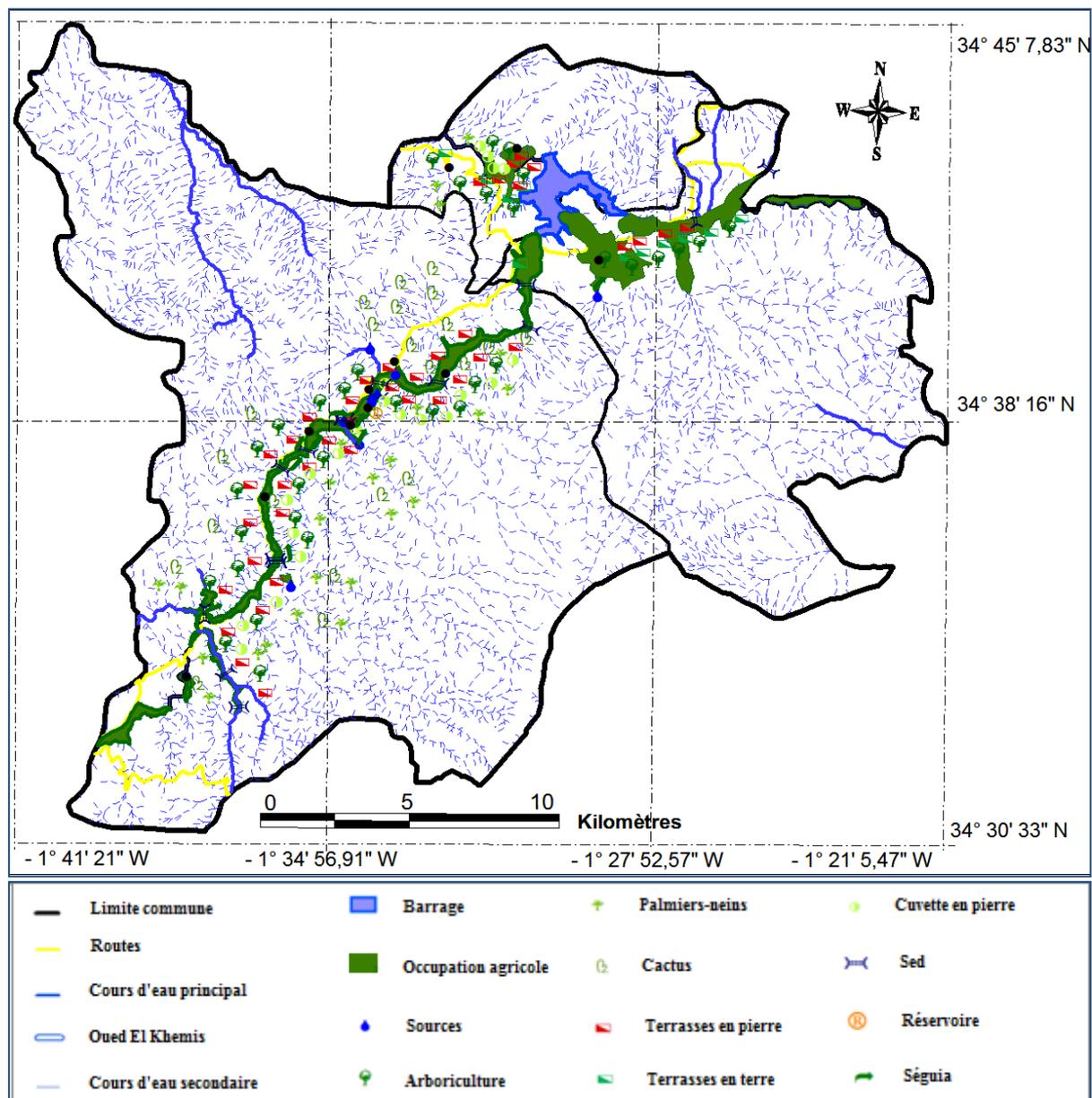


Figure 3 : occupation agricole des sols au niveau de la zone d'étude.

L'emplacement de ces champs de cultures coïncide aussi avec celui des plans d'eaux (Barrage de Béni Bahdel), les cours d'eau et les sources. Les terrains qui se trouvent loin ou à l'abri de ces ressources en eaux et des habitations sont rarement aménagés. Les agriculteurs pratiquent parfois, sur ces terrains, des cultures non irrigués (céréalicultures). On peut trouver

aussi des arbres dispersés dans l'espace (oliviers, figuiers, noyers). Il est clair que la population de la région de Béni Snous, en arbitrante et aménageant les peux de terres des rives des cours d'eaux et les terres qui se trouvent près des sources, a eu pour but de gérer ces ressources rares en eaux afin de pouvoir produire et bien de survivre dans ce milieu montagneux très difficile et très accidenté.



Photo 1 : village en plein champ aménagé.

II.2. Identification des modes et types de cultures appliquées sur les terres aménagées

II.2.1. Culture intercalaires ou monocultures

Au niveau de la région de Béni Snous on trouve des terrasses en monocultures (cultivées en culture maraichères ou arboricoles) ainsi que des terrasses en cultures intercalaires ou diversifiées entre culture maraichères et arboricoles ; sur les terrasses les plus larges. Les oliviers se trouvent, généralement, séparément des cultures maraichères. On les trouve le plus souvent sur les terrasses de faibles largeurs, aménagés sur les terrains les plus accidentés, et ou entourés par des cuvettes en pierres.

Pour notre échantillon, sur les terrasses de faibles largeurs anciennes on ne trouve que les oliviers (photo 2), par contre sur les nouvelles terrasses de faibles largeurs les agriculteurs plantent des oliviers ou/et autres arbres fruitiers (photo 3 a et b) et par fois des cultures maraichères (photo 3c). Sur les terrasses les plus larges on trouve des cultures maraichères et arboricoles (intercalaire ou diversifié) (photo 4). Environ 50 % d'effectifs de notre échantillon en terrasses représente le cas d'une culture intercalaire ou diversifié et de même pour le cas de la monoculture. Les cuvettes individuelles sont toutes cultivées en oléiculture.



Photo 2 : terrasses anciennes de faibles largeurs plantées en oliviers.



Photo 3.a : nouvelles terrasses avec un simple talus, de faibles largeurs, plantées en oliviers.



Photo 3.b : nouvelles terrasses avec murets en pierres, de faibles largeurs, plantées en oliviers et d'autres arbres fruitiers.



Photo 3.c : nouvelles terrasses avec un simple talus, de faibles largeurs, plantées en cultures maraichères.



Photo 4 : terrasses très larges avec des cultures maraichères et arboricoles (intercalaire ou diversifié).

II.2.2. Culture irriguée ou non irriguée

Usuellement, au niveau de la région de Béni Snous les cultures sont irriguées, que se soit les cultures maraichères ou arboricoles. A l'exception des oliviers qui se trouvent loin des ressources en eaux et des habitations, qui ne sont pas irrigués. Ils profitent des eaux de pluies. Ainsi que la céréaliculture.

II.2.3. Culture intensive

Au niveau de la région de Béni Snous, en suite de la subdivision des terres agricoles d'une génération à une autre, les parcelles sont devenues de plus en plus petites, c'est pourquoi les agriculteurs sont devenus obligés de pratiquer une culture intensive pour augmenter leur production annuelle. L'opération dite « *Ldjam* », au niveau de cette région, où l'agriculteur laisse une partie de son parcelle en repos durant un bout de temps, est rarement présente au moment actuel.

III. Techniques et systèmes recensés

III.1. Seds de dérivation des eaux du cours d'eau

III.1.1. Structure des Seds

Le Sed est un seuil traditionnel construit sur oued ou affluent, qui assure la déviation des eaux de surface via un canal traditionnel qui assure le transport de l'eau jusqu'aux champs. La hauteur de l'ouvrage n'excède pas la hauteur des berges amont de telle sorte que l'eau est maintenue dans le chenal à pleins bords. Ces seuils restituent systématiquement tout ou partie du débit en aval, le plus souvent par déversement même si, dans certaines conditions hydrologiques particulières (étiage), ces ouvrages peuvent ne plus être déversant (Melun, 2012). Au niveau de la région de Béni Snous, le système est constitué par une diguette (seuil) en terre grossière, branchettes et forcé par des grosses pierres (photo 5), construite le plus souvent transversalement au cours d'eau. Avec le temps ses composants sont consolidés par les dépôts de calcaire et leur entretien devient de plus en plus minime. La particularité de cette technique de mobilisation des eaux réside dans sa pertinence, son efficacité et aussi dans la facilité de sa mise en œuvre.



Photo 5 : *Sed* Ain Ghbali.

La partie amont de la digue forme un bassin de stockage d'eau. Le trop plein est évacué par débordement de l'ouvrage (la digue). L'eau est déviée du bassin par un déversoir sur l'un des cotés de la digue ou sur les deux cotés. Les eaux sont ensuite acheminées vers les champs de cultures par une « *Séguia* » principale latéral (photo 6) d'une largeur qui varie selon les conditions morphologiques du lieu.



Photo 6 : *Séguia* latéral principale.

Au niveau de la région de Béni Snous, nous avons recensé deux types de « *Seds* » :

1) Des *Seds* qui sont construits transversalement au cours d'eau et où le débit dérivé est une fraction constante du débit affluent qui peut être variable. L'ouvrage est de type digue immergée et l'eau est dérivée par un déversoir de prise latérale sur l'un ou sur les deux côtés (exemple de *Sed* Ain Ghbali (photo 5) et *Sed* Takbalt (photo 7)).

2) Des *Seds* qui ne sont pas construits transversalement au cours d'eau, mais latéralement avec, (exemple de *Sed* Barrahou (photo 8)).



Photo 7 : *Sed* Takbalt.

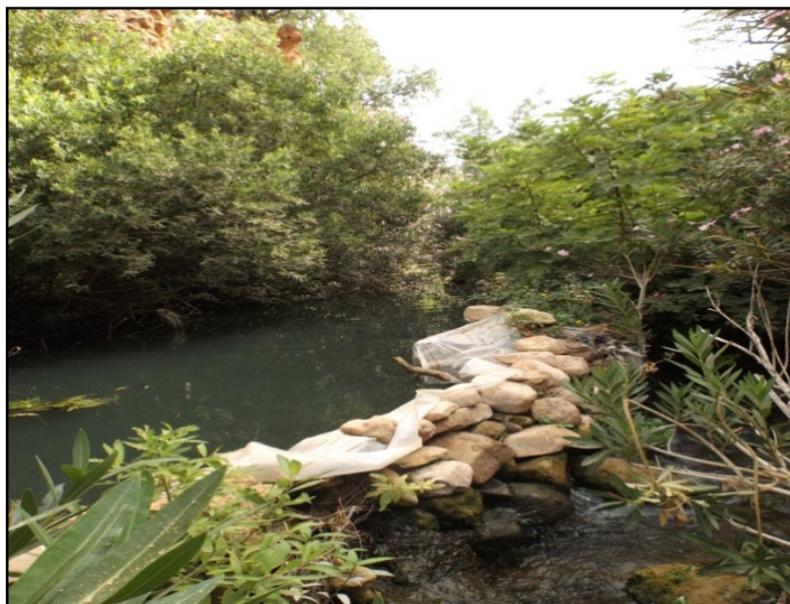


Photo 8 : *Sed* Barrahou.

III.1.2. Objectif et principe des Seds

Ces diguettes de type immergé, dites « *Seds* » au niveau de la commune de Béni Snous et « *Rabtas* » au niveau de la commune de Azails, ont pour principe de remonter le niveau des eaux, dans le cours d'eau, pour pouvoir atteindre les points les plus hautes des côtes des rives et permettant ainsi de les détourner gravitairement par l'intermédiaire d'un immense réseau de canaux d'irrigation « *Séguias* » vers les champs de culture. L'objectif de ce système est de soigneusement régulariser et gérer les eaux du cours d'eau pour irriguer les terrains de cultures en aval. Ce type d'ouvrage est toujours nécessaire dans le cas où l'oued est encaissé et où son tirant d'eau n'est pas important pendant la campagne d'irrigation. Ce type de système permet d'irriguer plus facilement un périmètre d'irrigation élevé.

III.1.3. Les Seds supposent une gestion collective

Le système « *Sed* », comme tous les systèmes ancestraux d'irrigation gravitaires, répond aux règles communautaires (tour en eau). Chaque agriculteur possède un droit de jouissance sur l'eau.

III.2. Séhrige de stockage des eaux de sources

III.2.1. Structure du Séhridj

C'est un réservoir enterré de forme rectangulaire (photo 9), construit anciennement avec de la pierre, amélioré et revêtu avec du ciment récemment, pour collecter les eaux de la source qui se trouve à Sidi Ouariach (photo 10). Le « *Séhridj* » a en amont une entrée des eaux acheminées de la source par une « *Séguia* » principale (photo 11) et une sortie (*déversoir*) pour le trop plein (photo 9). L'eau d'irrigation sort par un trou (orifice d'évacuation) percé dans une roche posé au fond du « *Séhrige* » (photo 12.a). Pendant le remplissage du réservoir, le trou est obstrué par un gros bâton (un morceau de tronc d'un arbre) (photo 12.b). Ce même bâton sert à régulariser le débit d'irrigation. Les eaux stockées durant la nuit sont utilisées pour l'irrigation le matin. Elles sont distribuées par tout un système de « *Séguia* » (photo 13), par tour de chacun, vers les parcelles à irriguer. Dès qu'on se rapproche des champs de cultures, les *Seguias* se multiplient et prennent diverses directions, sans toutefois qu'elles se recoupent entre elles. Cet enchevêtrement de *Seguias* provoque une fraîcheur remarquable dans tous les

champs. L'excès des eaux dans le réservoir se déverse, par le déversoir du trop plein, dans un autre réseau qui le conduit vers le cours d'eau d'Oued El Khemis.

Le *Séhrig* et même les *Séguias* principales ont bénéficiés, ces dernier temps, d'un revêtement avec du ciment pour minimiser les pertes en eau par infiltration. Le Séhrige a bénéficié aussi d'un escalier pour faciliter son entretien. Cette tentative d'amélioration a bénéficié d'une grande approbation par les utilisateurs de cet ouvrage dû fait de l'intérêt très bénéfique qu'apporte cette amélioration.



Photo 9 : *Séhrige* d'Ouled Moussa.



Photo 10 : source de Sidi Ouariach.



Photo 11 : *Séguia* principale de la source de Sidi Ouariach.



Photo 12.a : orifice d'évacuation des eaux stockées pour l'irrigation.



Photo 12.b : orifice obstrué par un tronc d'arbre.



Photo 13 : réseau de distribution et d'irrigation.

III.2.2. Objectif et principe du Séhridj

Le principe du *Séhridj* est de mobiliser les eaux de cette source, les stocker et puis les transporter gravitairement d'un point un peu plus haut (*Séhridj*) pour irriguer les parcelles de cultures qui se trouvent à un point beaucoup plus bas. Donc la performance de cet ouvrage est conditionnée par la dénivellation qui existe entre les deux points.

L'objectif de ce dispositif est de mieux gérer les eaux de cette source et de pouvoir partager ses eaux le plus équitablement possibles entre les bénéficiaires. De même que pour les « *Seds* », seuls les paysans qui ont participé à la réalisation du système sont bénéficiaire de ces eaux collectées pour l'irrigation de leur terre.

IV.2.3. Le Séhridj suppose une gestion collective

De même que pour le système « *Sed* », le *Séhridj* à son tour répond aux règles communautaires (tour en eau).

III.3. Séguias de dérivation et de transportation des eaux d'irrigation

III.3.1. Structure des Séguias

Chaque champs de cultures irrigué est alimenté en eau d'irrigation grâce à un réseau de canaux traditionnels dites « *Séguias* ». Au niveau de la région de Béni Snous, elles sont soit creusés en terre (photo 14), creusés en roche (photo 15) ou revêtues avec du ciment plus récemment (photo 16). Ces réseaux de distribution des eaux d'irrigation, longent le périmètre et répartit l'eau mobilisée, via des canaux principaux, secondaires et tertiaires, aux champs de cultures. Ces réseaux assurent le transport, la répartition et la distribution des eaux à chaque exploitation agricole ainsi que l'évacuation des eaux excédentaires. Généralement l'entrée du « *Séguia* » principale (canal adducteur) est assai large puis elle se rétréci. Sa longueur peut atteindre des kilomètres.

Ces « *Séguias* » sont occupées tous le long de leur parcours par des ouvertures dites « *Sréf* » (photo 17) permettant l'irrigation des terres et les cuvettes situées parallèlement à ces dernières. Ces réseaux d'irrigations traditionnelles ont une faible efficience et les difficultés de leur entretien limitent la meilleure valorisation et rationalisation des ressources en eau. Ainsi les pertes en eau par infiltration sont considérablement importantes. C'est pourquoi les autorités, au niveau de la région de Béni Snous, et afin de réduire ces pertes en eau, ont décidé de vêtir ces *Séguias* avec du ciment afin d'améliorer leur étanchéité.



Photo 14 : *Séguia* creusés en terre.



Photo 15 : *Séguia* creusés en roche.

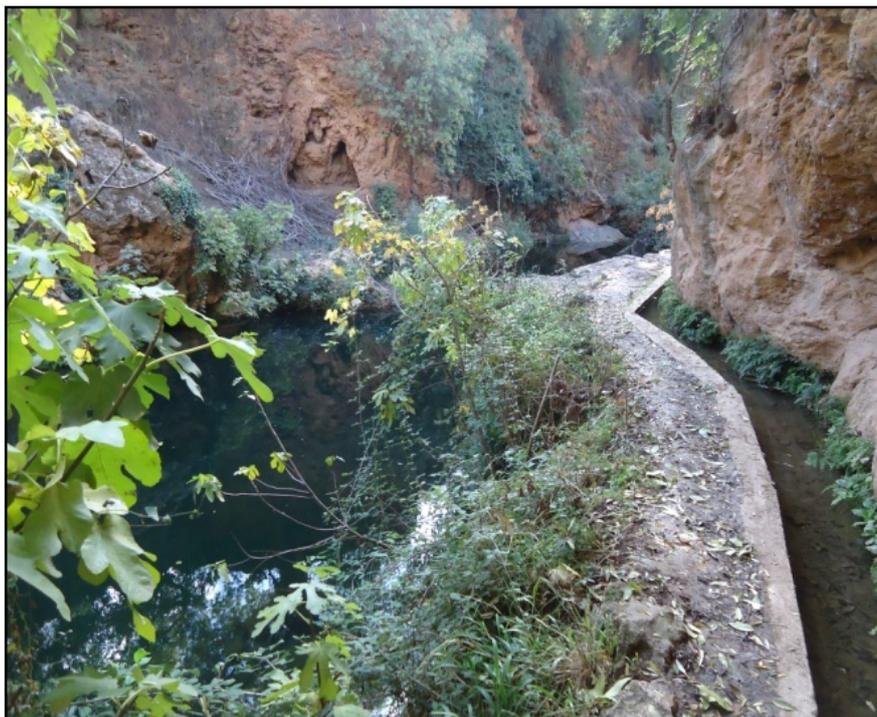


Photo 16 : *Séguia* vêtue avec du ciment.



Photo 17 : *Séris* (des ouvertures occupant tout le long des *Séguias*).

III.3.2. Objectif et principe des Séguias

Ces conduites à ciel ouvert et quelquefois souterraines, allons du canal principale jusqu'aux canaux tertiaires, ont pour objectif d'assurer l'alimentation correcte des périmètres irrigués en véhiculant successivement de l'eau à chaque parcelle. Au niveau de la région de Béni Snous, l'alimentation des réseaux d'irrigation est généralement assurée par des ouvrage de tête comme les *Seds* au niveau de Oued El Khemis et le *Séhradj* captant la source de Sidi Ouriache, ou dérivation directe des eaux de sources. Le principe des *Séguias* est de dériver les eaux d'irrigation et de les transporter gravitairement du point de prise d'eau, jusqu'aux champs de cultures à irriguer qui se trouvent à un point plus bas en aval. Donc, et comme les *Seds* et le *Séhradj*, la performance de cet ouvrage est conditionnée par la dénivellation qui existe entre les deux points.

III.4. Terrasses de cultures

III.4.1. Structure et différents types de terrasses

La structure des terrasses varie selon plusieurs facteurs et paramètres, parmi lesquels : la pente, la profondeur du sol, la nature du sol, types de culture, matériaux de construction existants dans le milieu, climat, les ressources en eau disponibles pour l'irrigation, les moyens humains et le savoir faire, etc. Leur mode de construction différent aussi d'un pays à un autre, d'une région à une autre et même du fond des vallées aux hauts des bassins versant.

Dans le système de terrasses le plus parfait, le plan cultivé est horizontal et le talus est vertical et formé d'un vrai mur en pierres sèches. C'est le type de terrasse le plus classique. Dans un type plus rudimentaire le mur est supprimé et remplacé par un talus, nu, enherbés ou parfois renforcé avec des pierres, ayant la pente primitive de la montagne. Il s'agit *des terrasses de culture méditerranéennes avec murets en pierres ou avec un simple talus*. Sur les terrains de faibles pentes, il est difficile de distinguer une terrasse avec un simple talus à un simple champ labouré. Le labour crée une rupture de pente vers l'amont et une accumulation de terre vers l'aval et finalement le champ prend un peu l'allure d'une terrasse.

Au niveau de la région de Béni Snous, zone caractérisé par la prédominance des pentes de moyennes à fortes, il est possible de distinguer les deux types de terrasses précités.

III.4.1.1. Terrasses avec murets en pierres.

Ce type de terrasse, se retrouve sur tous les types de pentes à partir du moment où la charge caillouteuse est importante (Belleville, 2003). Nous pouvons trouver des terrasses qui sont *taillées et creusées* dans le sol et soutenue par des murets en pierres (photo 18). La terre restante est évacuée ailleurs. Un autre type consiste à *creusées et remblayées* à la fois où la terre restante est rejetée vers l'aval. L'épaisseur de la terre arable est irrégulière, importante dans la partie construite (partie avale de la terrasses), médiocre dans la partie excavée (partie amont de la terrasse) (photo 19). Il y a aussi d'autres terrasses qui sont complètement *construites et remblayées*. Elles se trouvent particulièrement sur les terrains très rocheux où le sol fait défaut (Benoit et Fabien, 2004), (photo 20). Ce sont des terrasses remblayées ; au fond avec de la terre médiocre et le reste de la terrasse avec de la bonne terre.



Photo 18 : terrasses avec murets en pierres taillées et creusées dans le sol.



Photo 19 : terrasses avec murets en pierres creusées et remblayées.



Photo 20 : terrasses avec murets en pierres construites et remblayées.

On peut trouver des terrasses avec des murets en pierres qui sont totalement construites avec les pierres tirées du terrain aménagé ou emportés d'un autre endroit. Ces terrasses sont plus ou moins de la même taille (photo 21). Comme on peut trouver aussi des terrasses avec des

murets en pierres qui présentent une structure composite, à savoir une partie est composée par la roche mère et une autre construite par les pierres tirées du terrain aménagé. Cette fois la largeur des terrasses se différent fortement d'une terrasse à une autre tous dépendant de l'emplacement des roches. La trame de ce type de muret est irrégulière, du fait qu'il prend appui sur les roches et les gros blocs (photo 22).

Ces terrasses font l'objet de nombreux soins lorsqu'elles portent des cultures irriguées (travaux de réfection lorsque des éboulements provoqués par un excès d'eau affectent leur mur, mesures de protection contre le ruissellement et contre les méfaits des hommes et des bêtes).



Photo 21 : terrasses avec murets en pierres totalement construites avec les pierres tirées du terrain aménagé ou emportés d'un autre endroit.



Photo 22 : terrasses avec murets en pierres en structure composite.

Sur les plateaux calcaires, dans l'ensemble la situation est plus favorable que sur les pentes. Lorsque la couverture de terra-rossa est abondante, les murets provenant de l'épierrement servent principalement à délimiter les champs (photo 23). D'après Bellissant (1941), « *là où la pente est un peu moins forte, se trouvent quelques petits jardins où des murs de pierres sèches retiennent la terre précieuse* ». Mais dès que des vallonnements interviennent, les murets ont été multipliés et déterminent des systèmes de terrasses. Cette ancienne technique, qui atteste de l'ancienneté de la sédentarisation et de l'intensité de l'occupation agricole du sol, est très répandue à Ouled Moussa, Ouled Arbi, El Harak, El Adaoui et presque sur la totalité des pentes des deux rives d'Oued El khemis où les conditions sont plus favorables. Elle se trouve aussi près des villages de Kaddara et de Sidi Amer de la commune Béni Bahdel et à El mamlouh au niveau de la commune Azails.



Photo 23 : murets qui servent principalement à délimiter les champs.

Les terrasses avec murets en pierres sont très compatibles avec le milieu physique et les conditions naturelles très difficiles de la région de Béni Snous, et avec ses pentes fortes et très rocheuses spécialement au niveau de la commune Béni Snous. Il y a une très bonne harmonie entre ces milieux très accidenté et ce type d'aménagement de terrain. En plus de leur objectif principale, créations de surfaces de culture planes, ces aménagement donnent une vue très agréable et fascinante qui nous oblige à admirer le savoir faire des béni Snous.

III.4.1.2. Terrasses avec un simple talus

Dans le cas où les matériaux de construction sont faiblement disponibles in situ les propriétaires se tentent d'éliminer les murets et construire des terrasses avec un simple talus en terre. Ainsi, ces terrasses avec talus en pente plus ou moins raide sont très compatibles avec les terrains où la terre est meuble et profonde (Despois, 1956).

Pour ce type de terrasses, leur confection consiste, le plus souvent, en un nivellement de la surface du sol à laquelle on donne un profil toujours incliné. Sur les pentes moyennement fortes, ces terrasses sont seulement *taillées et creusées* dans le sol, en évacuant la terre restante, et donc le talus est naturelle (photo 24). Ce premier type a l'avantage de nécessiter moins d'espace et de pouvoir s'effectuer sur les terrains qui sont moyennement raides. Par contre sur des pentes

moins fortes, ces terrasses sont *creusées et remblayées* à la fois où la terre restante est rejetée vers l'aval (photo 25). Ce type de terrasses présente l'avantage d'augmenter très fortement la surface cultivable. Par contre elles sont très limitées dans l'espace car elles ne peuvent se trouver que sur le peu de terrain en faibles pentes présentes au niveau de cette région montagneuse. Sur les terrains avec des pentes très faibles, les terrasses sont en générale les résultats des labours où le sol se déplace vers l'aval, formant ainsi, avec le temps, des terrasses avec des talus de très faibles hauteurs (photo 26).



Photo 24 : terrasses de cultures avec talus taillés.



Photo 25 : terrasses de cultures avec talus creusés et remblayés.



Photo 26 : terrasses de cultures résultantes des labours.

Les talus de ces terrasses sont soutenus par une couverture d'herbes ; naturellement poussée ou mise en place par les agriculteurs. Ils sont parfois renforcés avec les pierres évacués des sols aménagés. D'autre part, et afin de freiner et limiter les effets érosifs du ruissellement

sur ces terrasses et principalement sur les talus, les agriculteurs mis en place un bourrelet en terre sur le bord de la terrasse afin de stopper les eaux susceptibles d'aller vers le talus et même de favoriser leur infiltration aux profits des cultures. Ces types de protection seront associés à toutes les constructions de terrasses soutenues par des talus.

Les terrasses de cultures avec un talus, à leur tour, s'adaptent très efficacement avec les milieux de faibles à moyennes pentes, là où la terre est assez abondante. Ces terrasses sont fréquentes surtout sur les bordures des montagnes où il connaît, depuis quelques années, une large extension à cause de la dispersion de l'habitat. Elles sont très répandues au niveau de la commune Béni Bahdel et la commune Azails où les conditions, précitées, sont plus favorables. Elles sont très peu repérées au niveau de la commune Béni Snous.

III.4.2. Principe et Objectifs des terrasses

La culture en terrasses, est créée par l'homme sur des versants que leur pente naturelle ne rend pas aisément cultivables. Elle consiste à cultiver sur des terrains aménagés en terrasses étagées, plus au moins horizontales et soutenues par des murets de pierres ou par des talus. En effet, le milieu montagnard est peu propice à la culture. Les fortes pentes et la faible profondeur du sol rendent pratiquement impossible toute culture ; comme il est le cas au niveau des montagnes de Béni Snous. Il est indispensable dans un tel milieu, si l'on veut pouvoir obtenir une production suffisante, de casser la pente et de réaliser une zone plane où le sol sera plus abondant et plus fertile. Cette technique de culture est le plus souvent synonyme d'une forte densité de population. En effet, c'est une technique qui requiert une main-d'œuvre abondante et des efforts constants.

Les terrasses sont élaborées pour réduire la longueur des pentes et leur degré d'inclinaison, pour contrôler le ruissellement dans les régions très arrosées et pour conserver l'eau dans les régions moins pluvieuses (Ezzitouni, 2013). Le contrôle de l'érosion, avec les terrasses, est l'objectif ultime dans les régions humides et est un objectif très important dans les régions sèches. Elles ont pour objectif principal la création de surfaces cultivables sur des terrains de fortes pentes (Belleville, 2003). En plus de ces vocations, d'autres sont venues s'ajouter. Évidemment, avec les terrasses, en s'écoulant sur une surface plane, les eaux d'irrigation sont mieux gérées et elles peuvent s'infiltrer beaucoup mieux au profit des cultures. Ces terrasses permettent de bien profiter des eaux de ruissellement et donc améliorer

encore plus l'humidité du sol. Ainsi, la création d'une surface agricole plane facilite le travail des terres et notamment le labour par les animaux.

Dans l'esprit des cultivateurs de cette région, les terrasses sont donc avant tout un moyen de valoriser les terrains en pente pour survivre, en créant de nouvelles parcelles exploitables, bien plus qu'un moyen de limiter l'érosion même si les deux sont très liés. En effet, en découpant la pente, la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement est dissipée, l'érosion est réduite et donc le sol est moins décapé et mieux protégé. Selon Roose *et al.*, (2010), cet aménagement permet aussi de marquer clairement la propriété du terrain, de valoriser et de protéger des versants raides en montagne. La construction des terrasses, qui est un modèle de nature façonnée, a ainsi transformé les versants et modifié les écoulements des eaux. Ces terrasses permettent ainsi la conservation des sols et ses éléments fertiles.

III.5. Cuvettes individuelles

III.5.1. Description des cuvettes individuelles

La cuvette individuelle en pierres est une structure physique construite aux pieds des arbres pour canaliser les eaux de ruissellement vers les racines. Elle consiste en une levée de terre, généralement en forme d'arc de cercle (demi-lune), renforcé par des pierres (photo 27) et dont l'intérieur est tourné vers l'amont (concave vers l'amont, convexe vers l'aval). La partie la plus basse à l'intérieur de la demi-lune est travaillée afin de favoriser la pénétration de l'eau de ruissellement recueillie par le dispositif. Au niveau de la région de Béni Snous, il se peut aussi de trouver des cuvettes individuelles en cercle (photo 28). Généralement ces cuvettes individuelles en pierres sont destinées pour les oliviers éparpillés dans les champs de cultures de faibles pentes ou aménagés en terrasses (photo 29), mais elles se trouvent aussi sur les basses collines (photo 27).

Ces cuvettes en demi-lune en pierre sont observées dans le sous bassin versant de « Oued El Khemis » en particulier sur les basses collines des villages d'Ouled Moussa, Ouled Arbi et Sidi Ouariach de la commune de Béni Snous. A Béni Bahdel, cette technique est très répandue au près du village de Sidi Amer et Tassa.



Photo 27 : cuvette individuelle en demi-lune.



Photo 28 : cuvette individuelle en cercle.



Photo 29 : cuvette individuelle sur de faibles pentes.

III.5.2. Objectif des cuvettes individuelles

L'objectif des cuvettes individuelles s'agit de concentrer les eaux de ruissellement et leurs charges solides dans une cuvette creusée au pied d'un arbre; généralement un olivier. Ces cuvettes sont disposées suivant les courbes de niveau et en quinconce d'une ligne sur l'autre, afin de récupérer le maximum d'eau de ruissellement des petits impluviums, se trouvant à l'amont de ces ouvrages, et en la concentrant au pied des arbres. Les eaux de ruissellement captées en été et automne par les cuvettes permettent un appoint d'eau important pour les arbres. Les sédiments apportés par les eaux de ruissellement et déposés au fond des cuvettes, apportent une fertilisation non négligeable. Cette technique permet aussi l'apport de fumier qui, sans ce système, serait emporté par le ruissellement. La capture et l'infiltration des eaux de ruissellement sur le versant réduisent les effets de différentes formes d'érosion hydrique (en nappe, ravinement et sapement des berges) à l'aval (Roose *et al.*, 2010).

C'est une technique qui permet une culture arboricole sur des bassins versant très rocheux et très pentus où la chance d'avoir des sols épais est très rare (photo 30). Là où les pentes sont très faibles et où les sols sont assai épais, ces cuvettes peuvent être réalisées en terre seulement sans être protégé par des pierres.

Cette technique est bien adaptée pour la restauration des terrains en zone agricole, comme pastorale en région semi-aride (pluviométrie inférieure à 400 mm ; au-delà, risques d'inondations) (Zoubiri, 2009).



Photo 30 : cuvette individuelle sur une basse colline rocheuse et très pentue.

III.6. Autres pratiques culturelles

Pour une production plus rentable et une meilleure gestion des eaux d'irrigation sur les terrains de culture aménagés, les agriculteurs de Béni Snous associent à ces aménagements, d'autres pratiques culturelles : le plus souvent, l'agriculteur laisse ses terres se reposer pendant un certain temps. Cette période peut durer *15 jours, un mois, jusqu'au deux mois*. Cette opération est connue dans la région de Béni Snous sous le nom de « *Ljem* ». Après, l'agriculteur travail la terre (photo 31), et à cette occasion il intègre de la fumure organique (photo 32) disponible en même temps qu'il retourne la terre, pour garder une bonne restauration de la fertilité des sols et donc pour accélérer l'intensification de la production.

Une fois que les terres sont prêtes, travaillées et fertilisées, elles sont ainsi structurées soit en planches creuses entourées d'un billon (photo 33) soit en billons parallèles (photo 34) permettant une meilleure répartition et gestion des eaux d'irrigation et par suite elles sont cultivées. L'eau se concentre dans les sillons et s'y infiltre au profit des plantes. Ces pratiques

ont l'intérêt d'améliorer encore plus l'infiltration des eaux et la fertilité des sols pour avoir un meilleur rendement (Brunet, 2009). L'association entre ces pratiques culturales et les terrasses et cuvettes combine leurs actions bénéfiques pour une meilleure protection et valorisation des ressources naturelles que sont les eaux, la biomasse et les sols. En effet, les murs freinent et entravent le ruissellement, le travail du sol le rend plus perméable tandis que les planches et billons facilitent l'infiltration.



Photo 31 : travail la terre (labour).



Photo 32 : fumure organique.



Photo 33 : planches creuses entourées d'un billon.



Photo 34 : culture en billons parallèles.

CHAPITRE V.
ANALYSE DE
L'ADAPTATION
DIMENSIONNELLES DES
TERRASSES ET
CUVETTES AVEC LE
MILIEU PHYSIQUE DE LA
RÉGION DE BÉNI SNOUS

Ce chapitre a pour objectif d'étudier si les conditions naturelles topographiques (pente et altitude) des terrains aménagés conditionnent les dimensions des terrasses et des cuvettes ou il y'a d'autres paramètres ou critères qui les conditionnent. Pour le faire, une Analyse en Composante Principale (ACP) des données quantitatives (tableau 1), a été effectuée pour étudier la relation entre les dimensions de ces techniques et la morphologie des sites aménagés.

Dans ce travail, notre but d'appliquer l'ACP n'est pas la démonstration mathématique de cette méthode d'analyse, mais d'utiliser ses résultats pour analyser l'adaptation des terrasses et des cuvettes avec le milieu physique. L'objectif est de faire une synthèse de l'ensemble des données ou variables quantitatives de chaque technique (tableau 1) afin de récapituler les liaisons entre variables (cercle des corrélations) et de définir les variables qui vont dans le même sens, dans un sens opposé, indépendantes, etc. Cette méthode nous permet aussi, de représenter tous les individus dans un seul plan en déterminant ainsi, ceux qui sont proches et ceux qui sont éloignés les uns des autres.

Avant d'aborder l'analyse des résultats proprement dits de l'ACP, il est intéressant d'étudier la matrice des corrélations entre variables initiales, dans la mesure où elle permet d'avoir une première idée de la structure de corrélation entre ces variables. Cette matrice donne les coefficients de corrélation linéaire des variables prises deux à deux. C'est une succession d'analyses bi-variées, constituant un premier pas vers l'analyse multi-variée.

Tableau 1 : données quantitatives (variables quantitatives).

Technique	Abréviation des différentes dimensions (variables quantitatives)	Signification des modalités
TEP	Larg_moy (m)	Largeur moyenne de la terrasse
	Long_moy (m)	Longueur moyenne de la terrasse
	Haut_moy (m)	Hauteur moyenne des murets
	Pente (%)	Pente maximale de chaque intervalle de pente des terrains aménagés
	Altitude_m	Altitude moyenne des terrains aménagés
TET	Larg_moy (m)	Largeur moyenne de la terrasse
	Long_moy (m)	Longueur moyenne de la terrasse
	Haut_moy (m)	Hauteur moyenne des murets
	Pente (%)	Pente maximale de chaque intervalle de pente des terrains aménagés
	Altitude (m)	Altitude moyenne des terrains aménagés

CEP	Diamètre (m)	Diamètre de la cuvette
	Haut_moy (m)	Hauteur moyenne de la cuvette (profondeur)
	Pente (%)	Pente maximale de chaque intervalle de pente des terrains aménagés
	Altitude_m	Altitude moyenne des terrains aménagés

I. Terrasses avec murets en pierre

Pour les terrasses avec murets en pierre, les calculs ont été menés sur les variables quantitatives suivantes : largeur, longueur, hauteur, pente et altitude.

Ces terrasses avec murets en pierre caractérisent le mieux la commune de Béni Snous du fait que c'est un territoire très montagneux et très rocheux où les grosses pierres sont très abondantes. En effet dans cette région les agriculteurs ont été obligés de fractionner leurs terres selon l'affleurement des roches. Et pour s'en débarrasser des pierres trouvées lors du labourage des parcelles, les agriculteurs posent ces pierres à côté des roches qui affleurent formant avec le temps des cordons et de plus en plus des murets en pierre, mais par fois ces murets sont construits. Ces pratiques ont donné avec le temps ce qu'on appelle les terrasses de cultures méditerranéennes. On trouve ces techniques au niveau des communes de Azails et Béni Bahdel, mais avec une abondance moins importante. Pour notre échantillon, la largeur de ce type de terrasse varie entre 1 m à plus de 10 m et la longueur de 10 m à plus de 50 m, ça dépend de la pente, de l'affleurement des roches ainsi que le type de culture. La hauteur varie entre 0,4 et 1,5 m. L'épaisseur moyenne des murets en pierres est d'environ 0,30 m ; généralement plus épais à la base et diminue en remontant. On peut trouver ces terrasses sur des faibles pentes de 3 à 6 % comme on peut les trouver sur des terrains très accidentés où les pentes dépassent les 25 %. Nous pouvons les trouver aussi sur les faibles altitudes comme au niveau des sites très hauts.

I.1. Corrélation entre les variables quantitatives

Selon notre échantillon et selon le tableau 2, il y a une corrélation assez importante et positive entre la pente et l'altitude (0,63). Elle explique que les hauts sites de la région de Béni Snous sont en majorité caractérisés par des pentes abruptes.

Mathématiquement, avec une pente fixe, plus la largeur des terrasses augmente plus sa hauteur augmente. Ce qui explique la corrélation positive entre la largeur de la terrasse et la hauteur des murets, malgré qu'elle soit un peu faible (0,49). Ainsi, avec une largeur fixe des

terrasses, plus la pente augmente plus la hauteur augmente. Donc, et du fait que le risque de glissement des terrains augmente sur les fortes pentes, l'agriculteur a construit des terrasses de faible largeur sur les terrains très accidentés et abrupts afin de diminuer la hauteur des murets et minimiser ainsi le risque d'effondrement. Ce qui est définie par la corrélation négative entre la largeur de la terrasse et la pente (-0,42). Le sens négatif montre donc que, généralement plus la pente augmente plus la largeur de la terrasse diminue. Par contre, sur les faibles à moyennes pentes, les agricultures ont eu tendance à construire de larges terrasses pour mieux rentabiliser les peux de terres existant. La corrélation positive entre l'altitude et l'hauteur des terrasses, selon notre échantillon toujours, montre que sur les plus hautes altitudes on trouve des terrasses avec des hauteurs plus importantes que sur les terrains de faibles altitudes.

Tableau 2 : matrice des coefficients de corrélation entre les variables quantitatives initiales, cas des terrasses avec murets en pierres.

	Larg_moy	Long_moy	Haut_moy	Pente	Altitude
Larg_moy	1,00				
Long_moy	0,39	1,00			
Haut_moy	0,49	-0,02	1,00		
Pente	-0,42	0,17	-0,13	1,00	
Altitude	-0,02	0,09	0,44	0,63	1,00

I.2. Résultats de l'ACP

Après avoir vue le tableau de corrélation entre les variables initiales, nous allons entamer l'ACP pour avoir une vue d'ensemble des relations entre variables et vérifier ce qui est déjà dit.

Pour faire les choix des axes à retenir afin de tracer les graphes de l'ACP (*cercle de corrélation de l'A.C.P, carte de représentation des individus*), il faut contempler le diagramme des pourcentages de variance correspondants aux différentes valeurs propres (figure 1). Ce tableau va permettre de choisir les axes permettant d'étudier le mieux, les relations entre les différentes dimensions (variables quantitatives).

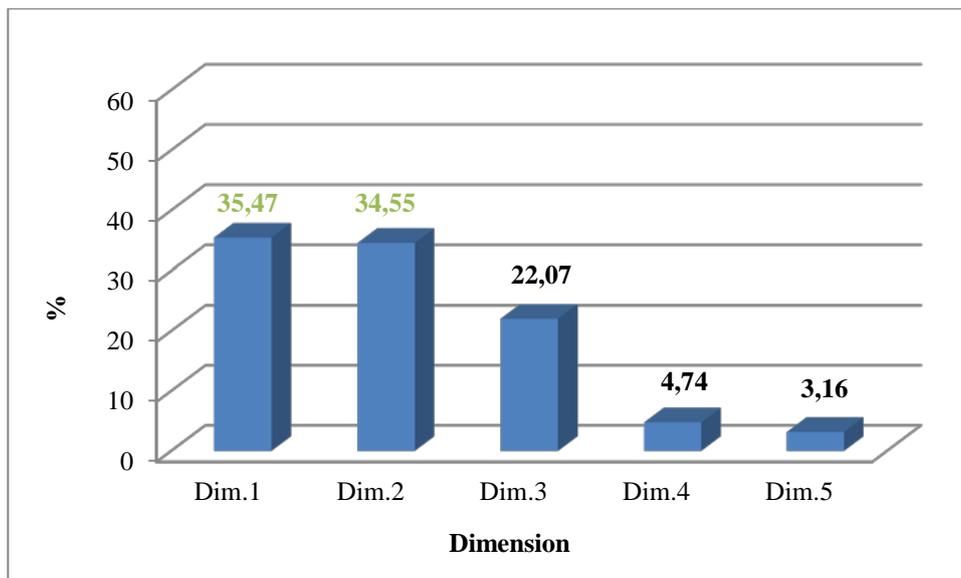


Figure 1: diagramme des pourcentages de variance pour les terrasses avec muret en pierre.

Selon la figure 1, l'ACP nous a donné 5 facteurs ou axes factoriels. Le premier facteur (Dim.1) a 35,47 % de la variance et le deuxième facteur (Dim.2) a 34,55 % de la variance. Le cumule de ces deux dimensions est de 70,03 %. Donc, les 2 premiers facteurs restituent à eux seuls une dispersion assez importante du nuage ce qui nous permet de retenir seulement ces deux premiers axes.

Le plan formé par ces deux axes est compréhensible par l'œil et ne déforme pas trop les nuages de point. C'est avec ces deux facteurs que nous avons tracé le cercle de corrélation (figure 2), ainsi que la carte de représentation des individus (figure 3).

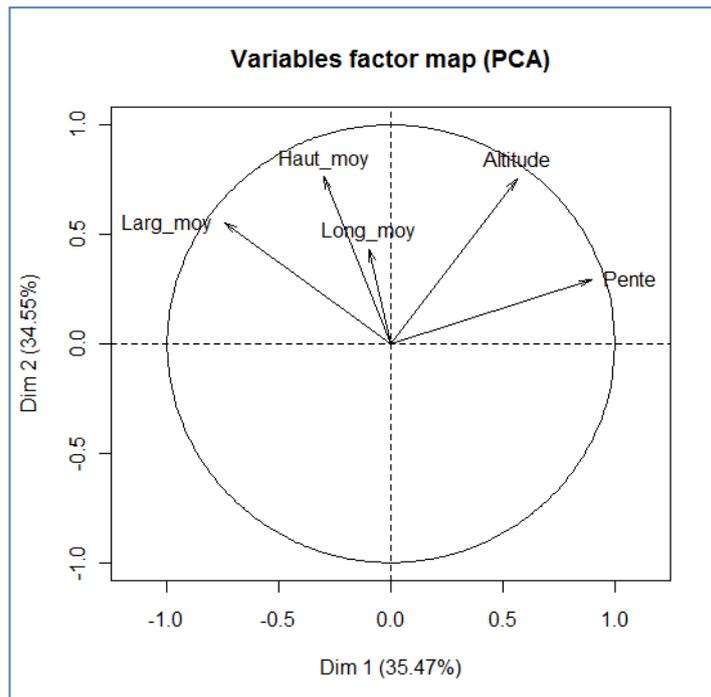


Figure 2 : cercle de corrélation selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec murets en pierres. (Logiciel R).

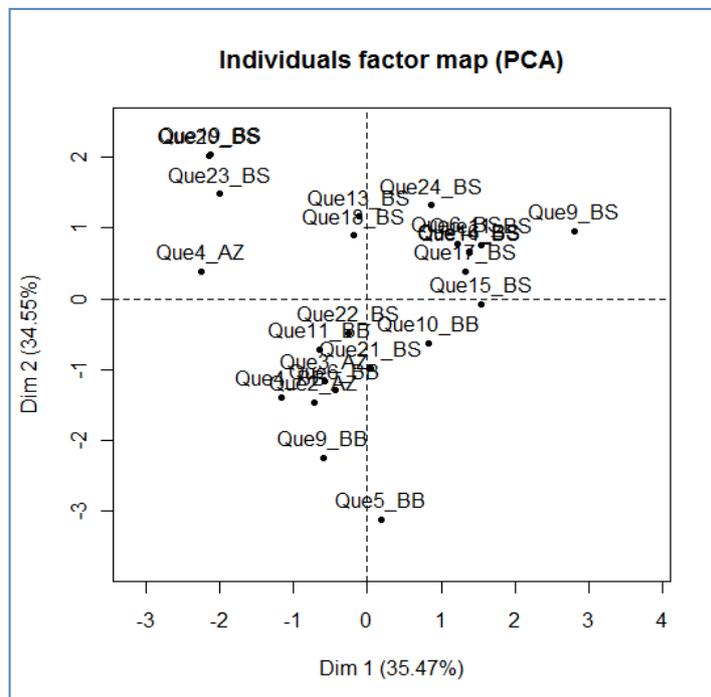


Figure 3 : carte de représentation des individus selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec murets en pierres. (Logiciel R).

Le cercle de corrélation obtenue sur le premier plans factoriel formé par ces deux axes factoriels (Dim.1 et Dim.2) (figure 2), qui donne une vue d'ensemble des liaisons entre variables, confirme ce qui est déjà dit pour l'analyse bi-varié.

- Selon le premier axe factoriel (Dim.1) (figure 2 et tableau 3), nous observons que la pente qui a une corrélation de 0,90 et la largeur avec une corrélation de -0,74 sont les mieux représentées, où elles sont proches du bord du cercle de corrélation et à proximité de l'axe. Ces valeurs démontrent qu'il y a une forte dépendance entre ces deux paramètres (pente, largeur). Le fait que la pente se trouve au coté positive (+) et la largeur au coté négatif (-), il est confirmé que sur les fortes pentes la largeur des terrasses de notre échantillon a tendance à se diminuer. Ce premier axe explique donc un gradient des pentes et des largeurs des terrasses ainsi une dépendance opposé. Nous pouvons vérifier cette opposition en regardant la carte de représentation des individus (figure 3). Les individus Que20_BS, Que19_BS, Que23_BS, Que4_AZ qui se trouvent au coté négatif du premier axe (Dim.1) ont une largeur qui dépasse les 10 m et se trouvent sur des faibles pentes de 3 à 6 %. Par contre sur le coté positif on trouve les individus Que17_BS, Que15_BS, Que16_BS, Que11_BS qui ont des largeurs faibles et se trouvent sur des pentes plus fortes, plus de 25 %.
- Selon le deuxième axe (Dim.2) (figure 2 et tableau 3), la hauteur (0,76) et l'altitude (0,75) sont les mieux représentées. Ces deux variables varient selon le même sens positif ce qui implique que, pour notre échantillon, plus on monte en altitude plus on trouve des terrasses avec des hauteurs plus importantes. Effectivement et selon la figure 3, au côté positif, les individus Que20_BS, Que19_BS, Que23_BS, Que24_BS, Que13_BS, Que18_BS, Que9_BS se trouvent au niveau de la commune Béni Snous qui est la partie la plus haute de notre zone d'étude. On trouve des terrasses protégées avec des vrais murs en pierres de 1,5 m et même plus. Ce sont les terrasses les plus larges et anciennes de la région. En réalité, les murs les plus hautes sont celles qui délimitent les champs de cultures et formant des ruelles de passage (photo 1). Par contre les individus Que5_BB, Que9_BB, Que6_BB, Que2_AZ, au coté négatif, ont des hauteurs qui ne dépassent pas 0,9 m et se trouvent sur des altitudes inférieure à 700 m au niveau des communes Béni Bahdel et Azails, mais ça reste toujours selon notre échantillon.

Tableau 3 : corrélation entre les variables d'origine et les nouvelles variables synthétiques (axes factoriels), cas des terrasses avec murets en pierres.

	Dim.1	Dim.2
Larg_moy (m)	-0,74	0,55
Long_moy (m)	-0,10	0,43
Haut_moy (m)	-0,30	0,76
Pente (%)	0,90	0,29
Altitude (m)	0,56	0,75



Photo 1 : murets très hautes qui délimitent des champs de cultures et forment des ruelles de passage.

II. Terrasses avec un simple talus en terre

De même que pour les terrasses avec murets en pierre, les paramètres statistiques univariés pour les terrasses avec un simple talus en terre ont été menés sur la largeur, la longueur, la hauteur, la pente et l'altitude.

Ce type de terrasses caractérise le plus la commune Béni Bahdel ainsi que la commune Azails où le sol est plus abondant et épais. Effectivement, au niveau de ces communes les

agriculteurs ont eux moins de peine pour fractionner leurs terres et les aménager en terrasses avec un simple talus. Les pierres retrouvées sont incorporées dans les talus ou gardées pour délimiter leurs champs de culture. Pour notre échantillon, la largeur de ce type de terrasse varie entre 1m à plus de 10 m et la longueur de 10 m à plus de 50 m, ça dépend de la pente, de l'affleurement des roches ainsi que le type de culture. La hauteur varie entre 0,3 et 1 m. On peut trouver ces terrasses sur des faibles pentes de 3 à 6% comme on peut les trouver sur des terrains moyennement accidentés avec des pentes qui ne dépassent pas les 12,5 %. Les altitudes varient entre 600 m et 674 m.

II.1. Corrélation entre les variables quantitatives

Selon le tableau 4, et toujours selon notre échantillon, il y a une corrélation assez importante mais négative entre la pente et l'altitude (-0,85). Elle s'explique par le fait que notre échantillon en terrasses avec un simple talus en terre se trouve soit sur des faibles hauteurs avec des pentes moyennement fortes (6 à 12,6 %) ou le contraire, sur des hautes altitudes avec des pentes faibles.

Du fait que les hauteurs sont très proches pour notre échantillon, et que les largeurs sont plus variées en grandeur, la corrélation entre eux est très faible (-0,09). Les corrélations de la hauteur (0,36) et de la largeur (-0,39) des terrasses avec la pente sont faibles. On peut dire que sur les faibles (3 à 6 %) à moyennes pentes (6 à 12,6 %) il y a plus de flexibilité pour l'agriculteur de construire ce type de terrasses. Il peut construire des terrasses avec des largeurs faibles où moyennes selon le type de cultures.

Tableau 4 : matrice des coefficients de corrélation entre les variables quantitatives initiales, cas des terrasses avec un simple talus en terre.

	Larg_moy	Long_moy	Haut_moy	Pente	Altitude
Larg_moy	1,00				
Long_moy	0,62	1,00			
Haut_moy	-0,09	0,63	1,00		
Pente	-0,39	-0,32	0,36	1,00	
Altitude	-0,03	0,12	-0,24	-0,85	1,00

II.2. Résultats de l'ACP

Selon la figure 4, le premier facteur (Dim1) a 44,13 % de la variance et le deuxième facteur (Dim2) a 35,96 % de la variance. Le cumule de variance pour ces deux facteurs est de 80,10 %. Donc, les 2 premiers facteurs restituent à eux seuls la quasi-totalité de la dispersion du nuage, ce qui permet de négliger les 3 autres facteurs.

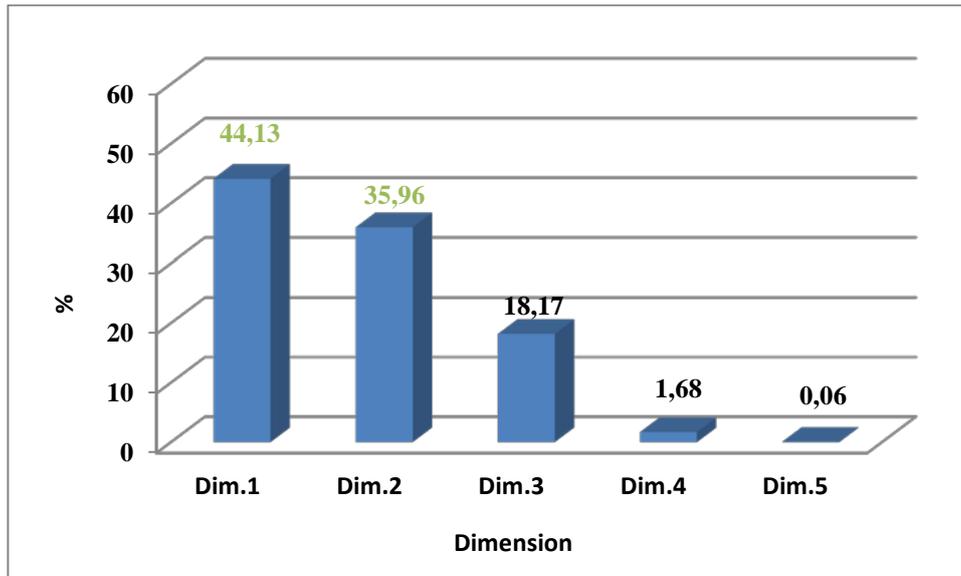


Figure 4 : diagramme des pourcentages de variance pour les terrasses avec un simple talus en terre.

Le cercle de corrélation (figure 5), ainsi que la carte de représentation des individus (figure 6) sont obtenus par apport à ces deux facteurs.

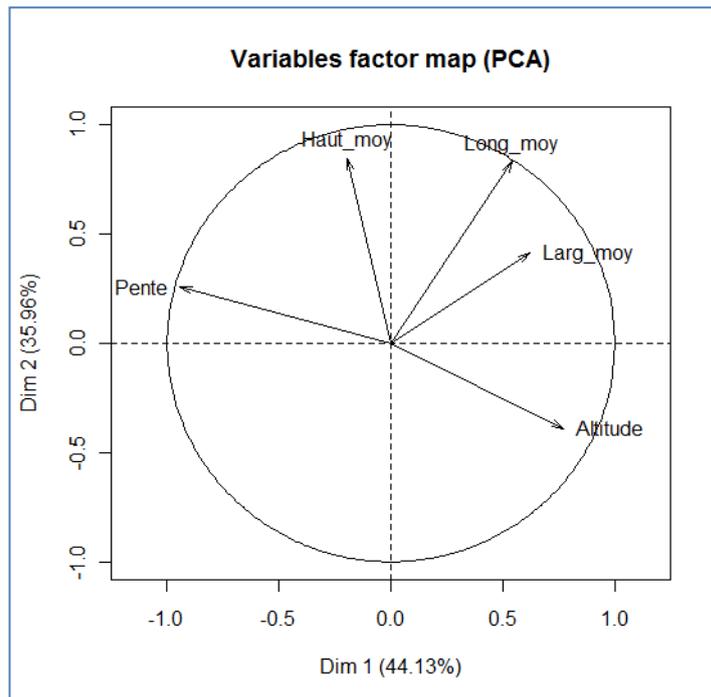


Figure 5 : cercle de corrélation selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec un simple talus en terre. (Logiciel R).

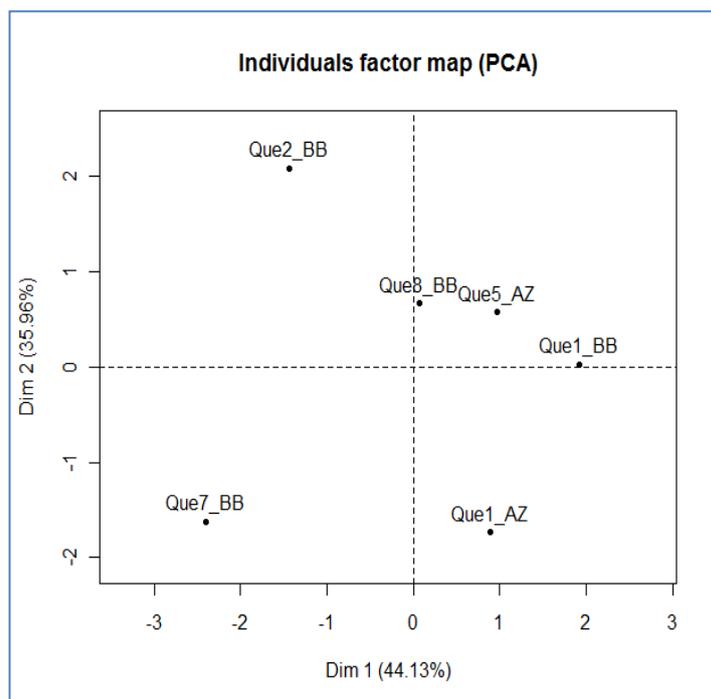


Figure 6 : carte de représentation des individus selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des terrasses avec un simple talus en terre. (Logiciel R).

- Selon notre échantillon et selon le premier axe factoriel (Dim.1) (figure 5 et tableau 5), la pente qui a une corrélation de -0,94 et l'altitude avec une corrélation de 0,77 sont les

mieux représentées, où elles sont proches du bord du cercle de corrélation et à proximité de l'axe. Le sens opposé de ces deux variables confirme que sur les altitudes les plus faibles pour cet échantillon, les pentes aménagées sont moyennement fortes et le contraire, sur les altitudes les plus hautes, les terrains aménagés sont de faibles pentes. Ce premier axe explique donc un gradient des pentes et des altitudes des trains aménagés en terrasses avec un simple talus en terre. Effectivement, les individus Que2_BB, Que7_BB qui se trouvent au côté négatif du premier axe (Dim.1) se trouvent sur des pentes de 6 à 12,5 % et sur des altitudes entre 600 et 610m. Par contre sur le côté positif on trouve les individus Que1_BB, Que5_AZ, Que1_AZ qui se trouvent sur des faibles pentes de 0 à 6 % et sur des altitudes entre 630 et 680 m (figure 6). Pour la largeur malgré qu'elle ne soit pas très fortement corrélée (0,62) avec cet axe, il y a comme même une relation opposé entre cette grandeur et la pente.

- Selon le deuxième axe (Dim.2) (figure 5 et tableau 5), la hauteur (0,85) et la longueur (0,83) sont les mieux représentées. Ces deux variables varient selon le même sens positif ce qui énonce que, pour notre échantillon toujours, les terrasses qui ont les hauteurs les plus importantes sont les plus longues. Effectivement et selon la figure 6, au côté positif (+), les individus Que2_BB, Que8_BB, Que5_BS ont des hauteurs de 0,8 à 1 m et ont des longueurs supérieure à 50 m. Par contre les individus Que7_BB, Que1_AZ au côté négatif (-), ont des hauteurs inférieures à 0,8 m avec des longueurs moindres que 50m.

Tableau 5 : corrélation entre les variables d'origine et les nouvelles variables synthétiques (axes factoriels), cas des terrasses avec un simple talus en terre.

	Dim.1	Dim.2
Larg_moy (m)	0,62	0,41
Long_moy (m)	0,54	0,83
Haut_moy (m)	-0,20	0,85
Pente (%)	-0,94	0,26
Altitude (m)	0,77	0,39

III. Cuvettes individuelles en pierres

Pour cette technique, les paramètres statistiques uni-variés ont été menés sur le diamètre, la hauteur, la pente et l'altitude.

Ce type de technique se trouve le plus au niveau de la commune Béni Snous ainsi qu'au niveau de la commune Béni Bahdel. Pour l'échantillon de cette technique, le diamètre varie entre 1 m et 3 m et la hauteur varie entre 0,3 et 1,5 m. Ces cuvettes se trouvent généralement sur des pentes moyennes de 6 à 12,5 % ainsi que sur des terrains accidentés avec des pentes de 12,5 à 25 % et surtout là où le sol fait défaut pour pouvoir construire des terrasses et où l'objectif est de cultiver des oliviers. Selon notre échantillon, les altitudes des sites où elles se localisent varient entre 592 m et 908 m.

III.1. Corrélation entre les variables quantitatives

Le tableau 6 nous démontre qu'il y a une corrélation assez importante et opposée entre le diamètre et l'altitude (-0,89). Elle explique que, pour notre échantillon, sur les faibles altitudes les cuvettes ont des diamètres plus importants que sur les hautes altitudes.

Du fait qu'il y a seulement deux intervalles de pentes de 6 à 12,5 % et de 12,5 à 25 %, les corrélations du diamètre (-0,04) et de la hauteur (-0,05) des cuvettes avec la pente sont très faibles ou quasiment nuls. Donc, pour notre échantillon, la pente ne conditionne pas les dimensions des cuvettes.

En ce qui concerne la relation entre le diamètre et la hauteur des cuvettes, on constate qu'il y a une dépendance, malgré qu'elle soit faible (0,48), entre ces deux dimensions.

Tableau 6 : matrice des coefficients de corrélation entre les variables quantitatives initiales, cas des cuvettes individuelles en pierres.

	Diam	Haut_moy	Pente	Altitude
Diam	1,00			
Haut_moy	0,48	1,00		
Pente	-0,04	-0,05	1,00	
Altitude	-0,89	-0,31	0,36	1,00

III.2. Résultats de l'ACP

Selon la figure 7, le premier facteur (Dim1) a 55,57 % de la variance et le deuxième facteur (Dim2) a 25,72 % de la variance. Le cumule de ces deux dimension est de 81,29 %. Donc, les 2 premiers facteurs restituent à eux seuls la quasi-totalité de la dispersion du nuage, ce qui permet de négliger les 2 autres facteurs.

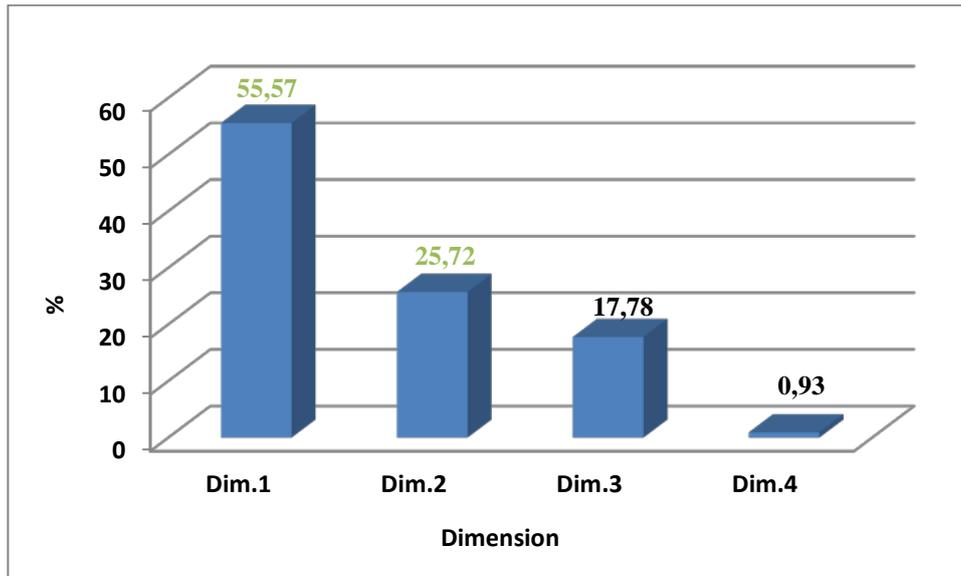


Figure 7: diagramme des pourcentages de variance pour les cuvettes individuelles en pierres.

Le cercle de corrélation (figure 8), ainsi que la carte de représentation des individus (figure 9) sont obtenus par apport à ces deux facteurs.

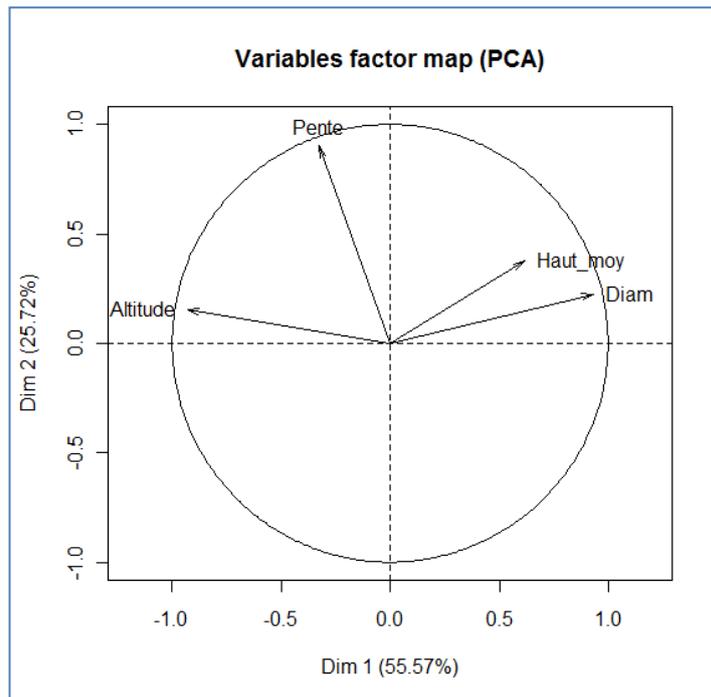


Figure 8 : cercle de corrélation selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des cuvettes individuelles en pierres. (Logiciel R).

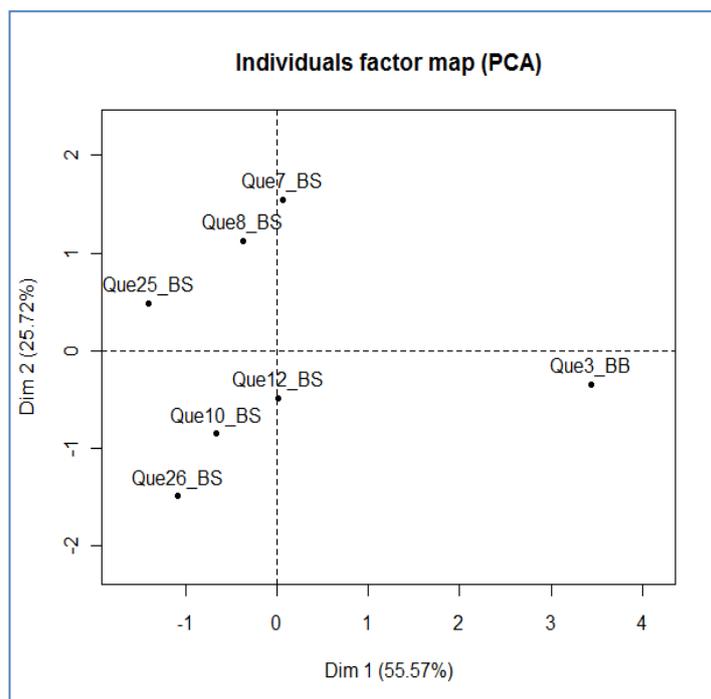


Figure 9 : carte de représentation des individus selon les deux premiers axes factoriels (Dim 1 et Dim 2), cas des cuvettes individuelles en pierres. (Logiciel R).

- Selon le premier axe factoriel (Dim.1) (figure 8 et tableau 7), le diamètre qui a une corrélation de 0,93 et l'altitude avec une corrélation de -0,93 sont les mieux représentés,

où elles sont proches du bord du cercle de corrélation et à proximité de l'axe. Le sens opposé de ces deux variables confirme que, pour notre échantillon, sur les faibles altitudes les cuvettes ont un diamètre plus important que sur les sites de hautes altitudes. Ce premier axe explique donc un gradient des diamètres et des altitudes des trains aménagés en cuvettes en pierres. En Effet, l'individu Que3_BB (figure 9) qui se trouve au côté positif du premier axe (Dim.1) est une cuvette construite sur un site d'une altitude de 592m avec un diamètre de 3 m. Par contre sur le côté négatif on trouve les individus Que25_BS, Que26_BS, Que10_BS (figure 9). Ce sont des cuvettes avec des diamètres de 1,5 et 2m et se trouvent sur des sites avec des altitudes supérieures à 850 m. Cette relation n'est pas une règle, mais les cuvettes représentées par le questionnaire « Que3_BB » se trouve sur un site loin de l'habitat de leurs propriétaires et donc c'est difficile pour eux de les irriguées régulièrement. C'est pourquoi les propriétaires ont due probablement amplifier les dimensions (diamètre et hauteur) de ces cuvettes afin de capter le maximum d'eau de ruissellement et d'augmenter ainsi la réserve en eau infiltrée. Alors que pour les autres cuvettes, elles se trouvent sur des champs de culture près des villages et donc les agriculteurs peuvent les irriguer périodiquement et dans le besoin. Il n'est pas fondamental de construire des cuvettes avec de grandes dimensions.

- Selon le deuxième axe (Dim.2) (figure 8 et tableau 7), seulement la pente est bien représentée avec une corrélation de 0,90. Le diamètre (0,22) et la hauteur (0,38) sont faiblement représentés sur cet axe. Ça signifie que la pente ne conditionne pas vraiment les grandeurs diamètre et hauteur des cuvettes, mais il y en a d'autres paramètres et conditions qui exigent telle ou telle forme et dimensions, tels que l'abondance de la terre, l'existence des pierres in-situ, le climat, etc.

Tableau 7 : corrélation entre les variables d'origine et les nouvelles variables synthétiques (axes factoriels), cas des cuvettes individuelles en pierres.

	Dim.1	Dim.2
Diam_moy (m)	0,83	0,22
Haut_moy (m)	0,61	0,38
Pente (%)	-0,33	0,90
Altitude (m)	-0,93	0,16

IV. Discussion

La construction du premier type de terrasses (les terrasses avec murets en pierres) est la méthode la plus classique, la plus ancienne et la plus répandue sur les fortes pentes (Jean, 1990; El Abbassi, 2000 ; Naimi et Baghdad, 2002). D'après Roose *et al.*, (2010), ces investissements en terrasses avec murets en pierres ne sont entrepris, dans la plus part des cas, que sur les pentes supérieures à 15 % et pouvant atteindre 40 à 60 % ; au-delà, les risques de glissement de terrain augmentent rapidement surtout sur argilite, marnes, schistes et gneiss et dans les zones humides à tremblement de terre. De même pour notre échantillon, ce type de terrasses se trouve sur les faibles pentes et les moyennes pentes, mais il se trouve beaucoup plus sur les fortes pentes qui peuvent dépasser les 25%. C'est le système de terrasses le plus parfait pour les régions très rigoureuses et abruptes. Ils sont souvent très éloignés des habitations. Les terrasses avec un simple talus se trouvent surtout sur les plateaux où la situation est plus favorable que sur les pentes et où la couverture de terra-rossa est abondante et le risque de glissement des talus et moins important. Elles se trouvent dans la plus part des cas sur les pentes inférieurs à 15 % ; au-delà, le risque de glissement de terrain sera très important.

Suivant les résultats obtenus, malgré quelques conflits, la structure et les dimensions des terrasses ne sont pas les mêmes par tous. Sur le plan technique et adaptation avec la morphologie du terrain, c'est la pente qui conditionne le plus la forme et les dimensions des terrasses. Effectivement, la hauteur et la largeur des terrasses varient selon la pente. Le talus des terrasses avec muret en pierre est souvent vertical, par contre les talus des terrasses avec un simple talus ont généralement la pente primitive de la montagne. La longueur des terrasses varie selon les conditions du terrain aménagé et sa continuité. Mais il y a d'autres facteurs aussi qui influencent sur les dimensions des aménagements ainsi que sur le choix du type de terrasse à opter. Effectivement, ces dernières varient, en plus de la pente, selon les conditions géologiques, la nature et la profondeur de la couverture pédologique meuble, l'affleurement des roches sur terrain, les types de culture, les matériaux de construction existants dans le milieu, l'éloignement des agglomérations, le climat, etc (Gay et Blanc, 1984 ; Jean, 1990 ; El Abbassi, 2000 ; Naimi et Baghdad, 2002 ; Roose *et al.*, 2010). C'est pourquoi leurs types et leurs structures se varient et se différent remarquablement d'un pays à un autre, d'une région à une autre et même du fond des vallées aux hauts des bassins versant. Ces terrasses dites

méditerranéennes se trouvent partout en zone humide, mais seulement à proximité des sources et des oueds dans les zones semi-arides et arides (Roose *et al.*, 2010).

À propos des cuvettes individuelles en pierres elles sont des structures qui correspondent aux zones de moyenne à forte pente. Par contre, leurs dimensions ne s'influencent pas vraiment par la pente. Ce type d'aménagement se trouve surtout sur les terrains où la terre fait défaut et se limite à des poches et donc construire des terrasses devient inutile. Selon notre échantillon, sur les terrains où la couverture pédologique meuble est assez profonde, la hauteur des cuvettes est plus faible que sur les terrains pauvres en terre. Effectivement, sur les basses collines très dénudées, l'agriculteur façonne des cuvettes avec des structures en pierres plus profondes et plus épaisses à la base pour pouvoir tenir un sol assez épais permettant une bonne évolution des oliviers.

CHAPITRE VI.
ANALYSE DES
TECHNIQUES
TRADITIONNELLES DE
CES SUR LES PLANS
TECHNIQUE,
ÉCOLOGIQUE ET
SOCIOÉCONOMIQUE

Dans ce chapitre, l'objectif est l'évaluation des différents aménagements traditionnels de CES (observations) recensés, qui sont de nombre de 53, sur les plans technique, écologique et socioéconomique, en se basant sur l'analyse des paramètres (variables qualitatives) tirées des questionnaires à partir des enquêtes effectués sur terrain. Chaque paramètre correspond à une des questions.

Après une analyse uni-variée, les données variables-observations ont fait l'objet d'une Analyse de Correspondance Multiple (ACM). Cette méthode est parfaitement adaptée au traitement des enquêtes où les questions sont à réponses multiples et de nature qualitative, ce qui est notre cas. Elle permet l'analyse de la liaison pouvant exister entre un nombre quelconque de variables qualitatives (Baccini, 2010). Cette méthode est largement fréquente en sociologie et dans la plupart des sciences sociales (Escofier et Pagès, 1998). Elle est aussi très utilisée en biologie. Nous avons fait aussi appel à une classification hiérarchique (méthode Ward) des observations selon leurs profils, qui a les mêmes objectifs que l'ACM.

L'ACM et la classification hiérarchique (CH) ont été effectués sur un tableau de codage condensé comportant $I= 53$ observations (questionnaires), et $J=19$ variables qualitatives (questions) avec leurs catégories (réponses) qui varient entre 2 à 6 catégories. A l'intersection de la ligne « i » et la colonne « j » on trouve « x_{ij} » qui est la catégorie de la variable « j » donnée par le questionnaire « i » (figure 1).

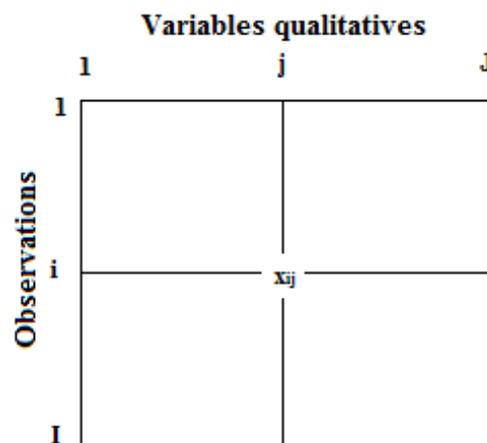


Figure 1 : tableau de codage condensé (tableau de contingence).

Dans le but d'avoir des graphiques lisibles, les aménagements ont été remplacés par leur nombre de classement dans le tableau de données (1 à 53). Ainsi les variables qualitatives

(paramètres) et leurs catégories sur lesquels s'appuie cette méthode d'analyse sont représentées par des abréviations (tableau 1).

Tableau 1 : variables qualitatives et catégories pris en compte pour l'évaluation des aménagements.

Variables	Signification des variables	Catégories	Signification des catégories
Type	Type de technique	CEP	Cuvette en pierres
		Res	Réservoir de stockage
		Sed	Sed (diguette de dérivation des eaux)
		Seg	Séguia d'irrigation
		TEP	Terrasses de culture en pierres
		TET	Terrasses de culture avec un talus en terre
Objet.E	Objectif par rapport à la conservation des eaux	SAI	Système d'amélioration d'infiltration
		SCRVV	Système de Capture du Ruissellement sur les Versants et les Vallées
		SDE	Système de Dérivation des Eaux
		SMSE	Système de Mobilisation des Source d'Eau
Objet.S	Objectif par rapport à la conservation des Sol	APS	Amélioration de la Production des Sols
		CS	Capture des Sols
		MP	Modification des Pentés
Et	Etat des techniques	F.A	Fonctionnelle Actuellement
		F.A.V	Fonctionnelle Actuellement et Valorisé
		P.D	Peu Dégradé
		T.D	Très Dégradé
Pt	Pente des terrains aménagés	Pt.1	[0-3]
		Pt.2	[3-6]
		Pt.3	[6-12,5]
		Pt.4	[12,5-25]
		Pt.5	[25-40]
		Pt.V	Pente Variable

Alt	Altitude des terrains aménagés	Alt.1	[500-600]
		Alt.2	[600-700]
		Alt.3	[700-800]
		Alt.4	[800-900]
		Alt.5	[900-1600]
		Alt.V	Altitude Variable
Entr.P.Q	L'entretien est fait comment et par qui ?	Propr	La construction et l'entretien se fait par les propriétaires et leurs familles
		Touiza	La construction et l'entretien se fait collectivement entre les bénéficiaires. Cette opération est dite « Touiza »
Ct	Cout de construction et entretien des techniques	Ct.f	Coût faible
		Ct.m	Coût moyen
		Ct.négl	Coût négligeable
Freq.E	Fréquence d'entretien des techniques	P.fréq	Peu fréquent
		M.fréq	Moyennement fréquent
		fréq	Très fréquent
T.S	Texture du sol des terrains aménagés	A.L	Argileux-Limoneux
		S.A	Sableux-Argileux
		S.A.C.R	Sableux-Argileux-caillouteux-Rocheux
		R	Rocheux
Age	Age des techniques	Age.1	[1_10]
		Age.2] 10_50]
		Age.3] 50_100]
		Age.4] 100_500]
Adopt	Adoption des techniques par les agriculteurs	T.ado	Très adopté
		M.ado	Peu adopté
Reprodu	Reproductibilité des techniques	Oui	Il y a des cas de reproductibilité de la technique
		Non	Il n'y a pas des cas de reproductibilité de la technique
Accept	Acceptation par la population locale	T.acc	Très acceptable
		M.acc	Moyennement acceptable

ph	Pression humaine	Ph.ft	Pression humaine forte
		Ph.m	Pression humaine moyenne
		Ph.f	Pression humaine faible
Eff	Efficacité des techniques par rapport à la conservation des eaux et du sol	T.Eff	Très Efficace
		M.Eff	Moyennement Efficace
		P.Eff	Peu Efficace

À la suite de ce tableau (tableau 1), l'Analyse de Correspondance Multiples (ACM) et la classification hiérarchique (méthode Ward) concernent les questions (paramètres ou caractères) qui portaient sur la durabilité (âge) et l'état des aménagements, l'efficacité des aménagements par apport aux différent types d'érosion et la conservation de la matière organique, l'acceptation et l'adoption des aménagement par la population locale,...etc. Ce sont des questions descriptives de la technique elle même et du site d'implantation. L'âge ici, est utilisé comme une variable qualitative (un intervalle d'âge) et non pas une variable continue. Cette variable représente la durabilité de ces aménagements. De même pour les altitudes et les pentes.

L'objectif d'utiliser ces méthodes factoriel est :

- Premièrement, de déterminer les groupes d'observations (aménagements) qui sont proches et donc qui ont les profils de catégories les plus semblables.
- Deuxièmement, d'évaluer et d'expliquer les relations entre variables (questions ou paramètres) ainsi que les associations entre catégories (réponses) sur un même plan factoriel. On cherche ainsi, à caractériser les groupes d'observations déterminés par ces catégories.

Ils y en a d'autres paramètres qui concernent les régions et sites concernés par l'inventaire, ainsi que des paramètres qui concernent le système agraire appliqué au niveau de ces sites. Ces paramètres sont utilisés pour enrichir la discussion.

I. Définitions et analyse uni-variée des variables qualitatives

Les variables peuvent être classées en deux groupes : des variables qui caractérisent les sites aménagés (Pente, Altitude, Texture.S, Pression.H) et des variables qui caractérisent les aménagements (Type, Age, Etat, Objectif.E, Objectif.S, Efficacité, Coût, Entretien et

Fréquence.E, Acceptation, Adoption et Reproduction). Ce sont des variables qui ont la même logique et peuvent être considérées comme des variables qualitatives ordonnées.

Dans ce titre nous avons entamé une analyse uni-variée. Une description de chaque paramètre (variable qualitative), en se basant sur les graphiques adéquats des tableaux d'effectifs; Il s'agit simplement de dénombrer les effectifs de chaque catégorie des variables pour construire les tableaux des effectifs et les illustrer.

I.1. Variables caractérisant les terrains aménagés

I.1.1. Pentés des terrains aménagés

La pente a une influence sur la taille de la technique utilisée. Chaque technique physique réalisée sur un versant doit en effet adapter ses dimensions à la pente. La pente a aussi une influence sur l'intensité de l'érosion. Les pentés des terrains aménagés varie d'une faible pente « P.1 [0-3] » à une forte pente « P.5 » qui dépasse les 25%. Pour notre échantillon, nous avons 11 % d'effectifs qui se trouvent sur des faibles pentés (P.1) et près de 2% seulement se trouvent sur des fortes pentés (P.5). Pour les autres intervalles de pentés (P.2, P.3, P.4 et P.V), nous avons environ 21% d'effectifs chacun (figure 2). La pente « P.V » concerne les kilomètres de *Séguias* de dérivation et de distribution des eaux d'irrigation, qui se trouvent évidemment sur des pentés variables.

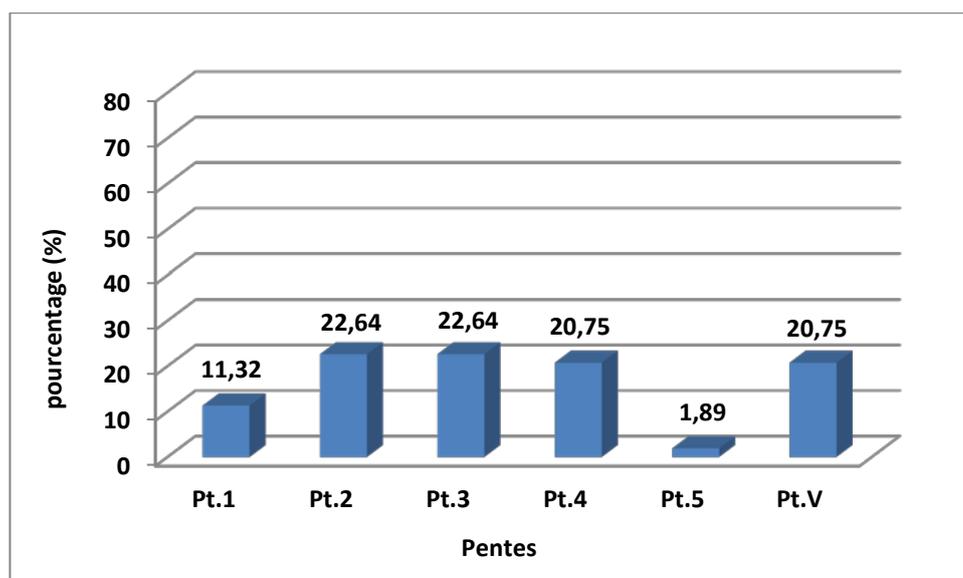


Figure 2 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Pente ».

I.1.2. Altitudes des terrains aménagés

Les aménagements inventoriés se trouvent au niveau des terrains de faibles altitudes, comme sur des terrains de hautes altitudes dépassant les 1000 m (figure 3). De même que pour les pentes, l'Alt.V concerne les kilomètres de *Séguias* de dérivation et de distribution des eaux d'irrigation, qui se longe sur des altitudes variables.

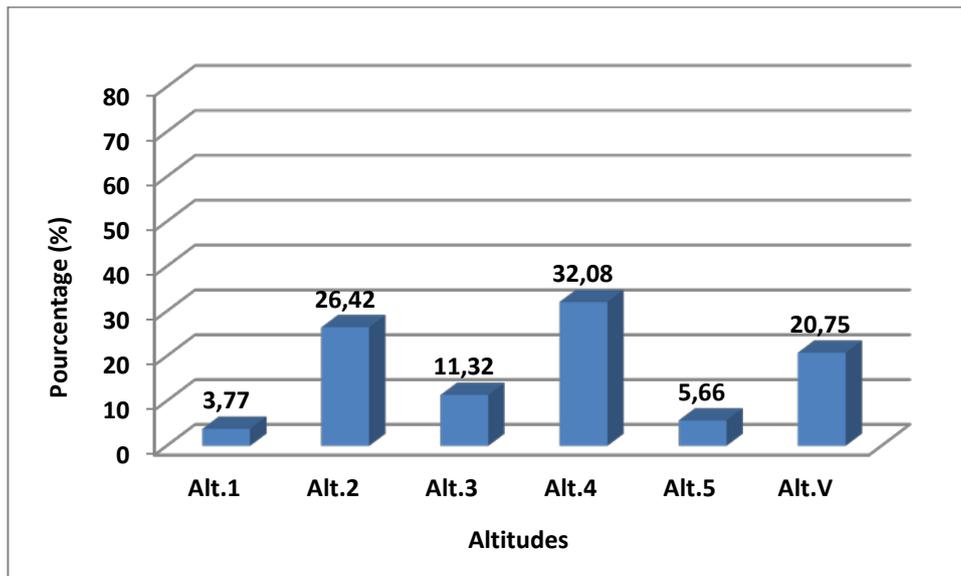


Figure 3 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « *Altitude* ».

I.1.3. Texture des sols aménagés

Cette variable nous permet de voir sur qu'elle type de terrain se trouvent ces aménagements. La texture des sols des terrains aménagés, est en générale Sableux-Argileux. Au niveau des terrains dégradés on trouve un sol Sableux-Argileux très Caillouteux. Sur les bases collines très dénudées le sol fait défaut, et se limite à des poches.

I.1.4. Pression humaine au niveau des terrains aménagés

La variable pression humaine (Ph) concerne la densité de la population des villages qui se localisent près des sites visités. Pour notre échantillon, près de 51% des aménagements (figure 4) se trouvent sur des sites qui sont près des villages qui ont une faible densité de population (El Menzel, El Harek, Béni Achir, Maghraoua, Ouled Arbi). Le reste se trouve près des villages de moyen à forte pression humaine (Ouled Moussa et El khemis).

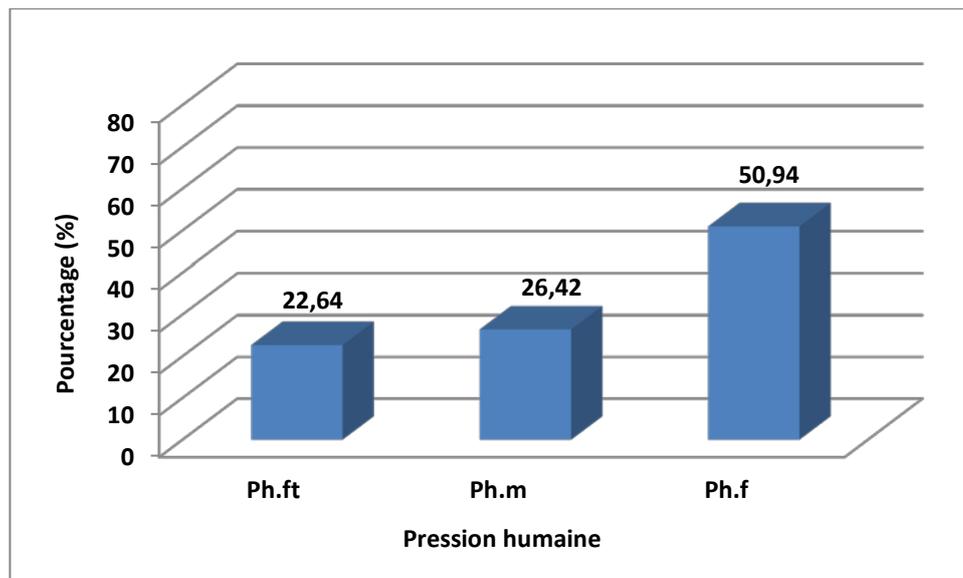


Figure 4 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « *Pression.H* ».

I.2. Variables caractérisant les aménagements

I.2.1. Type de techniques

Cette variable concerne le type des aménagements inventoriés (tableau 1). L'objectif d'introduire cette variable est de faciliter la distinction des catégories qui caractérisent les groupes d'observations distingués.

I.2.2. Objectif par rapport à la conservation des eaux

Cette variable présente les objectifs principaux des aménagements par rapport à la conservation des eaux. Il y a des aménagements qui ont pour objectif d'améliorer l'infiltration des sols et donc à stocker les eaux de ruissellement dans le sol (57 %), des aménagements qui ont pour objectif la capture des eaux de ruissellement sur les versants et les vallées (13 %), des systèmes de stockage et de mobilisation des eaux de sources (2 %) et autres de dérivations des eaux d'irrigation vers les champs de cultures (28 %), (figure 5).

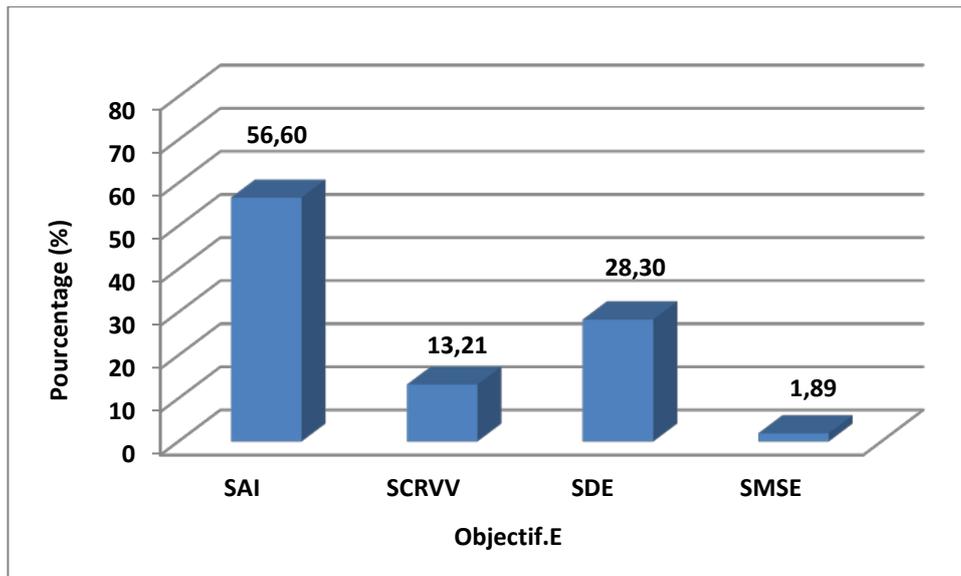


Figure 5 : fréquences d’effectifs pour chaque catégorie de la variable « *Objectif.E* ».

I.2.3. Objectif par rapport à la conservation des sols

C’est une variable qui présente, cette fois, les principaux objectifs des aménagements par rapport à la conservation des sols. Il y a des aménagements qui ont pour objectif la modification des pentes pour lutter contre l’érosion (57 %), autres ont pour rôle de capturer les sols provenant de l’amont par ruissellement (13 %). Les aménagements qui ont une relation avec l’irrigation ont pour objectifs l’amélioration de la production des sols (30%), (figure 6).

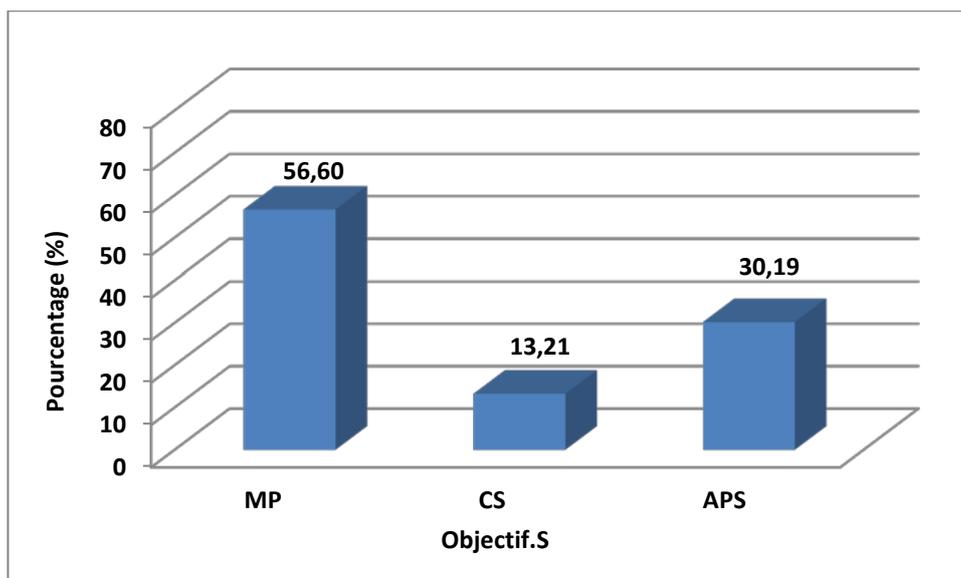


Figure 6 : fréquences d’effectifs pour chaque catégorie de la variable « *Objectif.S* ».

I.2.4. Age

Cette variable nous permet de se constaté de la durabilité des aménagements recensés. La durée de vie d'une technique se situe entre le moment de sa construction et le moment de sa destruction totale. Pour estimer ce paramètre nous avons essayé d'estimer l'âge des aménagements sur chaque site visité. Suivant notre échantillon, près de 70 % des aménagements sont ancestrales, qui datent à au moins d'un siècle (figure 7). Il y en a d'autres qui sont moyennement anciennes où la date de leur construction revient à moins de 100 ans. On trouve aussi des cas qui sont plus récentes. Ce sont des cas de reproduction des aménagements sur de nouveaux sites d'agricultures au niveau de *Sidi Ouariache, Tassa et Béni Bahdel*.

Pour être durable, les techniques de conservation des eaux et du sol doivent être adaptées au milieu physique et aux conditions hydrométéorologiques des sites d'implantation et doivent ainsi être simple, maitrisable par les bénéficiaires et peu couteuse.

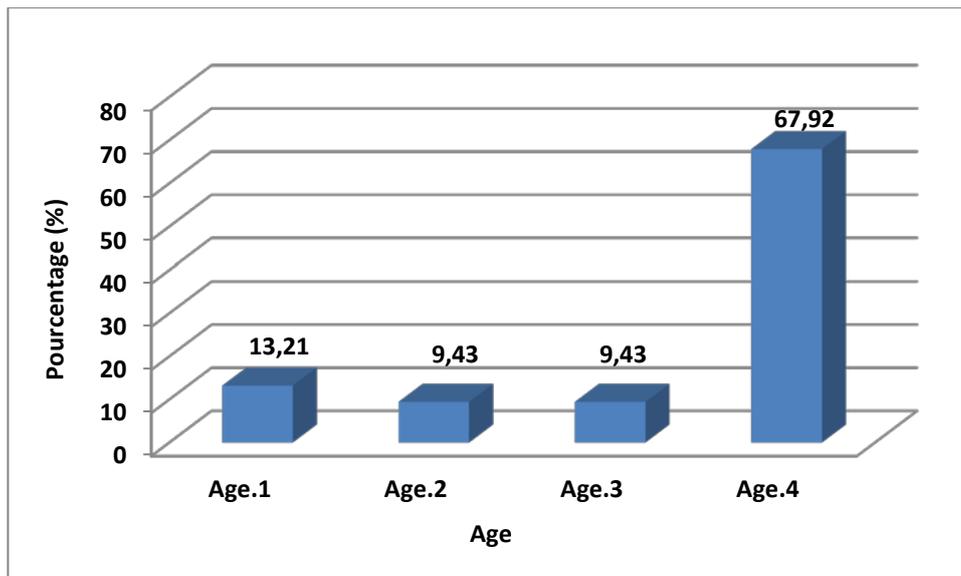


Figure 7 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Age ».

I.2.5. Etat

Cette variable représente l'état physique des aménagements. Plus de 80 % des aménagements sont fonctionnelles actuellement et préservent leur état initial en équilibre sans déformation. Seulement 13 % environ des cas se trouvent en état entre peu dégradée (P.D) à très dégradée (T.D) (figure 8). Généralement ce sont des aménagements qui se trouvent sur des sites abandonnés et où il y a une forte pression animale.

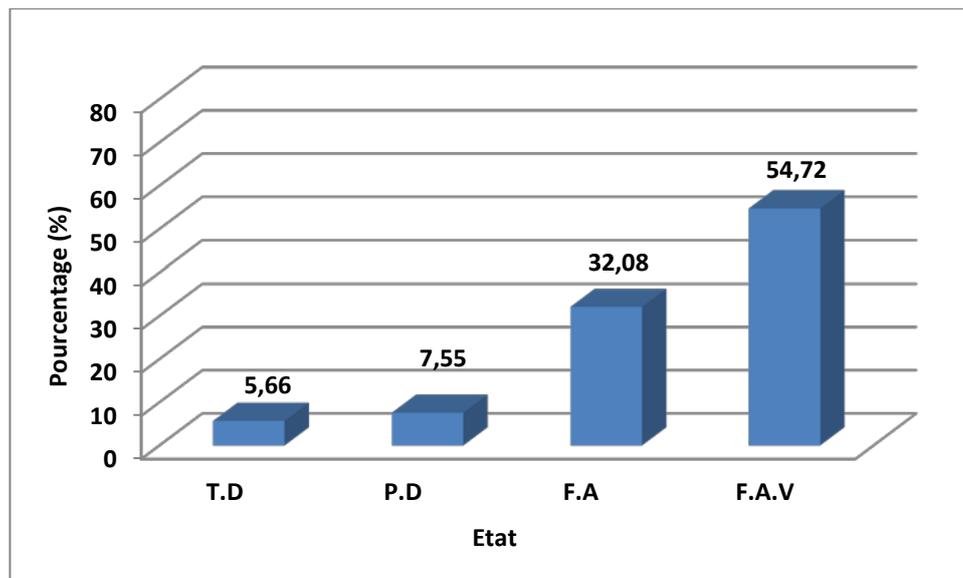


Figure 8 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Etat ».

I.2.6. Efficacité

Cette variable consiste à étudier l'efficacité des techniques ou aménagements recensés. Une technique efficace est celle qui joue son rôle correctement et répond aux objectifs pour les quels elle a été réalisé à savoir la conservation des eaux et du sol.

- Pour les terrasses et les cuvettes individuelles, ce paramètre ou critère a été tirée à partir de l'évaluation, sur terrain, des paramètres suivant : estimation du, degré d'érosion en nappe et linéaire, degré d'existence des cailloux, degré d'existence de la matière organique et en fin de l'infiltration. La matière organique, dont le constituant principal est le carbone, représente un des indicateurs essentiels de la fertilité des terres. Ce critère est vérifié par l'existence ou non de la végétation poussée naturellement sur les sites aménagés. Ces paramètres se sont les signes qui indiquent si la technique joue ou ne joue plus encore ses rôles pour lesquels elle a été construite.

Chaque variable a trois catégories ordonnées avec des codes de 1 à 3 (tableau 2).

Tableau 2 : variables d'analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes.

Variables	Signification des variables	Catégorie	Signification des catégories	Code
E.na	Erosion en nappe	En.f	Erosion en nappe faible	3
		En.m	Erosion en nappe moyenne	2
		En.ft	Erosion en nappe forte	1

E.lin	Erosion linéaire	El.nl	Erosion linéaire nulle	3
		El.m	Erosion linéaire moyenne	2
		El.ft	Erosion linéaire forte	1
E.MO	Existence de la matière organique	EMO.ft	Existence de la matière organique forte	3
		EMO.m	Existence de la matière organique moyenne	2
		EMO.f	Existence de la matière organique faible	1
E.cail	Existence des cailloux	EC.f	Existence des cailloux faible	3
		EC.m	Existence des cailloux moyenne	2
		EC.ft	Existence des cailloux forte	1
Inf.	Infiltration	Inf.B	Bonne Infiltration	3
		Inf.Moy	Infiltration moyenne	2
		Inf.F	Faible infiltration	1

En additionnant les codes qui correspondent aux catégories des variables de chaque observation on obtient un nombre. Par suit les nombres obtenus ont été classé dans trois intervalles où chaque intervalle représente l'une des catégories de la variable efficacité.

1 : ≤ 14 (P.Eff : Peu Efficace)

2 : 17 et 18 (M.Eff : Moyennement Efficace)

3 : > 19 (T.Eff : Très Efficace)

Ces comptes concernent seulement les terrasses et les cuvettes individuelles.

- Pour les *Seds*, *Séhidj* et *Séguias*, ils sont tous considérés comme efficaces dû fait qu'ils jouent toujours leur rôle de mobilisation et de gestion des eaux d'irrigation. Seulement les *Séguias* creusées en terre sont considérées comme faiblement efficace du aux fortes pertes en eau par infiltration durant le transport des eaux d'irrigation.

En totale, les résultats ont montré que plus de 60 % des aménagements inventoriés sont très efficaces et jouent leur rôle conservatrice des eaux et des sols (figure 9).

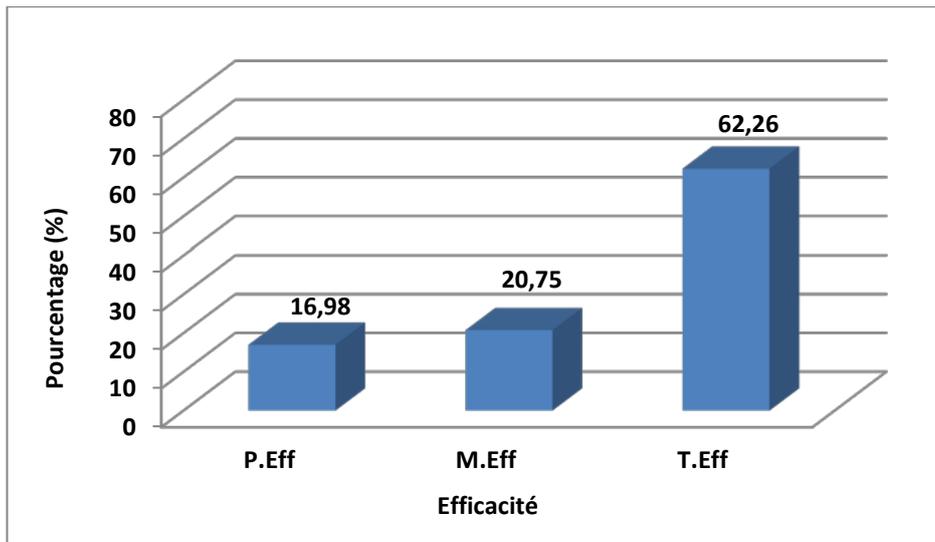


Figure 9 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Efficacité ».

I.2.7. Coût des aménagements

Le coût ici est pris comme variable qualitative et non pas quantitative. C'est une donnée approximative du coût de construction des aménagements et systèmes qui existent en majorité depuis un temps très ancestral. Cette variable est estimée par rapport aux matières de construction utilisées, la main d'œuvre mobilisée et le dimensionnement de ces aménagements, mais surtout le coût en termes de temps de travail. Il faut aussi prendre en considération le fait que l'exploitation de la technique est individuelle (comme les terrasses) ou communautaire (comme le Séhrige). Pour notre échantillon, le coût de 79 % des aménagements est considéré comme faible (figure 10).

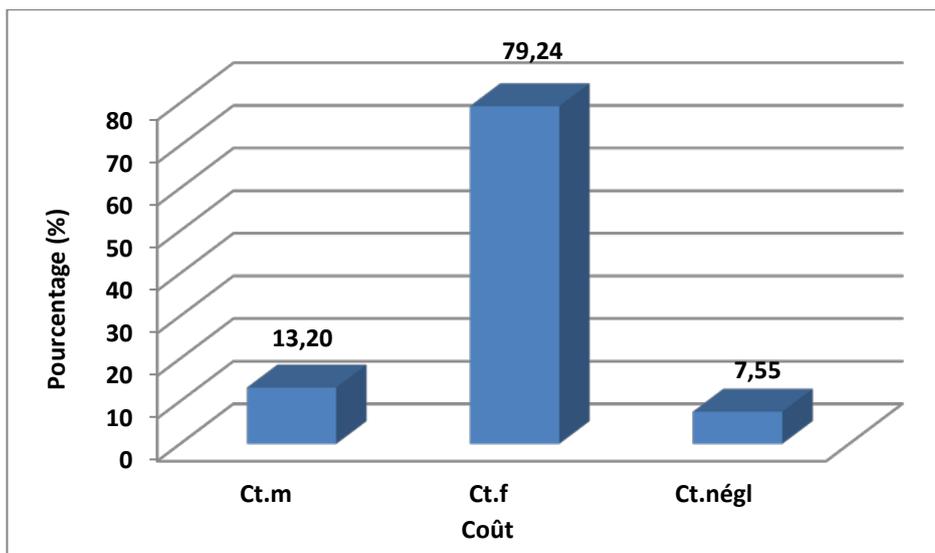


Figure 10 : fréquences d'effectifs pour chaque catégorie de la variable « Coût ».

I.2.8. Spécificités de construction et d'entretien des aménagements

L'entretien des aménagements augmente leur durée de vie, par contre l'absence d'un entretien permanent de ces aménagements réduit leur efficacité et leurs objectifs. Au niveau de la région de Béni Snous se trouve deux manières de faire l'entretien des aménagements. Les aménagements des terrains de cultures (terrasses de cultures en terre et avec murets en pierres et cuvettes individuelles en pierres), leur entretien se fait par le propriétaire (Propr) lui-même avec l'aide de la famille et amies. Par contre la construction et l'entretien des aménagements qui ont une relation avec la mobilisation et la gestion des eaux d'irrigation, sont faites par une opération communautaire dite « *Touiza* ». C'est une méthode très répandue en Algérie où la construction et l'entretien se fait collectivement entre les bénéficiaires.

I.2.9. Fréquence d'entretien des aménagements

La fréquence d'entretien (Freq.E) n'est pas la même pour tous les aménagements. Il y a des aménagements qui ne nécessitent pas un entretien, que durant les premières années de fonctionnement et après juste dans le besoin. Ces aménagements prennent la modalité « Peu fréquent » (P.fréq). Il y a aussi des aménagements qui nécessitent un entretien périodique (chaque année). Ils prennent la modalité « Moyennement fréquent » (M.fréq). D'autres aménagements ont besoin d'un entretien « Très fréquent » (T.fréq). Les aménagements qui exigent moins de travaux d'entretien se sont eux qui intéressent le plus les bénéficiaires.

I.2. 10. Acceptation et adoption des aménagements

L'acceptation est le critère qui présente la relation entre l'homme et la technique inventorié. Cette relation constitue l'un des facteurs les plus importants dans la stabilité ou la dégradation des sols. Seuls les ouvrages qui ont une utilité directe avec la population (réservoir d'eau, irrigation, abreuvement du cheptel, protection de la terre...) auront plus de chances d'être entretenus et protégés contre toute forme de dégradation. L'adoption est un critère qui représente la continuation d'utilisation des techniques d'une génération à autre. Les aménagements et systèmes inventoriés sont très acceptés par la population de la région de Béni Snous, mais la distension de leur adoption varie d'une commune à une autre. Les terrasses avec un simple talus sont très adoptées par la population de la commune Béni Bahdel que par les communes Béni Snous et Azails. Les cuvettes en pierres aussi, sont très adoptées et

répondues au niveau de la commune Béni Snous, moyennement adoptées par la population de la commune Béni Bahdel et faiblement adoptées au niveau de la commune Azails.

I.2.11. Reproduction des aménagements

Ce critère indique si les techniques sont encore utilisées et intéressées par les nouvelles générations où de nouvelles sites ont été récemment aménagés avec ces techniques. Les réponses possibles à cette question sont : "Oui" il y a des cas de reproductibilité de la technique ou "Non" il n'y a pas des cas de reproductibilité de la technique. Au niveau des communes Béni Snous et Béni Bahdel on trouve des cas de reproductibilités de certains aménagements tels que les terrasses avec un simple talus et les terrasses avec murets en pierres.

II. Résultats de l'Analyse de Correspondance Multiples et la classification hiérarchique (méthode Ward)

L'Analyse de Correspondance Multiples (ACM) et la classification hiérarchique (CH) ont permis d'étudier la variabilité des observations (aménagements). C'est à dire les ressemblances et différences entre observations. Pour le faire, ces méthodes vont extraire les principales dimensions de variabilité et classer les observations selon leurs profils de catégories. Effectivement, l'ACM et la CH nous permettent d'avoir des groupes d'observations (aménagements) et de les analyser selon les catégories qui les caractérisent. Ces groupes d'observations se ressemblent d'autant plus que leurs profils de répartition sur l'ensemble des catégories sont proches. C'est-à-dire, un ensemble d'observations sont proches s'ils possèdent un grand nombre de catégories en commun.

II.1. Choix des axes factoriels

La première étape de l'analyse est d'extraire les principales dimensions de variabilité ou axes factoriels (tableau 3, figure 11). À partir des pourcentages d'inertie (variance) de ces dimensions, correspondants aux différentes valeurs propres, nous avons pu faire le choix des axes à retenir pour tracer les cartes de visualisation de la dispersion des observations, variables et catégories.

Tableau 3 : valeurs propres.

Axes	valeurs propres	pourcentage de variance	cumul des pourcentages de variance
Dim 1	0,4880728	18,59325	18,59325
Dim 2	0,2860490	10,89710	29,49035
Dim 3	0,2487347	9,475607	38,96596
Dim 4	0,2005730	7,640875	46,60684
Dim 5	0,1822230	6,941830	53,54867
.	.	.	.
.	.	.	.
Dim 30	0,001462309	5,570700e-02	100,00000
Dim 31	0,009 e-29	3,775837e-30	100,00000

Chaque ligne du tableau 3 ci-dessus correspond à une variable virtuelle dont la colonne valeur propre fournit la variance (en fait, chaque valeur propre représente la variance du facteur correspondant). La colonne « *pourcentage de variance* » correspond au pourcentage de la variance de chaque ligne par rapport au total.

$$\text{Pourcentage de variance} = \text{valeur propre} / \text{somme (valeurs propres)} * 100$$

Où : somme (valeurs propres) = (0,4880728 + 0,2860490 + ... + 0,001462309) = 2,63 (à partir de la dimension 30 on obtient la somme totale des valeurs propres 100% de l’Inertie (tableau 3)).

Exemple : pour la première valeur des pourcentages de variance est :

$$\text{Pourcentage de variance (0,4880728)} = (0,4880728 / 2,63) \times 100 = 18,59\%$$

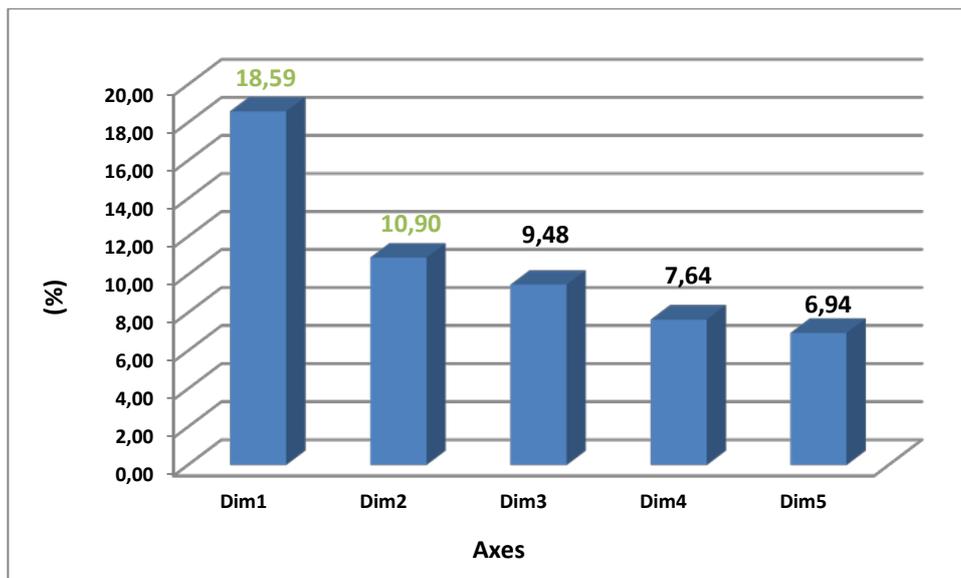


Figure 11 : histogramme des pourcentages des variances.

Du fait que les variables sont très nombreux et de nature qualitative, les axes vont logiquement retenir des pourcentages faibles d'inertie (variance). Selon le tableau 3 et la figure 11, les deux premiers axes prennent les pourcentages d'inertie les plus importants. Effectivement, le premier axe retient 18,59 % d'inertie et le deuxième axe retient 10,9 % d'inertie avec un cumule de 29,49 %. L'analyse des aménagements sera effectuée selon le plan factoriel formé par ces deux premiers axes factoriels, dû fait qu'ils retiennent les plus grandes parts d'inertie et qu'ils résument la plus grande variabilité des observations. Les proximités des observations sur ce plan traduisent une proximité des profils des variables. De même les proximités des catégories sur le plan traduisent une association forte entre ces catégories. Ainsi les observations sont de même côté des catégories qu'ils prennent.

II.2. Résultats de l'analyse sur les observations

Les résultats sont obtenus selon les deux axes factoriels. On va étudier le nuage de points d'observations obtenue par ACM (figure 12.a) et le graphique de classement des observations obtenue par la CH séquentiellement selon les deux axes (1 et 2) (figure 12.b), en regardant les coordonnées.

A) Etude des observations selon le premier axe factoriel

Selon les figure 12 a et b, le premier axe met en évidence une opposition entre deux groupes d'aménagements ou systèmes. Le premier groupe d'aménagement, qui se trouve au côté négative de ce premier axe, rassemble les aménagements terrasses avec un simple talus, terrasses avec murets en pierres et les cuvettes individuelles en pierres. Le deuxième groupe, qui se trouve au côté positif de ce même axe, comporte les *Seds* de dérivation des eaux des cours d'eau, le *Séhrdj* de stockage des eaux de sources et les *Séguias* de dérivation et de distribution des eaux d'irrigation. Ces deux groupes sont bien distingués selon ce premier axe.

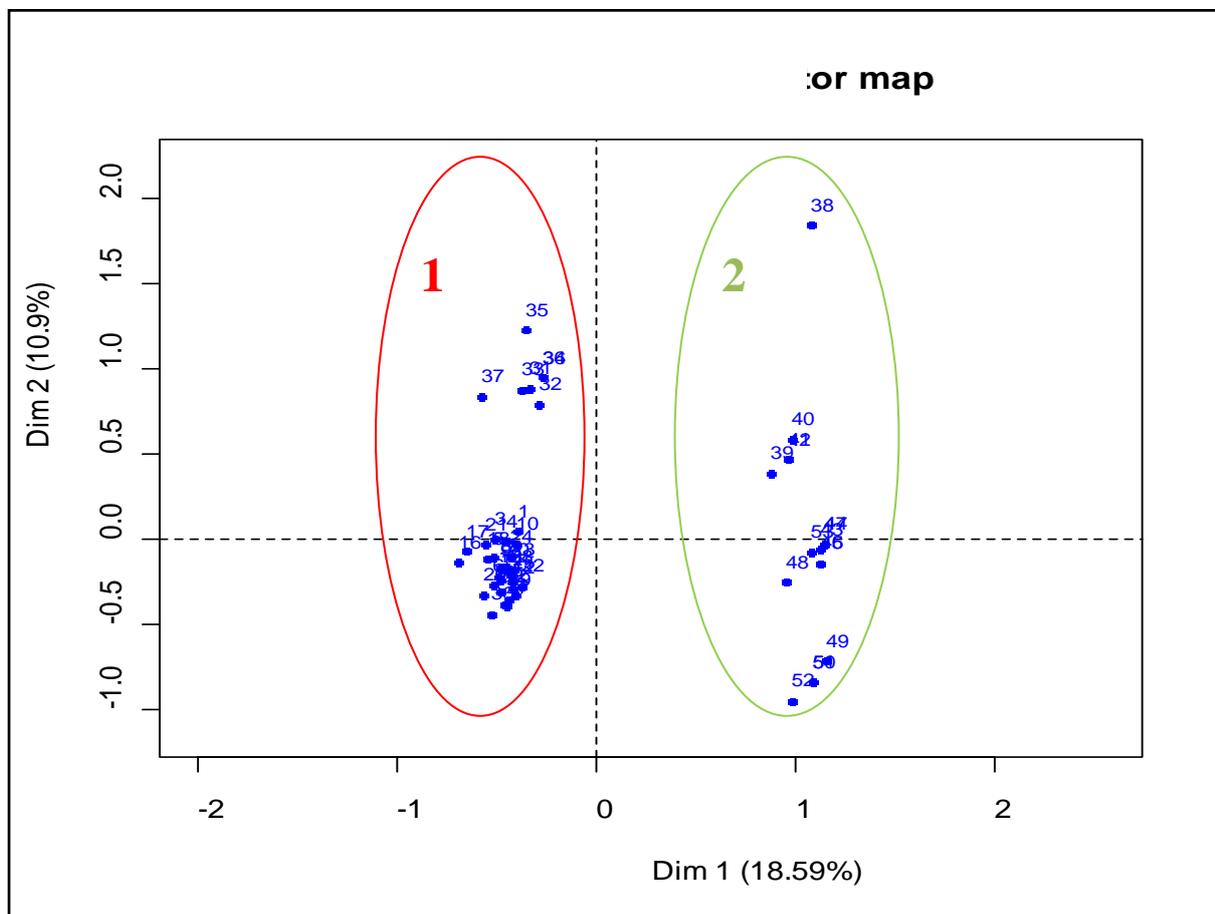


Figure 12.a : nuage de points des observations (aménagements) selon les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2). (Logiciel R).

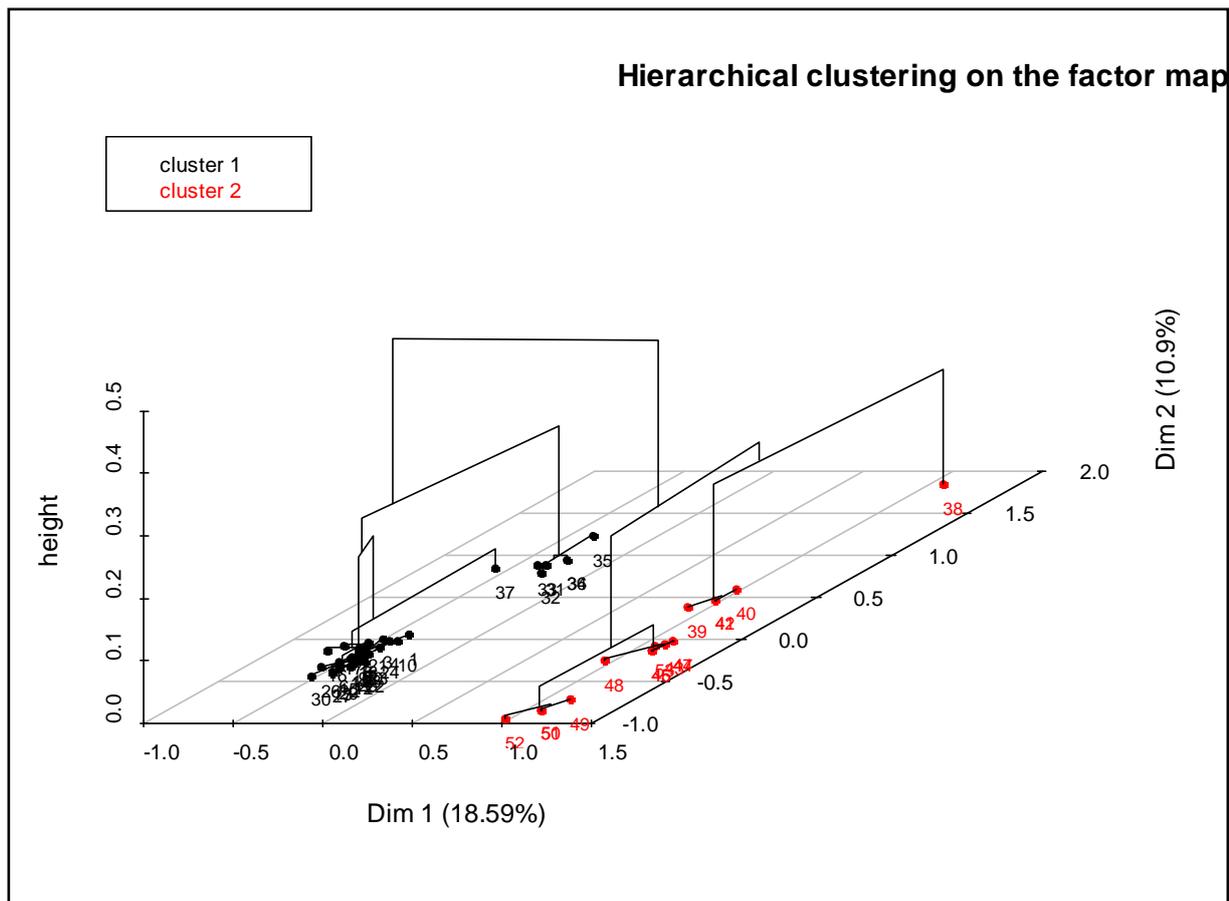


Figure 12.b : classification hiérarchique des observations (aménagements) selon les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2). (Logiciel R).

B) Etude des observations selon le deuxième axe factoriel

Ce deuxième axe (figure 12.a) met en évidence une opposition des aménagements cuvettes individuelles en pierre qui ont pour objectifs de capter les eaux de ruissellement et du sol au niveau des vallées et des versant et le *Séhridj* de stockage des eaux de sources (côté positif), aux systèmes de *Séguias* qui ont pour objectif la dérivation et la distribution des eaux d'irrigation vers les parcelles de cultures (côté négatif). Les autres observations (aménagements) sont mal représentées selon cet axe (proches du centre). Au contraire du premier axe, ce deuxième axe ne donne pas des groupes significatifs ce qui est bien illustré par la figure 12.b.

Les cartes de représentation des observations (figure 12 a et b), obtenue par les méthodes ACM et CH, ont permis donc de distinguer deux groupes d'aménagements (systèmes) selon l'axe horizontal. Le 1^{er} groupe, situé à gauche de cet axe, comprend les aménagements de 1 à

37 (terrasses avec murets en pierres, terrasses avec un simple talus en terre et cuvettes individuelles en pierres) et le 2^{ème} groupe, situé à droite, conglomère les aménagements de 38 à 53 (Seds, Séhridj et Séguias).

II.3. Résultats de l'analyse sur les variables et catégories

II.3.1. Rapports de corrélations (R^2)

Avant de passer à l'étude du nuage de points des catégories des variables qualitatives (paramètres), nous avons étudié en premier le rapport de corrélation (R^2) des variables avec les deux axes (dimension factoriel).

Ces valeurs (R^2) sont calculées pour chaque variable (question) par rapport à chaque dimension. Elles représentent l'intensité de la liaison entre la variable qualitative et la variable quantitative correspondant aux coordonnées des observations sur l'axe considéré.

Ce coefficient peut être calculé de la manière suivante :

$$R^2 = \frac{\text{Contribution relative de la question à l'inertie de l'axe} \times \text{Valeur propre de l'axe}}{\text{Nb de questions}}$$

La contribution relative d'une question à l'inertie d'un axe est la somme des inerties relatives des différentes catégories de cette question. Ainsi, pour l'exemple de la variable « Type » sur l'axe 1, avec une valeur propre correspondante égale à 0,4880728 (tableau 3), on obtient un bon rapport de corrélation de 0.99 (tableau 4).

$$R^2 (\text{Type, axe1}) = \frac{(0,43225522+0,57702256+1,76713368+6,47913055+2,74010921+0,67440846)}{100} \times 0,4880728 \times 16$$
$$= 0.99$$

Tableau 4 : rapports de corrélation des variables avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).

Variables	Axe 1 (Dim1) R^2	Axe 2 (Dim2) R^2
Type *	0,99 *	0,87 *
Objectif.E *	0,99 *	0,73 *
Objectif.S *	0,99 *	0,48 *
Etat *	0,90 *	0,01
Pente *	0,73 *	0,27
Altitude *	0,70 *	0,39
Entretien *	0,66 *	0,06
Coût *	0,65 *	0,21
Frequence.E	0,37	0,06
Texture.S	0,20	0,38
Age	0,15	0,31
Adoption	0,14	0,23
Reproduction	0,13	0,28
Acceptation	0,10	0,00
Pression.H	0,07	0,20
Efficacité	0,04	0,08

* : désignes les rapports de corrélation supérieurs à 0,45.

Lorsque le coefficient R^2 pour une des variables est proche de 1, comme il est le cas pour la variable « Type » (0,99), les catégories de cette variable sont nettement séparées les unes des autres et les observations correspondant à une même catégorie de cette même variable sont très regroupés. Au contraire, lorsque R^2 est proche de 0, les moyennes des groupes définis par les différentes catégories sont proches les unes des autres, les observations d'un même groupe sont dispersés.

Ainsi les variables qui ont les meilleurs rapports de corrélation, avec l'un des dimensions factoriels, sont les variables qui sont dépendantes et bien liées les unes avec les autres et qui contribuent fortement à la formation des deux groupes d'aménagements distinguées. Par contre, celles qui ont de faibles rapports de corrélation sont indépendantes et donc contribuent très faiblement à la formation de ces deux groupes. Dû fait que les variables sont de nature qualitative, un R^2 supérieur à 0,45 est considéré comme un bon rapport de corrélation. La figure 13 représente les variables selon leurs rapports de corrélation avec les deux premiers axes factoriels.

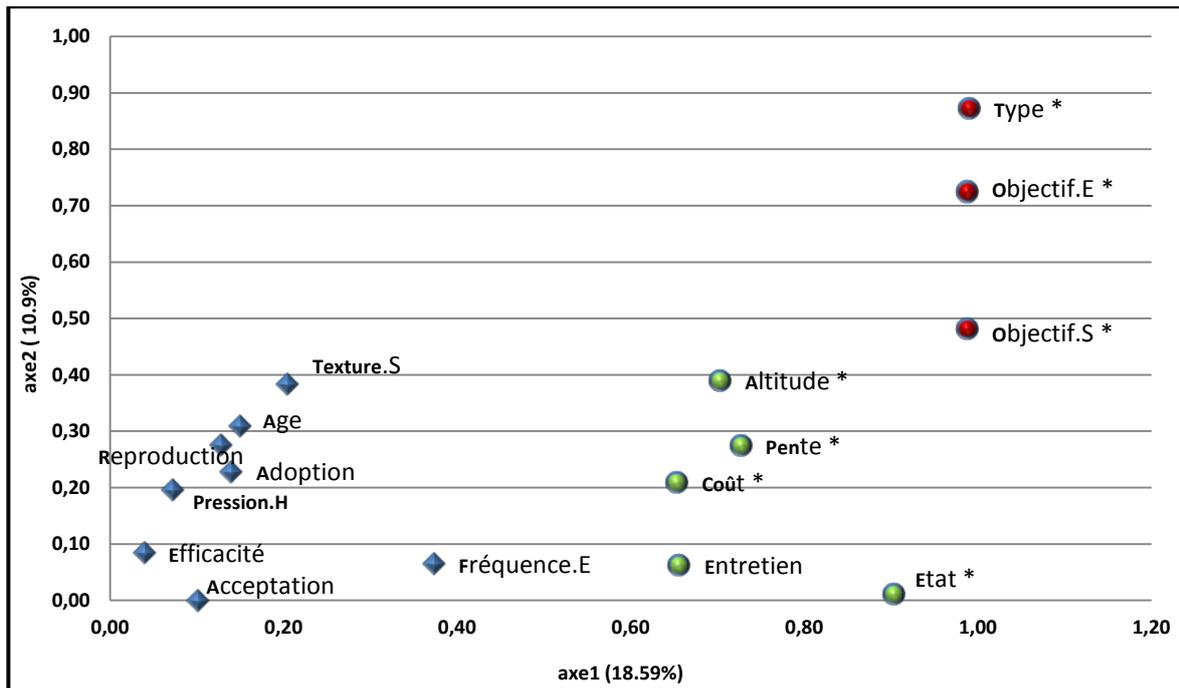


Figure 13 : présentation des variables selon leurs rapports de corrélation avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).

Selon le tableau 4 et la figure 13, les variables qui ont un bon rapport de corrélation ($R^2 > 0,45$) avec l'un ou les deux axes (1 et 2) sont : le type de technique (*Type*), l'objectif de la technique en conservation d'eau (*Objectif.E*), l'objectif de la technique en conservation des sols (*Objectif.S*), l'état de la technique (*Etat*), la pente du site aménagé (*Pente*), l'altitude du site aménagé (*Altitude*), la spécificité d'entretien (*Entretien*) et le coût de construction des aménagements (*Coût*). Ceci s'explique par la forte dépendance entre ces variables et donc la forte liaison entre leurs catégories. Par contre, les autres variables (*Fréquence.E*, *Texture.S*, *Age*, *Acceptation*, *Adoption*, *Reproduction*, *Pression.H* et *Efficacité*) sont faiblement liées les unes avec les autres. Donc selon ces résultats l'efficacité des aménagements (*Efficacité*), n'est pas vraiment conditionnée ni par leur âge ni par leur état et ainsi la fréquence d'entretien (*Fréquence.E*). Mais, ce résultat est peut être influencé par le fait que les objectifs de ces aménagements, de point de vue conservation des eaux et des sols, diffèrent d'une technique à autre. On peut dire aussi que la manière d'estimer l'efficacité des aménagements diffèrent. Effectivement, pour le cas des *Seds*, le *Séhidj* et les *Séguias*, leur efficacité est estimée directement sur terrain. Par contre, l'efficacité des autres aménagements (terrasses avec murets en pierre, terrasses avec un simple talus incliné, cuvettes individuelles) est évalué à partir de l'estimation, sur les terrains aménagés, du degré d'érosion en nappe et linéaire, degré

d'existence des cailloux, degré d'existence de la matière organique et en fin l'infiltration (voire l'analyse uni-variée de la variable efficacité ci-dessus). Par la suite, pour ces aménagements, nous allons étudier séparément la relation entre cette variable "*Efficacité*" et les paramètres pente, altitude, érosion en nappe, érosion linéaire, existence de cailloux, existence de la matière organique et infiltration ainsi que état de la technique et type de culture.

La structure du sol (*Texture.S*) est presque la même sur les sites visités ce qui explique son faible rapport de corrélation (0,20) avec les autres variables. Concernant les variables Acceptation, Adoption et Reproduction, ce sont des variables qui ont beaucoup plus une relation avec les communes où se localisent les sites aménagés visités et non pas avec les techniques eux même. C'est-à-dire les questions posées sont : est ce que tel aménagement est acceptée (*Acceptation*) et adoptée (*Adoption*) par la population de tel ou tel commune. Et de même pour la variable reproduction (*Reproduction*) des aménagements ; est ce qu'il y a des cas de reproduction de tel ou tel aménagement au niveau de tel ou tel commune. La pression humaine aussi (*Pression.H*) elle a une relation avec les sites (villages) visités. Est-ce que le village visité, au niveau de quel on a un échantillon d'observation, il y a une forte pression humaine ou non. Ces variables seront interprétées en parallèle avec les variables qui sont en forte relation (dépendantes), selon l'exigence et le besoin.

II.3.2. Etude du nuage de points des catégories

Ce titre consiste à étudier et décrire les deux groupes d'aménagements (observations) distingués, en se focalisant sur l'étude du nuage de points des catégories sur le même plan factoriel des observations. Et Afin d'avoir une carte de représentation des catégories bien visible et mieux lisible, nous avons retenu seulement les catégories des variables qui ont un bon rapport de corrélation ($R^2 > 0,45$) avec les deux axes et donc qui ont une forte dépendance les unes avec les autres. Les coordonnées des catégories de ces variables, nécessaires pour tracer le nuage de points, sont présentées sur le tableau 5.

Tableau 5 : coordonnées des catégories des variables qui ont un bon rapport de corrélation avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2).

Variables	Catégories	Coordonnées	
		Axe 1 (Dim1)	Axe 2 (Dim2)
Type	CEP	-0,506	1,737
	Séhr	1,545	3,440
	Sed	1,352	0,885
	Seg	1,561	-0,699
	TEP	-0,687	-0,320
	TET	-0,682	-0,626
Objectif.E	SAI	-0,686	-0,382
	SCRVV	-0,506	1,737
	SDE	1,506	-0,277
	SMSE	1,545	3,440
Objectif.S	APS	1,508	-0,044
	CS	-0,506	1,737
	MP	-0,686	-0,382
Etat	F.A	1,381	-0,062
	F.A.V	-0,628	0,031
	P.D	-0,722	0,268
	T.D	-0,793	-0,310
Pente	Pt.1	0,395	0,192
	Pt.2	-0,526	-0,384
	Pt.3	-0,482	0,691
	Pt.4	-0,625	0,315
	Pt.5	-0,575	-0,623
	Pt.V	1,561	-0,699
Altitude	Alt.1	-0,910	0,650
	Alt.2	-0,695	-0,429
	Alt.3	-0,333	-0,356
	Alt.4	-0,105	0,796
	Alt.5	-0,611	0,337
	Alt.V	1,561	-0,699
Entretien	Propr	-0,438	-0,136
	Touiza	1,496	0,465
Coût	Ct.f	-0,413	0,090
	Ct.m	1,598	0,360
	Ct.négl	1,544	-1,572

A) Etude des catégories selon le premier axe factoriel

Les tableaux 5 et 6, ainsi que la carte de représentation des catégories (figure 14), met en évidence à son tour une opposition entre deux groupes distincts de catégories selon l'axe1. Cette opposition montre que le 1^{er} groupe d'aménagement (observations) est caractérisé par les catégories qui sont bien associées et regroupées au côté négative de l'axe1 (SAI et SCRVV de la variable « *Objectif.E* » ; MP et CS de la variable « *Objectif.S* » ; F.A.V, P.D et T.D de la variable « *Etat* » ; Pt.2, Pt.3, Pt.4, Pt.5 de la variable « *Pente* » ; Alt.1, Alt.2, Alt.3, Alt.4, Alt.5 de la variable « *Altitude* » ; Ct.f de la variable « *Coût* » et Propr de la variable « *Entretien* »). Cependant le 2^{ème} groupe est caractérisé par les catégories bien rassemblées au côté positive (SDE et SMSE ; APS ; F.A ; Pt.1 et Pt.V ; Alt.V ; Ct.négl et Ct.m ; et Touiza des mêmes variables).

B) Etude des catégories selon le deuxième axe factoriel

L'axe2 (tableau 5 et 6 et figure 14) est défini seulement par les variables *Type*, *Objectif.E*, *Objectif.S*, *Pente*, *Altitude* et *Coût*. Les autres variables (*Etat* et *Entretien*) ont un très faible rapport de corrélation avec ce deuxième axe. Cet axe oppose les catégories CEP, Res et Sed de la variable « *Type* » ; les catégories SCRVV et SMSE de la variable « *Objectif.E* » ; la catégorie CS de la variable « *Objectif.S* » ; les catégories Pt.3, Pt.1 et Pt.4 de la variable « *Pente* » ; les catégories Alt.4, Alt.1 et Alt.5 de la variable « *Altitude* » et les catégories Ct.f et Ct.m de la variable « *Coût* » (au côté +), successivement, aux catégories Seg, TEP et TET ; catégories SAI et SDE ; catégories MP et APS ; catégories Pt.V, Pt.2 et Pt.5 ; catégories Alt.V, Alt.2 et Alt.3 et la catégorie Ct.négl (au côté -) des mêmes variables.

Les catégories CEP, Séhr, Seg et TET; SCRVV et SMSE ; CS et MP ; Pt.3, Pt.5 et Pt.V ; Alt.1, Alt.4 et Alt.V sont les mieux représentés sur ce deuxième axe. Les autres modalités sont mal représentées (tableau 5) où ils sont très proches du centre selon cet axe. Donc, et au contraire du premier axe, ce deuxième axe ne donne pas des groupes significatifs de catégories.

Donc, la carte de nuage de points des catégories (figure 14), obtenue suivant les coordonnées des catégories remportées par la méthode ACM (tableau 5), a permis de distinguer deux groupes de catégories selon l'axe horizontal. Le 1^{er} groupe de catégories, situé à gauche de cet axe, caractérise le premier groupe d'aménagements (*terrasses avec murets en pierres, terrasses avec un simple talus en terre et cuvettes individuelles en pierres*) distingué

selon ce même axe (figure 12 a et b) et le 2^{ème} groupe de catégories, situé à droite, caractérise les aménagements du deuxième groupe (*Seds, Séhridj et Séguias*).

III. Résultats d’analyse de l’efficacité des aménagements des terrains de culture (terrasses et cuvettes)

Le but de ce titre est d’évaluer l’efficacité des aménagements des terrains de culture. C'est-à-dire d’estimer "est ce que ces aménagements jouent encore leur rôle de réduire les problèmes d’érosion et d’améliorer l’infiltration des eaux de pluies au profit des cultures". Nous voulons aussi analyser si l’état des aménagements et le type de culture ont une influence sur leur efficacité vis-à-vis de la lutte contre l’érosion. Les aménagements concernés par ce titre sont les terrasses avec murets en pierre (TEP), terrasses avec un simple talus incliné (TET) et les cuvettes individuelles renforcés avec des pierres (CEP). L’échantillon représentatif de ces aménagements est de 37 individus.

Cette évaluation repose elle aussi sur l’Analyse de Correspondance Multiples (ACM) ainsi qu’une classification hiérarchique (méthode de Ward) effectuée sur les variables efficacité, érosion en nappe, érosion linéaire, existence de la matière organique, existence des cailloux, infiltration des eaux, état des aménagements, type de culture, pente et altitude.

Le tableau récapitulatif des 37 dossiers d’enquêtes (individus) contient donc 10 colonnes représentant les 10 variables retenues pour évaluer l’efficacité de ces techniques (aménagements) (tableau 7).

Tableau 7 : variables qualitatives et catégories (analyse de l’efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).

Variables	Signification des variables	Catégorie	Signification des catégories
Et	Etat des techniques	F.A	Fonctionnelle Actuellement
		F.A.V	Fonctionnelle Actuellement et Valorisé
		P.D	Peu Dégradé
		T.D	Très Dégradé

Pt	Pente des terrains aménagés	Pt.1	[0-3]
		Pt.2	[3-6]
		Pt.3	[6-12,5]
		Pt.4	[12,5-25]
		Pt.5	[25-40]
		Pt.V	Pente Variable
Alt	Altitude des terrains aménagés	Alt.1	[500-600]
		Alt.2	[600-700]
		Alt.3	[700-800]
		Alt.4	[800-900]
		Alt.5	[900-1600]
		Alt.V	Altitude Variable
T.Clt	Type de culture	monocult	Monoculture
		intercal	Culture Intercalaire
E.na	Erosion en nappe	En.f	Erosion en nappe faible
		En.m	Erosion en nappe moyenne
		En.ft	Erosion en nappe forte
E.lin	Erosion linéaire	El.nl	Erosion linéaire nulle
		El.m	Erosion linéaire moyenne
		El.ft	Erosion linéaire forte
E.MO	Existence de la matière organique	EMO.ft	Existence de la matière organique forte
		EMO.m	Existence de la matière organique moyenne
		EMO.f	Existence de la matière organique faible
E.cail	Existence des cailloux	EC.f	Existence des cailloux faible
		EC.m	Existence des cailloux moyenne
		EC.ft	Existence des cailloux forte
Inf.	Infiltration	Inf.B	Bonne Infiltration
		Inf.Moy	Infiltration moyenne
		Inf.F	Faible infiltration
Eff	Efficacité des techniques par rapport à la conservation des eaux et du sol	T.Eff	Très Efficace
		M.Eff	Moyennement Efficace
		P.Eff	Peu Efficace

III.1. Choix des axes factoriels

Les premiers résultats obtenus sont les pourcentages des variances correspondants aux différentes valeurs propres des nouveaux variables synthétiques (tableau 8).

Tableau 8 : valeurs propres (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).

Axes	valeurs propres	pourcentage de variance	cumul des pourcentages de variance
Dim 1	0,5559479	23,16450	23,16450
Dim 2	0,3647381	15,19742	38,36192
Dim 3	0,2401772	10,00738	48,36930
Dim 4	0,2091501	8,714588	57,08389
Dim 5	0,1519194	6,329975	63,41387
.	∓	∓	∓
.	∓	∓	∓
Dim 21	2,182722e-03	9,094673e-02	100,00000
Dim 22	2,794553e-33	1,164397e-31	100,00000

Ces pourcentages sont présentés par la figure 15. D'après cet histogramme, ce sont les deux premiers axes (Dim1 et Dim 2) (figure 15) qui prennent les pourcentages d'inertie les plus importants avec successivement 23,16 % et 15,2 % d'inertie et qui expliquent donc 38,36 % de la variabilité globale. C'est selon ce premier plan factoriel formé par ces deux axes qu'on va étudier les proximités des individus (questionnaires).

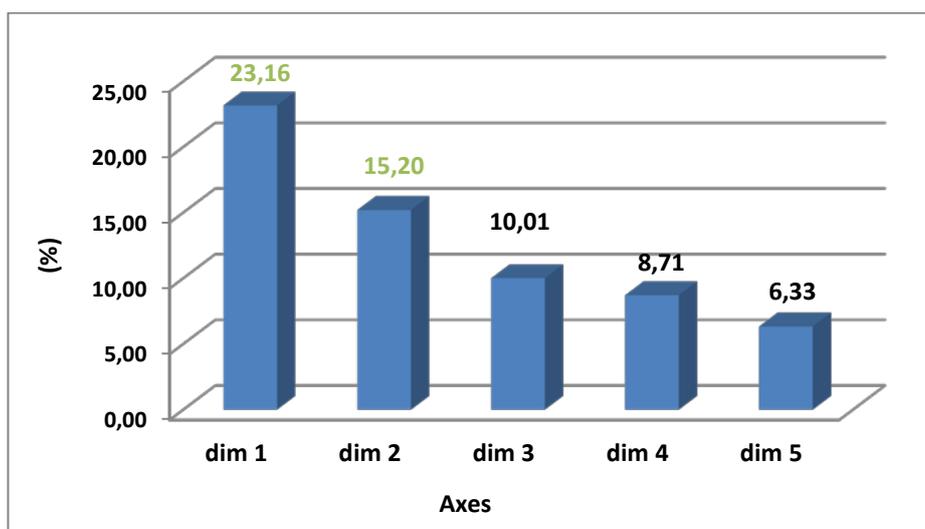


Figure 15 : histogramme des pourcentages des variances (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).

III.2. Résultats de l'analyse sur les observations

Les résultats sont obtenus selon les deux axes factoriels Dim1 et Dim2. Nous allons étudier le nuage de points d'observations selon le plan formé par ces deux axes, en regardant les coordonnées.

Selon la figure 16, il y a trois groupes d'aménagements ou systèmes selon le plan factoriel formé par les axes 1 et 2. Ces trois groupes sont bien distingués selon ce plan.

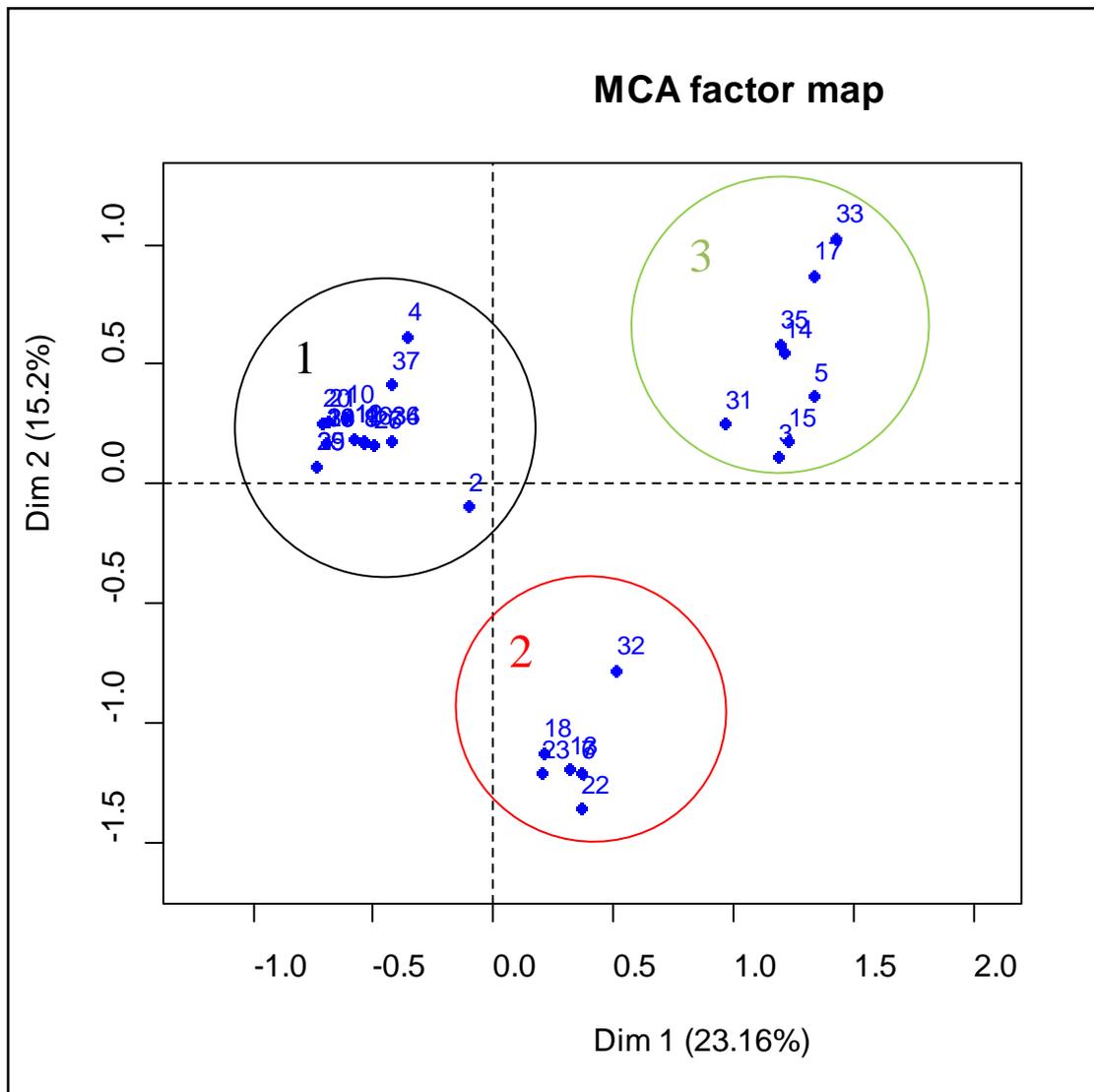


Figure 16 : regroupement de nuage de points des observations selon le plan factoriel formé par les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2). (Logiciel R).

Le premier groupe, qui se trouve au côté négatif du premier axe, agglomère les aménagements : 1, 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 36 et 37.

Le deuxième groupe d'aménagement, qui se trouve au côté positif de ce premier axe, agglomère les aménagements 6, 7, 13, 18, 22, 23 et 32.

Le troisième groupe d'aménagements, qui se trouve aussi au côté positif de ce premier axe, est composé par les observations 3, 5, 14, 15, 17, 31, 33 et 35.

La carte de représentation des observations (figure 16), obtenue par la méthode ACM, a permis donc de distinguer trois groupes d'aménagements (systèmes) selon le plan factoriel formé par les deux axes.

La classification hiérarchique confirme la présence de trois groupes d'aménagement (figure 17) selon ce plan factoriel et plus précisément selon le premier axe (Dim.1).

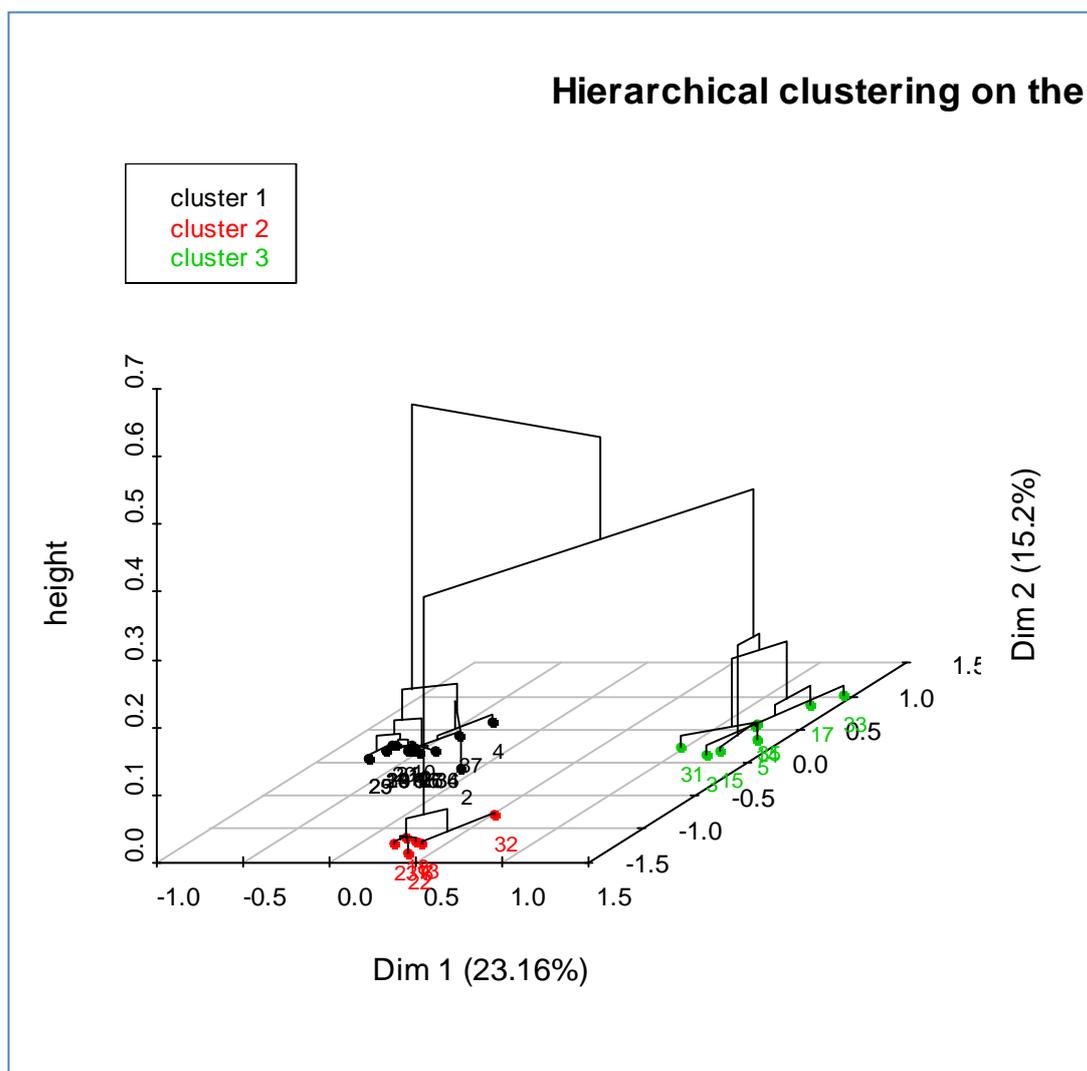


Figure 17 : classification hiérarchique des terrasses et des cuvettes selon les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2). (Logicien R).

III.3. Résultats de l'analyse sur les variables et catégories

III.3.1. Rapports de corrélation (R^2)

A partir du tableau 9 et la figure 18, nous apercevons que sur se plan factoriel, c'est selon le premier axe où nous avons autant de variables qui ont un bon rapport de corrélation ($R^2 > 0,45$).

Tableau 9 : rapports de corrélation des variables avec les deux axes (Dim1 et Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).

	Axe 1 (Dim1)	Axe 2 (Dim2)
Variables	R^2	R^2
Eff	0,97	0,90
E.M.O	0,95	0,80
E.Cail	0,90	0,70
E.na	0,90	0,60
T.clt	0,48	0,08
Inf.	0,45	0,11
Et	0,34	0,13
E.lin	0,26	014
Pt	0,09	0,11
Alt	0,23	0,05

Ces variables qui ont un $R^2 > 0,45$ sont : l'efficacité des aménagements (*Efficacité*), l'existence de la matière organique (*E.M.O*), l'existence des cailloux (*E.Cail*), l'érosion en nappe (*E.na*), le type de culture (*T.clt*) et l'infiltration (*Inf*). Ceci s'explique par la forte dépendance entre ces variables et donc la forte liaison entre leurs catégories. Par contre, les autres variables (*E.lin*, *Etat*, *Pente*, *Altitude*) sont faiblement liées avec les autres. Donc pour notre échantillon et selon ces résultats, l'efficacité des aménagements (*Efficacité*) n'est influencé ni par la pente, ni par l'altitude ni même par l'état des aménagements.

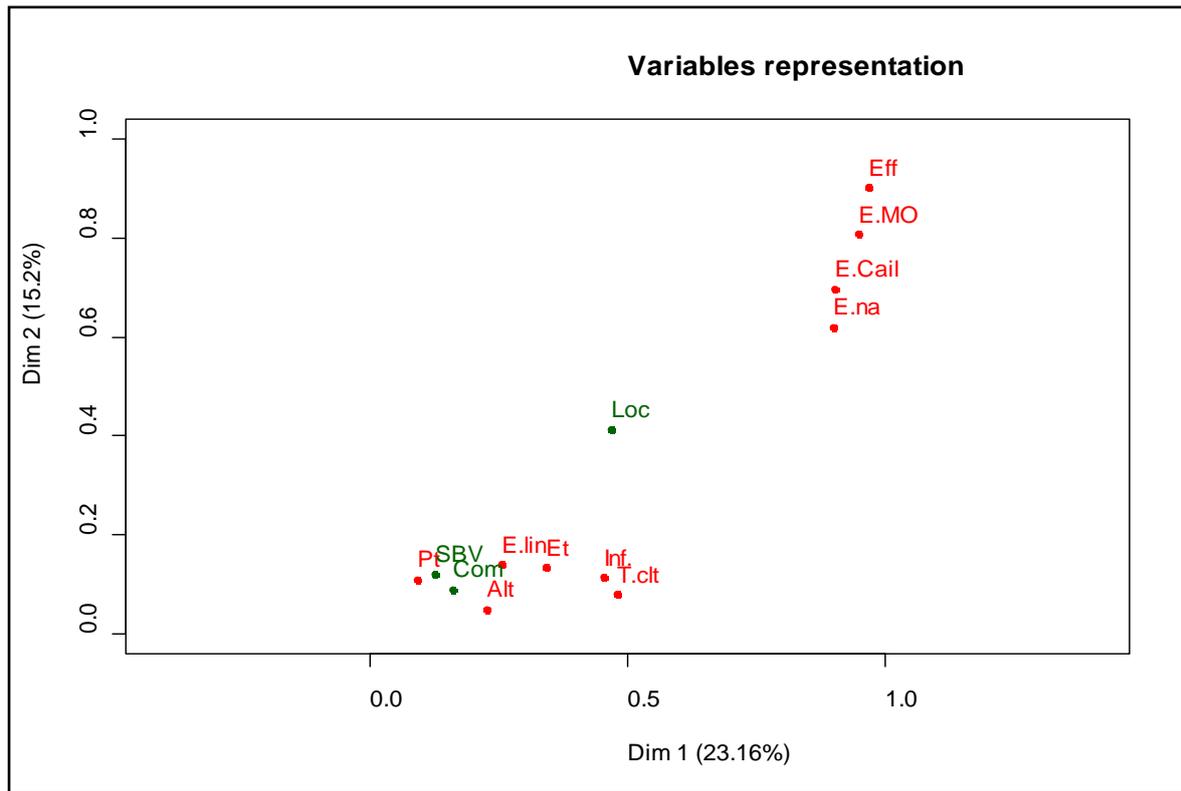


Figure 18 : présentation des variables selon leurs rapports de corrélation avec les deux axes 1 et 2 (Dim1 et Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes). (Logiciel R).

III.3.2. Etude du nuage de points des catégories

Cette fois dû fait que le nombre de variables et donc de catégories est moins important, nous avons gardé la carte de représentation des catégories de toutes les variables (figure 19), même celles des variables qui ont un rapport de corrélation inférieur à 0,45 avec les deux axes (Dim1 et Dim2). Cette carte nous permet de voir au même temps les catégories et les observations qu'elles caractérisent.

E.M.O	EMO.ft	-0,7472220	0,31903369
	EMO.m	0,4110169	-2,02882945
	EMO.f	1,5525313	0,57269285
E.Cail	EC.f	-0,7762686	0,34199735
	EC.m	0,6274127	-1,31767453
	EC.ft	1,6712523	0,99913349
E.na	En.f	-0,7472220	0,31903369
	En.m	0,7851048	-1,22933290
	En.ft	1,7175671	1,05491758
T.clt	monocult	0,5711287	-0,23141035
	intercal	-0,8376555	0,33940185
Inf.	Inf.B	-0,2927454	-0,07180264
	Inf.Moy	1,2581702	-0,35882258
	Inf.F	1,7668659	1,10078318
Et	F.A	-0,9494970	0,41563501
	F.A.V	-0,2229052	-0,18998791
	P.D	0,5443780	0,69297588
	T.D	1,7454116	0,77403693
E.lin	El.nl	-0,1916864	-0,14616344
	El.m	0,9105536	1,03828212
	El.ft	1,7011516	0,78119183
Pt	Pt.1	-0,4922269	-0,67973315
	Pt.2	-0,1829957	-0,07258217
	Pt.3	-0,1133699	0,44888317
	Pt.4	0,4430858	-0,17608258
	Pt.5	-0,1372421	-0,16320322
Alt	Alt.1	-0,6401354	0,48703474
	Alt.2	-0,4322761	-0,14410742
	Alt.3	0,4308138	-0,03754577
	Alt.4	0,1387647	-0,03634361
	Alt.5	1,1247087	0,56787671

A partir des résultats de l'ACM (tableau 10 et figure 19) et le tableau de classification hiérarchique des observations (tableau 11), nous avons pu connaître qu'elles sont les catégories qui caractérisent chaque groupe d'observations (aménagements).

- ✓ **Groupe 1 :** Suivant la figure 19 et les tableaux 10 et 11, les aménagements de ce premier groupe, présentés par les individus 1, 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 19, 20, 21, 24 qui sont des terrasses avec murets en pierres (TEP) ; 25, 26, 27, 28, 29, 30 qui sont des terrasses avec un simple talus (TET) ; 34, 36 et 37 qui sont des cuvettes individuelles en pierres (CEP), sont tous fonctionnels actuellement et valorisés (F.A.V) avec deux cas seulement qui sont un peu dégradés (P.D). Ils représentent tous une très bonne efficacité (T.Eff) sur les différents types d'érosion où les signes d'une érosion en nappe sont faibles (En.f), l'existence des cailloux est faible (EC.f) et l'érosion linéaire est quasiment nulle. Les terres aménagées par ces techniques sont caractérisé aussi par l'existence forte de la matière organique (E.MO.ft) et une bonne infiltration (Inf.B). 68,18 % des techniques de ce groupe sont des terrasses de culture intercalaire (intercal) où les cultures arboricoles et maraichères se font en étage. Les terres de ces terrasses sont en générale labourées pour aérer le sol, bénéficiées de l'utilisation du fumier naturel pour améliorer la texture et le rendement du sol et aménagées par suites en billons ou en planches pour mieux gérer les eaux d'irrigation. Ce pourcentage assez important, semble bien montrer l'efficacité de la combinaison entre ces aménagements physiques et les pratiques culturelles simples précitées aussi bien qu'en termes de protection des sols contre l'érosion que l'amélioration des rendements. Les autres terrasses, de ce même groupe, destinés à l'arboriculture et l'oléiculture (monocult), leur très bonne efficacité sur les différents types d'érosion est dû au fait qu'elles sont bien entretenues et protégées contre la pression animale et humaine. Pour les cuvettes individuelles en pierre leur très bonne efficacité face l'érosion, la forte existence de la matière organique et la bonne infiltration est dû aussi au fait qu'elles bénéficient d'un travail du sol et un ajout de fumier naturel. Il faut citer aussi que la majorité de ces techniques se trouvent près des habitations ce qui permet et facilite leur entretien.

- ✓ **Groupe 2 :** les aménagements de ce deuxième groupe (23, 32, 13, 7, 6, 22, 18), selon la figure 19 et les tableaux 10 et 11, sont tous fonctionnels actuellement et valorisé (F.A.V), mais se groupe présente une efficacité moyenne (M.Eff) face à l'érosion. Effectivement, ces aménagements montrent une érosion en nappe moyenne (En.m), existence des cailloux moyenne (EC.m) et une existence de la matière organique en

majorité moyenne (E.MO.m). L'infiltration est en majorité bonne (Inf.B). Cette fois les aménagements de ce groupe sont en majorité des terrasses de monocultures (monocult).

- ✓ **Groupe 3 :** toujours d'après la figure 19 et les tableaux 10 et 11, les aménagements de ce troisième groupe (3, 5, 14, 15, 17, 31, 33 et 35) représentent un état variant entre fonctionnels actuellement et valorisé (F.A.V) et très dégradé (T.D). Ils sont peu efficaces (P.Eff) face à l'érosion, l'existence de la matière organique est faible (E.MO.f), l'existence des cailloux est en majorité forte (EC.ft) et l'érosion en nappe est entre moyenne et forte (En.m, En.ft). L'infiltration est entre bonne, moyenne et faible (Inf.B, Inf.Moy, Inf.F). Pour ce groupe, le type de culture est aussi monoculture (monocult).

Tableau 11 : classification hiérarchique des observations selon leurs profils de catégories avec les deux axes 1 et 2 (Dim1, Dim2), (analyse de l'efficacité des aménagements terrasses et cuvettes).

Clust	N°	SBV	Com	Loc	Eff	E.MO	E.Cail	E.na	T.clt	Inf.	Et	E.lin	Pt	Alt
1	25	O.T	C.BB	B.Behdel	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.1	Alt.2
	29	O.S	C.AZ	El.Mamlouh	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.1	Alt.2
	20	O.T	C.BB	B.B.Behdel	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A	EL.nl	Pt.4	Alt.2
	19	O.T	C.BB	B.Behdel	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.2	Alt.2
	24	O.S	C.AZ	D.El Arab	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.2	Alt.2
	28	O.T	C.BB	B.Behdel	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.2	Alt.2
	30	O.K	C.AZ	Zahra	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.2	Alt.2
	21	O.T	C.BB	S.Amer	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.3	Alt.2
	10	O.K	C.BS	O.Arbi	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.3	Alt.4
	12	O.K	C.BS	El.Adaoui	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.2	Alt.3
	11	O.K	C.BS	El.Adaoui	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.2	Alt.3
	8	O.K	C.BS	O.Arbi	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.4	Alt.4
	9	O.K	C.BS	O.Arbi	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.4	Alt.4
	1	O.K	C.BS	O.Moussa	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.4	Alt.4
	16	O.T	C.BB	Tassa	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	monocult	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.2	Alt.1
	26	O.T	C.BB	Tassa	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	monocult	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.3	Alt.2
	27	O.T	C.BB	Kaddara	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	monocult	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.3	Alt.2
	37	O.T	C.BB	Tassa	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	monocult	Inf.B	P.D	EL.nl	Pt.3	Alt.1
	34	O.K	C.BS	O.Moussa	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	monocult	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.3	Alt.4
	36	O.K	C.BS	O.Moussa	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	monocult	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.3	Alt.4
4	O.K	C.BS	El.Harak	T.Eff	EMO.ft	EC.f	En.f	intercal	Inf.B	P.D	EL.m	Pt.3	Alt.4	
2	O.K	C.BS	S.Ouariach	T.Eff	EMO.ft	EC.m	En.f	monocult	Inf.B	F.A.V	EL.nl	Pt.5	Alt.5	

2	23	O.S	C.AZ	D.El Arab	M.Eff	EMO.m	EC.m	En.m	monocult	Inf.B	F.A.V	El.nl	Pt.2	Alt.2
	32	O.T	C.BB	S.Amer	M.Eff	EMO.m	EC.m	En.m	monocult	Inf.B	F.A.V	El.nl	Pt.3	Alt.2
	13	O.K	C.BS	El.Menzel	M.Eff	EMO.m	EC.m	En.m	monocult	Inf.B	F.A.V	El.nl	Pt.2	Alt.3
	7	O.K	C.BS	El.Harak	M.Eff	EMO.m	EC.m	En.m	monocult	Inf.B	F.A.V	El.nl	Pt.4	Alt.4
	6	O.K	C.BS	El.Harak	M.Eff	EMO.m	EC.m	En.m	monocult	Inf.B	F.A.V	El.nl	Pt.4	Alt.4
	22	O.S	C.BS	El.Mamlouh	M.Eff	EMO.m	EC.m	En.m	monocult	Inf.Moy	F.A.V	El.nl	Pt.1	Alt.2
	18	O.K	C.AZ	O.Arbi	M.Eff	EMO.f	EC.m	En.m	monocult	Inf.B	F.A.V	El.nl	Pt.4	Alt.4
3	31	O.K	C.BS	O.Arbi	P.Eff	EMO.f	EC.ft	En.m	monocult	Inf.B	F.A.V	El.m	Pt.4	Alt.4
	3	O.K	C.BS	S.Ouariach	P.Eff	EMO.f	EC.m	En.m	monocult	Inf.F	P.D	El.nl	Pt.4	Alt.5
	35	O.K	C.BS	O.Moussa	P.Eff	EMO.f	EC.ft	En.ft	monocult	Inf.B	F.A.V	El.ft	Pt.4	Alt.4
	33	O.K	C.BS	Maghraoua	P.Eff	EMO.f	EC.ft	En.ft	monocult	Inf.Moy	P.D	El.nl	Pt.2	Alt.3
	15	O.K	C.BS	Maghraoua	P.Eff	EMO.f	EC.m	En.ft	monocult	Inf.Moy	T.D	El.nl	Pt.2	Alt.3
	17	O.T	C.BB	Tassa	P.Eff	EMO.f	EC.ft	En.ft	monocult	Inf.F	T.D	El.nl	Pt.3	Alt.2
	5	O.K	C.BS	El.Harak	P.Eff	EMO.f	EC.ft	En.m	monocult	Inf.B	T.D	El.ft	Pt.4	Alt.4
	14	O.K	C.BS	S.Ouariach	P.Eff	EMO.f	EC.ft	En.ft	monocult	Inf.F	F.A.V	El.m	Pt.3	Alt.5

IV. Discussion

IV.1. Classement des aménagements et systèmes analysés selon leurs objectifs

D'après les résultats obtenus (figure 12.a et b et figure 14), le patrimoine très riche de systèmes traditionnels de gestion et de CES recensé au niveau de la zone d'étude peut-être classé en deux groupes selon leur objectif. Le premier groupe agglomère les *Seds* de captage et de dérivation des eaux des cours d'eau (Sed), le *Séhr*idj de stockage des eaux de source (Séhr) et les *Séguias* traditionnels de distribution des eaux (Ség) qui ont pour objectifs la mobilisation et la gestion des eaux des cours d'eau et des sources pour l'irrigation. Le deuxième groupe regroupe les terrasses irriguées construites en pierres (TEP) ou en talus (TET) ainsi que les cuvettes individuelles en pierres (CEP) qui ont pour objectifs la conservation de l'eau et du sol et la gestion des eaux d'irrigation et de ruissellement.

Sur terrain, ces techniques ne sont pas pratiquées individuellement mais en combinaison les unes avec les autres ce qui a permis de profiter au maximum des ressources en eaux disponibles et de ruissellement et donc de promouvoir l'agriculture et améliorer les rendements et les revenus.

- **Aménagements de mobilisation et de gestion des eaux de sources et des cours d'eau**

La zone de Beni Snous offre une grande diversité de stratégies de mobilisation, de dérivation et de gestion des eaux de sources et des cours d'eau (*Seds, Séhridj, Séguias*). Le système *Seds* constitué par une digue en terre renforcé par des pierres et de branches d'arbres, a comme objectif la dérivation des eaux des cours d'eau (SDE) vers les champs de culture en terrasses à travers d'un grand réseau de Seguias (Seg). L'autre système de mobilisation et de gestion des eaux qui caractérise cette région est le *Séhridj* (Sehr). Ce type d'aménagement permet de stocker les eaux de sources durant la nuit pour être partagé entre les agriculteurs durant la journée pour irriguer leurs parcelles de culture. L'objectif de ce dispositif est de mieux gérer et mobiliser les eaux des sources (SMES) et pour pouvoir partager ces eaux le plus équitablement possibles entre les bénéficiaires. Ces deux systèmes sont combinés avec de grands réseaux de séguia (séguia en terre et/ou en pierres ou creusés dans la roche (*Nokba*)) permettant l'acheminement, la répartition et la distribution des eaux à chaque exploitation agricole ainsi que l'évacuation des eaux excédentaires d'irrigation ou de ruissellement. Tous ces systèmes ont permis de mieux gérer les ressources en eaux accessibles et très limitées (eaux des oueds et de sources) et d'améliorer la production des terres (APS) aménagées en terrasses. Ces aménagements hydro-agricoles, très particuliers dans cette région, ont eu un impact très positif sur le plan environnemental et socio-économique au niveau de la région de Béni Snous. Ces types de systèmes se retrouvent même dans les zones hyper-arides où les agriculteurs ont aménagé des petits barrages (faits de matériaux locaux) et des Séguias pour la distribution et l'alimentation en eau des jardins (Remini *et al.*, 2012).

- **Aménagements de gestion et de conservation des eaux et des sols**

La zone de Béni Snous, caractérisée par ses reliefs très accidentés a favorisé l'existence d'ouvrages d'aménagements de gestion et de conservation des eaux et des sols. Ces ouvrages, bien implantés dans l'environnement et bien adaptés avec les conditions de la zone, ont permis de transformer profondément le milieu sur différents plans. On rencontre différents types d'aménagements, les plus utilisés sont les terrasses et les cuvettes en pierres. Les terrasses (TEP, TET) consistent à modifier la pente (MP) et donc à offrir des surfaces de culture plus planes sur des versants en forte pente, ce qui facilite le travail du sol et l'irrigation tout en

limitant l'érosion. Les terrasses de culture jouent, avec ses principes, un rôle efficace dans la rétention des sédiments et dans l'amélioration de l'infiltration des eaux (SAI) et par conséquent dans l'amélioration des rendements (Jorda et Provansal, 1990). Dans l'esprit des agriculteurs des monts de Béni Snous, les terrasses sont avant tout un moyen de valoriser les terrains en pente au niveau de ces montagnes pour survivre bien plus qu'un moyen de limiter l'érosion, même si les deux sont très liés. Ces terrasses ont été développées pour tirer profit de la moindre quantité d'eau afin de préserver la fertilité des sols et d'améliorer la production (Majdoub et *al.*, 2012). Ces systèmes de terrasses sont étroitement associés à l'habitat. En effet, les plus belles terrasses sont celles les plus proches des habitations. Les cuvettes individuelles en pierre (CEP), quant à eux, ont pour objectif principal la collecte des eaux de ruissellement au niveau des versants et vallées (SCRVV) ainsi que le captage de terres riches en matières organiques, décapées de l'amont. Elles sont construites même au niveau de zones rocheuses, ce qui a permis la réhabilitation de zones dégradées.

IV.2. Durabilité et état actuelle des aménagements traditionnels de CES

Les terrasses de cultures construites et les cuvettes individuelles ont été anciennement introduites dans les vallées montagneuses de Béni Snous. Selon Destaing (1907), qui s'est installé pendant la période coloniale dans cette région pour étudier la langue berbère des béni Snous, ces aménagements ont été développés depuis très longtemps à Béni Snous. Les enquêtes aussi ont montré leur ancienneté où plus de 64 % d'effectifs de l'échantillon enquêté ont plus de 100 ans. Parmi les indices qui témoignent leur ancienneté et permettant d'estimer leur âge on peut citer la cimentation des pierres entre eux et les traces de la précipitation du calcaire, ainsi la présence de très vieux oliviers plantées sur ces terrasses qui date à des siècles. Le cas des terrasses avec murets en pierres, de Ouled Moussa, cultivées en cultures maraichères et parsemés par des oliviers qui ont plus de 5 siècles et peut être même plus selon le témoignage des agriculteurs locaux (photo 1). Ces aménagements sont les fruits de savoir et du savoir-faire ancestraux de toutes les civilisations qui ont rencontré des problèmes de dégradation des terres, du manque d'eau et de la terre cultivable.



Photo 1 : terrasses de culture avec des oliviers datant à plus de 5 siècles.

Ces aménagements ancestraux au niveau de la région de Béni Snous sont très durables malgré qu'ils n'ont eue aucun entretien depuis un temps très lointain. Effectivement, l'évaluation de l'état actuel de ces aménagements a bien montré que, malgré leur ancienneté et le manque d'entretien, 78 % de ces aménagements sont encore fonctionnelles et valorisées. Ceci est bien expliqué par la forte liaison entre la catégorie FAV de la variable *Etat* (Et) et les catégories TEP, TET et CEP de la variable *Type* (figure 14).



Photo 2 : terrain aménagé en cuvettes individuelles sous pieds des oliviers sous une forte pression animal.

Les échantillons peu dégradés (PD) à très dégradés (TD) qui représentent 19 % se trouvent en générale sur des sites abandonnés. Leur abandon n'est pas dû à leur non efficacité mais aux changements de conditions socio-économiques, aggravées par des périodes de sécheresses persistantes et des conditions de sécurité durant la colonisation qui ont obligé les propriétaires à abandonner leurs terres. Ces sites se sont retrouvés sous une pression animale très forte (photo 2) ce qui explique encore plus la dégradation de ces aménagements.

Les techniques de mobilisation et de gestion des eaux, sont aussi des pratiques très ancestrales dans cette zone semi-aride. Selon la population de Béni Snous, ces systèmes (*Seds, Sehridj, Séguias*) sont pratiqués depuis des siècles dans cette zone. La figure 14 montre qu'ils sont caractérisés en totalité par la catégorie FA (Fonctionnelle Actuellement). Effectivement dû à leur rôle et leur importance cruciale ces aménagements sont périodiquement entretenus pour les préserver et les maintenir toujours en très bonne état. On trouve des exemples de ce type de système, et qui ont le même principe, dans le monde entier. Comme exemple, celles des «béalières» en Ardèche (Morel, 2008). Dans les zones les plus arides, le même principe est utilisé pour l'épandage des eaux de crues rares (El Abbassi, 2000). Cette fois les diguettes sont rudimentaires. Elles ne longent qu'une partie de la largeur des oueds et elles ne sont pas perpendiculaires au cours d'eau mais elles ne sont que faiblement inclinées. Au Maroc, qui est un pays où 93 % de son territoire se situe dans les étages bioclimatiques semi-aride, aride et désertique (Bouaziz, 2004), les digues d'épandage de crue (*faïd, amzaourou* ou *amazighe*) sont très répandues dans les montagnes arides du pays. Ainsi le Sud-Est espagnol constitue un exemple achevé de cette forme d'irrigation temporaire caractéristique des secteurs qui, comme le Piémont des Andes Centrales, présentent une forte tendance à l'aridité. Les agriculteurs dans cette zone lui donne plusieurs noms distincts : irrigation « de boquera », d'«aguas turbias » (eaux troubles), de «ventura» (éventuelle), de «crecida » (de crue), de « partidor » (dérivation) ; et dans la région d'Alicante, de « duit ». D'après Boufaroua (2004), l'introduction de ce type de système de gestion des eaux de ruissellement, revient à la conquête des arabes.

V.3. Adaptabilité des aménagements traditionnels de CES avec les conditions de la région de Béni Snous

Les terrasses et les cuvettes sont confectionnées sur toutes classes de pente et d'altitudes (figure 14). Les catégories de la variable pente (Pt) sont regroupées tout autour de la catégorie TEP, ce qui signifie qu'on peut trouver ce type de terrasse sur tous types de pente. Les résultats montrent que les terrasses de culture avec murets en pierre sont très compatibles avec le milieu physique et les conditions naturelles très difficiles de la région de Béni Snous (relief très accidenté et rocheux et pentes fortes avec des sols squelettiques). On constate qu'il y a une très bonne harmonie entre ces milieux très accidentés et ce type d'aménagement. Les terrasses taillées avec un talus s'adaptent, à son tour, très efficacement avec les milieux de faible à moyenne pentes, là où la terre est plus abondante, telle qu'il est le cas au niveau des communes Béni Bahdel et Azails. Selon les résultats de l'analyse de l'adaptation des caractéristiques dimensionnelles des aménagements traditionnels de CES recensés, avec les conditions naturelles qui sont la pente et l'altitude (Chapitre V), plus la pente augmente plus la largeur des terrasses est réduite. Concernant les cuvettes en pierres (CEP), on les trouve généralement sur les sites rocheux et de fortes pentes où il n'est pas possible de construire des terrasses. Ainsi tout l'espace pentu est aménagé et mieux rentabilisé. En globale, sans ces aménagements aucune pratique culturale n'aurait du être possible au niveau de cette région, avec des conditions naturelles très difficiles et si fragiles.

Les terrasses de cultures, qui nécessitent un effort assez important, ne se fait que sous la pression de la nécessité et pour des cultures rentables comme l'olivier, à plus forte raison pour des cultures irriguées qui exigent des planches horizontales (Despois, 1961). Au niveau de la région de Béni Snous, sur les terrasses de faible largeur, on ne trouve pratiquement que les oliviers, cultivés pour la production de l'huile d'olive, et les arbres fruitiers. Cependant, sur les terrasses les plus larges, les agriculteurs pratiquent une agriculture intensive et intercalaire en associant l'arboriculture aux cultures maraichères pour mieux rentabiliser le peu de terres disponibles et utiliser au maximum la ressource en eau. D'après Morel (2008), les terrasses avaient pour but de mieux rentabiliser l'espace, comme elles permettaient aussi de maîtriser l'action de l'eau, en jouant le rôle de pondérateur des écoulements.

Selon Despois, 1956, les champs en terrasses ne sont pas liés à un type de culture et ils peuvent être irrigués ou non. Ils ne dépendent pas d'une nature particulière de terrain mais leur

structure dépend des matériaux disponibles. Ils ne sont pas la conséquence d'un climat spécial puisqu'on les rencontre sous le climat continental à hiver froid de la Chine du Nord, sous le climat tropical de l'Asie des moussons, de l'Afrique et des plateaux américains, et sous le climat méditerranéen. Enfin, Ils ne sont pas le monopole d'une civilisation, les civilisations chinoises, hindoues, noire-africaine, méditerranéennes ou précolombiennes. Et d'après Gay et Blanc (1984), la densité du peuplement et l'organisation familiale explique le mieux les localisations des champs de terrasses. Il montre que ces champs de terrasses sont les fruits de la volonté de survivre d'une population longtemps tellement nombreuse et, plus récemment, tellement démunie économiquement que les énormes labeurs constitués par la construction et l'entretien des terrasses ne paraissent ni évitables ni excessifs. Ces champs construits, quels que soient leurs faciès, sont des réponses des hommes de toutes régions et de tous climats à la nécessité de vivre, voire de survivre, dans des secteurs de pente forte. Donc du point de vue social et humain, la population nombreuse, variée, éparse et souvent dense et concentrée abritant les montagnes de Béni Snous expliquent la forte extension des champs de terrasses dans cette région.

Pour les cuvettes individuelles d'infiltration en pierre (CEP), elles sont destinées particulièrement à l'oléiculture et leurs dimensions (diamètre et hauteur) dépendent de la pente et la disponibilité des sols. Le diamètre de la cuvette correspond à la largeur du tronc de l'arbre. La hauteur de la cuvette varie aussi selon la pente, généralement elle est faible sur les faibles pentes et plus importante sur des pentes un peu plus fortes mais avec un diamètre plus faible que celui du cas précédent. Un seul olivier est planté au pied de la diguette à l'intérieur de la cuvette. Elles sont construites généralement au niveau des bas-collines rocheuses. Les CEP sont mises au point pour faire face au problème de la rareté des ressources en sol et en eau en profitant au maximum des eaux de ruissellement (Boufaroua, 2004 ; Abdelli *et al.*, 2012) et permettent aussi un report hydrique (*rainwater harvesting*). Ces cuvettes individuelles en demi-lunes permettent aussi le piégeage des sédiments, très riches en matières organiques provenant de l'amont sous l'effet du ruissellement, et la réduction du risque d'érosion. Elles sont bien adaptées à cette zone semi-aride où la pluie annuelle moyenne est d'environ de 400 mm. D'après Bergaoui *et al.* (2008), les cuvettes individuelles sont un excellent moyen pour la rétention d'eau où elles peuvent augmenter le taux d'humidité du sol d'environ 50% et le taux d'éléments nutritifs, notamment le phosphore assimilable et le potassium de 20%.

Ces aménagements (terrasses et cuvettes) peuvent s'adapter avec tous les conditions naturelles et socioéconomiques. Ils peuvent être appliqués au niveau de toutes les zones où l'aménagement des versants est nécessaire et où l'amélioration des conditions de vie de la population rurale est primordiale.

Concernant le deuxième groupe d'aménagement, les *Seds* représentent le principal système d'irrigation pour les agriculteurs des deux rives d'Oued El Khemis. Tous le long de ce cours d'eau (30 Km) il y a 13 *Seds* (figure 20).

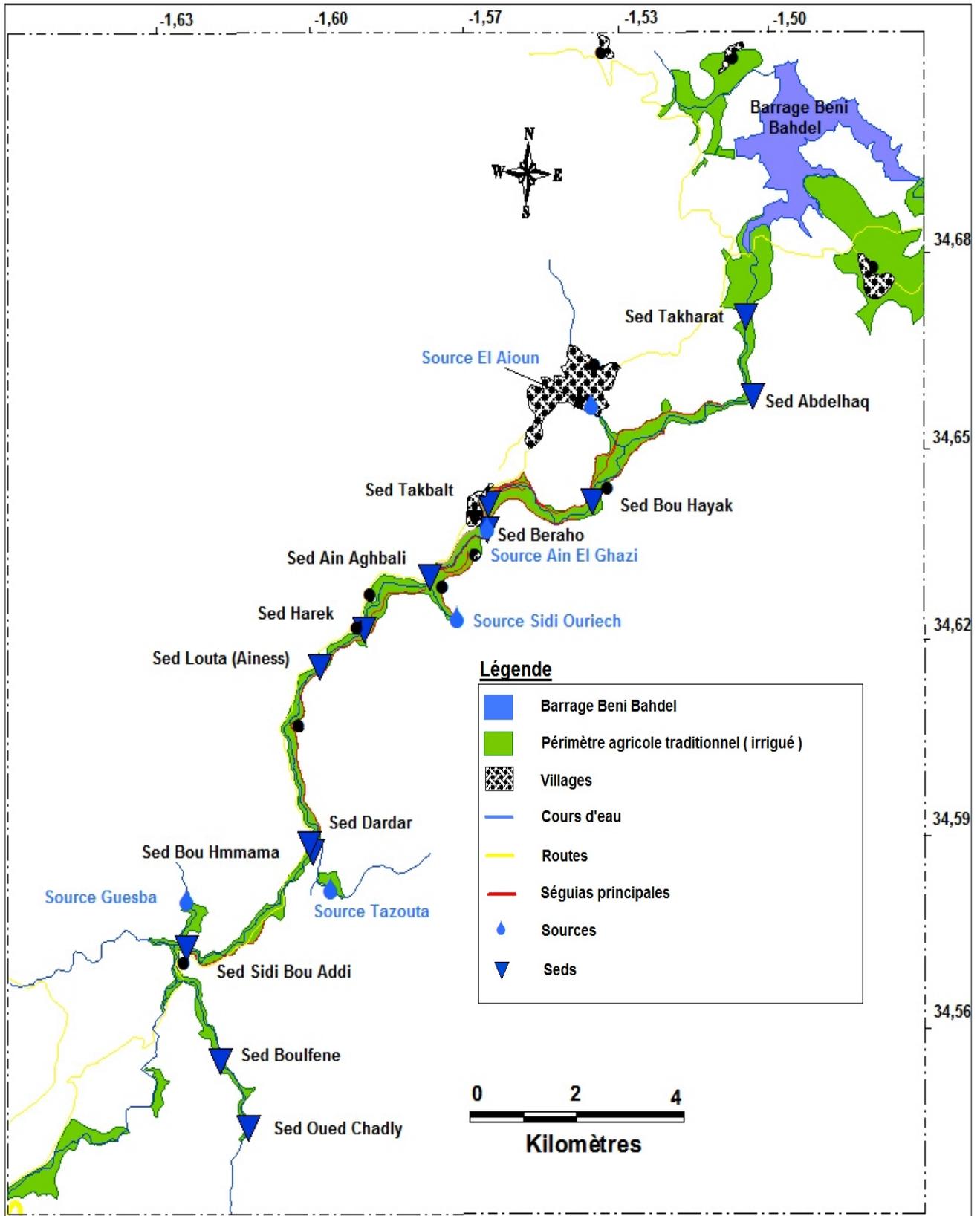


Figure 20 : périmètres agricoles traditionnels irrigués d'Oued El Khemis (Région de Beni Snous).

Ce système a permis, par la maîtrise de l'eau du cours d'eau, une intensification agricole. Il a permis par l'intermédiaire de tout un système gravitaire constitué d'un réseau de canaux primaires, secondaires et tertiaires, l'irrigation de la majorité des champs de cultures aménagés en terrasses et en cuvettes individuelles sur les deux rives d'Oued El Khemis et même les parcelles qui se trouvent au niveau des villages de la commune Béni Snous (figure 21). Les eaux dérivées ont été utilisées, au par avant, même pour les besoins domestiques du fait que ces eaux sont à l'origine des eaux de sources qui affluent au fond du cours d'eau. Malheureusement ces eaux sont actuellement polluées par les rejets domestiques.

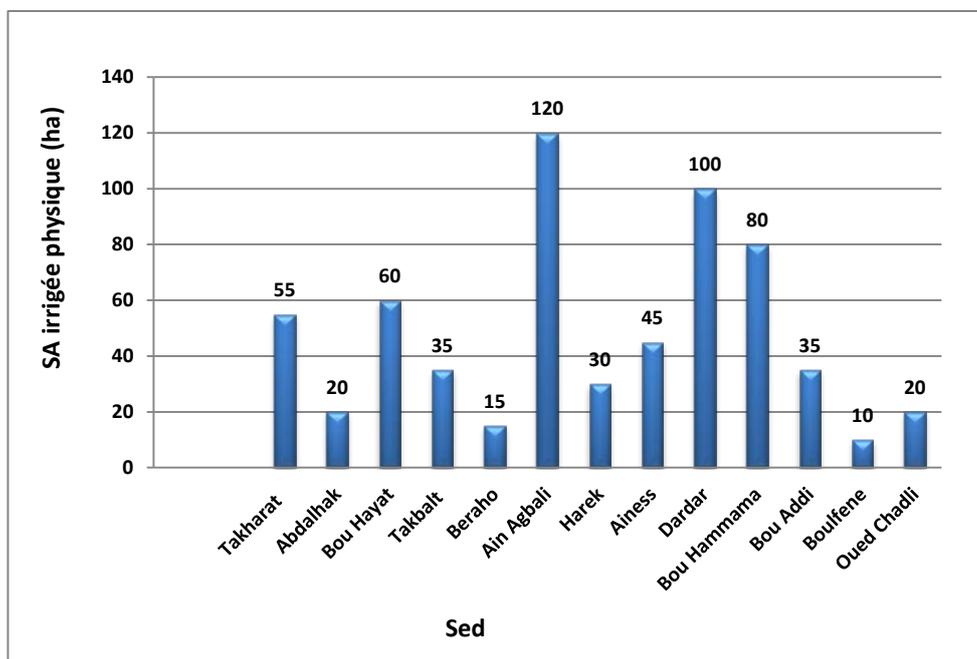


Figure 21 : les surfaces irriguées par les Sed de Oued El Khemis.

L'autre système de mobilisation et de gestion des eaux, qui caractérise cette région, est le « Séhridj » du village d'Ouled Moussa, appartenant à cette même commune. Le principal avantage de ce système, c'est qu'il permet une meilleure régulation des eaux de cette source. Il assure un débit suffisant pour l'irrigation des dernières parcelles. Il permet aussi de garder une certaine solidarité entre les agriculteurs qui partagent cette eau. Cet ouvrage permet d'irriguer environ 30 ha de la surface agricole utile irriguée de la commune Béni Snous. Ces deux systèmes (*Seds* et *Séhridj*) ont permis, par la maîtrise des eaux du cours d'eau et des sources, l'intensification agricole. La mobilisation et la valorisation des eaux de ruissellement par ces ouvrages ont un impact très positif sur le plan environnemental et socio-économique (Habi et Morsli, 2013).

Le principe de ces aménagements est de mobiliser, de dériver et de transporter les eaux, d'un point un peut plus haut en amont pour irriguer les terres qui se trouvent à un point beaucoup plus bas en aval, par gravité à travers un réseau de seguia. La performance de ces ouvrages est conditionnée par la dénivellation. La zone de Béni Snous, caractérisée par ses reliefs très variables et très accidentés a favorisé l'existence de ces types d'ouvrages. Ces ouvrages, bien implantés dans l'environnement et bien adaptés avec les conditions naturelles et socioéconomiques locales, ont permis de transformer profondément le milieu et d'améliorer la vie de la population en mobilisant cette ressource naturelle rare et vitale. On rencontre ces types de systèmes dans les zones semi-arides comme les monts de Beni Snous que dans les zones arides (monts des Ksour). L'adaptation des habitants aux conditions difficiles a été à l'origine de l'application de ces aménagements (Laouina, 2010).

IV.4. Adoption et reproductibilité des aménagements de CES

Les prospections sur terrain montrent une tendance de réhabilitation des aménagements dégradés de terrasses et de cuvettes, ce qui témoigne l'importance, l'efficacité et l'adoption de ces aménagements de CES par la population locale. L'entretien, la surveillance et les mises en défens des parcelles aménagées sont assurés par les propriétaires ce qui explique la liaison de la catégorie Propri avec ces aménagements (figure 14). Les prospections sur terrain ont permis aussi d'apercevoir des tendances de reproductibilité (reprodu) de ces aménagements ce qui témoigne encore plus leur importance et la forte acceptation et adoption de ces aménagements de CES par les agriculteurs de la région de Béni Snous et surtout au niveau des communes Béni Snous et Beni Bahdel. On cite comme exemple les nouvelles terrasses avec murets réalisées à "*Sidi Ouariache*" au niveau de la commune de Béni Snous.



Photo 3 : nouvelles terrasses avec des murets en pierres à *Sidi Ouariache*, commune Béni Snous.

Pour les terrasses avec un talus, une des sites qu'on a visités à "*Tassa*" au niveau de la commune de Béni Bahdel est aménagé plus récemment avec ce type de terrasses construit (en 2002) et elles se portent bien depuis 13 ans déjà, et elles sont en très bonne état. Une couverture végétale très dense a été formée sur les talus. Ces terrasses sont cultivées en oliviers.



Photo 4 : nouvelles terrasses avec un simple talus à *Tassa*, commune Beni Bahdel.

Concernant les systèmes de mobilisation et de gestion des eaux, ils sont très ancestraux. L'adoption des seuils de dérivations des eaux d'irrigation et comme tous les systèmes traditionnels d'irrigation communautaires, remonte à plusieurs générations du fait qu'ils sont gérées et entretenues par des règlements ancestraux définis sur la base des ayants droits et propriétaires des terrains irrigués. Effectivement, les systèmes *Seds* et ainsi le *Séhradj* avec leurs réseaux de *Séguias* de distribution sont très ancestraux dans la région de Béni Snous et ils sont gérés par ces mêmes règlements coutumiers très ancestraux. La figure 14 montre qu'ils sont caractérisés par la catégorie Touiza, ce qui signifie que les *Seds*, le *Séhradj* et les *Seguias* sont entretenus périodiquement par une opération communautaire dite "*Touiza*" où les bénéficiaires des eaux mobilisées et dérivées se réunissent chaque fois qu'il est nécessaire pour faire l'entretien. Seuls les agriculteurs qui ont participé à la réalisation du système sont bénéficiaires des eaux collectées ou dérivées pour l'irrigation de leurs terres.

V.5. Coût et efficacité des aménagements traditionnels de CES

Au niveau des monts de Béni Snous où le milieu est très propice à l'érosion, les résultats de l'analyse de l'efficacité des terrasses et les cuvettes face à l'érosion montre bien l'efficacité de ces aménagements de CES. En effet, les terrains aménagés en terrasses et en cuvettes sont très faiblement touchés par l'érosion hydrique où, pour notre échantillon, 60% des cas montrent une très bonne efficacité (T.Eff) vis-à-vis de l'érosion, de l'amélioration de l'infiltration des eaux d'irrigation et de l'amélioration de la fertilité du sol ; le taux de matières organiques est relativement très élevé dans les zones aménagées (EMO.ft). Les meilleurs résultats sont obtenus au niveau des terrasses larges irrigués qui sont cultivées en culture maraichères ou intercalaires avec des oliviers ou d'arbres fruitiers. Ces terrasses irriguées sont généralement associées à autres pratiques culturales (travail du sol soigné, billons, fumure organique...). Morsli *et al.* (2008), sur des parcelles de 100 m² de type Wischmeier de 1992 à 2006, ont montré la grande efficacité de maîtrise de l'eau et de l'érosion par ces pratiques culturales simples. La combinaison entre ces terrasses et ces pratiques agricoles augmente très remarquablement leur efficacité vis-à-vis de l'érosion, leur efficacité de point de vue protection et valorisation des ressources naturelles que sont les eaux, la biomasse et les sols. Selon Jorda et Provansal, (1990) en Vallat (Basse-Provence), même abandonnées, ce type de terrasses de cultures sont restées stables sur les versants depuis plusieurs décennies et continuent à jouer, conjointement avec la forêt réinstallée, un rôle de frein vis à vis de l'érosion. Sur les piémonts

et en plaine, elles créent une topographie artificielle qui bloque ou freine l'évolution morphogénique. Ainsi, à Béni Snous, les terrains abandonnés et aménagés en terrasses sont restés relativement stables par rapport aux terrains non aménagés et les terrasses continuent à jouer leur rôle comme frein de l'érosion.

Les cuvettes individuelles renforcées par des pierres qui sont maintenues depuis des siècles au niveau de la région de Béni Snous, et surtout celles qui bénéficient d'un apport de fumure organique, ont prouvé aussi leur efficacité vis-à-vis des différentes formes d'érosion et ont permis d'améliorer l'infiltration des eaux de pluie et par conséquent de réduire les risques de ruissellement. Selon Roose *et al.* (2010), ces aménagements, on y ajoutant un complément minéral ou organique, accroissent la production fruitière même sur des sites rocheux où le sol est limité à des poches. Ce qui est le cas dans la région de Béni Snous. Les Cuvettes individuelles se trouvent dans la majorité des cas sur les sites rocheux où les sols suffisants pour construire des terrasses font défaut. À l'intérieur de chaque cuvette, les paysans déposent de la fumure organique pour assurer une croissance optimale des oliviers et un rendement plus élevé.

Les techniques d'aménagement de versants (TEP, TET, CEP), en plus de leur efficacité dans la lutte contre l'érosion hydrique et l'amélioration des rendements et des revenus, leur construction est relativement moins coûteuse et à la portée des agriculteurs (Ct.f). Les matériaux de construction sont disponibles in-situ et le travail se fait par les propriétaires (Propr) (figure 14) et leurs familles (femmes, fils et amis). Le coût se quantifie beaucoup plus en nombre de jours de travail. Pour les terrasses par exemple, en une journée, un agriculteur peut réaliser 5m linéaire de terrasses approximativement. Une cuvette en pierre nécessite environ une journée de travail. Ces aménagements ont un coût de construction en temps faible et se rentabilise en un peu de temps. Le rapport coût /efficacité est très économique. Ces aménagements traditionnels restent plus efficaces et moins exigeants en travail et en coût que les banquettes qui étaient très pratiquées en Algérie et qui ont rarement prouvé leur efficacité. Les grandes structures déployées dans le cadre de DRS en Algérie durant 40 ans, sans une collaboration avec les agriculteurs et qui sont très coûteux, ont prouvé leur faible pérennité et souvent leur faible efficacité (Hamoudi *et al.*, 2008).

La figure 14 montre aussi que les catégories Séhr et Seg sont associées aux catégories Ct.m et Ct.négl. Ceci montre que la plus part de ces techniques sont caractérisées par des coûts entre moyen et négligeable. Effectivement, le coût de réalisation du *Séhr* (Séhr) est considéré comme moyen, mais le fait qu'il a été réalisé par *Touiza*, les frais sont partagés entre

les bénéficiaires et la part de chacun d'eux devient faible en coût et en temps de réalisation. En plus les matériaux de construction du *Séhidj* ont été collectés in-situ. Les *Séguias* de dérivation et de distribution sont creusées en terre ou en roche dans les pires des cas, ce qui minimise le coût total de la réalisation qui est beaucoup plus quantifié en temps et en force de travail qu'en argent. La catégorie Ct.négl elle caractérise les *Séguias* d'irrigation justes creusés en terre par les agriculteurs eux même sur leur champs de culture et qui ne demandent pas vraiment beaucoup de temps ni de force pour les réaliser.

Les *Seds* de dérivation ont aussi un coût faible (Ct.f), ils ne nécessitent pas de grands moyens, du fait que les matériaux utilisés sont disponibles localement. Concernant les moyens humains, les travaux de construction se réalisent aussi par "*Touiza*" ou "*jmaa*" où les bénéficiaires de ces ouvrages se réunissent et les construisent ensemble. Ces *Seds* nécessitent des entretiens surtout après les grandes crues.

Donc sur les zones montagneuses cultivées, une gestion durable des ressources disponibles en terres et en eau ne nécessite pas seulement des grandes structures physiques mais aussi des pratiques et techniques agricoles simples et durables, communautaire et surtout efficaces et de faible coût. La combinaison de ces techniques permet de minimiser les risques d'érosion hydrique, de mieux gérer les ressources en eau disponibles et d'accroître la production et les revenus.

IV.6. Aspect organisationnel et gestion communautaire des eaux

La région de Béni Snous est parmi les principales régions agricoles où se localisent les périmètres traditionnels. L'ingéniosité des systèmes d'irrigations traditionnelles pratiquées réside sur le plan technique et organisationnel. Tout le dispositif hydro-agricole, qui va du *Sed* de dérivation de l'eau de l'oued aux parcelles des terrasses aménagées sur les flancs des montagnes (aplanies et bordées de diguettes), en passant par les *Seguias*, semble être conçu de manière très ingénieuse.

Ce système traditionnel fait l'objet d'une organisation qui est devenu un facteur de cohésion sociale. Le système organisationnel d'exploitation et de gestion collective de la ressource en eau (partage, maintenance, entretien...) mis au point par ces sociétés a pu maintenir ce patrimoine pendant des siècles. Les systèmes ancestraux d'irrigation gravitaires, sont associés traditionnellement à des formes d'organisation sociale complexes en matière de

droits et d'usages de l'eau (Grandguillaume, 1973 ; El Abbassi, 2000 ; Remini et Achour, 2008 ; Houimli, 2008 ; Roose *et al.*, 2010).

La gestion traditionnelle des eaux mobilisées, dérivées et véhiculées par ces systèmes au niveau de Béni Snous obéit à des lois coutumières de répartition appelées «*Droits à l'eau*». Chaque agriculteur possède un droit de jouissance sur la terre et sur l'eau. Ces mêmes règles continuent à servir de base pour l'organisation des travaux de maintenance et d'entretien. Les *Seds* et le *Séhidj* avec leurs immenses réseaux de *Séguia* sont les systèmes d'irrigation les plus anciens dans cette région et les plus symboliques de cette société, ils permettent, à eux seul, l'irrigation d'environ 60 % de la surface totale irriguée de la vallée de Oued El Khemis à Béni Snous (figure 20).

L'examen du fonctionnement du système d'irrigation et de gestion montre que ces sociétés ont exploité le potentiel hydraulique existant d'une manière efficace et équitable. Ce système fournit l'eau successivement à toutes les parcelles du périmètre suivant une dose donnée à une unité de surface. Pour ce qui est de l'organisation des tours d'eau, chaque zone du périmètre dispose de l'eau à tour de rôle. Les tours d'eau suivent une double logique, temporelle (diurne/nocturne) et spatiale (amont-aval/aval-amont) qui montre une égalité d'accès à l'eau. Et on recommence le tour d'eau à la première parcelle lorsque la dernière a été servie. Le retour de l'eau sur chaque parcelle se fait dans un délai pas trop long (le tour ne dépasse pas les 10 j), ce qui permet de donner de bonnes chances aux cultures irriguées.

Le mode de partage de l'eau le plus pratiqué dans le partage de l'eau d'irrigation au niveau de la région de Beni Snous est celui en temps. Les attributions tiennent compte des saisons et de l'éloignement (les agriculteurs des parcelles amont n'ont pas de priorité sur ceux de l'aval, même les tours de nuit sont partagés), afin de répartir le plus équitablement possible les eaux entre tous les agriculteurs. Généralement le volume de dotation est fixé en fonction de la superficie. Mais ces dotations allouées à chaque parcelle ont été calculées depuis longtemps et sont restées inchangeables. Et malgré l'absence d'un contrôleur pour superviser le système de répartition des dotations, nous n'avons enregistré aucun conflit. Et lorsqu'il existe, dû quelquefois aux apports aléatoires de l'oued et à la faiblesse des dotations, il est résolu par la Djamaa ou par une instance religieuse. Dans les Beni Snous, il existe deux modes de partage de l'eau : "*la répartition au temps*" où la totalité du débit disponible de *seguia* est mise successivement à la disposition des ayants droit pendant une durée déterminée (partage selon une unité de temps) et "*la répartition au volume*" où chaque attributaire reçoit de façon

continue la partie du volume qui lui revient. Cette fraction du volume est calculée avant la répartition des eaux et mesurée au moyen d'un bâton en bois (nombres de doigts) placé au niveau du bassin de stockage (*Séhriddj*) qui se remplit au cours de la nuit. L'eau recueillie par la séguia est stockée dans un bassin avant d'être partagée et redistribuée dans les terres avoisinantes pour réaliser l'irrigation en planche ou en billon. Ce système de stockage nocturne est réservé pour les dernières parcelles pour éviter l'évaporation diurne tout au long de la séguia et pour assurer un débit suffisant pour l'irrigation.

L'analyse du système sur le plan spatial reflète elle aussi une certaine organisation peut être lignagère de la société. Presque chaque périmètre a son village et son propre réseau d'irrigation. Le réseau d'irrigation avec le village constitue une unité territoriale où les règles de gestion collective des ressources sont décidées et les conflits mineurs sont gérés.

Le système d'irrigation traditionnel de Beni Snous est toujours en vigueur et a pu se maintenir grâce à la disponibilité des ressources en eau et à la maintenance du système qui est bien adapté au site, à l'attachement de la société à la terre et surtout à la permanence d'une organisation communautaire, basée sur la solidarité et la discipline. Toutefois, ce système qui a duré longtemps, commence à souffrir d'un nombre de problèmes. Les plus saillants de ces problèmes sont la pollution des eaux des oueds (problème d'assainissement liquide se pose avec acuité) et l'hémorragie démographique. Nombreux et permanents sont les mouvements migratoires vers les villes depuis le début du XX^e siècle, voir antérieurement (Sari, 1977). Cette migration peut être vue comme un composant intégral du processus plus général de la diversification économique dans la région ou à l'évolution des mentalités.



**CONCLUSION
GÉNÉRALE**

Conclusion générale

Pour ne pas tombé dans les mêmes échecs des stratégies dites modernes, purement techniques (qui n'ont pas vraiment donné leurs fruits en termes de conservation des sols contre l'érosion, de protection des barrages contre l'envasement et en terme de gestion des eaux de ruissellement), l'étude de l'efficacité des différentes techniques et stratégies traditionnelles de conservation des eaux et du sol (CES) s'avère particulièrement nécessaire afin de définir avec les paysans un nouveau point de départ pour essayer de mieux mobiliser et gérer les eaux de surfaces et tenter de résoudre les problèmes d'érosion qui ne peuvent trouver de solution purement technique. Plusieurs travaux ont fait l'objet d'étudier la performance et l'efficacité de ces techniques traditionnelles de CES. Ces travaux ont montré le rôle très positif de ces aménagements qui ont de grandes perspectives surtout dans les milieux pauvres et déshérités où la ressource en eau est rare et les problèmes d'érosion sont accrus et très actives. La généralisation de ces techniques traditionnelles dépend de leur efficacité de conservation des eaux et du sol et d'amélioration de la production du sol et après, de la décision des aménageurs de s'en inspirer lors du choix des techniques les plus appropriées, en relation avec les données naturelles et les conditions socio-économiques de la région ciblée.

Ce travail, qui a été mené dans ce cadre, nous a permis de recenser et de mettre en lumière un patrimoine très riche de techniques traditionnels de CES qui ont fait preuve d'une grande adaptation aux conditions socioéconomiques et naturelles très difficiles de cette région semi-aride. Ce sont soit des techniques d'aménagement des versants (*terrasses, cuvettes individuelles*), soit de mobilisation et de gestion des eaux (*Séhidj, Seds, Séguias*).

Cette richesse technique et la multiplication des aménagements et systèmes traditionnelles de gestion et de conservation des eaux et du sol (CES) sur les terrains les plus précieux au niveau de la région des Béni Snous, témoigne la prise de conscience ancienne des agriculteurs de la région de Béni Snous vis-à-vis de la rareté des ressources, en eau et en sol, et du risque qu'elles encourent. Elle témoigne aussi la richesse dans le savoir et le savoir-faire de la population rural qui a pu résister aux différentes crises qui ont secoué la région. Ces aménagements ont permis aux agriculteurs de protéger leurs parcelles contre les effets érosifs

du ruissellement et ainsi de mobiliser et gérer les eaux de surfaces pour l'irrigation et l'amélioration de la production.

L'évaluation de l'adaptation dimensionnelles des techniques d'aménagement des versants (terrasses, cuvettes individuelles) avec le milieu physique de la région de Béni Snous ont montré que les investissements en terrasses avec murets en pierres ne sont entrepris, dans la plus part des cas, que sur les pentes supérieures à 12 % et pouvant dépasser les 25%. Selon d'autres travaux ce type de terrasses peut être construit sur des pentes qui peuvent atteindre les 60 % mais au-delà, les risques de glissement de terrain augmentent. C'est le système de terrasses le plus parfait pour les régions très rigoureuses et abruptes. Les terrasses avec un simple talus se trouvent dans la plus part des cas sur les pentes inférieurs à 15 % ; au-delà, le risque de glissement de terrain sera très important. Elles se trouvent surtout là où la couverture de terra-rossa est abondante et le risque de glissement des talus est faible. À propos des cuvettes individuelles en pierres elles sont des structures qui correspondent aux zones de moyenne à forte pente.

Sur le plan technique et adaptation de ces aménagements avec la morphologie du terrain, c'est la pente qui conditionne le plus leur forme et leur dimensions. Effectivement, la hauteur et la largeur des terrasses et le diamètre des cuvettes individuelles varient selon la pente. D'autres facteurs aussi, comme la nature et la profondeur de la couverture pédologique meuble, conditionnent les dimensions de ces aménagements ainsi que sur le choix du type de technique à opter.

L'évaluation de l'état de ces aménagements a montré que les aménagements de mobilisation et de gestion des eaux (*Séhradj, Seds, Séguias*) sont tous fonctionnels actuellement du fait de leur intérêt et leur entretien qui se fait périodiquement et communautairement par la "*Touiza*". Pour les aménagements de versants (*terrasses et cuvettes individuelles*), 78 % d'eux sont fonctionnels et valorisés. Ces aménagements sont très durables s'ils bénéficient d'un entretien périodique et s'ils sont protégés vis-à-vis de la pression humaine et animale.

Du point de vue efficacité et rentabilité, ces aménagement ont prouvé un bon rapport Coût/efficacité et Coût/rentabilité. En effet, les aménagements des versants (*terrasses et cuvettes individuelles*) jouent encore leurs rôles pour lesquelles ont été construites (modification de la pente, amélioration de l'infiltration, capture des sols et des eaux de ruissellement) et ont prouvé leur forte efficacité face aux différentes formes d'érosion. Ils ont montré un rôle très positif en matière de maîtrise d'eau et de conservation des champs de

culture. Ces techniques traditionnelles combinées aux techniques typiquement culturelles ont permis de restaurer et d'améliorer la productivité des terres de faible potentialité. Concernant les techniques de gestion des eaux, très durables, avec leurs lois très ancestrales et communautaires, ont permis d'exploiter le potentiel hydraulique, qui se raréfie de plus en plus avec les changements climatiques, d'une manière efficace et équitable et d'intensifier l'agriculture sur des terrains aux fortes contraintes.

La zone de Beni Snous offre donc une grande diversité de stratégies de gestion conservatoire de l'eau et du sol et présente une forme d'adaptation de l'homme aux fortes contraintes physiques et constitue ainsi un riche patrimoine hydro agricole et culturel d'où on peut s'inspirer. Selon ces résultats, il apparaît clairement que ces techniques de CES, qui ont prouvé leur efficacité à travers le temps mais surtout celles que les agriculteurs ont adoptées, adaptées et maîtrisées, peuvent être améliorées pour s'adapter avec les conditions naturelles et socioéconomiques actuelles et futures, et introduites dans une nouvelle démarche participative de conservation des eaux et des sols. Elles peuvent constituer ainsi d'autres options pour limiter les risques et les impacts du changement climatique.

Référence bibliographique :

Abdelli F., Ouessar M., Khatteli H., 2012. Méthodologie d'identification des ouvrages existants et des sites potentiels pour les jessours ; Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, Vol. 25, N° (03), pp. 237-254.

Abdessemed K., 1984. Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). Première partie : La dégradation, ses origines et ses conséquences, forêt méditerranéenne, t. Vol. I, N° (01), pp. 19-26.

Achachi A., 1996. Etude hydrogéologique des monts de Tlemcen. Rapport pour L'ANRH. in Bensaoula F., Bensalah M., Adjim M. (2005). Les forages récents dans les aquifères Karstiques des Monts de Tlemcen ; Larhyss Journal, N° (04), Juin 2005, pp. 7-15.

Adamou Mahaman M., 2010. Rapport sur les techniques de captage de l'eau des pluies au Niger. 29 p.

Aderghal M., Laouina A., Chaker M., Machouri N., 2011. Evaluation des projets de lutte contre la dégradation des terres, la commune des Sehou, Maroc. Communication au Séminaire de recherche « Politiques, programmes et projets de lutte contre la désertification, quelles évaluations ? », CSFD, 29-30 juin 2011, Institut Agronomique Méditerranéen, Montpellier, pp. 1-22.

Al Ali Y., 2007. Les aménagements de conservation des eaux et des sols en banquettes : analyse, fonctionnement et essai de modélisation en milieu méditerranéen (El-Gouazine, Tunisie centrale). Thèse de doctorat en Structure et évolution de la Terre et des autres planètes. Ecole Doctorale : SIBAGHE, Université Montpellier II, Science et techniques du languedoc. 178 p.

Alaya K., Viertmann W., Waibel T., 1993. Les Tabias. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), p. 129. In Abdelli F., Ouessar M., Khatteli H., 2012. Méthodologie d'identification des ouvrages existants et des sites potentiels pour les jessour. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, Vol. 25, N° (03), 2012, pp. 237-254.

Al Karkouri J., Watfeh A., Aderghal M., 2002. Techniques de conservation de l'eau et des sols dans une Zone semi aride méditerranéenne du Rif central (Vallée de Béni Boufrah). Bull n° 21, pp. 56-80.

Anonyme., 2003. Méthodes et pratiques d'enquête, Ottawa Dr. Ivan P. Fellegi, Octobre 2003, N° (12-587-X) au catalogue.

Arabi M., Kedaid O., Bourougaa L., Aslaa T., Roose E., 2004. Bilan de l'enquête sur la défense et restauration des sols (DRS) en Algérie. Sécheresse. Vol. 15, N° (01), pp. 87-95.

Arabi M., Roose E., 1989. Influence de quatre systèmes de production de moyenne montagne méditerranéenne algérienne. Bulletin du Réseau Érosion. Vol. 9, pp. 39-51.

Arnould B., Demolis C., Douard P., Meignien X., 2016. La restauration des terrains en montagne (RTM) : Mise en œuvre de la politique de prévention des risques par les services RTM. Rapport CGEDD n° 010240-01, CGAAER n° 15061. 66 p.

Aubert G., 1986. Réflexions sur l'utilisation de certains types de banquettes de «Défense et Restauration des Sols» en Algérie. Cahiers ORSTOM. Ser. Pédologie. Vol. 22, N° (02), pp. 147-151.

Auzet V., 1987. L'érosion des sols cultivés en France sous l'action du ruissellement. In : Annales de Géographie. Tom. 96, N° (537), pp. 529-556.

Ayache F., Bouazza M., 2008. Le pâturage en forêt dans la région de Tlemcen (cas des forêts à résineux). Colloque international « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 Avril 2008.

Baccini A., 2010. Statistique Descriptive Multidimensionnelle. Publications de l'Institut de Mathématiques de Toulouse, Paul Sabatier University, Toulouse (France).

Ballais J.L., 1990. Terrasses de culture et jessours du Maghreb oriental. In: Méditerranée, Tome 71, 3-4-1990. L'agriculture en terrasses sur les versants méditerranéens; histoire, conséquences sur l'évolution du milieu. Séminaire - Aix-en-Provence - 3 février 1990, pp. 51-53.

Belarbi F., 2010. Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la TAFNA. Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en hydraulique, Option : Sciences et technologies de l'eau. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 140 p.

Belleville R., 2003. Description et analyse des techniques traditionnelles de lutte antiérosive et de gestion de l'eau dans le bassin versant de Sidi Driss (Haut-Atlas, Maroc). Rapport de stage de 2^{ème} Année. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs (ENFI) de Rabat / Salé (maroc), Département Génie Biologique, Option Génie de l'Environnement. 95 p.

Bellissant R., 1941. Les Béni Snous. Causerie faite par M. Roger BELLISSANT, instituteur, à la Société des Amis du Vieux Tlemcen, le 18 janvier 1941.

<https://mohammedgadiri.blogspot.com/2009/05/les-beni-snous-causerie-faite-par-m.html> in Média électronique d'informations Gadiri Mohammed. (Consulté à nouveau le 04/02/2021).
<https://tafna.wordpress.com/2011/02/27/causerie-faite-par-m-roger-bellissant-instituteur1941/> (Consulté à nouveau le 04/02/2021.).

Belloum A., 1993. Hydrologie agricole en Algérie – une double problématique. Hydrological Sciences -Journal- des Sciences Hydrologiques, Vol. 38, N° (06), 479 p.

Beltrando G., Dahech S., Daoud A., 2013. Evolution de l'adaptation au climat semi-aride chaud _a Sfax (Centre-Est tunisien). Sécheresse, Vol. 24, pp. 194-202.

Benabdellah M.A., 2011. Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en

Sciences de l'Agronomie et des Forêts, Option : Gestion et Conservation des Écosystèmes. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 243 p.

Benabdelli K., 1996. Mise en évidence de l'importance des formations basses dans la sauvegarde des écosystèmes forestiers : cas des monts de Dhaya (Algérie occidentale). In: *Ecologia mediterranea*, Tom. 22, N° (3-4), pp. 101-112.

Benchetrit M., 1955. Le problème de l'érosion des sols en montagne et le cas du Tell algérien (Essai de géographie appliquée). In: *Revue de géographie alpine*, Tom. 43, N° (03), pp. 605-640.

Benderradji M.E.H., Alatou D., Arfa A.M.T., Benachour K., 2006. Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation : Impact du phénomène en Algérie. *NEW MEDIT N. 4/2006*. Jel classification : Q230, Q280.

Benest M., Bensalah M., Bouabdellah H., Ouardas T., 1999. La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcénien (Avant-Pays Tellien d'Algérie Occidentale) : stratigraphie, paléoenvironnements, dynamique sédimentaire et tectogenèse alpine'. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*. Vol. 10, N° (02), pp. 127-157.

Benhadji N., 2013. Contribution à l'étude de la faune hyporhéique des zones de sources dans les Monts de Tlemcen. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Ecologie et Biodiversité Des Ecosystèmes Continentaux. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 71 p.

Bennasr A., Verdeil E., 2009. Gestion publique de l'eau potable, développement urbain durable et Majels (citernes d'eau pour l'eau de pluie) à Sfax en Tunisie. *Flux*. 2, N° (76-77), pp. 38-50.

Benoit J., Fabien M., 2004. Introduction au diagnostic des stratégies traditionnelles de gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols du terroir d'Imlil (Haut Atlas, Maroc). Rapport de stage de fin d'étude. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs (ENFI) de Rabat / Salé, Département Génie Biologique, Option Génie de l'Environnement. 134 p.

Ben Ouezdou H., Troussset P., 2002. Aménagements hydrauliques dans le sud-est tunisien. Dans : Actes du colloque Contrôle et Distribution de l'Eau dans le Maghreb Antique et Médiéval, Tunis, 22-25 mars 2002, Collection de l'École Française de Rome, 19 p. In Abdelli F., Ouessar M., Khatteli H., 2012. Méthodologie d'identification des ouvrages existants et des sites potentiels pour les jessour. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*. Vol. 25, N° (03), pp. 237-254.

Ben Salem A., Majdoub R., M'Sadak Y., Khlifi S., 2013. Importance of the Meskat system and its landscape insertion through the olive groves of Sousse Region (Tunisian Sahel). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol.4, N°(02), pp.382-386. *Innovative Space of Scientific Research Journals*.

Bensaoula F., Bensalah M., Adjim M., 2005. Les forages récents dans les aquifères Karstiques des Monts de Tlemcen. *Larhyss Journal*. N° (04), pp.7-15.

Bergaoui M., El Faleh J., Hendaoui A., 2008. Impact de l'aménagement des terres de culture par les cuvettes individuelles sur l'humidité et la fertilité des sols (Tunisie centrale). En: Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Actes de la session VII. Ed. É. Roose, J. Albergel, G. De Noni, A. Laouina, M. Sabir. Conférence de l'ISCO de Marrakech (Maroc) 14–19 Mai 2006, Paris. AUF-IRD-ENFI, pp. 80-85.

Berrayah M., 2006. Analyse de la dynamique des systèmes et Approche D'aménagement Intégrée en zones de la Montagnes Cas des Montagnes des Trara (Wilaya De Tlemcen), Thèse, Ecosystèmes terrestres, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 178 p.

Bessaoud O., 2006. La stratégie de développement rural en Algérie. In : Chassany J.P. (ed.), Pellissier J.-P. (ed.). Politiques de développement rural durable en Méditerranée dans le cadre de la politique de voisinage de l'Union Européenne. Montpellier : CIHEAM. N° (71), pp. 79-89 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens).

Biot Y., Blaikie P., Stocking Norwich M., 1989. Risques d'érosion au tiers monde: le point de vue de l'utilisateur. Soil Technology. Vol. 2, pp. 301-311.

Boillat S., Burga C.A., Gigon A., Backhaus N., 2004. La succession végétale sur les cultures en terrasses de la Vallée de la Roya (Alpes-Maritimes, France) et sa perception par la population locale. Geographica Helvetica Jg. 59, Heft 2. pp. 154-167.

Bouanani A., 2004. Hydrologie, transport solide et modélisation, Etude de quelques sous bassin de la Tafna (NW-Algérie). Thèse de Doctorat d'état en Géologie appliquée : Option hydrogéologie. Université Abou Baker Belkaid. Tlemcen. 250 p.

Bouaziz A., Badraoui M., Agbani M., Darfaoui M., 2004. Valorisation agronomique de l'eau dans les périmètres d'épandage de crue au Sud du Maroc. Projet INCO-WADEMED. Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat, du 19-23 avril 2004.

Bonvallot J., 1986. Tabias et jessour du Sud tunisien Agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion Cah. ORSTOM, Ser. Pedol. Vol. 22, N° (02), pp.163-171.

Boualem R., Rabah K., 2012. The foggara in the Arab world. Geographia Technica, N° (01), pp. 1-7.

Boucherit H., Mazour M., Benaradj A., 2012. Conservation, valorisation et perspective de développement durable de l'arboriculture dans les monts de Tlemcen « Cas de la région de Beni Snous ». J. Mater. Environ. Sci. 2 (S1), p. 576-583. Colloque International « Journées des Géosciences de l'Environnement » Oujda, 21, 22 et 23 Juin 2011 « Environnement et développement durable ».

Boufaroua M., 2004. Evolution des techniques de conservation des eaux et des sols en Tunisie. Bulletin du réseau Érosion. Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone (Actes2-séquestration du carbone et érosion des sols). IRD. Vol. 23, pp. 625-635.

Bouzou Moussa I., Dan Lamso N., 2004. Le « Tassa » : une technique de conservation des eaux et des sols bien adaptée aux conditions physiques et socio-économiques des glacis des régions semiarides (Niger) / The « tassa », a soil and water conservation technique well

adapted to the physical and socio-economic conditions of the glacis of semi-arid regions (Niger). In: Revue de géographie alpine. Tom. 92, N° (01). pp. 61-70.

Bouraba M., 2002. Comparaison de la charge solide en suspension dans les oueds Algériens : Essai de synthèse. Bulletin Réseau Erosion n° 21, IRD Montpellier (France), pp 358-374.

Brugnot G., Cassayre Y., 2003. De la politique française de restauration des terrains en montagne à la prévention des risques naturels. 0034-C3. XII World Forestry Congress, Québec City, Canada.

Brunet M., 2009. Impact des structures d'aménagements et gestion des terres sur les propriétés physique des sols : zone d'étude, vallée d'Imlil, Maroc. Rapport de stage. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs (ENFI) de Salé (Maroc). 42 p.

Brunet M., 1990. Terrasses de cultures antiques: l'exemple de Délos, Cyclades In: Méditerranée. Tome. 71. L'agriculture en terrasses sur les versants méditerranéens. Histoire, conséquences sur l'évolution du milieu. Séminaire- Aix-en-Provence - 3 février 1990. pp. 5-11.

Castex J.M., Dagorne A., 2006. Quel avenir pour les espaces en terrasses sur le pourtour de la Méditerranée ? De Patter à Alpter en passant par Terrisc. Résumé d'accompagnement du diaporama. Projet Alpter, Intereg III B.

Chaouki I., Mouhir L., Fekhaoui M., El Abidi A., Bellaouchou A., El Morhit M., 2015. Application de l'analyse en composantes principales (ACP) pour l'évaluation de la qualité des eaux usées industrielles de Salam Gaz – Skhirat. J. Mater. Environ. Sci. Vol. 6, N° (02), pp 455-464.

Constant Évariste Dapola Da., 2008. Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre-nord du Burkina Faso. Les Cahiers d'Outre-Mer, pp. 241-242.

Costa R., Masuy-Stroobant G., 2013. Pratique de l'analyse de données SPSS appliqué à l'enquête «Identités et Capital social en Wallonie». Centre de recherche en démographie et sociétés. UCL/IACCHOS/DEMO. Louvain---la---Neuve.

Daget Ph., 1980. Sur les types biologiques en tant que stratégie adaptative. (Cas des thérophytes). In : Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives. Paris, pp. 89-114.

Daubet B., 2012. ACTION 2 : Etat des lieux/ rappels historiques, normatifs et réglementaires concernant les types de forêts de protection : histoire de la restauration des terrains en montagne et de la réglementation en matière de risques naturels en montagne en lien avec la forêt en France. Office National Forestier. 14 p.

Demmak A., 1982. Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse Doct. Ing. Paris, 323 p.

De Puydt C., 2013. Multivariate Analyses on Continuing Vocational Training in Luxembourg, Economie et Statistiques. Working papers du STATEC. N° (64).

Derdouri N., 2011. Diagnostic et analyse des pratiques paysannes de gestion et de conservation des ressources naturelles dans des terroirs pilotes de la zone d'Amsitten : cas de trois communes rurales Smimou, Imin Tlit et Ida Ou Azza. Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des eaux et forêts ; option : gestion des parcs nationaux Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs (ENFI) de Salé (Maroc). 134 p.

De Reparaz A., 1990. La culture en terrasses, expression de la petite paysannerie méditerranéenne traditionnelle. In: Méditerranée, Tome. 71. L'agriculture en terrasses sur les versants méditerranéens, histoire, conséquences sur l'évolution du milieu. Séminaire - Aix-en-Provence - 3 février 1990. pp. 23-29.

Despois J., 1961. Note sur les cultures en terrasses de la Sardaigne. In: Revue de géographie de Lyon. Vol. 36. Iss. 1, pp. 7-10.

Despois J., 1956. La culture en terrasses dans l'Afrique du Nord. Annales. Économies Sociétés, Civilisations. Vol. 1, pp. 42-50.

Destaing E., 1907. Étude sur le dialecte berbère des Béni-Snous. Publications de l'École des lettres d'Alger. Bulletin de correspondance africaine. Vol 1. N° (34). Paris. E: Leroux. 377 p.

Deygout P., Treboux M., Bonnet B., 2012. Systèmes de production durables en zones sèches : quels enjeux pour la coopération au développement? Rapport complet 2012. Direction générale de la mondialisation, du développement et des partenariats. Ministère des Affaires étrangères et européennes. 28 p.

Drouhin G., 1960. Possibilité d'utilisation de ressources hydrauliques limitées en Algérie. Colloque général sur les problèmes de la zone aride. UNESCO/NS/AZ/527. Communication n° 18. Paris.

El Abbassi H., 2000. Le savoir-faire des populations locales et gestion des eaux et des sols dans une moyenne montagne méditerranéenne semi-aride : Rif oriental (Maroc). Bulletin du réseau Érosion n° 20, Influence de l'homme. IRD, France, pp. 399-428.

El Amami S., 1984. Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie, Centre de Recherche du Génie Rural de Tunisie, Edité par CRGR. Tunis, 69 pages. In Majdoub R., Brahim Zarrad M., Khelifi S., Ben Salem A., 2012. Contribution à l'Évaluation de l'Effet des Aménagements Antiérosifs Traditionnels Sur Certains Paramètres Chimiques du Sol: CAS du Meskat dans le Sahel Tunisien. European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X. Vol.69, N° (02), pp. 250-259.

El Faleh J., Bergaoui M., Hendaoui A., 2005. Impact de l'aménagement des terres de culture par les cuvettes individuelles sur l'humidité et fertilité du sol. 10^{ème} Colloque international annuel du SIFEE sur Evaluation environnementale et développement d'une agriculture durable. Programme de conservation des eaux et du sol dans les gouvernorats de Kairouan, Siliana et Zaghouan en Tunisie GCP-TUN-028-ITA. Angers du 20 au 24 juin 2005.

El Khadir I., 2011. Diagnostic et analyse des pratiques et stratégies paysannes de gestion des ressources naturelles dans la zone de SIBE Amsiten en vue de son aménagement concerté. *Mémoire de 3^{ème} cycle* pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des eaux et forêts, option :

gestion des parcs nationaux, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs (ENFI) de Salé (Maroc). 134 p.

Emberger L., 1932. Sur une formule climatique et ses applications en botanique: la météorologie, 92 et 93, pp. 423-432. In Hadjaidji S. 2018. Contribution à l'étude de la relation climat-flore (phytoclimat) au Sahara septentrional central : cas du Moyen Oued Righ. Mémoire de MASTER Académique, Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie, Filière: Ecologie et environnement, Spécialité: Ecologie Végétale et Environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla. 85 p.

Escofier B., Pagès J., 1998. Analyses factorielles simples et multiples ; objectifs, méthodes et interprétation, Edité par Dunod (1998), Paris, 3ème édition (Sciences Sup). 284 p.

Ezzitouni B., 2013. Diagnostic socio-économique et de production des techniques de gestion traditionnelle et de conservation des ressources naturelles dans une perspective d'amélioration dans le versant sud du haut Atlas Occidental (Oued Issen), sous bassin versant de Dou-Tama (amont du barrage Abdelmoumen) : Communes rurales de Tiqqi et de Bigoudine. Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des eaux et forêts, option : gestion des parcs nationaux. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs (ENFI) de Salé (Maroc). 137 p.

FAO (Fond and Agriculture Organisation), 2011. Dossier sur le changement climatique à l'intention des décideurs/Une approche pour intégrer la dimension du changement climatique dans les programmes forestiers nationaux à l'appui de la gestion durable des forêts, Version 1.0, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, ROME.

FAO (Fond and Agriculture Organisation), 2004. Guide sur la gestion et la conservation des sols et des éléments nutritifs pour les champs-écoles des agriculteurs. Rome, AGL/MISC/27/2000.

Fecih A., Habi M., Morsli B., 2016. Development of the Saver Irrigation in the Northwest of the Algeria: the Case of the Tlemcen Department. The International Journal of Engineering and Science (IJES). Vol. 5, Issue. 12, pp 93-98.

FIDA (Fonds international de développement agricole), 2010. Niger : Gérer les précipitations grâce au tassa. Étude de cas. InnoWat.

Gadiri M., 2009. Beni Bahdel : une visite touristique est nécessaire. In Journal électronique d'information : gadirmohammedi.wordpress.com. En ligne le 13/08/2009.

Gaouar A., 1980. Hypothèse et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie). Publ. Forêt médit. Tome II, N° (02), pp. 131 - 146. In Benabdellah M.A., 2011. Analyse phytoécologique des groupements à thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) et à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) dans les monts de Tlemcen (Algérie occidentale). Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences de l'Agronomie et des Forêts, Option

- Gast M., 1998.** « Foggara ». In 19. Filage – Gastel, Aix-en-Provence, Edisud. Vol. 19, 13 p.
- Gausson H., 1927.** Les cultures en terrasses dans le bassin méditerranéen occidental. In: Annales de Géographie. Tom. 36, N° (201). pp. 276-278.
- Gay F., Blanc J.F., 1984.** Un paysage en crise : les versants à terrasses en Ardèche In: Méditerranée, Troisième série, Tome 52, 3-1984. pp. 89-91.
- Ghazi A., Lahouati R., 1997.** Sols et Ressources biologiques. Doc. I.N.E.S.G., Alger, 38 p. in Nedjraoui D. 2004. Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, 2004. Cahiers Options Méditerranéennes. N°. (62), pp. 239-243.
- Gnoumou X.N., Yaméogo J.T., Traoré M., Bazongo G., Bazongo P., 2017.** Adaptation aux changements climatiques en Afrique sub-saharienne: impact du zaï et des semences améliorées sur le rendement du sorgho dans les villages de Loaga et Sika (province du Bam), Burkina Faso. International Journal of Innovation and Applied Studies. ISSN 2028-9324. Vol. 19, N° (01), pp. 166-174.
- Grandguillaume G., 1973.** Régime économique et structure du pouvoir : le système des foggaras du Touat. Revue de l'Occident musulman et de la Méditerranée. In: Revue de l'Occident musulman et de la Méditerranée, N° (13-14), pp. 437-457.
- Guillaume H., 2009.** Mutations agro-pastorales, ruralité et développement dans le Sud-Est tunisien. In : Bonte P. (dir.), Elloumi M. (dir.), Guillaume Henri (dir.), Mahdi M. (dir.) Développement rural, Environnement et Enjeux territoriaux. Regards croisés Oriental marocain et Sud-Est tunisien. Tunis : Cérès. pp. 19-43.
- Habi M., Morsli B., 2013.** Impact of water and soil conservation (WSC) strategies in improving water balance and soil production in Algeria: Options to alleviate the negative impacts of climate change. Arabian Journal of Geosciences. Vol. 6, N° (4), pp. 1073-1080.
- Habi M., Morsli B., 2011.** Contraintes et perspectives des retenues collinaires dans le Nord-ouest algérien. Sécheresse. Vol. 22, N° (1), pp. 49-56.
- Hadeid M., 2006.** Approche anthropique du phénomène de désertification dans un espace steppique : le cas des hautes plaines occidentales algériennes. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Vol. 8, N° (01).
- Hamoudi A., Morsli B., Roose E., 2008.** Caractérisation et analyse des aménagements de DRS en zones Est de l'Algérie. En: Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Actes de la session VII. Ed. É. Roose, J. Albergel, G. De Noni, A. Laouina, M. Sabir. Conférence de l'ISCO de Marrakech (Maroc) 14–19 Mai 2006, Paris. AUF-IRD-ENFI, pp. 204-209.
- Harfouche R., 2006.** Contradictions et complémentarité des sources à propos de l'arboriculture en terrasses. ARCHÉOLOGIE DU MIDI MÉDIÉVAL, Tom. 23-24, pp. 39-60.

Heusch B., 1986. Cinquante ans de banquettes de DRS-CES en Afrique du Nord. Cahiers ORSTOM. Ser. Pédologie. Vol. 22, N° (02), pp. 153–162.

Heusch B., 1971. Estimation et contrôle de l'érosion hydrique. C.R.Soc.Sc.Nat et Phy du Maroc Tom. 37, pp 43-48. In Dahmani A. 2012. Contribution à l'étude de l'érosion et du ruissellement des sols rouges dans les monts de Tlemcen : Utilisation de simulation de pluies. Mémoire de magister en Foresterie, option : Gestion et conservation des écosystèmes. 136 p.

Hien V., Bilgo A., Sangare S., Kambire L., Kabore P.D., Lepage M., Some L., Traore Gue J., Some B., Traore K., 2004. Projet 83 : recherches sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impact agro écologique. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, (INERA), 01 BP 7192 Ouagadougou, BURKINA FASO.

Hilali A., 2011. Le système des «jessour » Témoignage d'un patrimoine hydro-agricole dans les oasis tunisiennes. Colloque international usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, le 20-21 Janvier 2011.

Houimli E., 2008. Les facteurs de résistance et de fragilité de l'agriculture littorale face à l'urbanisation : Le cas de la région de Sousse Nord en Tunisie. Thèse de doctorat, Spécialité : Sciences et architecture du paysage, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech). 418 p.

Jean N., 1990. Murettes et terrasses de culture dans les régions karstiques méditerranéennes. In: Méditerranée, Tom. 71, N° (3.4). L'agriculture en terrasses sur les versants méditerranéens, histoire, conséquences sur l'évolution du milieu. Séminaire - Aix-en-Provence - 3 février 1990. pp. 43-50.

Jean N., 1952. La conservation des sols. In: L'information géographique, Vol. 16, N° (01), pp. 17-23.

Jorda M., Provansal M., 1990. Terrasses de culture et bilan érosif en région méditerranéenne: Le bassin-versant du Vallat de Monsieur (Basse-Provence). Méditerranée, Revue géographique des pays méditerranéens : les terrasses de cultures méditerranéennes. Tome 71, N° (3.4). pp. 55–61.

Jouve P., 2012. Les oasis du Maghreb, des agro-écosystèmes de plus en plus menacés. Comment renforcer leur durabilité ? Courrier de l'environnement de l'INRA. N° (62), pp. 113-122.

Kaid Slimane L., 2000. Etude de la relation sol-végétation dans la région nord des monts de Tlemcen (Algérie). Thèse. Magister, département : Biologie, Faculté de sciences, Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen. 129 p. In Boucherit H. 2009. L'arboriculture dans les monts de Tlemcen, conservation et perspectives de développement durable « Cas de la région de Beni Snous ». Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie. Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen, faculté des sciences, département d'Agronomie, spécialité : Agronomie, option: Systèmes de culture intègres et gestion conservatoire. 179 p.

Karimata S., 2001. Guide technique de la conservation des terres agricoles : Redonner au sol sa productivité dans une perspective durable. Documentation technique de la JGRC. Générer l'abondance dans le Sahel par la lutte contre la désertification. Vol.5. 43 p.

Khadraoui A., 2007. La foggara dans les Oasis du Touat- Gourara et de Tidikelt : Définition - propositions de réhabilitation et de sauvegarde. Ministère des Ressources en Eau. Agence de bassin hydrographique Sahara. 10 p.

Kouakbi M., 2005. Développement intégré des systèmes de production basés sur les techniques de collecte des eaux pluviales dans les régions montagneuses du Sud-Est de la Tunisie: Le cas du micro-bassin versant Rebiaa, Zammour-Béni-Khédache – Tunisie. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de hautes études (Master Of Science) Du CIHEAM (Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes). Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (FRANCE).

Kouti A., Hamdi M., 2001. Développement local et aménagement dans les montagnes telliennes de l'Ouest. Les Ouvrages Du CRASC (Centre de Recherche en Anthropologie Sociale et Culturelle).

Lailly B. 2010. La Restauration des Terrains en Montagne 1860 – 2010: 150 ans de lutte contre les risques naturels. Service RTM Isère.

Lakhili F., Benabdelhadi M., Bouderkha N., Lahrach H., Lahrach A., 2015. Etude de la qualité physicochimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht (Maroc). European Scientific Journal edition. Vol.11, N° (11), pp. 132-147.

Laouina A., 2010. Conservation des eaux et des sols au Maroc : prise en compte de la diversité géographique. Norois. Vol. 1, N° (214), pp. 85-99.

Laouina A., Roose E., M. Sabir M., 2008. Spatialisation de la gestion conservatoire des eaux et des sols au Maroc. In ouvrage Roose E., Albergel J., De Noni G., Sabir M., Laouina A., 2008. Efficacité de la GCES en milieu semi-aride, AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris, 425 p.

Laouina A., 2007. *Gestion conservatoire des eaux et des sols au Maroc : la diversité des réponses paysannes à la dégradation des terres.* Publ. de la FLSH, Univ. Mohammed V Agdal, Rabat, 172 p.

Laouina A., Ait Hamza M., Chaker M., Nafaa R., 2000. Ouvrage « La montagne marocaine : dynamique agraire et développement durable. ». édité par : Laouina Abdellah. Publication de la chaire UNESCO-GAS NATURAL « Gestion de l'environnement et développement durable », Faculté des Lettres et des sciences Humaine, Université Mohammed V, Rabat. 141 p.

Larcena D., 2012. Chapitre 18. Terrasses et eau des versants en Méditerranée. Dynamiques écologiques et économiques. In « De l'eau agricole à l'eau environnementale : Résistance et adaptation aux nouveaux en jeux de partage de l'eau en Méditerranée ». Éditeur : Editions Quæ. 384 p.

Larnaude M., 1944. Les habitations et leur groupement, en relation avec le genre de vie, des indigènes du Tell algérien In: Bulletin de l'Association de géographes français, N° (159-162), 21e année, 1^{er} semestre 1944. pp. 31-40.

LO A., 1954. Les foggaras du Tidikelt. Travaux de l'LR.S. t. X, 1953 (139-179) et t. XI, 1954 (49-77). In Grandguillaume G. (1973). Régime économique et structure du pouvoir : le système des foggaras du Touat. In: Revue de l'Occident musulman et de la Méditerranée, N° (13-14), pp. 437-457.

Lowdermilk W.C., 1953. Conquest of the land through 7000 years. Agric. Information Bull. USDA, SCS, n° 99. In Roose E., De Noni G. (2004). La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES), une stratégie nouvelle pour faire face à un double défi du 21^{ème} siècle : la pression démographique et l'environnement. In : Roose Eric (ed.), De Noni Georges (ed.), Prat Christian (ed.), Ganry F. (ed.), Bourgeon G. (ed.) Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone : 2. Séquestration du carbone et érosion des sols = Land use, erosion and carbon sequestration : 2. Soil erosion and carbon sequestration. Bulletin du Réseau Erosion n° 23, pp. 10-27. Gestion de la Biomasse, Erosion et Séquestration du Carbone : Colloque International, Montpellier (FRA), 23-28 septembre 2002.

Majdoub R., Brahim Zarrad M., Khlifi S., Ben Salem A., 2012. Contribution à l'Evaluation de l'Effet des Aménagements Antiérosifs Traditionnels Sur Certains Paramètres Chimiques du Sol: CAS du Meskat dans le Sahel Tunisien. European Journal of Scientific Research. Vol.69, N° (02), pp. 250-259.

Mahdane M., 2009. La gestion de l'eau d'irrigation dans le Todgha, à travers des archives publiques et privées. Pour Tinghir.ma. Rencontre internationale sur: « Archives de l'irrigation en Méditerranée » (AIME) organisée à la Bibliothèque Nationale du Royaume du Maroc Rabat, 8 - 9 octobre 2009. 6 p.

Maher M., 2009. Le climat agricole au Sahel Tunisien et les changements climatiques. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie. Université du Québec à Montréal. 162 p.

Malagnoux M., 2008. Restauration des terres arides dégradées pour la production agricole, forestière et pastorale grâce à une nouvelle technique mécanisée de récolte des eaux pluviales. In C. Lee et T. Schaaf, ed. The future of drylands, Proceedings of the International Scientific Conference on Desertification and Drylands Research, Tunis, Tunisia, 19-21 June 2006. Dordrecht, the Netherlands, Springer.

Masutti Ch., 2007. Action publique et expertise dans la conservation des ressources agricoles aux États-Unis dans les années 1930. Ruralia. Sciences sociales et mondes ruraux contemporains. 26 p.

MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), 2004. Les aspects juridiques de la conservation des eaux et des sols en Algérie. Le Plan d'Action National (PAN) de lutte contre la désertification. Rapport national de l'Algérie sur la mise en œuvre de la Convention de Lutte Contre la Désertification. Direction générale des forêts. Organe national de coordination sur la lutte contre la désertification.

MATE (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), 2005. Gestion intégrée des ressources en eau et assainissement liquide « Tendances et alternatives ». Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise". Programme d'Actions Prioritaires, Centre d'Activités Régionales.

MATE (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), 2002. Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD). République Algérienne Démocratique et Populaire. 140 p.

Mazour M., Morsli B., Roose E., 2008. Analyse de quelques techniques traditionnelles de conservation de l'eau et du sol dans le Nord-Ouest Algérien. En: Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Actes de la session VII. Ed. É. Roose, J. Albergel, G. De Noni, A. Laouina, M. Sabir. Conférence de l'ISCO de Marrakech (Maroc) 14-19 Mai 2006. Paris. AUF-IRD-ENFI. pp. 193–198.

MEAT (Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire), 2000. Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, 95 p. in M. ACHITE, B. Touaibia, S. Ouillon (2006). Erosion hydrique en Algérie du Nord: Ampleur, Conséquences et Perspectives. 14th International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco. 14 -19 Mai 2006.

Medjerab A., Henia L., 2005. Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie nord-occidentale. Revue Géographique de l'Est, Vol. 45, N° (02).

Meghraoui M., Habi M., Morsli B., Regagba M., Seladji A., 2017. Mapping of soil erodibility and assessment of soil losses using the RUSLE model in the Sebaa Chioukh Mountains (northwest of Algeria). Journal of Water and Land Development. N° (34), pp. 205-213.

Melun G., 2012. Evaluation des impacts hydro-morphologiques du rétablissement de la continuité hydro-sédimentaire et écologique sur l'Yerres aval. Thèse de doctorat en hydromorphologie–environnement. Université de Paris Diderot. 335 p.

Menesson D., 1972. L'irrigation dans le monde islamique : l'eau, élément culturel, CIHEAM-Options méditerranéennes.

Mollard É., Walter A., 2008. Agricultures singulières. Partie 2 : Cultiver les terres arides. Chapitre 6 : Gérer les crues. IRD Éditions. pp. 163-183.

Morau S., Morize M., 2004. Les cultures sur épandage de crues dans la province de Tata. Etudes thématiques en vue du développement des oasis de la région de Tata (Maroc) effectuées par des étudiants du CNEARC. Etude n° 4.

Morel A., 2008. Réflexions sur les stratégies traditionnelles de gestion conservatoire de l'eau pratiquées en Ardèche depuis le XIXe siècle. In: Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Actes de la session VII. Ed. É. Roose, J. Albergel, G. De Noni, A. Laouina, M. Sabir. Conférence de l'ISCO de Marrakech (Maroc) 14–19.05.2006. Paris. AUF-IRD-ENFI, pp. 92-96.

Morel A., 2002. Stratégies des sociétés face aux problèmes d'érosion, en milieux montagnards méditerranéens. Bull. Réseau Erosion n° 21, Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen. Montpellier, pp. 21-32.

Morel H., 1953. Notes sur la conservation des sols aux ÉTATS-UNIS, Revue forestière française, pp. 360-384.

Morizot P., Nasraoui A., 2001. A propos des ruines de la vallée de Mellagou (Aurès, Algérie). Les vestiges chrétiens de Baïnou et la mosaïque découverte à Bouzouamel. In: Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, 145e année, N° (02), pp. 877-892.

Morizot P., 1993. L'Aurès et l'olivier. In: Antiquités africaines, N° (29), pp. 177-240.

Morsli B., 2015. Ruissellement et érosion en zone de montagne, analyse des facteurs conditionnels cas des Monts de Beni Chougrane –Algérie. Thèse de Doctorat, Univ. Tlemcen, Algérie, 170 p.

Morsli B., Habi M., Mazour M., Hamoudi A., Halitim A., 2012. Erosion et ruissellement en montagnes méditerranéennes d'Algérie du Nord: analyse des facteurs conditionnels sous pluies naturelles et artificielles. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. Vol.1, pp. 33-40.

Morsli B., Halitim A., Mazour M., 2008. Érosion et effet des techniques culturales sur les versants semi-arides de l'Algérie : Cas des monts de Beni Chougrane. En: Efficacité de la gestion de l'eau et de la fertilité des sols en milieux semi-arides. Actes de la session VII. Ed. É. Roose, J. Albergel, G. De Noni, A. Laouina, M. Sabir. Conférence de l'ISCO de Marrakech (Maroc) 14–19.05.2006. Paris. AUF-IRD-ENFI, pp. 199–203.

Morsli B., Halitim A., Roose E., 2004 (a). Effet des systèmes de gestion sur le ruissellement, l'érosion et le stock du carbone dans les monts de Beni-Chougrane en ALGERIE. Bulletin du réseau Érosion n° 23, Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone. Actes2-séquestration du carbone et érosion des sols. pp. 416-430.

Morsli B., Mazour M., Mededjel N., Hamoudi A., Roose E., 2004 (b). Influence de l'utilisation des terres sur les risques de ruissellement et d'érosion sur les versants semi-arides du nord-ouest de l'Algérie ; Science et changements planétaires / Sécheresse. Vol.15, N° (01), pp. 96-104.

Mottram A., Carlberg E., Love A., Cole T., Brush W., Lancaster B., 2017. Modélisation pour la résilience des systèmes des petits exploitants agricoles. Une approche pratique pour renforcer la résilience des agriculteurs face aux chocs et aux stress. Washington, DC : Le Programme TOPS, Mercy Corps.

MA (Ministère de l'Agriculture), 1984. Inventaire général des terres et des forêts. 12 volumes+cartes. In Taabni M., 1998. Aménagement, lutte contre l'érosion des terres et pratiques paysannes dans les montagnes telliennes du nord ouest algérien. Bulletin du Réseau Érosion : Eau et Sol, deux ressources à gérer ensemble. Vol. 18, ED. IRD (ex ORSTOM), Montpellier, pp. 348-363.

Naimi M., Baghdad B., 2002. Aménagements traditionnels dans une vallée du Haut Atlas occidental, Maroc. Bulletin du réseau Érosion n° 21, pp. 82-93.

N'Diaye A.D, Mint Mohamed Salem K., Ould Kankou M.O.S.A., 2013. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique de l'eau de la rive droite du fleuve Senegal. Larhyss Journal, n° 12, pp. 71-83.

Nedjraoui D., 2004. Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. In : Ferchichi A. (comp.), Ferchichi A. (collab.). Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, 2004. Cahiers Options Méditerranéennes, N° (62), pp. 239-243.

Nicou R., Ouattara B., Somé L., 1987. Etude des techniques d'économie de l'eau à la parcelle sur les cultures céréalières (sorgho, maïs, mil) au Burkina Faso. INERA. 77 p. In Hien V., Bilgo A., Sangare S., Kambire L., Kabore P.D., Lepage M., Some L., Traore Gue J., Some B., Traore K., 2004. Projet 83 : recherches sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impact agro écologique. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, (INERA), 01 BP 7192 Ouagadougou, BURKINA FASO.

Ouhssain M., 2004. Système d'irrigation traditionnelle par Khetaras dans le sud est marocain, fonctionnement et rôle dans la sauvegarde de la vie dans les Oasis. Revue H.T.E, N° (129), pp. 8-10.

ONF (Office National des Forêts), 2010 (a). La restauration des terrains (RTM) en montagne : 150 ans de lutte contre les risques naturels – Le torrent de Manival. Office National des Forêts. 40 p.

ONF (Office National des Forêts), 2010 (b). Le service de restauration des terrains en montagne de l'Isere : un service de l'ONF spécialisé dans la gestion des risques naturels en montagne. Office national des Forêts. 4 p.

Palluault S., Romagny B., 2009. Nécessité et limites de la participation des usagers de l'eau agricole. In : Bonte P. (dir.), Elloumi M. (dir.), Guillaume Henri (dir.), Mahdi M. (dir.) Développement rural, environnement et enjeux territoriaux : regards croisés Oriental marocain et Sud-Est tunisien. Tunis : Cérès, pp. 319-341.

PDAU (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme), 2008. Etude de la commune de Béni Snous. Phase II. Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (Algérie). 85 p.

PDAU (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme), 1996. Etude de la commune de Béni Snous. Phase I. Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (Algérie). 105 p.

Petit C., Höchtl F., Konold W., 2008. Vignobles historiques en terrasses – stratégies pour la conservation patrimoniale. VIIe Congrès International des terroirs viticoles / VIIth International terroir Congress. Agroscope Changins-Wädenswil. pp. 1-7.

Prinz D., 2002. The Role of Water Harvesting in Alleviating Water Scarcity in Arid Areas. Keynote Lecture, Proceedings, International Conference on Water Resources Management in Arid Regions. 23-27 March, 2002, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait, Vol. 3, pp.107-122.

Remini B., Achour B., Ouled Belkhir C., Baba Amar D., 2012. The Mzab foggara: an original technique for collecting the water rising. Journal of Water and Land Development. N° 16 (I–VI), pp. 49-53.

Remini B., Achour B., 2008. Les foggaras du grand erg occidental Algérien. Larhyss Journal, N° (07), pp. 21-37.

Remini B., 2000. L'engrasement des barrages. Bull Réseau Erosion n° 20, pp.165 -171.

RFF (Revue Forestière Française), 1950. La lutte contre l'érosion du sol en Algérie. Indice bibliographique: 11.63.11: 42.34 (65), RFF_1950_3_137-144.

Romagny B., Riaux J., 2007. La gestion communautaire de l'eau agricole à l'épreuve des politiques participatives: regards croisés Tunisie/Maroc. Hydrological Sciences Journal, Vol. 52, N° (06), pp. 1179-1196.

Roose E., Sabir M., Arabi M., Morsli B., Mazour M., 2012. Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. Varia, Vol. 6, pp. 43-69.

Roose E., Sabir M., Laouina A., 2010. Gestion durable de l'eau et des sols au Maroc : Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes. Éditions : IRD, Marseille. ISBN 978-2-7099-1683-7, 343 p.

Roose E., De Noni G., 2004. La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES), une stratégie nouvelle pour faire face à un double défi du 21ème siècle : la pression démographique et l'environnement. In : Roose Eric (ed.), De Noni Georges (ed.), Prat Christian (ed.), Ganry F. (ed.), Bourgeon G. (ed.) Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone : 2. Séquestration du carbone et érosion des sols = Land use, erosion and carbon sequestration : 2. Soil erosion and carbon sequestration. Bulletin du Réseau Erosion n° 23, pp. 10-27. Gestion de la Biomasse, Erosion et Séquestration du Carbone : Colloque International, Montpellier (FRA), 23-28/09/2002.

Roose E., 2002. Banquettes mécaniques et techniques traditionnelles de CGES pour la zone méditerranéenne semi-aride de Tunisie. In: Roose Eric (ed.), Sabir M. (ed.), De Noni Georges (ed.). Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen. Bulletin - Réseau Erosion n° 21, pp. 130-154. La Gestion Traditionnelle de l'Eau, de la Biomasse et de la Fertilité des Sols, Base d'une Nouvelle Approche de la Lutte Antiérosive dans les Montagnes Marocaines : Journées Scientifiques, Salé (MAR), 08-09/02/2002.

Roose E., Sabir M., 2002. Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans le bassin méditerranéen : classification en vue d'un usage renouvelé. Bulletin Réseau Érosion n° 21, pp.33-44.

Roose E., Lamachère JM., De Noni G., 2000. Les effets d'actions incitatives de lutte contre l'érosion en Afrique francophone et en Amérique-latine. Bulletin-Réseau Erosion, n° 20. IRD, pp. 460-476.

Roose E., 1997. La G.C.E.S. une nouvelle stratégie de gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. Communication aux jours scientifiques de l'INGREF 25 -27 mars 1997. Fonds Documentaire ORSTOM Monastir, Tunisie. 25-27.03.1997. pp. 1-10.

Roose E., 1995. La GCES : Proposition d'une nouvelle approche de la lutte antiérosive pour Madagascar. Bulletin Réseau Érosion : Environnement humain de l'érosion, n°15, pp. 189-203. Conférence organisée le 12-5-1995 au CITE par le Département des Forêts de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, BP. 3044, Antananarivo, Madagascar.

Roose E., Kabore V., Guenat C., 1995. Le zaï, une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahélienne (Burkina Faso) In « L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? » R. Pontanier, A. M'Hiri, N. Akrimi, J. Aronson, E. Le Floch. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 249-265.

Roose E., 1992 (a). Contraintes et espoirs de développement d'une agriculture durable en montagnes tropicales. Bulletin - Réseau Erosion n° 12, pp. 57-70.

Roose E., 1992 (b). Diversité des stratégies traditionnelles et modernes de conservation de l'eau et des sols: Influence du milieu physique et humain en région soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. Influence du milieu physique et humain en région soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. L'aridité une contrainte au développement. ACTIQUES /ORSTOM Éditions. pp. 481-506.

Roose E., Dugué P., Rodriguez L., 1992. La G.C.E.S. (Gestion Conservatoire de l'Eau, de la biomasse et de la fertilité des Sols). Une nouvelle stratégie de lutte antiérosive appliquée à l'aménagement de terroirs en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. Revue Bois et Forêts des Tropiques, N° (233), 3^e trimestre, pp. 49-63.

Roose E., 1986. Terrasses de diversion ou microbarrages perméables ? Analyse de leur efficacité en milieu paysan ouest-africain pour la conservation de l'eau et des sols dans la zone soudano-sahélienne (1) ; Cah. ORSTOM, Ser. Pedol. Vol. 22, N° (02), pp. 197-208.

Rybicki R., 2017. Evaluation of the effects of land consolidation in the Latyczyn village in terms of land protection against erosion on the slope scale. Journal of Water and Land Development. N° (35), pp. 203-209.

Saggai S., 2008. Réduction de l'évaporation des plans d'eau par les films monomoléculaires en zones arides. Mémoire présenté pour obtention du diplôme de Magister, Spécialité : Hydraulique, Option : Aménagement Hydraulique en Zones Arides. 55 p.

Salhi B., Trandji M., 2008. Contribution à l'étude des techniques modernes et traditionnelles de conservation de l'eau et du sol dans la région de Béni Snous (W.Tlemcen) ; mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie, option : production et amélioration des végétaux. 75 pages. In Boucherit H. 2009. L'arboriculture dans les monts de Tlemcen, conservation et perspectives de développement durable « Cas de la région de Beni Snous ». Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie. Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen, faculté des sciences, département d'Agronomie, spécialité : Agronomie, option: Systèmes de culture intègres et gestion conservatoire. 179 p.

Sani Mahaman L., 1992. Techniques de conservation des eaux et du sol / défense et restauration des sols au projet intégré Keita : impacts écologiques et socio-économiques. Rapport de stage de fin de 3^e Année I T A. Université de Niamey, Faculté d'Agronomie, Département GR/E.F. 39 p.

Sari D., 1977. L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algeria). thèse de doctorat. Alger, Algérie. Édit. : SNED (Société Nationale d'Édition et de Diffusion). 623 pages.

Sawadogo H., Zombre N.P., Bock L., Lacroix D. 2008. Evolution de l'occupation du sol de Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso) à partir de photos aériennes. Revue Télédétection, Vol. 8, N° (01), pp.59-73.

Sayari N., Rejeb H., 2003. Particularités des paysages agraires des gouvernorats de Sousse, Monastir, Mahdia, Kairouan et Sfax. Unité de Recherche "Horticulture, Paysage, Environnement" AGR05UR2003. ISA-IRESA-Université de Sousse BP 47, 4042 Sousse.

Senoussi A., Bensania M., Moulaye S., Telli N., 2011. La foggara : un système hydraulique multiséculaire en déclin. Revue des BioRessources (Ouargla). Vol. 1, N° (01), pp. 47-54.

Snane M.H., Mechergui M., 1996. Cultures pluviales des montagnes arides en Tunisie : rôle et dimensionnement des jessour. Note méthodologique, Sécheresse, Vol.7, N° (03), pp. 203-208.

SOGREAH., 2009. Etude d'inventaire et de développement de la PMH (Petite et Moyenne Hydraulique). Rapport final RA3 Wilaya de Tlemcen. N°2340074. Ministère de ressources en eau, Direction de l'hydraulique agricole. 55 p.

Solé-Benet A., Lázaro R., Domingo F., Cantón Y., Puigdefábregas J., 2010. Why most agricultural terraces in steep slopes in semiarid se Spain remain well preserved since their abandonment 50 years ago?. Pirineos. Revista de Ecología de Montaña. Vol. 165, pp. 215-235. Jaca, Enero.

Soler J., 2003. La Défense et la Restauration des sols. Brochure : Les grands secteurs de l'Agriculture algérienne. Édité par le Gouvernement Général. Revu et augmenté par les soins de l'office Algérien d'Action Économique et Touristique/ OFALAC.

Taabni M., 1998. Aménagement, lutte contre l'érosion des terres et pratiques paysannes dans les montagnes telliennes du nord ouest algérien. Bulletin du Réseau Érosion : Eau et Sol, deux ressources à gérer ensemble. Vol. 18, ED. IRD (ex ORSTOM), Montpellier, pp. 348-363.

Taabni M., Kouti A., 1993. Stratégies de conservation, mises en œuvre et réactions du milieu et des paysages dans l'Ouest algérien. Bull Réseau Erosion. Vol. 13, pp. 215-229.

Tabet Aoul W.H., Ziani S., 2013. Clustering Hiérarchique de données à base de Ward. Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Licence en Informatique, Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen, Faculté des Sciences, Département d'Informatique. 43 p.

Tazi M., 2009. Problématique de l'économie de l'eau d'irrigation dans la zone d'action de l'ORMVA de OUARZAZATE. Art. 2 (141), Vol. 13, No (02). 7 p.

Tribak A., 2002. Stratégies et techniques de lutte antiérosive dans les montagnes du Prérif Oriental (Maroc). Bull Réseau Erosion n° 21 : Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen, pp 45-55.

Vila-Valenti J., 1961. L'irrigation par nappes fluviales dans le Sud-Est de l'Espagne In: Méditerranée, 2e année, N° (02), pp. 19-35.

Ziyadi M., 2011. Vivre dans les montagnes arides ou subarides, l'aménagement des pentes dans l'Anti-Atlas central et occidental (MAROC). Thèse de doctorat nouveau régime en géographie. Université Nancy 2, Faculté des lettres et sciences humaines, École doctorale « langages, temps, société », Centre d'études et de recherche sur les paysages, Comité mixte interuniversitaire Franco-Marocain. 427 p.

Zoubiri M., 2009. Analyse et évaluation des aménagements de conservation de l'eau et du sol à l'amont du barrage El Izdihar de Sidi Abdelli (Tlemcen- Algérie); mémoire pour l'obtention du diplôme de Magistère en Foresterie, Université Abou Baker Belkaid de Tlemcen, Option : Gestion et Conservation des Écosystèmes. 117 p.

Zougmore R., Zida Z., Kambou F.N., 1999. Réhabilitation des sols dégradés : rôles des Amendements dans le succès des techniques de demi-lune et de zaï au Sahel. Bulletin Réseau Erosion n° 19 : L'influence de l'homme sur l'érosion, Vol.1 à l'échelle du versant, IRD, pp. 536-550.

Zougmore R., Kambou F. N., Son G., Guillobez S., 1993. Première approche de l'impact des ouvrages anti-érosifs en pierre sur le ruissellement et les rendements en sorgho; étude des écartements sur un bassin versant dans le plateau central. In Gestion durable des sols et environnement en Afrique intertropicale. Actes du 1er colloque International de Ouagadougou. Thiombiano, L., De Blic, P., Bationo, A. (éditions, 2000) : pp. 278-283. In Hien V., Bilgo A., Sangare S., Kambire L., Kabore P.D., Lepage M., Some L., Traore Gue J., Some B., Traore K. 2004. Projet 83 : recherches sur des technologies de lutte contre la désertification au sahel et étude de leur impact agro écologique. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, (INERA), 01 BP 7192 Ouagadougou, BURKINA FASO.

3) Pente :

* 0 - 3 %

* 3 - 6%

* 6 - 12,5 %

* 12,5 - 25%

* >25

4) Altitude : 866 m

5) Pression humaine

- faible

- moyenne

- forte

6) Système de gestion des terres :

-orienté vers la commercialisation

- orienté vers l'autoconsommation

- agro-pastorale

- forestier

7) Culture pratiqués :

-Types de culture :

- fruitier

-vigne

- légumes secs

- Céréale

-Autres : **maraichages**

8) Systèmes agraires.

Culture non irriguée

Culture irriguée

Monocultures

Intercalaires (associées)

Cultures relais

Cultures intensives

9) Main-d'œuvre :

Famille

Main-d'œuvre salariée

Femmes

Communautaire

Autres : **propriétaires**

-Caractéristiques des aménagements de CES

1) Objectifs de l'aménagement :

• Gestion des eaux de ruissellement :

- Système de mobilisation et de stockage des eaux
- Système de capture du ruissellement sur les versants et les vallées
- Système d'amélioration de l'infiltration
- Système de dissipation de l'énergie du ruissellement
- Système de dérivation des eaux de crues
- Autre: **facilite la gestion des eaux d'irrigation**

• Conservation du sol :

- Freinage du ruissellement et l'effet d'érosion hydrique en nappe linéaire
- Capture des sédiments
- Protection de la surface du sol
- Amélioration de la fertilité du sol
- Modification de la pente
- Autre : **protection des terres contre les mouvements en masse, formation d'un sol plus épais, garder une bonne humidité du sol le plus longtemps possible.**

2) État actuel de l'aménagement

- Fonctionnel actuellement
- fonctionnel et valorisé
- totalement détruit
- partiellement détruit

3) Durabilité et entretien :

- Duré de vie de la technique :
- Signe de dysfonctionnement de la technique :
- Fréquence de l'entretien :
- Entretien par qui? Et comment? :

- 4) **Rentabilité : coût / efficacité :**
- 5) **Compatibilité des techniques avec le milieu physique et social (adaptabilité) :**
- 6) **Acceptabilité des techniques et aménagements :**
- 7) **Adoption :**
- 8) **Reproductibilité :**

3) Pente :

* 0 - 3 %

* 6 - 12,5 %

* >25

* 3 - 6%

* 12,5 - 25%

4) Altitude : 866 m

5) Pression humaine

- faible

- moyenne

- forte

6) Système de gestion des terres :

-orienté vers la commercialisation

- orienté vers l'autoconsommation

- agro-pastorale

- forestier

7) Culture pratiqués :

-Types de culture :

- fruitier

-vigne

- légumes secs

- Céréale

-Autres : **maraichages**

8) Systèmes agraires.

Culture non irriguée

Culture irriguée

Monocultures

Intercalaires (associées)

Cultures relais

Cultures intensives

9) Main-d'œuvre :

Famille

Main-d'œuvre salariée

Femmes

Communautaire

Autres : **propriétaires**

-Caractéristiques des aménagements de CES

1) Objectifs de l'aménagement :

• Gestion des eaux de ruissellement :

- Système de mobilisation et de stockage des eaux
- Système de capture du ruissellement sur les versants et les vallées
- Système d'amélioration de l'infiltration
- Système de dissipation de l'énergie du ruissellement
- Système de dérivation des eaux de crues
- Autre: **facilite la gestion des eaux d'irrigation**

• Conservation du sol :

- Freinage du ruissellement et l'effet d'érosion hydrique en nappe linéaire
- Capture des sédiments
- Protection de la surface du sol
- Amélioration de la fertilité du sol
- Modification de la pente
- Autre : **protection des terres contre les mouvements en masse, formation d'un sol plus épais, garder une bonne humidité du sol le plus longtemps possible.**

2) État actuel de l'aménagement

- Fonctionnel actuellement
- fonctionnel et valorisé
- totalement détruit
- partiellement détruit

3) Durabilité et entretien :

- Duré de vie de la technique : c'est une technique très durable. Elle est très ancestrale dans la région. **Pour ce cas là, la terrasse à plus de 20 ans.**

- Signe de dysfonctionnement de la technique : déplacement des pierres des murets et formation des rigoles et ravines (érosion linéaire). **Pour ce cas là, la terrasse ne présente aucun signe de dysfonctionnement.**

- Fréquence de l'entretien : l'entretien des terrasses avec murets en pierres est peu fréquent ; après stabilisation des murets.

- Entretien par qui? Et comment? : L'entretien se fait par les propriétaires avec une simple remise en état des murets détruits durant les fortes orages ou à cause de la pression animale.

4) Rentabilité : coût / efficacité : bon rapport coût / efficacité

5) Compatibilité des techniques avec le milieu physique et social (adaptabilité) : très bonne adaptation.

6) Acceptabilité des techniques et aménagements : cette technique est très acceptée au niveau de la commune de Béni Snous.

7) Adoption : très adopté au niveau de la commune de Béni Snous.

8) Reproductibilité : faible reproductibilité de cette technique au niveau de la commune de Béni Snous