

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES ECIENCES BIOLOGIQUES DE L'ENVIRONNEMENT

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En Vue de l'Obtention du Diplôme de MASTER II

Spécialité : ENVIRONNEMENT ET SECURITE ALIMENTAIRE

THEME

**Contribution à l'étude de la lutte anti érosive
des sols par utilisation d'un mulch vivant
(*Hedysarum coronarium L.*) sous deux systèmes
culturaux : semis direct et semis conventionnel.**

Soutenu le 19/06/2012

Présenté par : M.MAHDEB AMOKRANE

Devant le Jury :

Président: M.HAMLAT MOURAD

Promoteur : M.SIDI HACHEMI

Examineurs: M.LAIMOUCHE ABDELHAFID

M.AISSAT LYES

Année Universitaire 2011-2012

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

- la mémoire de mon défunt père
 - Ma chère mère
 - Mes frères et sœur
- Mes deux enfants Yacine et Celia
 - Ma femme
- Tous mes collègues de l'INRAA
- Tous ce qui œuvrent pour la paix dans le monde.

MAHDEB AMOKRANE

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé et soutenu dans sa réalisation, particulièrement :

- ✓ M.SIDI Hachemi, Enseignant-chercheur à la faculté SNV, Université Abderrahmane Mira, Bejaia pour avoir accepté de diriger ce travail.
- ✓ M.Hamlat Mourad, Enseignant-chercheur à la faculté SNV Université Abderrahmane Mira, Bejaia qui m'a fait l'honneur de présider le jury.
- ✓ M.Laimouche Abdelhafid, Enseignant-chercheur à la faculté SNV Université Abderrahmane Mira, Bejaia pour avoir accepté d'examiner ce travail.
- ✓ M.Aissat Lyes, Enseignant-chercheur à la faculté SNV Université Abderrahmane Mira, Bejaia pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION	1
Partie I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1.1. CONCEPTS DE L'AGRICULTURE DE CONSERVATION :.....	2
1.2. SYNTHESE DU CONTEXTE PEDO-PYSAGES ET RESSOURCES EN SOLS DE LA REGION DE BEJAIA.	4
1.2.1. La roche mère	4
1.2.2. Le relief	4
1.2.3. La végétation	4
1.2.4. L'action de l'homme	4
1.2.5. Les principaux types de sols	5
1.2.6. La géologie	9
1.2.7. Erosion hydrique des sols	9
Partie II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	
2.1. ETUDE CLIMATIQUE	12
2.1.1. Températures	12
2.1.2. Les Précipitations	13
2.1.2.1. Régime mensuel des précipitations	13
2.1.2.2. Régime saisonnier des précipitations	14
2.1.3. Synthèse climatique	15
2.1.3.1. Indice d'arido-humidité de Giacobbe	15
2.1.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)	16
2.1.3.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	17
Partie III : MATERIELS ET METHODE	19
3.1. Choix du mulch vivant Sulla (<i>Hédysarum coronarium L.</i>).....	19
3.1.1. Ecologie et exigences du Sulla	19
3.2. Choix de la parcelle expérimentale	21
3.2.1. Données générales	21
3.2.2. Données concernant les conditions du milieu	21
3.2.3. Végétation ou système de culture	22
3.2.4. Roche mère et matériau originel	22
3.2.5. Aspect de la surface du sol	22
3.2.6. Description du profil	22
3.3. Dispositif expérimental	23
3.4. Méthode d'échantillonnage du sol	24

3.5. Méthodes d'analyse du sol	25
3.5.1. La granulométrie	25
3.5.2. L'azote total (Méthode Kjeldahl)	25
3.5.3. Le carbone organique	26
Partie IV : RESULTATS ET INTERPRETATION	27
4.1. Présentation des résultats	27
4.1.1. Résultats des analyses des échantillons avant le semis	27
4.1.2. Résultats des analyses des échantillons après le semis	28
4.2. Interprétation des résultats des indicateurs de fertilité des sols (azote total, matière organique) avant et après semis	29
4.3. Comparaison entre les indicateurs de fertilité des échantillons de surface et profondeur avant et après semis, en SC et SD	30
4.4. Résultats de l'analyse statistique et discussion des résultats des indicateurs de fertilité (avant semis et 5 mois après semis) en (SC) et (SD)	34
4.4.1. Présentation des résultats du test statistique	34
4.4.2. Analyse de la Variance pour les fractions argileuses	35
4.4.3. Analyse de la Variance pour l'azote total	37
4.4.4. Analyse de la Variance pour la matière organique	39
4.5. Analyse des résultats du test statistique et discussions	41
Conclusion générale	42
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des Abréviations

AC : Agriculture de Conservation.

BNEDER : Bureau National des Etudes Développement et Rural.

C.V : Coefficient de Variation

CM : Carré Moyen

ddl : degré de liberté

F obs : Fonction observée

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

INRAA : Institut National de Recherche en Agronomie d'Algérie.

NS : Non Significative

SC : Semis Conventionnel.

SCE : Somme des Carrés des Ecart.

SD : Semis Direct.

SDDAR : Schéma Directeur de Développement Agricole et Rural.

SEMIS * TYPESEMIS : Interaction entre semis (avant et après) et le semis direct et conventionnel.

SPSS : Statistical for Package for the Social Sciences.

Liste des tableaux

<u>Tableau n° I</u> : Moyennes mensuelles des températures de la station de Bejaia (1978 – 2010).	12
<u>Tableau n° II</u> : Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Bejaia (1970-2010).	13
<u>Tableau n° III</u> : Les types de mois selon les valeurs du rapport Besson.	14
<u>Tableau n° IV</u> : Régime saisonnier des précipitations de la région de Bejaia.	14
<u>Tableau n° V</u> : Indices d'arido- humidité mensuels pour la région de Bejaia.	15
<u>Tableau n° VI</u> : Quotient pluviothermique de Stewart pour la station de Bejaia.	17
<u>Tableau n° VII</u> : Résultats des analyses de sol avant semis	27
<u>Tableau n° VIII</u> : Résultats des analyses de sol 5 mois après semis	28
<u>Tableau n° IX</u> : Normes d'azote total.	29
<u>Tableau n° X</u> : Variables et leurs modalités.	34
<u>Tableau n° XI</u> : Résultats des statistiques descriptives	35
<u>Tableau n° XII</u> : Analyse de la variance des factions argileuses	35
<u>Tableau n° XIII</u> : descriptif de l'interaction entre les semis et le type de semis (SC, SD).	36
<u>Tableau n° XIV</u> : Résultats des statistiques descriptives.	37
<u>Tableau n° XV</u> : Analyse de la variance de l'azote total.	37
<u>Tableau n° XVI</u> : descriptif de l'interaction entre les semis et le type de semis (SC, SD).	38
<u>Tableau n° XVII</u> : Résultats des statistiques descriptives.	39
<u>Tableau n° XVIII</u> Analyse de la variance de la matière organique.	39
<u>Tableau n° XIX</u> : descriptif de l'interaction entre les semis et le type de semis (SC, SD), pour la matière organique.	40

Liste des figures

Figure n° 1 : Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation.	2
Figure n° 2 : Relation système semis direct, composantes de l'environnement et décisions agricoles.	3
Figure n° 3 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson pour la région de Bejaïa.	16
Figure n° 4 : Climagramme d'EMBERGER de la région de Béjaïa.	18
Figure n° 5 : Schéma du dispositif expérimental.	23
Figure n° 6 : Esquisse explicative du mode d'échantillonnage.	24
Figure n° 7 : Estimation de la moyenne marginale des argiles en SC et SD, avant et après semis.	36
Figure n° 8 : Estimation de la moyenne marginale de l'azote total en SC et SD, avant et après semis.	38
Figure n° 9 : Estimation de la moyenne marginale de la matière organique en SC et SD, avant et après semis.	40
Figure n° 10 : Moyenne des indicateurs des échantillons de surface avant et après semis en SC	30
Figure n° 11 : Moyenne des indicateurs des échantillons de profondeur avant et après semis en SC	31
Figure n° 12 : Moyenne des indicateurs des échantillons de surface avant et après semis en SD	32
Figure n° 13 : Moyenne des indicateurs des échantillons de profondeur avant et après semis en SD	33

Cartes

Carte 01 : Carte de l'érosion des sols de la Wilaya de Bejaïa	11
--	----

INTRODUCTION :

L'érosion hydrique constitue l'un des problèmes environnementaux et agricoles majeurs au Monde, dont souffre non seulement les pays développés, mais aussi les pays en voie de Développement. En effet, la dégradation des sols par érosion hydrique représente une grave menace qui met en danger la production alimentaire et les moyens d'existence ruraux et qui continue de prendre des proportions alarmantes. La lutte contre la dégradation des sols nécessite une bonne connaissance de ses causes et effets, afin de choisir avec précision les technologies convenables de conservation des sols et les bonnes stratégies pour remédier aux problèmes pour une production agricole durable.

En Algérie, la ressource en eau et le sol sont des facteurs majeurs limitant les développements agricole, économique et social. En effet, l'environnement physique dans cette région est caractérisé par une pluviométrie faible, aléatoire et agressive, et par des sols généralement pentus souvent peu productifs et pourvus d'une couverture végétale très éparse. Dans la région de Bejaia, à titre d'exemple, les sols situés sur des pentes supérieures à 25% occupent une superficie totale de 66,42% (**BNEDER, SDDAR, 2005**). Par conséquent, ils sont très vulnérables à l'érosion hydrique. En effet, l'érosion des sols constitue un aspect majeur de la dégradation des paysages dans les environnements Nord-africains (**Halitim, 1988**).

Sur l'ensemble des terrains de la wilaya, les substrats lithologiques dominants sont constitués essentiellement des schistes et flysch du côté septentrionale de la wilaya, et du calcaire et marnes dans la partie méridionale. Ces roches sont moyennement résistantes à l'érosion.

Cette contrainte de sol est notamment fréquente dans le Sud de la wilaya, elle est conjuguée avec celle du relief accidenté et découvert, qui se traduit par des pertes inestimables des terres en forme de ravinement intense.

Selon l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO, 2000**), **les méthodes de travail du sol utilisées de nos jours par la plus part des agriculteurs sont une cause importante d'érosion des sols et de désertification sur de nombreuses terres agricoles**. Par conséquent, il est impératif pour les agriculteurs et les chercheurs de collaborer pour trouver d'autres solutions au travail traditionnel du sol, c'est-à-dire trouver des moyens de cultiver qui perturbent moins le sol et réduisent donc l'érosion. **L'agriculture de conservation** est une alternative prometteuse au travail traditionnel du sol qui s'efforce **d'inverser** le processus de dégradation du sol.

Dans cet ordre d'idées, un essai expérimental a été mené au centre de recherche INRAA de Oued-Ghir, Bejaia afin de mettre en évidence les corrélations entre les différentes techniques culturales (semis direct et labour conventionnel) sur la lutte contre l'érosion hydrique des sols par l'évaluation des indicateurs physico-chimiques des sols (granulométrie, azote total, carbone organique).

Partie I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. CONCEPTS DE L'AGRICULTURE DE CONSERVATION :

L'Agriculture de Conservation (AC) est un concept générique qui désigne l'ensemble des pratiques agricoles qui tout en visant la rentabilité et la durabilité de l'activité agricole concourent également à la protection de l'environnement. L'AC est basée sur une amélioration des fonctions naturelles des écosystèmes, et donc une intensification de l'activité biologique dans et au-dessus du sol. Les opérations comme le labour mécanique sont réduites au strict minimum voire totalement abandonnées ; les modes d'application et les quantités des intrants chimiques, des engrais minéraux et organiques sont raisonnées de manière à ne pas perturber l'activité biologique dans le sol.

Globalement, l'AC repose sur trois principes fondamentaux :

- Une perturbation minimale du sol et où l'ultime situation est que les semences et les engrais soient déposés par un passage d'un disque faisant un sillon de quelques centimètres pour déposer la semence et les engrais et les recouvrir par des roues tasseuses.
- Le maintien d'une partie des résidus en surface, Aussi grande est la quantité maintenue, aussi importantes seront l'infiltration et la conservation de l'eau par la réduction de l'évaporation et de l'érosion du sol, aussi rapide seront les améliorations des qualités physico-chimiques du sol, de son activité biologique, et la quantité de carbone séquestrée, donc l'ensemble des bienfaits du système semis direct.
- Adoption des rotations culturales qui assurent une gestion intégrée des mauvaises herbes, maladies et parasites, une meilleure productivité de l'eau et une diversification du système de production.

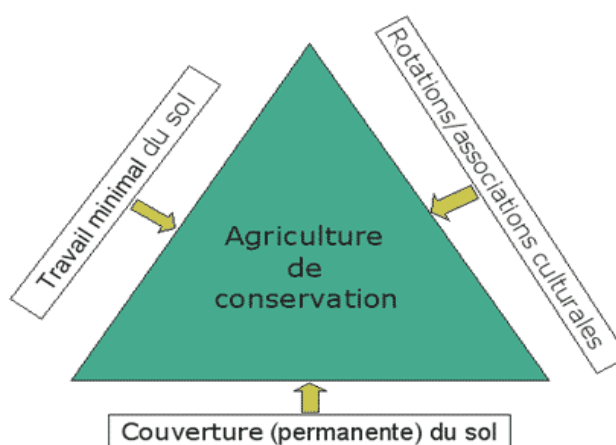


Figure n° 1 : Les principes fondamentaux de l'agriculture de conservation, (M'RABET, 2001).

Le système de semis direct est la base de l'agriculture de conservation. C'est un nouveau mode d'exploitation des ressources naturelles (sol et eau) présenté comme solution pour surmonter les défis auxquels fait face l'agriculture aujourd'hui, en particulier ceux liés aux sécheresses dues aux changements climatiques, à la mondialisation et la fluctuation des prix, au monopole et dépendance en technologies de semences, engrais et pesticides, et aux coûts élevés des facteurs de production. L'objectif ultime est d'assurer une production durable capable de subvenir aux besoins alimentaires d'une population en forte croissance et d'améliorer son niveau de vie, l'ensemble de ses avantages sont consignés dans la figure 2.

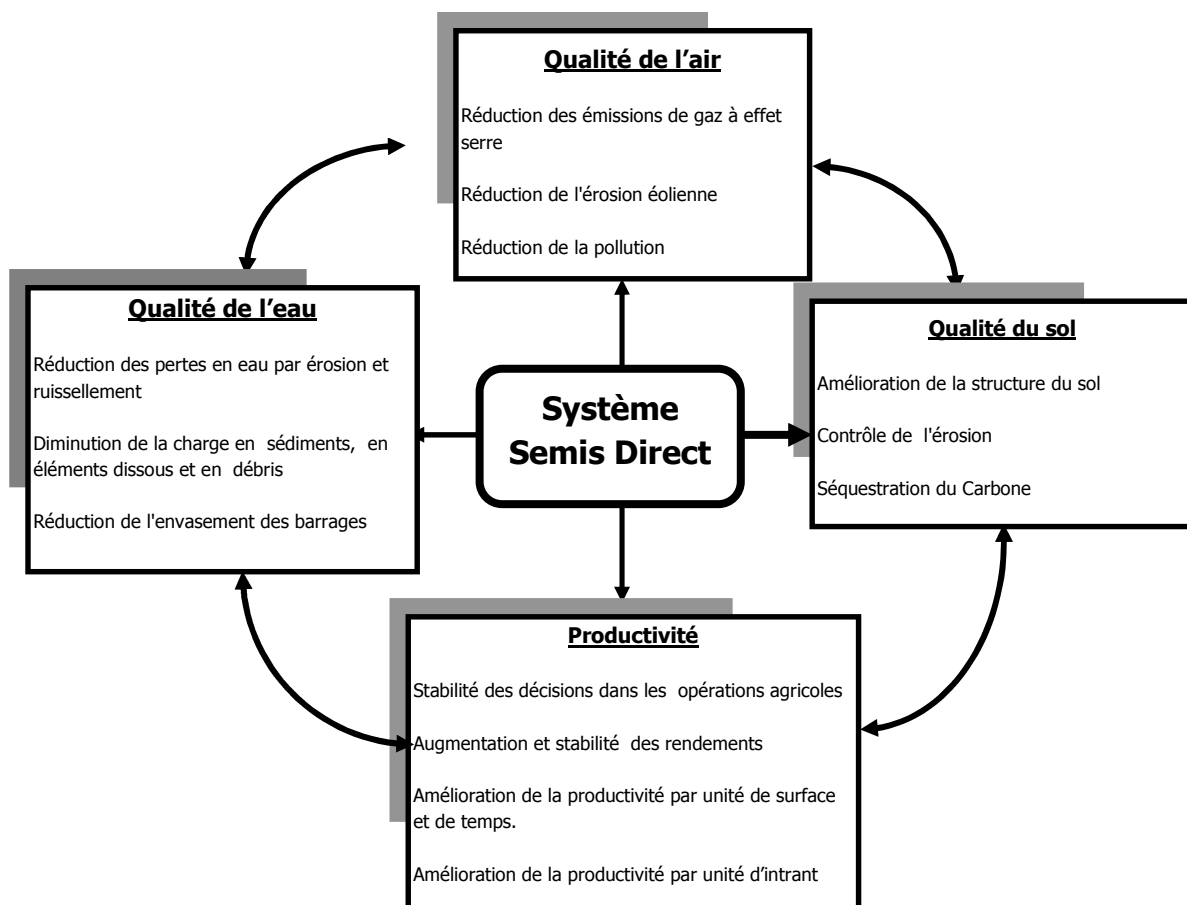


Figure n° 2 : Relation système semis direct, composantes de l'environnement et décisions agricoles (M'RABET, 2001).

1.2. SYNTHÈSE DU CONTEXTE PEDO-PAYSAGES ET RESSOURCES EN SOLS DE LA RÉGION DE BEJAIA (Ben Khanouche N, 2005).

1.2.1. La roche mère

Il est constitué essentiellement d'alluvions quaternaires formant les terrasses de la vallée. En rive gauche, ces alluvions sont constituées généralement d'argiles et de conglomérat jusqu' à Sidi-Aich et d'argiles, calcaires et grès de Sidi-Aich à la mer. En rive droite dominent les Schistes noirs, avec des pointements calcaires au niveau d'Akbou, d'Ighzer Amokrane et de Sidi-Aich. D'El-Kseur à la mer, se sont les argiles et les grès qui dominent. La nature géologique du bassin versant conditionne la texture des sols et leur évolution pédogénétique (richesse en éléments minéraux, propriétés chimiques et physiques des sols, fertilité,...).

1.2.2. Le relief

L'action érosive du climat est intimement liée au relief. Elle est accentuée par la pente. La profondeur et la texture des sols dépendent également du relief. Les sols en pente sont peu profonds et de texture grossière, ceux qui se situent en bas des pentes ou dans les dépressions et bas fonds sont plus profonds et de texture plus fine, c'est ce qu'on observe dans toute la vallée de la Soummam.

Certains processus pédogénétiques sont conditionnés par le relief (hydromorphie, halomorphie, formation des vertisols).

1.2.3. La végétation

L'absence ou la rareté de la végétation accélère la dégradation (érosion intensive, minéralisation rapides de la matière organique, décapage des horizons humifères, dégradations des propriétés physiques, baisse de la fertilité,...) des sols de la région, d'autant plus qu'ils sont soumis à une agriculture intensive et sont donc nus (sans cultures, sans couvert végétal) une partie de l'année.

1.2.4. L'action de l'homme

Elle peut être néfaste pour l'évolution des sols de la région qui sont particulièrement sensibles au défrichement, aux labours successifs à une même profondeur, à l'agriculture intensive qui épuise les sols, à l'irrigation excessive ou irrationnelle. Le travail incontrôlé et anarchique des sols en pente accélère leur dégradation par l'érosion.

1.2.5. Les principaux types de sols

Les sols de la vallée de l'oued Soummam ont été classés selon la classification en usage à l'Agence Nationale des Ressources Hydriques, communément appelée **classification CPCS** (Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols). L'étude des sols de la région a permis d'identifier 8 classes de sols repartis dans la vallée de l'oued Soummam entre Akbou et Bejaïa :

- Classe des sols minéraux bruts
- Classe des sols peu évolués
- Classe des vertisols
- Classe des sols calcimagnésiques
- Classe des sols isohumiques
- Classe des sols à sesquioxydes de fer
- Classe des sols hydromorphes
- Classe des sols rouges fersialitiques méditerranéens

Classe des sols minéraux bruts : Dans la vallée on en distingue deux groupes principaux :

- Les sols minéraux bruts d'érosion-lithosols : Ce sont des sols d'étendue extrêmement réduite constitués souvent par une roche-mère dure et massive mise à nu par l'érosion. Ils sont impropres à l'agriculture.
- Les sols minéraux bruts d'apport alluvial : Ils occupent le lit majeur de l'oued Soummam et ses affluents. Ce sont des sols constitués d'alluvions essentiellement des sables, graviers, galets amenés par les cours d'eau. L'exploitation agricole de ces sols est difficile car ils sont très instables et sujets à des inondations fréquentes.

Classe des sols peu évolués :

Ils occupent de grandes étendues dans toute la vallée et essentiellement dans les basses terrasses et les cônes de déjection. Ce sont des sols à profil peu différencié, de type AC. Tous les sols de cette classe font partie du groupe des sols peu évolués d'apport alluvial et se subdivisent en 2 sous groupes : modaux et hydromorphes.

Les sols peu évolués d'apport alluvial modaux :

Ces sols sont de texture souvent équilibrée (limoneuse, limono-argileuse ou argilo-sableuse), légère (limon sableux) ou sableuse (sable limoneux). Leur profil est de type AC, avec un horizon A relativement peu évolué par rapport au matériau originel. Il n'y a pas d'accumulation de fer, de sels et de calcaire dans le profil.

De part leurs propriétés physiques et chimiques, leur profondeur et leur texture, ces sols sont parmi les plus exploités en agriculture. Ils conviennent bien à un large éventail de cultures : céréales-fourrage, culture maraichères, industrielle et arbustives. Toutefois, quand le taux de calcaire actifs est supérieure a 7 ou 12%, certain arbres fruitiers (agrumes, pêcher,...) ne peuvent êtres cultivés (**Duchaufour, 1997**).

Les sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphes :

Ces sols ont tous les caractères physiques et chimiques (profil de type AC, profondeur, texture, teneur en calcaire) des sols peu évolués modaux, sauf qu'ils sont soumis a une présence d'eau permanente ou temporaire et plus ou moins grande profondeur. Ils ont une grande extension dans toute la vallée.

Du point de vue agronomique ces sols peuvent supporter un large éventail de cultures et donner de bons rendements, mais leur caractère hydromorphe réduit le choix des spéculations. Leur assainissement (drainage des eaux) leur rendra toutes leurs aptitudes culturales.

Classe des vertisols :

Leur extension est très réduite. Ils occupent quelques petites plages sur les anciennes terrasses alluviales ils sont inexistant dans la basse vallée. Ce sont des sols de couleur gris foncé ou gris noir, de profil de type Á (B) C. leurs horizons ne se différencient que par la structure. Ils sont très compacts, très riche en argiles gonflantes (Montmorillonites). Leur structure est souvent prismatique ou massive, la porosité est faible a très faible. Ils sont difficiles à travailler, surtout à l'état sec. Ils se subdivisent en deux sous-classes :

- Sous-classe des vertisols a drainage externe nul ou réduit
- Sous-classe des vertisols a drainage externe possible.

Bien que fertiles, ces sols conviennent peu aux cultures a cause de leurs propriétés physiques défavorables. Ils sont favorables en général aux céréales-fourrages et a quelques cultures maraichères adaptées aux textures fines.

Classe des sols calcimagnésiques :

Avec les sols peu évolués, ce sont les sols les plus répandus dans la vallée. Ils occupent essentiellement les moyennes et hautes terrasses des oueds. Ce sont des sols a profil de type AC ou A (B) C, de profondeur très variable (de 30-50cm a 120cm et plus), mais en général ils sont peu a moyennement profond. Leur évolution est dominée par la présence d'ions alcalino-terreux (calcium et magnésium). Leur texture est souvent moyenne à légère en surface et fine en profondeur. Ils présentent parfois a une certaine profondeur, soit une croûte ou un encroûtement calcaire ou un horizon a accumulation calcaire (sous forme d'amas ou de nodules), soit un horizon (B) argileux plus compact.

Les sols de cette classe font partie du groupe des sols bruts calcaires, sous-groupes modal, hydromorphe (à pseudogley) et vertique.

Du point de vue agronomique ces sols, quand ils sont profonds, conviennent à une large gamme de cultures, y compris aux cultures arbustives (quand le taux de calcaire actif n'est pas supérieur à 7%). Souvent, c'est leur faible profondeur qui limite le choix des cultures, et dans ce cas ce sont d'excellents sols à céréales.

Les caractères d'hydromorphie (pseudogley), d'halomorphie et vertiques sont aussi des contraintes importantes pour le choix des cultures. Certaines plages de sols calcimagnésiques présentent en profondeur des caractères d'halomorphie (présence de sels solubles dans l'horizon).

Classe des sols iso humiques :

Les sols de cette classe occupent une petite étendue dans la vallée. Ils forment des petites plages dans les environs d'Oued-Amizour, El Kseur et en amont de Sidi Aich. Leur caractère isohumique est dû au fait que leur teneur en matière organique décroît graduellement avec la profondeur, au contraire des autres types de sols où elle baisse brusquement en passant de l'horizon superficiel A aux horizons sous-jacents. Leur profil est de type A(B) C ou ABC. L'horizon B se distingue principalement par sa structure.

Ces sols sont en général profonds, bien structurés, de texture moyenne en surface et fine en profondeur, surtout au niveau de l'horizon (B) dit horizon structural. En profondeur ils peuvent présenter un horizon d'accumulation de calcaire sous forme d'amas ou de nodules qui peuvent même former un encroûtement.

Les sols isohumiques rencontrés dans la région de la Soummam font partie soit du sous-groupe "sols marrons modaux", soit du sous-groupe "sols marrons vertiques". Ces sols ont d'excellentes qualités agronomiques et conviennent bien à la quasi-totalité des cultures pratiquées dans la région. Mais, les caractères vertiques, l'horizon "B" structural argileux et l'encroûtement calcaire, quand ils existent, peuvent réduire considérablement le choix des cultures et surtout les cultures arbustives.

Classe des sols à sesquioxydes de fer :

Les sols de cette classe occupent de faibles et étendues aux niveaux d'Ighzer Amokrane, Il-Matten et El-Kseur. Leur profil est de type ABC ou A(B) C caractérisé par une couleur rouge à rouge ocre due à une individualisation du fer. Ce sont des sols en général profonds, à texture moyenne, légère ou plus rarement-fine. En profondeur ils présentent quelquefois un niveau caillouteux.

Dans la classification, ces sols sont au niveau du sous-groupes modaux ou vertiques. Du point de vue agricole, les sols à sesquioxydes de fer modaux sont les meilleurs et sont aptes à la majorité des cultures, sauf s'ils présentent un niveau caillouteux à faible profondeur (ce qui empêche toute arboriculture).

Les sols à caractères vertiques sont en général bons pour les cultures maraichères et moyens pour les cultures fourragères et industrielles. Les sols à sesquioxydes de fer sont en général sensibles à l'érosion s'ils se trouvent sur des terrains en pente.

Classe des sols hydromorphes :

Ces sols occupent de petites superficies en bordure de la mer, près de Bejaia. L'hydromorphie est due à une nappe dont l'écoulement est empêché par le niveau de la mer, ce qui entraîne un engorgement du sol pendant toute l'année. Les caractères morphologiques et les processus chimiques, biologiques et biochimiques de ces sols sont dominés par l'excès d'eau. Ces sols sont profonds et présentent un horizon à Gley à plus de 80cm. Quand ils ne sont pas submergés, ces sols ne sont aptes qu'à certaines cultures maraichères. Pour une exploitation agricole intensive leur assainissement est indispensable.

Outre ces principales classes de sols, on rencontre dans la vallée des complexes (ou juxtapositions) de sols constitués essentiellement par une alternance de sols peu évolués et de sols calcimagnésiques. Ils sont localisés en rive droite un peu en aval d'Il Matten et en rive gauche aux environs d'Oued Ghir.

Sols fersialitiques :

Ce type de sols se rencontre dans la région d'El-Kseur. C'est un sol peu profond il s'est formé dans des conditions chaudes et humides qui ne reflètent pas les conditions actuelles. La texture est essentiellement composée de marnes décarbonatées argileuses et la structure grumeleuse en surface et polyédrique en profondeur. Ce sol développé sur grès calcaire, a subi une décarbonatation et libération d'oxyde de fer essentiellement de l'hématite, ce qui lui donne un aspect caractéristique. C'est un sol peu profond, qui s'est formé dans des conditions chaudes et humides qui ne reflètent pas les conditions actuelles.

1.2.6. La géologie :

De point de vue géologique, la région Nord-Algérienne est constituée de plusieurs structures tectoniques, avec :

- Au Nord, le massif kabyle, la chaîne calcaire et les flyschs sud et nord kabyles.
- Au Sud, le tell méridional, auquel appartiennent les chaînons des Bibans et des Babors.

Ainsi ; la vallée de l'oued-Soummam forme la frontière entre le tell septentrional au Nord et le tell méridional au Sud de la région de Bejaia. En effet cette vallée, présente une grande complexité. Cette dernière est due à la superposition d'ensembles géologiques appartenant à deux domaines : le domaine interne et le domaine externe caractérisant la géologie de l'Algérie du Nord. En effet, l'édifice géomorphologique de la région résulte d'un assemblage de plusieurs unités structurales initialement distinctes, ultérieurement déformés, par de nombreuses phases tectoniques qui les ont affectés durant le cycle orogénique alpin, ce qui leur a donné un caractère complexe (**Ben khenouche.N**).

1.2.7. Erosion hydrique des sols :

L'érosion hydrique est un processus qui emporte et redistribue le sol. Bien qu'une certaine érosion se produise graduellement, le phénomène est surtout imputable à des événements météorologiques extrêmes (une forte pluie). L'érosion hydrique emporte la couche arable du sol, la plus propice au soutien de la vie microbienne et végétale. La disparition de la totalité ou d'une partie de cette couche superficielle diminue le potentiel de production d'un sol en réduisant sa fertilité, sa capacité d'accepter et d'emmagasiner l'eau et l'air. Les matériaux enlevés peuvent se redéposer un peu plus loin sans grandes conséquences apparentes pour l'environnement. Cependant, dans certains endroits, l'érosion transporte les matériaux jusqu'aux cours d'eau et aux lacs et même jusqu'aux océans, dont les eaux se dégradent considérablement (<http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/Chap1-sommaire.html>).

Sur l'ensemble des terrains de la wilaya, les substrats lithologiques dominants sont constitués essentiellement des schistes et flysch du côté septentrionale de la wilaya, et du calcaire et marnes dans la partie méridionale. Ces roches sont moyennement résistantes à l'érosion.

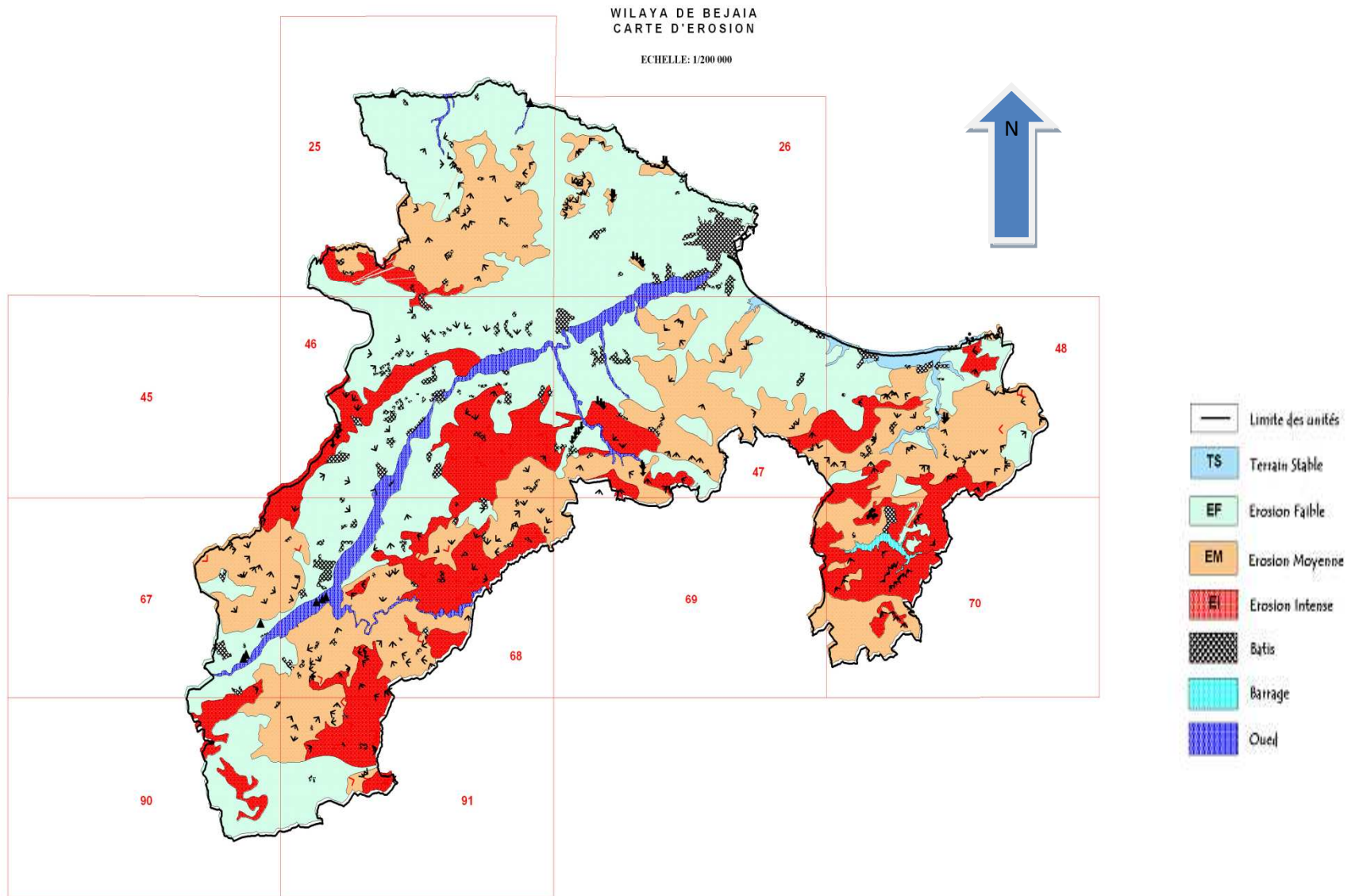
Cette contrainte de sol est notamment fréquente dans le Sud de la wilaya, elle est conjuguée avec celle du relief accidenté et découvert, qui se traduit par des pertes inestimables des terres en forme de ravinement intense (voir photos 1 et 2, ci-dessous et carte de l'érosion des sols de la Wilaya de Béjaia, (**BNEDER, SDDAR, 2005**)).



Photo n° 1 : Erosion par rigoles
(El-Kseur, 2003)



Photo n° 2 : Erosion par ravinement
(El-Kseur, 2003)



Source : (BNEDER, SDDAR, 2005)

Partie II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :

2.1. ETUDE CLIMATIQUE

Les paramètres climatiques retenus pour caractériser le climat de la région de Bejaia sont les températures (en °C) et les précipitations (en mm). Ces données climatiques portent sur une période de 40 ans pour les précipitations (1970 – 2010) et 32 ans pour les températures (1978 – 2010).

Du fait de la faible différence altitudinale que présente la station de Béjaia et Le centre de recherche INRAA de Oued Ghir, la caractérisation à partir des données de la station de Bejaia reste plus que correcte. En effet, en plus de la faible dénivelée, les deux localités sont très proches (13 Km), soumises au même régime climatique et ne présentent aucune barrière géographique entre elles.

2.1.1. Températures

Les valeurs moyennes mensuelles des températures de la station de Bejaia sont données dans le tableau suivant.

Tableau n° I : Moyennes mensuelles des températures
De la station de Béjaïa (1978 – 2010).

Paramètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M (°C)	16,44	17,1	18,59	20,24	22,83	26,32	29,5	30,14	28,06	25,22	20,7	17,52
m (°C)	7,47	7,72	9,02	10,77	13,94	17,61	20,33	21,19	19,05	15,74	11,68	8,69
(M + m)/2	11,95	12,41	13,80	15,51	18,40	21,97	24,92	25,67	23,56	20,48	16,20	13,1

Il ressort de ce tableau que le mois le plus chaud est Août avec $M = 30.14^{\circ}\text{C}$ et le plus froid est Janvier avec $m = 7.47^{\circ}\text{C}$.

2.1.2. Les Précipitations

Comme pour les températures, la caractérisation de la localité de Oued Ghir sera fera à travers les données enregistrées au niveau de la station météorologique de Béjaia.

Tableau n° II : Moyennes mensuelles des précipitations de la station de Béjaia (1970-2010).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	P an
P (mm)	109,29	84,43	85,20	70,85	42,28	12,82	4,06	10,16	52,21	79,50	102,23	130,06	783,09

Il ressort de ce tableau, que Béjaia est une zone assez bien arrosée avec une moyenne annuelle de **783.09mm**, novembre – décembre – janvier sont les mois les plus pluvieux et juin – juillet – août les plus secs.

2.1.2.1. Régime mensuel des précipitations

La variabilité des précipitations peut être mise en relief par l'examen des rapports pluviométriques. Pour cela, nous utilisons la méthode dite « rapport Besson » citée par **Daget (1977)**.

$$R = P / P_m$$

Où :

P = Précipitation du mois considéré.

P_m = Précipitation moyenne annuelle.

Les mois sont classés en différents types selon la valeur du rapport :

R < 0.50 : Mois très sec (TS).

0.50 < R < 0.80 : Mois sec (S).

0.80 < R < 1.10 : Mois moyen (M).

1.10 < R < 1.50 : Mois humide (H).

R > 1.50 : Mois très humide (TH).

La précipitation moyenne annuelle (Pm) de Bejaia pour la période considérée est égale à : 65.25mm, ce qui donne le tableau suivant :

Tableau n° III : Les types de mois selon les valeurs du rapport Besson.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
R	1,67	1,29	1,31	1,09	0,65	0,20	0,06	0,16	0,80	1,22	1,57	1,99
Type	TH	H	H	M	S	TS	TS	TS	M	H	TH	TH

Cette analyse faite sur le seul facteur pluviométrie, nous permet de faire ressortir pour la région de Béjaia, une période pluvieuse de 08 mois allant de septembre à avril avec 03 mois très humide (novembre à janvier) totalisant à eux seuls 43.6% de la pluviosité annuelle globale. Nous notons également une période de sécheresse de 04 mois allant de mai à août, avec les mois de juin, juillet et août nettement déficitaires avec seulement 3.45% de la pluviosité annuelle globale.

2.1.2.2. Régime saisonnier des précipitations

Pour définir le régime saisonnier, on regroupe les douze valeurs mensuelles trois par trois de façon à avoir quatre valeurs saisonnières (Automne, Hiver, Printemps et Eté) ; il en résulte alors, quatre totaux pluviométriques saisonniers moyens. L'arrangement des initiales des quatre saisons par ordre de pluviosité croissant donne le type de régime.

Tableau n° IV : Régime saisonnier des précipitations de la région de Béjaia.

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Type
P (mm)	233.94	323.78	198.33	27.04	HAPE

Selon cet arrangement, nous constatons une concentration des précipitations durant la saison hivernale. Un deuxième maximum se situe en automne, puis le printemps et enfin la saison estivale avec pas plus de 4% de la pluviosité annuelle totale.

2.1.3. Synthèse climatique

La synthèse climatique permet une classification des types de climats permettant une meilleure compréhension du comportement de la végétation et de sa répartition.

2.1.3.1. Indice d'arido-humidité de Giacobbe.

Cet indice se calcule selon le rapport suivant :

$$I = [P / M (M - m)] \times 100$$

Où :

P : Pluviosité de la période considérée en mm.

M : Moyenne des maxima de température pour la même période en °C.

m : Moyenne des minima de température pour la même période en °C.

En fonction de la valeur de cet indice, on classe les mois par type d'aridité suivant :

valeurs	Type d'aridité
< à 1	Aride
1 < I < 7	Semi - aride
7 < I < 17	Sub - humide
> A 17	Humide

Tableau n° V : Indices d'arido- humidité mensuels pour la région de Bejaïa.

Mois	I	Type
J	74,11	H
F	52.64	H
M	47.89	H
A	36.96	H
M	20.83	H
J	05.59	SA
J	01.50	SA
A	03.77	SA
S	20.65	H
O	33.25	H
N	54.75	H
D	84.07	H

L'analyse de ce tableau révèle que la région de Bejaia est caractérisée par une période humide de 09 mois allant de septembre à mai et une période de sécheresse (type semi-aride) de trois mois se confondant avec la saison estivale.

Les résultats de cette méthode confrontés à ceux de la méthode dite « rapport Besson » citée précédemment s'avèrent différents, car cette méthode tient compte des températures et des précipitations et aboutit par conséquent à des résultats plus fiables, donnant une caractérisation plus correcte.

2.1.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Bagnouls et Gaussen (1953) proposent la synthèse climatique sous forme d'un graphe et considèrent qu'un mois est sec lorsque le total mensuel des précipitations exprimées en mm est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle exprimée en °C ($P = 2T$).

L'examen du diagramme ombrothermique de Béjaia montre que la saison sèche débute vers la fin mai et s'achève vers la fin du mois de septembre, soit une période de sécheresse de 04 mois.

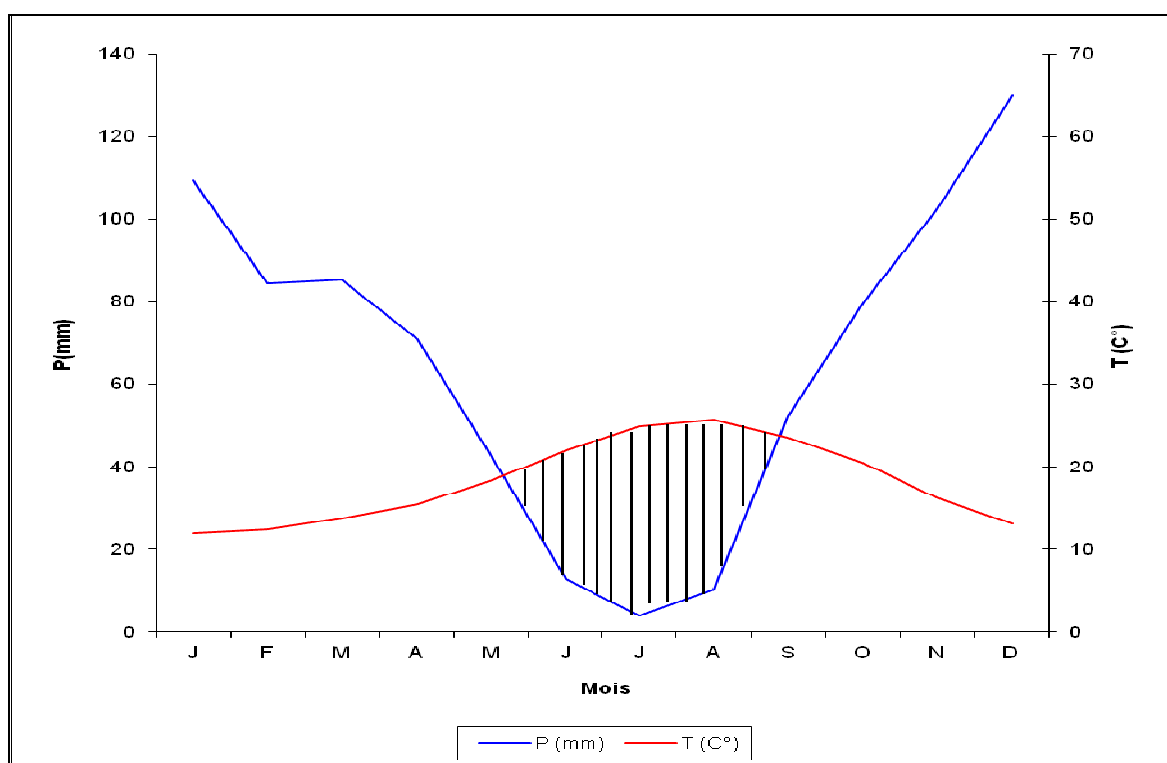


Figure n° 3 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen Pour la région de Bejaia.

2.1.3.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Le quotient pluviothermique d'Emberger tenant compte des précipitations, des températures et de l'évapotranspiration exprimée par la valeur $(M - m)$, s'écrit de la façon suivante :

$$Q_2 = 1000 P / [(M + m)/2] (M - m)$$

Où :

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en ($^{\circ}$ K)

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en ($^{\circ}$ K)

Cet indice a été simplifié par Stewart pour l'Algérie et le Maroc et devient :

$$Q = 3.43 (P / (M - m)) \quad \text{avec } M \text{ et } m \text{ en } (^{\circ}\text{C}).$$

Tableau n° VI : Quotient pluviothermique de Stewart pour la station de Bejaia.

P (mm)	M ($^{\circ}$ C)	m ($^{\circ}$ C)	Q
783,09	30.14	7.47	118.48

Le climagramme est un graphique sur lequel sont tracées les limites des différentes zones climatiques en liaison avec les variations du couvert végétal. Béjaia se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à variante chaude.

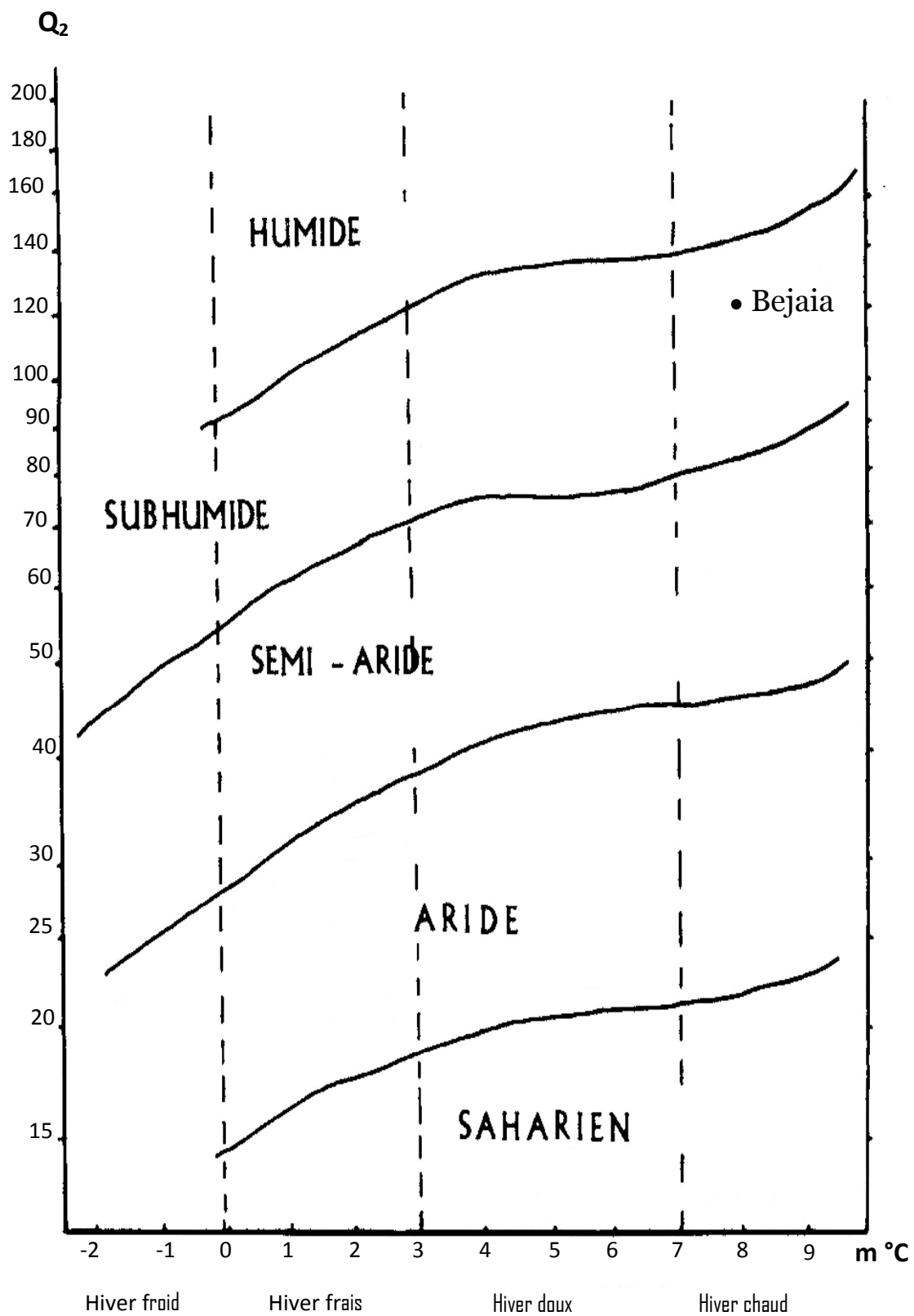


Figure n° 4 : Climagramme d'EMBERGER de la région de Béjaia, modifié par (Stewart (1969) in Leutreuche-Belarouci, 1991).

Partie III : MATERIELS ET METHODE

L'essai expérimental est réalisé au centre de recherche en agronomie, INRAA de Oued-Ghir, Bejaia. Le centre est situé au sud de la Wilaya de Bejaia à environ 13 km, en empruntant la route nationale (RN 26).



Photographie n° 3: Station INRAA- Béjaia (Google Earth)

3.1. Choix du mulch vivant *Sulla* (*Hédysarum coronarium L.*)

3.1.1. Ecologie et exigences du *Sulla* :

Les ressources phytogénétiques constituent un patrimoine précieux nécessaire au maintien de l'équilibre écologique qu'il faut préserver. Cependant, cette diversité se retrouve en continuelle dégradation en rapport avec le changement des systèmes agraires, l'urbanisation, l'industrialisation, l'extension des populations humaines et la destruction des écosystèmes. Dans ce contexte, les populations naturelles d'*Hedysarum coronarium L.*, appelées couramment *Sulla* (Fabacées), constituent un patrimoine d'un grand intérêt agronomique qui peuvent être exploitées dans la valorisation des régions dégradées. A l'état spontané, cette espèce se localise sur des sols argilo-limoneux bien drainés des zones méridionales de la moitié occidentale du bassin méditerranéen. Les populations spontanées sont caractérisés par une protandrie marquée et sont exploitées pour la pâture. De plus, la production de graines qui se ressement naturellement favorise leur utilisation pour la protection des sols.

L'espèce s'installe bien sur des sols argileux sur marne, argilo - limoneux à pH = 7, plus rarement limono sableux (**Villax, 1963**). Le Sulla peut valoriser les terres pauvres, compactes et dégradées où il joue le rôle de plante pionnière. En Algérie, l'espèce se trouve sur des sols variés dont il permet la protection contre l'érosion (**Batout et al. 1976**).

Sa présence est signalée dans tout le Tell à partir de l'isohyète 300 mm, et en altitude jusqu'à 1000m (**Lapeyronie, 1982**).

Le Sulla est une espèce qui résiste au froid et à la gelée jusqu'à la température de - 4°C, - 6°C (**Piccioni, 1965**). Elle est donc conseillée dans les zones où la température moyenne du mois le plus froid (janvier ou février) est supérieure à 3°C (**Lapeyronie, 1982**).

Au stade adulte elle est connue par sa grande résistance à la sécheresse printanière. Les jeunes plantules sont plus sensibles à l'excès d'eau et à la concurrence des herbes indésirables (**Ben Jeddi, 2001**).

Dans l'essai expérimental que nous avons mené au niveau du centre INRAA, Oued-Ghir, Bejaia, le choix de la culture servant de mulch vivant a été choisi ; il s'agit d'une légumineuse (*Hedysarum coronarium* L.), appelée communément Sulla, le choix de cette légumineuse est dictée essentiellement par ses propriétés protectrices contre l'érosion hydrique des sols (voir ci-dessus) et l'apport conséquent en azote et carbone qu'elle apporte au sol.



Photographie n° 4 : Parcelle expérimentale du Sulla (CRA, INRAA, Oued-Ghir, Bejaia).

La collecte de la semence du Sulla est réalisée dans les différents sites de la wilaya de Bejaia et conditionnée dans des boites hermétiques en juillet 2011.

3.2. Choix de la parcelle expérimentale :

La parcelle expérimentale représentative est choisie en fonction de la nature des sols et leurs caractéristiques morpho pédologiques et des paramètres topographiques (pentes fortes supérieures à 25%) ainsi, que l'état de dégradation de la couverture pédologique (érosion de surface et interne).

Pour cela, un profil pédologique (Voir photos 5 et 6) a été réalisé et décrit morphologiquement selon les fiches de description type : INRA, Montpellier, France.



Photographie n° 5 et 6 : Profil pédologique du sol de la parcelle expérimentale

3.2.1. Données générales :

Numéro du profil : (parcelle du figuier).

Localisation : (INRAA, oued Ghir, Bejaia).

Date : 30/04/2011

Conditions atmosphériques : ensoleillé, peu nuageux

3.2.2. Données concernant les conditions du milieu :

Modelé : glacis

Altitude : 30 m

Relief : Versant sud

Pente : 25 %.

3.2.3. Végétation ou système de culture

Type de formation ; herbacée

Espèce dominante : chiendent, oxalis (graminées)

Aspect physionomique des peuplements : pelouse

Degré de recouvrement du sol : 100%

3.2.4. Roche mère et matériau originel

Nature de la roche : grès siliceux numidien

Mode d'altération : géochimique

Remaniement /Contamination : sans

3.2.5. Aspect de la surface du sol

Micro relief : mi pente

Présence de pierres : ++

Érosion : ++

Régime hydrique de surface

Drainage : Bon

Inondation : sans

3.2.6. Description du profil

Profondeur (cm) identification

0 - 10cm: H1

10 - 48 cm: H2

48 - 60cm: H3

60 - 1m: H4

0---10cm (H1): frais, de couleur 10 YR 3/3, texture limono-argilo-sableuse (LAS) à sable grossier, nombreuses racines fines à pénétration verticale, présence d'éléments grossiers (Cailloux, graviers), pores nombreux de forme arrondie et tubulaire, matière organique peu décelable, structure fragmentaire en grenue, non compact, peu plastique, aucune effervescence à l'HCl, transition diffuse irrégulière.

10---48 cm (H2) : sec, de couleur 10 YR 3/3, texture limono-argilo-sableuse (LAS), peu de racines à pénétration verticale, quelques galeries, présence d'éléments grossiers (cailloux, graviers), pores peu nombreux, matière organique faible et très peu décelable, peu compact, plastique, structure polyédrique subangulaire moyenne, pas d'effervescence à l'HCl, transition diffuse graduelle.

48---60 cm (H3) : sec, de couleur 10 YR 6/3, texture limono-sableuse (SA), pas de racines, pores très peu nombreux de forme arrondie, présence d'éléments grossiers (blocs, cailloux),

structure polyédrique, compact, plastique, vive effervescence à l'HCL, transition diffuse irrégulière.

60--1m (H4) : c'est l'horizon (C), sec, de couleur 10 YR 6/6, éléments grossiers très abondants (blocs, cailloux), texture Argilo-sableuse (AS) à sable grossier, pas de racines, très peu de galeries, très compact.

Notons que la texture et structure sont appréciées à l'œil nu, la couleur à l'aide de la charte internationale des couleurs (Charte MUNSELL) et le calcaire à l'aide de l'acide chlorhydrique à 0,1N.

3.3. Dispositif expérimental :

Les parcelles expérimentales sont dimensionnées selon les caractéristiques suivantes: 10m de longueur et 05m de largeur, le dispositif expérimental comprend un bloc aléatoire complet, composé de 06 parcelles expérimentales suivantes :

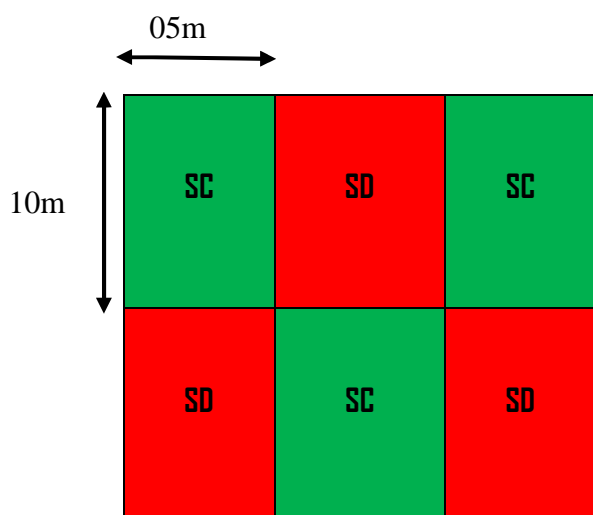


Figure n° 5 : Schéma du dispositif expérimental

SD : semis direct (sans labour).

SC : semis avec labour conventionnel (classique).

Les parcelles (SC) sont labourées à une profondeur de 20 cm. Et les parcelles (SD) sont maintenues à l'état naturel.

Le semis est réalisé par poquet à raison de 03 graines par poquet à 05cm de profondeur et distant de 50cm de chaque côté le 08 novembre 2011, après les premières pluies d'automne.

3.4. Méthode d'échantillonnage du sol :

Dans l'objectif de quantifier l'effet érosif des parcelles par les pluies, nous avons opté pour deux échantillonnages. Le premier échantillonnage a été réalisé avant le semis, le 28 octobre 2011 à une profondeur de 05 cm et 30 cm, avant les premières pluies d'automne et le deuxième échantillonnage a été réalisé le 23 mars 2012, également aux mêmes profondeurs.

Le mode d'échantillonnage est effectué avec la tarière pédologique de 1,20m de longueur. Les échantillons sont prélevés en haut et en bas de chaque parcelle à 05 cm pour les échantillons de surface et à 30 cm pour les échantillons de profondeur. Au total 48 échantillons ont été prélevés, 24 avant le semis et 24 autres après le semis.

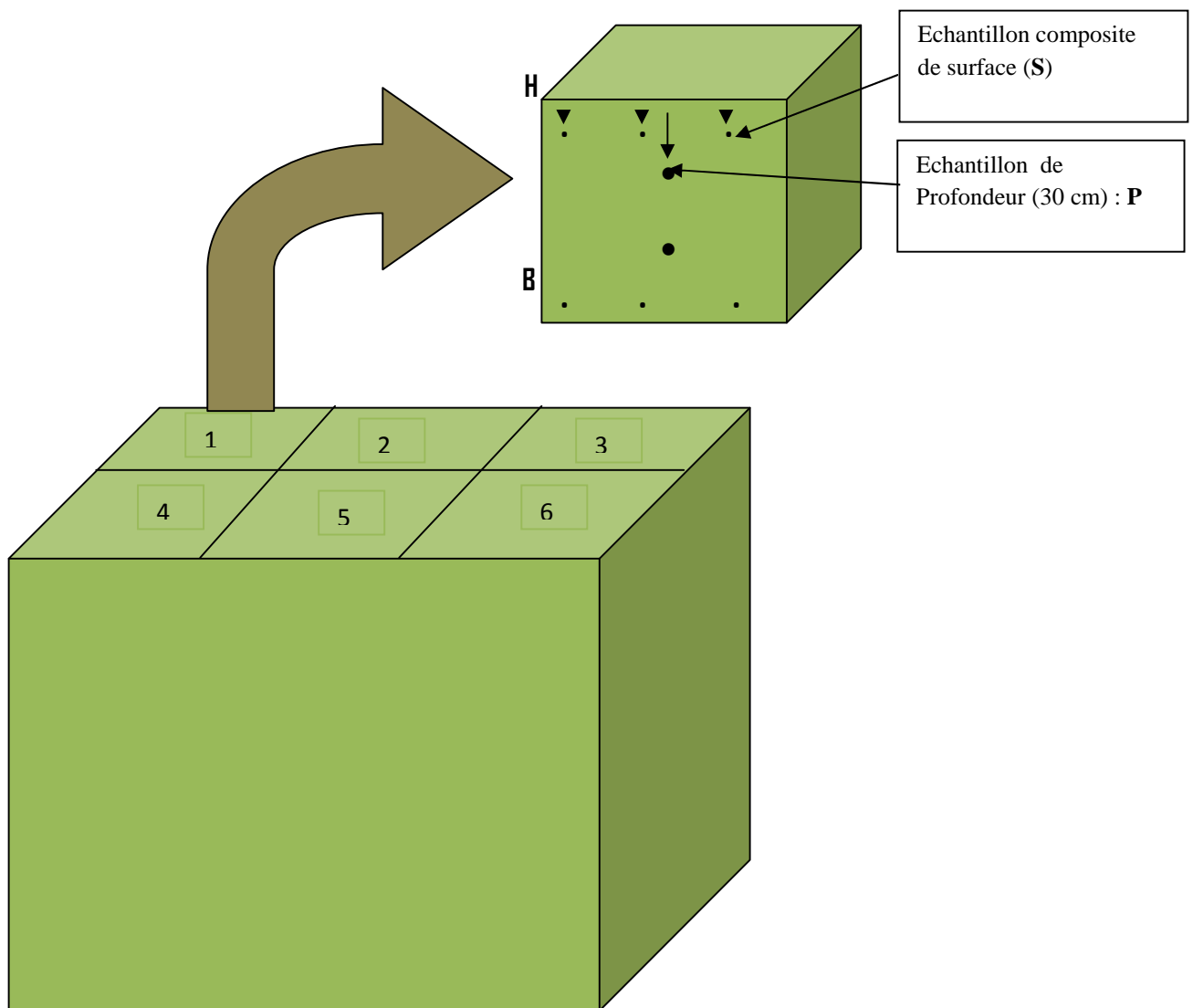


Figure n° 6: Esquisse explicative du mode d'échantillonnage.

Les échantillons prélevés sont d'abord séchés à l'air libre puis tamisés par la suite avec un tamis de 02mm.

3.5. Méthodes d'analyse du sol

3.5.1. La granulométrie (méthode internationale à la pipette de Robinson) :

Le principe est basé sur la loi de Stokes qui donne la vitesse de chute d'une particule sphérique dans un liquide en fonction du diamètre de la particule, de la différence entre les masses volumiques des particules et du liquide, et de la viscosité du liquide :

$$V = \frac{2 \cdot g \cdot R^2 \cdot (m-p)}{9 \cdot v}$$

où :

V : vitesse de chute en cm/s

R : rayon de la particule en cm

g : accélération de la pesanteur 9,81 m/s²

m : masse volumiques des particules en g/cm³

p : masse volumique du liquide en g/cm³

v : viscosité du liquide en poises ou en g/cm.s

On admet généralement dans l'application de cette loi à l'analyse granulométrique que les particules de terre se comportent comme des sphères que la masse volumique des particules est de 2,65g/cm³ et la masse volumique du liquide est égale à 1g/cm³. Au niveau de la mer g est de 9,81m/s², par substitution de ces valeurs, on obtient **V= (359,7. R²)/v. (Anonyme, 1980).**

3.5.2. L'azote total (Méthode Kjeldahl) :

Le principe consiste à transformer l'azote des composés organiques en azote ammoniacal par l'acide sulfurique concentré et porté à ébullition. Cet acide oxyde la matière organique, le carbone et l'hydrogène se dégagent sous forme de CO₂ et H₂O. L'azote transformé en ammoniacque est fixé par l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammonium. Pour aider à cette transformation, la minéralisation est achevée en présence d'un catalyseur (sulfate de cuivre et sulfate de potassium) qui rend l'action de l'acide sulfurique plus oxydante en augmentant la température d'ébullition. L'ammoniacque formé est déplacé de sa combinaison par une quantité de NaOH en excès, distillée et recueilli dans l'acide borique (Anonyme : méthodes d'analyse des sols).

3.5.3. Le carbone organique (méthode Anne) :

La teneur en carbone organique est déterminée directement par oxydation humide. La méthode Anne consiste en une oxydation de la matière organique par une quantité en excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique à température contrôlée ou à ébullition. On considère que l'oxygène consommé est proportionnel au carbone de l'échantillon (**Denis Baise, 2000**).

Partie IV : RESULTATS ET INTERPRETATION

4.1. Présentation des résultats

4.1.1. Résultats des analyses des échantillons avant le semis

Tableau n° VII : Résultats des analyses de sol avant semis

Echantillon	Code	Granulométrie			Azote total (%)	Matière organique (%)	C/N
		Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)			
Albs	E25	34,50	33,00	32,50	0,15	2,05	9,68
Alhs	E26	34,00	33,90	32,10	0,17	0,88	3,00
A3bs	E33	28,00	35,90	36,10	0,13	0,98	4,38
A3hs	E34	23,00	41,10	35,90	0,17	0,79	2,70
A5bs	E41	31,00	32,80	36,20	0,20	1,22	3,54
A5hs	E42	31,00	36,30	32,70	0,16	0,99	3,59
Moyenne		30,25	35,50	34,25	0,16	1,15	4,48
A2bs	E29	15,00	49,00	36,00	0,11	1,56	8,24
A2hs	E30	28,00	33,40	38,60	0,16	1,43	5,19
A4bs	E37	42,50	25,70	31,80	0,18	1,32	4,26
A4hs	E38	22,00	45,00	33,00	0,17	0,95	3,24
A6bs	E45	37,00	27,70	35,30	0,18	1,05	3,39
A6hs	E46	44,00	13,00	43,00	0,17	2,02	6,90
Moyenne		31,42	32,30	36,28	0,16	1,39	5,20
Albp	E27	30,57	30,50	31,50	0,14	2,05	10,38
Alhp	E28	30,37	29,60	33,90	0,17	1,99	6,80
A3bp	E35	30,28	31,90	34,10	0,17	1,56	5,33
A3hp	E36	30,71	45,00	36,00	0,13	1,99	8,89
A5bp	E43	30,99	34,50	31,50	0,16	0,99	3,59
A5hp	E44	30,99	25,50	43,00	0,13	1,22	5,45
Moyenne		30,65	32,83	35,00	0,15	1,63	6,74
A2bp	E31	31,98	38,20	34,30	0,15	0,88	3,41
A2hp	E32	32,21	43,20	38,30	0,12	1,05	5,08
A4bp	E39	32,23	42,00	31,10	0,12	1,22	5,91
A4hp	E40	32,83	27,70	38,80	0,14	2,02	8,38
A6bp	E47	32,60	25,40	36,60	0,12	1,56	7,56
A6hp	E48	31,93	24,70	32,80	0,20	1,99	5,78
Moyenne		32,30	33,53	35,32	0,14	1,45	6,02

4.1.2. Résultats des analyses des échantillons après le semis

Tableau n° VIII : Résultats des analyses de sol 5 mois après semis

Echantillon	Code	Granulométrie			Azote total (%)	Matière organique (%)	C/N
		Argiles (%)	Limons (%)	Sables (%)			
B1bs	E1	34,00	31,00	35,00	0,17	2,05	7,01
B1Hs	E7	27,50	37,50	35,10	0,19	1,98	6,05
B3 bs	E3	24,00	44,50	31,50	0,16	1,50	5,45
B3 HS	E9	34,00	32,40	33,60	0,09	1,98	12,79
B5 bs	E5	31,50	36,80	31,70	0,17	2,05	7,01
B5 HS	E11	30,00	36,90	33,20	0,16	2,00	7,27
Moyenne		30,17	36,52	33,35	0,16	1,93	7,60
B2 bs	E2	23,00	43,10	33,90	0,15	1,98	7,67
B2HS	E8	33,00	30,50	36,50	0,20	2,05	5,95
B4 bs	E4	30,50	34,20	35,30	0,18	0,52	1,67
B4 HS	E10	33,00	33,40	33,60	0,15	2,05	7,94
B6bs	E6	33,00	33,80	33,20	0,13	1,98	8,85
B6 HS	E12	42,50	23,10	34,40	0,18	2,05	6,62
Moyenne		32,50	33,02	34,48	0,17	1,77	6,45
B1bp	E13	35,00	30,00	35,00	0,11	1,98	10,46
B1 hp	E19	28,50	35,10	36,40	0,15	0,95	3,68
B3 bp	E15	19,50	47,10	33,40	0,11	1,20	6,34
B3 hp	E21	30,50	36,90	32,60	0,12	0,95	4,60
B5 bp	E17	27,00	36,00	37,00	0,18	2,05	6,62
B5 hp	E23	6,50	21,10	72,10	0,14	0,95	3,94
Moyenne		24,50	34,37	41,08	0,14	1,35	5,94
B2 bp	E14	21,00	44,10	34,90	0,11	1,20	6,34
B2 hp	E20	31,00	34,10	34,60	0,12	0,95	4,60
B4 bp	E16	25,00	35,10	40,00	0,12	0,98	4,74
B4 hp	E22	33,50	33,70	32,80	0,11	2,05	10,83
B6bp	E18	29,00	36,60	34,40	0,15	1,98	7,67
B6 hp	E24	32,00	34,40	33,60	0,17	2,05	7,01
Moyenne		28,58	36,33	35,05	0,13	1,54	6,87

4.2. Interprétation des résultats des indicateurs de fertilité des sols (azote total, matière organique) avant et après semis :

D'après les normes d'interprétation (voir tableau ci-après), la teneur moyenne en azote total dans tous les échantillons, avant et après semis, est de 0,15% ; ce qui correspond à un niveau de fertilité moyen.

Tableau n° IX : Normes d'azote total en % (**Lambert J. 1975**)

Nt (%)	Teneur	Fumure
< 0,05 %	Très pauvre	Organique + fond et entretien + engrais à haut dosage.
0,05 –0,1 %	Pauvre	Organique + apport azoté important de fond et d'entretien.
0,1-0,15 %	Moyenne	Organique réduite + apport azoté à dose moyenne et régulière.
> 0,15 %	Bien pourvue	Organique réduite + apport azoté à dose moyenne et régulière.

La matière organique présente un taux moyen de l'ordre de 1,41% avant le semis et 1,65% après le semis, ces niveaux de fertilité sont très faibles (**Calvet et Villemin, 1986**). Cela s'explique d'une part, par l'absence d'apport d'amendements organiques et de matières fertilisantes (parcelle non cultivée), d'autres parts ; par l'érosion de surface qui décape les horizons supérieurs et emporte ainsi les particules les plus fines (sources d'éléments biogènes) latéralement et verticalement.

Le rapport C/N présente des niveaux respectivement avant et après le semis de l'ordre de 5,63 et 6,71, ce qui correspond à un niveau faible, selon les normes établies par **Lambert J. (1975)**. Dans les horizons minéraux (A2, B), le rapport C/N est très différent suivant les types de sols : Dans les sols biologiquement actifs (sols bruns forestiers, sols lessivés), il est très faible et souvent inférieur à 10, ce phénomène est dû à la fixation de NH₄ non échangeable, par les horizons minéraux (**Duchaufour, 1977**).

4.3. Comparaison entre les indicateurs de fertilité des échantillons de surface et profondeur avant et après semis, en SC et SD :

- On remarque que le taux d'azote est le même avant le semis et après dans les échantillons de surface par contre le taux de matière organique est plus élevé après le semis, en semis conventionnel (voir graphique N°1). Le taux des fractions argileuses demeure le même.

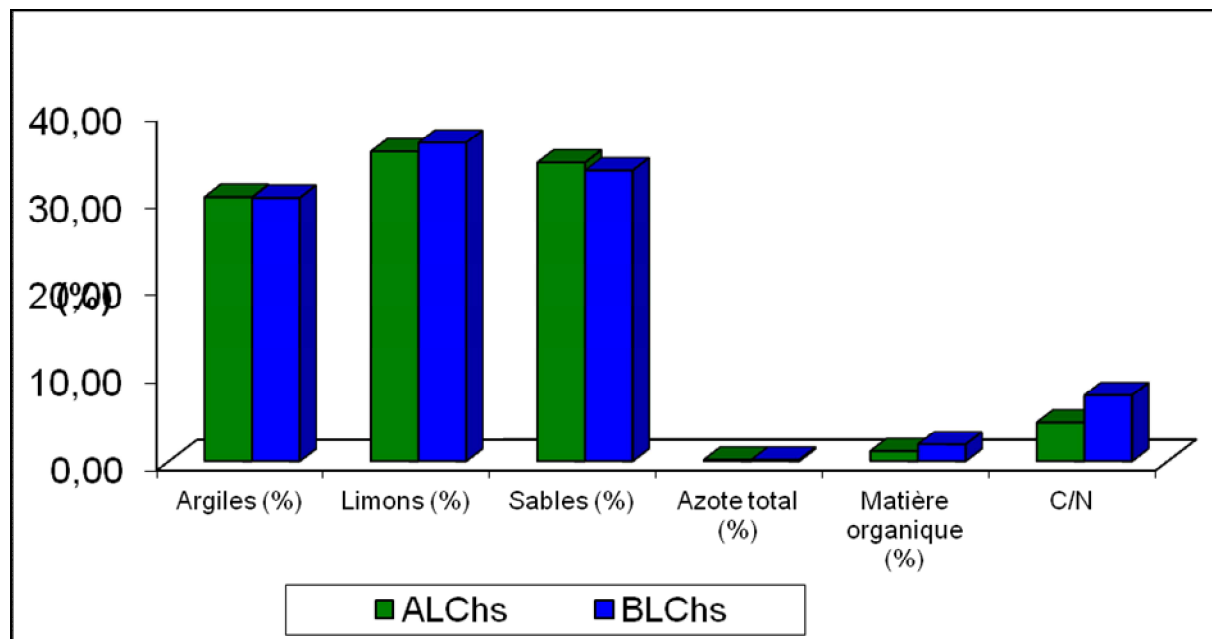


Fig.10 : Moyennes des indicateurs des échantillons de surface avant et après semis en SC

- A : avant semis
- ALChs** {
 - LC : semis conventionnel
 - hs : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en surface
- B : après semis
- BLChs** {
 - LC : semis conventionnel.
 - hs : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en surface

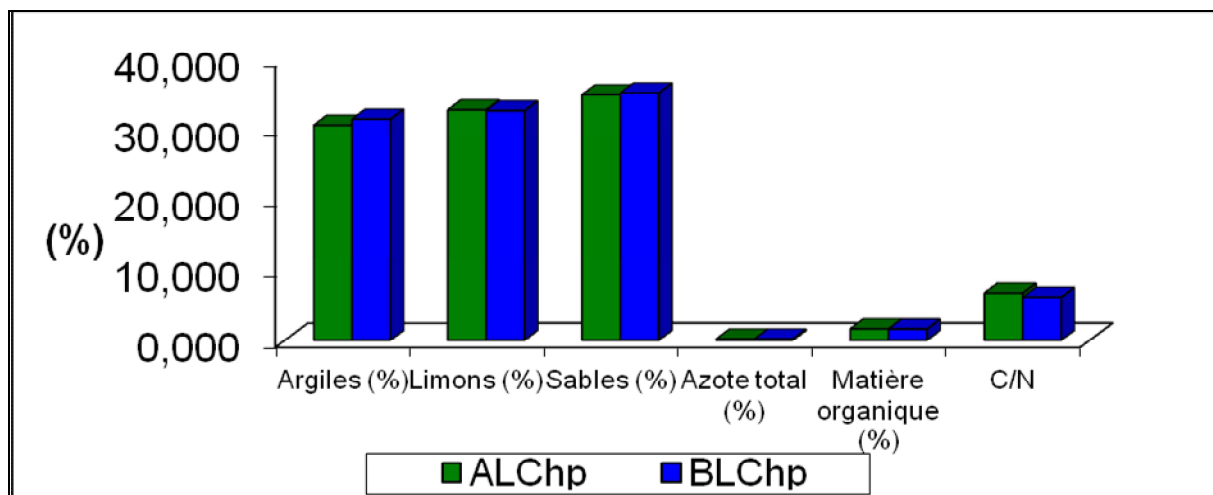


Fig.11: Moyenne des indicateurs des échantillons de profondeur avant et après semis en SC

ALChp {

- A : avant semis
- LC : semis conventionnel
- hp : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en profondeur

BLChp {

- B : après semis
- LC : semis conventionnel.
- hp : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en profondeur

-Dans les horizons de profondeur, en semis conventionnel, le taux des argiles a augmenté suite au labour effectué qui a favorisé la migration des particules les plus fines, emportées par les eaux d'infiltration en profondeur (Fig.11). Par contre le taux des limons reste identique, avant et après semis.

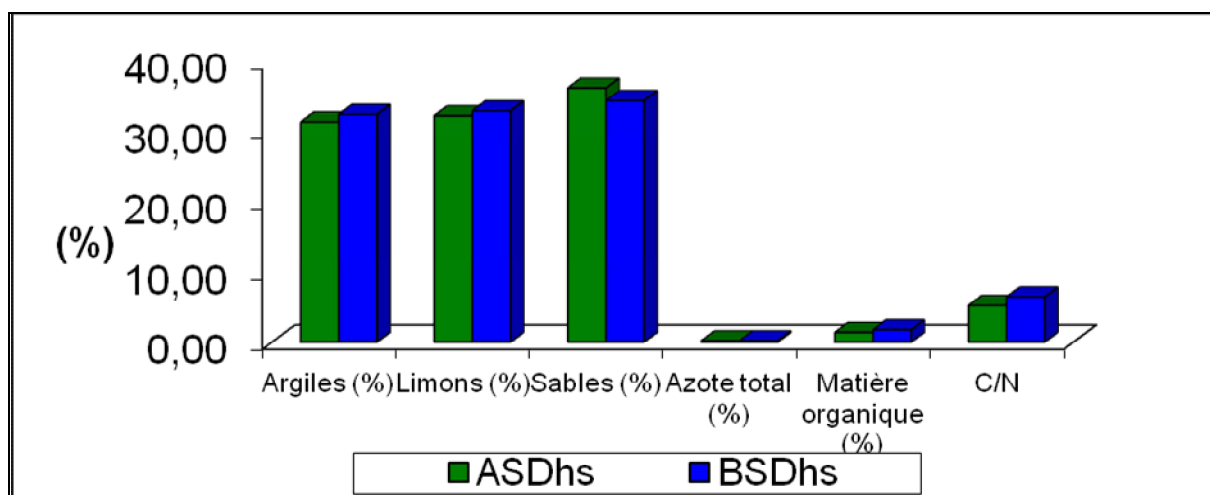


Fig.12: Moyenne des indicateurs des échantillons de surface avant et après semis en SD

- A : avant semis.
- ASDhs** { -SD : semis direct.
- hs : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en surface.
- B : après semis.
- BSDhp** { -SC : semis Direct.
- hs : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en surface.

-En semis direct, nous remarquons que le taux de matière organique a augmenté relativement peu (graphe 3) en surface, cela peut s'expliquer par le semis pratiqué directement sans perturber les couches superficielles du sol. De même que le taux des fractions argileuses et limoneuses.

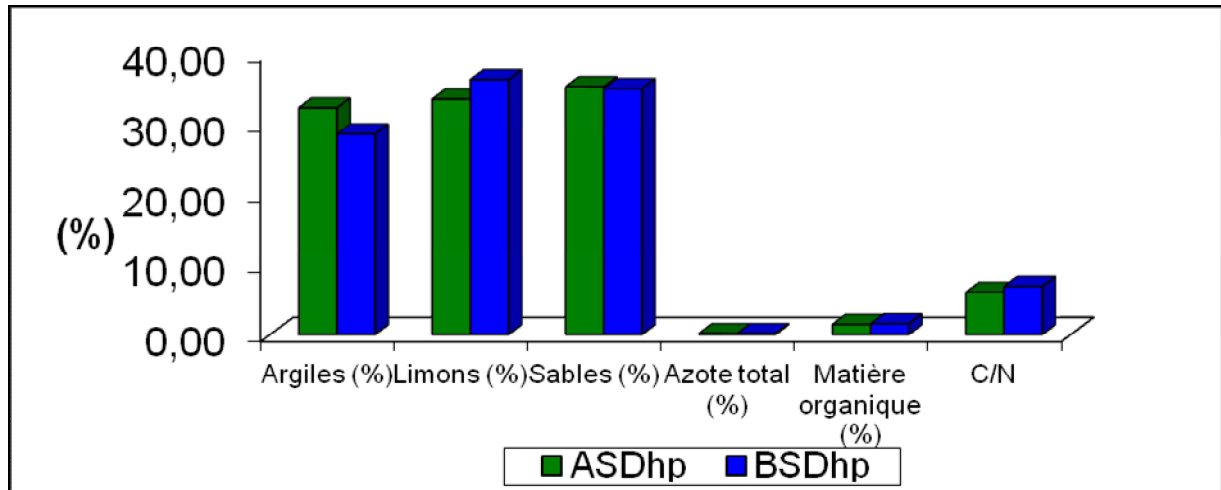


Fig.13: Moyennes des indicateurs des échantillons de profondeur avant et après semis en SD

ASDhp { -A : avant semis
 -SD : semis Direct
 -hp : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en profondeur
BSDhp { -B : après semis
 -SD : semis Direct.
 -hp : échantillon prélevé en haut de la parcelle et en profondeur

- Dans les échantillons de profondeur, en semis direct, on peut dire que le taux moyen des fractions argileuses a diminué après semis et le taux moyen de matière organique (Fig.13).

- Globalement, on peut dire même s'il ya des différences minimales entre les taux moyens des indicateurs, avant et après semis en SC et SD, elles sont insignifiantes et l'essai doit être répété sur plusieurs années (4 à 5 années) pour être validées. Pour consolider notre raisonnement, nous avons procédé de faire un test statistique complémentaire avec un logiciel de statistique (voir paragraphe 4.4).

4.4. Résultats de l'analyse statistique et discussion des résultats des indicateurs de fertilité (avant semis et 5 mois après semis) en (SC) et (SD)

Le traitement des résultats a été effectué à l'aide du logiciel : SPSS (**Statistical Package for the Social Sciences, V19**).

Ce traitement concerne la comparaison entre les taux d'argiles, de matière organique et de l'azote total entre le semis conventionnel (SC) et le semis direct (SD), avant et après semis du Sulla.

4.4.1. Présentation des résultats du test statistique

La répartition des variables et leurs modalités pour tous les indicateurs sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n° X : Variables et leurs modalités.

Variable	modalité	attribut	N (Nombre d'observation)
SEMIS	1	AVS (avant semis)	24
	2	APS (après semis)	24
TYPESEMIS	1	SC (semis conventionnel)	24
	2	SD (semis direct)	24

4.4.2. Analyse de la Variance pour les fractions argileuses

Tableau n° XI : Résultats des statistiques descriptives

ARGILES				
SEMIS	TYPESEMIS	Moyenne	Ecart -type	N (Nombre d'observation)
AVS	LC	30,3750	5,40255	12
	SD	31,2917	9,78974	12
	Total	30,8333	7,74690	24
APS	LC	27,3333	7,92101	12
	SD	30,5417	5,66672	12
	Total	28,9375	6,93183	24
Total	LC	28,8542	6,81029	24
	SD	30,9167	7,83202	24
	Total	29,8854	7,33488	48

Tableau n° XII : Analyse de la variance des factions argileuses

ARGILES					
Source de variation	SCE	ddl	CM (carré moyen)	F obs.	Signification statistique
SEMIS	43,130	1	43,130	0,785	N S
TYPESEMIS	51,047	1	51,047	0,929	N S
SEMIS * TYPESEMIS	15,755	1	15,755	0,287	N S
Résiduelle	2418,688	44	54,970		
Total	2528,620	47			

NS: non significative.

Tableau n° XIII : descriptif de l'interaction entre les semis et le type de semis (SC, SD)

SEMIS * TYPESEMIS					
ARGILES					
SEMIS	TYPESEMIS	Moyenne	C.V	Intervalle de Confiance (95%)	
				Bornes inférieures	Bornes supérieures
AVS	LC	30,375	2,140	26,062	34,688
	SD	31,292	2,140	26,978	35,605
APS	LC	27,333	2,140	23,020	31,647
	SD	30,542	2,140	26,228	34,855

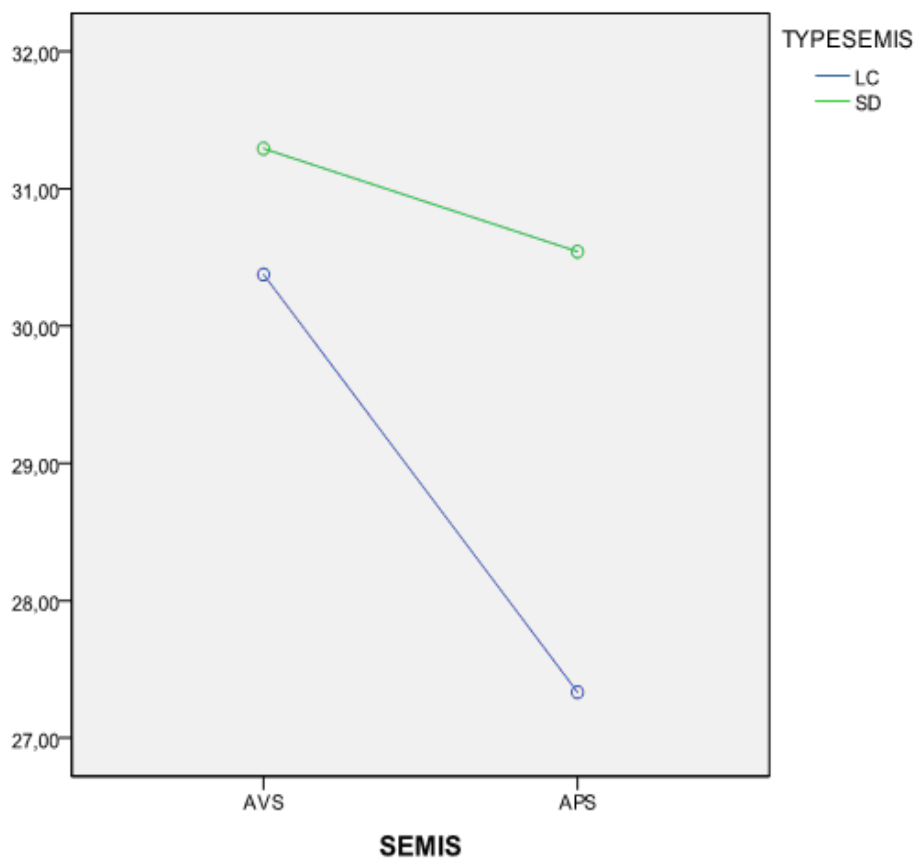


Figure n° 7 : Estimation de la moyenne marginale des argiles en SC et SD, avant et après semis.

4.4.3. Analyse de la Variance pour l'azote total

Tableau n° XIV : Résultats des statistiques descriptives

Azote total				
SEMIS	TYPESEMIS	Moyenne	Ecart -type	N (Nombre d'observation)
AVS	LC	0,1567	0,02146	12
	SD	0,1517	0,02949	12
	Total	0,1542	0,02535	24
APS	LC	0,1458	0,03175	12
	SD	0,1475	0,03019	12
	Total	0,1467	0,03031	24
Total	LC	0,1513	0,02708	24
	SD	0,1496	0,02926	24
	Total	0,1504	0,02790	48

Tableau n° XV : Analyse de la variance de l'azote total

Azote total					
Source de variation	SCE	ddl	CM (carré moyen)	F obs.	Signification statistique
SEMIS	0,001	1	0,001	0,831	NS
TYPESEMIS	0,000	1	0,000	0,041	NS
SEMIS * TYPESEMIS	0,000	1	0,000	0,164	NS
Résiduelle	0,036	44	0,001		
Total	0,37	47			

Tableau n° XVI : descriptif de l'interaction
entre les semis et le type de semis (SC, SD)

SEMIS * TYPESEMIS					
Azote total					
SEMIS	TYPESEMIS	Moyenne	C.V	Intervalle de Confiance (95%)	
				Bornes inférieures	Bornes supérieures
AVS	LC	0,157	0,008	0,140	0,173
	SD	0,152	0,008	0,135	0,168
APS	LC	0,146	0,008	0,129	0,162
	SD	0,148	0,008	0,131	0,164

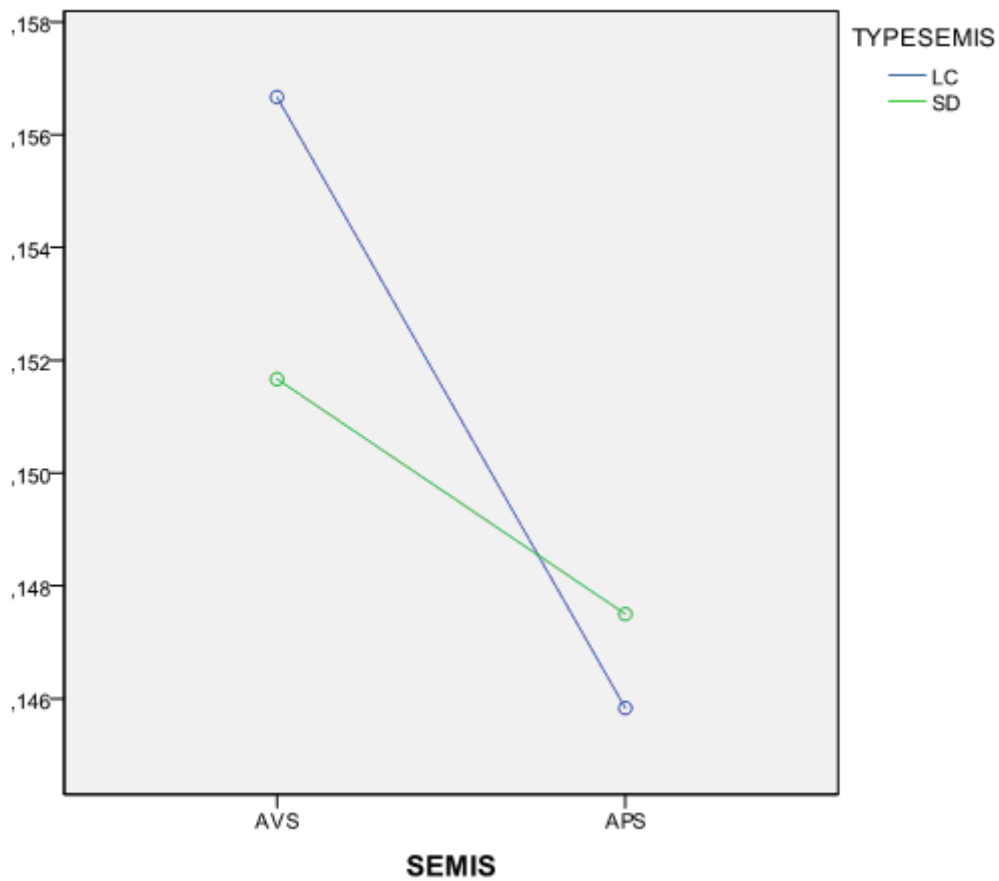


Figure n° 8: Estimation de la moyenne marginale de l'azote total en SC et SD, avant et après semis.

4.4.4. Analyse de la Variance pour la matière organique

Tableau n° XVII : Résultats des statistiques descriptives

Matière organique				
SEMIS	TYPESEMIS	Moyenne	Ecart -type	N(Nombre d'observation)
AVS	LC	1,3925	0,50326	12
	SD	1,4208	0,41784	12
	Total	1,4067	0,45259	24
APS	LC	1,6367	0,48823	12
	SD	1,6533	0,56768	12
	Total	1,6450	0,51788	24
Total	LC	1,5146	0,50069	24
	SD	1,5371	0,50172	24
	Total	1,5258	0,49597	48

Tableau n° XVIII Analyse de la variance de la matière organique.

Matière organique					
Source de variation	SCE	ddl	CM (carré moyen)	F obs.	Signification statistique
SEMIS	0,682	1	0,682	2,758	NS
TYPESEMIS	0,006	1	0,006	0,025	NS
SEMIS * TYPESEMIS	0,000	1	0,000	0,002	NS
Résiduelle	10,873	44	0,247		
Total	11,561	47			

SEMIS * TYPESEMIS					
Matière organique					
SEMIS	TYPESEMIS	Moyenne	C.V	Intervalle de Confiance (95%)	
				Bornes inférieures	Bornes supérieures
AVS	LC	1,393	0,144	1,103	1,682
	SD	1,421	0,144	1,132	1,710
APS	LC	1,637	0,144	1,347	1,926
	SD	1,653	0,144	1,364	1,943

Tableau n° XIX : descriptif de l'interaction entre les semis et le type de semis (SC, SD), pour la matière organique.

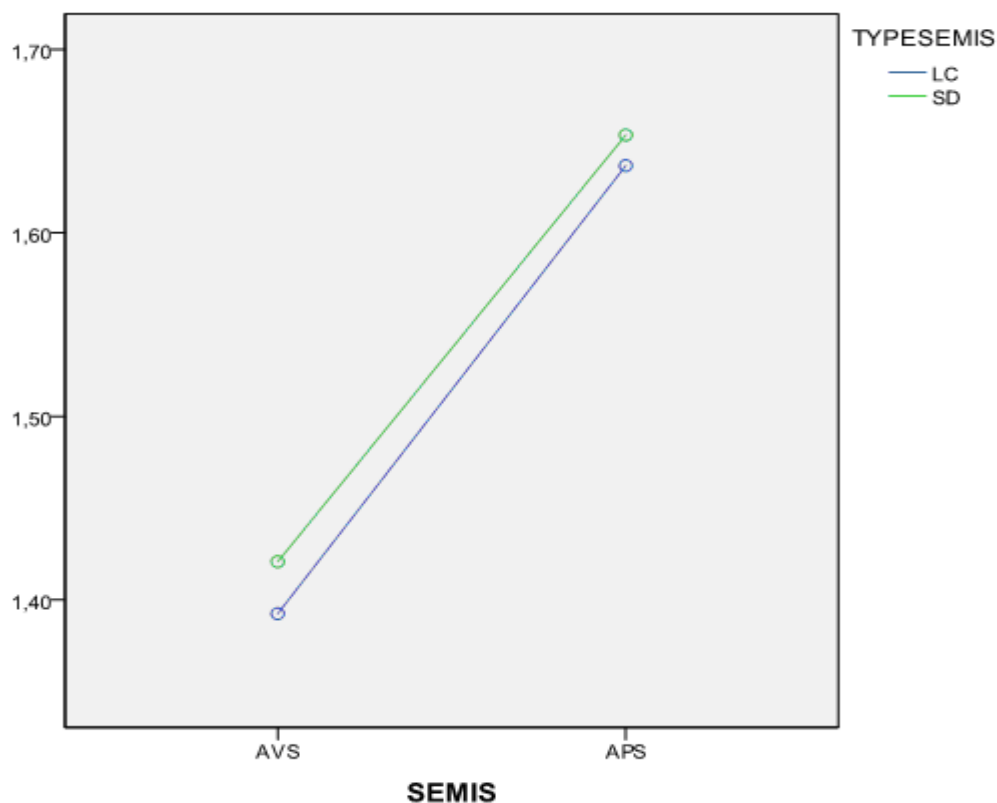


Figure n° 9: Estimation de la moyenne marginale de la matière organique en SC et SD, avant et après semis.

4.5. Analyse des résultats du test statistique et discussions :

L'analyse de comparaison de moyenne entre semis conventionnel (SC) et semis direct (SD), avant et après semis, à l'aide du test T de Student pour les fractions argileuses, azote total et la matière organique, n'a montré **aucune différence significative** entre les deux semis. Toutes fois et en valeur absolue, les fractions argileuses observées en semis direct après semis, ont diminué peu relativement au semis conventionnel (**Fig.6**), de même qu'on constate une légère augmentation du taux de matière organique en semis direct (**Fig.8**).

Dans l'ensemble, pour toutes les parcelles, SC et SD, il n'y a pas de transport de particules fines de manière significative. Que ce soit pour les argiles ou les limons, les valeurs sont approximativement identiques. Nous observons tout de même, une augmentation du taux d'argiles en surface, dans le cas de l'essai « semis conventionnel », au niveau de la **parcelle 3**, où le pourcentage d'argiles passe de 23 à 34. Par contre, il semblerait qu'il y ait dans certaines parcelles un transport assez important en profondeur sous forme de lessivage. Cela montre bien qu'il y a un transport latéral de particules fines, mais la tendance est plutôt orientée vers transport des particules en profondeur (lessivage). Cela étant lié à l'ameublissement du sol par le labour conventionnel, facilitant ainsi ; la pénétration des particules avec les eaux d'infiltration en profondeur.

Notre travail est limité dans le temps (06 mois) et les effets positifs du semis direct se manifestent généralement après 3 ou 4 années. Par ailleurs, l'étude sera poursuivie dans un autre cadre (projet de recherche ou autre).

Selon plusieurs auteurs, à l'instar de (Slim, slim et al. 2011) : « l'intégration de la culture du Sulla dans la gestion durable des ressources naturelles en zones montagneuses vulnérables aux diverses formes d'érosion, en particulier de nature pluviale, représente une technique biologique permettant la réduction de la dégradation organo-minérale des sols et l'amélioration de la couverture végétale conséquente. l'installation du Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) sur des terres en pente 4 à 12 % a engendré un ruissellement d'eau de 1,2 à 5,8 litres suite à une pluie cumulée de 170 mm, en 60 minutes, et ce comparativement à une jachère non travaillée où la perte d'eau a varié de 6,3 à 36,2 litres. À 12 % de pente, les taux de ruissellement ont été de 3,4 et 23,2 % respectivement pour le Sulla et le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Dans les mêmes conditions, le Sulla favorise une infiltration d'eau de 99 %, contre 76,6 % avec le blé. Par rapport à une jachère non travaillée, un couvert végétal à base de Sulla sur une pente 12 % **réduit 10** fois plus la quantité de terre érodée ».

En guise de conclusion de ce travail, nous pouvons affirmer que l'étude qu'on a menée a ouvert la voie vers une agriculture écologiquement intensive où les bienfaits des pratiques de nouvelles techniques culturales de l'agriculture de conservation (semis direct, techniques culturales sans labour) en zones montagneuses peuvent à moyen et long terme générer des avantages importants sur le plan environnemental telles que la protection des sols contre l'érosion hydrique, la séquestration du carbone organique dans le sol et une meilleure gestion durable des agro écosystèmes.

Cette étude, n'a montré **aucune différence significative** entre les deux semis (SC, SD), car elle nécessite beaucoup plus de temps (4 années et plus) pour avoir des résultats confortant le choix de ces nouvelles pratiques culturales. Il est à noter que beaucoup de pays dans le monde ont procédé à la reconversion ou transformation d'une agriculture intensive à une agriculture durable (agriculture de conservation). Les études faites à ce sujet de par le monde, par divers organismes de recherche, ont démontré les effets prometteurs sur la durabilité et la productivité des agro écosystèmes.

Dans l'ensemble, pour toutes les parcelles, SC et SD, il n'y a pas de transport de particules fines de manière significative. Que ce soit pour les argiles ou les limons, les valeurs sont approximativement identiques. **Par contre, il semblerait qu'il y ait dans certaines parcelles un transport assez important en profondeur sous forme de lessivage.** Cela montre bien qu'il y a un transport latéral de particules fines, mais la tendance est plutôt orientée vers transport des particules en profondeur (lessivage).

Cependant, la promotion et la valorisation du Sulla en tant qu'espèce fourragère mais aussi à rôle remédiant spécialement en régions montagneuses représentent une action qui s'intègre dans le développement régional durable. L'amélioration de la couverture végétale ainsi que l'état organique des sols tend à redynamiser et surtout sécuriser les secteurs de production (fourrages, élevages...etc.).

Le transfert de l'Europe vers l'Afrique du Nord des modes de gestion mécanisée des sols a eu des effets négatifs permanents, voire désastreux sur les ressources en sols. En plus, nos sols portent en eux-mêmes les germes de leur destruction: faible teneur en matière organique, faible stabilité structurale, forte densité apparente, tendance à la prise en masse de la terre et faiblesse des résidus en surface. De ce fait, l'amélioration de la productivité, la protection des sols contre l'érosion et la restauration de leur fertilité nécessitent une gestion agrobiologique des systèmes de culture.

- **Anonyme, (1998)** - New concepts for soil conservation required. Communiqué de presse de la FAO.
- **Anonyme, (2002)** - La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Département du développement durable, FAO.
- **Bagnouls F. et Gaussen H., (1953)** - Saison sèche et indice xérothermique. Documents pour les cartes de productions végétales, 3 : cartographie des limites écologiques. 6, art. 8 Fac. Sci. Toulouse. 47p.
- **Batout H., Boussaid M., Combes D. et Figier J., (1976)** - Contribution à la connaissance du genre *Hedysarum* en Tunisie. Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie. vol11, 139 p.
- **Ben Jeddi F., (1995)** - Le Sulla ensilage : possibilités et limites. Journées d'information sur l'ensilage. Ministère de l'agriculture, IRESA, Bou Salem. 28 mars.
- **Benkhanouche N. (2005)** - Etude de l'évolution de la stabilité des terrasses de la vallée de la Soummam en fonction de la couverture végétale. Relation avec leurs capacités de filtration des eaux pluviales. ». Thèse de Magister en Biologie de la conservation et écodeveloppement.
- **BNEDER, (2005)** - schéma directeur de développement agricole et rural de la wilaya de Bejaia, SDDAR, 2005 ».
- **Calvet, et villemin, (1986)** - **Interprétation des analyses de terre. IPAS, SCPA. 25 pages**
- **Daget P., (1977)** - Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. Végétation 34(2) : 87 – 103.
- **Denis Baize ,(2000)** - Guide des analyses en pédologie » INRA éditions paris 2000 pages 51-66.
- **Duchaufour, (1977)** - Pédologie I : pédogenèse et classification des sols.
- **Hénin S., Gras R., Monnier G., (1969)** - Le profil cultural (2^eédition), Masson Ed. Paris.
- <http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/Chap1-sommaire.html>
- **Konrad et Scheiber Base et APAD, (2004)** : « Les clés pour une agriculture durable ».
- **Lapeyronie A., (1982)** - Les productions fourragères méditerranéennes. Tome I. Généralités caractères botaniques et biologiques. Maisonneuve et Larose. Paris. 425p.
- **Lozet, J. et Mathieu, C. (2000)** : Dictionnaire de la science du sol, Edition TEC et DOC, 2002 pages.

- **M'rabet R. (2001)** - « le semi direct : potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du Nord », centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord CDSR, Tanger, Maroc.
- **M'rabet, R. (2000)** - Differential response of wheat to tillage management systems in a semi-arid area of Morocco. *Field Crop Research*, 66: 165-174.
- **M'rabet, R., Ibno Namr, K., Smali, N., Ahdi, M. et Saber, N. (2000)** - Soil quality and associated changes in fertilizer management for wheat in no-tillage production systems of semiarid Morocco. Dans : Actes du Premier Congrès de l'Association Marocaine des Sciences du Sol, ENA. Meknès(Maroc), 18-19 May 2000.
- **Mahdi, M. (2004)** - Contribution à l'étude de la technique du semis direct sous pivots. Mémoire d'ingénieur INA El Harrach, Alger, 63 p, 2004.
- **Pansu, M., Gautheyrou, J. et Loyer, J.Y. (1997)** - L'analyse du sol » Edition Masson 1988.
- **Slim S. et al., (2011)** - Dynamique paysagère des terres arides et expériences réussies de restauration écologique. *Revue Sécheresse* volume 22, Numéro 2, Avril-Juin 2011
- **Villax E.J., 1963.** La culture des plantes fourragères dans la région méditerranéenne occidentale. Ed. I.N.R.A. Rabat. 641 p.
- **Zaghouane, O. Abdellaoui Z. et Houassine, D. (2005)** - Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes ? Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), 1, rue Pasteur, BP 16, Hassan Badi, El Harrach, Alger, Algérie.
- Lapeyronie A., (1982)** - Les productions fourragères méditerranéennes. Tome I. Généralités caractères botaniques et biologiques. Maisonneuve et Larose. Paris. 425p.
- Manichon H., (1982)** - L'action des outils sur le sol : appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural, *Sciences du sol* 3, 203-219.
- Manichon, H., (1982)** - L'action des outils sur le sol : appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural, *Sciences du sol* 3, 203-219.
- Robert, M. (1996)** - Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Dunod/Masson, Paris. 240 pp.
- SOGREAH (2009)** - Etude d'inventaire et développement de la petite et moyenne hydraulique » Direction hydraulique agricole novembre, 2009.

-www.ac.com

-www.FAO.org

Annexes : Données climatiques de la station de Bejaia.

Tableau n° XXI : Valeurs mensuelles des températures maximales (M °C)
de la station de Bejaia (1978 – 2010) (source : ONM,Béjaia).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	Moy Ann
1978	15,20	18,90	18,10	18,30	21,70	25,00	29,10	28,60	26,90	22,00	18,70	20,10	21,88
1979	18,80	18,20	18,30	18,30	21,70	25,80	28,70	28,80	25,60	24,30	17,90	17,60	22,00
1980	16,60	17,10	18,20	17,70	21,70	25,00	27,30	30,00	27,90	24,00	20,80	14,10	21,70
1981	14,50	15,70	19,10	19,90	23,30	24,70	26,30	27,70	27,90	26,10	20,20	19,60	22,08
1982	17,30	15,80	18,00	19,00	21,50	27,70	32,90	28,80	27,30	24,00	19,60	15,00	22,24
1983	16,20	15,90	18,30	21,50	23,70	26,70	32,90	28,40	29,30	25,20	22,20	17,50	23,15
1984	16,40	15,20	17,10	24,70	21,40	25,10	30,60	28,10	28,00	22,70	22,40	16,00	22,31
1985	14,50	19,50	16,40	20,50	21,50	25,70	29,40	29,00	27,10	25,30	21,90	18,00	22,40
1986	16,10	17,10	17,10	20,20	24,00	25,50	28,90	30,70	28,30	25,00	19,70	16,20	22,40
1987	16,10	16,80	17,50	20,90	21,40	25,90	28,90	31,90	31,10	27,90	20,60	19,10	23,18
1988	18,70	16,90	18,80	20,20	22,60	26,00	29,30	31,10	26,80	27,30	20,10	15,20	22,75
1989	15,60	17,60	19,20	20,30	21,90	26,00	29,80	30,70	28,80	24,40	21,80	21,50	23,13
1990	16,00	19,70	19,30	18,90	22,10	26,40	28,60	28,90	29,80	26,60	20,10	14,60	22,58
1991	15,40	15,00	19,90	17,80	20,80	25,70	28,70	30,50	29,10	22,20	19,80	15,80	21,73
1992	15,20	16,50	17,10	19,30	22,00	25,00	27,50	29,90	28,60	24,70	21,10	17,60	22,04
1993	16,10	14,90	17,50	19,80	23,50	26,20	29,30	29,70	26,80	24,70	18,90	17,50	22,08
1994	16,30	18,10	19,00	19,20	24,50	25,90	30,20	33,50	29,10	24,80	21,90	17,60	23,34
1995	16,20	19,50	18,40	19,90	24,70	24,90	28,70	30,30	27,30	25,70	22,20	20,00	23,15
1996	18,90	15,90	18,80	20,00	22,40	25,70	28,60	29,10	26,40	23,30	21,60	19,20	22,49
1997	18,00	17,90	18,70	20,40	24,10	28,30	28,10	30,20	28,10	25,10	21,10	18,30	23,19
1998	17,40	18,10	19,00	21,10	21,80	27,50	28,40	29,40	28,50	23,80	19,10	16,20	22,53
1999	15,90	14,70	19,20	20,20	25,00	26,90	29,00	31,50	29,30	27,80	19,00	16,60	22,93
2000	15,10	17,90	19,10	22,60	23,20	25,50	30,20	31,90	28,20	24,30	22,10	19,90	23,33
2001	18,30	17,50	23,10	20,50	21,80	27,70	29,40	30,30	27,30	28,80	20,20	16,30	23,43
2002	16,50	17,20	19,40	20,70	23,30	26,40	28,00	28,80	27,90	25,70	21,50	18,80	22,85
2003	15,60	14,80	18,80	19,60	21,90	30,00	33,00	33,30	28,30	25,10	21,40	16,30	23,18
2004	16,90	18,30	18,00	19,90	21,50	25,70	29,50	31,80	29,10	28,30	19,20	16,90	22,93
2005	13,90	13,60	17,30	20,30	24,30	27,60	29,90	29,80	28,00	26,10	20,50	16,50	22,32
2006	15,10	16,30	20,30	22,90	24,30	27,60	30,30	29,80	28,80	27,80	23,80	18,00	23,75
2007	18,60	19,60	18,40	20,20	24,80	26,40	29,10	31,10	27,40	24,10	19,70	16,10	22,96
2008	18,00	19,00	19,00	22,00	23,00	26,00	30,00	30,00	27,00	25,00	20,00	17,00	23,00
2009	16,00	16,00	18,00	20,00	25,00	28,00	32,00	31,00	28,00	25,00	23,00	20,00	23,50
2010	17,00	19,00	19,00	21,00	23,00	26,00	30,00	30,00	28,00	25,00	20,00	19,00	23,08
Moy	16,44	17,10	18,59	20,24	22,83	26,32	29,47	30,14	28,06	25,22	20,67	17,52	22,72

Tableau n° XXII : Valeurs mensuelles des températures maximales (m °C)
de la station de Bejaia (1978 – 2010) (source : ONM,Béjaia).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Moy Ann
1978	5,90	9,30	8,40	9,90	12,10	16,00	18,10	19,50	16,70	13,30	8,90	9,90	12,33
1979	10,00	9,30	8,20	8,20	12,60	18,00	19,20	20,00	17,70	15,20	8,80	7,40	12,88
1980	6,70	7,80	8,30	8,80	12,30	16,00	17,50	20,00	18,60	13,00	11,70	6,10	12,23
1981	5,90	7,30	10,30	10,70	13,30	17,00	17,50	19,10	18,30	12,40	10,10	10,00	12,66
1982	8,20	7,50	8,20	10,10	14,60	18,00	21,20	20,90	18,60	14,40	11,90	7,50	13,43
1983	5,00	5,90	9,00	10,70	13,60	18,00	21,40	20,40	19,50	16,30	13,60	8,80	13,52
1984	7,90	7,00	7,80	13,70	11,70	16,00	20,30	19,80	17,70	14,40	12,60	8,80	13,14
1985	6,50	9,90	8,40	11,40	13,90	18,00	20,20	19,80	18,30	15,00	13,40	8,80	13,63
1986	7,30	7,70	9,00	9,80	14,40	17,00	18,80	21,90	18,90	16,40	11,40	7,70	13,36
1987	11,00	7,60	8,30	11,30	12,70	17,00	21,20	21,40	21,20	17,90	11,60	9,90	14,26
1988	9,40	6,50	7,60	10,60	14,20	17,00	21,00	21,70	17,50	16,50	12,40	7,20	13,47
1989	6,40	7,50	9,60	10,30	13,30	17,00	20,40	22,60	19,80	15,70	12,50	11,70	13,90
1990	8,00	8,70	9,80	10,20	14,70	18,00	19,90	20,10	21,40	16,80	12,20	7,00	13,90
1991	6,30	6,60	10,10	9,30	10,80	17,00	20,00	20,80	20,80	15,70	10,10	6,20	12,81
1992	5,90	6,50	8,50	10,10	13,00	15,00	19,00	19,90	19,40	14,40	11,80	8,80	12,69
1993	5,50	6,60	7,90	10,50	14,30	18,00	20,20	21,60	18,10	15,80	10,70	8,40	13,13
1994	7,70	7,50	9,30	9,20	14,90	18,00	20,50	23,70	20,60	17,20	12,40	8,80	14,15
1995	7,30	9,50	9,00	9,20	14,60	18,00	20,00	21,10	18,50	16,00	12,30	11,10	13,88
1996	10,00	7,90	9,80	12,00	13,40	17,00	19,90	21,40	17,00	13,40	11,50	10,50	13,65
1997	9,50	8,00	7,60	10,50	15,80	19,00	20,30	21,40	20,00	16,60	14,20	9,60	14,38
1998	8,60	8,70	8,60	11,20	14,50	18,00	20,00	20,90	19,70	13,30	11,00	7,30	13,48
1999	7,90	5,60	9,30	9,90	15,40	19,00	20,20	23,40	20,10	18,40	11,10	8,40	14,06
2000	5,20	7,30	9,00	11,20	15,60	18,00	21,40	21,50	19,20	15,10	11,90	9,58	13,75
2001	9,00	7,10	11,90	10,70	13,50	19,00	20,20	21,50	19,60	18,20	11,10	6,90	14,06
2002	7,00	7,60	9,40	10,60	13,50	17,00	20,50	20,80	18,40	15,20	12,30	10,60	13,58
2003	8,20	6,90	10,00	11,90	14,50	20,00	25,20	23,40	19,70	17,20	12,50	8,30	14,82
2004	7,60	8,90	9,70	10,50	13,10	17,00	20,70	22,00	19,40	17,40	10,70	9,00	13,83
2005	4,60	5,90	9,20	11,90	14,50	18,00	21,30	20,50	18,50	16,50	11,40	8,10	13,37
2006	6,90	7,20	9,30	13,10	17,30	18,00	20,50	21,00	18,50	17,20	13,50	9,40	14,33
2007	8,10	9,80	9,00	14,00	14,90	19,00	20,40	22,20	19,00	16,40	10,90	8,10	14,32
2008	7,00	9,00	9,00	11,00	15,00	18,00	22,00	22,00	20,00	17,00	11,00	8,00	14,08
2009	8,00	7,00	8,00	10,00	15,00	18,00	22,00	22,00	19,00	15,00	12,00	10,00	13,83
2010	8,00	9,00	10,00	13,00	13,00	17,00	20,00	21,00	19,00	16,00	12,00	9,00	13,92
Moy	7,47	7,72	9,02	10,77	13,94	17,61	20,33	21,19	19,05	15,74	11,68	8,69	13,60

Tableau n° XXIII : Valeurs mensuelles des précipitations (mm)
pour la station de Bejaia (1970-2010) (**source : ONM, Béjaia**).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
1970	30,90	56,00	130,70	215,70	67,60	1,20	12,40	0,00	1,00	186,70	2,80	131,70	836,70
1971	123,00	50,50	107,10	30,20	25,80	0,10	5,20	0,00	104,00	123,90	71,10	52,20	693,10
1972	155,90	67,40	93,30	86,80	89,70	25,10	4,40	16,50	106,00	76,40	20,50	230,00	972,00
1973	166,90	230,00	123,60	33,70	0,30	42,80	0,30	1,90	70,90	83,20	78,50	173,30	1005,40
1974	21,80	163,50	161,10	105,00	2,20	7,10	8,30	1,70	75,10	227,00	43,60	40,30	856,70
1975	52,70	90,70	115,30	27,80	89,40	17,70	0,00	37,00	39,80	9,30	229,00	85,60	794,30
1976	131,80	140,80	66,10	72,10	47,10	30,50	47,30	19,20	47,30	99,70	138,00	72,40	912,30
1977	92,30	19,40	38,60	109,30	38,50	6,60	0,40	5,70	8,10	27,70	205,00	14,70	566,30
1978	124,50	78,90	144,10	111,90	50,80	1,90	0,10	0,00	15,20	90,50	106,00	10,10	734,00
1979	49,30	115,80	72,80	110,50	21,60	17,20	18,70	47,00	73,70	41,80	100,00	13,90	682,30
1980	48,30	26,50	118,30	94,30	35,10	1,70	1,30	4,00	3,30	42,90	159,00	386,20	920,90
1981	51,40	100,00	96,20	43,90	21,20	24,00	2,10	27,90	3,20	48,70	52,30	90,40	561,30
1982	299,10	100,20	57,70	49,40	74,40	0,80	0,40	39,10	23,60	107,70	112,00	226,40	1090,80
1983	11,20	35,20	44,10	14,60	13,00	0,10	1,80	10,20	3,50	57,00	59,00	69,50	319,20
1984	221,40	189,70	90,00	25,50	60,00	8,90	0,60	3,60	17,40	262,50	6,00	215,00	1100,60
1985	129,70	38,80	248,30	25,30	72,10	1,30	0,70	7,30	79,60	52,00	101,00	66,90	823,00
1986	125,50	81,00	183,40	35,60	12,50	22,10	4,50	4,70	37,30	184,10	136,00	222,20	1048,90
1987	72,80	161,90	74,20	40,90	47,30	5,70	3,60	2,10	26,90	52,50	216,00	33,20	737,10
1988	39,90	94,70	69,20	56,30	44,90	50,20	0,00	1,80	61,10	0,90	242,00	206,80	867,80
1989	91,80	13,70	34,10	124,40	0,30	16,40	2,00	12,30	49,10	48,50	65,70	33,80	492,10
1990	123,20	0,00	43,70	58,40	85,80	16,90	8,70	2,50	3,40	41,40	72,20	295,50	751,70
1991	76,90	94,90	168,50	33,50	38,70	2,40	0,40	8,00	80,10	188,10	36,90	44,10	772,50
1992	160,60	53,30	115,10	125,00	47,60	37,00	3,40	0,00	3,10	31,80	52,50	260,40	889,80
1993	78,60	88,00	42,40	85,50	46,20	4,50	0,00	0,00	59,50	51,30	66,20	71,00	593,20
1994	55,30	81,70	0,80	55,60	8,40	2,10	0,20	0,60	133,00	73,60	18,20	149,40	578,90
1995	238,40	55,80	95,70	35,60	1,80	22,80	0,30	20,00	71,40	15,90	51,50	60,80	670,00
1996	105,70	220,40	58,90	118,30	43,90	38,80	9,60	4,10	37,60	47,00	95,10	54,00	833,40
1997	50,10	24,50	16,30	53,90	11,30	22,20	2,40	21,40	58,20	222,10	108,00	93,00	683,40
1998	16,10	79,60	60,70	95,40	160,30	3,30	0,00	10,20	45,90	81,40	185,00	129,30	867,20
1999	125,80	119,90	52,60	29,80	14,70	1,40	0,60	2,70	47,80	24,40	93,40	227,10	740,20
2000	72,90	21,70	13,90	27,30	53,70	5,30	1,40	0,00	13,00	76,50	30,90	65,50	382,10
2001	212,00	70,20	9,10	65,90	37,10	0,00	0,00	12,10	47,30	2,90	104,00	70,90	631,50
2002	68,80	103,60	57,50	18,10	23,50	0,00	10,80	28,10	61,70	36,10	193,00	315,00	916,20
2003	310,00	69,00	30,70	220,60	26,50	1,00	2,20	1,60	114,00	75,50	45,60	205,50	1102,20
2004	147,90	54,60	86,90	110,40	69,90	26,00	0,00	5,00	18,80	30,40	178,00	128,40	856,30
2005	165,50	167,50	60,40	41,90	7,70	0,00	0,40	6,10	28,20	31,70	107,00	172,40	788,80
2006	126,70	141,00	46,50	17,30	53,30	4,80	1,20	20,40	35,30	21,30	13,30	132,70	613,80
2007	9,30	20,40	175,10	132,00	12,10	9,90	2,60	6,70	63,40	149,00	175,00	207,00	962,50
2008	7,00	20,00	120,00	37,00	66,00	7,00	3,00	4,00	144,00	61,00	131,00	73,00	673,00
2009	237,00	66,00	63,00	86,00	54,00	1,00	4,00	15,00	190,00	40,00	129,00	133,00	1018,00
2010	53,00	55,00	107,00	44,00	57,00	38,00	1,00	6,00	39,00	135,00	162,00	70,00	767,00
Moy	109,29	84,43	85,20	70,85	42,28	12,82	4,06	10,16	52,21	79,50	102,23	130,06	783,09

Résumé :

Face à l'avènement des changements climatiques et les façons culturales classiques et leurs conséquences directes sur le fonctionnement de nos agro écosystèmes qui se traduisent par des dégradations multiples, il est important de mettre en œuvre des **mécanismes d'adaptations** adéquats afin d'atténuer les effets dévastateurs. Le choix de l'agriculture de conservation (AC) est une alternative prometteuse qui pourrait à moyen et long terme atténuer ces effets de dégradations et assurer la durabilité des agro écosystèmes. Ce travail a pour objectif d'étudier l'influence de la technique du semis direct sur les propriétés du sol et sur l'érosion hydrique des sols.

Mots clés : Changements climatiques, agriculture de conservation, érosion hydrique, durabilité, Agro écosystèmes, semis, direct.