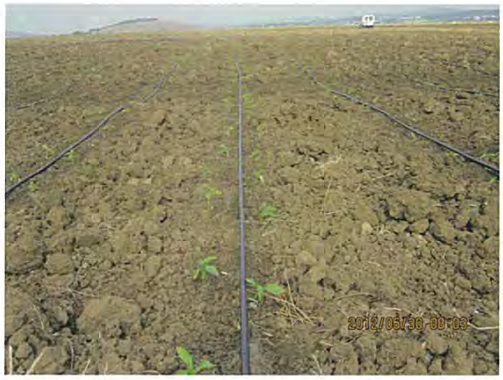
# B-1 Manual for Drip Irrigation

وزارة الفلاحة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع النهوض بالمناطق
السقوية بالشمال الغربي
(DPINT)

# دليل الري الموضعي





## مـقدّمة :

في نطاق مشروع النهوض بالمناطق السقوية بالشمال الغربي والذي ركز تدخله خاصة بالثلاثة مناطق : قرنانة من ولاية جندوبة ، نفزة من ولاية باجة وسجنان من ولاية بنزرت ، المموّلة من طرف البنك الياباني للتعاون الدولي JBIC ، تمّ إعداد هذه النشرية ، الهدف منها إرشاد وتشجيع الفلاحين على استعمال تقنيات الاقتصاد في مياه الري بواسطة الري الموضعي (قطرة- قطرة) والتسيير المحكم لعملية الري ، حتّى يتمكنوا من تثمين المياه و تحقيق إنتاج وفير و ذو جودة عالية .

### 1- ما هو الري الموضعي :

هوالتقنية التي تؤمن توزيع المياه بالقرب من الجذ ور، بكميات قليلة وبصفة مركزة ومترددة تمكن من تزويد النباتات بالحاجيات اليومية من المياه.

### 2- مقارنة الري الموضعي مع التقنيات الأخرى

أذا قارنا الري الموضعي مع التقنيات الأخرى وخاصة في مجال الاقتصاد في مياه الري والمردو دية نلاحظ أن الفرق شاسع , ففي حالات تقنيات الري السطحي وتقنيات الري بالرش يتم تزويد النبات بالماء لتلبية حاجياته لمدة طويلة، تتعدى في بعض الأحيان أسبوعا كاملا، بحيث يستفيد النبات فيها بشكل مفرط في الأيام الأولى التي تلي عملية الري مع خصاصة في آخر الدورة السقوية ، مما يؤدي إلى ضعف في كمية وجودة المنتوج إضافة إلى ضياع كبير في المياه والأسمدة. أما في حالة



الري الموضعي، فإن توزيع المياه يتم حسب الاحتياجات اليومية للنبات بكميات قليلة ومركزة في منطقة الجذور، الشيء الذي يساعد على الحصول على منتوج وافر و ذو جودة عالية

### 3- مزايا الري الموضعي :

- الاقتصاد في مياه الري : يكون استعمال الماء بكميات قليلة وبضغط منخفض , فطريقة الري بالتنقيط لا تبلل الأرض كلها وانما تبلل منطقة انتشار الجذور أسفل النبتة. تنخفض فيه نسبة الفقد بالتبخر والتسرب العميق والجريان السطحي إلى أقل حد ممكن لذلك فان كفائة الري على مستوى الحقل تكون عالية مقارنة بطرق الري الأخرى و يمكن أن تصل إلى 95 %.
- يمكن استخدامها في جميع أنواع التربة
- انعدام أوتقليل مشاكل ومخاطر جرف التربة عند ري الأراضي المنحدرة.
- تبقي التربة هشة ومهواة وتحافظ على العناصر الغذائية المتواجدة في التربة وتخفف من غسلها وتسربها الى الأعماق
- تحد من نمو الأعشاب والحشائش نظرا لعدم تبلل كامل التربة وفي هذا يقلل من تكاليف مبيدات الأعشاب
- تعمل على تسهيل استخدام الميكنة الزراعية
- الاقتصاد في اليد العاملة
- القضاء على الأمراض و ذلك لعدم وجود الماء على الجذع و الأوراق
- الاقتصاد في تكاليف الإنتاج : إن طريقة الري الموضعي تمكن من تقليص اليد العاملة خصوصا إذا استعملت الوسائل اللأتوماتيكية، بحيث أن شخصا واحدا يمكنه أن يسير عملية الري؛ كما تمكن أيضا من استعمال بعض المعدات الخاصة كالشرائح البلاستيكية السوداء لمحاربة الأعشاب الطفيلية والحفاظ على رطوبة التربة والرفع من درجة حرارتها.

### 4- سلبيات الري الموضعي :

- الاستثمار الباهظ نسبيا مقارنة مع الري بالرش لما تتطلبه شبكة الري بالتنقيط ( شبكة كثيفة من الأنابيب ، قطارات، المنشآت اللازمة لتصفية المياه وأجهزة خلط الأسمدة والمبيدات)
- طريقة ري متطورة تتطلب من الفلاح اكتساب حد أدنى من الخبرة.
- تتجمع الأملاح الزائدة أحيانا عند سطح الابتلال داخل التربة وعلى سطحها.
- إمكانية تلف أنابيب السقي البلاستيكية بفعل القوارض.
- إمكانية إنسداد ثقوب القطارات بمحتويات مياه الري من المواد العالقة والرواسب والأملاح لذلك فمن الضروري القيام بتصفية المياه باستمرار لتفادي هذه المشكلة وذلك بتصميم وتركيب منظومة مصفاة فعالة



- الاستثمار الباهظ نسبيا مقارنة مع الري بالرش و الري بالغمر

### ملاحظة:

رغم سلبيات الري الموضعي فإنها تبقى التقنية المثلى للاقتصاد في مياه الري و خاصة لري الخضر و الأشجار المثمرة .

### 5- مكونات شبكة الري الموضعي :

تتكون شبكة الري الموضعي من :

- نقطة الماء : بورنة Borne.

- محطة تصفية يتم اختيارها استنادا إلى:
  - مصدر و نوعية الماء
  - نوعية التصفية المطلوبة حسب حساسية الموزعات المختارة وحاسسيتهاللانسداد

  وتحتوي محطة التصفية على المصفاة و حاقن الأسمدة و ملحقات مثل
  - السكورة
  - منظمات الدفق
  - منظمات الضغط
  - أجهزة قياس الضغط
- أنابيب رئيسية وثانوية
- خطوط السقية

- القطارات

## أنواع المصفاة

***مصفاة الرمل :**

تحتوي هذه المصفاة على رمل خشن ( قطر الحبيبات من 14 الى 20صم ) و رمل صغير (قطر الحبيبات من 10 الى 14 صم ) و يكون الرمل مغربل و نظيف .
تمنع مصفاة الرمل من دخول الأوساخ ( الوحل، جذور) إلى شبكة الري

***مصفاة الغربال :**

تركز مصفاة الغربال بعد مصفاة الرمل لتمنع دخول الأوساخ التي مرت عبر مصفاة الرمل.

**ملاحظة :**

تستعمل مصفاة الرمل و الغربال معا إذا كان مصدر الماء سد او واد أو بحير

***حاقن الاسمدة :**

يكون حاقن الأسمدة متواجد بين مصفاة الرمل و مصفاة الغربال و دوره هو حقن الأسمدة بشبكة الري.

***الانابيب الرئيسية و الثانوية :**

تكون عادة من النوع PVC أو البوليتيلان وقطرها يكون حسب المنسوب المطلوب و الضغط .
الأنابيب الحاملة للقطار و هي من مادة Pehd قطرها يتراوح بين 15 الى 20مم

*** القطار**

و هو العضو الأساسي لتوزيع الماء يكون الضغط داخل أنبوب القطارات ضعيف في حدود 1 بار و يكون ضغط الماء خارج القطار ما يساوي الضغط الجوي 0 بار (يخرج الماء من القطارات في شكل قطرات )

- **الانبوب اللين**

دفق : 1 الى 8 ل/س /م
ضغط : 0.15الى 1 بار

## 8- كيفية اختيار الموزعات :

**-1- نوعية التربة**

• في التربة الرملية يكون ارتشاح الماء متجها أكثر نحو الأعماق)توزيع عمودي للمياه ، في هذه الحالة يجب استعمال موزعات ذات صبيب ضعيف مع الرفع من عدد الريات في اليوم لتلبية حاجيات النبات.
• في التربة المتوسطة كالحمري يكون ارتشاح المياه متوازنا افقيا وعموديا ، تستعمل في هذه الحالة موزعات ذات الصبيب المتوسط.
• في التربة الطينية الثقيلة يكون ارتشاح الماء أفقيا ، يمكن استعمال الموزعات ذات الصبيب الكبير أو المتوسط ويكون البعد بين الموزعات أكبر.



## 6- الخصائص الهيدروليكية للقطار :

- المنسوب : يتراوح منسوب القطارات من 1 الى 8 ل/ س
- الضغط : في حدود 1 بار

## 7- انواع الري الموضعي :

- **الأنبوب المثقوب :**

دفق : 35الى 100 ل/س
ضغط : اقل من 1 بار

- **الميكرومرش :**

دفق : 20 الى 60 ل/س
ضغط : 1 الى 2 بار

- **القطار**

دفق : 1 الى 8 ل /س
ضغط : 1 بار

**-2- نوعية الزراعات**

* في الزراعات السنوية التي تفرض إزالة أنابيب التوزيع و إعادة نصبها دوريا ينصح بعدم استخدام الموزعات المركبة و البارزة من الانابيب و تعويضها بموزعات مدمجة او غير بارزة و بالأغلفة. و يكون صبيب الموزع عادة 2 لتر في الساعة .

* في الزراعات الدائمة,مثل الأشجار المثمرة و الكروم,حيث تكون الانابيب الموزعة ثابتة,يمكن استعمال كل أنواع الموزعات إذا ما سمحت نوعية التربة بذلك .ويكون صبيب الموزع عادة 4 ل / س.

**3- نوعية المياه**

إن ظاهرة اختناق و انسداد الموزعات تعتبر من اهم المشاكل التي تتعرض لها شبكة الري الموضعي. فالانسداد السريع يكون بسبب وجود مواد فيزيائية عالقة بمياه الري ( حبيبات الرمل أوساخ ) أما الاختناق البطيء هو بسبب ترسبات الكائنات الحية او العناصر الكيميائية بمياه الري وهذه الظاهرة تؤدي إلى انخفاض في صبيب الموزعات مما يعوق توزيع المياه بصفة متجانسة داخل الحقل .إن خطر هذه الظاهرة متعلق بنوعية و مصادر مياه الري . و يمكن تفاديها إذا قمنا بالتحليل المسبق للمياه قبل استخدامها و بعملية تنقية لهذه المياه و ذلك باستعمال مصفاة ذات غرابيل و مصفاة رملية حسب حساسية الموزعات ,وبالمراقبة و التعهد الدوري للمصفاة و الشبكة و الموزعات قصد إزالة الترسبات.

**4- هيئة و شكل الحقل :**

إن طبغرافية و شكل و قياسات الحقل تحدد أحيانا نوع الموزع الواجب اختياره :

- إذا كانت الأرض منبسطة نسبيا ينصح باختيار موزعات غير ضابطة فهي غير حساسة لانسداد واقل تكلفة .
- اذا كانت الارض شديدة الانحدار و شكلها غير منتظم وكبيرة المساحة فينصح باستعمال الموزعات الضابطة .



**5- خصائص وكفاءة الموزعات**

ان اهم خاصية في الموزع هي انتظام و ثبات الصبيب و هذه الخاصية مرتبطة ب:

- تجانس الموزعات عند صنعها .
- الحساسية لتغير الضغط داخل شبكة الري إذ أن تذبذب الضغط عادة ما يغير مستوى صبيب الموزع .
- الحساسية للانسداد.

## 9 - التقنيات الزراعية الملائمة للري الموضعي؟

1. كيفية تحديد البعد بين الخطوط والنبتات

الري الموضعي ليس له أي قيد أو شرط بخصوص البعد بين الخطوط أو النبتات وتبقى خصوصيات هذه الأبعاد خاضعة بصفة خاصة لنوعية النبات والتربة وعلى سبيل المثال نذكر البعد بين الخطوط والنباتات لبعض الخضر ( في الري الموضعي) .

| النبات | الخطوط الفردية | | الخطوط المزدوجة | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | البعد بين الخطوط (د) | البعد بين النبتات (و) | البعد بين الخطوط (أ) | البعد بين النبتات (ب) | البعد بين الخطوط المزدوجة (ج) |
| طماطم | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,4 | 0,3 |
| فلفل | 1 | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,3 |
| بطيخ | 3 | 1,2 | - | - | - |
| دلاع | 3 | 1,2 | - | - | - |
| بطاطا | 0,75 | 0,3 | - | - | - |

2. خدمة التربة

تستوجب طريقة الري الموضعي خدمة جيدة للتربة حيث يكسر الطوب الكبير والمتوسط الذي يكون سببا في توزيع سيئ لمياه الري.

كما أن تحليل التربة له اهمية كبيرة في استعمال الري بالتنقيط حيث أنه يساعد على تحديد كميات المواد المخصبة التي يجب إعطاؤها والتي تتغير حسب نوعية النبات، فترة النمو و الكمية الموجودة في التربة.

## 10- كيفية تلبية احتياجات النباتات من الماء بالري الموضعي :

عند استعمال الري الموضعي يتم توزيع المياه حسب الاحتياجات اليومية للنبات بكميات قليلة ومركزة في منطقة الجذور. ويمكننا معرفة الوقت الكافي لتلبية احتياجات النبتة وذلك بالتثبت ومعرفة المعلومات التالية :

- صبيب الموزعات
- البعد بين الوزعات
- البعد بين خطوط النباتات



- التأكد من أن القطارات تعمل في ظروف المعايير المطلوبة وخاصة أن يكون توزيع الضغط داخل قطعة الأرض متجانس.

إذا

| البعد بين الخطوط | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.5 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| صبيب الموزعات ل/س | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| البعد بين الموزعات 0,4 متر | | | | | |
| مدّة عمليّة الري اللازمة بالدقيقة | 10 | 12 | 14 | 18 | 24 |
| البعد بين الموزّعات 0.33 متر | | | | | |
| مدّة عمليّة الري اللازمة بالدقيقة | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 |

استوفينا هاته الشروط يمكننا تحديد الوقت الكافي لتلبية احتياجات النبتة وذلك بالطريقة التالية :

1- احتساب المساحة المروية بالقطار(م2) = البعد بين الخطوط x البعد بين القطارات

2- احتساب احتياجات المساحة المروية من الماء(م3) = المساحة المروية بالقطار(م2) x احتياجات النبتة (مم) $10^3$ x

**الوقت الكافي لتلبية احتياجات النبتة (س) = المساحة المروية بالقطار(م2) x احتياجات النبتة (مم) / صبيب الموزع (ل/س)**

بالنسبة للزراعات السنوية يستعمل عادة الموزعات ذات صبيب 2 ل/س. في الجدول التالي نعطي. عن سبيل المثال' المدّة المناسبة للإعطاء 1 ممتر من الماء (10 م3 / هكتار) حسب البعد بين الخطوط :

**جدول المدّة المناسبة للإعطاء 1 ممتر من الماء (10 م3 / هكتار) حسب البعد بين الخطوط**

## 11- صيانة شبكة الري الموضعي و مقاومة الانسداد :

تعتبر أنظمة الري الحديثة و خاصة منها الري الموضعي ذات كلفة عالية,إذا يجب المحافظة عليها و صيانتها باستمرار و استعمالها بصورة سليمة من اجل إطالة مدة استغلالها و بالتالي تخفيض كلفة الإنتاج.

كما تتميز مياه الري مياه الري عادة بنوعية رديئة نسبيا إذ تكثر فيها الأملاح و العوالق الصلبة مما يسبب انسداد موزعات الماء أو القطارات .

**1) وحدة التصفية :**

تتكون وحدة التصفية عادة من مصفاة رملية و مصفاة معدنية ذات غرابيل او صحون هدفها تنقية الماء قبل عبوره الى القنوات . ويجب غسل هذه المصافي من فترة الى اخرى حسب كمية الترسبات الموجودة في ماء الري و تتم هذه العملية من خلال تمرير الماء بصورة معاكسة داخل المصفاة الرملية او الغرابيل او الصحون في المصفاة المعدنية.



*** المصفاة الرملية :**

يتم تنظيف المصفاة الرملية اليا او يدويا بصفة دورية و ذلك بتمرير الماء بصورة معاكسة داخل المصفاة .و يجب القيام بصيانتها عندما تصل كمية الضغط المفقودة 0.5 بار حسب مؤشر مقياس الضغط الذي يجب المحافظة عليه و استبداله عند تعطيه.

اما بخصوص الرمل المستخدم في المصفاة الرملية فيجب ان تتوفر فيه الصفات التالية :

- حاد الإطراف
- خالي من الرمال الناعمة و الأتربة

و عند نهاية موسم الري ينصح بغسل المصفاة وذلك بالجريان المعاكس للماء ثم غسلها بمحلول مادة الجفال لمنع نمو الكائنات الدقيقة . كما يجب إزالة الطبقة الصلبة من فوق سطح الرمل داخل المصفاة .

إن وضع عداد للمياه و مقياس للضغط قبل و بعد محطة التصفية ضروري . فهذه الالات تمكننا معرفة تحديد المشاكل التي قد تحدث نتيجة الزيادة او النقصان في كمية المياه او الضغط

*** المصفاة الشبكية أو بالغرابل :**

يجب تنظيف المصفاة باستمرار حيث ان عدم تنظيفها يخفض من ضغط الماء الخارج من المصفاة و يقلل من كمية الماء المارة من خلالها .

وقد تؤدي زيادة الضغط داخل المصفاة الى تفتيت المواد العالقة في ماء الري مثل المواد العضوية و مرورها الى شبكة القنوات مما ينجر عنه انسداد القطارات.

اما اذا اتلفت الغرابيل او الصحون الداخلية في المصفاة فانه يجب تغييرها.

**2)- شبكة القنوات:**

يستحسن ردم القنوات الرئيسية تحت سطح الأرض حتى لا تتأثر مباشرة بأشعة الشمس,كما يجب وضع باقي القنوات الفرعية و الانابيب الصغيرة في مكان مظلل بعيدا عن الرطوبة عند نهاية الموسم الزراعي و غسل هذه القنوات من حين لأخر و ذلك بفتح نهايتها حتى يمكن ازالة المواد الراسبة داخلها

**3)- معدات التسميد:**

تتكون معدات التسميد عادة من :

- اناء لإذابة الاسمدة في الماء .
- حاقن لمواد التسميد.
- الة لخلط او مزج الاسمدة.
- معدات فرعية من قنوات صفايات و صمامات.

يجب حقن الاسمدة دائما قبل المصفاة ذات الغرابيل و ذلك للحيلولة دون انسداد موزعات الماء بالمواد غير الذائبة كما يجب ايضا :

- تنظيف اناء اذابة الاسمدة قبل كل عملية تسميد.
- المحافظة على حاقن الاسمدة بغسله من حين لأخر خاصة عند نهاية موسم الري و ذلك بتشغيله بالماء الصافي فقط.

**4) مقاومة انسداد القطارات :**

تعتبر ظاهرة الانسداد من اهم المشاكل التي تواجه استعمال نظام الري الموضعي و ذلك لان الماء يجري بكميات قليلة و بضغط منخفض من خلال فتحات صغيرة لموزعات الماء او القطارات و بالتالي فانه من السهل حصول الانسداد الناتج عن الحبيبات المعدنية (رمل , طين) او المواد العضوية (اجزاء نباتية,حشرات,حيوانات صغيرة,طحالب....) او الترسبات الكيميائية (كربونات,كبريتات الكلسيوم,معادن ثقيلة,إسمدة.....) او عوامل بيولوجية (بكتيريا,طحالب ....).

و لمعرفة اسباب الانسداد نقوم بفتح نهاية احدى انابيب الري الفرعية او فك القطارات الموجودة في نهاية الانابيب و جمع بعض الترسبات لمعرفة نوعية هذه المواد . فإذا كان لون هذه الترسبات ابيض فان ذلك يدل على وجود ترسبات كلسية . اما اذا كان لونها بني (لون الصدأ) فهذا يعني وجود ترسبات حديدية اما اذ كان اللون اسود او بني زيتي المظهر فان الانسداد ناتج عن البكتريا او الفطريات.

ولمقاومة الانسداد فان الطريقة المتبعة تعتمد على نوع الترسبات الحاصلة داخل الانابيب الفرعية او القطرات.

*** معالجة الترسبات الفيزيائية :**

تتمثل هذه الترسبات في المواد العضوية و غير العضوية العالقة في مياه الري و التى تكون بحجم كاف يتسبب في انسداد القطارات,و لإزالة هذه المواد من مياه الري نقوم باستعمال :

- احواض الترسيب قبل الري و ذلك لترسب المواد العضوية وغير العضوية في اسفل الحوض .
- المصفاة المعدنية ذات الغرابيل بالنسبة لمياه الابار السطحية حتى و لو كانت هذه المياه تبدو صافية .
- المصفاة الرملية و المصفاة المعدنية بالنسبة لمياه الابار الجوفية او مياه السدود او مياه الاودية وقد يضاف اليها احواض الترسيب عند الحاجة .

*** معالجة ترسبات الاملاح المعدنية :**

تكون ترسبات الاملاح المعدنية و خاصة منها املاح الكلسيوم على شكل طبقة بيضاء اللون ملتصقة بالجدران الداخلية لأنابيب الري و القطرات .



**5)- العمليات الوقائية خارج موسم الري :**

*** قبل بداية موسم الري :**

1. تشحيم المكونات الميكانيكية لأجهزة الري طبقا للتعليمات الموجودة بدليل العناية .
2. اختبار عمل الآلات و التجهيزات قبل الشروع في الري .
3. تنظيف الأحواض بعناية بالماء المخلوط بالجفال للقضاء على الطحالب .

*** في نهاية موسم الري :**

- معالجة الرواسب المعدنية و افراغ شبكة الري من المياه .
- افراغ المصافي من المياه و تنظيفها .
- تغيير حصى المصفاة الرملية كل سنة او سنتين حسب نوعية المياه المستعملة و غسلها قبل الاستعمال مع مراعاة مواصفات حجم الحصى المستعمل.
- تنظيف غربال المصفاة المعدنية باستعمال فرشات لينة و القيام بتغيير ها اذا اندست فتحاتها او اتلفت اجزاؤها .

**ملاحظة :**

الشروع في عملية الري بالتنقيط مباشرة بعد موسم الامطار و ذلك للمحافظة على رطوبة الارض وفي حالة غياب الامطار يجب القيام بالري باستعمال المرشات او الري السطحي قبل الشروع في الري بالتنقيط.

**12- التسميد :**

- يجب تقدير كمية الازوت واليوطاس والفوسفور في الهكتار حسب حاجيات النبتة، وحساب كمية الفوسفور الامونياكي ونيترات البوطاس والامونيترات.
- يجب معرفة كمية ذوبان الاسمدة في 100 ل من الماء
- يجب حساب كمية الماء اللازمة لعملية التسميد.



و لمعالجة ترسبات الأملاح المعدنية ننصح بإضافة الحامض الفسفوري الذي يعتبر سمادا معدنيا و ليست له اثار جانبية على مياه الري ثم يضخ في شبكة الري لمدة 30 الى 60 دقيقة نقوم اثرها بتوقيف عملية الري لمدة 24 ساعة ثم بضخ الماء الصافي داخل أنابيب الري لغسلها.

و يجب ان تتم هذه العملية قبل انسداد جميع القطارات و في حالة انسدادها نقوم بنزعها من فوق أنابيب الري و غسلها.

**ملاحظة :**

يتعين عند استعمال الحامض العالي التركيز,القيام بتخفيفه من اجل التقليل من خطورته بحيث يكون تركيزه من 3 الى 8 لتر في كل 100لتر ماء.

*** معالجة ترسبات المواد العضوية :**

تنتج ترسبات المواد العضوية عن بقايا النباتات والطحالب و البكتيريا التي تنمو داخل قنوات الري المواد اللزجة في غياب الضوء مما يمكن من تجميع حبات الطين حولها و سد القطارات . اما الطحالب فهي تنمو على سطح الماء وتتجمع في الخزانات او داخل اجهزة الري .و لمعالجة ترسبات المواد العضوية نقوم بإضافة مادة الكلور (ماء الجفال )إلى مياه الري بتركيز من 1 الى 5 مليغرام في اللتر من المادة الفعالة و ذلك لمدة 15 يوما او بعد كل عملية ري.

**ملاحظة :**

يجب ان لا يتعدى تركيز ماء الجفال في مياه الري 50 مليغرام من المادة الفعالة في اللتر لأنه مضر بالنباتات.

تنظيف الشبكة من الأملاح المعدنية بالحامض الفوسفوري

تنظيف الشبكة بماء الجفال

# B-2 Manual for Maintenance of Water Supplies

وزارة الفلاحة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع النهوض بالمناطق
السقوية بالشمال الغربي
(DPINT)

# دليل صيانة التجهيزات المائية تحت تصرف مجامع التنمية

مقدمة:

هذا الدليل أنجز في إطار مهمة دراسة ديمومة المنطقتين السقويتين بنفزة من ولاية باجة وفرنانة من ولاية جندوبة SAPS الممولتين من طرف البنك الياباني للتعاون الدولي.

و يهدف إلى تنمية وتطوير مهارات و كفاءات أعضاء مجالس إدارة المجامع ذات المصلحة المشتركة على القيام بعمليات المراقبة و أشغال الصيانة الواجبة لديمومة المنشآت المائية التي تحت تصرفها.

وقد تمت مراجعة الوثائق والأدلة المتعلقة بعمليات مراقبة وصيانة المنشآت المائية التي أعدتها الإدارة العامة للهندسة الريفية واستغلال المياه بالتعاون مع مكاتب الدراسات الخاصة والاستئناس بها لإعداد هذا الدليل.

ويحتوي هذا الدليل على:

- وثائق مكتسبة تم إعدادها في إطار مشاريع سابقة أدخلت عليها بعض التحويرات لجعلها تتلاءم مع خصائص ومتطلبات مجامع الري بالمناطق المعنية.
- وثائق جديدة تم إعدادها في إطار هذا المشروع

**مكونات النظام المائي تحت تصرف المجامع المائية:**

- حنفيات الريles bornes d´irrigation
- قنوات البوليتلان و الذي يتراوح قطرها بين 63 مم و 315 مم.
- العدادات les compteurs
- السكور les vannes
- المنافس les ventouses
- المصفاة les boites ā boue



**الصيانة نوعان :**

- ***صيانة وقائية*** تقوم على مبدأ التدخل المبرمج والشامل للنظام المائي وذلك بصفة دورية
- ***صيانة علاجية*** تقوم على مبدأ التدخل ألظرفي اثر معاينة سير غير عادي للنظام المائي

ولمتابعة حسن تنفيذ مختلف عمليات الصيانة **الوقائية** و **العلاجية** يتولى أعضاء المجمع و المدير الفني :

- إعداد برنامج سنوي لصيانة أجهزة النظام المائي
- القيام بالمراقبة الدورية للأجهزة
- توفير ما يلزم من قطع غيار وأدوات الصيانة
- تعيين حراس أنظمة مائية وتكوينهم في مجال صيانة النظام المائي



## حنفيات الري

## عمليات صيانة الحنفية و دوريتها

| نوع عمليات الصيانة | الدورية | المنفذ | اللوازم الضرورية |
|---|---|---|---|
| مبنى المنشات | مرة كل 3 أشهر | المجمع | أدوات التنظيف |
| الباب الحديدي مع التغيير في حالة تآكل | مرة كل السنة | حداد | شحم + مفاصل +لوالب |
| دهن الباب الحديدي من الداخل والخارج | مرة كل سنتان | حداد | أدوات دهن دهن |



## قنوات البوليتلان
## LES CONDUITES PEhd

تعتبر شبكة القنوات المخصصة لتوزيع مياه الري جزءا أساسيا من النظام المائي , وهي مكونة من قنوات البوليتلان يتراوح قطرها من 63 مم إلى 315 مم، تمر عبر خنادق تنجز للغرض وتعبر بعض المسالك الفلاحية والأودية وأماكن مهددة بالانجراف لتمثل بذلك نقاط ضعف بالشبكة.

لذا يجب القيام بعمليات تفقد دورية لمراقبة حالة الشبكة المائية وخاصة على مستوى النقاط الضعيفة. وفي حالة ملاحظة ضياع للماء يجب إعلام فريق الصيانة لإصلاح العطب في أسرع الأوقات لتجنب هدر وضياع المياه.



## المنافس
## Les Ventouses

تلعب المنافس دورا هاما للحفاظ على سلامة القنوات و ذلك بخروج الهواء على مستوى les points hauts و يتكون المنفس من:

**الكرة، المقعد وفتوحات مخارج الماء والهواء**



## فتح المنافس

| نوع عمليات الصيانة | الدورية | المنفذ | اللوازم الضرورية |
|---|---|---|---|
| تنظيف الكرة , المقعد وفتوحات مخارج الماء والهواء | مرة كل السنة | المجمع | صندوق مفاتيح وصل منافس |
| تنظيف الوصل(Joints) مع تغييرها إن تآكلت | مرة كل السنة | المجمع | وصل الإبدال |
| دهن المنفس و لوازمه مع تغيير المحازق (Boulons)إن تآكلت | مرة كل السنة | المجمع | أدوات دهن دهن المحازق |

**نصيحة :**
اثر الانتهاء من عمليات صيانة المنفس وقبل استخدامه يجب استخراج الماء المتسخ من مقعد المنفس



## السكور
## Les vannes

تقوم السكور بفتح وغلق الدفق في القنوات وتتكون من:

- مقود
- عازل
- محازق

| نوع عمليات الصيانة | الدورية | المنفذ | اللوازم الضرورية |
|---|---|---|---|
| تنظيف ودهن السكر مع القطع الخاص | مرة كل السنة | المجمع | فرشة , دهن |
| تسريح السكر وتنظيف من الداخل في حالة عدم دورانه | حال جموده | ميكانيكي | سائل تسريح صندوق مفاتيح |
| دهن محازق شد السكر وتغييرهم في حالة انعدامهم | مرة كل السنة | المجمع | دهن ضد الصدأ صندوق مفاتيح محازق |



## العدادات
## Les compteurs

العدادات هم آلات ميكانيكية لقيس دفق المياه المار بالقنوات تحت الضغط وتمكن المجمع من فوترة الكميات الحقيقية المستعملة لري الضيعة

## المصفات

تلعب المصفاة دورا هاما للحفاظ على سلامة العدادات و ذلك بلعب دور الحاجز لمرور العوالق .

تتكون من غربال وآلات خاصة ويتم مراقبتها لتنظيفها عند الانسداد.

# نصائح عامة

## لمتابعة حسن استغلال وصيانة التجهيزات المائية

في مجال متابعة استغلال وصيانة التجهيزات المائية للمجمع يتولى رئيس مجلس الإدارة بالتعاون مع المدير الفني :

- تحديد برنامج توزيع المياه
- السهر على التوزيع العادل للماء بين المنتفعين
- توفير المعدات الضرورية لتسيير وصيانة التجهيزات الهدروميكانكية
- مراقبة سلامة التجهيزات وممتلكات المجمع (حسب البرنامج الوقائي المعد للغرض)
- الإطلاع بصفة دورية على دفتر متابعة محطة الضخ وإمضائه
- متابعة أعمال أعوان توزيع المياه والتثبت من مدى حسن أدائهم لمهامهم والتشاور مع المدير الفني عند الاقتضاء
- مراقبة سلامة البينة المحيطة بنقاط توزيع الماء
- حل المشاكل الفنية للمجمع
- مراقبة أعمال الصيانة وغيرها المنجزة من طرف الخواص أو الإدارة
- مراقبة مقتنيات المجمع من قطع الغيار اللازمة وغيرها وجرده

**المراقبة الدورية للشبكة وتفقد التجهيزات والمنشات التابعة لها :**

تعتبر شبكة القنوات المخصص لتوزيع الماء جزءا أساسيا من النظام المائي , لذا يجب مراقبتها وصياتها بصفة دورية وتشمل مراقبة مختلف عناصر شبكة النظام المائي :

- مراقبة القنوات ومنشات التفريغ ومنشات الحماية والتأكد من عدم وجود مياه راكدة فيها .
- مراقبة حالة المنافس والصمامات والساكورات والعدادات .
- مراقبة نقاط توزيع الماء (حالة البناءات والحنفيات والعدادات ) والتأكد من عدم وجود مياه راكدة فيها أو حولها
- مراقبة حسن اشتغال العدادات على مستوى نقاط التوزيع .
- فتح وغلق السكورات مرة كل شهر للتفادي تراكم الصدأ مما ينجر عنه تآكلها.
- مراقبة حالة المسالك الفلاحية .



- مراقبة حالة شبكات الصرف.
- مراقبة حسن اشتغال آليات الحماية والمراقبة (المنافس )..
- المبادرة بقطع الماء من المكان المناسب عند حدوث كسر في القنوات

للمحافظة على الماء يجب على الموزع إذا لاحظ تغييرا للتدفق أو للضغط عند نقاط التوزيع أن يقوم بتفقد الشبكة ويبادر بقطع الماء من اقرب نقطة ويقوم بإعلام:

- العضو المكلف بالصيانة والاستغلال أو المدير الفني أو رئيس المجمع قصد اتخاذ الإجراءات اللازمة ( إعلام المندوبية الجهوية للتنمية الفلاحية وبرمجة عملية التدخل والإصلاح مع المصلحة المختصة أو شركات المناولة )
- إبلاغ الفلاحين المعنيين بقطع الماء وكذلك بالموعد القادم للتزود بالماء

وحتى تتمكن مصالح المندوبية أو شركة المناولة من التدخل في أسرع الآجال يجب على الموزع أن يمد العضو المكلف بالصيانة ورئيس مجلس الإدارة بكافة المعطيات حول العطب ( قطر ونوع القنوات, نوع ومكان العطب ...)الذي بدوره يمد مصالح المندوبية أو شركة المناولة.

**إعلام العضو المشرف على الاستغلال والصيانة أو رئيس المجمع بالوضع الفني لتجهيزات الشبكة ومنشاتها :**

تعتبر مهمة حفظ التجهيزات والبناءات التابعة للنظام المائي ( الخزان , القنوات , نقاط التوزيع , المسالك الفلاحية ....) ومراقبتها من المهام الأساسية لموزع الماء لذلك يجب على موزع الماء أن يقوم بعمليات دورية وذلك مرة كل ستة اشهر على الأقل لكل منشات الشبكة وعلى اثر القيام بهذه العملية يمد الموزع مجلس إدارة المجمع بتقرير يبين فيه حالة المنشات وكذلك العمليات التي يجب القيام بها لتحسين مردو دية النظام المائي وتلافي ضياع للماء ونذكر بالخصوص

- حالة نقاط التوزيع والتفريغ وحالة الأبواب
- حالة القنوات التفريغ والمنافس
- حالة تجهيزات نقاط التوزيع ( العدادات , السكورات , معدل الدفق ..)
- حالة شبكات الصرف وحالة المسالك الفلاحية ومصدات الرياح
- حالة قنوات التوزيع.

**إنجاز عمليات الصيانة :**

يجب على موزع الماء أن يقوم ب :

- دهن نقاط التوزيع والتفريغ ودهن الأبواب .
- تنظيف وتفريغ نقاط التوزيع من الأتربة والمياه المتراكمة داخلها
- مراقبة حالة السكورات وإبدالها لتفادي ضياع الماء
- مراقبة حالة المنافس وإصلاحها أو إبدالها
- المساهمة في تنظيف نشعيات الصرف
- المساهمة في تعهد المسالك الفلاحية

# B-3 Handbook for Cultivation of Melon and Water Melon

وزارة الفلاحة والبيئة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع تنمية المناطق السقوية
بالشمال التونسي
(DPINT)

# زراعة الدلاع والبطيخ

**نشرية موجهة خاصة إلى فلاحي**
**المناطق السقوية بالشمال التونسي**

**نوفمبر 2012**





**مقدمة:**

أعدت هذه النشرية لفائدة فلاحي المناطق السقوية بسجنان و نفزة وفرنانة، وذلك في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بالشمال التونسي (DPINT). وقد اعتمدنا في تحديد محتواها جزئيا على وثيقة قديمة صادرة عن وكالة الإرشاد والتكوين الفلاحي.وقد بادرنا في إعداد هذه النشرية بتحيين الوثيقة المشار إليها وإثرائها بنتائج الزراعة لهذا الصنف بمناطق سجنان وفرنانة ونفزة ضمن المشروع المشار إليه أعلاه وببعض المعطيات والملاحظات التي استقيناها عن طريق الأنترنات.

ينتمي صنفي الدلاع و البطيخ إلى نفس العائلة النباتية وهي عائلة القرعيات التي تعد أيضا الفقوس والقرع والتي لا يمكن أن تتوالى على نفس قطعة الأرض في نطاق التداول الزراعي قبل مرور 3 أو 4 سنوات لتفادي الانخفاض السريع لخصوبة التربة.

**التربة**

- ينمو الدلاع والبطيخ بجميع أنواع التربة شريطة أن تكون نفاذة للمياه، ولكنهما يفضلان الأراضي الطمية العميقة والغنية بالمواد العضوية.
- يخشيان الأراضي المالحة.

**تحضير الأرض**

تكتسي عملية تحضير الأرض أهمية بالغة لتفادي ضياع المشاتل عند الغراسة و لتوفير ظروف مناسبة لنمو الجذور والنبتة بصفة عامة.

- حراثة أولى على عمق 25 إلى 30 سنتمتر ضرورية خاصة وأن أغلب الأراضي طينية (تل) لاتوفر أرضية سهلة لنمو الجذور.
- إعادة الحراثة بالعدد الكافي بالتقاطع (3 أو 4 مرات) لتكسير الطوب والقضاء على الأعشاب الطفيلية والحصول على مهد ناعم تسهل فيه عملية الغراسة

**التسميد**

**1) التسميد العضوي**

- السماد العضوي (غبار) مفيد للزراعة مهما كانت نوعية التربة ولا يمكن تعويضه كليا بالأسمدة المعدنية. يجب أن يكون تام النضج (أي "ميت") عند ردمه بالتربة.
- يمكن من المحافظة على خصوبة التربة ويضمن بالتالي ديمومة الأستغلال للأراضي السقوية.
- يساهم بقدر كبير في تحسين جودة الثمار.
- يسمح بالاقتصاد في مصاريف الأسمدة، إذ أن 10 أطنان من السماد العضوي الجيد (شاحنتان) تحتوي على ما يعادل : **150 كغ** أمنيتر- **70 كغ** سوبر 45 - **100 كغ** سلفاط البوطاس والتي تقدر قيمتها الجملية ب 200 دينار حسب الأسعار الفردية لسنة 2012.
- يقدم بمقدار 20 إلى 30 طن\هك على كامل الأرض 2 إلى 3 أشهر قبل الغراسة.
- يجوز تقديمه ايضا بخطوط الغراسة إذا كانت الكمية المتوفرة ضعيفة.



**2) التسميد المعدني**

- قبل الغراسة: تقديم **150 كغ** سوبر45 و **200كغ** سلفاط بوطاس في الهكتار.
- خلال النمو: تقديم بقية الأسمدة مع مياه الري خلال كامل فترة النمو حسب الجدول التالي:

| المواد كغ\المدة | 2 أسابيع بعد الغراسة - عقد أول الثمار | عقد أول الثمار - بداية النضج | بداية النضج - 2 أسابيع قبل نهاية الجني | الكمية الجملية |
|---|---|---|---|---|
| | 3 سابيع | 6 أسابيع | 4 إلى 5 أسابيع | |
| حامض فسفوري | 60 كغ ( 50%) | 60 كغ ( 50%) | - | 120 كغ |
| أمنيتر | 170 كغ (30%) | 250 كغ (40%) | 130 كغ (30%) | 550 كغ |
| نيترات بوطاس | 100 كغ (33%) | 100 كغ (33%) | 100 كغ (33%) | 300 كغ |
| سلفاط منيزيوم | 40 كغ (20%) | 120 كغ (60%) | 40 كغ (20%) | 200 كغ |

ملاحظة: إن المبالغة في استعمال الأسمدة الأزوطية في مرحلة النضج يساهم في انشطار الغلال تماما مثل الري الغير المنتظم.

**الغراسة**

**1) الأصناف:** عديدة ومتنوعة، نقدم فيما يلي أكثرها استغلالا بمنطقة الشمال الغربي.

**أ) أصناف الدلاع:**

- **أصناف مجموعة كريمسن مستطيلة أو بيضاوية الشكل (Crimson allongé) دلتا(Delta)، سنتنال (sentinel)، دومارا(Dumara):**

أصناف ذات ثمار بيضاوية الشكل يبلغ وزنها 12 إلى 15 كغ تمتاز بجهاز خضري كثيف يغطي الثمار جيدا ويقيها أشعة الشمس المباشرة التي يمكن أن تلحق بها أضرارا جسيمة في غياب غشاء واق.

- **أصناف مجموعة كريمسن الدائرية الشكل (Crimson rond).**
  - **كريمسن قلوري(Crimson Glory):** صنف مبكر، ذو إنتاجية عالية لثمار دائرية الشكل تزن 11 إلى 13 كغ بنسبة سكر عالية.
  - **أوركا(Eureka):** صنف مبكر ذو ثمار متجانسة وشبه بيضاوية الشكل، تزن 12إلى 14 كغ وتقاوم النقل جيدا.
  - **بونتا (Bonta):** مبكر أكثر من الصنفين السابقين. يمتاز بجهاز خضري قوي يحمي الثمار جيدا ضد أشعة الشمس وشدة الحرارة بصفة عامة. ثمار دائرية الشكل، متجانسة، تزن 7 إلى 8 كغ وتتحمل النقل.

**ب) أصناف البطيخ:**

- **أصناف مجموعة الأنناص (Ananas d'Amérique)**
  - **أفاميا(Afamia)، تروبيقولد (Tropigold)، شايزر (Chaizer)، بدر، نادر كلها** أصناف بدرية ذات إنتاجية طيبة، محبذة لدى المستهلك التونسي غير أنها تخشى شدة الحرارة وكثرة الرطوبة قرب الثمار. لذا:



- يجب غراستها بمناطق الشمال الغربي في بداية شهر ماي ليتم الجني خلال شهر جويلية، مع الحرص على وقاية الثمار من أشعة الشمس إذا لم يكن الجهاز الخضري كافيا لذلك.
- استعمال غشاء بلاستيكي فوق سطح الأرض عند الغراسة.

- **أصناف مجموعة أصفر كناري (Jaune canari)**
  - أصناف شمس، ناستا(Nesta)، قولدماين (Goldmine)، دلأورو(Del Oro) هي الأكثر انشارا بمنطقة نفزة وفرنانة.

تتميز كل هذه الأصناف بقشرة صلبة تجعلها تتحمل النقل وأشعة الشمس القوية ولكن إنتاجيتها في المقابل لا تبلغ مستوى أصناف المجموعة السابقة.

- **صنف البطيخ الأبيض: بارفكتو برانكو (Perfecto Branko)**

صنف تركي الأصل، انتشر بسرعة منذ دخوله إلى تونس سنة 2006. يمتاز بإنتاجيته العالية وحجم ثماره الكبير، محبذ لدى المستهلك.

**ت) نوعية الغرس (الشتلات)**

- نظرا لوجود مرض الفيزاريوم (Fusarium) المنشر بكافة المناطق السقوية بالشمال التونسي والذي أحدث أضرارا جسيمة بحقول الدلاع بسجنان خلال صائفة 2012، ونظرا لعد وجود أي علاج غير المقاومة الذاتية، وجب الإلجاء إلى المشاتل المطعمة (مركبة أو ملقمة حسب التسميات المحلية) على بعض أصناف القرع التي تقاوم هذا المرض، والتي تنتج بمنابت مختصة تماما كما هو الشأن بقطاع الأشجار المثمرة.

*غرس بطيخ مطعم مباشرة قبل تثبيته بالتربة*

- تمتاز المشاتل المطعمة، بالإضافة إلى مقاومتها لمرض الفيزاريوم، بجذور قوية تسمح باستغلال نسبة أكبر من المواد الغذائية المحتوية بالتربة وبالتالي بإعطاء إنتاج أوفر مقارنة مع المشاتل العادية الغير مطعمة.

**2) موعد الغراسة**

نظرا لخصوصيات الطقس بمناطق الشمال الغربي تبدأ الغراسة في منتصف شهر أفريل إلى منتصف شهر ماي تماما مثل بقية الخضر الصيفية. وكل تأخير ينجر عنه نقص في الإنتاج بالإضافة إلى ما قد يحدث من خسارة نتيجة موجات الحر الشديد التي كثيرا ما تسود منطقة الشمال الغربي خلال شهر أوت من كل سنة.

**3) كثافة وكيفية الغراسة**

- تتم الغراسة حسب خطوط منفردة باعتماد مسافة 3 أمتار بين الخطوط و1,2متربين النباتات على الخط الواحد (1,2 x 3) مما يعطي كثافة 2780 نبتة في الهكتار.
- الاحتياط عند الغراسة إلى عدم ردم نقطة التطعيم (أو التركيب) بالتراب فتصبح الشتلة عرضة للمرض كما لو لم تكن مطعمة بتاتا.
- عدم تقريب القطارات من الشتلات الفتية و تجنب إغراقها بالماء حتى لا تختنق الجذور وتجد الهواء الكافي بالتربة الذي يساعدها على النمو.

مشهد حقل بطيخ مباشرة قبل الغراسة

غراسة شتلة بطيخ دون ردم نقطة التطعيم

**4) وضع غشاء من البلاستيك الأسود**(Paillage plastique)

**أ) كيفية تثبيت الغشاء**

**ب)**

- يتم وضع هذا الغشاء قبل الغراسة مباشرة بعد الانتهاءالتام من تحضير الأرض ووضع الأسمدة القاعدية العضوية منها والكيميائية على كامل مساحة الأرض أو بخطوط الغراسة ومد تجهيزات الري بالتنقيط والتثبيت من حسن اشتغالها.
- يوضع الغشاء مباشرة فوق سطح الأرض ويشد بالتراب من النواحي الجانبية.
- عند الغراسة يتم إحداث ثقب بواسطة حديد مستدير الشكل في الأماكن المعينة للغراسة.

**ت) فوائدهذا الغشاء**

- نقص التبخر ليمكن تـزويد النبتة بـــالماء بصفة شبه مسترسلة فيتحسّن نموهـــا وإنتاجها.
- الحفـــاظ على تركيبة التربة (Préservation de la structure du sol) مما يمثل أحسن الظروف لنمو الجذور بعيدا عن الاختناق.
- مقـــاومة الأعشـــاب الطفيلية واقتصاد مصاريف مقاومتها يدويا .
- الحصـــول على إنتاج ومبكر.
- اجتناب تعفن الثمار (وخاصة ثمار البطيخ من نوع أفاميا) من جراء مسها للماء أو الأرض المبللة

**ث) الاحتياطات الواجب اتخاذها**

- التخفيض في كمية المياه التي تعطى عادة بسبب انخفاض التبخر.



- الري بانتظام لتفادي الثمار المشوهة التي قد تحدث أيضا لنقص في تلقيح الثمار.
- كثرة الماء مباشرة قبل وأثناء الجني تمنع تكون السكر داخل الثمار.

**5) الحشرات والأمراض الفطرية**

**1) الحشرات**

- **ديدان الأرض:**

- **دودة سلك الحديد**

نظرا لكثرة ديدان الأرض عامة بالجهة وخاصة نوع "دودة سلك الحديد" التي تسبب أضرارا جسيمة على النبتات الفتية، يتحتم مداواة الأرض يومين أو ثلاثة قبل موعد الغراسة بسكب المبيد مع مياه الري أو رشه بحفر الغراسة مباشرة قبل وضع النبتة مكانها.

دودة سلك الحديد

- **الدودة الرمادية**

➢ هذه الدودة هي يرقة فراشة ليلية تقضي النهار داخل الأرض وتخرج في المساء لقطع سيقان الشتلات الفتية على مستوى سطح الأرض متسببة في موتها. وتصيب هذه الديدان أيضا السيقان والأوراق في مرحلة متقدمة للزراعة فتسبب أضرار للجهاز الخضري فتفقد الثمار بالتالي من جودتها.

الدودة الرمادية

➢ **مقاومتها:** يجب مراقبة الزراعة يوميا وبكل دقة. وعند معاينة أول إصابة يجب التدخل بأحد مبيدات الحشرات الموجودة بالأسواق ورشها في المساء لأن اليرقة تخرج لتقتات ليلا، مع الحرص على إزالة كل الأعشاب الطفيلية المتواجدة قرب الزراعة أو مداواتها هي الأخرى لأنها تمثل وكر للحشرات.

- **حشرات الزيلي**

➢ تتسبب حشرات الزيلي التي تعيش في شكل مجموعات على الجهة السفلى للورقة وبالنموات الفتية في أضرار كبيرة إذ تمتص النسغ وتفرز مادة معسلة قبل أن يعم المن الأسود الأوراق التي تتكمش مما ينعكس سلبا على نمو النبتة وبالتالي على الإنتاج بشكل عام

➢ تساعد حشرات الزيلي في نقل وانتشار الأمراض الفيروسية التي لا يوجد لها علاج.

مجموعة حشرات الزيلي على الجهة السفلى للورقة

عينة من الأضرار التي تسببها حشرات الزيلي

➢ **مقاومته:** يجب التدخل عند ظهور أول الحشرات باستعمال أحد مبيدات الحشرات المسوقة وهي عديدة.

- **دعسوقة 12 نقطة أو "فكرون" (Coccinelle à 12 points)**

أضرار الخشرة للأوراق

حشرة الدعسوقة (المنقطة) مع اليرقات

➢ تأخذ حشرة الدعسوقة ويرقاتها مكانها على الأوراق فتنهشها حتى تصبح شفافة. وتصيب الحشرة عنق الورقة والثمار التي تحفر بها أنفاق.

➢ **مقاومتها:** التدخل عند ظهور أول الحشرات باستعمال أحد مبيدات الحشرات التي تباع في الأسواق، وهي نفس المبيدات المستعملة ضد حشرة الزيلي.

**2) القرديات أو" الأكريوسات" (acariens)**

تحتل القرديات، هذه الكائنات الصغيرة، الوجه السفلي للورقة حيث تمتص النسغ وبالتالي تضعف النبتة.



➢ **علامات الإصابة :** يظهر على سطح الأوراق شبه غبار رمادي إلى أصفر بينما يشاهد على الوجه السفلي غشاء رمادي يميل إلى البياض. وباستعمال مكبرة (loupe) يمكن مشاهدة هذا النوع من الحشرات

➢ **طرق المكافحة**

- تجنب الاستعمال المفرط للمبيدات الكيميائية التي تقضي على الحشرات النافعة وتساعد بالتالي في ظهور القرديات.
- استعمال البخارة المائية أو الغبرة بصفة وقائية .
- إذا كانت الإصابة كبيرة يمكن استعمال أحد الأدوية التالية:
  - أومايت (Omite) بحساب 100غ/100 لتر ماء
  - سيزار (César) بحساب 50 غ / 100 لتر ماء
  - مرستان(Morestan)بحساب 50 غ/100 لتر ماء
  - ماجور(Major) بحساب 50 غ/100 لتر ماء
  - بيقازوس(Pegasus 500 SC) بحساب 50 مل/100 لتر ماء

**3) الأمراض الفطرية**

- **البياض الدقيقي أو الجيارة** (Oidium)

ينمو الفطر وتزداد خطورته عندما تشتد الحرارة ( أكثر من 20° مع نسبة رطوبة تبلغ 70% ).

➢ **علامات الإصابة وخطورتها:**

- تظهر على سطح الأوراق بقاع صغيرة بيضاء اللون متفرقة، سرعان ما تحتل كامل الورقة التي تصفر وتجف.
- يمكن أن تتلف الزراعة كليا خلال بضعة أيام في صورة تعرضها لإصابة شديدة.

➢ **طرق المكافحة**

- استعمال البخارة المائية بصفة وقائية أو عندما تكون الإصابة في بدايتها بمقدار 600 غرام/100 لتر ماء.

إذا تطورت الإصابة يمكن استعمال أحد المواد التالية:

- بنلات (Benlate) : 50 غرام/100 لتر ماء.
- مرستان (Morestan):50 غرام/100 لتر ماء والذي له تأثير على القرديات مثل البخارة.
- بالت 44 (Pelt 44):100 غرام/100 لتر ماء.
- توباز(Topaze):100 مل/100 لتر ماء
- متيل تيوفنات (Méthyl thiophanate) 50 غرام/100 لتر ماء.

لحماية الزراعة بصفة ناجعة يتحتم إعادة المداواة كل 10 أيام

- **ملديو القرعيات (Mildiou de Cuba)**

يصيب الفطر الدلاع والبطيخ وغيرهما عندما تكون نسبة الرطوبة عالية والحرارة معتدلة (22 إلى $24^0$)

➢ **علامات الإصابة**

- بروز بقاع خضراء باهتة على الوجه العلوي للأوراق المصابة بينما يغطي غبار رمادي الناحية السفلى للورقة

- مع تطور المرض يصفر لون البقاع ثم يجف
- عندما تكون الظروف ملائمة للمليدو يمكن لهذا المرض أن يسبب إتلاف الزراعة كليا خلال أسبوع.
- تبقى الثمار صغيرة الحجم مختلفة الأشكال وغير قابلة للتسويق

➢ **طرق المكافحة**

- وقائيا يمكن استعمال مادة الريدوميل 250غ/100 لتر ماء
- إذا ظهر المرض ينصح برش أحد المواد التالية:
  - ريدوميلرقولد (Ridomil Gold) بحساب 250غ/100 لتر ماء
  - برنكو 720 (Branko 720 SC)بحساب 250غ/100 لتر ماء
  - أليات أكسبراس (Aliette Express) بحساب 250غ/100 لتر ماء

**4) الاضطرابات الفزيلوجية**

- **التعفن القمي أو "اللسعة" (necrose apicale)**

- يظهر التعفن القمي أسفل الثمار من الناحية المقابلة للقضيب بمزارع الدلاع كما يظهر هذا النوع من التعفن أيضا على ثمار الطماطم والفلفل الذي يصبح اسفلها بني أو أسود اللون.

**التعفن القمي بمختلف الخضروات**



- إن التعفن القمي ليس بالمرض وإنما هو حالة فيزيلوجية تنجر عن نقص في مادة الكلسيوم بمؤخرة الثمار بسبب الري الغير المنتظم الذي يؤثر سلبا على تنقله .
- ويحدث هذا الاضطراب حتى في صورة وجود نسبة عالية من هذه المادة بالتربة أو ببقية أجزاء النبتة من أغصان وأوراق لأن الكلسيوم لا يتنقل بسهولة داخل النبات.
- هناك أيضا عوامل أخرى تسبب نقص الكلسيوم بالثمار كالأمونيتر والبوطاس والمنيزيوم عندما تكون موجودة بنسب عالية بالتربة.

إن التدخل الأنسب لتفادي هذه الظاهرة أو التنقيص منها يكمن في السهر على انتظام الري

- **انشطار أو انفجار الثمار**

- انشطار الثمار عند النضج يحدث أحيانا بسبب اضطراب فزيولوجي تعرفه النبتة بسبب إفراط في كميات الماء و (أو) الأمنيتر التي يقدمها الفلاح خلال هذه الفترة.
- إذا يجب على الفلاح تجنب الري الغزير والإكثار من الأسمدة الأزوطية عند بداية الجني حتى لا يسبب انشطار الثمار وتنقيص نسبة السكر التي تحتويها.

# B-4 Handbook for Cultivation of Tomato

وزارة الفلاحة والبيئة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع تنمية المناطق السقوية
بالشمال التونسي
(DPINT)

# زراعة الطماطم الفصلية

**نشرية موجهة بالخصوص إلى فلاحي**
**المناطق السقوية بالشمال التونسي**

**نوفمبر 2012**





**نشرية فنية حول زراعة الطماطم الفصلية**

**مقدمة:**

أعدت هذه النشرية لفائدة فلاحي المناطق السقوية بسجنان و نفزة وفرنانة، وذلك في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بالشمال التونسي (DPINT). وقد اعتمدنا في تحديد محتواها على النشريات الصادرة عن وكالة الإرشاد والتكوين الفلاحي التي تشتمل أكثر تفاصيل عن الجوانب الفزيلوجية والزراعية. كما حاولنا إثرائها بنتائج الزراعة لهذا الصنف بمنطقتي سجنان وفرنانة ضمن المشروع المشار إليه أعلاه وببعض المعطيات والملاحظات التي استقيناها عن طريق الأنترنات.

تنتمي الطماطم إلى عائلة الباذنجانيات التي تعد أيضا الفلفل والبطاطا والتبغ والباذنجان والتي لا يمكن أن تتوالى على نفس قطعة الأرض قبل مرور 3 أو 4 سنوات.

**التربة**

- تنمو الطماطم بجميع أنواع التربة لكنها تحبذ الأراضي الطمية الغنية بالمواد العضوية.
- كما تنمو كذلك جيدا بالأراضي الطينية (التل) التي يسهل فيها تصريف المياه مع ضرورة القيام بحراثة عميقة (25 إلى 30 سنتمتر) عند تحضير الأرض لتمكين الجذور من النمو في العمق.

**الحرارة**

- تنمو الطماطم في سلم حراري يتراوح بين 13 و 30 درجة.
- النمو الأفضل يتم عندما تكون الحرارة في مستوى 22 إلى 24 درجة.
- يتوقف النمو عندما تفوق الحرارة 33 درجة، وتطرح الأزهار عند تجاوزها 38 درجة.
- للتخفيف من وطئة الحرارة الشديدة ورياح الشهيلي على الزراعة يجب الترفيع في كميات مياه الري حتى يكون سطح الأرض حول النبتة مبللا.

**تحضير الأرض**

تكتسي عملية تحضير الأرض أهمية بالغة لتفادي ضياع المشاتل عند الغراسة و لتوفير ظروف مناسبة لنمو الجذور والنبتة بصفة عامة.

- حراثة أولى على عمق 25 إلى 30 سنتمتر ضرورية خاصة وأن أغلب الأراضي طينية (تل) لاتوفر أرضية سهلة لنمو الجذور.
- إعادة الحراثة بالعدد الكافي بالتقاطع (3 أو 4 مرات) لتكسير الطوب والقضاء على الأعشاب الطفيلية والحصول على مهد ناعم تسهل فيه عملية الغراسة.

**التسميد**

**1) التسميد العضوي**

- السماد العضوي (غبار) مفيد للزراعة مهما كانت نوعية التربة ولا يمكن تعويضه كليا بالأسمدة المعدنية.
- يمكن من المحافظة على خصوبة التربة ويضمن بالتالي ديمومة الأستغلال للأراضي السقوية.
- يسمح بالاقتصاد في مصاريف الأسمدة، إذ أن 10 أطنان من السماد العضوي الجيد (شاحنتان) تحتوي على ما يعادل : **150 كغ** أمنيتر- **70 كغ** سوبر 45 - **100 كغ** سلفاط البوطاس والتي تقدر قيمتها الجملية ب 200 دينار حسب الأسعار الفردية لسنة 2012.
- يقدم بمقدار 20 إلى 30 طن\هك على كامل الأرض 2 إلى 3 أشهر قبل الغراسة.



- يجوز تقديمه ايضا بخطوط الغراسة إذا كانت الكمية المتوفرة ضعيفة.

**2) التسميد المعدني**

- قبل الغراسة: تقديم **150 كغ** سوبر45 و **200كغ** سلفاط بوطاس في الهكتار.
- خلال النمو: تقديم بقية الأسمدة مع مياه الري خلال كامل فترة النمو حسب الجدول التالي:

| المواد كغ\المدة | 2 أسابيع بعد الغراسة - عقد أول الثمار | عقد أول الثمار - بداية النضج | بداية النضج - 2 أسابيع قبل نهاية الجني | الكمية الجملية |
|---|---|---|---|---|
| | 3 سابيع | 6 أسابيع | 4 إلى 5 أسابيع | |
| حامض فسفوري | 60 كغ ( 50%) | 60 كغ ( 50%) | - | 120 كغ |
| أمنيتر | 170 كغ (30%) | 300 كغ (55%) | 80kg (15%) | 550 كغ |
| نيترات بوطاس | 50 كغ (20%) | 150 كغ (60%) | 50 كغ (20%) | 250 كغ |
| سلفاط منيزيوم | 40 كغ (20%) | 120 كغ (60%) | 40 كغ (20%) | 200 كغ |

**الغراسة**

**1) الأصناف**

أصناف الطماطم الفصلية عديدة وتتنوع حسب مستوى التبكير وشكل الثمار والقدرة على مقاومة بعض الأمراض إلخ...ونذكر فيما يلي أكثر الأصناف تداولا بالجهة والتي أعطت نتائج مرضية:

- هانتز 61 (Heinz)
- فيرنتزي (Firenze)
- شمس (Shems)
- فرسكو (Fresco)

**2) موعد الغراسة**

- نظرا لخصوصيات الطقس بمناطق الشمال الغربي تبدأ الغراسة في منتصف شهر أفريل إلى منتصف شهر ماي.
- ويمكن أن تتواصل حتى نهاية ماي، إلا أن ذلك سيؤثر سلبا على الإنتاج حيث أن حرارة الصيف تسبب عدم عقد جزء كبير من الأزهار وسقوطها.

**3) كيفية وكثافة الغراسة**

تتم الغراسة حسب خطوط مزدوجة أو منفردة:

- في صورة اختيار الخطوط المزدوجة، يمكن اعتماد مسافة 40 سنتمتر بين النباتات و متر ونصف (1,5) بين الخطوط ( 1,5 x 0,40) ، مع الحرص على أن لا تكون النبتات على الخط المزدوج متقابلة، مما يعطي كثافة 33500 نبتة في الهكتار.
- في صورة اختيار الخطوط المنفردة، يمكن اعتماد مسافة 33 سنتمتر بين النباتات و متر (1 متر) بين الخطوط (1 x 0,33) مما يعطي كثافة 33000 نبتة في الهكتار.

غراسة طماطم على خطوط منفردة

**نظرا لكثرة ديدان الأرض بالجهة وخاصة نوع "دودة سلك الحديد" التي تسبب أضرارا جسيمة على النبتات الفتية، يتحتم مداواة الأرض يومين أو ثلاثة قبل موعد الغراسة بسكب المبيد مع مياه الري أو رشه بحفر الغراسة مباشرة قبل وضع النبتة مكانها.**

**الحشرات والأمراض الفطرية**

نتعرض هنا بالخصوص إلى الأمراض والحشرات التي ظهرت بمزارع الطماطم بفرنانة وسجنان خلال موسم 2012

**1) الحشرات**

- **ديدان الأرض:**

- **دودة سلك الحديد**

نظرا لكثرة ديدان الأرض عامة بالجهة وخاصة نوع "دودة سلك الحديد" التي تسبب أضرارا جسيمة على النبتات الفتية، يتحتم مداواة الأرض يومين أو ثلاثة قبل موعد الغراسة بسكب المبيد مع مياه الري أو رشه بحفر الغراسة مباشرة قبل وضع النبتة مكانها.

دودة سلك الحديد

- **الدودة الرمادية**

هذه الدودة هي يرقة فراشة ليلية تقضي النهار داخل الأرض وتخرج في المساء لقطع سيقان الشتلات الفتية على مستوى سطح الأرض متسببة في موتها. وتصيب هذه الديدان أيضا السيقان والأوراق والثمار في مرحلة متقدمة للزراعة فتسبب أضرار للجهاز الخضري و للثمار التي تتعفن وتصبح غير صالحة للتسويق.

السيقان المصابة تظهر عليها مساحة لامعة، أما الثمار فتأخذ نفس اللون الرمادي وتصبح صلبة وتتشقق.

ب) طرق المعالجة

- استعمال البخارة (غبرة أو مائية) بصفة وقائية عند اشتداد الحرارة يمنع الانتشار الخطير للقرديات التي يمكن أن تهلك صابة بأكملها. تتم المداواة في المساء أو الصباح الباكر.
- وإذا كانت الإصابة شديدة وجب التدخل بأحد الأدوية المركبة ونذكر على سبيل المثال:

أمبوكس (Ambox) ---------- : 150 – 200 غ / 100 لتر ماء
سيزار (César):---------- 50 غ / 100 لتر ماء
فرمتاك (Vermitec) ---------- 50 مل / 100 لتر ماء:

**2) الأمراض الفطرية**

**أ) الميلديو**

يصيب مرض الميلديو الطماطم تماما مثلما يصيب البطاطا وهي أصناف تنتمي إلى نفس العائلة النباتية.

**العوامل المناخية التي تساعد على ظهور الميلديو**

- نسبة رطوبة تفوق80% ومتواصلة لمدة 12 ساعة. وتحصل هذه الظروف عندما يكون الطقس ممطرا أو عند الري بالرش وتقديم كميات كبيرة من الماء.
- درجة حرارة متراوحة بين 16 و 20 درجة مائوية.
- **أما إذا** كان الطقس حار (حوالي $30^{o}$) والرياح قوية فإن الانتشار يكون ضعيفا أو يتوقف تماما.

أعـــــراض المرض

- يصيب الميلديو كل أجزاء النبتة من أوراق وسيقان وثمار. تظهر علاماته أولا على الأوراق في شكل بقع زيتية التي تتحول إلى بنية ثم سوداء، ويتكون على الوجه الأسفل للأوراق المصابة غشاء زغبي أبيض.

الدودة الرمادية

آثارها على الأوراق والثمار

- مقاومتها: يجب مراقبة الزراعة يوميا وبكل دقة. وعند معاينة أول إصابة يجب التدخل بأحد مبيدات الحشرات الموجودة بالأسواق ورشها في المساء لأن اليرقة تخرج لتقتات ليلا، مع الحرص على إزالة كل الأعشاب الطفيلية المتواجدة قرب الزراعة أو مداواتها هي الأخرى لأنها تمثل وكر للحشرات.

- **حشرات الزيلي**

- **الأضرار:**

- تتسبب حشرات الزيلي التي تعيش في شكل مجموعات على الجهة السفلى للورقة وبالنموات الفتية في أضرار كبيرة إذ تمتص النسغ وتفرز مادة معسلة قبل أن يعم المن الأسود الأوراق التي تتكمش مما ينعكس سلبا على نمو النبتة وبالتالي على الإنتاج بشكل عام.

- وتساعد حشرات الزيلي في نقل وانتشار الأمراض الفيروسية التي لا يوجد لها علاج.

- طرق المعالجة

- إزالة كل الأعشاب الطفيلية داخل وحول حقل الطماطم.
- مراقبة الزراعة بصفة دقيقة والتدخل عند مشاهدة أول الحشرات على الأوراق باستعمال أحد المبيدات المتعددة.

- **القرديـــات أو الأكريوس البرنزي**

أ) علامات الإصابة

قرديات الطماطم هي كائنات صغيرة جدا، لا يمكن مشاهدتها بالعين المجردة، تظهر بمزارع الطماطم عندما يكون الطقس جاف وشديد الحرارة.
تصيب هذه الآفة الأجزاء الخضراء للنبتة وخاصة الأوراق فتمتص النسغ وتفرز مادة تعطي اللون البنفسجي أو البرنزي المميز لهذه الإصابة. تلتوي الأوراق المصابة وتجف ثم تسقط.



**أسبابه** : يتسبب في هذا المرض مجموعة من الفطريات التي تصيب عادة الطماطم بالمنبت أو بعد نقلها للحقل إن وجد الفطر الظروف الملائمة( حرارة منخفضة بالتربة-10 إلى 12 درجة- مع رطوبة عالية) ولكنها تصيب أيضا الزراعة في مرحلة النمو إذا كانت الرطوبة عالية بالتربة والحرارة مرتفعة.

**علاماته:** ذبول مفاجأ للنبتة مع تعفن الجذور والساق في مستوى الأرض.

طـــرق المكافحة:

- اجتناب كثافة زراعية عالية.
- اجتناب الأراضي التي تركد فيها المياه ولا تصرف بسهولة
- المداواة الكيماوية باستعمال المواد النحاسية أو مواد المانياب والزينياب.

**الجني**

نظرا لكون إنتاج الطماطم بمناطق الشمال الغربي يوجه إلى التحويل وإلى للاستهلاك الطازج معا، فإن عملية الجني تتم على مراحل من بداية النضج إلى نهايته. لذا يجب العمل بحذر شديد عند الجني حتى لا يداس الجهاز الخضري أو الثمار التي لا تزال في مرحلة النضج.

جني ثمار الطماطم الطازجة عند بداية النضج يتم بحذر

- تظهر إصابات الميلديو أيضا على السيقان و الثمار التي تأخذ لونا بنيا يبلغ قلب الثمرة التي تبقى صلبة.

- ينتشر المرض داخل الحقل أو من حقل لآخر بواسطة بذور الفطر التي تنقلها الرياح خاصة بالمناطق التي تكثر فيها زراعة الطماطم والبطاطا وعندما تكون الظروف ملائمة.

طـــرق المكافحة

- إبعاد زراعة الطماطم عن قطع البطاطا التي تكون مصدر انتشار الفطر.
- احترام التداول الزراعي باجتناب عودة الطماطم أو أحد أصناف عائلة الباذنجانيات الأخرى إلى نفس قطعة الأرض قبل 3 أو 4 سنوات.
- تجنب استعمال طريقة الري بالرش لما توفره من رطوبة تساعد علي نمو المرض و انتشاره.
- جمع و إتلاف بقايا نباتات الطماطم المصابة أثناء الزراعة و بعدها .
- القيام بالمداواة الوقائية كلما توفرت العوامل المناخية التي تساعد ظهور وانتشار الميلديو باستعمال أحد المبيدات المتعددة الموجودة بالسوق مثل:

| | | |
|---|---|---|
| أنتيور | ( Anteor) | : 250 غ / 100 لتر ماء |
| مانات 80 | ( Manate 80) | : 250 غ / 100 لتر ماء |
| مانياب | ( Manèbe) | : 250 غ / 100 لتر ماء |
| كيبروزون | (Cuprosan 311 SD ) | : 400 غ / 100 لتر ماء |
| بالتار | (Peltar) | : 250 غ / 100 لتر ماء |
| ديثان | ( Dithane) | : 250 غ / 100 لتر ماء |
| ريدميل | ( Ridomil) | : 250 غ / 100 لتر ماء |

مع الحرص عند اتدخل على التداول باستعمال مختلف عائلات المبيدات المصادق عليها.

**ب) تعفن الجذور وعنق النبتة (.Pythium spp)**

# B-5 Handbook for Cultivation of Pepper

وزارة الفلاحة والبيئة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع تنمية المناطق السقوية
بالشمال التونسي
(DPINT)

# زراعة الفلفل الفصلي

نشرية موجهة خاصة إلى فلاحي
المناطق السقوية بالشمال التونسي

**نوفمبر 2012**



**نشرية فنية حول زراعة الطماطم الفصلية**

**مقدمة:**

أعدت هذه النشرية لفائدة فلاحي المناطق السقوية بسجنان و نفزة وفرنانة، وذلك في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بالشمال التونسي (DPINT). وقد اعتمدنا في تحديد محتواها جزئيا على الوثيقة الصادرة عن وكالة الإرشاد والتكوين الفلاحي التي تجمع بين الزراعات البدرية والفصلية. حاولنا تحيين هذه الوثيقة وإثرائها بنتائج الزراعة لهذا الصنف بمنطقتي سجنان وفرنانة ضمن المشروع المشار إليه أعلاه وببعض المعطيات والملاحظات التي استقيناها عن طريق الأنترنات.

ينتمي الفلفل إلى عائلة الباذنجانيات التي تعد أيضا الطماطم والبطاطا والتبغ والباذنجان والتي لا يمكن أن تتوالى على نفس قطعة الأرض قبل مرور 3 أو 4 سنوات.

**التربة**

- ينمو الفلفل تماما مثل الطماطم بجميع أنواع التربة ويحبذ أيضا الأراضي الطمية الغنية بالمواد العضوية.
- كما ينمو كذلك جيدا بالأراضي الطينية (التل) التي يسهل فيها تصريف المياه مع ضرورة القيام بحراثة عميقة (25 إلى 30 سنتمتر) عند تحضير الأرض لتمكين الجذور من النمو في العمق.

**تحضير الأرض**

تكتسي عملية تحضير الأرض أهمية بالغة لتفادي ضياع المشاتل عند الغراسة و لتوفير ظروف مناسبة لنمو الجذور والنبتة بصفة عامة.

- حراثة أولى على عمق 25 إلى 30 سنتمتر ضرورية خاصة وأن أغلب الأراضي طينية (تل) لاتوفر أرضية سهلة لنمو الجذور.
- إعادة الحراثة بالعدد الكافي بالتقاطع (3 أو 4 مرات) لتكسير الطوب والقضاء على الأعشاب الطفيلية والحصول على مهد ناعم تسهل فيه عملية الغراسة

**التسميد**

**1) التسميد العضوي**

- السماد العضوي (غبار) مفيد للزراعة مهما كانت نوعية التربة ولا يمكن تعويضه كليا بالأسمدة المعدنية.
- يمكن من المحافظة على خصوبة التربة ويضمن بالتالي ديمومة الأستغلال للأراضي السقوية.
- يسمح بالاقتصاد في مصاريف الأسمدة، إذ أن 10 أطنان من السماد العضوي الجيد (شاحنتان) تحتوي على ما يعادل : **150 كغ** أمنيتر- **70 كغ** سوبر 45 - **100 كغ** سلفاط البوطاس والتي تقدر قيمتها الجملية ب 200 دينار حسب الأسعار الفردية لسنة 2012.
- يقدم بمقدار 20 إلى 30 طن\هك على كامل الأرض 2 إلى 3 أشهر قبل الغراسة.
- يجوز تقديمه ايضا بخطوط الغراسة إذا كانت الكمية المتوفرة ضعيفة.



**2) التسميد المعدني**

- قبل الغراسة: تقديم **150 كغ** سوبر45 و **200كغ** سلفاط بوطاس في الهكتار.
- خلال النمو: تقديم بقية الأسمدة مع مياه الري خلال كامل فترة النمو حسب الجدول التالي:

| المواد كغ\المدة | 2 أسابيع بعد الغراسة - عقد أول الثمار | عقد أول الثمار - بداية النضج | بداية النضج - 2 أسابيع قبل نهاية الجني | الكمية الجملية |
|---|---|---|---|---|
| | 3 سابيع | 6 أسابيع | 12 إلى 14 أسبوع | |
| حامض فسفوري | 60 كغ ( 50%) | 60 كغ ( 50%) | - | 120 كغ |
| أمنيتر | 170 كغ (30%) | 170 كغ (30%) | 210 كغ(40%) | 550 كغ |
| نيترات بوطاس | 50 كغ (20%) | 100 كغ (40%) | 100 كغ (40%) | 250 كغ |
| سلفاط منيزيوم | 40 كغ (20%) | 60 كغ (30%) | 100 كغ (50%) | 200 كغ |

**الغراسة**

**1) الأصناف**

تختلف الأصناف حسب نسبة الحرارة وحسب قابليتها للتجفيف، نذكر من بينها:

- أناماكس (Anamex): صنف هجين موجه للاستهلاك الطازج، يمتاز بحجم ثماره الكبير وإنتاجيته العالية.
- ساهوارو (Sahuaro): صنف هجين ذو ثمار متوسطة الحجم والحرارة.
- ستارتر (Starter): صنف هجين شديد الحرارة يرغبه بعض من المستهلكين والفلاحين لهذه الصفة.
- الأحمر الطويل العادي (Rouge long ordinaire): هو نوع من الفلفل الحار غير مهجن قابل للاستهلاك الطازج والتجفيف.

كل هذه الأصناف منتجة عن طريق مؤسسات مختصة في إنتاج البذور.

**2) موعد الغراسة**

- نظرا لخصوصيات الطقس بمناطق الشمال الغربي وحاجيات الفلفل المرتفعة من الحرارة تمتد فترة الغراسة من بداية شهر ماي إلى آخره.

**3) كيفية وكثافة الغراسة**

تتم الغراسة حسب خطوط مزدوجة أو منفردة:

- في صورة اختيار الخطوط المزدوجة، يمكن اعتماد مسافة 50 سنتمتر بين النباتات و متر ونصف (1,5) بين الخطوط (1,5 x 0,5) ، مع الحرص على أن لا تكون النبتات على الخط المزدوج متقابلة، مما يعطي كثافة 26670 نبتة في الهكتار.
- في صورة اختيار الخطوط المنفردة، يمكن اعتماد مسافة 40 سنتمتر بين النباتات و متر (1 متر) بين الخطوط (1 x 0,4) مما يعطي كثافة 25000 نبتة في الهكتار.

غراسة فلفل على خطوط مزدوجة

**الحشرات والأمراض الفطرية**

نتعرض هنا بالخصوص إلى الأمراض والحشرات التي ظهرت بمزارع الفلفل بفرنانة وسجنان ونفزة خلال موسم 2012

**1) الحشرات**

- **ديدان الأرض:**

- **دودة سلك الحديد**

نظرا لكثرة ديدان الأرض عامة بالجهة وخاصة نوع "دودة سلك الحديد" التي تسبب أضرارا جسيمة على النبتات الفتية، يتحتم مداواة الأرض يومين أو ثلاثة قبل موعد الغراسة بسكب المبيد مع مياه الري أو رشه بحفر الغراسة مباشرة قبل وضع النبتة مكانها.

دودة سلك الحديد

- **الدودة الرمادية**

هذه الدودة هي برقة فراشة ليلية تقضي النهار داخل الأرض وتخرج في المساء لقطع سيقان الشتلات الفتية على مستوى سطح الأرض متسببة في موتها. وتصيب هذه الديدان أيضا السيقان والأوراق والثمار في مرحلة متقدمة للزراعة فتسبب أضرار للجهاز الخضري و للثمار التي تتعفن وتصبح غير صالحة للتسويق.

الدودة الرمادية

- مقاومتها: يجب مراقبة الزراعة يوميا وبكل دقة. وعند معاينة أول إصابة يجب التدخل بأحد مبيدات الحشرات الموجودة بالأسواق ورشها في المساء لأن البرقة تخرج لتقتات ليلا، مع الحرص على إزالة كل الأعشاب الطفيلية المتواجدة قرب الزراعة أو مداواتها هي الأخرى لأنها تمثل وكر للحشرات.

- **حشرات الزيلي**

- تتسبب حشرات الزيلي التي تعيش في شكل مجموعات على الجهة السفلى للورقة وبالنموات الفتية في أضرار كبيرة إذ تمتص النسغ وتفرز مادة معسلة قبل أن يعم المن الأسود الأوراق التي تتكمش مما ينعكس سلبا على نمو النبتة وبالتالي على الإنتاج بشكل عام
- كما تساعد حشرات الزيلي في نقل وانتشار الأمراض الفيروسية التي لا يوجد لها علاج.

مجموعة من حشرت الزيلي تمتص ورقة فلفل

طرق المعالجة

- إزالة كل الأعشاب الطفيلية داخل وحول حقل الفلفل أو الطماطم.
- مراقبة الزراعة بصفة دقيقة والتدخل عند مشاهدة أول الحشرات على الأوراق باستعمال أحد المبيدات المتعددة.

**2) الأمراض الفطرية**

- **البياض الدقيقي أو الجبارة** (Oidium)

يصيب هذا المرض زراعة الفلفل عند ارتفاع درجات الحرارة.

علامات الإصابة

ظهور غشاء أبيض على الوجه الأسفل للأوراق في بداية الإصابة، ثم مع تقدم المرض تظهر بقع بنية على الوجه العلوي وتصفر الأوراق وتسقط.

علامات البياض الدقيقي على أوراق الفلفل

طـــرق المكافحة

- وقائيا يجب توفير ظروف نمو طيبة لأن المرض يبدأ بالأصول الضعيفة مع تجنب الري بالرش خاصة عند اشتداد الحرارة.
- مادة البخارة (غبرة أو مائية) تسمح بالوقاية من المرض ومعالجته (إن ظهر) بصفة مرضية ولا تشكل خطرا على المحيط، بالإضافة إلى أن لها مفعول على القرديات.

ملاحظة: يمكن أن تسبب البخارة غبرة حروقا على الأوراق إذا استعملت بكمية كبيرة وإذا كان الطقس شديد الحرارة.

- يمكن أيضا استعمال إحدى المواد التجاريةالأخرى:

- ربيقان (Rubigan 12 EC) بمقدار 15 مل\ 100 لتر ماء
- ميثيل تيوفنات(Méthyl thiophanate) بمقدار 100 غرام\ 100 لتر ماء
- بالت 44 (Pelt 44) بمقدار 100 مل\ 100 لتر ماء

- **ملديو الأرضي** (Phytophthora capsici)

يبدو حسب المراجع العلمية أن الفطر يصيب العديد من الأصناف النباتية ولكن أضراره تلاحظ في بلادنا على الفلفل فقط عند ارتفاع درجات الحرارة وعدما تبلغ النبتة مرحلة الإثمار.

علامات الإصابة

- ذبول عام للنبتة في فترة نمو الثمار.
- يأخذ أسفل الساق لونا بنيا فأسود ثم يبلغ قلب الساق.
- تيبس تام للنبتة بثمارها.
- يظهر المرض في البداية على بعض أصول الفلفل بصفة منفردة ثم تمر العدوى إلى الأصول المجاورة فيأخذ شكل بقاع هنا و هناك

إصابة حقل فلفل بنفزة بمرض الملديو  تيبس تام وعام للنبتة

طـــرق المكافحة

عمليا ليس هناك إلا المقاومة الوقائية المرتكزة على الأساليب الزراعية والمتمثلة في:

- احترام التداول الزراعي وذلك بعدم إعادة الفلفل أو أحد الأصناف المنتمية إلى نفس العائلة النباتية بنفس القطعة قبل مرور 3 أو 4 سنوات.
- استعمال طريقة الري بالتنقيط وعدم الإفراط في الري حتى لا ينتقل الفطر مع الماء من نبتة مريضة إلى النبتات السليمة.
- توفير ظروف نمو جيدة للنبتة بتمكينها بما يلزم من عناصر التغذية حتى تتقوى مقاومتها الذاتية للأمراض بصفة عامة.
- **الجني والإنتاج**

تمتد عملية جني الفلفل بمناطق الشمال الغربي من بداية شهر أوت إلى أواخر شهر نوفمبر تقريبا وتتم على 3 إلى 6 مراحل حسب رغبة الفلاح وتوجهه إلى إنتاج الفلفل الأخضر الطازج الموجه مباشرة إلى المستهلك أو الفلفل الأحمر المعد للتجفيف والطحن.

أما الإنتاج فيتراوح عامة بين 15 طن\هك و 30 طن \هك. ونشير للذكر أنه تجاوز 40 طن\هك لدى مزارعين بكل من منطقتي نفزة وفرنانة.

# B-6 Handbook for Cultivation of Sorghum

نشرية فنية حول زراعة الدرع العلفي

**مقدمة:**

أعدت هذه النشرية لفائدة فلاحي المناطق السقوية بسجنان و نفزة وفرنانة، وذلك في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بالشمال التونسي (DPINT). وقد اعتمدنا في تحديد محتواها على النشريات الصادرة عن وكالة الإرشاد والتكوين الفلاحي التي تشمل بأكثر تفاصيل كافة الجهات التونسية، كما حاولنا إثرائها بنتائج الزراعة لهذا الصنف بالمنطقة السقوية بسجنان ضمن المشروع المشار إليه أعلاه وببعض المعطيات والملاحظات التي استقيناها عن طريق الأنترنات.

يمثل الدرع العلفي، المعروف أكثر لدى الفلاحين بالسورقو (Sorgho)، مصدر أساسي للعلف الأخضر في فصل الصيف وبداية الخريف ويساهم بصفة ملحوظة في تحسين إنتاج الحليب. هذا التحسين قدره المربون المنتفعون بقطع مثالية خلال موسم 2012 ب **3 لتر** للبقرة الواحدة في اليوم مقارنة مع إنتاجها قبل إدخال الدرع في الوجبة اليومية.

**تحضير الأرض**

- حراثة أولى على عمق 25 صنتمتر لردم الأسمدة.
- إعادة الحراثة مرتين أو ثلاث لمزيد مزج الأسمدة والحصول على مهد ناعم للبذور.

**التسميد**

- 20 إلى 30 طن من السماد العضوي
- 200 كغ من سوبار الفسفاط (Super 45).
- 100 كغ من سلفاط البوطاس.

تقدم هذه المواد قبل الشروع في تحضير الأرض.

- 400 كغ من مادة الأمونيتر تقدم على النحو التالي:
  - 100 كغ عند البذر أو الإنبات
  - 100 كغ بعد كل حشة

طرح مادة الأمونيتر بعد الحش





# زراعة الدرع العلفي

**نشرية موجهة بالخصوص إلى فلاحي
المناطق السقوية بالشمال التونسي**

**نوفمبر 2012**



**البذر**

- تاريخ البذر: منتصف أفريل إلى بداية ماي .
- الكمية في الهكتار: 25 إلى 30 كغ تبذر على عمق 2 إلى 3 صنتمتر.
- يستحسن استعمال آلة البذر للحصول على خطوط متوازية تبعد 30 إلى 40 صم عن بعضها البعض.

**الأصناف المستعملة:**

- سودان قراس (Sudan grass)
- بيبار(Pipère)
- سوبار قرايزر (Super grazer). وقد أعطى هذا الصنف نتائج طيبة بسجنان خلال موسم 2012 ونال رضا كل الفلاحين الذين استغلوه في نطاق مشروع DPINT

**استغلال الدرع العلفي**

- تفادي الرعي المباشر لاجتناب حالات التسمم والضرر بنمو النبات في نفس الوقت.
- ابتداء عملية الحش عند تجاوز علوّ النبتة 60 إلى 70 صم ويستحسن أن تنتهي قبل ظهور السنابل
- عرض العلف الأخضر للشمس لمدة ساعتين قبل تقديمه للحيوان.

**الإنتاج**

تتراوح إنتاجية الدرع العلفي بين 60 و 120 طن\هك. وقد تم تسجيل 86 طن\هك لدى أحد مربي سجنان التابعين لمشروع DPINT .

# B-7 Handbook for Cultivation of Alfalfa

# زراعة الفصّة

**نشرية موجهة بالخصوص إلى فلاحي**
**المناطق السقوية بالشمال التونسي**

**نوفمبر 2012**





## زراعة الفصة

**مقدمة**

أعدت هذه النشرية لفائدة فلاحي المناطق السقوية بسجنان و نفزة وفرنانة، وذلك في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بالشمال التونسي (DPINT). وقد اعتمدنا في تحديد محتواها على النشريات الصادرة عن وكالة الإرشاد والتكوين الفلاحي والتي تشمل بأكثر تفاصيل كافة الجهات التونسية، كما أخذنا في الإعتبار نتائج الزراعة لهذا الصنف بالمنطقة السقوية بسجنان ضمن المشروع المشار إليه أعلاه.

تنتمي الفصة إلى عائلة البقوليات وهي إذا قادرة على تثبيت الأزوط الهوائي و لا تحتاج بالتالي إلى الأسمدة الأزوطية.

**التربة**

تنمو الفصة جيدا بالأراضي العميقة النفاذة للماء، ولا تنجح زراعتها

- بالأراضي التي تركد بها المياه و لو بصفة مؤقتة حيث تتكاثر الأعشاب الطفيلية وتطغى على
- الزراعة.

نمو صعب للفصة بسبب ركود المياه وكثرة الأعشاب الطفيلية

- الأراضي الحمضية
- الأراضي الرملية الفقيرة الخالية من المواد العضوية.

**تحضير الأرض**

نظرا لصغر حجم بذور الفصة ، تكتسي عملية تحضير الأرض أهمية بالغة حيث يجب على الفلاح السعي للحصول على مهد بذر ناعم ومهوى وذلك ب :



- حراثة متوسطة على عمق 25 صم بمحراث السكة تكون مسبوقة بنثر السماد العضوي (غبار) والفسفاط والبوطاس.
- إعادة الحراثة مرتين أو ثلاثة بالكنديان أو الأفسات مع حراثة أخيرة بآلة الروتوفتور (Rotovateur)

**التسميد**

يتحتم قبل الشروع في الحراثة تقديم الأسمدة بالكيات التالية

- 30 إلى 40 طن\هك من السماد العضوي (غبار),
- 200 كغ\هك من الفسفاط المركز 45%
- 200كغ /هك من سلفاط البوطاس.
- رغم كون الفصة تستعمل الأزوط الهوائي، يستحسن تقديم 50 كغ من مادة الأمنيتر عند الإنبات لمساعدة النبتة على النمو وتثبيت جذورها.

**البذر**

<u>اختيار الأصناف</u>

للحصول على أفضل النتائج،على الفلاح اختيار احد الأصناف المتلائمة مع الظروف المناخية لمنطقة الشمال الغربي، منها:

- سيرفار(Siriver)
- أكواريوس(Aquarius)
- جينزيس(Génésis)
- بروفانس(Provence)

**موعد البذر**

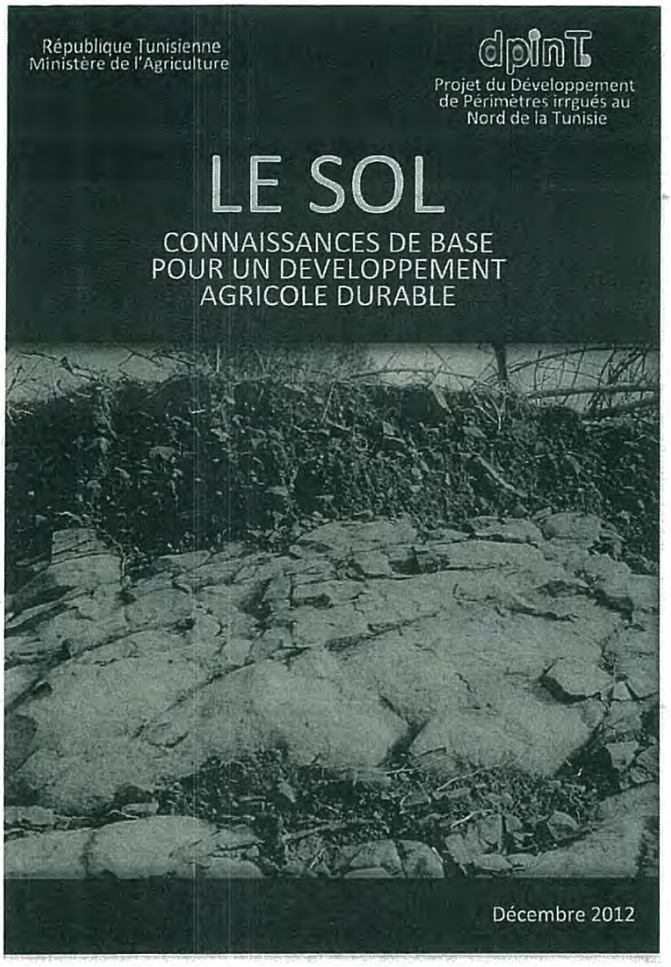
- الزراعة الخريفية تتم خلال شهر سبتمبر، ويستحسن مزج البذور قبل ردمها بالأرض بمخصب بيولوجي (Rhizobium) يساعد النبتة الفتية على تكوين العقيدات لتثبيت الأزوط الهوائي.
- تبذر الفصة بسجنان وبمناطق الشمال الغربي بصفة عامة خلال النصف الثاني من شهر أفريل بمقدار 20 إلى 25 كيلوغرام في الهكتار.
- يتم البذر على أسطر تبعد 17 إلى 25 سنتمتر عن بعضها البعض وذلك باستعمال آلة بذر الحبوب.
- تتبع عملية البذر باستعمال خرباشة خفيفة لتغطية البذور ثم الكركارة(Rouleau) لضمان إنبات جيد.

**استغلال حشيش الفصة**

- تبدأ أول حشة خلال السنة الأولى عند الإزهار حتى تكوّن النبتة مدخرات كافية تمكنها من الديمومة. ثم يتواصل الحش بتواتر متغير حسب الفصول، وفي كل الحالات يتم الحش كلما بلغت النبتة مرحلة بداية الإزهار.

- يبلغ الإنتاج خلال السنة الأولى حوالي 50 طن في الهكتار ثم يصل إلى الضعف (100 طن\هك) خلال السنوات الموالية.
- للإشارة، نذكر أن أحد الفلاحين بمنطقة سجنان كان تحصل في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بشمال البلاد التونسية (DPINT) خلال السنة الأولى(2012) على إنتاج قدر ب 85 طن في الهكتار.

# B-8 Handbook for Sustainable Soil Treatment




## Avant-propos

Ce document a été préparé dans le cadre du Projet de Développement des Périmètres Irrigués au Nord de la Tunisie (dpinT). Son objectif principal est de fournir aux chefs des CTV, CRA et GDA, ingénieurs et techniciens impliqués dans les projets de développement agricole, l'essentiel de connaissances sur les sols en vue de tenir compte de leurs qualités et de leurs déficiences pour assurer une gestion durable des terres mises en valeur.

Nous avons pris soin d'éclairer le technicien sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols qu'il faut analyser sur le terrain et au laboratoire pour bien déterminer la vocation et l'aptitude des terres. Ceci permet à l'agriculteur de bien adapter à chaque type de sol les façons culturales (labours, fumure organique et minérale) et certains aménagements si nécessaires.

Le sol en tant que support et pourvoyeur des éléments nutritifs aux plantes ne doit pas être ignoré pour toute spéculation agricole. Son utilisation doit donc être réalisée selon une optique de prévention et de limitation de toutes les formes de sa dégradation, que celles-ci résultent des actions de l'homme ou de l'évolution naturelle des terres.

La gestion des terres ne peut être menée correctement qu'en connaissant les propriétés intrinsèques du sol, son environnement et sa dynamique actuelle pour adapter toutes les formes d'intervention.

*Notons que les principales données de base ont été inspirées d'une documentation riche et variée. Il s'agit de publications de scientifiques* et chercheurs rassemblées dans le tome 1 du document « techniques agricoles » du « précis de pédologie » de Philippe Duchaufour et du « guide pratique de la fertilisation » par A. Gros.*
*Nous avons accordé une grande importance aux connaissances de base concernant les sols de Tunisie et principalement ceux du nord.*

- S. Henin – J. Herbert – G. Monnier – D. Mériaux – R. Morel - O. Barbier – R. Chaminade – R. Blanchet – J. Keilling – S. Trocme



## SOMMAIRE

**Premier Chapitre : Le concept sol**

1. Définition du concept sol ..... 5
2. L'importance du sol ..... 6
3. Observation du sol par un profil pédologique ..... 7
4. Quelques exemples de sols différents ..... 8

**Deuxième Chapitre : Formation et évolution des sols**

1. Genèse des sols ..... 9
2. Rôle des facteurs de pédogenèse ..... 10
3. Désignation conventionnelle des différents horizons ..... 11

**Troisième Chapitre : Les constituants du sol**

1. Introduction ..... 13
2. Les constituants minéraux ..... 14
3. Les constituants organiques ..... 20

**Quatrième Chapitre : La structure**

1. Introduction ..... 23
2. Définition de la structure ..... 23
3. Différents types de structures ..... 24
4. Rôle de la structure ..... 26
5. Dégradation de la structure – stabilité structurale ..... 26
6. Techniques d'amélioration de la stabilité structurale ..... 28

**Cinquième Chapitre : L'eau et le sol**

1. Introduction ..... 33
2. Etats de l'eau dans le sol ..... 33
3. Pression de l'eau dans le sol : Notion de pF ..... 34
4. Relation entre le pF et le taux d'humidité ..... 35
5. Valeurs caractéristiques du taux d'humidité du sol ..... 36
6. Réserve utile (RU) et réserve facilement utilisable (RFU) de l'eau ..... 38
7. Les mouvements de l'eau dans le sol ..... 39



**Sixième Chapitre : Les caractéristiques chimiques du sol**

1. Les propriétés électroniques du sol ..... 41
2. Les éléments minéraux du sol ..... 42
3. Les lois de l'échange des cations ..... 45
4. Etat des complexes absorbants dans le sol ..... 45

**Septième Chapitre : Bilan de la matière organique**

1. Introduction ..... 47
2. Facteurs de destruction de la matière organique ..... 47
3. Bilan de la matière organique ..... 49

**Huitième Chapitre : Les éléments minéraux fertilisants du sol**

1. Les cations dans le sol ..... 52
2. Les anions ..... 55

**Neuvième Chapitre : Les oligoéléments**

1. Le Fer (Fe) ..... 60
2. Le Manganèse (Mn) ..... 61
3. Le cuivre (Cu) ..... 62
4. Le Zinc (Zn) ..... 63
5. Le Bore (B) ..... 63
6. Le Molybdène (Mo) ..... 64
7. Le Cobalt (Co) ..... 64

**Dixième Chapitre : Diagnostic des sols**

1. Sélection des sols à diagnostiquer ..... 65
2. Description des profils pédologiques ..... 65
3. Interprétation ..... 67

**Onzième Chapitre : Fertilité des sols -- Aptitude culturale**

1. Notion de fertilité ..... 68
2. Appréciation de la fertilité ..... 68
3. Aptitude des sols ..... 72

# LE CONCEPT SOL

## 1. Définition du concept sol

### 1.1 Vision moderne

Le sol est assimilé à une collection de corps naturels occupant une partie de la surface du Globe constituant un milieu de croissance pour les plantes et dont les propriétés découlent de l'action intégrée du climat, de la matière vivante (faune et flore) de la nature des roches (roche mère) du relief et du temps.

Cette vision moderne du concept sol intègre tous les facteurs qui lui donnent naissance et principalement le temps. Le sol ne doit pas être considéré comme un milieu stable, il nait, il évolue, il arrive à un état d'équilibre, ou bien il peut se dégrader pour devenir stérile ou disparaître complètement par le phénomène de l'érosion.

Le sol est donc distinct de la roche-mère qui fournit la matière minérale, façonnée par les agents atmosphériques (eau et température) la végétation et les animaux. Sur une roche mère analogue, le sol formé peut différer profondément selon le climat, la végétation, le relief. A titre d'exemple notons que :

- Sur de la marne, on peut obtenir des « vertisols » en zone subhumide et des sols bruns calcaires en zone semi-aride.
- Pour les sols forestiers, sous végétation de feuillus, le sol est peu lessivé alors que sous végétation à base de résineux le sol est plus acide et lessivé.
- Un sol formé sur un versant diffère de celui formé en plaine bien que les deux aient les mêmes facteurs de pédogénèse hormis le relief.

### 1.2 Vision ancienne

Le sol est défini comme la partie superficielle de l'écorce terrestre, celle qu'on foule aux pieds, qui supporte la végétation et qu'on laboure.

L'agriculteur a souvent tendance à apprécier la valeur de la terre en ne tenant compte que de la couche qu'il laboure, soit l'aspect superficiel des terres. Cette vision ne permet pas la prise en compte des couches profondes qui peuvent servir pour emmagasiner l'eau et permettre aux racines d'exploiter un volume de terre plus important. Ces couches profondes peuvent aussi cacher des obstacles physiques.



**Le sol doit être analysé en tant que volume et non uniquement comme une surface.**

## 2. Importance du sol :

La vie humaine tient en moyenne à moins d'un mètre d'un mélange de débris organiques et inorganiques constituant le sol. Ceci est d'autant surprenant qu'il est le plus facilement détruit. L'atmosphère, l'eau et le sol constituent les trois éléments de la biosphère où se trouve tout ce qui vit. Le sol constitue l'élément le plus complexe et le plus vulnérable.

Sans terre nantie de sols il n'y aurait pas d'aliments hormis ce que peuvent fournir les mers et les fleuves. La charte mondiale des sols s'adresse aux utilisateurs des sols pour qu'ils s'engagent à gérer la terre en fonction des avantages que l'on peut tirer à long terme et non d'un profit immédiat sans tenir compte de leur dégradation.

**Utiliser et protéger les terres est la devise à respecter dans la gestion des terres, étant entendu que Le sol est la ressource naturelle la plus précieuse**

Notre planète est-elle bien couverte par des sols fertiles ?

Les terres sans contraintes sont très limitées, elles dépassent à peine 10% des terres émergées.

➔ Dans le monde :

D'après la FAO, moins d'un tiers de la surface du globe est formé de terres arables. Malheureusement, cette proportion est en train de régresser compte tenu des phénomènes de l'érosion, de la salinisation, de l'hydromorphie et de l'urbanisation qui continuent à sévir et ne cessent d'amenuiser cette ressource vitale.

➔ En Tunisie*

Le potentiel des terres se répartit ainsi

Terres agricoles (sols sans contraintes majeures) : 29%

| | |
|---|---|
| Terrains forestiers (sols complexes) : | 5% |
| Terres de parcours (sols peu épais) : | 28.5% |
| Terres non agricoles (sols squelettiques, sols désertiques, sols salés et plans d'eau) | 37.3% |



* D'après le rapport sur l'état de l'environnement 1996

**Les terres agricoles sans contraintes couvrent à peine le tiers du territoire**

## 3. Observation du sol par un profil pédologique

L'étude d'un sol nécessite le creusement d'une tranchée rectangulaire d'au moins de 1m à 1.5m de profondeur si celle-ci n'est pas limitée par la présence du substratum géologique. Il s'agit d'une coupe de sol appelée en langage international le « profil »

On a généralement des couches superposées plus ou moins homogènes qui diffèrent par leur couleur, leur structure, leur texture et tout autres manifestations pédologiques (nodules, concrétions, tâches, encroutement et croutes, etc...) appelés « horizons ».

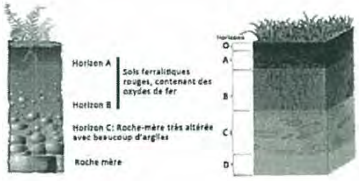



Schéma du profil

*Fig.1*

L'étude du sol nécessite la description des profils avec ses différents horizons et de son environnement (géologie, climat, végétation, relief, aménagement).

On effectue un prélèvement d'échantillon par horizon pour examen et analyse au laboratoire. Les différentes caractéristiques pédologiques et analytiques seront bien définies et étudiées ultérieurement pour connaître leur utilité dans la mise en valeur des sols.

**Le sol doit être observé en tant que volume et non une surface.**

**Il est tridimensionnel**



## 4. Quelques exemples de sols différents

Sol brut d'érosion Regosol

Sol brut d'érosion Lithosol

Sol peu évolué d'apport éolien

Sol peu évolué d'apport hydromorphe

Vertisol

Rendzine sur calcaire

Sol brun calcaire pur marne

Sol rouge méditerranéen

Sol hydromorphe lessivé

*Fig.2*

## FORMATION ET EVOLUTION DES SOLS

### 1. Genèse des sols

Le sol est un élément dynamique. Il change au cours du temps en fonction des conditions climatiques. Après sa naissance à partir des roches et son développement par l'installation d'une végétation et d'une faune, il aboutit à une maturation après avoir différencié ses horizons. Il peut vieillir en améliorant ses qualités comme il peut se dégrader suite à un déséquilibre occasionné par un ou plusieurs facteurs qui lui ont donné naissance.

En zone humide et subhumide, lorsqu'une roche mise à nu est nouvellement colonisée par la végétation ; on observe alors une évolution parallèle du sol et de la végétation qu'on peut schématiser de la façon suivante :

*Fig.3 : Evolution des sols et de la végétation*

On peut schématiser le processus de genèse des sols comme suit :

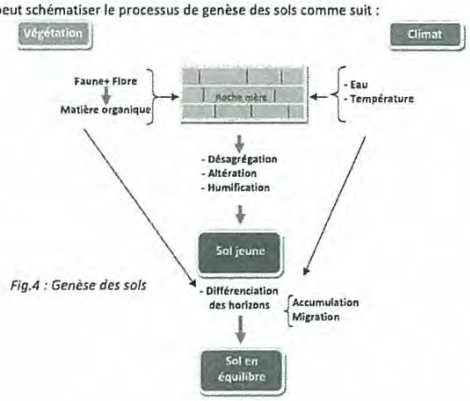



*Fig.4 : Genèse des sols*



Toute perturbation de ces principaux vecteurs entraine une autre dynamique qui pourrait être dégradante (désertification) ou stabilisante.

Si la végétation spontanée est détruite par l'homme, elle ne se reconstitue pas forcément identique à elle-même, et le sol subit alors une évolution dite régressive qui l'éloigne de l'équilibre primitif.

Sous les effets des facteurs écologiques, la genèse des sols se fait ainsi :

- ➔ La roche mère fournit par sa décomposition (désagrégation et altération) les éléments minéraux du profil.
- ➔ La végétation fournit des débris qui sont rapidement décomposés par l'activité biologique pour aboutir à un produit organique stable, l'humus.
- ➔ Les facteurs climatiques et biologiques provoquent une transformation et un mélange, plus ou moins complets des éléments minéraux et organiques.
- ➔ Les substances solubles et les colloïdes (argile et humus) peuvent se déplacer d'un niveau à un autre, certains sont appauvris, d'autres enrichis.
- ➔ L'ensemble de ces processus conduit à la différenciation des strates ou horizons, au développement du profil.

### 2. Rôle des facteurs de pédogenèse

#### 2.1 Le climat

Son importance est primordiale – la température agit sur la vitesse et la nature de l'altération des roches et aussi sur la vitesse et la décomposition de la matière organique.

La pluviosité agit sur le processus de lessivage qui atteint son maximum en zone humide avec la migration des substances solubles et des substances colloïdales.

Dans les Mogods Kroumirie on rencontre des sols lessivés avec des horizons de surface légèrement acides appauvris de leurs colloïdes et des horizons profonds enrichis en argile.

Dans les milieux semi-arides, seuls les sels solubles peuvent migrer très peu en profondeur.

#### 2.2 La roche mère



Elle joue un rôle prépondérant lorsque le sol est jeune. Ce dernier est très influencé par ses propriétés physiques et chimiques. Sur roche tendre (argile et marne) l'altération est plus facile que sur roche dure (calcaire, grés). Aussi les roches perméables (sable, grés) favorisent le lessivage alors que les roches imperméables (argile, schiste) le freinent. Les propriétés chimiques du sol sont influencées par celles de la roche notamment quand le sol est jeune en cours de formation – sur un sol bien évolué, les propriétés chimiques de la roche sont bien masquées par l'influence du climat et de la végétation- On parle de sols zonaux.

#### 2.3 Le relief

Sur les fortes pentes, l'érosion détruit le sol (érosion en nappe) au fur et à mesure de sa formation. Il est donc peu épais, il peut être même squelettique alors que dans les plaines il est bien profond. Ceci s'explique par la migration vers l'aval des colloïdes. La force des eaux de ruissellement entraine les éléments du sol et exerce un triage – Les éléments grossiers se déposent rapidement et caractérisent les sols des pentes qui sont généralement plus légers alors que les colloïdes en suspension dans les eaux de ruissellement se déposent lentement en plaine où se développent les sols lourds, voire hydromorphes. On arrive à avoir une chaîne de sols différenciés par l'influence de la pente.

#### 2.4 La végétation

Elle est généralement influencée par le climat. Chaque type de végétation (Forêt, maquis, steppe etc...) imprime au sol un équilibre hydrologique et biologique déterminé. La végétation établit un cycle des éléments nutritifs qui sont remontés par la sève ascendante des plantes et retombent à la surface du sol par les débris végétaux. Ces derniers contribuent à l'enrichissement de l'horizon de surface en humus. Ceci explique la couleur généralement plus foncée de l'horizon de surface. Certains brassages peuvent se produire par la remontée de la terre par les vers de terre où l'enfouissement des débris végétaux et de la terre de surface à travers les fentes de retrait dans les sols argileux. On peut dire que la végétation façonne son sol par les différents types d'humus qu'elle produit. C'est ainsi que les résineux fabriquent un humus grossier plus ou moins acide appelé « Mor » ou « Moder » alors que les feuillus donnent un humus doux appelé « Mull ».

### 3. Désignation conventionnelle des différents horizons

A.- Horizon de surface, contenant de la matière organique ; souvent appauvri en colloïdes ou en fer par lessivage.



(B). – B « structural », différent d'une part de la roche mère par son degré d'altération plus fort (présence d'hydroxyde de fer libre), d'autre part de l'horizon de surface A par sa structure différente, en général plus compacte (polyédrique ou prismatique) et par sa teneur en matière organique plus faible.

B.-B « textural » diffère de A par un enrichissement de colloïdes en particulier en argile et en fer, parfois en humus.

C.- Roche mère encore peu altérée

G.- « Gley » de couleur gris verdâtre, à tâche rouille, se formant au sein ou à la limite supérieure d'une nappe phréatique permanente.

g.- Pseudogley se formant au sein d'une nappe d'eau temporaire ; tâches grises appauvries en fer, sur fond ocre.

Subdivisions de l'horizon A :

$A_0$. – Horizon organique, superposé au sol minéral.

$A_1$. – Horizon mixte, contenant en mélange de la matière organique et de la matière minérale.

$A_2$. Horizon pauvre en matière organique, souvent appauvri en argile et en fer.

Exemples de profils avec des horizons différenciés :

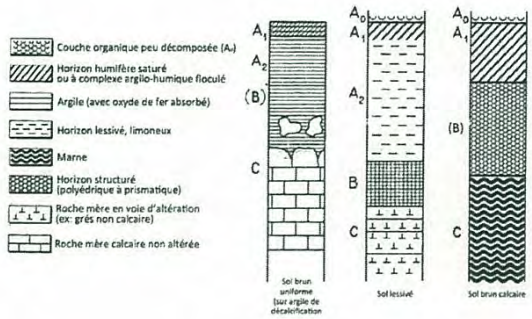



*Fig.5*

## LES CONSTITUANTS DU SOL

### 1. Introduction

Le sol est un système complexe à trois phases :

- La phase solide : Matières minérales et organiques
- La phase liquide : Eau — Solution du sol avec les éléments minéraux dissous et les colloïdes en suspension
- La phase gazeuse : Les vides remplis d'air enrichis en gaz ($CO_2$- $NH_3$...)

La proportion des trois phases varie selon la texture et le taux de matière organique au sol. Les proportions en poids et en volume de l'horizon de surface d'un sol à texture équilibrée, bien structuré et assez riche en matière organique (type Rendzine) sont les suivantes :

| | Phase solide | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Matière minérale | Matière organique | Eau | Air |
| • Composition centésimale en poids | 80 | 3 | 17 | 0 |
| • Composition centésimale en volume | 55 | 4.5 | 17 | 23.5 |



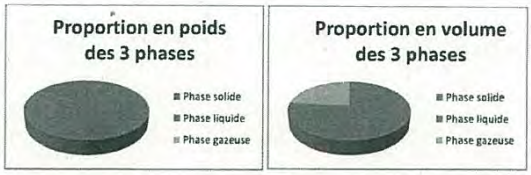



*Fig.6 : Proportions en poids et en volume des trois phases du sol : Solide, liquide et gazeuse*

→ Remarquons la faible proportion de la matière organique par rapport à la matière minérale. Mais son rôle reste très important. Elle augmente la capacité du sol pour l'eau ; elle favorise la formation et la conservation d'une structure stable, bien développée permettant l'infiltration de l'eau en excès et l'accès de l'air nécessaire aux racines et à l'activité biologique. C'est la matière organique qui confère au sol son pouvoir régulateur dans l'alimentation des plantes en éléments minéraux.

### 2. Les constituants minéraux

- L'observation d'une terre labourée ne nous permet pas de voir les éléments minéraux individualisés. On remarque l'existence de petites mottes qui en s'effritant donnent des agrégats qui sont constitués d'éléments minéraux (argile, sable et/ou limon) cimentés par les liants constitués d'argile et d'humus.
- Les constituants minéraux du sol comprennent des éléments de taille très variée allant des gros cailloux aux particules dites colloïdales de taille inférieure à 2 microns (1µ= $1/_{1000}$ de mm).



- Les divers processus mécaniques, chimiques et biologiques de l'évolution des roches ont abouti à la libération de minéraux préexistants plus ou moins altérés et à la formation de minéraux nouveaux généralement fins ou très fins. Il s'ensuit que la nature des constituants minéraux varie avec la dimension des grains.

Exemples :

- Les argiles en s'altérant donnent des éléments fins : Ø<2µ
- Les grés en s'altérant donnent des éléments sableux Ø>0.050mm
- Les calcaires en s'altérant donnent des éléments limoneux 2<Ø<50µ

#### 2.1 La texture, l'analyse granulométrique

La texture du sol qu'on apprécie grossièrement à la main en façonnant une pâte de terre est aussi appréciée plus précieusement au laboratoire par l'analyse granulométrique qui consiste à classer les particules élémentaires selon leurs dimensions.

**Principes :** L'analyse granulométrique procède d'abord à la séparation des éléments minéraux constitutifs en détruisant le ciment des agrégats : On agit après la destruction de la matière organique à l'eau oxygénée, par agitation mécanique du sol dans l'eau additionnée d'un dispersant chimique (Hexamétaphosphate de Na) pour libérer les particules. Par la suite on réalise l'analyse en se basant sur le principe de sédimentation qui consiste à classer les particules d'après leur vitesse de chute dans l'eau pure (La vitesse des particules supposées sphériques est proportionnelle au carré du diamètre)

Les éléments grossiers (sables sont classés par tamisage)

**Expression de l'analyse granulométrique :**

Dans les analyses usuelles, on a l'habitude d'exprimer la composition granulométrique en groupant les particules en un petit nombre de classes définies chacune par un large intervalle de diamètres. Ce choix est arbitraire et peut donner une idée peu précise sur la répartition réelle des particules du sol. Pour plus de précision pour certaines recherches on a recours à la méthode densimétrique qui suit la décroissance continue de la densité de la suspension au cours de la sédimentation. La sédimentation d'un sol sableux est plus rapide que celle d'un sol argileux.

*Classement conventionnel des éléments minéraux*



- Argile : Ø inférieur ou égale à 0.002mm
- Limon : de 0.002 à 0.02mm
- Sable fin : de 0.02 à 0.2mm
- Sable grossier : de 0.2 à 2mm
- Graviers : de 2 à 20mm
- Cailloux : de 20 à 200mm

- Certains auteurs appellent la fraction argileuse « colloïdes minéraux » pour ne pas prêter confusion avec l'argile minéralogique proprement dite.
- On peut ajouter la classe 0.02<Ø<0.050 qui est appelée sable très fin ou limon grossier.

*Le triangle des textures :*

Chaque échantillon de sol est alors représenté graphiquement dans un système de coordonnées trilinéaires. C'est le triangle de texture où un côté est gradué en proportion de sable, l'autre en proportion de limon et le troisième en proportion d'argile.

Le triangle est découpé conventionnellement et en respectant une certaine logique en unités d'espaces identifiées par un qualificatif textural.

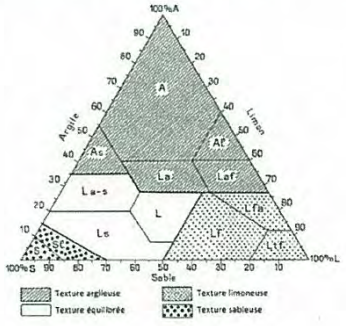



*Fig.7*

Différentes types de textures :

1. Texture Argileuse

- Très argileuse
  - Argile : A
  - Argile limoneuse : Al
- De transition
  - Limon argileux fin : Laf
  - Limon argileux : La
  - Argile sableuse : As

2. Texture équilibrée (franche)

- Moyenne
  - Limon argilo-sableux : Las
  - Limon : L
- Légère
  - Limon sableux : Ls

3. Texture limoneuse («Silteuse ») 
   - Limon fin : Lf
   - Limon fin argileux : Lfa
   - Limon très fin : Ltf

4. Texture sableuse
   - Sable limoneux : Sl
   - Sable : S

L'appréciation de la texture du sol nous renseigne sur les caractéristiques physiques et physico-chimiques du sol :

- ➔ Un sol sableux est perméable ; mais assez pauvre en colloïdes et par conséquent en éléments fertilisants ; il retient de faibles réserves en eau, mais le peu d'eau emmagasiné est précieusement retenu à l'intérieur du sol car le phénomène de capillarité (ascension capillaire) ne fonctionne pas.
- ➔ Un sol argileux est beaucoup moins perméable, riche en colloïdes minéraux et en éléments fertilisants. Il retient des réserves d'eau importantes dont une forte proportion est non absorbable par les racines. Le phénomène de capillarité est très actif surtout en été. Pour le rompre, il faut biner le sol.
- ➔ Un sol à texture équilibrée bénéficie des qualités des sols légers et des sols lourds. Ce sont les textures moyennes qui offrent aux sols les meilleures qualités physiques et physico-chimiques.

## 2.2 Composition minéralogique des fractions granulométriques

- Les sables

Leur composition varie avec leurs dimensions ainsi qu'avec la nature de la roche.



- Les sables grossiers correspondent en général à des petits fragments de roches ou des associations de quelques cristaux.
- Les sables fins correspondent à des minéraux séparés (quartz feldspath, silice, calcaire, etc...)

Ce sont les roches gréseuses qui offrent la texture sableuse du sol.

- Le limon

Cette classe granulométrique, assez fine, d'aspect poudreuse, présente une certaine hétérogénéité minéralogique.

On rencontre de fins cristaux de quartz, des minéraux ferrugineux, du calcaire et voire du gypse.

C'est essentiellement l'altération du calcaire qui offre la plus forte proportion de limon.

- Les argiles

La fraction granulométrique correspondant à l'argile est formée principalement par l'argile minéralogique de formule générale : « n $SiO_2$, $Al_2O_3$, $mH_2O$ » (Kaolinite, montmorillonite, illites chlorites, vermiculites, attapulgites...)

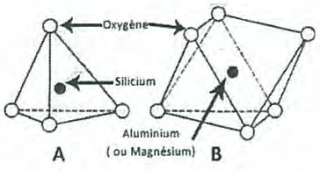
Elle englobe aussi d'autres éléments provenant de la fragmentation et de l'altération des roches tels que la silice amorphe, les oxydes de fer plus ou moins hydratés (hématite), des hydrates de l'Alumine (gibbsite) et du calcaire fin.

Elle constitue la partie colloïdale minérale du sol qui est la plus active et la plus intéressante à prendre en considération pour la fertilisation des sols.

Principales propriétés physico-chimiques des argiles minéralogiques.

Les argiles qui proviennent de l'altération des minéraux silicatés des roches sont des cristaux aluminosilicatés plus ou moins hydratés. Elles se présentent sous forme de feuillets. Chaque feuillet est formé de plusieurs couches élémentaires de deux sortes du type tétrahydrique et octaédrique. Les molécules formant les couches sont des tétraèdres de silice et des octaèdres d'alumine.






étraèdre de silice - B: Octaèdre d'alumine

*Fig.8*

Suivant le type et le nombre de couches et l'écartement entre les feuillets successifs on distingue :

- Les argiles non gonflantes (type Kaolinite)

Leur feuillet est constitué d'une couche tétraédrique surmontée d'une couche octaédrique. Les feuillets successifs sont distants de 7.2 Å (1 Angström (Å)= $1/10^7$ mm). Les argiles gonflantes ont un rapport $R=\frac{Si\ O_2}{Al_2O_3}$ = 2. Elles ne sont pas hydratées. La capacité d'échange cationique (CEC) est faible= 3 à 15meq/100g (1meq= 1/1000 du poids atomique d'un élément divisé par la valence) La surface externe est de 10 à 30$m^2$ par gramme d'argile – La surface interne est nulle.

- Les argiles gonflantes

Leur feuillet est constitué d'une couche octaédrique interposée entre deux couches tétraédriques, son épaisseur est de 10 Å. Entre deux feuillets successifs des molécules d'eau et des cations sont interposés donnant un écartement normal de :

14Å. Le rapport $R=\frac{Si\ O_2}{Al_2\ O_3}$ = 4. La CEC atteint 80 à 150meq pour 100 grammes. La surface externe et interne est très élevée.

Structure des principaux types d'argiles rencontrés dans le sol



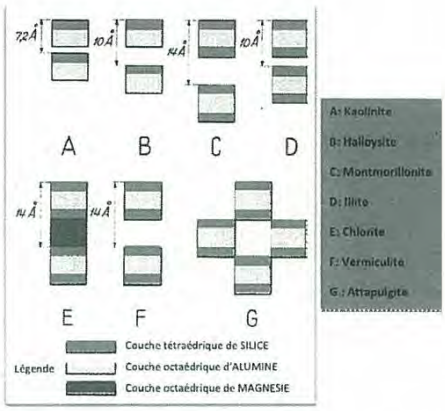



*Fig.9*

## 3. Les constituants organiques du sol

### 3.1 Définitions

- L'HUMUS

La source de la matière organique dans le sol provient essentiellement des débris végétaux qui tombent à la surface du sol et des racines mortes à l'intérieur. Cette masse végétale est rapidement décomposée et transformée par l'activité biologique (faune et microfaune) donnant naissance d'une part à des éléments minéraux solubles ou gazeux, tel que $NH_3$, $NO_3H$, $CO_2$ (minéralisation) ; d'autre part à des complexes colloïdaux organiques mieux connus sous le terme HUMUS qui est relativement stable et résistant à l'activité microbienne ; c'est l'humification. L'humus se minéralise à son tour mais d'une façon très lente (1 à 2%) (Voir schéma)

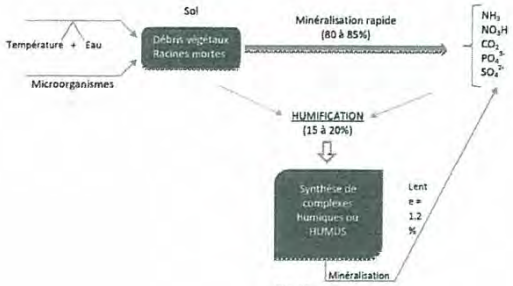



*Fig.10*

L'humus est défini ainsi :

Ensemble des matières organiques (débris végétaux et/ou animaux) décomposées plus ou moins incorporées à la matière minérale du sol : Il se caractérise par sa couleur brun noirâtre et sa stabilité ; sa structure est très variable suivant le mode et l'état d'avancement de la décomposition. Il est composé essentiellement d'acides humiques (grosses molécules) et d'humine.

Dans le sol, on distingue la matière organique fraîche en voie de décomposition et l'humus stable qui impreigne le sol et se mélange intimement à la matière minérale pour former le complexe argilo humique. La partie humifiée est stable et constitue pour les sols cultivés presque la totalité de la matière organique.



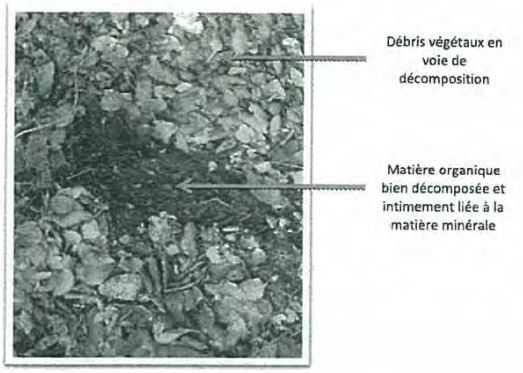



*Fig.11*

- LE COMPLEXE ARGILO-HUMIQUE :

L'humus a une fraction fibreuse structurée et une fraction à l'état très fin composée par les acides humiques et de nombreux autres composés organiques. Cette partie fine a la faculté de s'associer à l'argile pour former le complexe Argilo-humique.

Les molécules d'humus plus petites que celles de l'argile et étant électronégatifs comme les argiles forment avec celle-ci un complexe.

*Fig.12*

Les molécules d'humus hydrophiles, s'entourent d'une couche d'eau assez épaisse qui rend plus difficiles les effets floculants ou dispersants des cations.

## LA STRUCTURE

1. Introduction



Le sol qui est constitué de trois phases (solide, liquide, gazeuse) exige une meilleure connaissance des rapports entre la partie fluide et la partie solide. L'étude de ces rapports constitue l'essentiel de la physique du sol.

Au XX$^{ème}$ siècle, l'agriculture a fait beaucoup de progrès sur l'alimentation des plantes et s'est concentrée sur les facteurs chimiques de la fertilité au détriment des recherches sur les conditions physiques. Les résultats obtenus par l'emploi des engrais ont masqué les inconvénients induits par la dégradation de la structure du sol dont le rôle positif n'est plus à démontrer aujourd'hui.

2. Définition de la structure

C'est le mode d'agencement des particules du sol. La structure complète la notion de texture en physique du sol. A l'échelle microscopique, on distingue un squelette formé de particules grossières (Sables, Limon, débris végétaux) et un plasma colloïdal (Argile et humus).

Ce plasma peut être :

a) floculé et piégeant les particules grossières pour former des agrégats ou agglomérats qui peuvent être groupés en grumeaux ou éléments structuraux : c'est la structure fragmentaire
b) Dispersé pour former une structure continue ou massive sans agglomérats individuels
c) En absence de liant on a une structure particulaire

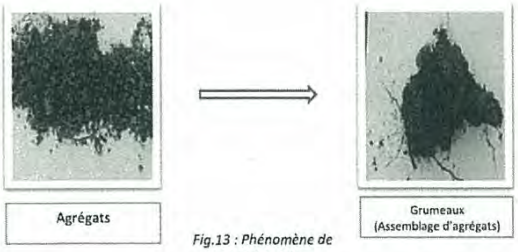
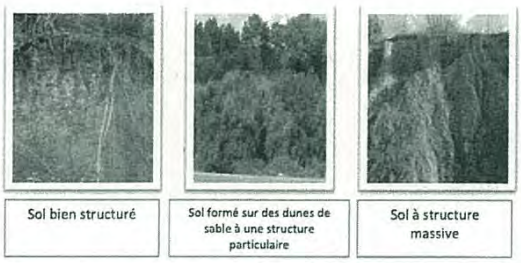



*Fig.13 : Phénomène de structuration*



| Sol bien structuré | Sol formé sur des dunes de sable à une structure particulaire | Sol à structure massive |
|---|---|---|

*Fig.14 : Exemples de sols à structures différentes*

### 3. Différents types de structures

Le tableau ci-dessous résume d'une façon schématique les différents types de structure groupés en trois grands ensembles :

- Structure continue
- Structure fragmentaire
- Structure particulaire

Pour chaque ensemble, on a plusieurs formes bien distinguées sur la figure 15.



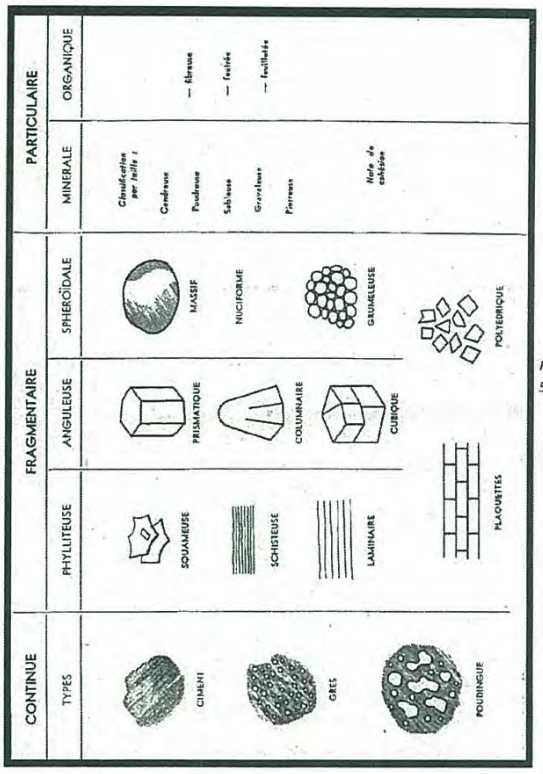



*Fig.15*



### 4. Rôle de la structure

- Elle améliore l'Aération du sol qui à son tour agit favorablement sur l'activité biologique.
- Elle augmente la perméabilité du sol et évite l'asphyxie et l'hydromorphie.
- Elle augmente la surface de contact avec les racines ce qui entraine une meilleure alimentation des plantes.
- Elle freine le lessivage des colloïdes et par conséquent évite les pertes des éléments fertilisants. Donc, elle maintient la fertilité chimique du sol.
- Elle intervient pour résister à l'érosion. Un sol dispersé sans structure est facilement érodé.

> Un sol meuble, bien structuré est facilement exploité par les racines et est valorisé par une intense activité biologique due à son aération

La structure doit être maintenue à l'état stable pour jouer pleinement son rôle, d'où l'intérêt accordé à la stabilité structurale.

### 5. Dégradation de la structure – stabilité structurale

L'édifice structural formé par les différents éléments du sol est soumis à de nombreuses agressions qui tendent à le dégrader. Selon leur stabilité, les sols réagissent différemment.

> La stabilité structurale peut être définie comme l'aptitude des terres à résister à l'action des agents de dégradation

#### 5.1 Mécanismes de dégradation de la structure

- Le phénomène de battance

Les gouttes de pluie ou celles des asperseurs en irrigation cognent avec énergie les mottes qui laissent échapper des éclaboussures avec des éléments fins (argile et/ou limon) en suspension. L'eau s'étale à la longue sur toute la surface du sol et dépose les éléments fins par sédimentation. La surface du sol est ainsi tapissée par une pellicule argilo-limoneuse imperméabilisant le sol en surface. La levée des plantes est gênée et elle ne se fait qu'à travers les fissures parfois plus ou moins distancées formées au cours de la dessiccation de la croute de battance.



Pour atténuer ce phénomène, il faut interposer un écran (paille ou culture couvrante) entre le sol et les gouttes d'eau.

Pour les sols ayant subi ce phénomène il faut briser la croute par des outils à dent ou des disques à créneaux.

- Destruction par éclatement

L'eau en pénétrant dans les pores fins (capillaires) exerce une pression sur l'air contenu dans les pores. Si les pores sont aveugles, les agrégats éclatent sous la pression de l'air qui ne peut circuler. Les terres riches en humus ont une mouillabilité plus faible et une meilleure cohésion à l'état humide. Elles empêchent ces phénomènes.

- Destruction par dispersion

Les colloïdes (argile et humus) qui cimentent les particules minérales peuvent subir une dispersion, entraînant en suspension les éléments fins qui pourraient colmater les pores et réduire l'aération du sol. La dispersion des colloïdes principalement de l'argile est influencée par les cations. Les cations polyvalents sont les moins dispersants. Par exemple, l'argile sodique se disperse vite car le $Na^+$ est monovalent.

#### 5.2 Evaluation de la stabilité de la structure

- Le test Henin exerce une action mécanique sur la terre fine imbibée par trois liquides (eau, alcool et benzène) et observe la proportion des agrégats qui ont résisté à la dégradation. On a alors un indice d'instabilité structurale.
- Suivi de la porosité du sol (P)
  La porosité est le volume des vides du sol exprimée en % du volume total (macroporosité et microporosité)
  Plus ce vide se réduit plus la structure se dégrade

$$P \text{ en } \% = \frac{D-D'}{D} \times 100$$

D= densité réelle proche de 2.5
D'= porosité apparente du sol

  En suivant la porosité on peut déduire l'évolution de la structure.
- Suivi de la perméabilité
  Plus une structure se dégrade, moins le sol est perméable

## 6. Techniques d'amélioration de la stabilité structurale

Le chemin menant vers un bon état physique du sol apte à accueillir la plante cultivée et lui offrir les conditions d'un bon développement passe par deux étapes :

1- Bien maintenir cette structure en bon état, c'est-à-dire améliorer sa stabilité.
2- Bien choisir les façons culturales pour obtenir une bonne structure du sol.

### 6.1 Amélioration de la structure

- L'enfouissement des résidus des cultures et l'apport fréquent du fumier améliore la structure. En cas de pénurie du fumier, il faut de temps en temps inclure dans l'assolement une culture d'engrais vert (fève) pour l'incorporer dans le sol.
- Il faut atténuer l'agression de l'eau vis-à-vis du sol en évitant de laisser nus les sols battants (sol limono-argileux). Les cultures fourragères protègent mieux les sols que les céréales car pendant les fortes pluies d'automne, le sol est déjà couvert. L'irrigation goutte à goutte favorise le maintien de la structure mieux que l'irrigation par aspersion qui éclate les agrégats du sol.
- Il faut éviter la stagnation de l'eau qui favorise la création des pellicules de battance. Pour cela, il faut améliorer l'infiltration en choisissant des labours dressés et moulés qu'on fermera le plus tard possible par des façons superficielles.
  Le travail du sol en billons permet aussi d'évacuer les eaux excédentaires.
- La modification de la texture est une opération couteuse justifiable seulement pour les cultures très intensives. Il faut atténuer la présence de limon en apportant du sable ou en fumant intensivement pour que l'humus atténue la vitesse de mouillabilité des agrégats, réduisant ainsi l'éclatement des agrégats.
- La correction de l'état ionique du complexe argilo-humique stabilise les agrégats. Par ordre de pouvoir floculant les cations se classent ainsi : $H^+$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $K^+$, $Na^+$.
  Pour les sols à argile sodique l'apport massif de $Ca^{++}$ qui déplace le $Na^+$ est bénéfique pour la structure (le gypse et la chaux constituent des réserves de $Ca^{++}$). La floculation des colloïdes est ainsi activée. L'apport de $Ca^{++}$ doit être contrôlé pour ne pas élever trop le pH au-dessus de 7, ce qui provoque le blocage de certains éléments fertilisants, principalement les oligoéléments.



- Le repos sous végétation permanente telles que les prairies améliore la structure et la stabilise. Les racines et radicelles favorisent la structure grumeleuse très recherchée et accélèrent la multiplication des vers de terre qui ont un rôle de brassage et d'amélioration de la structure.
- Le mode d'exploitation influe sur la structuration du sol. Il faut alterner les cultures à racines fasciculées avec celles à racines pivotantes. Les chevelus racinaires améliorent la structure et les racines pivotantes perforent et aèrent les horizons profonds.

En conclusion, tous les remèdes énumérés ci-dessus seront plus efficaces en présence de matière organique. Le rôle de la matière organique dans la structuration du sol et l'amélioration de sa stabilité est primordial pour tous les types de sol, quelque soit leur texture. On corrige les sols lourds et les sols légers par l'incorporation du fumier. Ceci est confirmé par l'adage :

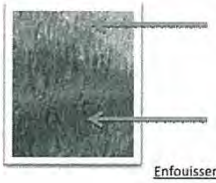
> Le fumier allège les terres lourdes et donne du corps aux terres légères.

### 6.2 Le labour pour l'amélioration de l'état structural

✓ Buts du labour :

Outre son rôle primordial qui consiste à augmenter la porosité et à ameublir le sol, le labour permet :

- L'enfouissement des résidus de récoltes des mauvaises herbes et des engrais, ce qui enrichit le sol en humus.
- La destruction des mauvaises herbes.




Enfouissement des mauvaises herbes

*Fig.16*



- L'accumulation des réserves d'eau surtout pour les labours d'hiver qui limitent le ruissellement et favorisent l'infiltration. Les fortes pentes soumises à de fortes averses doivent subir des traitements spéciaux (labours en courbes de niveau et cultures en bandes) pour éviter le risque de décapage d'un horizon de surface vulnérable.

✓ Mécanisme du labour par les charrues à soc

Le soc en coin comprime le sol en avant et vers le haut. La bande de terre ainsi détachée glisse le long du versoir qui la fait basculer. Au moment de son retournement, elle subit des contraintes qui la disloquent.

Labour avec charrue à soc

*Fig.17*

A travers ce mécanisme, on déduit qu'il faut labourer le sol assez humide pour faciliter la pénétration du soc et pas très humide pour que le sol ne colle pas au versoir et pour éviter le compactage du sol par les roues de tracteur. Il faut chercher le moment propice pour cette opération pour faciliter et éviter le tassement du sol.

✓ Formes des labours

Deux types de labours sont bien connus : le labour dressé et le labour couché.

- Le labour dressé est obtenu lorsque la profondeur du labour est voisine de la largeur d'attaque (raie). Les bandes de terres conservent après retournement une inclinaison sensible.



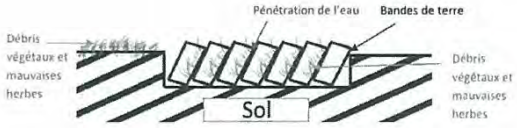



*Fig.18*

- Le labour couché est obtenu lorsque la profondeur est faible par rapport à la largeur, la bande se retourne complètement.

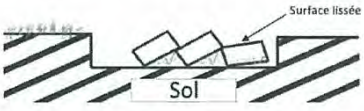



*Fig.19*

Le labour dressé permet d'obtenir une surface rugueuse et l'eau s'infiltre à travers les bandes facilement. La matière végétale est bien repartie dans l'horizon de labour.

Le labour couché est fermé car la bande couchée présente sa surface lissée par le versoir, ce qui limite l'infiltration de l'eau. Les débris végétaux sont enfouis au fond de l'horizon ce qui n'assure pas une bonne répartition de la matière organique.

La forme du labour dépend aussi de l'humidité du sol, de la vitesse d'avancement et de la longueur du versoir. Un sol labouré à grande vitesse avec un versoir court donne un labour jeté et brisé.

✓ Epoques des labours

Les labours sont généralement exécutés en fin d'automne-hiver et printemps lorsqu'ils ne sont pas imposés par une rotation des cultures. Pour les terres battantes, un passage superficiel en Hiver pour briser les pellicules est conseillé. Les terres lourdes doivent être labourées en fin d'été pour les soumettre au phénomène d'humectation et de dissection pour les effriter et les rendre plus meubles. D'une façon générale, l'époque est choisie en fonction de la culture, du type de labour et du

régime pluviométrique. Par exemple, le pois chiche qui doit être semé en Mars nécessite un labour d'hiver.

Conclusion :

- La structure influe sur de très nombreuses propriétés physiques du sol qui ont un impact sur les propriétés chimiques et biologiques, qui à leur tour ont des incidences sur le développement des cultures.
- L'amélioration de la structure par l'incorporation de la matière organique et l'adaptation des labours contribue pour une large part à la fertilité des sols.
- Les sols bien structurés résistent mieux à l'érosion et par leur porosité (macroporosité) ils s'opposent aux phénomènes d'ascension capillaire de l'eau ce qui leur offre une meilleure résistance à l'aridité.



# L'EAU ET LE SOL

## 1. Introduction

Nul ne doute de l'importance du facteur eau dans la production agricole et ce principalement dans les régions arides et semi-arides. Le développement de ces régions est tributaire de la mobilisation de l'eau (barrages, adductions, irrigation). La Tunisie qui est un pays peu nanti en ressources en eau douce utilise autour de 80% de l'eau mobilisée en agriculture. L'économie de cette ressource rare et sa bonne gestion exigent beaucoup de savoir-faire de l'amont (barrage) à l'aval (niveau de la parcelle agricole). L'objet de ce chapitre est de bien comprendre le comportement de l'eau dans le sol et son utilisation par la plante pour l'optimiser au maximum.

## 2. Etats de l'eau dans le sol

Le sol qui est un corps poreux qui retient l'eau dans ses pores et au contact des éléments constitutifs. Il est comparé à une éponge. Si on plonge ce dernier dans l'eau, il s'engorge. En le retirant, une partie de l'eau s'écoule sous l'effet de la pesanteur, c'est l'eau de gravité. En le pressant, une autre partie s'écoule, c'est l'eau retenue avec une certaine force, c'est l'eau capillaire. En poussant la pression sur l'éponge arrive à un stade où il ne se produit aucun écoulement bien que l'éponge est encore humide. L'eau restante est l'eau hygroscopique et l'eau retenue avec une très forte pression dans les capillaires les plus fins. Le phénomène est le même pour le sol. Un sol saturé en eau se ressuie. C'est l'eau de gravité qui s'infiltre en profondeur ; c'est la phénomène de drainage.

Dans le sol, la pression est exercée par les racines en suçant l'eau. Ce sont les forces de succion. Il existe l'eau absorbable par les racines qui est retenue par des forces pas très élevées et l'eau non absorbable qui est retenue par des forces très élevées.

### 2.1 L'eau Absorbable

C'est l'eau retenue par le sol ressuyé. Cette eau remplit les pores fins compris entre 2 et 8 microns, c'est l'eau capillaire absorbable. La quantité d'eau maxima retenue dans les capillaires correspond à la microporosité du sol. Elle constitue la source essentielle de l'alimentation en eau des plantes en saison sèche.



- Eau de gravité

L'eau de gravité qui s'écoule sous l'effet de la pesanteur est aussi absorbable mais elle est momentanée Dans les sols lourds le ressuyage peut durer plusieurs jours durant lesquels les racines puisent facilement leur eau.

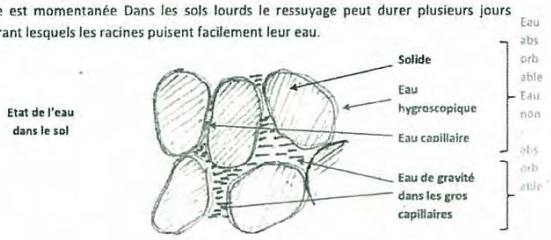



*Fig.20*

### 2.2 L'eau non absorbable

Elle comprend l'eau hygroscopique qui est l'eau absorbée par le sol aux dépens de l'humidité atmosphérique et l'eau capillaire non absorbable qui remplit les pores les plus fins et qui est retenue très énergétiquement par le sol pour pouvoir être absorbée par les plantes.

## 3. Pression de l'eau dans le sol : Notion de pF

L'eau du sol peut être soumise à deux sortes de pression :

- Une pression hydrostatique due au poids de l'eau au-dessus du point considéré. Elle n'existe que lorsque le sol est saturé d'eau, elle provoque l'écoulement descendant.
- Une pression d'origine capillaire. Celle-ci confère au sol un pouvoir de succion. Elle est d'autant plus forte que le sol est sec.
    - Quand le sol est saturé, la pression d'origine capillaire est nulle.
    - En sol humide et ressuyé, elle est de l'ordre de 200 à 1000g/cm$^2$.
    - Elle dépasse le 1.000 000g/cm$^2$soit 1000 atmosphère environ quand le sol est sec à l'air libre.

Par mesure de commodité, on exprime cette pression par le log décimal et on donne le nom pF. Plus la terre se dessèche plus l'eau est retenue avec force et plus le pF augmente.

**Le pF traduit le degré réel de la sècheresse**



**Quelques valeurs de la pression exprimée en pF de certaines humidités caractéristiques**

| Pression P (g/cm$^2$) 1 atmosphère= 1033g/cm$^2$ | pF = log P | Taux d'humidité |
|---|---|---|
| 0 | | Saturation |
| 1 | 0 | |
| 10 | 1 | |
| 100 | 2 | |
| 500 | 2.7 | Capacité au champ |
| 1000 | 3 | |
| 10000 | 4 | |
| 16000 | 4.2 | Point flétrissement |
| 100000 | 5 | Terre séchée à l'air (humidité relative = 92) |
| 1000000 | 6 | Terre séchée à l'air (humidité relative = 48) |

## 4. Relation entre le pF et le taux d'humidité

- L'humidité est déterminée au laboratoire

$$H\%= \frac{\text{Poids de l'eau (poids terre humide – poids terre sèche)}}{\text{Poids terre sèche}} \times 100$$

- Le pF est déterminé en mesurant la pression capillaire dans le sol au moyen d'un tensiomètre qui est constitué d'une bougie poreuse reliée à un manomètre. La bougie est introduite dans le sol pendant un certain temps d'équilibre. La pression est indiquée sur le manomètre qui peut avoir aussi des graduations directes en pF.
- Pour chaque type de sol il existe une courbe traduisant la relation entre le taux d'humidité et le pF. Les sols sableux ont des courbes dressées et les sols argileux des courbes couchées.

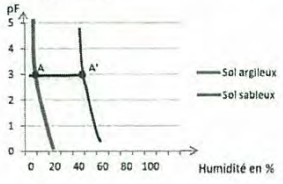



*Fig.21*

A pf= 3, (C'est-à-dire l'eau retenue avec une pression 1000g/cm$^2$), l'humidité pour un sol sableux est de l'ordre de 10% (point A) et pour un sol argileux de 30% (point A'). Les sols argileux retiennent l'eau avec plus d'énergie que les sols sableux.

## 5. Valeurs caractéristiques du taux d'humidité du sol

### 5.1 Capacité de rétention – capacité au champ

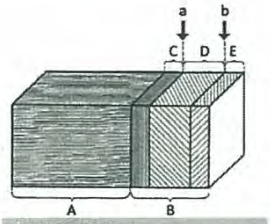
Lorsqu'on sature un sol avec de l'eau et on le laisse se ressuyer pendant un certain temps jusqu'à la cession de l'écoulement, l'eau restante occupe les capillaires et correspond à sa capacité de rétention d'eau.

Par convention, on appelle capacité au champ l'humidité restante dans le sol après 24h de ressuyage. C'est cette valeur de mesure de terrain qui est proche de la valeur théorique : capacité de rétention.

Le pF de la capacité au champ est en général situé entre 2.5 et 3.

### 5.2 Point de flétrissement

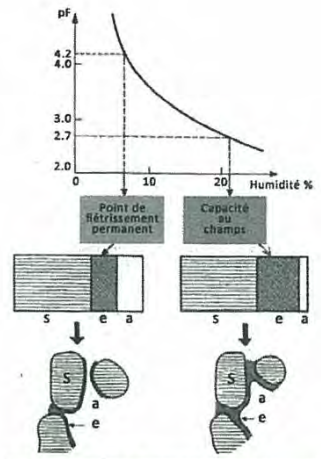
C'est l'humidité à partir de laquelle toute absorption d'eau par les racines est impossible. C'est l'humidité à partir de laquelle la plante fane. L'eau restante dans le sol est retenue par une force supérieure à 16 atmosphères ce qui correspond à un pF = 4.2




- Capacité au champ.
A: élément solide, B: élément liquide et gazeux (espace lacunaire), C: eau inutile, E: eau non retenue, a: point de flétrissement permanent, b: capacité au champ

*Fig.22*






Point de flétrissement.
a: air - e: eau - s: solide

*Fig.23*

On distingue : - Le point de flétrissement temporaire à partir duquel les plantes absorbent difficilement l'eau du sol. La force de succion est de 10atm soit pF= 2.5.

- Le point de flétrissement permanant qui marque la limite de l'eau absorbable. L'énergie de rétention est de 16atm soit pF= 4.2.



**Schéma représentatif des humidités caractéristiques du sol**

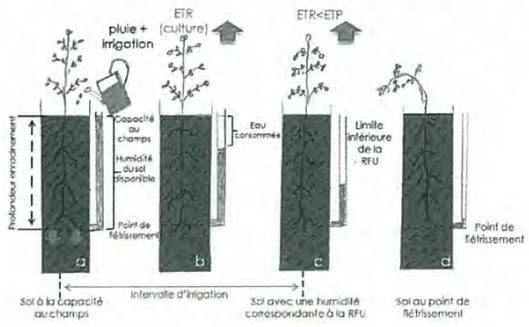



*Fig.24*

L'irrigation doit se faire avant l'épuisement de l'eau facilement utilisable

## 6. Réserve utile (RU) et réserve facilement utilisable (RFU) de l'eau

- La réserve utile (RU) correspond à toute l'eau absorbable par les racines contenue dans le sol. La RU et calculée en fonction de la tranche de sol exploitée par les racines. Elle correspond à la capacité de rétention de l'eau par le sol en passant de l'humidité au point de flétrissement à l'humidité à la capacité de rétention.

$$RU = Z_e\ da\ \frac{H_{CR} - H_{PF}}{100}$$

RU = Réserve utile
$Z_e$ = profondeur de l'enracinement
da = densité apparente du sol
$H_{CR}$ = Capacité au champ ou capacité de rétention en %
$H_{PF}$ = point de flétrissement en %



- La réserve facilement utilisable (RFU) correspond à la quantité d'eau contenue dans le sol au-dessous de laquelle la consommation de l'eau par les plantes n'est plus optimale. Elle se calcule en fonction de la limite inférieure de l'humidité facilement utilisable ($H_{RFU}$) et la capacité au champ.

$$RFU = Ze\ da\ \frac{H_{CR} - H_{RFU}}{100}$$

La réserve en mm de l'eau dans le sol à l'instant t est :

$$R_t = Ze\ da\ \frac{H_t}{100}$$

$R_t$ = réserve à l'instant t
$H_t$= humidité à l'instant t

## 7. Les mouvements de l'eau dans le sol

Les différents modes de déplacements de l'eau dans le sol sont de trois types :

- La diffusion de l'eau à l'état de vapeur
- La percolation
- La diffusion capillaire

### 7.1 La diffusion de l'eau à l'état de vapeur

La vapeur se déplace du niveau où la pression partielle est élevée vers le niveau où elle est plus faible soit des points chauds vers les points froids. La vapeur diffuse aussi des niveaux les plus humides vers les plus secs.

### 7.2 La percolation

C'est l'écoulement de l'eau de gravité vers le bas. C'est à ce phénomène que correspond l'entrainement de l'eau dans les drains ou en profondeur jusqu'aux nappes. La vitesse de l'écoulement donnée par la loi de Darcy dépend de la perméabilité du sol qu'on mesure sur le terrain. Elle s'exprime par la vitesse d'infiltration de l'eau de gravité et elle est fonction de la porosité non capillaire

- Sols perméables: Sols sableux, sols bien structurés avec des éléments structuraux stables

➢ Sols peu perméables: Sols limoneux – sols à structure peu stables
➢ Sols imperméables: Sols à texture fine et à structure instable – l'argile dispersée obture les pores du sol. Elle est à l'origine de l'hydromorphie qui peut être de surface ou de profondeur, temporaire ou permanente.

**Méthodes de la mesure de la perméabilité**

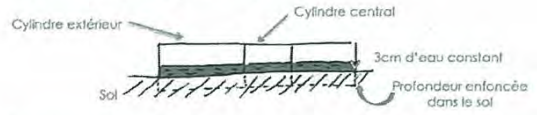
- Méthode de Bürger:

  - Temps d'écoulement d'un volume d'eau donné dans un cylindre de section donnée sous une épaisseur constante d'eau (3cm).

- Méthode de Porchet:

  - Consiste à creuser un trou (8 à 12cm) dans le sol, le remplir d'eau et à mesurer la profondeur des niveaux successifs en fonction du temps – on obtient une courbe caractéristique à partir de laquelle on définit le coefficient de perméabilité K

- Méthode Muntz: Adaptée à l'irrigation




On mesure la hauteur infiltrée en fonction du temps, la perméabilité est exprimée en cm/heure ou en m/seconde

*Fig.25*

7.3 La diffusion capillaire

Selon les lois de diffusion capillaire l'eau se déplace des points les plus humides où les forces de succion sont faibles aux points les plus secs où celles-ci sont élevées. Le déplacement se fait des zones à pF bas aux zones à pF élevés.

La diffusion capillaire est importante dans les sols à texture fine (sol argileux, argilo-limoneux), moyenne dans les sols limoneux et faible dans les sols sableux.

La diffusion à partir d'une nappe d'eau peut atteindre 1m dans les sols lourds, à peine 30cm dans les sols limoneux et quelques cm dans les sols sableux.

Ainsi l'imbibition d'un sol à partir d'une nappe libre ne peut guère intéresser qu'une tranche limitée de terre.



# LES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES SOLS

## 1. Les propriétés électroniques du sol

### 1.1 L'acidité du sol

On distingue l'acidité actuelle et l'acidité potentielle.

- La première correspond à la concentration des ions $H^+$ à l'état libre dans la solution du sol. On l'exprime par le cologarithme de cette concentration nommée conventionnellement pH.
  Le pH varie de 0 à 14. Un sol neutre a un pH=7. Un sol acide a un pH<7. Un sol alcalin a un pH>7. En Tunisie la plupart des sols sont calcaires. Ils ont donc un pH proche de 8. Dans les sols sodiques le pH atteint 9 voire 10. Les sols légèrement acides du Nord, ou sols désaturés ont un pH situé entre 6 et 7. Le pH descend rarement au-dessous de 6.

- La deuxième, soit l'acidité potentielle correspond à la quantité d'ions $H^+$ fixés sur les colloïdes électronégatifs (Humus, Argile ou complexe Argilo-humique). On la mesure par la quantité de cations tels que le $Ca^{++}$ pour saturer le sol. Cette acidité potentielle n'a pas de rapport immédiat avec le pH du sol.

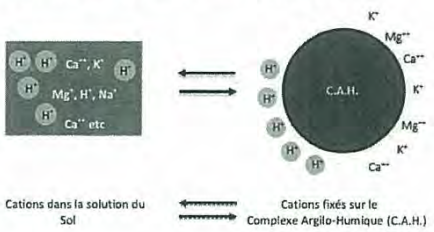



*Fig.26*

Il existe un équilibre entre les ions $H^+$ dans la solution du sol et les ions $H^+$ fixés sur le C.A.H

Le pH influe sur la dissolution des sels minéraux. La plante assimile facilement les éléments fertilisants dissous dans l'eau et améliore son rendement. Le pH influe



donc sur la fertilité. Les pH très acides ou très alcalins bloquent les éléments, ce qui réduit leur assimilation.

### 1.2 Mesure du pH

- Les tests simples de terrain sont faits généralement avec du papier pH, qui au contact du sol humide vire vers une couleur qui est codée en fonction du pH.
- Au laboratoire, la mesure se fait à l'aide d'un pH mètre sur un mélange de terre fine avec une eau distillée selon le rapport $\frac{1}{2.5}$ soit 10g de terre dans 25cm$^3$ d'eau.
  Le pH varie en fonction des saisons. En hiver, il y a dilution des ions $H^+$ par les eaux de pluie. Au printemps, l'activité biologique augmente la nitrification, ce qui fait baisser le pH.
  Notons que le sol a un pouvoir tampon lui permettant de s'opposer aux variations brutales de pH, notamment le sol riche en colloïdes.

### 1.3 Le potentiel d'oxydo-réduction : $rH_2$

Il est mesurable, c'est le cologarithme de la pression d'$H_2$.

La mesure de $rH_2$ renseigne sur les conditions d'aération du milieu. Le Gley formé dans les sols hydromorphes a un $rH_2$ élevé de l'ordre de 20.

Ces mesures sont rarement effectuées par les pédologues qui apprécient l'hydromorphie par des simples observations physiques (couleur, odeur) du profil pédologique.

## 2. Les éléments minéraux du sol

Les éléments minéraux dans le sol existent sous différents formes :

- Eléments dissous dans la solution du sol
- Eléments absorbés sous forme échangeable
- Eléments absorbés sous forme non échangeable ou fixés
- Eléments engagés dans des combinaisons complexes.

### 2.1 Les éléments dissous dans la solution du sol

Dans la solution du sol se trouvent les sels minéraux dissous. On a les bicarbonates de Ca, libérant le cation $Ca^{++}$ et l'anion $CO_3H^-$, les nitrates de chaux avec $Ca^{++}$ et $NO_3^-$, les sulfates de $Ca^{++}$ avec $Ca^{++}$ et $SO_4^{--}$, les différents chlorures avec $Na^+$,



$Ca^{++}$ et $Cl^-$, les phosphates avec $PO_4^{3-}$ et $Ca^{++}$ et beaucoup d'autres sels de potassium, de magnésium etc...

Donc, dans la solution du sol on a des cations et des anions provenant de la fraction minérale et organique du sol en plus de tout ce qui est apporté sous forme d'engrais.

On trouve aussi des pseudos solutions d'anions complexes : complexes Fe-Si, Fe matière organique.

### 2.2 Les éléments absorbés sous forme échangeable

Dans le sol on a des colloïdes électropositifs tels que les hydrates de Fer et d'Aluminium qui sont minoritaires et des colloïdes électronégatifs tels que l'Argile, l'humus et le complexe Fe-Si. Ils sont plus abondants.

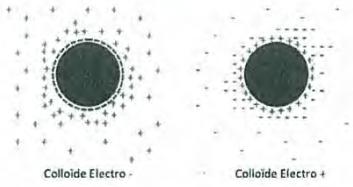



*Fig.27*

- Les molécules colloïdales sont entourées de deux couches de charge
  - La première correspond à la charge de la molécule, c'est une couche serrée.
  - La deuxième couche de signe opposé correspond aux ions absorbés, c'est une couche lâche de plus en plus diffuse.

Les colloïdes électronégatifs peuvent être assimilés à des acides faibles

Ex: Argile H $\underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}}$ Argile$^-$ + $H^+$

Avec apport de $H^+$ on a le sens 2

Avec apport d'OH- on a le sens 1

Les colloïdes complétement désaturés ne retiennent que les cations $H^+$. Mais quand la solution du sol s'enrichit en cations ($Ca^{++}$, $K^+$, $Mg^{++}$ ...) il se produit un échange avec l'ion $H^+$ sur le colloïde suivant le schéma ci-dessous :

*Fig.28*

On peut avoir un sol complétement saturé avec tous les $H^+$ échangés ou partiellement tel le cas sur le schéma ci-dessous. Cet équilibre est dynamique, quand la solution du sol s'appauvrit en un élément, le complexe colloïdal libère cet élément. Les colloïdes jouent le rôle de réserves en ions. Comme les cations sont retenus directement par les colloïdes électronégatifs, les anions sont eux aussi attirés par les cations et on a des ponts catio-anionique.

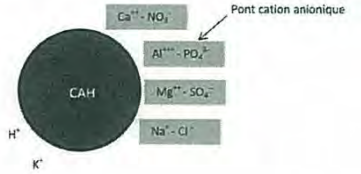



*Fig.29*

2.1 Eléments absorbés sous forme non échangeable ou fixés

Certains cations peuvent être piégés dans le CAH, Ils deviennent non absorbables – ex: $F^{+++}$, $K^+$, On parle de rétrogradation du potassium quand le $K^+$ est piégé entre les feuillets d'argile.

2.2 Eléments engagés dans des combinaisons complexes

- Certains minéraux contiennent des éléments fertilisants tels que le calcaire et le gypse (Ca), la dolomie et le feldspath (Mg) etc...
- Leur altération libère ces cations dans la solution du sol.



3. Les lois de l'échange des cations

- L'énergie d'absorption des différents ions est variable

Les ions sont absorbés suivant l'ordre préfentiel suivant : $H^+$, $Fe^{+++}$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $K^+$, $Na^+$.

Excepté le $H^+$ qui est absorbé par une forte énergie, l'ordre va selon la valence. Le $Na^+$ monovalent en présence d'autres cations est très peu absorbé. Si on met une solution d'égale concentration en $Na^+$ et $Ca^{++}$ en présence d'un sol acide on constate que le $Ca^{++}$ est fixe 9 fois plus.

L'élément dilué est plus absorbé que l'élément concentré.

Ex : si la solution du sol a un rapport $\frac{Ca^{++}}{Mg^{++}} = 50$, en présence du CAH, ce rapport passe à 10 sur la surface du complexe argilo-humique.

D'une façon générale, la proportion des cations fixés sur un sol saturé sont de l'ordre de :

$Ca^{++}$ : 80 à 90% - $Mg^{++}$ : 10% - $K^+$ 2 à3% - $Na^+$ moins de 1%

Dans un sol salé ou à alcali, la proportion du $Na^+$ augmente considérablement.

La rendzine est saturée en $Ca^{++}$, les sols acides le sont à 30 à 60% et le podzol à 20% (type de sol acide et lessivé presque inexistant en Tunisie)

4. Etat des complexes absorbants dans le sol

On définit des constantes qui caractérisent le complexe absorbant :

T : Capacité totale d'échange :

C'est la quantité maximale de cations que le sol peut fixer

S : Somme de cations métalliques échangeables. Elle correspond à la capacité totale d'échange moins les cations $H^+$.

T-S : Les ions $H^+$ échangeables.

TS = Le taux de saturation :

$$TS = \frac{S \times 100}{T}$$



La capacité d'échange est mesurée en milliéquivalents / 100g de terre

$$1\ eq = \frac{\text{Poids atomique}}{V}$$

$$1\ mq = \frac{\text{Poids atomique}}{1000\ V}$$

- Quelques données :

La capacité d'échange cationique (CEC) estimée pour :

Les acides humiques : 370meq/100g de terre
La montmorillonite : 100meq/100g de terre
La kaolinite : 10meq/100g de terre

Le sol est plus ou moins saturé en fonction de la disponibilité des cations et sa capacité d'échange cationique est fonction de sa richesse en Humus et en argiles gonflantes du type montmorillonite.

Les sols argileux ont une CEC beaucoup plus élevée que celle des sols sableux. Ceci explique le souci des agriculteurs à apporter constamment du fumier aux sols sableux pour les enrichir en humus.



# BILAN DE LA MATIERE ORGANIQUE

1. Introduction

Dans les chapitres précédents, il a été précisé que la matière organique, communément appelée Humus agit sur les qualités physiques, chimiques et biologiques du sol. L'humus apparait comme un facteur essentiel de la fertilité des sols.

Lorsque le taux de la matière organique s'abaisse au-dessous d'un minimum (1%) on assiste à une détérioration de la structure, ce qui entraine la lenteur de ressuyage du sol d'où le retard des opérations culturales, des façons aratoires défectueuses entrainant la formation de croutes, l'irrégularité de la levée des semis, la mauvaise aération et le ralentissement de l'activité biologique. Tout cela entraine automatiquement une baisse des rendements des cultures. Sans apport de matière organique, celle-ci continue à se minéraliser jusqu'à l'appauvrissement total du sol.

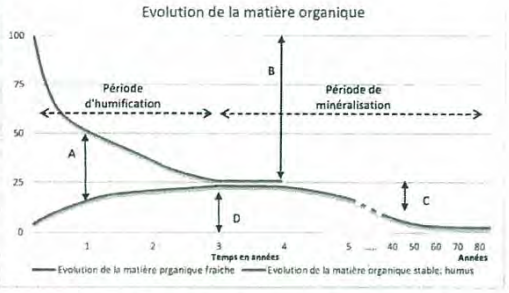
**Le but de ce chapitre est d'évaluer à quel rythme la matière végétale doit être fournie au sol pour compenser les pertes jusqu'à un niveau qu'il faut entretenir.**

2. Facteurs de destruction de la matière organique

La faune du sol se nourrit de la matière organique qui leur est fournie par les plantes. Une partie est assimilée pour former leur corps et une partie est détruite et se transforme en éléments minéraux, (gaz, $CO_2$, $H_2O$ et éléments minéraux). Les corps microbiens servent d'aliments pour d'autres et ainsi de suite.

La destruction de la matière organique ne se poursuit pas à un rythme uniforme jusqu'à son achèvement. Le schéma suivant illustre l'évolution de la matière organique. On distingue une phase rapide, pratiquement terminée en 2 ou 3 ans correspondant à la formation de l'humus stable ou humification et une phase lente de quelques décades qui est la minéralisation de cet humus

Po
urc
ent
ag
e
de
la
ma
tiè
re
org
ani
qu
e
inc
or
po




**A= Matière organique non ou peu décomposée - B= matière organique fraiche détruite - C= humus minéralisé - D= humus stable**

*Fig.30*

Lors de la destruction de la matière organique fraiche pour aboutir à un humus stable et sa minéralisation, beaucoup de facteurs interviennent pour favoriser ou défavoriser les deux processus.

2.1 Influence du climat

Le climat agit par sa pluviosité et sa température. La destruction de la matière organique est accélérée dans un sol humide mais pas saturé. Elle croît avec l'humidité jusqu'au ⅔ de sa capacité au champ et décroît avec la saturation. Ceci est justifié par un minimum d'aération pour l'activité biologique. Notons que la minéralisation reste active même avec une humidité au-dessous du point de flétrissement.

La température est le second facteur climatique important de la décomposition de la matière organique. L'optimum de l'activité microbienne se situe entre 25 et 35°C. Cette température est souvent atteinte dans le Nord du pays durant plus des ⅓ de l'année. Si on se réfère aux zones humides, l'humidité et la température optimales du sol sont présentes de la fin de l'hiver jusqu'au début de l'été (Mars à Juin). La décomposition de la matière organique est active dans ces zones. Pour les zones arides, l'absence d'humidité ralentit la décomposition.



2.2 Influence du sol

- Une structure stable assurant une porosité élevée, donc une bonne aération favorise l'activité biologique d'où la destruction de la matière organique.

- Un sol argileux, peu structuré, à porosité faible entraine une décomposition lente. Par contre, un sol léger, bien poreux accélère la décomposition.

- la destruction de la matière organique se fait rapidement dans les sols proches de la neutralité et peu basiques. Pour les sols acides qui sont rares en Tunisie, le chaulage améliore l'activité biologique et par conséquent l'humification.

2.3 Influence de la composition des végétaux et des types de cultures

Selon leur composition, les résidus des végétaux sont attaqués plus ou moins vite par les organismes du sol. Les végétaux assez riches en lignine tels que les tissus des plantes adultes subissent une décomposition lente. Les tissus tendres tels que les feuilles se décomposent plus facilement. Les légumineuses se décomposent mieux que les graminées. Plus la teneur de l'azote des tissus végétaux est élevée, plus la destruction est rapide. Ceci s'explique par le besoin des microorganismes en azote.

La destruction de la matière organique est influencée par le type de culture. Les prairies permanentes et les forêts accumulent la matière organique.

Les assolements comportant plusieurs cultures sarclées nécessitant le labour du sol, activent l'humification et la minéralisation.

## 3. Bilan de la matière organique

On estime dans le subhumide et le semi-aride supérieur que les matières végétales (résidus divers, fumier, paille, radicelles) incorporés dans le sol perdent en un an plus de 50% de leur matière organique initiale. Ce taux est porté à plus de 90% en deux ans. Le résidu est ainsi constitué en grande partie par de l'humus stable.

- Le rendement de la décomposition de la matière végétale en humus s'appelle coefficient isohumique, il est de l'ordre de 15%.
- Le rendement de la destruction de l'humus stable s'appelle taux de minéralisation de l'humus, il est de l'ordre de 2%.

Ces taux peuvent varier suivant le climat, le travail du sol et la fumure minérale (l'azote accélère la destruction de la matière organique). La variation annuelle de l'humus stable s'exprime par la formule suivante :



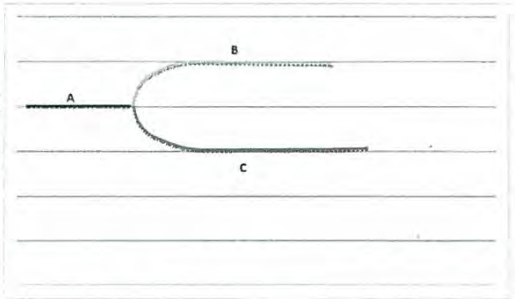
$$\Delta = IA - KH$$

**Δ = Variation de la matière organique**

**A= apport annuel de M.O. - I= Coefficient isohumique - K= taux de minéralisation H= Quantité actuelle de l'humus stable dans le sol**

Cette variation peut être positive quand on est en régime d'enrichissement du sol, ou négative en période d'appauvrissement en humus. Ceci est schématisé par le graphique ci-dessous :

Ta
ux
de
la
ma
tièr
e
org
ani
qu




**A= Régime stable ||B= régime enrichissant || C= régime appauvrissant**

*Fig.31*

Exemple :

Prenons le cas d'un sol argilo-limoneux contenant 2% de matière organique total et soumis à l'assolement betterave, blé, orge (assolement idéal pour les sols du Nord). Le poids de la couche labourée (30cm) est estimée à 4200 tonnes (10000 x 0.3 x 1.4 (da)). Celle-ci renferme 84t de matière organique en majorité d'humus stable, lequel se détruit à raison de 1.5 pour cent/an. La perte annuelle de matière organique est : 84000 x $\frac{1.5}{100}$ = 1260kg. Soit 1260kg x 3= 3780kg en trois ans (durée de l'assolement).



En enfouissant les résidus (chaumes et racines), les gains de matière organique peuvent être estimés ainsi :

| | Matière végétale produite | Matière sèche | Humus stable 15% |
|---|---|---|---|
| **Verts et collets de betteraves** | 30 tonnes | 6000kg | 900 |
| **Racines et chaumes** | | | |
| **Blé** | 35qx | 1800kg | 270 |
| **Orge** | 30qx | 1600kg | 240 |
| | | | 1410kg |

Il y a un déficit en humus de 3780kg-1410kg = 2370kg

Combien de fumier faut-il apporter tous les trois ans pour couvrir le déficit en supposant que le fumier apporte 10% de son poids en humus

$\frac{2370}{10}$ X 100= 23700kg = 24 tonnes

Pour établir l'équilibre des sols en matière organique il faut procéder à des petits calculs de ce genre. Pour cela faut-il connaitre le poids de résidus des récoltes retournés au sol ?

Ci-joint, quelques données :

Résidus organiques des différentes cultures exprimés en kg d'humus stable/ha d'après J. Herbert

| Cultures | Rendements | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Faibles | Moyens | Bons | Très bons |
| Blé : racines et chaumes | 300 | 450 | 600 | 800 |
| + paille enfouie | +500 | +750 | +1000 | +1200 |
| Feuilles et collets de betterave | 800 | 1000 | 1200 | 1400 |
| Luzerne de 20m, racines et chaume | 1000 | 1500 | 1800 | 2600 |
| Fourrages (racines et chaumes) | 300 | 400 | 450 | 500 |

## LES ELEMENTS MINERAUX FERTILISANTS DU SOL

### 1. Les cations dans le sol

Ils se trouvent dans le sol sous différentes formes :

- Dans la solution du sol sous une forme ionique ($Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $Na^{+}$).
- Absorbés par les colloïdes électronégatifs (humus et argile) subissant des échanges avec la solution du sol.
- Fixés dans des réseaux cristallins dans des complexes Fe-silice

#### 1.1 Le Calcium (Ca)

C'est un élément particulièrement important, il joue un rôle dans la nutrition des plantes, il constitue 80 à 90% des éléments échangeables et des éléments dissous dans la solution. Il favorise la floculation de l'argile et la formation d'un humus stable appelé « Mull ». C'est le « Mull » calcique qui constitue le meilleur ciment des agrégats. L'humus calcique et l'argile calcique donnent au sol une structure stable et bien développée et neutralisent l'acidité du sol en assurant l'assimilation des éléments fertilisants.

*1.1.1 Etat du calcium dans le sol*

- Le carbonate inactif

Il est très peu soluble, donc non susceptible d'être mis en solution

- Le carbonate actif (calcaire actif)

Il est formé de fines particules se trouvant texturalement dans la fraction argileuse et limoneuse. Il passe en solution sous l'action d'eau chargée en $CO_2$ ou d'acides humiques qu'on rencontre aux environs des racines en voie de décomposition.

Les sols pauvres en humus contenant du calcaire actif ont un pH élevé (entre 8 et 8.5) pouvant bloquer l'assimilation de certains éléments tels que le phosphore...

Les sols riches en humus avec du calcaire actif ont un pH entre 7 et 7.5. L'humus atténue l'effet du calcaire actif.

- Le calcium échangeable

C'est le cation fixé sur les colloïdes, capable d'être échangé avec les cations de la solution du sol.



- Le calcium soluble

C'est le cation dans la solution du sol provenant de la dissolution des sels tel que la Ca $(HCO_3)_2$ et le $Ca(NO_3)_2$ ou le Ca $SO_4$.

*1.1.2 Le comportement des plantes vis-à-vis du calcium*

On distingue des espèces calcicoles et des espèces calcifuges.

Les calcicoles résistent à la présence du calcaire même actif, tels que l'olivier, l'amandier, le figuier, la vigne etc...

Les calcifuges ne tolérant pas une forte concentration de calcium qui inhibe la nutrition en Fer et en Manganèse et provoque la chlorose (maladie de carence en fer) qui se manifeste par le jaunissement des feuilles. Les agrumes et le poirier craignent le calcium.

#### 1.2 Le Magnésium (Mg)

*1.2.1 Le magnésium dans la plante*

Le magnésium est un élément nécessaire pour toutes les plantes car il entre dans la constitution de la chlorophylle et d'autres substances. Il intervient dans l'absorption et le transfert du phosphore qui migre avec lui dans les graines.

Il existe un antagonisme entre le magnésium et le potassium. Un sol riche en potassium peut entraver l'assimilation du Mg. Le Mg peut provoquer des maladies de carence qui se manifestent sur les vieux organes par des nécroses. Les pommiers et les poiriers sont les plus vulnérables à la carence magnésienne. Certaines variétés de pomme de terre, la tomate, la betterave et la vigne sont sensibles.

*1.2.2 Le Magnésium dans le sol*

Il se trouve sous forme de combinaisons silicatées ou sous forme de carbonate de Mg (dolomie).

Il existe sous forme échangeable sur le complexe argilo-humique et la solution du sol. Il est minoritaire par rapport au calcium.

Quand le rapport $\frac{Mg}{Ca} > 1$, il se produit une mauvaise assimilation du Ca et d'autres ions.

Les limites en dessous desquelles les cultures risquent de manquer de magnésie varient de 0.1‰ pour les sols sableux à 0.2‰ pour les sols argileux.



Le Mg dans le sol est très mobile, il peut être facilement lessivé comme le calcium en sols acides. L'exportation par les récoltes varie de 20 à 50kg de MgO par ha. Les légumineuses et la betterave prélèvent le plus. Les arbres fruitiers prélèvent le moins car les feuilles retournent au sol.

*1.2.3 Les apports de magnésie en agriculture*

En Tunisie, les apports sont rares, car les sols assez riches en calcaire contiennent souvent du Magnésium. Les carences sont observées dans les sols sableux des zones bien arrosées du Nord (ouachtata). Pour éviter ces carences, il faut apporter souvent du fumier qui en contient suffisamment. Il faut signaler aussi que les eaux de pluies contiennent du Magnésium notamment à proximité de la mer (0.8mg/1mm).

Généralement, les apports de Magnésie sont effectués suite à l'apparition de carences.

Souvent, on se contente d'une pulvérisation répétée d'un sel de magnésie dans les vergers carencés.

#### 1.3 Le potassium (K)

*1.3.1 Rôle du potassium dans la plante*

Le potassium joue un rôle important pour le développement des végétaux. Les cendres des végétaux en contiennent une forte proportion. Les plus fortes valeurs se rencontrent dans la pomme de terre et la paille. La première en contient de l'ordre de 2 à 3.5g de $K_2O$ dans 100g de matière sèche. Quant à la paille des céréales, elle renferme de l'ordre de 0.5 à 1.5% pour le blé et de 1.2 à 3% pour l'orge.

Il entre dans la constitution des végétaux. Les sols insuffisamment pourvus ne permettent pas un développement normal des plantes. Il intervient dans la formation des tissus végétaux et participe activement à la photosynthèse. Il facilite le métabolisme de l'azote.

*1.3.2 Le potassium dans le sol*

Un grand nombre de minéraux silicatés renferment du potassium (argiles : illites, muscovite, biolite). Ce potassium faisant partie du minéral n'intervient dans la fertilisation qu'après sa libération suite à l'altération du minéral. La partie libérée se perd très peu par le lessivage. Elle se fixe sur le complexe absorbant et participe au phénomène d'échange entre le complexe et la solution du sol. Les cations échangeables peuvent l'être en totalité pour certains comme le calcium et en partie



comme pour le potassium. Les sols accumulent le potassium ; mais généralement le potassium fraichement incorporé au sol participe mieux à l'assimilation par les plantes. Le potassium peut subir des phénomènes de rétrogradation, c'est-à-dire passer de l'état échangeable à l'état non échangeable.

Le potassium possède une caractéristique propre à lui. Il subit une rétrogradation quand il se trouve en grande quantité. Il pénètre entre les feuillets de l'argile et se trouve emprisonné. L'appauvrissement du sol en K peut entrainer le K de la forme non échangeable à la forme échangeable, c'est la régénération.

Dans les sols argileux contenant de l'illite (cas de certains sols du Nord), l'exportation du K prélevé de la solution du sol entraine le passage du K absorbé sur les colloïdes vers la solution. Quand le K échangeable des colloïdes s'épuise, il se produit le phénomène de régénération qui consiste à libérer le K piégé entre les feuillets et le rendre échangeable.

*1.3.3 La fumure potassique : fumure de fond, fumure d'entretien*

Pour assurer correctement la fumure potassique, le sol doit contenir un certain niveau de réserve de potassium échangeable. Si ce niveau est très bas, la fumure potassique servira d'abord à élever le taux de potassium jusqu'à la valeur optimale : c'est la fumure de fond. Ce niveau, une fois atteint, il y a lieu de restituer au sol les quantités de potasse exportées par les récoltes : c'est la fumure d'entretien.

La fumure potassique doit être appliquée assez tôt avant les semis. Le potassium ne risque aucun lessivage car il est bien absorbé par les colloïdes. La fumure est généralement annuelle, soit non fractionnée.

### 2. Les anions

#### 2.1 Acide phosphorique

*2.1.1 Besoins des plantes en phosphore*

Le phosphore a un rôle important dans les phénomènes biologiques. La carence phosphorique se traduit par des troubles graves du métabolisme végétal ou animal. Le sol doit contenir donc des réserves phosphoriques importantes pour subvenir aux besoins des cultures.

Dans ce rôle physiologique, on distingue trois aspects principaux :

- Le phosphore entre dans la constitution de nombreux composés biochimiques. Il est donc indispensable à l'élaboration des constituants fondamentaux de la cellule.
- Le phosphore participe à un grand nombre de réactions biochimiques (métabolisme des glucides, respiration)
- Les ions phosphoriques servent de transporteurs d'énergie.
  Dans la photosynthèse, le métabolisme du phosphore est plus important que celui du carbone.

Les besoins de culture dépendent de l'espèce et du rendement. Pour le blé on estime à 1 à 1.6kg de $P_2O_5$/quintal de grain produit, entendu qu'il faut tenir compte de la paille si elle n'est pas enfouie.

Le tableau ci-dessous donne les besoins des principales cultures.

**Besoin des récoltes en Phosphore**

| Cultures | $P_2O_5$ en Kg/ha |
|---|---|
| Blé | 80 à 100kg $P_2O_5$/ha |
| Céréales secondaires | 75 à 80 |
| Pomme de terre | 90 à 110 |
| Betterave | 100 à 120 |
| Prairies de fauche | 70 à 120 |
| Légumineuse fourragère | 80 à 120 |

Le sol doit être bien nanti en Phosphore pour assurer un rythme d'alimentation compatible avec la croissance active des plantes au cours de leur période de développement. La fumure phosphatée est généralement appliquée pendant les labours. Le risque de lessivage est très faible car les ions $PO_4^{---}$ sont bien fixés sur le complexe par l'intermédiaire des cations.

*2.1.2 Etats du phosphore dans le sol*

- Ions phosphoriques absorbés

C'est la fraction la plus importante car à partir d'elle que les plantes s'alimentent. Il s'agit de la partie retenue sur les cations absorbés par les colloïdes électronégatifs.



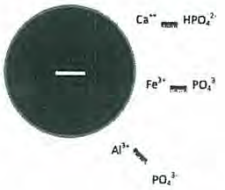



*Fig.32*

En sol acide, les phosphates de Fe précipitent et celles d'Al sont disponibles.

En sol calcaire, le phosphore se trouve à l'état $(PO_4)_2$ $Ca_3$ et certains ions de $PO_4$ sont absorbés à la surface des grains de calcaire.

Les ions phosphoriques absorbés sont mobiles

$PO_4$ absorbés ⇄ $PO_4$ dans la solution des sols

C'est le phosphore échangeable ou autodiffusable

- Le phosphore à l'état fixe

Le $PO_4^{3-}$ lié à l'argile perd une partie qui s'introduit entre les feuillets de l'argile et peut même remplacer $SiO_2$, cette partie devient non échangeable et ne participe pas à la nutrition des plantes.

- Dans les sols calcaires : Les phosphates calciques peuvent précipiter sous forme microcristalline
- Dans les sols acides : le phosphate ferrique devient de plus en plus insoluble lorsque le pH s'abaisse.

L'optimum d'assimilabilité se situe à pH moyen de 6 à 7.

- Passage de l'état fixé à l'état échangeable
  - Les variations de gonflement et de retrait de l'argile libèrent le phosphore.
  - Les acides humiques solubilisent $P_2O_5$ fixé sur les calcaires, les oxydes ferriques et les argiles).



  - Le chaulage, des sols acides libère une partie des phosphates ferriques et augmente leur solubilité.
- La Forme organique

La matière organique renferme du phosphore qui est libéré lors de sa décomposition. Cette fraction n'est pas négligeable dans les sols riches en matière organique. Elle peut atteindre les 30 à 50% du phosphore total. Aussi, l'humus en tant que colloïde retient le phosphore. Il se forme des complexes phospho-humiques qui constituent une forme particulièrement mobile participant efficacement à la nutrition des plantes.

Conclusion :

Le problème de l'alimentation phosphorique des plantes et de la détermination du niveau des réserves phosphatés des sols est généralement peu connu, il s'en suit des imprécisions dans les conseils de fumure.

On doit normalement se baser sur les expérimentations effectuées sur les différents types de sol pour mieux adapter les fumures. Même les méthodes de dosage de l'acide phosphorique assimilable sont trop conventionnelles et ne traduisent pas principalement la réalité.

2.2 Le soufre

*2.2.1 Le soufre dans les végétaux*

La teneur en soufre des végétaux est variable. Les fortes teneurs sont contenues dans le colza et l'ail, les moyennes dans les crucifères et les plus faibles dans les graines des céréales. Ce soufre entre essentiellement dans la composition des protéines.

*2.2.2 Le soufre dans le sol*

- Teneur des sols en soufre et perte par drainage.

Le soufre est surtout présent dans les sols sous forme de combinaisons organiques dont l'évolution libère des produits oxydés et réduits ($SO_2$ – $SH_2$) qui sont solubles à l'exception du sulfure de Fer. Une bonne partie de ce soufre est lessivée. Les pertes annuelles sont évaluées à 30 à 50kg par hectare dans les milieux bien arrosés.



- Source du soufre

  - Les engrais :
    - Les sulfates de K et d'ammonium
    - Les superphosphates
    - Le fumier de ferme
    - Le soufre élémentaire (traitement anticryptogamique)
  - Les apports aériens surtout aux environs des zones industrielles.

Remarquons qu'on a tendance à remplacer l'engrais superphosphate riche en soufre par l'engrais superphosphate triple ne contenant pas de soufre. Pour les sols pauvres en matière organique, il y a un risque de pénurie de soufre dans les sols.

*2.2.3 Evolution des composés soufrés dans les sols*

Le soufre se trouve dans le sol soit à l'état minéral $SO_4^{--}$ soit pour la grosse partie à l'état organique en combinaison avec l'azote dans l'humus. C'est sous la forme d'ion sulfate que le soufre est assimilé par les plantes. Les colloïdes électronégatifs (hydroxydes de Fer) retiennent légèrement les ions $SO_4^{--}$ qui sont en équilibre avec la solution du sol. La source de $SO_4^{--}$ provient essentiellement de la minéralisation de la matière organique.

On tendance à négliger l'importance du soufre dans le sol car ce dernier est souvent bien pourvu.

Depuis le remplacement du superphosphate 16% qui contient du soufre en superphosphate triple 45% dépourvu de soufre. On observe des déficiences en soufre des cultures plus ou moins long terme.

## LES OLIGOELEMENTS

Plusieurs éléments sont indispensables à la nutrition des plantes mais à l'état de traces car ils exercent une action essentiellement catalytique. Une forte concentration à l'état soluble peut entrainer des effets toxiques. Le Fer et le magnésium compte-tenu de leur importance particulière sont étudiés avec plus de détail.

### 1. Le Fer (Fe)

#### 1.1 Le Fer dans la plante

Le fer est indispensable à la formation de la chlorophylle. La carence en fer donne lieu à des phénomènes de chlorose qui se manifestent en premier lieu sur les parties jeunes des plantes (bourgeons, jeunes feuilles, fleurs). Le Fer est parmi les oligoéléments, celui que la plante renferme en plus grande partie. Les épinards et le persil arrivent à renfermer 50 à 150 ppm de matière sèche.

#### 1.2 Le Fer dans le sol

Les sols renferment des quantités élevées atteignant 2% en moyenne. C'est un constituant présent dans plusieurs minéraux primaires (biolite, olivine...), minéraux silicates (Argiles gonflantes) et oxydes hydratés (goethite).

Le Fer se trouve normalement dans le sol à l'état ferrique c'est-à-dire oxydé. Sous cette forme, il est très peu soluble en milieu neutre ou basique. Il ne devient soluble qu'en milieu acide. Il se trouve à l'état ferreux dans les milieux réducteurs (sols hydromorphes).

Les racines ne peuvent s'alimenter en Fer en milieu basique que si elles les dissolvent elles-mêmes par leurs sécrétions. En milieu réducteur, les racines sont inactives.

#### 1.3 Symptômes et causes de la carence en Fer

Les problèmes posés par le Fer dans la pratique agricole concernent le traitement des carences. Cette carence est appelée communément chlorose qui se manifeste par une décoloration (jaune clair) du Limbe de la feuille. Dans les cas graves, apparaissent des nécroses qui font chuter les feuilles.



Trois causes pour ces carences :

- Sur les terrains calcaires aux sols riches en calcaire actif les plantes calcifuges sont atteintes (poirier, fraisier, pêcher). C'est la réaction alcaline qui empêche la mobilisation du fer ferrique.
- L'excès des éléments autres que le Fer (cuivre, Zinc...) qui sont les éléments antagonistes.
- L'insuffisance du potassium qui atténue l'acidification au niveau de la rhizosphère.

Le traitement de la chlorose consiste à : 1- Mettre du fer assimilable à la disposition des plantes

2- Rendre plus assimilable le fer préexistant.

Dans le premier cas, on procède par des pulvérisations foliaires par des sulfates de fer et d'ammonium ou par des chélates.

Dans le deuxième cas on agit sur le sol pour atténuer son alcalinité par des apports organiques qui favorisent la mobilisation de Fer.

En conclusion, le meilleur traitement de la chlorose est :

- D'éviter les plantations calcifuges sur les sols riches en calcaire actif.
- Choisir des porte-greffes calcicoles.
- D'appliquer de produits chélates efficaces.
- D'enrichir le sol en Humus pour atténuer l'alcalinité.

### 2. Le Manganèse (Mn)

#### 2.1 Rôle dans la plante

On considère que le Mn est indispensable pour l'activité maxima des divers enzymes et qu'il catalyse la réduction des nitrates. Il est très bénéfique pour le développement des plantes en très faibles doses. On l'exprime en ppm.

#### 2.2 Le Manganèse dans le sol

Le Mn se rencontre dans le sol sous les formes suivantes :

- A l'état d'ion manganeux, $Mn^{++}$ échangeable, donc assimilable.
- A l'état bi, tri ou tétravalent sous forme d'oxydes, anhydres ou hydrates pouvant former des concrétions. C'est la forme la plus répandue.



- Sous forme de sels peu solubles : phosphates, silicates, carbonates (dans les sols riches en calcaire)

- En liaison organique.

#### 2.3 Carence de Manganèse

Elles apparaissent quand le sol est basique, favorisant son blocage. La chlorose provoquée par cette carence apparait entre les nervures de la feuille et elle est plus diffuse que la chlorose ferrique. La correction se fait par pulvérisation foliaire de sels manganeux. (Sulfate de Mn à 3% pour les arbres fruitiers).

### 3. Le cuivre (Cu)

- Il joue le rôle comme constituant de diverses enzymes d'oxydation dans la plante.

- Il se trouve dans le sol en faibles quantités variant de 1 à 1000 ppm. Les sols recevant des traitements anticryptogamiques à base de Cu sont plus riches.

- L'alimentation en cuivre est conditionnée par :

  - La richesse de la roche mère ou des minéraux constituant le sol.
  - L'élévation du pH qui diminue l'assimilabilité.
  - Etant énergiquement fixé par la matière organique, il risque de manquer dans les sols très riches en humus, cas rares en Tunisie.

- Les carences

Les symptômes de carences se manifestent par des chloroses d'aspects différents. Les céréales se décolorent jusqu'à la teinte blanche des pointes du feuillage. Par la suite, il se produit le flétrissement. Pour les petits pois, les gousses d'aspect extérieur saines mais violettes à l'intérieur. Pour les arbres fruitiers, on a des nécroses des feuilles et de feuillaison à partir de l'extrémité des pousses.

Le traitement des carences en Cu se fait par pulvérisation du feuillage par des sels de Cu (Sulfate de cuivre, acétate et certains oxydes).

Compte tenu de sa faible mobilité dans le sol, il est préférable d'éviter l'application du Cu dans le sol. Une telle correction nécessite de fortes doses de sulfate de Cu.



### 4. Le Zinc (Zn)

- Comme tous les autres métaux, le zinc rentre dans la composition de certains constituants notamment les enzymes.

- Dans le sol, il provient de la décomposition des roches et des minéraux. Il existe en faibles proportions de 0.05 à 0.01‰. Le zinc est libéré sous forme ionique et absorbé sur les colloïdes électronégatifs.

- Des carences ont été observées dans les sols acides (sols lessivés) et dans les sols basiques riches en calcaire actif.

La luminosité favorise les carences en Zn, fait observé dans les climats méditerranéens.

Les symptômes s'observent essentiellement sur les arbres fruitiers. Les feuilles sont petites avec apparition des plages chlorotiques sur les limbes. On observe aussi un raccourcissement des entre-nœuds parmi les plantes annuelles, le haricot et le maïs sont les plus sensibles.

- Le traitement se fait par pulvérisation des feuillages à partir de sel de Zn (sulfate de Zn). Comme pour le Cu, le Zn est peu mobile dans le sol. Pour qu'il soit efficace il faut de fortes doses.

### 5. Le Bore (B)

- Pour les plantes, le bore intervient dans l'absorption et le métabolisme des cations et notamment le calcium, dans la régulation de l'absorption de l'eau et dans le métabolisme des glucides.

- Dans le sol, il existe à faible doses, de 0.003 à 0.1‰. Il abonde dans les roches éruptives et métamorphiques où il existe sous forme inassimilable dans la tourmaline (borosilicate d'aluminium). Les autres formes existant dans les sédiments d'origine marine et dans la matière organique sont plus assimilables.

- Les carences de Bore s'observent dans les terres acides et basiques. Les symptômes apparaissent sur les parties les plus jeunes des plantes. La mort du bourgeon terminal suivie du départ des bourgeons auxiliaires donne aux plantes un aspect buissonneux.

Les plantes les plus sensibles sont les variétés de choux (choux fleur), les betteraves et les navets (On parle de pourriture du cœur), les légumineuses fourrageres (« jaune » de la luzerne), les pommes de terre, le cèleri (tige craquée), la vigne et les arbres fruitiers (tâches ligneuses dans le fruit).

- Le traitement se fait par l'application de borate de soude (Borax) en traitement du sol, ou de préférence par des pulvérisations des bois et des branches.

Retenons que les doses toxiques sont de peu supérieures aux doses utiles d'où la prudence dans l'application des doses. On conseille 20kg de Borax soit 2kg de B/ha.

### 6. Le Molybdène (Mo)

- Le molybdène (Mo) joue un rôle important dans le métabolisme de l'azote. Il est même essentiel pour les bactéries fixatrices d'azote.

Le Mo existe dans le sol à faible dose, soit 0.1 à 5 parties de Mo par million en moyenne. Il peut avoir des valeurs beaucoup plus élevées dans les roches sédimentaires argileuses.

L'assimilabilité des Mo croît avec le pH. La présence de la matière organique facilite également l'absorption.

- Les plantes les plus sensibles sont : les choux, les légumineuses, le pois, l'avoine, l'épinard, la tomate, la laitue, le citrus.

Les symptômes se manifestent par la moucheture chlorotique des feuilles.

- Le traitement se fait par l'élévation du pH ou par l'application du Molybdène (1kg/ha de molybdène d'ammonium).

L'excès de Mo dans l'alimentation animale provoque des troubles graves.

### 7. Le Cobalt (Co)

Si le Cobalt est considéré comme un oligoélément important, ce n'est pas principalement pour les plantes mais surtout pour les animaux où il est nécessaire.

Le cobalt existe dans le sol en quantités suffisantes principalement dans les sols calcaire. Le traitement de la carence en cobalt d'animaux se fait par application de Co aux cultures fourragères.

En conclusion, on peut dire que la plupart des sols sont bien nantis en oligoéléments, donc il est inutile de programmer systématiquement des doses avec les engrais minéraux classiques.

**La Fumure en oligoéléments doit se faire à chaque apparition des signes de carence**



# DIAGNOSTIC DES SOLS

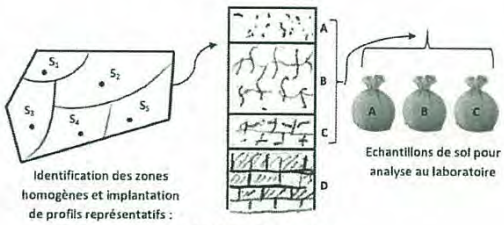
## 1. Sélection des sols à diagnostiquer

Généralement, l'agriculteur fait appel à des agro-pédologues pour diagnostiquer le sol constituant la totalité de son exploitation et non pour apprécier la qualité du sol d'un point bien précis, pris au hasard.

Pour bien répondre à la demande de l'agriculteur, l'agro-pédologue doit procéder à la cartographie des sols constituant son domaine.

Au moyen de cartes topographiques et d'images et photos, l'agro-pédologue procède à l'identification des zones homogènes qui seront par la suite identifiées chacune par un profil pédologique et diagnostiquées.

Cette opération s'impose car les sols pourraient bien changer au sein même d'une exploitation agricole.




Identification des zones homogènes et implantation de profils représentatifs :

$S_1$ - $S_2$ - $S_3$ - $S_4$ - $S_5$

Description des sols horizon par horizon

Echantillons de sol pour analyse au laboratoire

Fig.33

## 2. Description des profils pédologiques

### 2.1 Préparation du profil

Une fosse rectangulaire de 1.20m x 0.8m, de profondeur 1.5m est ouverte à l'endroit à observer. L'une des faces doit être orientée de façon à être bien éclairée.



La profondeur est variable suivant le type de culture et le sol. Pour l'arboriculture, on exige 1.5m et pour les cultures annuelles 0.8m à 1m.

La nature du sol peut limiter la profondeur qui ne peut aller au-delà de la roche mère.

La paroi à décrire est grattée avec un piochon et un couteau pour supprimer la surface lissée par la pioche et la bèche et faire apparaitre les fissures (structuration) et les racines.

### 2.2 Observations principales de terrain

- Description de l'environnement immédiat du profil. On décrit l'occupation du sol, la topographie, la pente, l'érosion, l'état de surface.

- Distinction des horizons dans le profil.

Les horizons superposés se distinguent par la couleur, la structure, la texture, l'enracinement, la consistance et la cohésion.

- Description des horizons :

- La profondeur de l'horizon : Elle est tout simplement mesurée en cm avec des précisions concernant la transition qui peut-être nette, progressive, horizontale, discontinue etc...
- La couleur : peut-être qualifiée par l'observateur ou systématiquement identifiée par le code des couleurs Munsel à l'état sec et à l'état humide. Elle renseigne sur la richesse du sol en matière organique.
- L'humidité (sec, frais, humide, très humide).
- La cohésion et la consistance. Ce sont des paramètres qui traduisent l'arabilité du sol et surtout sa stabilité.
- Les vides : porosité (pores, fentes, fissures) pour traduire l'aération du sol.
- Racines : abondance, dimension, orientation, suivent les fentes et les fissures ou pénètrent l'agrégat. Ceci permet d'apprécier l'exploitation de la masse de sol par les racines.
- Activité biologique : signalement de traces (Turriculés, galeries...).
- Eléments grossiers : (graviers, cailloux, pierres, blocs).
- Eléments figurés : tâches, pseudomycélium, amas, nodules, concrétions, croutes, encroutement etc... Ces renseignents sont utiles pour comprendre la pédogenèse et l'évolution du sol
- Structure : forme, netteté, consistance, porosité, stabilité. (voir le chapitre : structure).



- Texture : appréciée au toucher (voir le chapitre : texture)
- Réaction à l'Hcl : pas calcaire (absence d'effervescence) peu calcaire (faible effervescence) et calcaire (vive effervescence).

### 2.3 Analyse au laboratoire

Les analyses courantes concernent :

- Proportion des éléments grossiers
- La granulométrie des constituants minéraux
- La matière organique ou le carbone
- Le calcaire total et calcaire actif
- Le pH
- La conductivité électrique et les sels solubles
- La capacité d'échange cationique
- La capacité de rétention pour l'eau
- L'humidité à pF = 4.2 ou point de flétrissement
- Les éléments majeurs = $P_2O_5$ – $K_2O$ et autres éléments

## 3. Interprétation

L'interprétation des caractéristiques du sol se fait en fonction de l'objectif visé : cultures en sec ou en irrigué, arbustives ou annuelles etc... L'interprétation et le jugement de valeur change avec la qualité de l'eau utilisée.

Pour juger la fertilité on détermine :

- Les caractéristiques favorables d'une façon générale.
- Les caractéristiques défavorables d'une façon générale.
- Par la pondération des uns par rapport aux autres, on peut apprécier qualitativement le niveau de fertilité.

Pour déterminer la vocation des sols, il faut à priori connaitre les qualités édaphiques qu'exigent les cultures.

C'est ainsi qu'un sol apte aux cultures annuelles n'est pas obligatoirement apte à l'arboriculture. Aussi, on peut avoir un sol apte à la vigne et à l'olivier et inapte au poirier et aux agrumes.

Les conditions édaphiques des différentes cultures doivent être préétablies par les agronomes.

# FERTILITE DES SOLS
# APTITUDE CULTURALE

## 1. Notion de Fertilité

- C'est la capacité du sol à produire d'une façon durable sans affecter son potentiel de production agricole.
- La Fertilité des sols englobe les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

➔ L'étude du sol et de sa fertilité doit se fonder sur 3 séries de données :

✓ Données de constitution (éléments minéraux, la matière organique)

✓ Données structurales (structure, porosité, perméabilité)

✓ Données relatives aux dynamiques (le fonctionnement et l'évolution du sol qui peut être bonifiante ou dégradante)

## 2. Appréciation de la fertilité

- Le jugement de valeur des sols ne peut être valablement formulé qu'en fonction de l'objectif recherché et que pour un secteur bioclimatique bien déterminé.
- Pour l'appréciation de la fertilité, il faut un diagnostic approfondi des caractéristiques inhérentes au sol et à l'environnement.

### 2.1 Caractéristiques inhérentes au sol à prendre en considération

Données de terrain :
- La profondeur utile exploitable par les racines
- L'assise pédologique (matériau d'apport, roche géologique etc...)
- La texture et la structure et sa stabilité (porosité, perméabilité)
- La Pierrosité
- La matière organique, l'enracinement et toute activité biologique
- Couleur, tâches, hydromorphie (Gley, Pseudogley)



Au laboratoire :
- Analyse granulométrique
- Humidités caractéristiques (capacité de rétention, point de flétrissement, réserve utile d'eau)
- Salure, alcalinité, pH.
- Capacité d'échange cationique
- Teneur en calcaire total et actif
- Humus
- Fertilité chimique N-P-K

### 2.2 Caractéristiques inhérentes à l'environnement

- Le modèle de relief conditionnant la dynamique de l'eau
- Le bioclimat (Pluviométrie, Température)
- La géologie
- Les modes d'exploitation

### 2.3 Principe de la hiérarchie de la Fertilité des sols

On part du principe que tout sol présente des caractéristiques favorables et défavorables (Déficiences) et en fonction de l'importance des unes par rapport aux autres on établira une hiérarchie de la fertilité des sols.

#### *2.3.1 Caractéristiques favorables*

- Terrain homogène, sans accidents et plat à faible pente
- Absence d'érosion
- Sol drainant avec absence d'hydromorphie et de salinité
- Sol profond ne présentant pas d'horizons imperméables
- Absence d'éléments grossiers (cailloux, pierres...)
- Texture ni trop fine ni trop légère, assurant une capacité de rétention pour l'eau de plus de 20%.
- Sol bien structuré, stable, poreux et perméable.



- Teneur en calcaire faible et très faible pour le calcaire actif, le pH doit se situer dans l'intervalle : 6<pH<8.
- Aucun risque de salinisation, lessivage possible.
- Assez riche en matière organique et en éléments fertilisants sans éléments toxiques.

#### 2.3.2 *Les facteurs limitants et les caractéristiques défavorables*

**a) Les facteurs limitants**

$a_1$) Facteurs limitants absolus : Toute agriculture est presque impossible

- Très fortes pentes
- L'érosion totale
- L'hydromorphie permanente
- Salure excessive en zone dépressionnaire

$a_2$) Facteurs limitants importants : La correction des terres exige des investissements importants

- Sols très peu profonds sur roche dure ou croute épaisse
- L'excès d'eau permanent
- Teneur en calcaire actif excessive
- Forte salure en sol lourd

**b) Caractéristiques défavorables**

$b_1$) Caractéristiques défavorables majeures :

Elles constituent des inconvénients inhérents au sol ou acquis par lui mais susceptibles de modifications ou de traitements par l'homme au moyen d'investissements limités. Elles concernent :

- Les pentes fortes présentant des risques d'érosion
- La faible épaisseur du sol sur un substratum tendre, sol susceptible d'être approfondi.
- L'excès d'eau temporaire de surface ou permanent de profondeur exigeant des travaux de protection ou d'assainissement.
- Teneur en calcaire actif entre 15 et 25%.
- Les fortes charges caillouteuses exigeant un épierrage.



- L'excès de sel en sol léger.
- Les faibles réserves en eau.

$b_2$) Caractéristiques défavorables mineures :

Ce sont des petites contraintes qui n'ont jamais empêché la mise en valeur – Elles concernent :

- L'épaisseur des horizons meubles
- L'excès d'eau temporaire en profondeur ou mauvais drainage interne
- La charge caillouteuse entre 30 et 60%
- La teneur en calcaire actif entre 7 et 15%
- La texture peu favorable
- Faible fertilité potentielle dont la correction est facile (fumure et amendement)

**A partir de cette classification des contraintes, chaque sol est pondéré par ses contraintes et ce en fonction de l'objectif de son utilisation**

Exemples :

- Pour les cultures annuelles on accorde une importance capitale à l'horizon de surface susceptible de recevoir les façons culturales pour former un bon lit de semence.
- Pour l'arboriculture, la profondeur du sol, la structure et la texture tiennent une place de choix
- Pour les cultures irriguées la RFU/cm de sol et le drainage constituent des données de base
- Pour l'irrigation, l'absence de pentes, le drainage interne et externe, la réserve utile en eau et une structuration stable conservant la perméabilité du sol sont des qualités exigées pour les périmètres irrigués.

## 3. Aptitude des sols

### 3.1 Aptitude des sols pour les cultures annuelles

- Importance capitale à l'horizon de surface

- Critères défavorables se rapportant aux horizons profonds ont un impact faible sur les cultures annuelles

*3.1.1 Cultures annuelles en sec*

Définition des classes :

$C_1$ = Sols de bonne qualité pour les cultures annuelles aucune contrainte

$C_2$= Sols d'assez bonne qualité à moyenne avec quelques caractéristiques défavorables mineures

$C_3$= Sols de qualité passable, plusieurs caractéristiques mineures défavorables ou une majeure

$C_4$= Sols de qualité médiocre avec plusieurs caractéristiques majeures défavorables ou nombreuses caractéristiques mineures défavorables

*3.1.2 Cultures maraichères*

Elles sont nombreuses et exigent des qualités de sol différentes. La pomme de terre exige des horizons de surfaces meubles et assez légers alors que l'artichaut s'adapte bien aux terres lourdes.

Généralement dans les cartes pédologiques on définit 3 classes :

$M_1$ = Sol de très bonne qualité sans déficiences

$M_2$ = Sol de qualité inférieure présentant quelques caractéristiques défavorables mineures.

$M_{3l}$ = Sol apte aux cultures maraichères supportant la texture fine

$M_{3g}$ = Sol apte aux cultures maraichères s'adoptant bien aux textures grossières

Aptitude des sols pour les plantations arboricoles

- L'aptitude des sols est conçue par classe de pluviométrie et par classe d'espèces fruitières.



- Sont considérés inaptes à l'arboriculture en les terres :

  - Situées au-dessous de l'isohyète 150mm
  - Présentant des pentes supérieures à 20%
  - A salure importante
  - Ayant une épaisseur de couche meuble inférieure à 40cm

Définition des classes :

$P_1$ = Sol de très bonne qualité pour l'arboriculture aucune contrainte

$P_2$= Sol de bonne qualité pour l'arboriculture - profond avec quelques caractéristiques mineures défavorables

$P_3$= Sol de qualité moyenne, assez profond avec plusieurs caractéristiques défavorables mineures ou une majeure

$P_4$= Sol de qualité médiocre, à réserver aux variétés résistantes (Amandier, olivier, figuier) plusieurs caractéristiques majeures défavorables avec de nombreuses caractéristiques mineures défavorables

Le classement pour l'arboriculture en irrigué est presque le même avec une exigence d'une certaine perméabilité du sol pour assurer le drainage.

# B-9 Text for Farmers

- Organic fertilization
- Mineral plant nutrition
- Crop management of out season potato
- Potato protection against late blight
- Required water volume of water saving irrigation
- Maintenance of water saving irrigation equipments

وزارة الفلاحة والبيئة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع تنمية المناطق السقوية
بالشمال التونسي
(DPINT)

# التسميـد العضـــوي والأنمـــاط الزراعية

# بالأراضـي الفلاحـية السقويــة

## مقدمـــة

أعدت هذه النشريه حول التسميد العضوي بالأراضـــي الفلاحية السقويـــة لفائدة مزارعي مناطق سجنان و نفزة وفرنانة، وذلك في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بالشمال التونسي (DPINT). وقد تم تحديد الموضوع بسبب الاستعمال الضئيل للسماد العضوي من طرف الفلاحين بمناطق تختص بتربية الأغنام والأبقار مثل سجنان أو فرنانة. أما عن المحتوى فقد اعتمدنا وثائق علمية مختصة في الموضوع وبض المعطيات عن طريق الأنترنات.

## I- المواد العضوية والأنماط الزراعية

إن لأي نمط زراعي أثر سلبي أو إجابي على نسبة المواد العضوية بالتربة وعلى التطور الزمني لهذه النسبة إذ أن للكتلة النباتية المنتجة بالضيعة من ثمار وأغصان وأوراق وجذور ثلاث مسارات محتملة:

- تباع وتغادر الضيعة جزئيا أو كليا( حبوب، خضروات إلخ...)
- تحوّل عن طريـق الحيوان إلى سماد عضوي وتعود إلى التربة(أعلاف مختلفة)
- ترجع مباشرة إلى التربة بدفن بقايا الزراعـات أو السمـاد الأخضر، وفي هذه الحالة وسـابقتها تساهم المـواد النباتية المنتجة في تكوين المخزون العضوي للتربة الذي يعرف الزيادة والنقصان حسب نوع الدورة الزراعية المتبعة بالضيعة.

فالاكتفاء بزراعة الخضروات مثلا ينقص كثيرا من كمية المواد العضوية التي تعود إلى الأرض خلافا للحبـوب أو الأعلاف التي يعـــود جزء هـــام منها إلى التربة ويساهم فـــي الحفـاظ على خصوبتهـــا.

إذا يمكن القول أنّ:

**الاقتصار على زراعـة الخضروات بقطعة الأرض الواحدة يؤثر سلبا مع مـرور الزمن على المخزون العضوي للتربة،بالإضافة إلى الآفات والأمراض التي تزداد وتشتد خطورتهـــا على الزراعة.**

**صورة رقم 1: ردم "الغبار" ضروري للمحافظة على نسبة مُرضية من المادة العضوية بالتربة**

## II-المواد العضوية وخصوبة التربــة

تمثّل المواد العضوية نسبة ضئيلة بالأراضي الفلاحية، غير أن لهــا أهمية بالغة في التأثير على خصوصيات هذه الأراضي والحفــاظ على خصوبتها. كيف ذلـــــك؟

### 1- جرد لمختلف تأثيــرات المواد العضوية على التربة

#### ا) المواد العضوية كسماد

تحتوي المادة العضوية على المكونـات الكيميــائية الضرورية للنبتة. وإثر تفكك هذه المادة تحت مفعول الرطوبة والتهوية، تتحول المكونات من الصيغة العضوية إلى صيغة معدنية قابلة للامتصاص بواسطة الجذور.
هذا وإن سماد حيواني"غبار" متوسط النوعية يمكن أن يوفر للنبات في مدّة وجيزة:

- **ثلث الأزوط الذي يحتويه**
- **نصف الفسفـــور**
- **أغلب كمية البوطــاصيوم**

ويحتوي **الطن الواحد** من السماد العضوي بصفة تقريبية علـــى:

- **أزوط (N) :---------- 5،7 كيلو غرام( 17 كغ من مادة الأمونيتر)**
- **فسفـــور($P_2O_5$) :---- 3،6 كيلو غرام( 8 كغ من مادة فسفاط 45% )**
- **بوطاسيـــوم ($K_2O$) :--- 5،3 كيلو غرام(10 كغ من مادة سلفاط البوطاس)**

والجدير بالملاحظة أن هذه المقــادير تختلف من سماد إلى آخر ( أغنام، بقر، خيل...) وتتغير كذلك مع نوعية الأعلاف التي يتناولها الحيوان وما تحتويه هذه الأعلاف نفسها من مكونات كيميائية.

#### ب) ظروف تحول المادة العضوية إلى معدنية

لتلعب المادة العضوية دورها في تغذية النبات، يجب أن تتحول المكونات الكيميائية التي تحتويها من صيغتها العضوية إلى الصيغة المعدنية بمفعول بكتيريا مجهريه تنشط كلما توفّرت لها الرطوبة والاكسيجان المتأتي من التهوئه.
فبالنسبة للازوط، يمكن أن توفر المادة العضوية سنويا بين 30 و 100 كغ من هذه المادة بالأراضي الطمية (sols limoneux). إلا أن الآزوط في الواقع غير قار ويتحول باستمرار من حالة إلى أخرى ومن هنا، تكمن الصعوبة في تقدير الكمية المتوفرة للنبات في وقت محدّد.
فردم التبن أو سماد عضوي طازج (غير ميت) مباشرة قبل تركيز الزراعة يؤثر سلبا على النمو النباتي بسبب المنافسة على المادة الازوطية المتوفرة بالتربة بين البكتيريا المسؤولة عن تحويل المادة العضوية والنبات. وبما أن الأولوية ترجع في هذه المنافسة إلى البكتيريا على حساب النبات ينصح ب:

**دفن السماد الحيواني و التبن ومختلف بقايا الزراعات بالتربة مدّة شهرين أو ثلاث قبل تركيز الزراعة.**

صورة رقم 2: توزيع "الغبار" عند الشروع في تحضير الأرض قبل الزراعة

**ج) مفعول المادة العضوية على قابلية امتصاص المكونات المغذيّة من التربة**

لتكون قابلة للامتصاص، توجد المكونات المغذيّة للنبتة في وضع سائل بالأرض (en phase liquide) غير أنها تتحول أحيانا من هذه الحالة إلى وضع عدم قابلية الاستعمال، وتكون غير مفيدة للزراعة رغم وجودها بالتربة.

فالمواد العضوية بالإضافة إلى ما تحتويه من مكونات مغذيّة تساعد على جعل حاجيات النبتة، و خاصة مادة الفسفور، سهلة الامتصاص. ويلاحظ نفس الشيء عند طرح الأسمدة الكيميائية إذ أن المادة العضوية تنقص من الجزء الذي يلتصق بالتربة ولا يفيد النبات.

**المادة العضوية تحسّن مفعول الأسمدة الكيميائية وترفع بالتالي من مردوديتها الاقتصادية إضافة إلى ما توفّره من مواد مغذية للزراعة نتيجة تحللها وتفككها.**

**د) مفعول المادة العضوية على الخصوصيات الفيزيائية للتربة**

**تحسين تركيبة التربة:**
الاستعمال المستمر للسماد العضوي يؤثر إيجابا على خصوصيات التربة، سواء كانت أرض طينية أو رملية:
- فالأرض الطينية ترتفع نفاذيتها (Perméabilité) بمفعول المادة العضوية مما يسمح بأحسن تهوئة وتفادي ركود المياه والرفع بالتالي من قدرة الجذور على النمو.

- أما بالأراضي الرملية الخفيفة، فالمادة العضوية تساعد على تكوين الحبيبات(Agrégats) الذي ينتج عنها تحسن في تركيبة التربة فتصبح أقل تفتتا وأكثر ملائمة لتعاطي الزراعات السقوية.

**تحسين قدرة التربة على اختزان الماء**

المكونات العضوية للتربة تزيد في قدرتها على خزن الماء لتستجيب بصفة أحسن إلى متطلبات النبتة,

**للمواد العضوية تأثير إيجابي على تركيبة التربة الصالحة للزراعة إذ ترفع من نفاذيتها وقدرتها على خزن الماء.**

**III- حوصلة ختامية**

- تتميز الأنماط الزراعية السقوية المكثفة بتحويل سريع للمادة العضوية المُقدمة للزراعات ، خاصة وأن الري يوفّر الرطوبة الضرورية لتفكيكها.

- بدون تعويض هذه الكميات المُحوّلة تتراجع نسبة المادة العضوية بالتربة التي تفقد الكثير من خصوبتها مع مرور السنين.

- الترفيع في هذه النسبة بعد تَدنّيها يتطلب كميات هائلة من المواد العضوية و لسنوات طويلة، وهذا المجهود قد لا يقدر عامة الفلاحين على تحمله.

- ضرورة توفير نسبة عالية للمكونات المغذية بالتربة للاستجابة لحاجيات الإنتاج المرتفع الذي يُنتظر أن تبلغه المستغلّة الفلاحية السقوية وهذا ما يجعل السماد الحيواني بمفرده فى أغلب الأحيان غير كاف.

**التسميد العضوي ضروري بالأراضي الفلاحية السقوية، غير أنه غير كاف. لذا يجب أن يكون مصحوبا بالأسمدة الكيميائية المُكمّلة لحاجيات الزراعات.**

وزارة الفلاحة والبيئة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع تنمية المناطق السقوية
بالشمال التونسي
(DPINT)

# التسميـد العضـــوي والأنمـــاط الزراعية بالأراضـي الفلاحـية السقويـة

## مقدمـــة

أعدت هذه النشريه حول التسميد العضوي بالأراضـــي الفلاحية السقويـــة لفائدة مزارعي مناطق سجنان و نفزة وفرنانة، وذلك في نطاق مشروع تنمية المناطق السقوية بالشمال التونسي (DPINT). وقد تم تحديد الموضوع بسبب الاستعمال الضئيل للسماد العضوي من طرف الفلاحين بمناطق تختص بتربية الأغنام والأبقار مثل سجنان أو فرنانة. أما عن المحتوى فقد اعتمدنا وثائق علمية مختصة في الموضوع وبض المعطيات عن طريق الأنترنات.

## I- المواد العضوية والأنماط الزراعية

إن لأي نمط زراعي أثر سلبي أو إجابي على نسبة المواد العضوية بالتربة وعلى التطور الزمني لهذه النسبة إذ أن للكتلة النباتية المنتجة بالضيعة من ثمار وأغصان وأوراق وجذور ثلاث مسارات محتملة:

- تباع وتغادر الضيعة جزئيا أو كليا( حبوب، خضروات إلخ...)
- تحوّل عن طريـق الحيوان إلى سماد عضوي وتعود إلى التربة(أعلاف مختلفة)
- ترجع مباشرة إلى التربة بدفن بقايا الزراعـات أو السمـاد الأخضر، وفي هذه الحالة وســابقتها تساهم المـواد النباتية المنتجة في تكوين المخزون العضوي للتربة الذي يعرف الزيادة والنقصان حسب نوع الدورة الزراعية المتبعة بالضيعة.

فالاكتفاء بزراعة الخضروات مثلا ينقص كثيرا من كمية المواد العضوية التي تعود إلى الأرض خلافا للحبـوب أو الأعلاف التي يعـــود جزء هـــام منها إلى التربة ويساهم فـــي الحفـاظ على خصوبتهـــا.

إذا يمكن القول أنّ:

**الاقتصار على زراعـة الخضروات بقطعة الأرض الواحدة يؤثر سلبا مع مـرور الزمن على المخزون العضوي للتربة،بالإضافة إلى الآفات والأمراض التي تزداد وتشتد خطورتهـــا على الزراعة.**

## II-المواد العضوية وخصوبة التربـة

تمثّل المواد العضوية نسبة ضئيلة بالأراضي الفلاحية، غير أن لهـــا أهمية بالغة في التأثير على خصوصيات هذه الأراضي والحفـــاظ على خصوبتها. كيف ذلـــــك؟

## 1- جرد لمختلف تأثيــرات المواد العضوية على التربة

### ا) المواد العضوية كسماد

تحتوي المادة العضوية على المكونـات الكيميـائية الضرورية للنبتة. وإثر تفكك هذه المادة تحت مفعول الرطوبة والتهوية، تتحول المكونات من الصيغة العضوية إلى صيغة معدنية قابلة للامتصاص بواسطة الجذور.
هذا وإن سماد حيواني"غبار" متوسط النوعية يمكن أن يوفر للنبات في مدّة وجيزة:

- **ثلث الأزوط الذي يحتويه**
- **نصف الفسفـــور**
- **أغلب كمية البوطــاصيوم**

ويحتوي **الطن الواحد** من السماد العضوي بصفة تقريبية علـــى:

- **أزوط (N) :---------- 7،5 كيلو غرام( 17 كغ من مادة الأمونيتر)**
- **فسفـــور($P_2O_5$) :---- 3،6 كيلو غرام( 8 كغ من مادة فسفاط 45% )**
- **بوطاسيـــوم ($K_2O$) :--- 5،3 كيلو غرام(10 كغ من مادة سلفاط البوطاس)**

والجدير بالملاحظة أن هذه المقـادير تختلف من سماد إلى آخر ( أغنام، بقر، خيل...) وتتغير كذلك مع نوعية الأعلاف التي يتناولها الحيوان وما تحتويه هذه الأعلاف نفسها من مكونات كيميائية.

### ب) ظروف تحول المادة العضوية إلى معدنية

لتلعب المادة العضوية دورها في تغذية النبات، يجب أن تتحول المكونات الكيميائية التي تحتويها من صيغتها العضوية إلى الصيغة المعدنية بمفعول بكتيريا مجهريه تنشط كلما توفّرت لها الرطوبة والاكسيجان المتأتي من التهوئه.
لذلك ينصح ب:

**دفن السماد الحيواني و التبن ومختلف بقايا الزراعات بالتربة مدّة شهرين أو ثلاث قبل تركيز الزراعة.**

### ج) مفعول المادة العضوية على قابلية امتصاص المكونات المغذيّة من التربة

لتكون قابلة للامتصاص، توجد المكونات المغذيّة للنبتة في وضع سائل بالأرض (en phase liquide) غير أنها تتحول أحيانا من هذه الحالة إلى وضع عدم قابلية الاستعمال، وتكون غير مفيدة للزراعة رغم وجودها بالتربة.

فالمواد العضوية بالإضافة إلى ما تحتويه من مكونات مغذيّة تساعد على جعل حاجيات النبتة، و خاصة مادة الفسفور، سهلة الامتصاص. ويلاحظ نفس الشيء عند طرح الأسمدة الكيميائية إذ أن المادة العضوية تنقص من الجزء الذي يلتصق بالتربة ولا يفيد النبات.

**المادة العضوية تحسّن مفعول الأسمدة الكيميائية وترفع بالتالي من مردوديتها الاقتصادية إضافة إلى ما توفّره من مواد مغذية للزراعة نتيجة تحللها وتفككها.**

**د) مفعول المادة العضوية على الخصوصيات الفيزيائية للتربة**

**تحسين تركيبة التربة:**
الاستعمال المستمر للسماد العضوي يؤثر إيجابا على خصوصيات التربة، سواء كانت أرض طينية أو رملية:
- فالأرض الطينية ترتفع نفاذيتها (Perméabilité) بمفعول المادة العضوية مما يسمح بأحسن تهوئة وتفادي ركود المياه والرفع بالتالي من قدرة الجذور على النمو.
- أما بالأراضي الرملية الخفيفة، فالمادة العضوية تساعد على تكوين الحبيبات(Agrégats) الذي ينتج عنها تحسن في تركيبة التربة فتصبح أقل تفتتا وأكثر ملائمة لتعاطي الزراعات السقوية.

**تحسين قدرة التربة على اختزان الماء**
المكونات العضوية للتربة تزيد في قدرتها على خزن الماء لتستجيب بصفة أحسن إلى متطلبات النبتة,

**للمواد العضوية تأثير إيجابي على تركيبة التربة الصالحة للزراعة إذ ترفع من نفاذيتها وقدرتها على خزن الماء.**

**III- حوصلة ختامية**

- تتميز الأنماط الزراعية السقوية المكثفة بتحويل سريع للمادة العضوية المُقدمة للزراعات ، خاصة وأن الري يوفّر الرطوبة الضرورية لتفكيكها.

- بدون تعويض هذه الكميات المُحوّلة تتراجع نسبة المادة العضوية بالتربة التي تفقد الكثير من خصوبتها مع مرور السنين.
- الترفيع في هذه النسبة بعد تَدنّيها يتطلب كميات هائلة من المواد العضوية و لسنوات طويلة، وهذا المجهود قد لا يقدر عامة الفلاحين على تحمله.

- ضرورة توفير نسبة عالية للمكونات المغذية بالتربة للاستجابة لحاجيات الإنتاج المرتفع الذي يُنتظر أن تبلغه المستغلّة الفلاحية السقوية وهذا ما يجعل السماد الحيواني بمفرده فى أغلب الأحيان غير كاف.

**التسميد العضوي ضروري بالأراضي الفلاحية السقوية، غير أنه غير كاف. لذا يجب أن يكون مصحوبا بالأسمدة الكيميائية المُكمّلة لحاجيات الزراعات.**

وزارة الفلاحة والبيئة
الإدارة العامة للهندسة الريفية
واستغلال المياه

مشروع تنمية المناطق السقوية
بالشمال التونسي
(DPINT)

# نشرية مبسطة حول التغـــذية المـــعدنية للنبـــاتات

**مقـــــدمة**

يرمي هذا الدليل إلى التعريف بأهم العناصر المعدنية التي تساهم بصفة فعّالة في تغذية جميع أصناف النبات والدور الذي يلعبه كل منها طيلة مختلف مراحل النمو حتى يعي المزارع ما يقتنيه عند التوجه إلى باعة المواد الفلاحية. ولكن قبل ذلك نقدم فكرة عامة عن كيفية تغذية النبات قبل المرور إلى أهم المواد المغذية وهي الأزوط والفسفور والبوطاسيوم.

**كيفية تغذية النبات:**

- تمتص النبتة المواد الضرورية لنموها مذابة في الماء بواسطة الشعيرات الموجودة بالجذور.

- تصعد هذه المواد عبر قلب الجذع في شكل نسغ خام نحو الأوراق لتتحول إلى سكريات (نسغ جاهز)
- تنتقل هذه السكريات إلى الثمار والأغصان والجذور الخ. لتمكنها من النمو.

**كل مرض أو آفة تلحق ضرر بقلب النبتة أو أوراقها ينجر عنه نقص في التغذية أو عدم الاستفادة منها و بالتالي نقص في الإنتاج.**

**أهم المواد المغذية**

## 1) الأزوط ودوره في النمو (L'azote)

- الأزوط هو المادة الفعالة التي يحتويها سماد الأمونيتر بنسبة 33%.
- يساعد الأزوط في نمو الجهاز الخضري للنبتة ويحدث تغيرا في لونه الذي يصبح أكثر اخضرارا.
- الأزوط هو أول المكونات للمادة النباتية الحية غير أن الإكثار منه يدخل اضطرابا على مراحل نمو النبتة فيسبب تأخيرا في الإزهار والنضج ويجعلها أكثر حساسية إلى الأمراض الفطرية والحشرات الضارة.
- مصادر ضياع الأزوط:

- بالتبخر من الطبقة السطحية للتربة عندما تكون الحرارة مرتفعة والأرض غير مرويةّ.
- بالنزول مع الماء إلى الطبقات السفلى . والمعروف عن الأزوط أنه سريع التنقل إذ ينزل ب 1صم. لكل 3مم مطر أو ري.

**تقسيط الأسمدة الأزوطية تماشيا مع حاجيات النبتة يرفع نجاعتها ويقلل من نسبة الضياع وتلويث المحيط.**

## 2) الفسفور ودوره في النمو(Le phosphore)

- الفسفور هو المادة الفعالة التي تحتويها مواد سوبر الفسفاط (Super 45) و(DAP) والحامض الفسفوري الذي يعبر عنه الفلاحون بالأسيد (Acide) بنسبة 45% إلى 50%
- من أهم خاصيات الفسفور، أو الأسمدة الفسفورية، عند مزجها بالتربة، هو التصاقه المتين بها وعدم تنقله بسهولة.
- فالمزج الجيد للأسمدة الفسفورية الصلبة وتقديمها قبل الشروع في الحراثة والمعاودة يجعلها تنتشر بصفة متجانسة بالطبقة المستغلة فلاحيا و يساعد النبتة على امتصاص حاجياتها من الفسفور.
- الفسفور هو أيضا مثل الأزوط من مكونات المادة النباتية الحية. يساهم في النمو وخاصة نمو الجذور، وله أيضا تأثير على الإزهار وتكوين الثمار ونضجها المبكر.
- تقديم الفسفور السائل بعد الإثمار يساعد في النمو الجيد للثمار
- يسبب نقص الفسفور بطئا في النمو للجذور والجهاز الخضري و تأخيرا في الإزهار ونضج الثمار.

## 3) البوطاسيوم ودوره في النمو (Le potassium)

- البوطاسيوم هو المادة الفعالة الموجودة بسلفاط البوطاس و نترات البوطاس بنسبة 50%
- يساعد في النمو بصفة عامة وفي نمو الجذور والثمار بصفة أخص.
- يساعد على امتصاص الماء وتنقله من الجذور إلى مختلف أعضاء النبتة.
- يساعد أيضا على تنقل السكريات، التي تتكوّن بالأوراق و تنتج عن التركيب الضوئي (Photosynthèse) ، نحو الجذور والأغصان والثمار.
- نقص البوطاس يجعل هذه السكريات تبقى في مستوى الأوراق مما يسبب انخفاضا في نشاط النبتة وبالتالي في نموها بشكل عـــام.
- يسبب نقص البوطاس إزهارا كثيفا يظهر متأخرا وثمارا ذو لون فاتح وكذلك اصفرارا تدريجيا للأوراق قبل أن تجف نهائيا.
- إلا أن وفرة البوطاس بالتربة يمكن أن تعطل امتصاص مكونات أخرى كالكلس(Ca) والمانيزيوم (Mg) بسبب التنافر(antagonisme) الموجود بين هذه العناصر.

**الأزوط والفسفور و البوطاسيوم تلعب أدوارا مختلفة في نمو النبتة ولذا كلها ضـــرورية ولا يـعوض أحدها الآخر.**

**4) الأسمدة المركبة**

- الأسمدة المركبة هي مواد تجارية متكونة من 2 أو 3 مواد فعالة مثل (20- 20- 20) أ و (40 - 0 -13) وغيرها من المواد المتعددة الموجودة بالسوق.
- تقدم للنبات بكميات مضبوطة عن طريق الرش على الأوراق أو مع مياه الري لمعالجة نقص غير منتظر يظهر على الأوراق أثناء مرحلة نمو الثمار. ولا يجب أن تقدم بصفة آلية عوضا عن الأسمدة العادية وذلك للفارق الكبير في التكلفة بين الصيغتين.

- يبلغ على سبيل المثال ثمن 100 كغ من سماد (20-20-20) **270 دينارا** ويحتوي على ما يعادل:
  - 60 كغ أمونيتر
  - 40 كغ حامض الفسفوري
  - 40 نترات بوطاس

- في حين أن تكلفة جملة المواد المكونة لهذا السماد والمفصلة بالجدول أعلاه تبلغ **151 دينارا**، مما يمثل ربحا للفلاح يقدر ب **119 دينارا** (44 %) في القنطار الواحد، وذلك حسب الأسعار المتداولة خلال ربيع 2012.

**5) جدول تسميد زراعة فلفل** (نموذج)

التسميد القاعدي (قبل الغراسة): 150 كغ سوبر 45 و 150 كغ سلفاط بوطاس

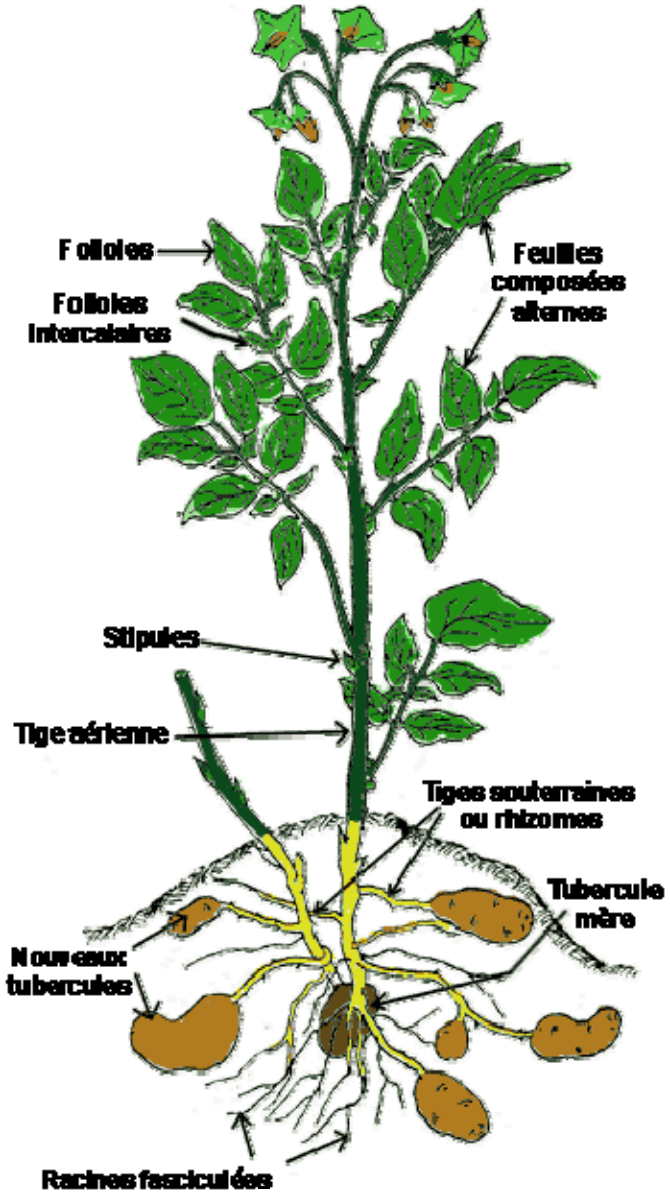
تسميد الصيانة

| المواد: كغ/هك في الأسبوع | فترة بين الغراسة وعقد أول الثمار | عقد أول الثمار بداية النضج | بداية النضج إلى أسبوعين قبل نهاية الجني | الكمية الجملية/ هك |
|---|---|---|---|---|
| | 4 إلى 5 أسابيع | 6 أسابيع | 8 أسابيع | |
| حامض فسفوري | 60 كغ | 60 كغ | | 120 كغ |
| أمونيتر | 180 كغ | 180 كغ | 240 كغ | 600 كغ |
| نترات بوطاس | 50 كغ | 100 كغ | 100 كغ | 250 كغ |
| سلفاط منيزيوم | 40 كغ | 60 كغ | 100 كغ | 200 كغ |
| مركب 20-20-20 | | 25 كغ | 25 كغ | 50 كغ |

# غراسة البطاطا الآخر فصلية : من تحضير الأرض إلى البذر

## مميزات النبتة

تتميز نبتة البطاطا بجذور غير قوية ،خلافا لأصناف أخرى كالحبوب على سبيل المثال، ولا تنمو بالتالي بشكل جيد بتربة محتوية على كثير من الطوب أو مرسوسة (tassé) بالإضافة إلى صعوبة تحضينها لاحقا وحماية الدرنات من ضوء النهار.




لذا يلعب تحضير الأرض قبل البذر دورا هاما في نمو النبتة

## التربة الصالحة لزراعة البطاطا:

تنمو البطاطا بشكل جيد بالأراضي الخفيفة وتخشى بالخصوص الأراضي الطينية المعرضة لركود المياه.

### إعداد الأرض لزراعة الباطا

- ينطلق تحضير الأرض بحراثة عميقة (25 – 30 صم) شهران أو ثلاثة قبل موعد البذر

**تهدف هذه العملية إلى :**

- تهوية التربة
- تمكين الجذور من النمو في العمق
- القضاء على الأعشاب الطفيلية و الحشرات المتواجدة في الأرض كالديدان السلكية أو الرمادية
- ردم بقايا السابق الزراعي.
- تحسين خصائص التربة الفيزيائية والبيولوجية

- ويتواصل تحضير الأرض بالمعاودة حتى الحصول على فراش بذر لين خال من الطوب

## دور العناصر المعدنية الرئيسية : آزوط، فسفاط، بوطاس (N P K)

**الأزوط** ( أمونيتر) يساهم في نمو الأغصان والأوراق وهذا مهم لأن الأوراق هي المخبر الذي تحول به المواد إلى نسغ جاهز قبل تنقله إلى مختلف أجزاء النبتة.

غير أن كثرة الأزوط تأخر تكوين الدرنات ونضجها كما تساعد على ظهور و انتشار الملديو.

**الفسفور**: يساعد الفسفور نمو الجذور التي بواسطتها تمتص النبتة الماء والمواد الغذائية من الأرض، كما يساعد بصفة عامة على تلقيح الأزهار وعقد الثمار والنضج المبكر.

**البوطاس :** يلعب البوطاسيوم دورا أساسيا في تنقل السكريات من الأوراق، أين تتكون، إلى كافة أعضاء النبتة (جذور ثمار، درنات...) بالإضافة إلى مساهمته مع الفسفاط في نمو الجذور.

في صورة نقص لمادة البوطاس، فإن السكريات المشار إليها أعلاه تتكاثر بالأوراق مما يخفض نمو النبتة.

فالأصناف النباتية التي تصنع كميات كبيرة من السكر هي التي لها احتياجات أكبر من مادة البوطاس مثل البطاطا طبعا والبطيخ والدلاع إلخ.

## أنواع وكميات الأسمدة الواجب تقديمها لزراعة البطاطا

### 1) قبل الغراسة

- 30 إلى 40 طن \هك من السماد العضوي (غبار) مع الحرث العميق شهران أو ثلاثة قبل البذر
- 150كغ \هك من سوبار الفسفاط 45
- 300 إلى 400 كغ من سلفاط البوطاس

تقدم هذه المواد في حراثة المعاودة.

### 2) بعد الغراسة

| المواد: كغ/مرحلة | زراعة - إنبات | إنبات – تكوين الدرنات | تكوين الدرنات - أسبوعان قبل النضج | الكمية الجملية في الهكتار |
|---|---|---|---|---|
| **مدة المرحلة** | 2 إلى 3 أسابيع | 4 أسابيع | 4 أسابيع | - |
| **حامض فسفوري** | - | 60 كغ | 60 كغ | 120 كغ |
| **أمنيتر** | - | 300 كغ | 100 كغ | 400 كغ |
| **نترات بوطاس** | - | 50 كغ | 150 كغ | 200 كغ |
| **سلفات منيزيوم** | - | 75 كغ | 75 كغ | 150 كغ |

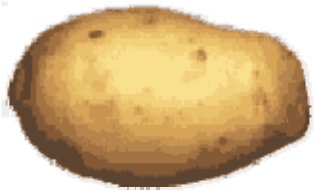
## اختيار البـــــــــــذور

### مميزات البذور الجيدة

- خلوها من الأمراض الفيروسية والبكتيرية
- وجود البذور في مرحلة فيزيولجية تسمح لها بالبروز فوق سطح الأرض في فترة وجيزة وتعطي عددا كبيرا من السيقان.
- أحجام متقاربة (45\50 صم). فالبذور الصغيرة الحجم تعطي نبتات ضعيفة تنمو ببطء ولا توفر عددا كبيرا من السيقان، الشيء الذي ينعكس على للإنتاج بطبيعة الحال.

### المراحل الفيزيولجية لدرنة البطاطا

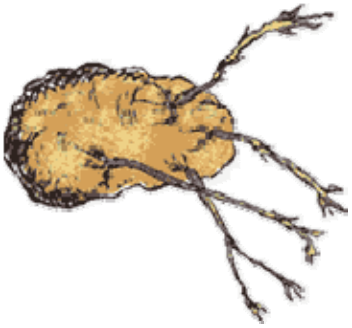
- مرحلة السبات: تدوم هذه المرحلة شهرين تقريبا بعد الجني ولا يمكن بذرها لأنها لا تنمو



- درنة فتية لا ينمو فيها إلا البرعم القمي، وهذه هي الحالة التي توجد عليها بذور الموسم الآخر فصلي. لو يقع بذرها على حالها تلك ستبقى مدة طويلة قبل أن تبرز على سطح الأرض وتعطي نباتات بساق واحدة لأن البرعم القمي قوي يمنع البراعم الأخرى من الإنبات.

- درنة صالحة للبذر تعطي 3 إلى 4 سيقان وتسمح بنمو سريع للزراعة

- درنات مسنة لم تعد صالحة للزراعة إذ تبلغ مرحلة تكوين الدرنات بسرعة و يتوقف نموها في فترة وجيزة دون الحصول على صابة



## إعداد البذور للزراعة: التنبيت

تهدف هذه العملية إلى المحافظة على جودة البذور والترفيع في طاقتها الإنتاجية وتتمثل في:

- إزالة البرعم القمي والدرنات المعفنة.
- وضع البذور بصناديق نصف ملأى أو فرشها على سطح الأرض بمكان مهوى ومحمي من أشعة الشمس والأمطار.

## البـــــــــذر

**الموعد:** بداية من النصف الأول من شهر أوت تقريبا مع الحرص على ضمان رطوبة كافية بالتربة خاصة وأن الطقس حار وجاف خلال هذه المدة (تبريد الأرض مرتين أو ثلاثة قبل البذر) .

**المسافات:** 30 إلى 35 صم على الخط و 75 إلى 80 صم بين الخطوط مما يمثل 40000 نبتة \هك

**العمق:** 15 إلى 20 صم

# مكافحة آفة الملديو في مزارع البطاطا

يمثل الملديو أخطر آفة تصيب مزارع البطاطا في تونس وفي جل البلدان المنتجة لهذه المادة وخاصة النامية منها. وكانت آفة الملديو السبب في المجاعة التي عرفتها إرلندا سنوات 1845-1850 مما يبين جليا خطورة هذا المرض.

**العوامل المناخية التي تساعد على ظهور الملديو**

- نسبة رطوبة تفوق **80%** ومتواصلة لمدة 12 ساعة. وتحصل هذه الظروف عندما يكون الطقس ممطرا أو عند الري بالرش وتقديم كميات كبيرة من الماء.
- درجة حرارة متراوحة بين 16 و 20 درجة مائوية.

**أعـــــــراض الملديو**

يقضي فطر الملديو فصل الشتاء بالتربة، وتمثل الدرنات المتبقية بالحقل عند جني الصابة أو التي تستعمل كبذور أهم مصادره. هذا ويصيب الفطر كل أجزاء النبتة من أوراق وسيقان ودرنات.

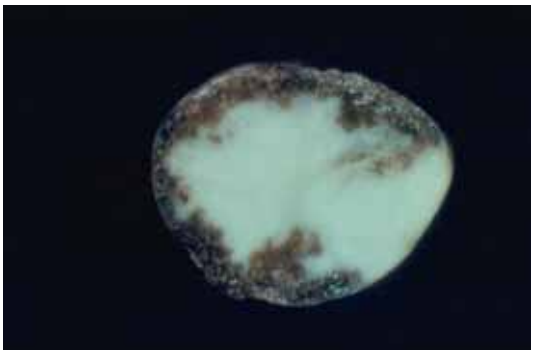
تبدأ الإصابة في شكل أوكار متفرقة ثم تتفشى لتصيب كامل الزراعة التي يمكن أن تتلف في ظرف أسبوع إذا لم تقع معالجة المرض في الإبان.

ينتشر المرض من حقل لآخر بواسطة بذور الفطر التي تنقلها الرياح خاصة بالمناطق التي تكثر فيها زراعة البطاطا.

<u>الأعراض على الجهاز الخضري</u>(أوراق وسيقان)

تتمثل الأعراض في بقع خضراء باهتة على الوجه العلوي للورقة تتحول إلى بنية فسوداء. ويظهر قبل ذلك على الوجه السفلي بقع زيتية مبيضة تحمل بذور الفطر. وتشاهد نفس الأعراض على السيقان في صورة إصابتها بالمرض.

الأعراض على الدرنات



ترتبط إصابة الدرنات بحدة المرض على الجهاز الخضري ووصوله إلى السيقان التي ينزل منها نحو الدرنة.

وتصاب الدرنات أيضا عن طريق بذور الفطر التي تتساقط عليها عند نزول الإمطار أو الري بالرش خاصة إذا كان تحضين الزراعة غير جيد.

تتمثل الأعراض في تعفن جاف تصبح الدرنات بمقتضاه غير صالحة للاستهلاك أو الخزن أو للاستعمال كبذور.

**الحماية من مرض الملديو**

الوقاية من المرض هو المبدأ المتبع لحماية الزراعة وتعتمد الوقاية أساسا على المكافحة المندمجة المتكونة من عنصرين متكاملين: **الوسائل الزراعية** والمداواة الكيميائية.

الأساليب الزراعية

تتمثل في جملة من الاحتياطات:

- استعمال بذور سليمة
- احترام التداول الزراعي بعدم زراعة البطاطا، أو أصناف تنتمي لنفس العائلة، في نفس قطعة الأرض قبل مرور ثلاث سنوات.
- التحضين الجيد لحماية الدرنات من الإصابة عن طريق الري أو الأمطار.
- مراقبة الزراعة بصفة مستمرة والتدخل للقضاء على أول ظهور للمرض في الحقل أو في الحقول المجاورة قبل تفشيه في كامل القطعة والذي قد يحصل في مدة أسبوع واحد.
- عدم الإفراط في استعمال مادة الأمونيتر.
- اجتناب زراعة الباطا بالحقول المعرضة لركود مياه الأمطار أو الري.
- القضاء على الجهاز الخضري في صورة تعرضه إلى إصابة متأخرة والشروع مباشرة في التقليع والتسويق.
- اجتناب إبقاء المنتوج في الأرض في حالة الإصابة بالمرض التي يمكن أن تشمل كامل الصابة.
- فرز وإتلاف الدرنات المصابة في صورة خزن المنتوج .
- تجميع كل الفواضل المتبقية بلحقل من جهاز خضري و درنات مصابة بالمرض وإتلافها بعيدا عن الضيعة.

استعمال المبيدات الكيميائية

للحصول على نجاعة قصوى ترش الأدوية بصفة وقائية قبل ظهور المرض مع أخذ الاحتياطات التالية:

- استعمال الأدوية بالتداول وذلك بالاعتماد على المادة الفعالة وليس على الاسم التجاري.
- احترام المقادير المنصوح بها و مدة فاعلية المبيد.
- التثبت من ضغط آلة الرش قبل الشروع في المداواة.
- الحرص على أن يغطي الخليط كل أجزاء النبتة خاصة عند استعمال المبيدات اللاصقة.
- إعادة المداواة إثر نزول الأمطار بكمية تفوق 5 مم.

قائمة لبعض المبيدات المرخص في استعمالها ضد الملديو

**مبيدات لاصقة** (de contact )

| المادة الفعالة | **الاسم التجاري** | **مقدار الاستعمال** |
|---|---|---|
| Cuivre + manebe ou Zinebe | Cuprosan<br>Cup force | 400 غ\هل ماء |
| Produits cupriques | Cobox<br>Oxychlorure de cuivre<br>cuivox | 400 غ\هل ماء |
| Mancozèbe | Dithane M45<br>Agrizeb<br>Micene MZ | 250 غ\هل ماء |
| Manèbe | Polyram M<br>Manèbe 80 | 300 غ\هل ماء |
| Propinebe | Antracol<br>Promacol<br>Protacol | 250 غ\هل ماء |

**مبيدات قابلة للامتصاص** (Pénétrants )

| المادة الفعالة | **الاسم التجاري** | **مقدار الاستعمال** |
|---|---|---|
| Propinebe+ Cymoxanil | Antracol COMBI | 2 كغ\هك |
| Propinebe+ Oxadixyl | Fruvit | 2 كغ\هك |
| Folpel+ cuivre+ Cymoxanil | Antéor C3 | 250 غ\هل ماء |
| Cymoxanil+ Mancozebe | Fulvax 2000 | 170 غ\هل ماء |
| Cymoxanil+Metirame de Zn | Aviso DF | 250 غ\هل ماء |

**مبيدات جهازية** (Systémiques)

| المادة الفعالة | الاسم التجاري | مقدار الاستعمال |
|---|---|---|
| Benalaxyl+ Mancozebe | Galben M<br>Gallop<br>Benilaxù | 250 غ\هل ماء |
| Metalaxyl+ Mancozebe | Ridomil MZ 58 | 200 غ\هل ماء |
| Thiophanate methyl+ manebe | Peltar Flo | 420 مل \هل ماء |
| Promocarbe | Previcur 607 SL<br>Rival 607 SL<br>Pecur | |

# مكافحة آفة الملديو في مزارع البطاطا

## (ملخص)

يمثل الملديو أخطر آفة تصيب مزارع البطاطا في تونس وفي جل البلدان المنتجة لهذه المادة وخاصة النامية منها. وكانت آفة الملديو السبب في المجاعة التي عرفتها إرلندا سنوات 1845-1850 مما يبين جليا خطورة هذا المرض.

**العوامل المناخية التي تساعد على ظهور الملديو**

- نسبة رطوبة تفوق **80%** ومتواصلة لمدة 12 ساعة. وتحصل هذه الظروف عندما يكون الطقس ممطرا أو عند الري بالرش وتـقديم كميات كبيرة من الماء.
- درجة حرارة متراوحة بين 16 و 20 درجة مائوية.

**أعـــــــراض الملديو**

يقضي فطر الملديو فصل الشتاء بالتربة، وتمثل الدرنات المتبقية بالحقل عند جني الصابة أو التي تستعمل كبذور أهم مصادره. هذا ويصيب الفطر كل أجزاء النبتة من أوراق وسيقان ودرنات.

تبدأ الإصابة في شكل أوكار متفرقة ثم تتفشى لتصيب كامل الزراعة التي يمكن أن تتلف في ظرف أسبوع إذا لم تقع معالجة المرض في الإبان.

ينتشر المرض من حقل لآخر بواسطة بذور الفطر التي تنقلها الرياح خاصة بالمناطق التي تكثر فيها زراعة البطاطا.

<u>الأعراض على الجهاز الخضري</u>(أوراق وسيقان)

__تتمثل الأعراض في بقع خضراء باهتة على الوجه العلوي للورقة تتحول إلى بنية فسوداء. ويظهر قبل ذلك على الوجه السفلي بقع زيتية مبيضة تحمل بذور الفطر. وتشاهد نفس الأعراض على السيقان في صورة إصابتها بالمرض.

<u>الأعراض على الدرنات</u>

ترتبط إصابة الدرنات بحدة المرض على الجهاز الخضري ووصوله إلى السيقان التي ينزل منها نحو الدرنة.

وتصاب الدرنات أيضا عن طريق بذور الفطر التي تتساقط عليها عند نزول الإمطار أو الري بالرش خاصة إذا كان تحضين الزراعة غير جيد.

تتمثل الأعراض في تعفن جاف تصبح الدرنات بمقتضاه غير صالحة للاستهلاك أو الخزن أو للاستعمال كبذور.

**الحماية من مرض الملديو**

الوقاية من المرض هو المبدأ المتبع لحماية الزراعة وتعتمد الوقاية أساسا على المكافحة المندمجة المتكونة من عنصرين متكاملين: **الوسائل الزراعية** والمداواة الكيميائية.

الأساليب الزراعية

تتمثل في جملة من الاحتياطات:

- استعمال بذور سليمة
- احترام التداول الزراعي بعدم زراعة البطاطا، أو أصناف تنتمي لنفس العائلة، في نفس قطعة الأرض قبل مرور ثلاث سنوات.
- التحضين الجيد لحماية الدرنات من الإصابة عن طريق الري أو الأمطار.
- مراقبة الزراعة بصفة مستمرة والتدخل للقضاء على أول ظهور للمرض في الحقل أو في الحقول المجاورة قبل تفشيه في كامل القطعة والذي قد يحصل في مدة أسبوع واحد.
- عدم الإفراط في استعمال مادة الأمونيتر.
- اجتناب زراعة الباطا بالحقول المعرضة لركود مياه الأمطار أو الري.
- القضاء على الجهاز الخضري في صورة تعرضه إلى إصابة متأخرة والشروع مباشرة في التقليع والتسويق.
- اجتناب إبقاء المنتوج في الأرض في حالة الإصابة بالمرض التي يمكن أن تشمل كامل الصابة.
- فرز وإتلاف الدرنات المصابة في صورة خزن المنتوج .
- تجميع كل الفواضل المتبقية بلحقل من جهاز خضري و درنات مصابة بالمرض وإتلافها بعيدا عن الضيعة.

استعمال المبيدات الكيميائية

للحصول على نجاعة قصوى ترش الأدوية بصفة وقائية قبل ظهور المرض مع أخذ الاحتياطات التالية:

- استعمال الأدوية بالتداول وذلك بالاعتماد على المادة الفعالة وليس على الاسم التجاري.
- احترام المقادير المنصوح بها و مدة فاعلية المبيد.
- التثبت من ضغط آلة الرش قبل الشروع في المداواة.
- الحرص على أن يغطي الخليط كل أجزاء النبتة خاصة عند استعمال المبيدات اللاصقة.
- إعادة المداواة إثر نزول الأمطار بكمية تفوق 5 مم.

## مشروع النهوض بالمناطق السقوية بالشمال الغربي

**(The Project for the Development of Irrigated Areas Northern Tunisia - DPINT)**

# حاجيات الزراعات من الماء

**الهدف الرئيسي من الري تزويد النباتات بالكمية اللازمة من الماء لمنع اجهاده اثناء النمو وتفادي انخفاض الإنتاج او تدني نوعيت**

## العوامل التي تؤثر على الاحتياجات المائية

- العوامل الجوية مثل الأمطار ودرجة الحرارة والرطوبة الجوية والرياح
- والعوامل المتعلقة بالتربة مثل قوام التربة والسعة الرطوبية المتاحة له

أن الأراضي الطينية تتطلب المياه كميات كبيرة من ولكن بتردد ضعيف

أن الأراضي الرملية تتطلب كميات قليلة من المياه في كل رية ولكن بتردد كبير

- والعوامل النباتية مثل نوع وصنف النبات ومرحلة النمو وعمق الجذور وكثافة النباتات

| Stade de développement | | | Durée de la phase de développement | Coefficient Cultural (Kc) |
|---|---|---|---|---|
| Initiale | Plantation | Début floraison | 25 | 0,6 |
| Développement | Début floraison | Nouaison | 30 | 0,9 |
| Mi-saison | Nouaison | Grossissement des fruits | 30 | 1,2 |
| Arrière saison | Grossissement des fruits | en cours de recoltes | 45 | 0,6 |

## حاجيات للزراعات بالمنطقة السقوية بسجنان ولاية بنزرت

| الاشهر | سبتمبر | اكتوبر | نوفمبر | ديسمبر | جانفي | فيفري | مارس | افريل | ماي | جوان | جويلية | اوت | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| كمية الامطار(مم) | 51,25 | 102,13 | 142,5 | 153,63 | 138,38 | 112,25 | 80,5 | 62,38 | 37,25 | 18,25 | 3 | 11 | 912,5 |
| كمية الامطار المتدفقة (مم) | 41 | 81,7 | 114 | 122,9 | 110,7 | 89,8 | 64,4 | 49,9 | 29,8 | 14,6 | 2,4 | 8,8 | 730 |
| **حاجيات طماطم** | | | | | | | | | | | | | |
| الحاجيات الخام مم | | | | | | | | | 54,5 | 137,1 | 206,3 | 120,4 | 518,4 |
| الحاجيات اليومية مم/يوم | | | | | | | | | 1,76 | 4,57 | 6,65 | 3,88 | |
| مدة الري في الدقيقة/سكرة | | | | | | | | | **18** | **46** | **67** | **39** | |
| **حاجيات فلفل** | | | | | | | | | | | | | |
| الحاجيات الخام مم | 54,1 | | | | | | | | 47,2 | 98,8 | 136,7 | 131,3 | 468 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الحاجيات اليومية مم/يوم | 1,75 | | | | | | | | 1,52 | 3,29 | 4,41 | 4,24 | |
| مدة الري في الدقيقة/سكرة | **26** | | | | | | | | **23** | **49** | **66** | **64** | |
| **حاجيات بطيخ** | | | | | | | | | | | | | |
| الحاجيات الخام مم | | | | | | | | | 54,5 | 117,9 | 159,9 | 120,4 | 452,7 |
| الحاجيات اليومية مم/يوم | | | | | | | | | 1,76 | 3,93 | 5,16 | 3,88 | |
| مدة الري في الدقيقة/سكرة | | | | | | | | | **53** | **118** | **155** | **116** | |
| **حاجيات دلاع** | | | | | | | | | | | | | |
| الحاجيات الخام مم | | | | | | | | | 69,1 | 127,5 | 136,7 | 98,7 | 432 |
| الحاجيات اليومية مم/يوم | | | | | | | | | 2,23 | 4,25 | 4,41 | 3,18 | |
| مدة الري في الدقيقة/سكرة | | | | | | | | | **67** | **128** | **132** | **95** | |

**والإنتاج يرتبط ارتباطًا مباشرًا بالاحتياجات المائية فالدراسات العلمية تؤكد أن الإنتاج يصل الى الذروة عند كمية محددة من الماء وزيادة مياه الري عن الكمية المحددة تؤدى الى نتائج عكسية فتعمل على خفض الإنتاج كمًا ونوعًا.**

## أعراض الري

### تأثير الري الزائد :

**-يسبب الري الزائد ذبولاً مؤقتاً أو دائماً للنباتات وذلك نتيجة لتقليل كمية الأوكسجين في منطقة الجذور وصعوبة تنفسها نتيجة إحلال الماء محل الهواء في الفراغات البينية لحبيبات التربة وبالتالي ضعف الجذور وعدم مقدرتها على امتصاص الماء .**

**-الري الزائد يبطئ العمليات الحيوية داخل النبات مثل عملية التمثيل الضوئي والتنفس .**

**-يتسبب زيادة الري في صرف بعض العناصر الغذائية ، وعدم تيسرها للإمتصاص من قبل النبات وذلك لضعف مقدرة الجذور على إمتصاصها بسبب زيادة الماء في منطقة الجذور وقلة التهوية ، مما يتسبب عنه ظهور أعراض نقص بعض العناصر على أوراق النباتات كالإصفرار مثلاً .**

### تأثير تقليل مياه الري على النباتات :

**-يسبب تعطيش النباتات ذبولاً مؤقتاً أو دائماً وبالتالي جفاف النبات وموته .**

**-يبطئ العمليات الحيوية داخل النبات وبالتالي ضعف نمو النبات .**

# صيانة شبكة الري الموضعي و مقاومة الانسداد

## 1) وحدة التصفية :

تتكون وحدة التصفية عادة من مصفاة رملية و مصفاة معدنية ذات غرابيل او صحون هدفها تنقية الماء قبل عبوره الى القنوات . ويجب غسل هذه المصافي من فترة الى اخرى حسب كمية الترسبات الموجودة في ماء الري و تتم هذه العملية من خلال تمرير الماء بصورة معاكسة داخل المصفاة الرملية او الغرابيل او الصحون في المصفاة المعدنية

## 2)- شبكة القنوات:

يستحسن ردم القنوات الرئيسية تحت سطح الأرض حتى لا تتأثر مباشرة بأشعة الشمس,كما يجب وضع باقي القنوات الفرعية و الانابيب الصغيرة في مكان مظلل بعيدا عن الرطوبة عند نهاية الموسم الزراعي و غسل هذه القنوات من حين لأخر و ذلك بفتح نهايتها حتى يمكن ازالة المواد الراسبة داخلها

## 3 )مقاومة انسداد القطارات :

تعتبر ظاهرة الانسداد من اهم المشاكل التي تواجه استعمال نظام الري الموضعي و ذلك لان الماء يجري بكميات قليلة و بضغط منخفض من خلال فتحات صغيرة لموزعات الماء او القطارات و بالتالي فانه من السهل حصول الانسداد

و لمعرفة اسباب الانسداد نقوم بفتح نهاية احدى انابيب الري الفرعية او فك القطارات الموجودة في نهاية الانابيب و جمع بعض الترسبات لمعرفة نوعية هذه المواد

- إذا كان لون هذه الترسبات ابيض :ترسبات كلسية.
- اما اذا كان لونها بني (لون الصدأ) :ترسبات حديدية .
- اما اذ كان اللون اسود او بني زيتي المظهر فان الانسداد ناتج عن البكتريا او الفطريات.

### معالجة ترسبات الاملاح المعدنية :

لمعالجة ترسبات الأملاح المعدنية ننصح بإضافة الحامض الفسفوري الذي يعتبر سمادا معدنيا و ليست له اثار جانبية على مياه الري ثم يضخ في شبكة الري لمدة 30 الى 60 دقيقة نقوم اثرها بتوقيف عملية الري لمدة 24 ساعة ثم بضخ الماء الصافي داخل أنابيب الري لغسلها.

و يجب ان تتم هذه العملية قبل انسداد جميع القطارات و في حالة انسدادها نقوم بنزعها من فوق أنابيب الري و غسلها.

## ملاحظة :

يتعين عند استعمال الحامض العالي التركيز,القيام بتخفيفه من اجل التقليل من خطورته بحيث يكون تركيزه من 3 الى 8 لتر في كل 100لتر ماء.

*** معالجة ترسبات المواد العضوية :**

لمعالجة ترسبات المواد العضوية نقوم بإضافة مادة الكلور (ماء الجفال )الى مياه الري بتركيز من1 الى 5 مليغرام في اللتر من المادة الفعالة و ذلك لمدة 15 يوما او بعد كل عملية ري.

## ملاحظة :

يجب ان لا يتعدى تركيز ماء الجفال في مياه الري 50 مليغرام من المادة الفعالة في اللتر لأنه مضر بالنباتات.

## تحديد مقياس الشبكة

**أوليـــــةمعطيات**

التباعد بين الخطوط(طماطم=1م - فلفل=1.5م - دلاع=3م)

كمية لـــــدفقا من البورنة (9000l/h ou 9m3/h ou 2.5 l/s)

كميــة لـــــدفقا القطــارمن: 2 ل/ س

البعد بين القطارات :0.4م

## معلومات هامة

عدد القطارات التي يمكن استعمالها من البورنة الواحدة

- 9000/2= 4500

الطول الجملي للأنابيب الحاملة للقطارات

- 4500×0.4= 1800 m

يجب ألا يتجاوز الطول الجملي لهده الانابيب بالقطاع الواحد1800 m

من المستحسن ألا يتجاوز طول الأنبوب الواحد 50 للمحافظة على توزيع جيد لمنسوب المياه في القطارات

طريقة التقسيم

القطارات بكل قطعة = كميــة لـــــدفقا البورنـــــةمن ÷ كمية الدفق من القطار الواح

طول خط حمل القطارات=عدد القطارات بكل قطعة×التباعد بين القطارات

عدد الأسطر= طول خط حمل القطارات ÷ طول حمل القطار الواحد

عرض القطعـــة المصـــغرة = عدد الاســطر× الفســـــحة الاســـــطربين

مساحة المصـــــــغرةالقطعة = حمل طول الواحـــــدالقطار× عرض القطعـــة ا ةلمصـــغر

عدد القطـــع المصـــغرة = المســاحة الجمليـــة ÷ مساحة القطعة المصغرة الواحدة

**<u>مثال لعملية التقسيم لقطعة أرض ستزرع</u>** طماطم

القطارات بكل قطعة=2/9000=4500قطار

طول خط حمل القطارات=4500*0.4= 1800م

ألا يتجاوز طول الأنبوب الواحد50 م للمحافظة على توزيع جيد لمنسوب المياه في القطارات

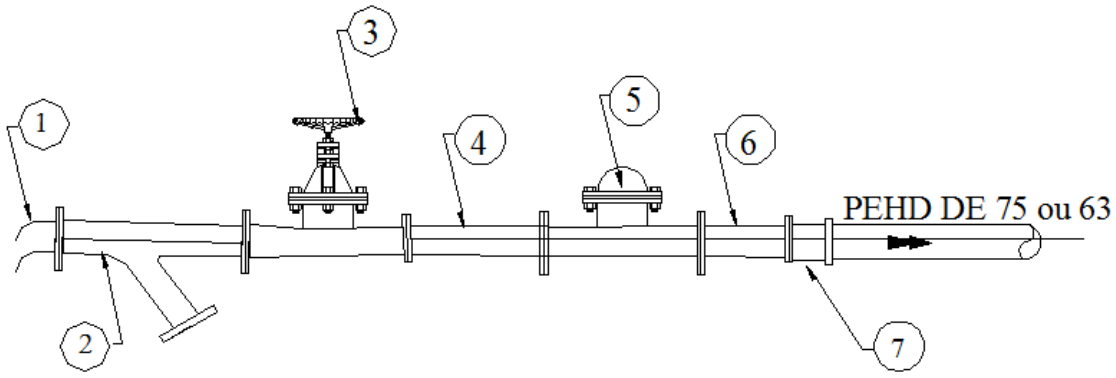
عدد الأسطر=50/1800=gr36

عرض القطعـــة المصـــغرةm 36=1*36

**Projet de Développement des Périmètres Irrigués au Nord de la Tunisie**

**(The Project for the Development of Irrigated Areas Northern Tunisia - DPINT)**

# Schéma de montage d'un compteur




**Nomenclature des pièces**

| N° | Désignation | DN (mm) | Nombre |
|---|---|---|---|
| 1 | Coude en fonte | 60 | 1 |
| 2 | Boite à boue | 65 | 1 |
| 3 | Robinet vanne | 60 | 1 |
| 4 | Manchette bridée en fonte L=0.5 m | 60 | 1 |
| 5 | Compteur à hélice axiale | 65 | 1 |
| 6 | Manchette bridée en fonte L=0.25 m | 60 | 1 |
| 7 | Collet bridé | 63/60 ou 75/60 | 1 |

dpinT

مشروع النهوض بالمناطق السقوية بالشمال الغربي
(The Project for the Development of Irrigated Areas Northern Tunisia - DPINT)

## صيانة شبكة الري الموضعي و مقاومة الانسداد

المتطلبات لتصميم ولتدبير فعال لشبكة الري الموضعي

1

## صيانة شبكة الري الموضعي و مقاومة الانسداد

- .إذا كان لون هذه الترسبات ابيض :ترسبات كلسية
- . اما اذا
- اما اذ
  او الفط

البكتريا

## معالجة ترسبات الاملاح المعدنية

يجب ان
انسدادها

يضخ في شبكة الري لمدة 30 الى 60 دقيقة نقوم اثرها بتوقيف عملية الري لمدة 24 ساعة ثم يضخ الماء الصافي داخل انابيب الري لغسلها

يتعين عند استعمال الحامض العالي التركيز القيام بتخفيفه من اجل التقليل من خطورته بحيث يكون تركيزه من 3 الى 8 لتر في كل 100لتر ماء

تنظيف الشبكة من الأملاح المعدنية بالحامض الفوسفوري

## صيانة شبكة الري الموضعي و مقاومة الانسداد :

*تنظيف المصفاة الرملية :

وضع مصفات ذات الاسطوانات في حالة استعمال مياه الآبار و وضع مصفات رملية مع مصفات ذات الاسطوانات في حالة استعمال مياه السطوح والخزانات

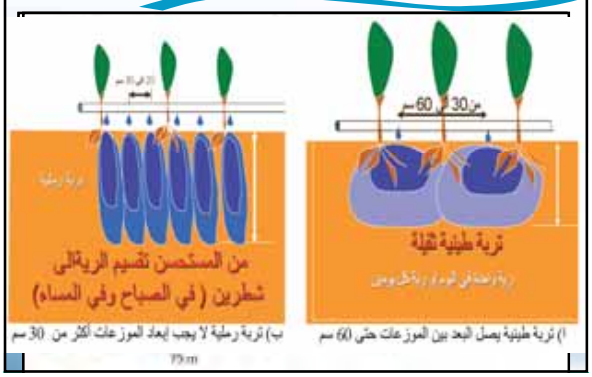
## معالجة ترسبات المواد العضوية

يجب
مليغر

إضافة مادة الكلور (ماء الجفال )الى مياه الري بتركيز من1 الى 5 مليغرام في اللتر من المادة الفعالة و ذلك لمدة 15 يوما او بعد كل عملية ري

تنظيف الشبكة بماء الجفال

## تحديد مقياس الشبكة



BTE
HYDRAULIQUES
Thanks for your attention
شكراً لحسن الاستماع

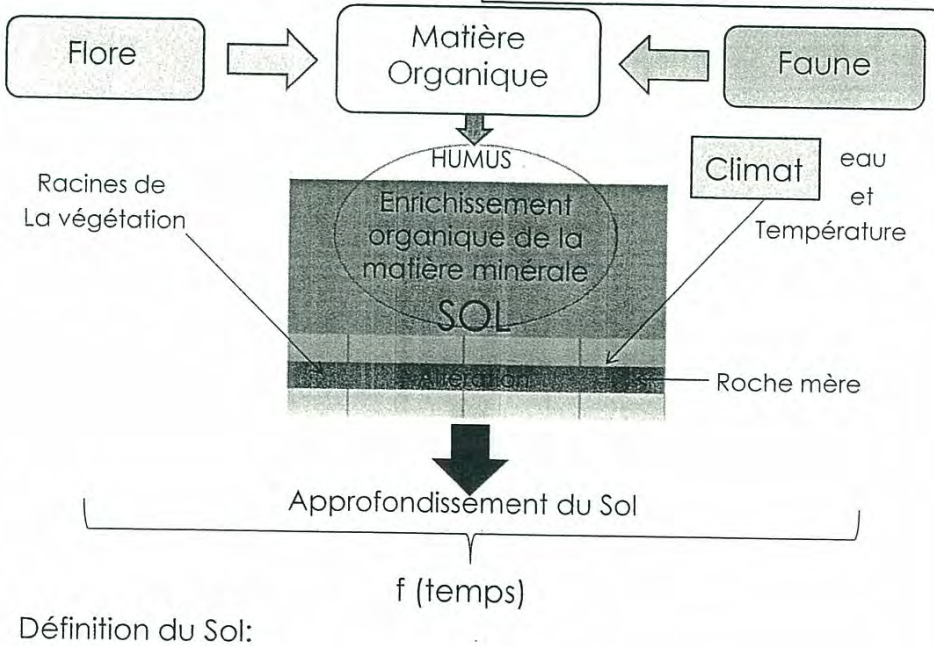
# B-10 Textbook for Training on Pedology (1st day)

# 1ère Journée 11/09/2012

# LA PEDOLOGIE

Conception dynamique de la Science du sol

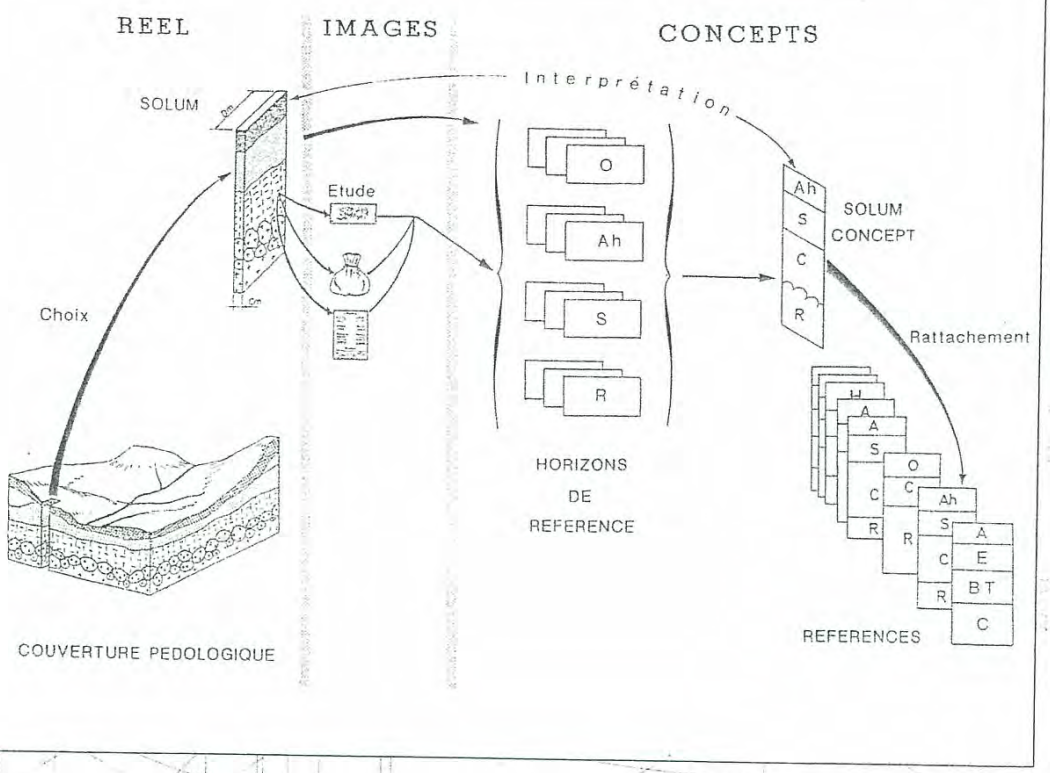




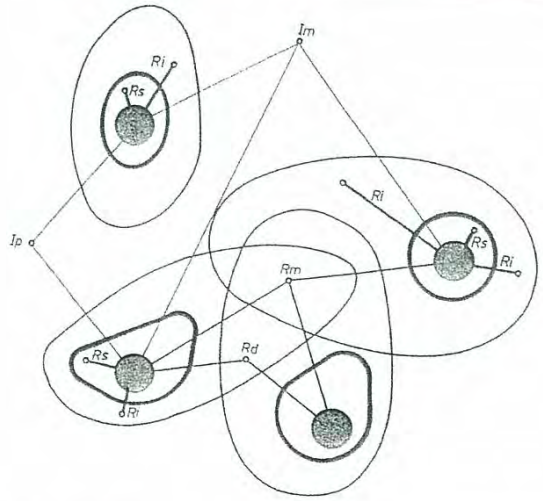

Définition du Sol:

Le Sol est un matériau plus ou moins meuble et agrégé qui résulte de l'action pendant un temps donné de l'atmosphère et de la biosphère sur la lithosphère

## LA PEDOLOGIE
3 Conception dynamique de la Science du sol




## LA PEDOLOGIE
4 Conception dynamique de la Science du sol




CONCEPT CENTRAL DE LA REFERENCE

LIEU GEOMETRIQUE DU RATTACHEMENT SIMPLE (ESPACE MODAL)

LIEU GEOMETRIQUE D'UN RATTACHEMENT IMPARFAIT (ESPACE PERIMODAL)

Rs Rattachement simple

Ri Rattachement imparfait

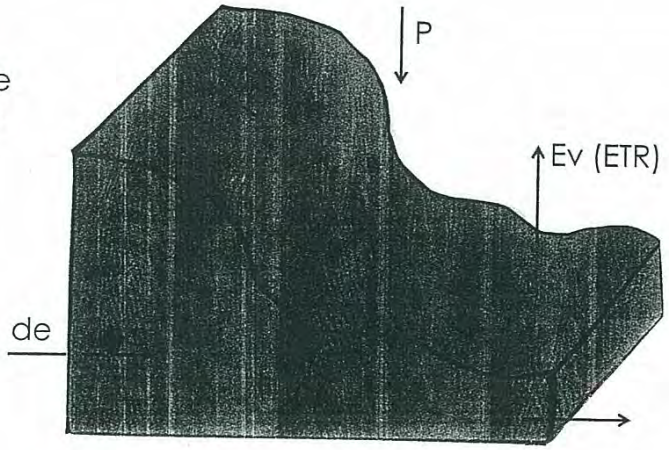
Rd,Rm Rattachement double ou multiple

solum à rattacher

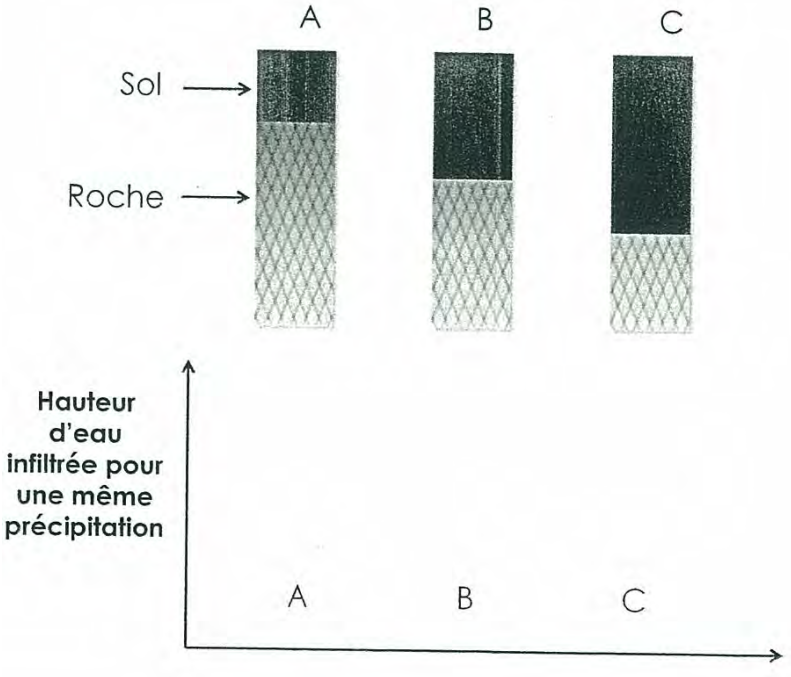
Ip intergrade parfait

Im intergrade multiple

# Rôle de la Géomorphologie dans la formations des Sols





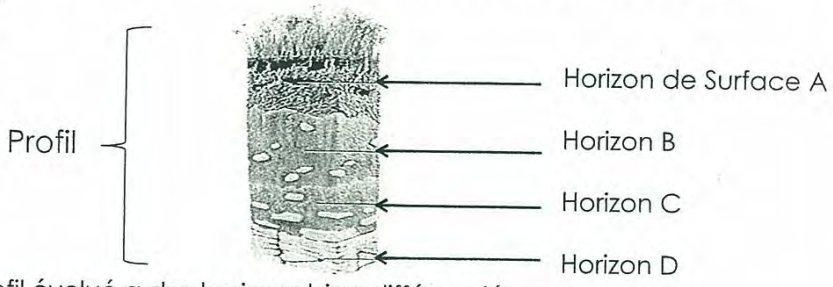
# LE PROFIL ET LES HORIZONS

- Définitions:

La formation et l'évolution du sol sous l'influence des facteurs écologiques:

- Roche mère
- Végétation
- Topographie
- Climat
- Temps

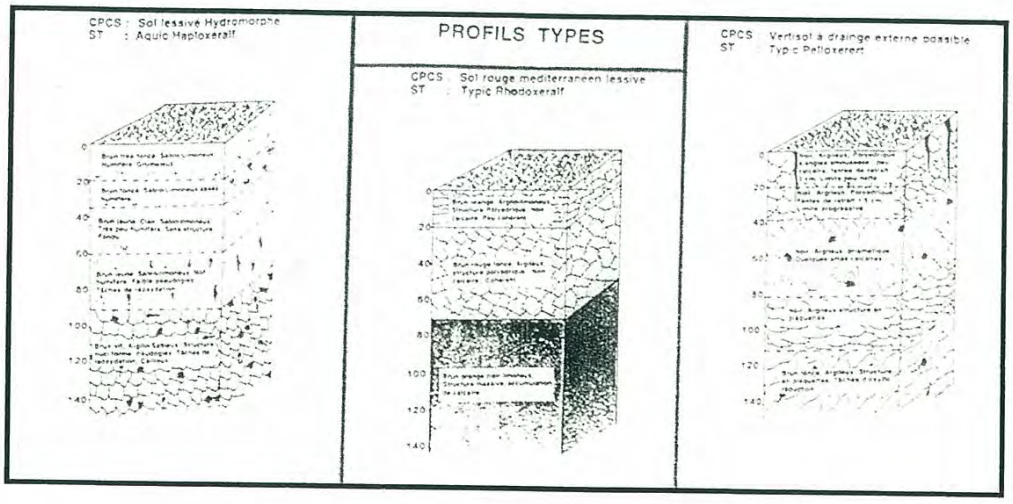
conduit à la différenciation des strates successives de caractéristiques pédologiques différentes (Texture, structure, couleur etc...) appelés **Horizons.**



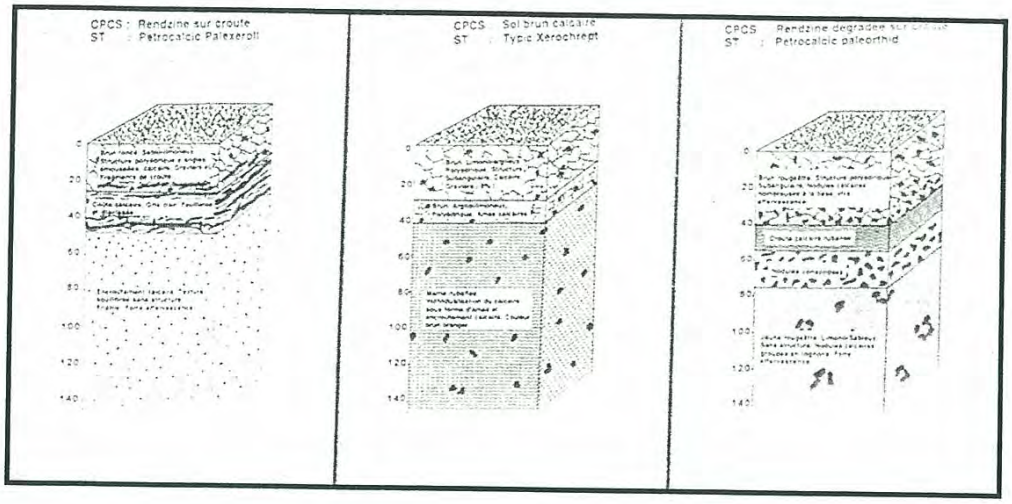

- Un profil évolué a des horizons bien différenciés
- Un sol jeune a un seul horizon reposant sur la roche mère.



# Exemples de sols

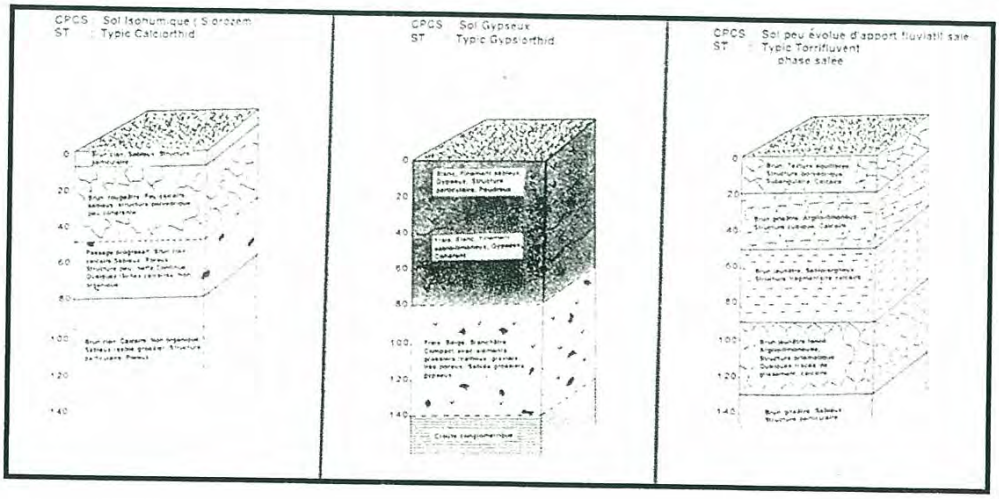


# Exemples de sols






# Exemples de sols



# Principaux processus de PEDOGENESE

| | |
|---|---|
| La Décarbonatation: | Lixiviation des carbonates et Libération des éléments quartzeux ou alumino-silicatés. |
| La carbonatation: | Responsable des précipitations et accumulations calcaires. |
| La salinisation: | Libération des sels (chlorures, sulfates) que certaines roches renferment. |
| La vertisolisation: | liée à la genèse de fortes quantités d'argiles gonflantes → structure particulière avec fentes de retrait |
| Les remaniements superficiels: | crosion – façons culturales assez perturbatrices |
| L'hydromorphie: | Engorgement temporaire dû à un mauvais drainage interne et/ou externe. |
| La Ferruginésation: | Translocation du Fer à l'extérieur des réseaux phyllileux. |
| La steppisation: | Traduit un mode de répartition assez homogène de la matière organique. |
| Le Lessivage: | Migration descendante de l'argile et du Fer. |
| La podzolisation: | Migration poussée après destruction de la partie minérale – Acidification migration des colloïdes humiques et des sesquioxyoles |



# LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU SOL

SOL → 1: Eléments minéraux majoritaires

→ 2: Eléments organiques minoritaires

1- Eléments minéraux

Minéraux non altérés: partie grossière du sol:

- gravier, cailloux, pierre etc…
- Sable
- Limons

Complexe d'altération: ← altération lente des minéraux primitifs (Roche)

- Il constitue la <u>partie finie du sol</u> qui jouit de propriétés colloïdales
- Ce sont principalement les éléments de ø < 2µ
- Ils sont communément nommés par convention: **Argile** (il ne s'agit pas de l'argile minéralogique)

La partie grossière est <u>inerte</u>

La partie colloïdale <u>donne au sol ses propriétés physico-chimiques</u>

2- Eléments organiques ou l'HUMUS

- Une fraction structurée fibreuse
- Une fraction à l'état très fin, colloïdal, sans structure, ce sont les composés humiques fabriqués par les micro-organismes.

Partie finie du sol + Humus → Complexe Argilo-humique

# PROPRIETES DES COLLOIDES DU SOL

- Colloïdes Electropositifs (ou sesquioxydes) - hydrate de Fer
  - hydrates d'Al

  Ils sont minoritaires

- Colloïdes Electronégatifs - Argile
  - Humus
  - Complexe Fe-Si

  Ils sont beaucoup plus abondants

Colloïde Electro -

Colloïde Electro +



- Les molécules colloïdales sont entourées de deux couches de charge
- La première correspond à la charge de la molécule, c'est une couche serrée.
- La deuxième couche de signe opposé correspond aux ions absorbés, c'est une couche lâche de plus en plus diffuse.

Les colloïdes électronégatifs peuvent être assimilés à un acide faible

Ex: Argile H $\underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}}$ $Argile^- + H^+$

Avec $H^+$ on a le sens 2

Avec $OH^-$ on a le sens 1

Floculation des colloïdes Electronégatifs par les cations

# LA TEXTURE – ANALYSE GRANULOMETRIQUE

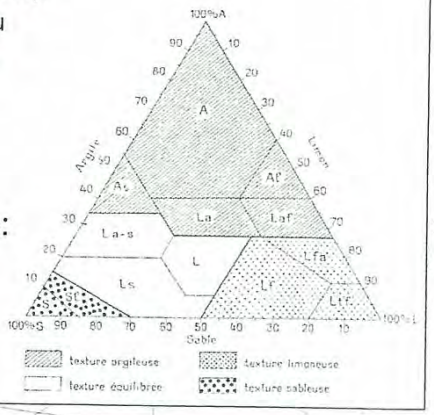
- Définition de la Texture:

Proportion des éléments du sol, classés par catégories de grosseurs, après destruction des agrégats.

La texture est définie par rapport à la terre fine (éléments inférieurs à 2mm)

| | |
|---|---|
| Sables grossiers: | de 2mm à 0.2mm |
| Sables fins: | de 0,2mm à 50µ |
| Sables très fins ou Limons grossiers: | de 50µ à 20µ |
| Limons: | de 20µ à 2µ |
| Argiles (colloïdes minéraux): | ø < 2µ |

Le triangle des Textures:





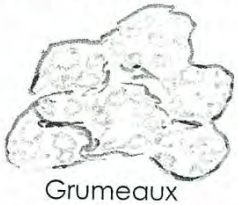

# LA STRUCTURE

- Définition: Mode d'agencement des particules du sol
  - Complète la notion de Texture
  - Elle est liée à l'état des colloïdes dans le sol
  - Agrégat élémentaire: floculation des colloïdes
  - Grumeaux : rassemblement des agrégats élémentaires

Particules du sol (Sable – Limon)

Colloïdes

Agrégat
Cimenté par des colloïdes
Argiles et Humus



Grumeaux
(structure grumeleuse)

Colloïdes dispersés

Structure particulaire

- Types de structures:
  - Structure particulaire
  - Structure en agrégats fins
  - Structure grumeleuse
  - Structure grenue
  - Structure nuciforme
  - Structure polyédrique
  - Structure prismatique
  - Structure en plaquettes
  - Structure feuilletée
  - Structure spongieuse



- Rôle de la structure

- Aération du sol → Activité biologique
  → Perméabilité
- Augmente la surface de contact avec les racines → meilleure fertilité du sol
- Freine le lessivage des colloïdes et des éléments fertilisants – maintient la fertilité chimique du sol
- → Sol meuble facilement exploitable par les racines.
- Meilleure circulation de l'eau → évite l'asphyxie et l'hydromorphie
- Elle intervient pour résister à l'érosion.
  Un sol dispersé sans structure est facilement érodé

- Notion de stabilité structurale

- Rôle de l'humus
- La floculation par les cations polyvalents

Suivi de la stabilité structurale

- Essais de Henin (Indice d'instabilité structurale)
- Suivi de la porosité

Porosité: Volume des vides du sol exprimé en % du volume total
( Porosité capillaire ou microporosité et macroporosité)

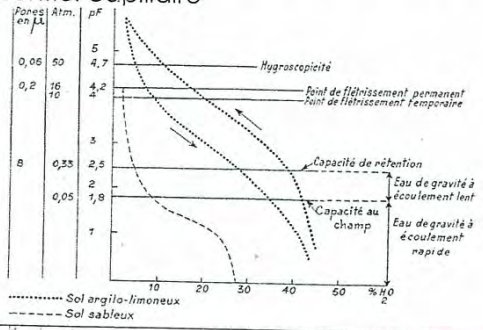
Porosité: $\frac{D - D'}{D} \times 100$

D = Densité réelle
D'= Densité apparente

# POTENTIEL CAPILLAIRE (pF)

C'est le logarithme décimal de la force exprimée en cm d'eau avec laquelle l'eau est retenue dans le sol.

- La capacité de rétention ou l'humidité équivalente:
  correspond à une force de succion d'environ 1/3atm → pF=2.5
- Le point de flétrissement temporaire
  à partir duquel les plantes absorbent difficilement
  l'eau du sol – force de succion 10atm → pF=4
- Le point de flétrissement permanent
  marque la limite de l'eau absorbable
  l'énergie de rétention est de 16atm → pF= 4.2
- Courbes du potentiel capillaire




## 1ère Journée 11/09/2012

Merci pour votre attention

# B-11 Textbook for Training on Pedology (2nd day)

# 2ème Journée 12/09/2012

# LE SOL ET L'EAU

## 2 LE SOL ET L'EAU

- Etats de l'eau dans le sol
  - Eau hygroscopique
  - Eau capillaire non absorbable
  - Eau capillaire absorbable: source essentielle d'alimentation en eau des plantes
  - Eau de gravité: - Fraction s'écoulant très rapidement
    - Fraction s'écoulant lentement (parfois plusieurs jours)

Sans écoulement de cette eau → Etat de saturation

* Notion de nappe perchée

* hydromorphie temporaire et permanente

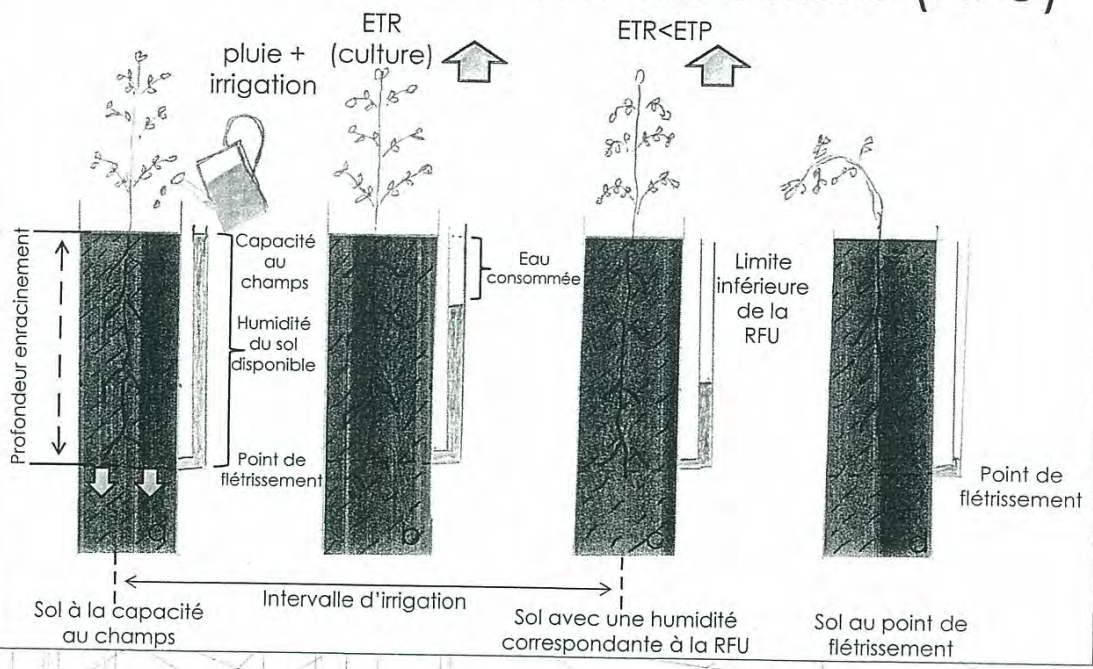
- Méthodes de mesure concernant l'état de l'eau dans le sol
  - Humidité à l'état actuel
  - Humidités caractéristiques:
    - **Capacité de rétention:** Eau capillaire
      - * Capacité au champs: Humidité après ressuyage
      - * Humidité équivalente à la CR. (1/3 à 1atm)
    - **Point de flétrissement permanent:**
      - * Limite inférieure de l'eau capillaire absorbable

        Elle varie en fonction de la Texture

Détermination:

- Méthode biologique
- Notion de potentiel capillaire

# Réserve Utile (RU)
# Réserve Facilement Utilisable (RFU)






- Calcul des Réserves en eau

$$R_t = Z_e \, da \, \frac{H_t}{100}$$

$$RU = Z_e \, da \, \frac{H_{CR}-H_{PF}}{100}$$

$$RFU = Z_e \, da \, \frac{H_{CR}-H_{RFU}}{100}$$

$Z_e$ = profondeur de l'enracinement
$R_t$ = réserve à l'instant exprimée en mm
da = densité apparente du sol
$H_t$ = Humidité du sol à l'instant t exprimée en %
RU = Réserve utile exprimée en mm
$H_{CR}$ = Capacité en retcution en %
$H_{PF}$ = point de flétrissement en %
$H_{RFU}$ = Humidité à la limite de la consommation de la RFU

# LES MOUVEMENTS DE L'EAU DANS LE SOL

Le mouvement de l'eau est régi par 2 forces:

- Pesanteur: écoulement de l'eau de gravité vers le bas
- Forces capillaires: - Le dessèchement du sol augmente la force de succion
  - Le mouvement qui généralement ascendant suit le sens de bas en haut soit de la zone humide à la zone sèche c'est: l'ascention capillaire

**Les mouvements descendants de l'eau de gravité:**

- La perméabilité: - s'exprime par la vitesse d'infiltration de l'eau de gravité
  - Elle est fonction de la porosité non capillaire
- Sols perméables: Sols sableux, sols bien structurés avec des éléments structuraux stables
- Sols peu perméables: Sols limoneux – sols à structure peu stables
- Sols imperméables: Sols à texture fine et à structure instable – l'argile dispersée obture les pores du sol. Ils sont à l'origine de l'hydromorphie qui peut être de surface ou de profondeur, temporaire ou permanente.



# Méthodes de mesure de la Perméabilité

- Méthode de Bürger:

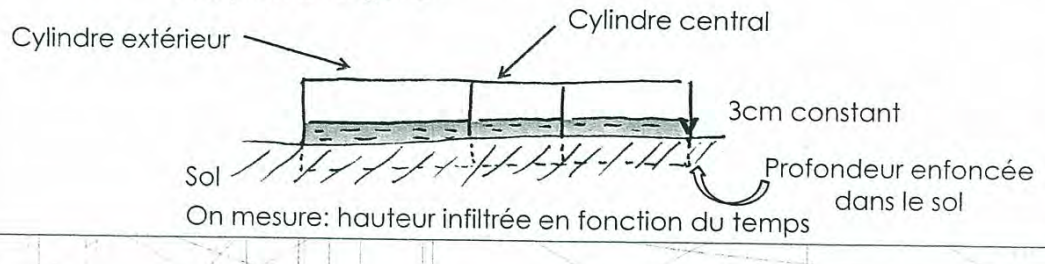
  - Temps d'écoulement d'un volume d'eau donné dans un cylindre de section donnée sous un épaisseur constante d'eau (3cm).

- Méthode de Porchet:

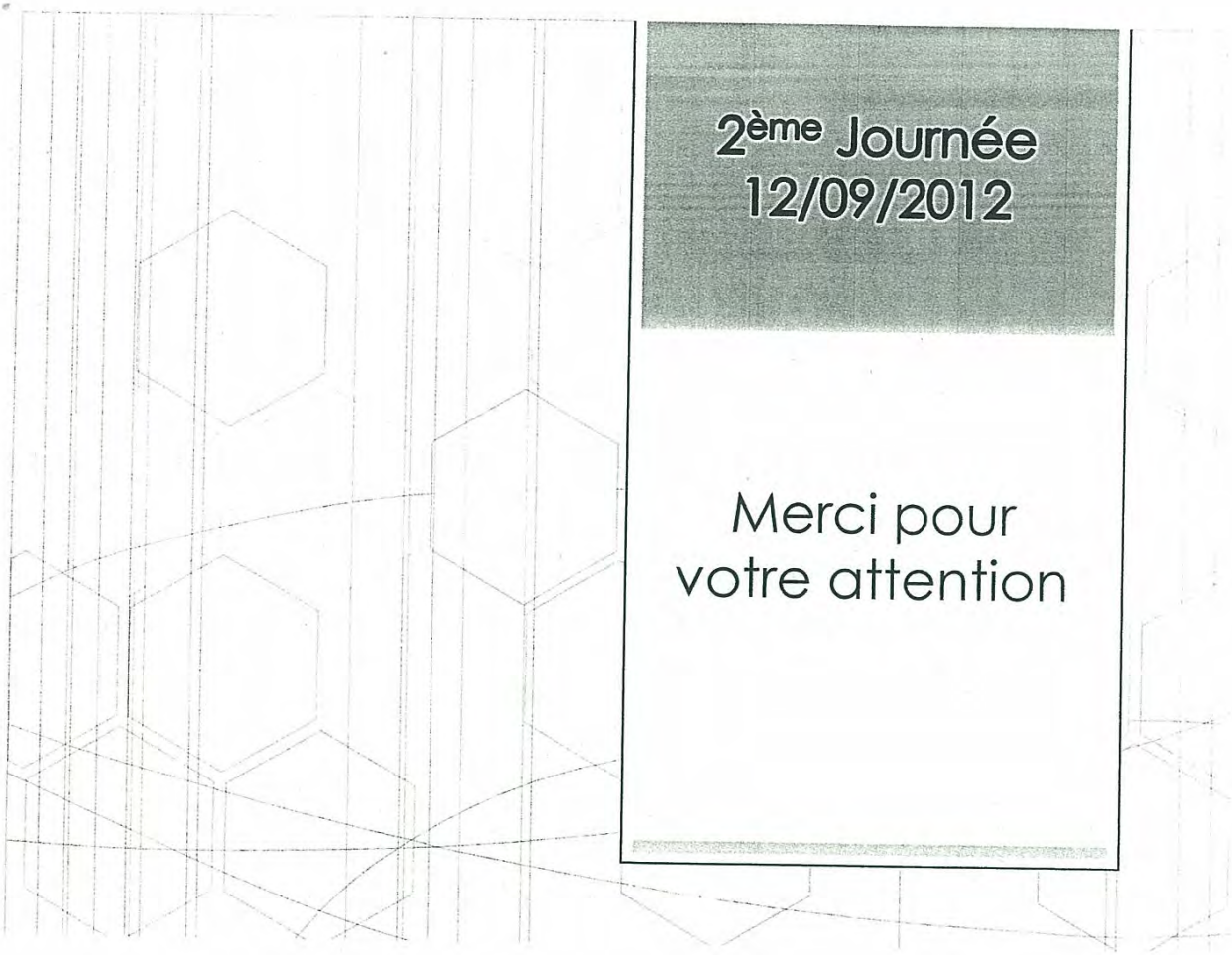
  - Consiste à creuser un trou (8 à 12cm) dans le sol, le remplir d'eau et à mesurer la profondeur des niveaux successifs en fonction du temps – on obtient une courbe caractéristique à partir de laquelle on définit le coefficient de perméabilité K

- Méthode Muntz:

  Adaptée à l'irrigation




On mesure: hauteur infiltrée en fonction du temps


2ème Journée
12/09/2012
Merci pour
votre attention

# B-12 Textbook for Training on Pedology (3rd day)

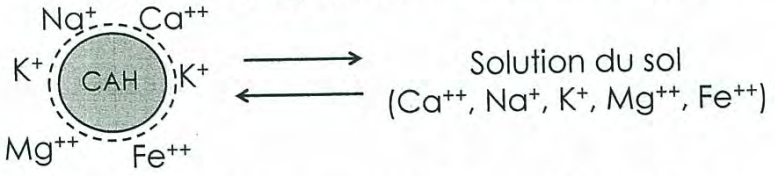
3ème Journée
13/09/2012

# CHIMIE DES SOLS ET ACTIVITES BIOLOGIQUES



# CHIMIE DU SOL

- **LA FRACTION MINERALE**
  - Eléments dissous dans la solution du sol:
    - Sels solubles (chlorures, bicarbonates, nitrates)
    - Pseudo-solutions d'anions complexes (complexes Ferro et ferrisiliciques - complexe Fer-organique)
  - Eléments absorbés sous forme échangeable:
    - Cations et anions sont fixés sur les colloïdes
    - Ils se libèrent progressivement vers la solution du sol

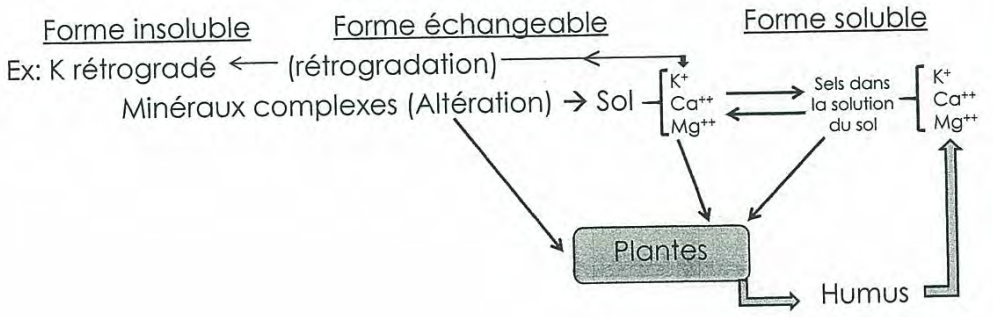



  - Eléments absorbés sous forme non échangeable ou fixés
    Certains cations peuvent être piégés dans le CAH
    Il deviennent non absorbable – ex: $F^{+++}$, $K^{+}$ (rétrogradation du $K^{+}$)
  - Eléments engagés dans des combinaisons complexes
    Certains minéraux contiennent des éléments fertilisants tel que: calcaire (Ca) feldspath (Mg) etc...
    Leur altération libère ces cations dans la solution du sol.

- **LES PHENOMENES D'ECHANGE DES CATIONS DANS LES SOLS**

→ Sol Acide: $Sol\ H^+ + Ca(OH)_2 \longrightarrow Sol\ Ca + 2H_2O$

$Sol\ Al_2 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow Sol\ Ca3 + 2Al(OH)_3$




CHIMIE DES SOLS ET ACTIVITES BIOLOGIQUES

# Etat du complexe absorbant dans les sols

- Constantes caractérisant le complexe absorbant:
  - Capacité totale d'échange (T)
    Quantité maximale de cations que le sol peut fixer
  - Somme de cations métalliques échangeables (S)
  - Les ions $H^+$ échangeables → T-S
  - Le taux de saturation:

$$V = \frac{S \times 100}{T}$$

La capacité d'échange est mesurée par des milliéquivalents / 100g de terre

$$1\ eq = \frac{\text{poids atomique}}{V}$$

$$1\ mq = \frac{\text{poids atomique}}{1000\ V}$$

- Quelques données:

Acides humiques: 370meq/100g de terre
Montmorillonite : 100meq/100g de terre
Kaolinite : 10meq/100g de terre

2°) Lois de l'echange des cations

- l'energie d'absorption des differents ions est variable

classement par ordre preferentiel :

$H^+$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $K^+$, $Na^+$

Si on met une solution à egale concentration en $Na^+$ et $Ca^{++}$ en presence d'un sol acide on constate

que le $Ca^{++}$ est fixé 9 fois plus

Application pour le Choix d'une eau non alcalinisante d'où la notion de SAR

L'élement dilué est plus absorbé que l'élement concentré

ex : Solution a rapport $\frac{Ca^{++}}{Mg^{++}} = 50$ en presence CAH

→ sur le complexe un rapport de 10.

Un sol Normal contient :

$Ca^{++}$ : 80 à 90 %. - $Mg^{++}$ : 10 %. - $K^+$ 2 à 3 %. - $Na^+$ moins de 1 %

Un sol salin ou alcalin La proportion de $Na^+$ ↑

Comportement du $K^+$ :

Argile $H^+$ + ClK ⇄ Argile K + ClH. ⇒ PH ↘

Argile $Ca^{++}$ + 2ClK ⇄ Argile K + $Cl_2Ca$ - pas de changement PH

Taux de Saturation

- Rendzine saturée en $Ca^{++}$
- Brun forestier : 30 à 60 %
- Podzol : 20 %

1 Element particulièrement important

- constitue 80 à 90 % des éléments echangeables et des éléments dissous dans le Sol
- joue un rôle dans la nutrition des plants
- " " " l'évolution de l'argile et de l'humus

en presence de Ca, les acides humiques formés constituent des meilleurs ciments des agregats

2 Etat du Calcium dans le Sol

a. Carbonate inactif

non susceptible d'être mis en solution

b. Carbonate actif (calcaire actif)

fins particules (argile - limon fin)

- Il passe en solution sous l'action d'une eau chargée en $CO_2$ ou d'acides humiques

sol pauvre en humus avec du calcaire actif ⇒ PH élevé 8 à 8,5

sol riche en humus avec du calcaire actif : PH 7 à 7,5

c. Calcium echangeable

$Ca^{++}$ sur le complexe

d. Calcium soluble

$Ca(HCO_3)_2$ - $(NO_3)_2Ca$ - $SO_4Ca$

3 Le Calcium et la repartition des plants

- espèces calcicoles
- espèces calcifuges

espèces calcifuges : ne tolerent pas une forte concentration

Il inhibe la nutrition du Fer et du Mn (Phenomène de Chlorose

LE MAGNESIUM

1- Forme insoluble : abondant dans les minéraux noirs

dolomie : Carbonate double Ca et Mg

2 Forme échangeable : minoritaire par rapport au Ca

- se trouve sur le Complexe et en solution du Sol.

plantes souffrent de l'excès -

Quand $\frac{Mg}{Ca} > 1$ ⇒ mauvaise assimilation du Ca et d'autres ions

plantes souffrent d'une carence

ex : La pomme de terre souffre d'une carence à partir 0,4 meq/100g

Elle est aggravée par un excès de $K^+$

LE POTASSIUM

- Forme complexe : Argile (Muscovite - Biotite, Illite)
- Forme fixée : K passe dans les mailles de l'argile

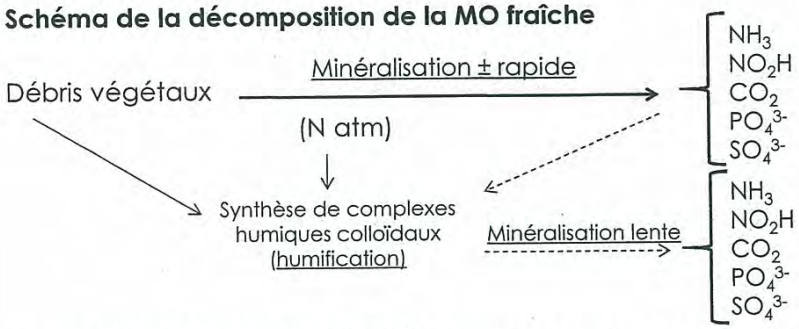
Rétrogradation

- forme echangeable :

# LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL

- Matière organique fraîche (MO)
- Composés humiques

**Schéma de la décomposition de la MO fraîche**




La matière organique fraîche (débris végétaux, fumier...) se décompose rapidement pour donner:

- Eléments minéraux
- Une matière organique stable: appelée humus

L'humus se minéralise à raison de 1 à 2% /an

La matière organique fraîche disparait à plus de 70% en un ou 2 ans



# SALINITE DES SOLS

- Définition des sols Halomorphes
  - Présence de sels solubles: - Chlorures, - Sulfates, - Carbonates, - Bicarbonates } de Na
  - Extrait de la pâte saturée a une CE > 7mmhos/cm à '25'C°
  - Lorsque $\frac{Na}{T}$ > 15% Sols à alcali

Origine des sels: - Nappe salée
- Sel d'origine géologique (Trias)

- Types de sols Halomorphes
  - Sols salins: * Efflorescence saline blanche
    * $Na^+$ représente moins de 15% dans le CAH
  - Sols à Alcalis: * Structure massive
    * Argile se disperse en présence d'eau douce

Argile $Na_2+CO_2+H_2O \rightarrow$ Argile $H_2+CO_3Na_2$ (Dispersion)

- Les sols Halomorphes et la végétation

  - Les sols salins ont une pression osmotique élevée, ce qui nuit à l'absorption d'eau et des autres ions → flétrissement de la plante
  - Seule la végétation halophyle peut se développer
  - Les sols alcalins dégradent la structure – la dispersion de l'argile réduit la porosité, la circulation de l'eau et l'activité biologique- pH alcalin est très défavorable.

  Correction = $SO_4Ca$ + Argile Na → $SO_4Na_2$ + Argile Ca

- Diagnostic de la salure

Par CE de la pâte saturée

Par $\frac{Na}{T}$ %

Par SAR ⟶ $\frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}}$

# B-13 Textbook for Training on Pedology (4th day)

4ème Journée
14/09/2012

# FERTILITE DES SOLS APTITUDE CULTURALE



## FERTILITE DES SOLS APTITUDE CULTURALE

- Notion de Fertilité
  - Capacité du sol à produire d'une façon durable sans affecter son potentiel de production agricole.
  - La Fertilité des sols englobe les caractéristiques physiques et chimiques
- Nouvelle vision du concept SOL
  - Collection de corps naturels occupant une partie de la surface du globe, constituant un milieu de croissance pour les plantes et dont les propriétés découlent de l'action intégrée du climat, de la matière vivante sur un matériau originel conditionné par la nature des roches, le relief et le temps.
  - Le sol est continu et tridimensionnel = couverture pédologique
  - Le sol est formé de: - Constituants minéraux: Argile, sable, limons, éléments grossiers (cailloux...)
    - Constituants organiques: MO fraîche – humus
    - 3 milieux dans le sol: Solide – liquide – gazeux

⇩

Organisation de ces éléments conditionnés par l'environnement (climat, topographie, végétation, homme)

⇩

Des horizons pédologiques formant le profil

➡ **L'étude du sol et de sa fertilité doit se fonder sur 3 séries de données:**

✓ **Données de constitution**

✓ **Données structurales**

✓ **Données relatives aux dynamiques (fonctionnement et évolution)**

# APPRECIATION DE LA FERTILITE

- Le jugement de valeur des sols ne peut être valablement formulé qu'en fonction de l'objectif recherché et que pour un secteur bioclimatique bien déterminé.

- Caractéristiques inhérentes au sol à prendre en considération

Données de terrain
- La profondeur utile exploitable par les racines
- L'assise pédologique
- La texture et la structure, porosité, perméabilité.
- La pierrosité
- La matière organique, l'enracinement et toute activité biologique
- Couleur, tâches, hydromorphie (Gley, pseudogley)

Au labo
- Salure, alcalinité, pH.
- Humidités caractéristiques
- Capacité d'échange cationique
- Teneur en calcaire total et actif
- Humus
- Analyse granulométrique
- Fertilité chimique N-P-K

- Caractéristiques inhérentes à l'environnement

  - Le modèle de relief conditionnant la dynamique de l'eau
  - Le bioclimat (Pm et t°=)
  - La géologie
  - Les modes d'exploitation

- Principe de la hiérarchie de la Fertilité des sols

  On part du principe que tout sol présente des caractéristiques favorables et défavorables (Déficiences) et en fonction de l'importance des unes par rapport aux autres on établira une hiérarchie de la fertilité des sols.

# LES DEFICIENCES

- Les facteurs limitants

  - Facteurs limitants absolus: Toute agriculture est presque impossible
    * Très fortes pentes
    * L'érosion totale
    * L'hydromorphie permanente
    * Salure excessive en zone dépressionnaire

  - Facteurs limitants importants: La correction des terres exige des investissements importants
    * Sols très peu profond sur roche dure ou croute épaisse
    * L'excès d'eau permanent
    * Teneur en calcaire actif excessive
    * Forte salure en sol lourd

- Les caractéristiques défavorables

  * Caractéristiques défavorables majeures:

  Elles constituent des inconvénients inhérents au sol ou acquis par lui mais susceptibles de modifications ou de traitements par l'homme au moyen d'investissements limité – Elles concernent:

  - Les pentes fortes présentant des risques d'érosion
  - La faible épaisseur du sol sur un substratum tendre, sol susceptible d'être approfondi.
  - L'excès d'eau temporaire de surface ou permanent de profondeur exigeant des travaux de protection ou d'assainissement.
  - Teneur en calcaire actif entre 15 et 25%.
  - Les fortes charges caillouteuses exigeant un épierrage.
  - L'excès de sel en sol léger.
  - Les faibles réserves en eau.

  * Caractéristiques défavorables mineures:

Ce sont des petites contraintes qui n'ont jamais empêché la mise en valeur – Elles concernent:

- L'épaisseur des horizons meubles
- L'excès d'eau temporaire en profondeur ou mauvais drainage interne
- La charge caillouteuse entre 30 et 60%
- La teneur en calcaire actif entre 7 et 15%
- La texture peu favorable
- Faible fertilité potentielle dont la correction est facile (fumure et amendement)

A partir de cette classification des contraintes, chaque sol est pondéré par ses contraintes et ce en fonction de l'objectif visé

Exemple: * Pour les cultures annuelles on accorde une importance capitale à l'horizon de surface susceptible de recevoir les façons culturales pour former un bon lit de semence.

* Pour l'arboriculture, la profondeur du sol, la structure et la texture tiennent une place de choix

* Pour les cultures irriguées la RFU/cm de sol et le drainage constituent des données de base

# APTITUDE DES SOLS

- Aptitude des sols pour les cultures annuelles
  - Importance capitale à l'horizon de surface
  - Critères défavorables se rapportant aux horizons profonds ont un impact faible sur les cultures annuelles

Définition des classes:

$C_1$ = Sols de bonne qualité pour les cultures annuelles aucune contrainte

$C_2$= Sols d'assez bonne qualité à moyenne avec quelques caractéristiques défavorables mineures

$C_3$= Sols de qualité passable, plusieurs caractéristiques mineures défavorables ou une majeure

$C_4$= Sols de qualité médiocre avec plusieurs caractéristiques majeures défavorables ou nombreuses caractéristiques mineures défavorables

- Aptitude des sols pour les plantations arboricoles
  - L'aptitude des sols est conçue par classe de pluviométrie et par classe d'espèces fruitiers.
  - Sont considérés inaptes à l'arboriculture les terres:
    * Situées au dessous de l'isohyète 150mm
    * Présentant des pentes supérieures à 20%
    * A salure importante
    * Ayant une épaisseur de couche meuble inférieure à 40cm

Définition des classes:

$P_1$ = Sol de très bonne qualité pour l'arboriculture aucune contrainte

$P_2$= Sol de bonne qualité pour l'arboriculture - profond avec quelques caractéristiques mineures défavorables

$P_3$= Sol de qualité moyenne, assez profond avec plusieurs caractéristiques défavorables mineures ou une majeure

$P_4$= Sol de qualité médiocre, à réserver aux variétés résistantes (Amandier, olivier, figuier) plusieurs caractéristiques majeures défavorables avec de nombreuses caractéristiques mineures défavorables

# CLASSEMENT DES TERRES IRRIGABLES

- Définition: Une terre irrigable doit être de forme adéquate et munie de certaines améliorations, nivelage, drainage facilité d'irrigation, pourrait sous irrigation soutenue avoir une capacité de production suffisante pour couvrir les frais de production
- Classification des terres irrigables

**Classe 1:** - Niveau de production élevé
- S'adapte à la presque totalité des cultures
- Plates et sans pentes/ très faibles pentes
- Sol profond à texture ni trop fine ni trop grossière – bien structuré – aéré et perméable
- CR élevée
- Dépourvue de sels

**Classe 2:** - Capacité de production inférieure à celle de la classe 1
- Quelques restrictions:
  * Ne s'adapte pas convenablement à toutes les cultures
  * Quelques caractéristiques défavorables du sol ou de la topographie ou du drainage

**Sous classes:**
- **2S:** déficience en sol
- **2T:** déficience en topo
- **2D:** déficience en drainage
- **2 SD:** légère déficience en sol et en drainage
- **2ST:** légère déficience en sol et en topographie

**Classe 3:** présentant quelques risques pour leur mise en valeur. Des précautions nécessaires pour corriger les déficiences
Plusieurs sous classes: **3S, 3D, 3T, 3SD, 3ST...**

**Classe 4:** Terres spécifiques pour certaines cultures
tel: Riz pour sol inondable – vigne sol caillouteux etc...

**Classe 5:** Non irrigables à l'état actuel – Elles pourraient l'être après certaines améliorations très couteuses

**Classe 6:** Non irrigable

# B-14 Training material for GDA management

# The Project for the Development of Irrigated Area of Northern Tunisia (DPINT)

# Assistance program for management of GDA

## February 2014

# TABLE OF CONTENT


1- Introduction : General information about Development Groupins
2- The major laws and regulations organizing Development Groupings
3- Steps for the organization of a general assembling (ordinary, constituent, and extraordinary)
    3.1- Major step of a general assembly
4- Relationship between the grouping and the beneficiaries: rights and duties
    4.1- Rights of the GDA adherent
    4.2- Duties of the GDA adherent
5- Members of the Board of Directors, duration of the members representation
    5.1- Formation of the Board of directors
    5.2- Duration of the members' representation
    5.3- volunteering roles of the board of directors members
6- Authorities of the board of directors
7- Roles dispatch
    7.1- Roles of the board of directors
8- Steps for the set-up of a development grouping
9- Pilot statute
10- Pilot rules of procedures
11- Relationship of the development grouping with external members
    11.1- Relationship with the CRDA
    11.2- Financial monitoring
    11.3- Relationship with the local and regional authorities
12- Staff recruitment
13- Types of agreement s
    13.1- Agreement for the management of a public water system between the CRDA and GDA
    13.2- Agreement for the utilization of irrigation waters between the GDA and the farmers
    13.2- Administrative procedures
14- Administrative procedures

## 1- Introduction: General information about Groupings for Agricultural Development

The Grouping for Agricultural Development is a civil body set-up by volunteer citizens, in charge of the project for the management and the exploitation of irrigation or drinking water supply systems in rural areas, and answers the beneficiaries' needs. It is in charge of the maintenance and exploitation of the infrastructures and equipments, as well as the initiation of new activities for the collective development.

The Board of directors elected from the beneficiaries and made up of a president, a treasurer, and members, is in charge of the management of the GDA. The latter takings are essentially the membership fees and the participations as well as the income of the various services provided by the GDA.

The Ministry of Agriculture has prepared the bases for the support, the promotion, and the development of the GDA efficiency, and has given great importance to the proper management of the water resources and the efficiency of the economic water projects. Accordingly, in June 1992, the Ministry adopted the national strategy for the set-up and the follow-up of the Groupings for Agricultural Development.

Among the major principles of the national strategy we can mention:

- Limitation of the governmental responsibilities to the investment charges of water systems
- Precise clearly the roles and responsibilities of the stakeholders
- Be lenient for the DGA improvement
- Provide a sustainable political support for the GDA promotion program
- Introduction of the private sector

This program aims at the achievement of the following three major goals:

- Realization of sustainable water supply schedule
- Underline the government role in rural water supply
- The promotion of the self reliance principle

## 2- Major laws and regulations ruling the GDA

- Law number 43 of 1999 relating to the preparatory steps of the set-up of Agriculture and fishery Development groupings
- Law number 28 of 2001 issued on March 19$^{th}$ relating to the simplification of the administrative procedures in agriculture and fishery
- Decree number 2647 of 2005 issued on October 3$^{rd}$ 2005, relating to the creation of regional committees of inter-professional groupings of agriculture and fishery

In annexes, there exist copies of the above regulations in addition to the groupings pilot statute.

The following are the functions of the GDA which answers the adherents' needs:

- Protection of the natural resources and the rationalization of its use and maintenance
- Equipping an intervention area with the necessary equipments and essential rural and agricultural infrastructures

- The participation in the sensitization of the adherents
- The assistance to the organizations in charge of the promotion of the agricultural situations
- Cooperation relationships and expertise exchange between the internal and external agricultural organizations
- The implementation of tasks that supports the adherents benefits

## 3- Stages for the organization of general assembly (ordinary, constituent, and extraordinary)

When organizing a regular general assembly, the DGA undertakes the following steps:

1) Set the adherents list
2) Set the assembly agenda
3) Elaboration of the financial and activities reports
4) Set the assembly date (date, time, and venue)
5) Prepare the invitation letters and hand them to the adherents 10 days before the assembly date
6) Inform about the general assembly and accept candidates for board elections
7) Invitation of the regional and local officials such as the delegate, the GDA cell, the Regional agriculture labor union, etc to attend the assembly as observers

### 3.1 Major steps of a general assembly

The general assembly is considered to be the highest authority of the GDA; it is gathers all the adherent members and those who are registered up to the assembly date.

The regular general assembly is hold, at least, once a year, and it represents all the adherents. Its decisions shall be respected by all the adherents including the absents and the opposition

The followings are the stages of a regular assembly:

**First stage:**

- The election of the regular assembly boards (presidents and the reporters)
- Make sure of the number of voters, it shall be at least the half of the registered adherents members
- Opening allocution of the GDA president, then allotting the session presidency to the head of the DGA cell, and the assignment of the assembly reporters
- Presentation of the activities schedule set by the board of directors

**Second Stage**:

- Reading of the activity reports from the board of directors president or his deputy
- Reading of the financial reports from the GDA treasurers or his deputy
- Discussion of the two reports (name of the intervening persons are recorded, and then they given the floor to intervene precisely and concisely)
- Reply of the board of directors to the requests or the attendants
- Present the activity and the financial reports to voting

- Allocution of the assembly president or one of the attendant to answer the questions relating to the existing problems, and to prepare the adherents to election and to underline their purpose.

**Third stage**

- The appointment of an election committee
- The candidates are called openly
- Prepare the necessary procedures for the voting such as the ballot box, the voting privacy, and one or more neutral person for assisting the guards
- Recall the voting system in addition to the number of members to be elected
- Start the vote through a nominative calling of the adherent to present their adherence cards and the invitation
- Members of the election committee counts the votes in the presence of the candidates
- Declare the voting results and the end of the session
- Elaboration of the general assembly minutes from the session president and reporters

Immediately after the end of the general assembly, or few days later, there will be:

- Meeting of the members of the board of directors and dispatch of their roles
- Draft of a session minutes
- Send a copy of the meeting minutes to the governor

## 4- Relationship between the GDA and the beneficiaries: Rights and duties

The agreement for the utilization of irrigation water represents the unique legal link between the GDA and the beneficiaries, and it is made-up of (refer to annex) several articles; some are special such as the agreement period, the tariff, the adherence fees, payment mode, etc, and others are general such as the utilization of irrigation water, water supply, the DGA commitments and disputes (refer to the agreement for the utilization of irrigation water in annex)

### 4.1 Rights of the GDA adherents

- To be elected in all kinds of the grouping structures and mainly the board of directors
- To utilize the equipments and resources of the GDA: benefit of drinking or irrigation water, and other services as well (loans, renting of agricultural machines, supply fertilizers and seeds, etc)
- Present all the suggestions and observations relating to the GDA activities to the board of directors and to make sure of the allotted results
- The participation in the general assemblies and profit of the right to vote for the election of the board of directors members or in voting for or against the board decisions

### 4.2 GDA adherents' duties

- The respect of the general assembly's and the board of directors decisions regardless of the adherents positions about the amount of the monthly participation, tariff of m3 of water, the time of water supply, etc.
- The payment of the participation fees decided by the board of directors in due time, which would allow the GDA to provide sustainable services

- Protection of the interest and gains of the GDA in order not only to ensure a sustainable supply in water, but also to limit its cost; mainly that the GDA is responsible of the maintenance in case of equipment damage.
- The positive participation in solving all the problems presented to the general assembly and the presentation of suggestions and observations relating to the management of the GDA

5- The formation of the board of directors and duration of the member terms and its conditions

**5.1- Formation of the board of directors**

The board of directors is formed of 3 or 6 members elected in the general assembly from the adherents; the number should be dividable by three.

**5.2- duration of the members' terms and its renewal**

The members are elected for three years; the renewal of one third of the members occurs on yearly bases, yet the renewal of the terms of one third managers of the first board of directors every year.

In the two first years, members to resign shall be appointed by lots withdrawal and by seniority in the coming years. It is possible to reelect the resigning members

**5.3 Free functions of the board of directors' members**

Members of the board of directors are volunteers, unless they are reimbursed, upon their request, expenses they need for their functions

The board of directors can allot subsidies for members in charge of a precise punctual mission

**6- Authorities of the board of directors**

The board of director is the representative of the general assembly, and it is in charge of the management of the GDA and is responsible for its proper ruling.

The board of directors benefits of the largest authorities, and has the right to manage all the GDA affaires, except the authorities and the responsibilities of the general assembly, and that according to the issued laws, regulation and the GDA rules of procedure.

At the end of the fiscal year, the board of directors is requested to prepare the GDA financial statement that would be presented to the general assembly, in respect of the regulation in force. The board of directors presents to the general assembly a report about the GDA affairs of the last fiscal year. The board of directors analyses all the submitted suggestions; and it prepare the schedule of the general assemblies.

In addition to the responsibilities clearly stipulated in the regulation, the board of directors has several other opportunities; hereinafter are some of them:

1- Represent the GDA in private and public administrations, and in other circumstances. The board is in charge of all the operations requested by such representation

2- Elaborates an activity schedule, and prepares the GDA budget estimation
3- Makes decisions relating to the affairs and agreements
4- Requests to pay back the GDA indebted money
5- Withdraws all the GDA correspondences, letters, telegrams, remittances, from the post offices, and all the institutions, and permit the execution of these operations
6- Decides about the utilization of the remaining balance of the budget
7- Allots all kinds of subsidies and advance payments with or without guarantees
8- Have access to credits with or without guarantees
9- Purchases all kind of real estate and can sell those which are no more needed by the GDA
10- Approves and accepts all renting contracts, as well as all the selling commitments in return of the amount of money judged to be convenient, and which can last even nine years.
11- Accepts all kind of gifts and grants
12- Protects the properties of the GDA

The board of directors undertakes its tasks as it is the representative of the general assembly and it is in charge of the proper management of the GDA affairs. It has the largest power to manage all the aspects of the GDA and to undertake all the tasks that serve its interests.

To ensure a proper management of the GDA, it is necessary to take into account the following elements:

- To respect the time for the organization of general assemblies, and to account for all the components, and mainly the quorum and proceed to democratic election
- To inform the attendant of the general assembly, that the election candidate shall have a minimum educational level of the candidates to be able to manage all the financial and administrative affairs of the GDA
- To commit candidates to serve seriously the GDA affairs and to attend the regular meetings.

7- Authority distribution in the GDA

- **The Constituent general assembly**

It consists of the attendance of the beneficiaries, and it is the authority that decides on the set-up of a GDA, and it approves it's the grouping rules of procedure, and it appoints the members of the first board of directors.

- **The extraordinary general assembly**

It consists of the attendance of the beneficiaries**,** and it is the unique authority that has the right to amend the grouping statute or decide to destitute the GDA

- **The regular general assembly**

It consists of the attendance of the beneficiaries, and it deals with the activity schedule suggested by the board of directors.

- **The board of directors**

Members of the board of directors are elected in the general assembly; it is in charge of the management of the GDA affairs. The board of directors conducts its tasks as the representative of the general assembly and it is responsible for the management results of the GDA.

- **Financial monitoring Committee / AUDIT**

The members of the financial monitoring committee are elected for a period of three years and it is in charge of the monitoring of the balance of the financial management of the GDA; then it drafts reports that are submitted to the general assembly

### 7.1- Tasks of the GDA

**A- <u>Functions of the GDA president</u>**

The GDA president is considered to be the engine of the grouping, and it has several tasks, such as:

- Follow-up of the activities of the GDA, such as the draft of the activity schedule, and prepare the budget estimation in collaboration with the treasures and the technical director
- Hold regular meetings with beneficiaries for information and sensitization purposes. They sensitize them about their duties and rights, and mainly the necessity to pay the membership fees to ensure the sustainability of water supply, and to preserve the GDA properties
- Follow-up of the GDA management
- Follow-up of the proper management of the GDA affaires through the assessment of the technical director performances, the financial statement, and the follow-up of the work of the pump keeper and the monitoring of the equipment and the properties of the GDA, as well as the safety of the surrounding environment.
- Represent the GDA in the administration and the local, regional, and judicial authorities.

**B- <u>Function of the treasurer</u>**

The treasurer is supervised by the GDA president in collaboration with the technical director, and it is in charge of the following:

- Draft the annual budget of the GDA as well as the list of memberships and adherents
- Payment of charges allowed by the GDA president
- In charge of the budget balance and to preserve the payments receipts, in addition to the collaboration with the technical director in the elaboration of an annual report about the financial statement of the GDA, and to the draft of the financial report to be submitted to the general assembly, if request

C- Functions of the water system keeper

The water system keeper is the responsible for the operation, maintenance, and protection of the infrastructure; the following are some of his tasks:

- Guarding the equipment and buildings belonging to the GDA
- Preserving the existing tools and documents
- Supply the required water volumes in respect of the planned schedule
- Record the various supply and maintenance operations

- Undertake the regular maintenance operations in respect of the maintenance planning
- Inform promptly the board of directors, and maintenance department about the occurring breaks

**D- Functions of the agent in charge of the follow-up of the operation and maintenance of the water system**

This agent, in collaboration with the technical director, undertakes the following tasks:

- The participation in the elaboration of the water distribution program, in respect of the beneficiaries specific needs
- The implementation of the working plan and the evaluation of the maintenance agents interventions
- The implementation of the maintenance schedule of the water system prepared by the board of directors
- Ensure the proper implementation of the water equipment, and to control through field visits
- The sensitization of the adherent for the protection of the infrastructure and water saving
- Inform, promptly, the board of directors of all the information relating to the maintenance and the agents, and present the necessary suggestions
- The coordination with the CRDA technical services and the private companies to plan the implementation of maintenance operations and the improvement of the exploitation de water supply systems

**E- Functions of the member in charge of the administrative management**

This member is in charge of the assistance to the technical director through the following:

- Put order in the files and organizing them
- Keep regular records of expenses and incomes
- Hold the meetings of the board of directors
- Draft the minutes of the board of directors meeting according to a specific sample
- Draft GDA correspondences and reports
- Draft assistance and extension reports
- Prepare training, sensitization, and information days: prepare the participants list, send invitations, prepare the meeting room
- The efficient participation in the preparation of the general assembly

**F- Function of the member in charge of the disputes and sensitization**

It is in charge of the coordination with the technical director:

- Receive the complains of the adherents and agents
- Identify the source and the reasons of complains and gather the necessary information
- Hold meetings with those concerned with the disputes to settle the dialogue, and to attempt to reach a compromise and solutions to the disputes
- Call for a meeting of the board of directors to analyze the existing disputes and attempt to reach a solution

- Follow-up of the cases in order to ensure the end of the dispute
- Sensitization of the adherent about the necessity of self control and avoiding disputes
- Sensitization of adherent through solidarity, mutual effort, and reinforcement of the associative spirit, in order to prevent any disputes
- Amendment and follow-up of the contracts between the GDA and the various stakeholders (private companies, beneficiaries, and CRDA, etc.)

**G- Function of the member in charge of the exploitation and the sensitization**

This member is considered the major assistant to the technical director:

- Farmers' sensitization about the necessity of saving water through the selection of specific crops
- The coordination with the technical director and the CTV to hold sensitization sessions to farmers

H- Functions of the technical director

In order to reduce obstacles and constraints, it had been necessary to think to create a position of a technical director to improve the performances of the GDA and to reinforce the communication with the CRDA

The technical director cannot be selected among the board of directors' members; and it has not the right to be elected. He has mainly an executive role and related directly to the GDA performances

The technical director has the following executive functions:

**1- Planning**
- Draft the GDA planning and define the various activities
- Extend the GDA activities
- Draft the water supply schedule
- Draft the work plan of the water system keepers

**2- Beneficiaries information and sensitization**
- The GDA activities
- Rights and duties
- Protection of the GDA properties
- Importance of the adherence fees

**3- Managing**
- Execute the board of directors decisions and the work plan
- Archiving the administrative and judicial documents of the GDA
- Hold regular meetings of the board of directors and draft minutes
- Solve the DGA problems

**4- Monitoring**
- Follow-up and ensure the proper implementation of the activities of the water keeper
- Follow-up of the activities of the GDA staff
- Monitor the conditions of the equipments and the GDA properties

- Preserve the water points environment and the various infrastructure under the responsibility of the GDA

**5- Representation and the communication with the following institutions:**

- The local and the regional authorities
- The Regional Directorate for the Agricultural Development
- The Regional Directorate for Health Protection and the Tax office
- The various stakeholders (URAP)

**6- Assessment**

- Assessment of the performance of the GDA staff
- Assessment of the general activities of the GDA through the participation of the activity reports
- Assessment of the financial statement at the end of each year in collaboration with the GDA president and treasurer

**7- Preparation and organization of the general assemblies**

- Set the adherent list who are legally registered in the GDA
- Set the assembly agenda
- The efficient participation in the preparation of the activity and the financial reports
- Prepare the invitation letters and send it to the adherents
- Advertizing about the general assembly and call for the election candidates
- Invitation of the local and regional counterparts
- To be sure of the quorum
- Draft the minutes of the general assembly and to sign it from the president of the assembly and the observers
- Draft of minutes of the board of directors meetings
- Send a copy to the governor

**8- Financial functions**

- Prepare the annual budget in collaboration with the treasurer
- Prepare the adherents lists
- Receive the payment and give receipts to beneficiaries
- Payments approved by the board of directors
- Follow-up of the supply and distribution schedule
- Preparation of the water payment bills
- Keeping records of the annual financial statement of the GDA
- Prepare the financial reports of the board of directors and of the general assembly
- Present the GDA takings and the incomes in case of request
- Make financial analyses
- Follow-up the water loss rates
- Suggest practical procedures to improve the technical and financial exploitation
- Follow-up of the procedures

**9- Documents updating and record keeping**

- **<u>The legal documents:</u>**
- Copy of the GDA creation document

- Adherent list
- Copy of the GDA creation approval
- Rules and regulations of the GDA
- Copies of the various contracts
- Archives of the general assemblies and board of directors meeting minutes
- Copy of the GDA bank or post account approval
- Correspondences archives
- Inventory of the GDA properties
- Visits records

- **Financial documents**
- Membership and adherence file
- Accounting file
- Takings and incomes
- Receipts book
- Check book
- Membership cards
- Budget file
- **Technical documents**
- Equipment Operation guide
- The site drawing

**8- Steps of the GDA formation**

According to the previously mentioned laws and regulations relating to grouping set-up, the formation procedures are the following:

A- Set the owners, beneficiary farmers, fishermen, willing to adhere to the GDA
B- Create a temporary comity to represent the above mentioned beneficiaries
C- Elaboration of a draft statute of the GDA in respect of the pilot statute in force
D- The submission of a statement including the following information about the GDA:
    - name
    - area of intervention
    - registered office
    - object matter
    - name list of the first comity
    - two copies of the statute at the governorate or the delegation where is the social office of the GDA

Two members of the temporary comity sign the authorization and the copies of the statute and they receive a receipt that includes the date the classification.

E- Invitation of the above mentioned members to a sensitization general assembly
F- Forming a comity for the election of the board of directors members
9-the pilot statute

The validation of the pilot statute of the GDA took place further to the decree number 1819 of 1999 issued on 23rd August, 1999, which was later amended through the decree number 978 of 2005 and issued on 23rd March, 2005.

The annexes includes version of the pilot statute. The latter includes 9 chapters, and 43 articles:

Chapter one: General provisions

It deals with the formation, the object, the intervention area, duration of its presence, and the registered office.

Chapter two: Initial establishment procedures

It deals with the procedures to set-up a GDA

Chapter three: adherents

It deals with the adherence, adherents' commitments, their rights, their rights to resign and to be fired, and the procedures to resign or to be fired.

Chapter 4: The general assembly

It deals with the various aspects of a general assembly: the formation, the role, the call for a general assembly, its agenda, the right to vote, the record of the assembly discussions, the schedule of the meetings of the regular assembly, its object, the majority, the quorum of the regular general assembly, the object of the extraordinary general assembly, the majority, and the quorum.

Chapter five: board of directors

It deals with the formation of the board of directors, the period of the members' representation and its renewal, the assignment of the temporary managers, their responsibilities, the meetings of the board of directors, record the discussions, the presidency, the authorities, the volunteering activities, the functions of the mangers, the selection criteria of the manager.

Chapter 6: The financial provisions

It deals with the budget management and the statement of operations (takings and income)

Chapter seven: Monitoring and conflicts

It deals with the audit internal comity for the monitoring of statement of operations, and the administrative activities

Chapter eight: The grouping dissolution

It is a decision that can be taken by the extraordinary general assembly

Chapter nine: rule of procedures

It includes the provisions that were not stipulated in the statute of the GDA

10- The pilot rules of procedure

It includes 54 articles defining the management procedures of the GDA administrative, technical, and financial affairs, and particularly the relationship between the various internal and external relevant institutions

The authentication of the rules of procedure occurs in a general assembly; each new adherent has the right to informed of the rules

**11- Relationship of the GDA with the external institutions**

**11.1 Relationship with the CRDA**

An intervention agreement which governs the relationships be the GDA and the CRDA; which defines the rights and duties of each of them.

Among the most prominent sections of the agreement, we can mention the following sections:

- water management
- water supply
- CRDA commitments
- GDA commitments
- Sanctions

**11.2- The financial follow-up**

The new laws introduced a number of decisions that would facilitate the GDA activities and lead to the transparency of the financial operations.

These laws emphasized the necessity of forming a comity that includes two members from the boards of directors in order to undertake the monitoring of the financial statement operations and the budget as well. The law allowed the GDA, whose turn over exceeds one hundred thousand dinar, to hire an accountant.

The treasurer shall present annually the budget balance to the cashier for authentication after verification.

11.3- The relationship with the local and regional authorities

The governor is considered to be the direct responsible for the GDA, as he is the head of the fishing and farming professional institution

Every year, the GDA shall present the annual budget for authentication to the governor, who has the right to review it.

12- Staff recruitment

- Staff are recruited upon decisions of the board of directors
- Staff are recruited according to the GDA needs
- Each recruited staff signs a contract with the GDA president that defines the following:
    - The position

- Contracting condition: working hours, wage, holidays
- The direct boss
- Clauses about mutual agreement for contract termination

13- Types of contracts

13.1 Agreement between the GDA and CRDA for the management of the water system

GDA commitments:

1) The GDA shall approve and signs the agreement. This is a crucial condition to be able to manage the infrastructure and equipment
2) The GDA shall take in charge the operation and maintenance charges and include it in the annual budget
3) The GDA shall be in charge of the management of the water system in respect of the technical descriptions of the equipment and the operation procedures presented by the CRDA. It is also requested to ensure the sustainability of the infrastructure.
4) The GDA is not allowed to supply water, even periodically, to out of the perimeters farmlands, unless they have the CRDA approval
5) The GDA is not allowed to enlarge the irrigated perimeter, and is requested to inform the beneficiaries about this
6) The GDA shall carry out the necessary maintenance operations of the water system either through its own tools or through the services of a private company
7) The GDA is requested to arrange the water supply operations, and undertakes the necessary measures to ensure water supply
8) The GDA is committed to respect the approved annual budget
9) The GDA shall keep record of the technical, financial, administrative documents relating to maintenance of the water system and the GDA management
10) The GDA is requested to preserve the water system, and has not the right to modify the project ‘s components unless they obtain the CRDA official authorization
11) The GDA is committed to hold the annual general assembly
12) The GDA is committed to keep record and verify the payments of the GDA charges as well as the adherent payments of their water charges through the records of the individual water meters and to elaborate the farmers’ irrigation water bills in due time. The GDA is requested to warn farmers who do not pay their water bills that they can cut water, and to effectively cut water for beneficiaries who did not pay their water charges. The GDA shall initiate judicial proceedings against beneficiaries that did not pay their water charges; or those that damage the water meters or other equipment of the water system.
13) The GDA is committed to hire a technical director and hydrant keepers that would be in charge of the water systems and provide them with the necessary tools to carry out their functions.

The CRDA commitments

1) The Maintenance section shall carry out an annual diagnosis of the equipment and the hydraulic infrastructure
2) The administration shall control all the works that the GDA can undertake through private companies or subcontracting
3) The CRDA shall orient the GDA in the procurement of the parts and in the preparation of the tender documents or contracts for the maintenance works that will be subcontracted. It shall assist the GDA in training their maintenance staff
4) The CRDA is in charge of the maintenance for the pipelines which diameter is superior to 400 mm, and they have to coordinate with the GDA about the scheduling of the water cuts during the maintenance operations and to fix the duration of the works, that would enable farmers to take the necessary precautions
5) In case of conflicts about the application of this agreement, it is the hydraulic department that shall be in charge of deciding, and its decision is the final one that shall be respected by both sides

### 13.2- **Exploitation agreement between the farmer and the GDA**

1) Farmers shall not benefit of irrigation waters unless they sign an exploitation agreement for each water hydrant they would use
2) The signature of the exploitation agreement is compulsory to initiate water supply, besides each water point shall be object of a separate agreement
3) The agreement shall indicate the type of hydrant and the surface area of the land to be irrigated
4) In case of address change, the beneficiary is requested to inform the GDA through a registered letter in which he stipulates clearly the new address
5) It is necessary to utilize irrigation water to irrigated the farmland used by the farmer and which is clearly stipulated in the signed agreement
6) The beneficiary shall take the necessary measures to avoid water loss that might occur during irrigation; water might be cut until fixing the problem
7) The beneficiary, who has an irrigation common hydrant in his farmland, shall enable the other farmers to have access and use the hydrant and to install pipelines on his farmland to irrigated theirs
8) The beneficiary is responsible for the equipment installed at the level of his farmland. He is requested to inform the CRDA about the damages occurring at common pipelines and the equipment and all kind of problems that might occur at the level of the equipment such as the water meters, the stabilizers, the valves. The damages caused by mishandling shall be repaired by the GDA and paid by the beneficiary farmer who has the right to be paid back by the person that caused the damage.
9) It is forbidden to the beneficiary to undertake works that might touch the pipeline or the irrigation equipments in order to supply water to other farmers

It is to precise that the available water shall not be supplied to other farmers and shall not be used for personal purposes

10) Preceding to the signature of the agreement with the GDA, the beneficiary farmers shall pay an advance payment of his water consumption, fixed by the GDA as well as the renting fees of the water meter
11) The water bill shall be paid within 30 days after the issuing date
12) - The beneficiaries have the right to complain about the water bill within 15 days following the issuing date; after this deadline the beneficiary cannot request the delay of the debts payment.

- The nonpayment of the water bills in due time gives the right to the GDA to cut water supply to the farmer for 8 days after sending a warning registered letter; the beneficiary shall pay the warning charges

13.3- Other contracts

The GDA has the right to sign supplementary contracts, such as:

- Contract for the recruitment of a technical director
- Contract for the recruitment of a worker
- Subcontracting

The annexes includes copies of these contracts

14- The administrative procedures
1) The tax system

Legal references:

A- Customs code issued through the decree of 29/12/1995, and the its amendments
B- The added value tax code issued through the law number 61 of 1988, issued on June 2nd 1988
C- Tax on the income of natural persons and tax on companies included in the law number 114 of 1989 issued on 30th December 1989
D- Registration charges and tax stamp code mentioned in the law number 53 of 1993 and issued on 17th May 1993
E- Local tax code mentioned in the law number 11 of 1997 issued on 3rd February 1997
F- Tax Rights and procedures code mentioned in the law number 82 of 2000 issued on 9th August 2000

The GDA are concerned with taxes as they represent a moral entities that obey to the in force regulation. Yet, because of the nature of its activity the legislature allotted it a special tax system, in addition to the fact that it is requested to undertake some tax procedures, such as playing the mediation role between the Ministry of Finance and those who collaborate with and who are object to tax.

The tax system of GDA varies according to the variation of taxes “direct and indirect” stipulated in the regulation in force.

2) State Direct and indirect taxes

<u>Direct taxes:</u>

According to the article 45 of the tax code on physical person income and the tax on companies, and considering that the GDA cannot have a commercial benefit, it is exempted and kept out from tax field.

Nevertheless, the benefits that the GDA might have from the money deposited in the bank is subject to a reduction of 20% from the gross amount, in respect of the articles 52 of the tax code. This reduction is definitive and is not refundable.

Registration and the fiscal stamp fees

Contract and agreement signed by the GDA are subject to the general law provisions in terms of registration and fiscal stamp. However, the article 17 of the registration and fiscal stamp code exempted the GDA from the payment of the fiscal stamp when declaring the establishment of the GDA and depositing the rule of procedures and the whole file. Besides, the GDA is not requested to register the various official documents such as the final statute, records of discussions of the general assembly of the first board of directors; it is however requested to register the real estate contracts.

Vocational training taxes

According to the requirements of the articles 338 and 364 of the labor code, this tax shall be paid from physical or moral persons subject of income tax stipulated in the company tax system. This tax shall be paid on monthly bases considering a rate of 1 or 2% from the gross salary. Since GDA are not subject to company's tax system, it is not requested to pay this tax even if the GDA pays staff wages.

Participation in the Housing promotion fund

The law number 145 of 1988 issued in 31st December 1988 relating to the financial law of 1989 amending law number 54 of 1977 issued in 31st August 1977 set a participation rate from every public or private lessor; besides, the private exploiting farmers were exempted from this tax.

Since the majority of GDA are employing staff, it is requested to respect this law and pay 1% of participation from the gross salaries which it pays monthly.

Taxes and charges to be paid for local groups

The article 35 of the local tax code stipulated that the amount to be paid on industrial or commercial institutions is a duty on physical persons object to the income tax on the profits or on moral person's who are object of companies' taxes. Since GDA are not object of companies taxes, since GDA has no benefice purposes, so it is not requested to pay this tax.

As for taxes on real estate, in case GDA owns real estate within the municipality area, it is requested to pay this tax respecting 2% of the price of one square meter of each category. This rate has been set according to the performances of the local groups and which is comprised between 8 and 14%.

The added value tax

The first article of the added value tax code and the consumption tax:

All operations carried out in Tunisia, regardless of their objectives and results are object of the added value tax. This tax shall be paid regardless of the legal conditions of the persons who performed the operations, and regardless of their conditions with the remaining taxes and whatever the formula or the quality of their intervention and its type whether regular or temporary. The fact that GDA are object to this tax, give them the right to deduce the added value tax on the procurements and all the activities object of this tax.

The table A about " the list of operations exempted from the added value tax", paragraph 11 point "q" water exploration operations, and point "s" export, import and selling of agricultural equipment.

Paragraph 14 "agricultural operations, renting agricultural machines, transport of agricultural products from the farmers themselves"

Paragraph 15 "selling of irrigation water".

Therefore, the GDA is exempted from the added value tax on the operations mentioned in paragraph 11, 14 and 15; however drinking water GDA are requested to invoice the added value tax to the beneficiaries and to pay it to the cash flow.

3) Fiscal duties and commitments, and the implementation deadline

Among these duties, one can mention the following:

*) Declare in the tax office "presence statement" in order to acquire a fiscal identity that would allow it to submit the records to the cashier

*) The deduction from the resource over the operations mentioned in the articles 52 and 53 of the income tax and company tax code

*) Submit the monthly statement to the tax office before the 28$^{th}$ of every month

*) Submit the certificates that prove the deduction from the income according to the sample elaborated by the tax office

*) submit an annual statement named "the lessor statement" to the tax office before the 28$^{th}$ February every year. The statement shall include a summary of amounts paid by the GDA, and shall stipulate the deductions implemented over the year preceding the declaration year.

*) Submit the necessary declarations to the local groups to which belong the real estate owned by the GDA

4) Sanctions over GDA in case of non respect of the tax commitments

1- The delay of the tax or part of the tax payment: a fine equal to .75% of the tax amount shall be paid per delayed moth. The fine might be raised in case of:
- 1% in case the unpaid tax is paid within 30 days of the statement date of the delay.
- 1.25% in the remaining cases

2- Not to deduce from the resource even temporarily: a fine equal to the non deduced amount or the amount of the missing reductions

3- Not to retrieve the amount of the cash flow for the added value tax and the indirect taxes and the deduction from the resources, within 6 months starting from the first day preceding

the end of the payment deadline: a penal fine comprised between one thousand and five thousand dinar and a jail penalty comprised between 16 days and 3 years, in addition to the delay penalty.

2) Human resources management and the social component

The legal references to be considered in this domain:

- The labor code published through the law number 27 of 1966 issued in 30 April 1966 and all the relating amendments
- The joint convention signed between the trade union for industry and handcraft and the labor trade union on 20 March 1973 and authenticated by the Minister of the social affairs 29th May 1973 in addition to all the amendments.
- The law number 30 of 1960 issued un 14th December 1960 relating to the social security system
- The law number 33 of 1960 issued in 14th December 1960 relating to the retirement system
- The law number 28 of 1994 issued in 21st February 1994 relating to damages compensation
- The law number 108 of 1996 relating to the State which is in charge of the participations in the social security for the universities and the sports clubs
- Minister note number 6 of 15th January 2001 relating to the initiation of the National Employment Fund 21/21
- The law number 32 of 2002 relating to the social security system specific for categories of workers in the agricultural and non agricultural fields
- Decree number 916 of 2002 issued in 22nd April 2002 relating to the application methods of the law number 32 of 2002 relating to the social security system for specific categories of workers in the agricultural and non agricultural fields

**15-1 The Budget preparation**

The GDA are completely independent in the management of its affairs and mainly the financial ones. The GDA is in charge of the preparation of its annual budget.

The budget can be defined as the translation of an annual work plan; it is also defined as a prevision of an estimation of the expenses for the implementation of a specific activity. The budget preparation is not considered just as a legal procedure, but it is an indispensible work material for a proper management of the GDA.

The budget shall cover the fiscal year (from January to December of the same year). The draft procedure starts since the months that advance the new fiscal year and make it ready for application.

The preparation of the annual budget shall be done in respect of the following steps:

**First**: Census of the beneficiaries and date updating

**Second**: Fix the water volume that answers the beneficiaries needs

**Third**: Set the value of the various necessary expenses for the consumption, and the maintenance and then include it in the budget sections.

**Fourth**: Calculation of the tariff of one cubic meter of distributed water

**Fifth**: Tariff setting of one cubic meter of water

**Sixth**: set the method for covering the charges and its classification according to the budget categories

**Seventh**: Set the various incomes

**Eighth**: Update the list of adherents and participants

**Ninth**: inform the governor and the CRDA

**Tenth**: Inform the beneficiaries about the fees to be applied

1- Estimation of the coming year's production

- Evaluation of the exploitation level of the previous years

The budget, the cubic meter cost and the adherents' participation are closely related to the activity volume, that is to say the estimated pumped water volume

At this level, one can consider one of the following hypotheses:

- A regular level of the exploitation: it is the level estimated by the initial study or the system technical capacities. However, according to previous experiences, generally these data are not final, and it becomes necessary to calculated the volumes depending on the beneficiaries needs observed in previous experiences
- Consider the real consumption and production of the grouping according to the previous years and the average of the consumption increase every year in order to define the consumption volume of the coming year. This methodology allows a close follow-up of water exploitation either through the regular records of the water meters or through the utilization of estimations of the production and the distribution, depending on the situations.

- Estimation of the next year's production

Future estimations considers several factors, therefore, it is necessary to adapt it to the situation and to account for the occasional factors that might lead to wrong estimations; such as :

- Exceptional consumption during one year and which cannot be accounted for
- Expecting changes on the project that modifies the previous conditions, therefore, it is not possible to consider the existing exploitation data
- Improvement of the management mechanisms

**2- Maintenance**

The maintenance charges are part of the GDA responsibilities; therefore it should include the maintenance section in its budget and to include it in the calculation of the water costs

The maintenance costs are very important in the calculation of the water costs, therefore the calculation method of the maintenance charges and its application require unanimity of all the stakeholders, and which rests on the following criteria:

- Relay on the criteria of the CRDA which is used in the studies, and to apply a percentage over the investment value of each part of the project
- Shallow well or spring: 1%
- Deep well: .1%
- Buildings and water hydrants: .5%
- Pipelines and special parts: .5%
- Hydraulic, electric, and mechanic equipment: 2.5%
- Generator: 2.5%
- Power adapter:.5%
- Connection to electricity network: 0%
- Renovation of water meters: 10%

This method relay especially on providing data relating to the details of the investments values according to the various components. In case of unavailability of the required data, it is necessary to estimate it in collaboration with the specialized services of the CRDA, who are experienced in projects implementation, and the maintenance costs

The maintenance costs are accounted for as fixed charges; notably that most of them are not related to the number of worked hours; therefore the maintenance costs are identical every year. Generally, the maintenance costs are relatively low in the first year; this would enable the GDA to collect a sufficient budget that can be used in the coming years of the project.

3- Wages and grants

Wages of the technical directors, administrators employed by the GDA staff wages are paid on monthly bases.

The GDA is requested to manage properly the costs allotted to human resources, as it should not exceed 30% of the annual cost.

The staff wages are calculated considering a fixed wage plus the probable grants

Wages and grants= (number of workers x the monthly wage x 12) + grants

Generally, these charges are decided through a mutual agreement between the GDA and the staff, it is therefore considered to be among the fixed charges and is not related to the activity volume.

4- GDA Special charges

An amount of money shall be allotted to the GDA special charges, but this depends on the GDA financial condition. These charges are different from the operation and maintenance charges, but they represent the charges for the administrative charges such as the purchase of stationary, and the necessary charges for the meetings and invitations.

5- Emerging charges

According the financial conditions of the GDA, an amount of money is allotted to the emerging charges. It is necessary for the GDA to preview the necessary budget to avoid any troubles in case of necessity. It is recommended to consider a specific percentage for such expenses.

6- Estimation of one cubic meter cost

The cost of one cubic meter includes the previewed operation and management charges except the large scale repairs, and the renovation of the equipment, which are generally undertaken by the CRDA according to the management agreement. The GDA ensures the pumping and the supply of a specific water quantity calculated as mentioned above. The cost of one cubic meter of pumped water can be as follows:

Cost of the pumped cubic meter= total costs/ the water volume to be produced

However, it is important to note that there is a water loss rate which makes the water quantity to be distributed effectively less than the pumped volume; the volume of water loss is considered specific to each project.

Cost of the distributed cubic meter= total of expenses/the estimated water volume x (water loss)

7- Setting the selling price of one cubic meter of water

The selling price of water is fixed according to the distribution cost, it is therefore necessary to estimate carefully this cost and to avoid hence the deficit of the GDA budget. Actually, a miss estimation of the water cost leads to a under estimated selling price that shall be considered when deciding of the adherence fees.

Selling price= (total amount of charges – adherence fees)/water volumes to be distributed

8- Setting the various takings

The GDA takings have to be equal to its estimated expenses in order to implement properly its activities.

The GDA takings are essentially made of the beneficiaries participations in return of the GDA services. The major components of the GDA takings are the following:

- Participations: It consists of equal amounts of money that shall be paid monthly by the beneficiaries to the GDA for the consumption of a predefined water quantity
  Example: the amount of the monthly participation is 3 dinar for water consumption that does not exceed 5 $m^3$ per month.

Nonetheless, GDA face several difficulties such as:

- Setting the list of indebted beneficiaries
- Compel all the beneficiaries to pay regularly
- Fix and control the consumed volumes to avoid any excess

These difficulties cause several financial difficulties to the GDA, mainly that the payment rate of adherence fees is relatively low in comparison to the water consumed quantities. In fact, the participation fees do not match with the consumed water volumes.

- Adherence income

The GDA requests from the permanent beneficiaries to pay the adherence fees annually, and they obtain an adherent card. This is an important service for the GDA as it is considered to be an income at the beginning of every year. Additionally, adherence fees create an ownership feeling for the adherents and limit the members that can become future candidate for the election of board of directors. The adherence income is calculated as follows:

| Adherence income= the adherence fees x number of adherents |
|---|

- Water fees income

Water selling is considered the major income for the GDA, and it represents a fair method for beneficiaries, as every beneficiary pays the charges corresponding to his consumption.

The water fees income is calculated as follows:

| Water fees income = quantity of pumped meter (m3) x selling price of one $m^3$ |
|---|

- Fixed charge for beneficiaries benefiting of individual connections

In preparing the water bills for beneficiaries having an individual connection the GDA adds to the fixed charged for the maintenance of the connecting devices and water meters.

- Income from the participations

The GDA has to cover the remaining incomes after deducting the adherence charges and the water selling charges, the participations income can be calculated as follows:

| Total amount of the participations = The total amount of the expected takings – (adherence income+ selling prices income+ various takings including the eventual grants) |
|---|

- Aids and eventual grants income

It is necessary to recall that the major principle for the GDA is to relay on its own resources, yet, in some cases it can go through difficulties that increase considerably the cost operation and maintenance. Generally, GDA are unable to conduct the maintenance operations because of they are costly, and not because it has a deficient budget caused by the unpaid water bills or the abstinence of the beneficiaries to pay their participations.

The grant to the GDA shall be given in case of budget deficit and not to substitute the unpaid participations of the beneficiaries. Additionally, the provision of this grant obeys to criteria specific to each area.

9- Income categorization

The GDA is requested to categorize the income according to the budget sample table

10- Draft the adherence and participation list

In order to concretize the participations and adherence income previsions, the board of directors is requested to draft adherence and participation list that indicates the beneficiaries and the amount of money they are requested to pay for their adherence and participation.

11- The authentication of the budget in a record of discussion of the board of director

It is necessary to draft the budget authentication record of discussion of the board of director, in addition to informing the governor and the CRDA.

12- Inform the beneficiaries about the defined fees

The board of directors is requested to inform the beneficiaries about the amount of their participation and its frequency. Nevertheless, in order to enhance the relationships between the administration and the other beneficiaries, the GDA is requested to hold information days in which they present and explain the amounts of money beneficiaries are requested to pay, and to inform them about their duties and rights including the financial duties.

## 15-2 Balance preparation

1) Balance preparation

The balance consisted in a table that includes the various annual activities of the GDA; it indicates the takings and the expenses of the GDA for that year and its activities.

The balance shall include:

- The budget
- Equipment inventory
- The fund inventory
- The debts list
- The properties list

The balance preparation requests the following data:

1- The exploitation data of the current year

These data are about the beneficiaries:

- Number of farmers
- Number of water meters
- Irrigated surface area

Data relating to the pumped and distributed volumes:

- Pumped volume
- Distributed volume
- Rate of water loss

2- Prices

It comprises:

- The adherence fees
- The participation fees
- Water meter renting fees
- Water buying and selling price

3- Takings

It comprises the takings providing from

- Adherence
- Participations
- Water meter renting

4- Expenses

It includes mainly the operation and maintenance charges, and they are the following:

- Water selling charges
- Labor charges
- Transport and transportation
- Water meters renovation
- Bank charges in addition to investment and equipment charges

5- Gross result for the current year

It consists of the difference between the takings on the one hand and the expenses on the other side, and it results:

- Benefit: Takings exceeds the expenses
- Deficit: Expenses exceeds the benefits

In case of deficit budget, the board of director is requested to find solution to this problem and avoid such situation in the future

**The balance includes the budget's categories, it is then possible to compare between the planned and the executed.**

2) The preparation stages of the periodic financial statement

The preparation of the periodic financial statement rests on the operation recorded in the account book and the debts cards. The various steps of the elaboration of statement can be summed up as follows:

- The first stage: the beginning of the year
- Record the remaining account balance of the fund and the current account on the first line of the account book on the special part for that amount. These two amounts must be the same as those mentioned in the financial report of the last year and then the authentication.
- The verification of the match of the fund balance and the report of the inventory of the cash amounts
- The verification of the bank account and the bank statement at the end of the year
- The second stage: The daily operation of each month

- Registration of the income and payments operations in the fund or in the bank current account, or the verification whether the operation was done from the fund or the bank account

Operations done at the end of each month:

- The calculation of the total of the operations in each page
- Transfer the total at the end of each page to the first line of the next page under the subtitle "previous total"
- The remaining amount of the fund and of the bank account
- The total amount
- Update the debts of the GDA
- Update the beneficiaries debts

The third stage: the end of the previous year

- End December's operations
- Total of the last page
- The total of the bank current account and the fund at the end of the year
- The verification of the operation and the existing account:
    - fund: based on the real existing amount
    - Current account: based on the bank statements
- The correction of the faults and the existing discrepancies
- Elaboration of the final version of the financial statement including the expenses and the takings
- Preparation of the debts list
- Preparation of the properties list
- Preparation of the equipment inventory
- Preparation of the fund inventory
- Draft of Board of director record of discussion for the finalization of the annual accounting

3) Verification of the registration of the operation in the accountant book

- At the end of each month, the treasurer ends the registration of all the operations in the accountant book, end terminate temporarily the accounting through mentioning the total amount at the bottom of the page
- The treasurer shall carry out the verification of the registered operations:

✓ Horizontally: record of the right amounts in the right column and in respect of the expenses and the takings. Besides, all the expenses and the takings are recorded in the devoted columns in the fund and the current account

✓ Vertically: transfer the previous total amount and calculation of the totals of the lines and columns of the fund and the current account

Verifying the fund balance

The treasurer shall make the inventory of the real amounts existing in the fund and compare it with the amount mentioned in the accounting book:

- In case of differences: The real amount exceeds the recorded amount in the accounting book, the treasurer shall check the following points:

  Cash income deposited or retrieved from the current account and was not recorded in the accounting book. To check it one can check the reference numbers sequence and the bank deposit and retrieval archives

✓ Recorded withdrawal operations that was not carried out, or was recorded more than once
✓ The recorded amounts do not match with the real amounts

- In case of negative difference: lack of the real balance comparing to the recorded balance in the accounting book; in this case the treasurer has to check the following:

✓ Withdrawal operation that were not recorded in the accounting book
✓ Income recorded, but the amount was not deposited really or was recorded more than once
✓ The recorded amounts do not match with the real ones

After the verification, the treasurer shall correct the mistake in respect of the evidence documents and the recorded amount match with the real amount mentioned in the accounting book.

# B-15 Evaluation Results about Training to Technical Director and Treasurer

# Evaluation de la formation dispensée

# aux Directeurs techniques et trésoriers

(Juin 2013)

## 1. Introduction

La présente formation a été destinée aux Directeurs techniques et trésoriers des 9 GDA de Nefza, Fernana et Sedjnane. Elle s'est déroulée entre le 5 juin et le 26 juin 2013 dans les périmètres irrigués de Nefza, Fernana et Sedjnane.

A Nefza les quatre GDA sont dirigés par 3 Directeurs techniques (Ennouhoudh et Al Wifak ont un seul directeur technique). A Fernana, le GDA est dirigé par une directrice technique et à Sedjnane, il y a trois directeurs techniques dont deux nouvellement recrutés. Le GDA Al Imtiyaz n'a pas en ce moment un Directeur technique. L'ancien directeur technique a quitté suite à un conflit avec le Conseil d'Administration.

Le programme de la formation a été centré sur :

- Le rôle du Directeur technique
- La réglementation que le GDA doit respecter en matière fiscale et sociale
- La méthode d'élaboration d'un budget en début d'année
- La méthode d'élaboration d'un arrêt de situation financière en fin d'année
- L'analyse des écarts entre les prévisions et les réalisations
- Des questions subsidiaires traitées à la demande des GDA de Nefza et Fernana, notamment la méthode de préparation d'une fiche de paie pour les employés des GDA

Suite à cette formation, une fiche d'évaluation a été distribuée aux bénéficiaires qui l'ont remplie :

Les résultats de l'évaluation sont présentés dans ce rapport qui porte sur 17 bénéficiaires qui ont assisté régulièrement aux journées de formation, répartis comme suit :

Nefza : 5 personnes

Fernana : 4 personnes

Sedjnane : 8 personnes

La formation a été administrée à travers des ateliers de 12 jours au total, répartis inégalement sur les GDA comme suit :

Nefza : 6 jours

Fernana : 3 jours

Sedjnane 3 jours

Les bénéficiaires ont manifesté plus d'intérêt aux thèmes de la formation à Nefza et Fernana qu'à Sedjnane dont les GDA connaissent des difficultés importantes au niveau de la gestion et dont les CA devraient être changés pour débloquer la situation en portant à la tête des CA des équipes plus dynamiques et plus motivées.

Le calendrier d'exécution de la formation a été comme suit ;

| **Date de la formation** | **GDA** | **Nombre de participants** |
|---|---|---|
| 05/06/2013 | Ouchtata-Nefza | 3 |
| 06/06/2013 | Touila-Nefza | 3 |
| 07/06/2013 | Ennouhoudh-El Wifak-Nefza | 5 |
| 10/06/2013 | 4 GDA de Nefza | 6 |
| 11/06/2013 | 4 GDA de Nefza | 4 |
| 13/06/2013 | Oued Ghrib-Fernana | 5 |
| 14/06/2013 | Oued Ghrib-Fernana | 5 |
| 17/06/2013 | 4 GDA Sedjnane | 8 |
| 19/06/2013 | Ouchtata- Nefza | 5 |
| 21/06/2013 | Oued Ghrib-Fernana | 6 |
| 24/06/2013 | 4 GDA Sedjnane | 8 |
| 26/06/2013 | 4 GDA Sedjnane | 11 |

## 2. Objectif de la formation

Cette formation avait pour objectif ;

- l'amélioration des capacités de gestion des directeurs techniques et trésoriers des GDA
- le renforcement des ressources humaines et la consolidation des structures des GDA.
- Appréciation des effets induits par les formations tenues sur les directeurs techniques et trésoriers
- Identification des thèmes de formation répondant aux besoins des bénéficiaires et qui pourraient faire l'objet d'autres cessions de formation.

## 3. Résultats attendus

Les directeurs techniques et trésoriers des GDA comprendront mieux leurs tâches et seront aptes à gérer leurs GDA de manière plus rationnelle.

## 4. Méthodologie préconisée

Sur le plan méthodologique, la démarche suivie a préconisé la réalisation d'une évaluation directe auprès des membres ayant bénéficié de la formation, au moyen d'une fiche individuelle d'évaluation. La fiche d'évaluation comporte une série de questions relatives à la perception et à l'appréciation de la formation initiée à l'égard des bénéficiaires et du rôle du formateur. Plus précisément, elle a visé à recueillir les avis de chacun des participants sur les points suivants :

**I- Evaluation du Programme de formation**

1) Contenu du Programme
2) Thèmes traités
3) Conformité du contenu de la formation avec les besoins des bénéficiaires
4) Facilité d'accès au contenu
5) Pédagogie appliquée lors de la formation

6) Niveau de participation aux activités et discussions

7) Réalisation des buts de la formation

8) Matériaux de formation utilisés

9) Durée de la formation

10) Horaire de la formation

**II- Evaluation du Formateur**

1) Maîtrise du sujet de la formation

2) Capacité du formateur à transmettre l'information

3) Clarté de l'exposé

4) Capacité du formateur à expliquer le contenu de la formation

5) Diversification des activités et des exercices d'animation

6) Capacité du formateur à la participation des bénéficiaires

7) Capacité du formateur à diriger les débats et les discussions

## 5. Résultats de l'évaluation

### a) Evaluation globale

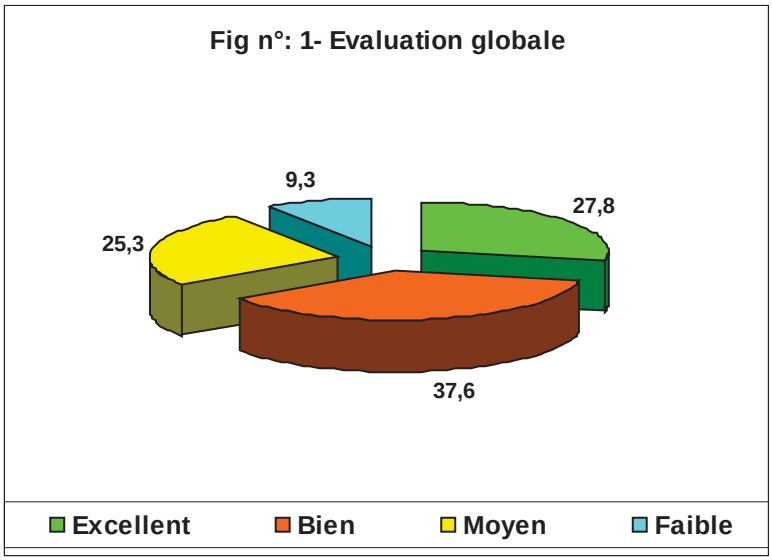
L'évaluation globale à la fois du programme de formation et du formateur qui était en charge de la formation était globalement positive, comme l'indiquent le tableau n°1 et le graphique n° 1 suivant :

**Tableau n° 1 : Evaluation globale (Programme de Formation et Formateu**r)

| | | |
|---|---|---|
| Excellent | 120 | 27,8 |
| Bien | 162 | 37,6 |
| Moyen | 109 | 25,3 |
| Faible | 40 | 9,3 |
| **Total** | **431** | **100,0** |

A peu près 28% des bénéficiaires de la formation estiment que les prestations dans leur ensemble étaient excellentes (Programme et formateur). Ceux qui ont estimé qu'elles étaient moyennes (25%)

ou faibles 9%. Ceux qui étaient globalement satisfaits, jugeant que c'était « bien » ont représenté à peu près 38%

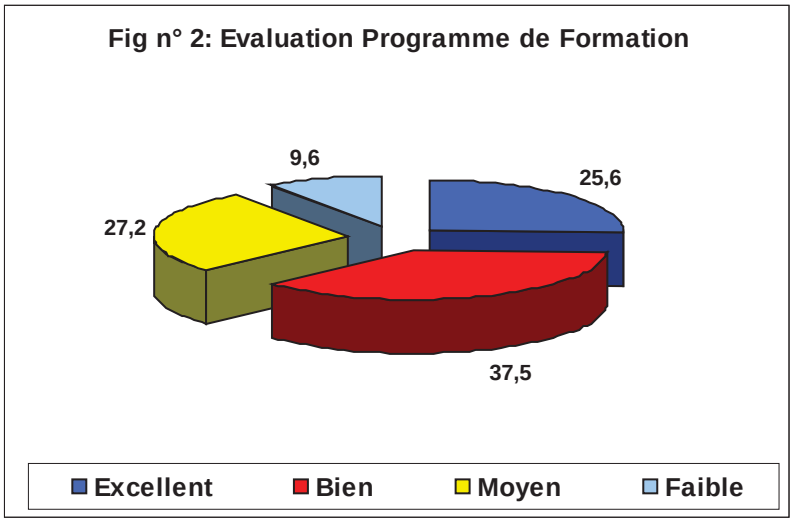



**b) Evaluation du Programme de formation**

L'évaluation du programme de formation dans son ensemble est positive. Ceux qui trouvent que le programme administré est excellent représentent à peu près 26% et ceux qui le trouvent bien : 37,5%. Ceux qui le trouvent moyen ou faible représentent à peu près 37% (Voir Tableau n°2 et Graphique n° 2, ci-dessous)

**Tableau n° 2 : Evaluation du Programme de formation**

| | | |
|---|---|---|
| Excellent | 80 | 25,6 |
| Bien | 117 | 37,5 |
| Moyen | 85 | 27,2 |
| Faible | 30 | 9,6 |
| **Total** | **312** | **100,0** |

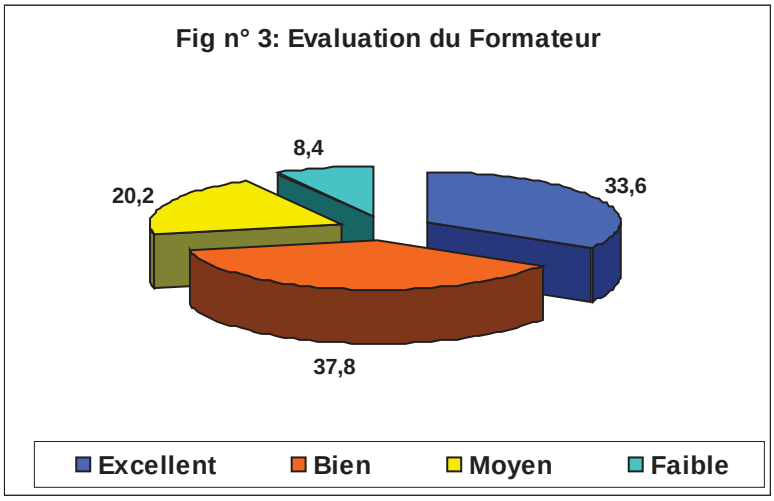



### c) Evaluation du Formateur

L'évaluation du formateur qui était en charge de la formation était positive, puisque 33,6% ont trouvé ses prestations excellentes, près de 38% ont trouvé ses prestations satisfaisantes et 28,6% à moyennes ou faibles. (Voir Tableau et Graphique n° 3) ci-après)

**Tableau n° 3 : Evaluation du Formateur**

| | | |
|---|---|---|
| Excellent | 40 | 33,6 |
| Bien | 45 | 37,8 |
| Moyen | 24 | 20,2 |
| Faible | 10 | 8,4 |
| **Total** | **119** | **100,0** |



**d) Evaluation comparative entre le Programme et le Formateur**

La comparaison entre le programme et le formateur dégage une légère préférence pour le formateur, comme l'indique le Tableau n°4, ci-dessous.

**Tableau n° 4; Evaluation comparative : Programme/formateur**

| | Global (1) | Programme (2) | Formateur (3) |
|---|---|---|---|
| Excellent | 27,8 | 25,6 | 33,6 |
| Bien | 37,6 | 37,5 | 37,8 |
| Moyen | 25,3 | 27,3 | 20,2 |
| Faible | 9,3 | 9,6 | 8,4 |
| **Total** | **100** | **100,0** | **100** |

**e) Evaluation détaillée du programme de formation**

Le tableau récapitulatif suivant donne les appréciations des bénéficiaires sur chacun des items du programme de formation.

**Tableau n° 5 : Evaluation détaillée du Programme de Formation**

| | Excellent | Bien | Moyen | Faible | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **1. Contenu du programme** | 41,2 | 47,1 | 11,8 | 0,0 | 100 |
| **2. Matière de formation présentée** | | | | | |
| a) Tâches du directeur technique | 17,6 | 41,2 | 35,3 | 5,9 | 100 |
| b) Textes réglementant rapports GDA/fiscalité | 23,5 | 35,3 | 23,5 | 17,6 | 100 |
| c) textes réglementant rapports GDA /Caisses sociales | 17,6 | 47,1 | 23,5 | 11,8 | 100 |
| d) Comment élaborer un budget | 23,5 | 35,3 | 29,4 | 11,8 | 100 |
| e) Comment élaborer un arrêt de situation financière | 17,6 | 35,3 | 35,3 | 11,8 | 100 |
| f) Comment calculer le salaire d'un employé du GDA | 11,8 | 41,2 | 29,4 | 17,6 | 100 |
| **3. Conformité contenu formation /besoins bénéficiaires** | 29,4 | 35,3 | 23,5 | 11,8 | 100 |
| **4. Facilité d'accès au contenu** | 17,6 | 35,3 | 41,2 | 5,9 | 100 |
| **5. Pédagogie appliquée dans la formation** | 41,2 | 47,1 | 11,8 | 0,0 | 100 |
| **6. Niveau de participation : activités et discussions** | 29,4 | 29,4 | 29,4 | 11,8 | 100 |
| **7. Réalisation des objectifs de la formation** | | | | | |
| a) Acquisition de nouvelles connaissances | 35,3 | 41,2 | 17,6 | 5,9 | 100 |
| b) Compréhension du rôle du Directeur technique | 23,5 | 52,9 | 17,6 | 5,9 | 100 |
| c) Acquisition de l'expérience dans l'élaboration des budgets | 11,8 | 29,4 | 47,1 | 11,8 | 100 |
| d) Acquisition 'expérience dans l'élaboration l'arrêt situation financière | 11,8 | 23,5 | 47,1 | 17,6 | 100 |
| **8. Matériaux et outils utilisés** | 23,5 | 29,4 | 29,4 | 17,6 | 100 |
| **9. Durée de la formation** | 23,5 | 29,4 | 35,3 | 11,8 | 100 |
| **10. Horaire de la formation** | 29,4 | 41,2 | 23,5 | 5,9 | 100 |

Il en ressort globalement que les points les plus appréciés étaient:

- Le contenu du programme (item n° 1), et la pédagogie appliquée dans la formation (item n° 5) : **41,2%** « excellent »
- Acquisition de nouvelles connaissances (item n°7-a), avec **35,3%** « excellent »
- La conformité du contenu de la formation aux besoins des bénéficiaires (item n° 3) et le niveau de participation aux activités et discussions (item n° :6) avec **29,4%** « excellent »

Par contre, les points les plus faiblement relevés étaient,:

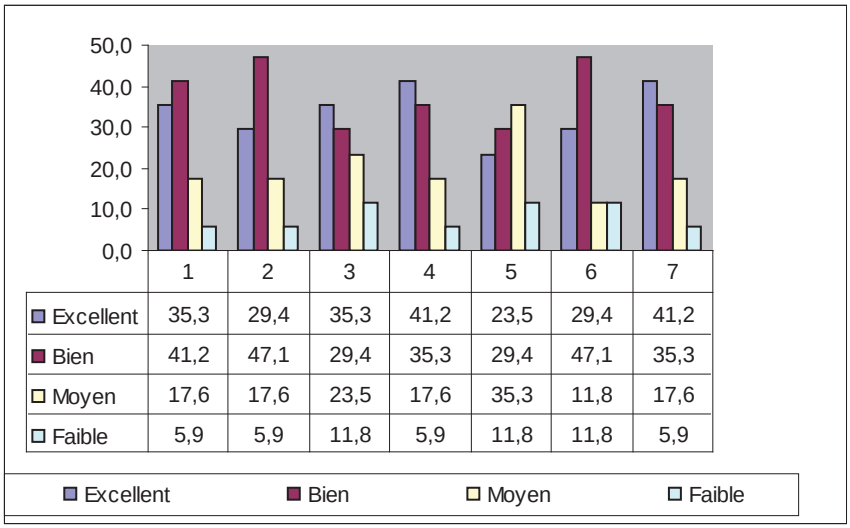
- Comment calculer le salaire d'un employé au GDA (item n° 2.f) avec seulement 11,8% « excellent »
- Acquisition de l'expérience dans l'élaboration des budgets ( item 7-c) avec 11,8% « excellent »
- Acquisition de l'expérience dans m'élaboration de l'arrêt de situation financière (item 7-d) avec 11,8% « excellent »

**f) Evaluation détaillée du Formateur**

Le tableau récapitulatif et le graphique suivant retracent les appréciations des bénéficiaires sur les performances du formateur

**Tableau n° 6 : Evaluation détaillée du formateur**

| Evaluation du formateur | Excellent | Bien | Moyen | Faible | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **1. Maîtrise sujet formation** | 35,3 | 41,2 | 17,6 | 5,9 | 100 |
| **2. Capacité formateur transmettre informations** | 29,4 | 47,1 | 17,6 | 5,9 | 100 |
| **3. Clarté de l'exposé** | 35,3 | 29,4 | 23,5 | 11,8 | 100 |
| **4. Capacité formateur expliquer le contenu de la formation** | 41,2 | 35,3 | 17,6 | 5,9 | 100 |
| **5. Diversification activités et exercices** | 23,5 | 29,4 | 35,3 | 11,8 | 100 |
| **6. Capacité formateur à stimuler intérêt des participants** | 29,4 | 47,1 | 11,8 | 11,8 | 100 |
| **7. Capacité formateur à diriger les débats et les discussions** | 41,2 | 35,3 | 17,6 | 5,9 | 100 |




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Excellent | 35,3 | 29,4 | 35,3 | 41,2 | 23,5 | 29,4 | 41,2 |
| Bien | 41,2 | 47,1 | 29,4 | 35,3 | 29,4 | 47,1 | 35,3 |
| Moyen | 17,6 | 17,6 | 23,5 | 17,6 | 35,3 | 11,8 | 17,6 |
| Faible | 5,9 | 5,9 | 11,8 | 5,9 | 11,8 | 11,8 | 5,9 |

Ce qui semble avoir intéressé le plus les bénéficiaires de la formation, c'est la capacité du formateur à expliquer le contenu de la formation (Item 4) (41,2%) « Excellent « et sa capacité à diriger les débats et les discussions (Point 7) (41,2% « excellent »)

Par contre, le point le plus faible semble être la diversification des activités et des exercices (Point n° 5) avec 23,5% « excellent »

## 7. Attentes des participants au terme de la formation

À la question : Quelles sont vos attentes pour les prochaines activités de formation. Les principales demandes ont été comme suit :

1) La durée allouée à la formation est jugée insuffisante. Une cession plus longue serait appréciée

2) Aider les GDA à acquérir des logiciels informatiques pour gérer de manière plus rationnelle leur comptabilité (notamment le recouvrement et la paie du personnel)

3) Aider les GDA à analyser les écarts entre prévisions et réalisations en fin d'exercice

4) Développer des cas concrets de budgets et d'arrêts de situation financière

5) Rendre visites à des GDA pilotes pour acquérir une nouvelle expérience

6) Formation individuelle de chaque directeur technique en écoutant ses préoccupations et problèmes spécifiques

## 8. Conclusions

Nous avons constaté que le contenu de la formation dispensée aux directeurs techniques et trésoriers ainsi qu'au personnel administratif affecté aux GDA a été vivement appréciée et suivie avec assiduité par les bénéficiaires qui ont été surtout motivés par les cas concrets étudiés, notamment l'élaboration des budgets et des arrêts de situation financière.

Une formation additionnelle qui mettrait l'accent sur des cas concrets de budgets et d'arrêts de situation financière est souhaitable dans la mesure des moyens disponibles.

Des visites organisées à des GDA pilotes pourraient être d'une grande aide aux GDA de Nefza, Fernana et surtout Sedjnane.

# B-16 Merit and Function of New Billing System

# Projet de Développement des Périmètres Irrigués au Nord de la Tunisie

# (The Project for the Development of Irrigated Areas Northern Tunisia - DPINT)

## Application Facturation des eaux : Fiche descriptive

Diagnosis of the current system (Nefza existing system) *only GDAs Nefza have one water Billing system*

- Adherent tables in MS EXCEL
- Utilization of invoices tables in MS WORKS
- Absence of a procedure of calculation of water consumption
- Absence of a management database for the adherents management
- Absence of work ergonomics
- Absence a calculation of water consumption tool in accordance with the surface area and the type of crops
- Absence of a payment follow-up system
- Slow invoicing procedure
- Absence of a research tool

Objective:

It consists in setting an irrigation water billing system for GDA:

- Nefza
- Sedjnane
- Fernana

Advantages

- Setting the GDA members data base
- Setting data base of water consumption per crop
- Management of the lump sum invoicing system in accordance with the area and the crops
- Management of an invoicing system based on water meter recordings
- Keep the archives of old invoices or intermediate invoices
- Reliable system through safe date base and connection
- Easy system for group invoicing

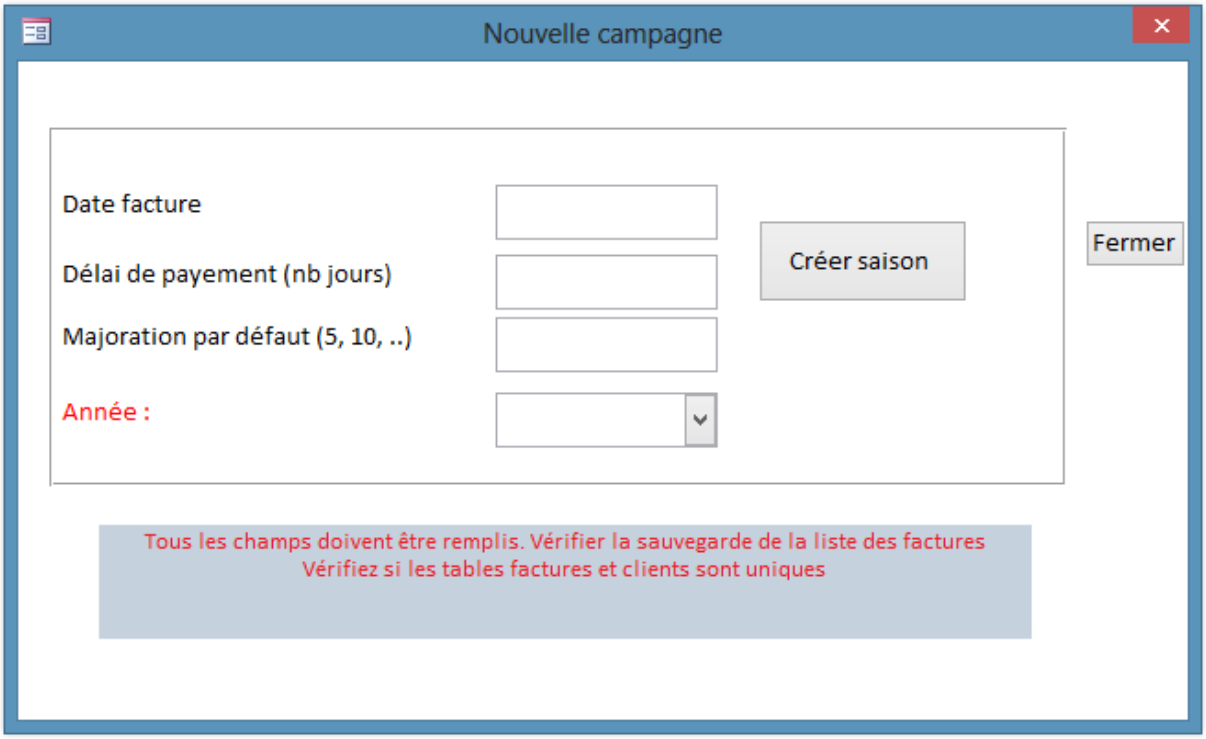
Functions

- Invoicing with date
- Invoicing per farming year
- Calculation of the monthly consumption
- Printing invoices
- Follow-up of invoices
- Statistics :
    - Invoiced amounts,
    - Total consumption, debts, advance payments, …
    - Consumption per GDA member

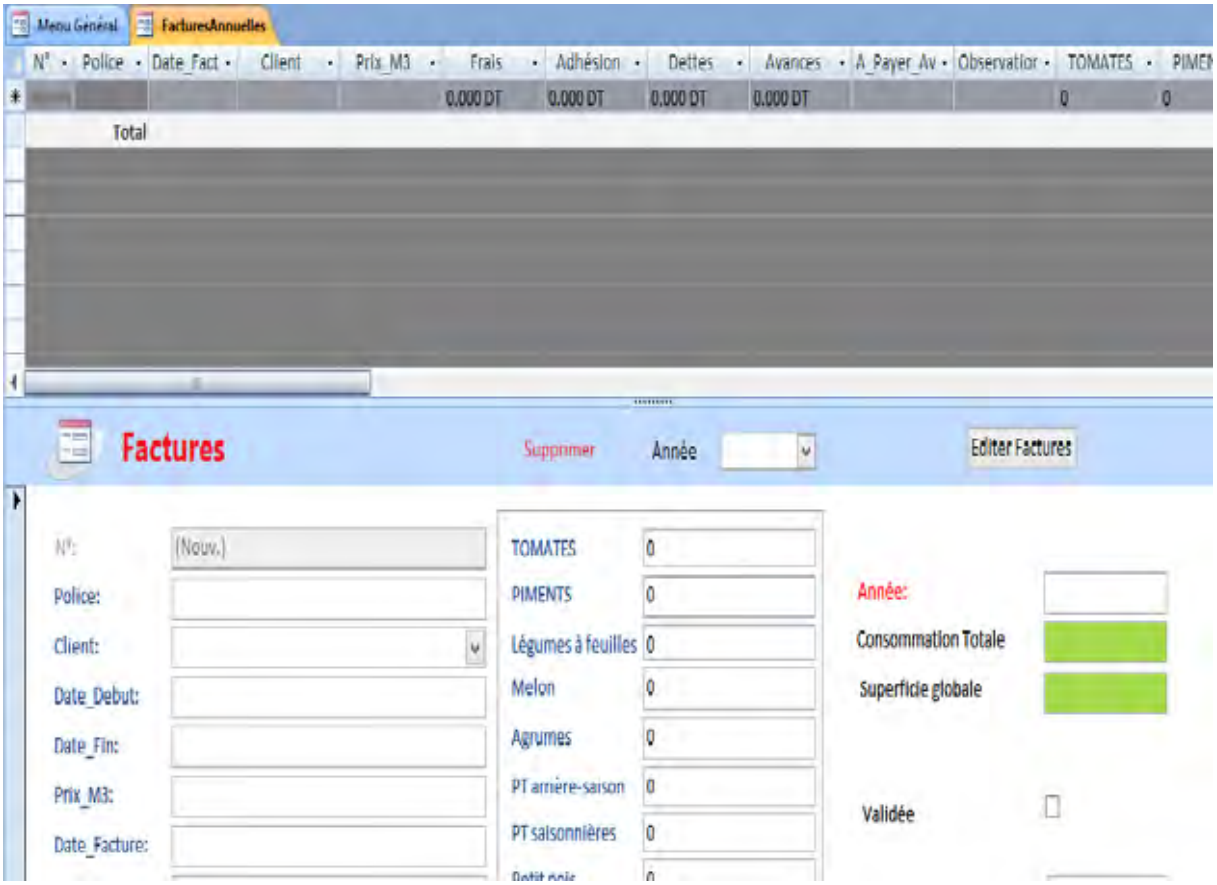
Invoicing procedure

**1- Lump sum billing system**

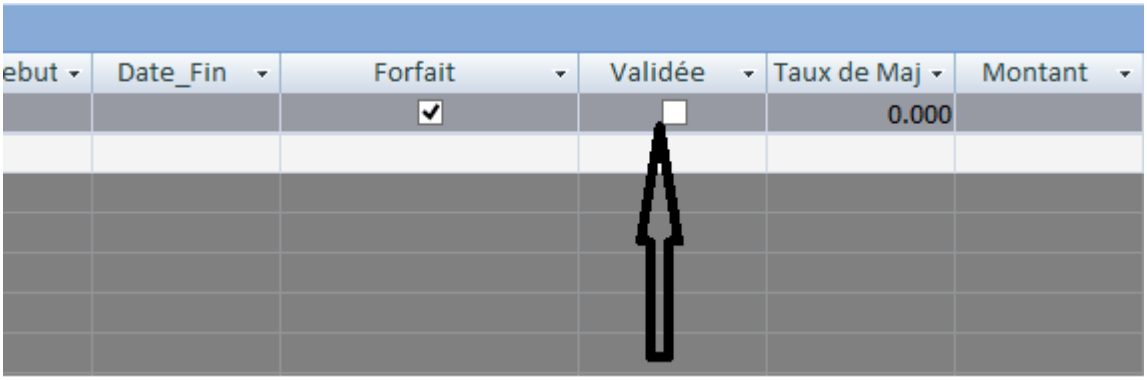
a- Setting a new farming season (year)




b- Entering data about areas of the irrigated perimeters and crops of each farmer




c- Validating areas




d- Printing invoices

Gouvernorat de Beja

GDA ENNOUHOUDH

Compte bancaire : BNA Nefza, RIB : 03207057010110440 0/D

**Facture N° #1 /2014**

**Abonné :** TAHER B ROMDHANE ALOUI

Identifiant : 1001/2142098 Date facture : 13/11/2014

| Police | Date_Debut | Date_Fin | Index_ancien | Index | Forfait (m3) | Prix m3 | Montant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0 | 0 | 4515 | 0.068 DT | 307.020 DT |

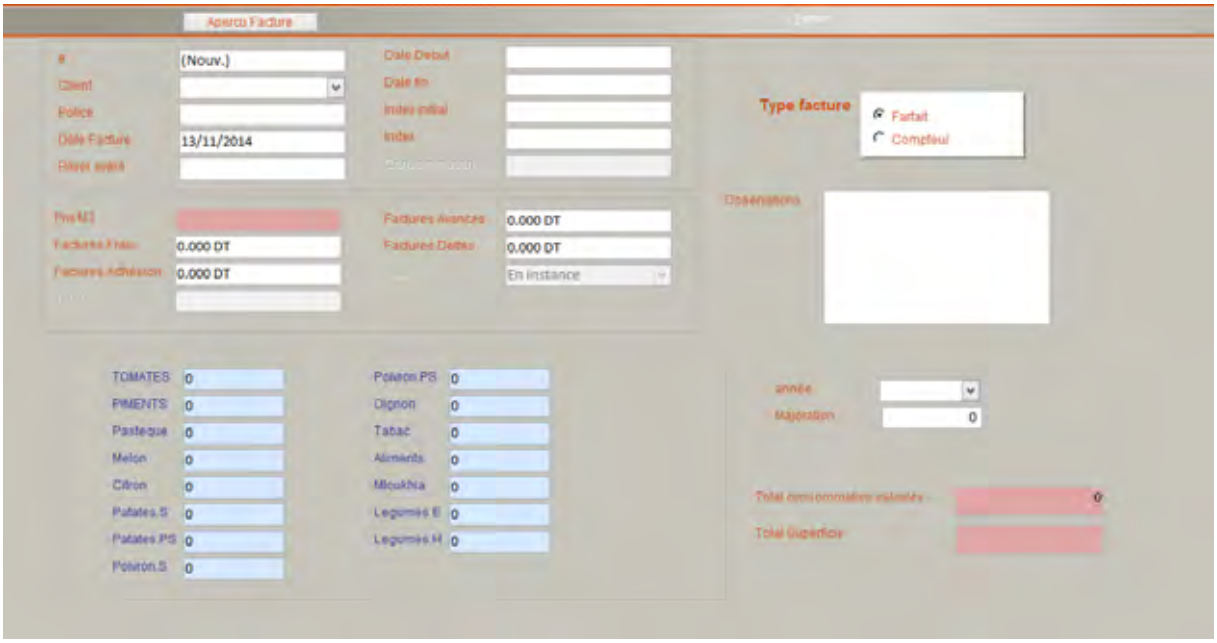
| | |
|---|---|
| Frais et location | 0 |
| Adhésion | 0 |
| Dettes | 0 |
| Avances | 0 |

Net a payer : **307.020 DT**

A payer avant 30/11/2014

## 2- Water meter billing system

a- Fill –in the data about the water meter indexes




b- Printing invoices

# B-17 Questionnaire of Social Survey about SMSA Establishment

**ENQUETE SOCIO ECONOMIQUE SUR LES SOCIETES MUTUELLES AGRICOLES DE SERVICE**

**Questionnaire**
**N°:…….**

Les objectifs de cette enquête sont :
- Définir le degré d'acceptation par les agriculteurs d'une Société Mutuelle de Services Agricoles dans leur zone
- Leur volonté et leur capacité financière à participer au capital social de cette société
- Les domaines d'activité de cette SMSA

## A- DONNEES D'IDENTIFICATION

| N° | Question | Réponse |
|---|---|---|
| 1 | Date de l'enquête | |
| 2 | Gouvernorat | |
| 3 | Délégation | |
| 4 | Nom et prénom de l'enquêté | |
| 5 | Lieu actuel de résidence et téléphone | |

## B- DONNEES SOCIO CULTURELLES SUR L'ENQUETE

| N° | Question | Réponse | Code | Saut |
|---|---|---|---|---|
| 6 | Age | Inférieur à 30 ans<br>31 à 40 ans<br>41 à 60 ans<br>Supérieur à 60 ans | 1<br>2<br>3<br>4 | |
| 7 | Genre | Homme<br>Femme | 1<br>2 | |
| 8 | Niveau d'instruction | Analphabète<br>Primaire<br>Secondaire<br>Supérieur | 1<br>2<br>3<br>4 | |
| 9 | Type et superficie de l'exploitation **(en ha)** | En propriété……<br>En association (héritage)……<br>En location ……<br>En météyage…….. | | |
| 10 | Quelles sont les cultures que vous pratiquez ? | En irrigué :<br>…….<br>…….<br>En sec :<br>…….<br>…….<br>……. | | |
| 11 | Utilisez-vous votre propre matériel agricole ou bien avez-vous recours à la location ? | Utilise son propre matériel<br>Recourt à la location<br>Autres(indiquer) | 1<br>2<br>3 | |
| 12 | Avez-vous une autre activité non agricole ? | Oui<br>Non | 1<br>2 | **Q :14** |
| 13 | Quelle autre activité non agricole exercez-vous ? | Fonctionnaire/employé<br>Ouvrier occasionnel<br>Dans le commerce ou les services<br>Retraité<br>Autre (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | |
| 14 | Quel est votre revenu annuel moyen ? | ……. | | |

## C- CONNAISSANCE DES SOCIETES MUTUELLES AGRICOLES

| N° | Question | Pré-réponse | Code | Saut |
|---|---|---|---|---|
| 15 | Connaissez-vous des organismes qui s'occupent de l'agriculture dans votre zone ? | Oui<br>Non | 1<br>2 | **Q :17** |
| 16 | Citez-moi un ou plusieurs organismes ? | UTAP<br>GDA<br>Association de développement<br>Autres(indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4 | |
| 17 | Comment vous approvisionnez-vous actuellement en intrants et matières premières ? | Achat auprès d'un fournisseur local<br>Achat auprès d'un fournisseur régional<br>Achat auprès d'un fournisseur à Tunis<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4 | |
| 18 | Etes-vous satisfait de ce mode d'approvisionnement ? | Oui<br>Non<br>Ne sait pas | 1<br>2<br>3 | **Q :20** |
| 19 | Quelle sont les raisons de votre non satisfaction ? | Les prix sont trop élevés<br>Mauvaise qualité des intrants et des matières 1ère.<br>Non disponibilité des intrants et des matières 1ère.<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4 | |
| 20 | Comment écoulez-vous vos produits agricoles ? | Sure le marché local<br>Sur le marché régional<br>En passant par des intermédiaires<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4 | |
| 21 | Rencontrez-vous des difficultés à écouler vos produits ? | Oui<br>Non<br>Ne sait pas | 1<br>2<br>3 | **Q :23** |
| 22 | Quels types de difficultés rencontrez-vous ? | Limites du marché local<br>Prix bas imposés par les spéculateurs<br>Manque de moyens de transport<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4 | |
| 23 | - Avez-vous entendu parler des Sociétés Mutuelles de services Agricoles? | Oui<br>Non | 1<br>2 | **Q :25** |
| 24 | - Comment en avez-vous entendu parler ? | Par la télévision<br>Par les journaux<br>Par des amis/voisins<br>Par Institut National des Grandes cultures (INGC)<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | |
| 25 | - D'après vous qu'est ce q'une société mutuelle agricole ? | Une association à but non lucratif<br>Une coopérative de service<br>Une société privée<br>Une entreprise économique à but social<br>Autre (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | |
| 26 | - Quelles sont d'après vous les activités d'une société mutuelle de services agricole ? | Achète les intrants et les matières premières au profit des agriculteurs<br>Aide les agriculteurs au stockage, transport,conditionnement des produits agricoles<br>Aide les agriculteurs à écouler leurs produits<br>Fournit l'assistance technique aux agriculteurs : vulgarisation agricole, encadrement<br>Facilite aux agriculteurs l'octroi des crédits agricoles<br>Met à la disposition des agriculteurs des outils agricoles à prix raisonable<br>Fournit aux agriculteurs des services divers<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8 | |
| 27 | - Qui a le droit d'ahérer à une SMSA ? | Les exploitants agricoles et les pêcheurs<br>Les fonctionnaires et les employés d'administration<br>Les commerçants<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | |

## D- INTERET POUR LES SOCIETES MUTUELLES AGRICOLES

| N° | Question | Pré-réponse | Code | Saut |
|---|---|---|---|---|
| 28 | - Connaissez-vous une société mutuelle agricole de service? | Oui<br>Non | 1<br>2 | <br>**Q :30** |
| 29 | -Donnez moi son nom ou son adresse? | ……..<br>Ne se rappelle pas | 1<br>2 | |
| 30 | - Etes-vous intéressé par l'existence d'une société mutuelle agricole dans votre zone ? | Oui<br>Non | 1<br>2 | <br>**Q :32** |
| 31 | - Etes vous disposé à adhérer à une société mutuelle agricole ? | Oui<br>Non<br>Ne sait pas | 1<br>2<br>3 | **Q :33** |
| 32 | Même si vous n'adhérez pas à la SMSA, êtes-vous disposé à recourir à ses services ? | Oui<br>Non<br>Ne sait pas | 1<br>2<br>3 | |
| 33 | - Quelle sont les chances de réusite de cette SMSA ? | Ses chances sont grandes<br>Ses chances sont moyennes<br>Ses chances sont faibles<br>Ne sait pas<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | |
| 34 | - Conseillez-vous à vos voisins d'y adhérer ? | Oui<br>Non<br>Ne sait pas | 1<br>2<br>3 | |
| 35 | - Savez-vous comment on peut adhérer à une société mutuelle agricole ? | En payant une adhésion annuelle<br>En payant une cotisation forfaitaire<br>En achetant des actions<br>Ne sait pas<br>Autre (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | |
| 36 | - Si la société mutuelle est une société par action, êtes vous disposé à acheter des actions ? | Oui<br>Non | 1<br>2 | <br>**Q :38** |
| 37 | - Pour quel montant êtes vous disposé à participer | Entre 10 et 20 DT<br>Entre 30 à 50 DT<br>Entre 50 à 100 DT<br>Un montant supérieur à 100 DT | 1<br>2<br>3<br>4 | |

## E- DOMAINES D'INTERVENTION DES SOCIETES MUTUELLES AGRICOLES

| N° | Question | Pré-réponse | Code | Saut |
|---|---|---|---|---|
| 38 | - Quelles sont vos attentes par rapport à la société mutuelle agricole qui sera créée dans votre zone? | Me fournir des intrants à un prix modéré<br>Me permet d'écouler mes produits à un prix acceptable<br>Met à ma disposition des outils agricoles<br>M'aider à octroyer des crédits agricoles<br>Me permet d'améliorer mes revenus agricoles<br>Me permet d'améliorer mes revenus<br>M'aider à améliorer la qualité de mes produits agricoles<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br><br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br><br>8 | |
| 39 | - Souhaiteriez vous que la société mutuelle agricole soit spécialisée dans une seule activité ou qu'elle soit polyvalente ? | Spécialisée dans une seule activité<br>Polyvalente<br>Ne sait pas | 1<br>2<br>3 | <br>**Fin** |
| 40 | - (Si la smsa est spécialisée dans une seule activité) dans quel champs d'activité souhaiteriez vous qu'elle soit spécialisée ? | Dans la collecte du lait<br>Dans l'élevage du gros bétail<br>Dans la vente des fourrages<br>Dans l'écoulement des produits agricoles<br>Dans l'achat des intrants<br>Autres (indiquer) | 1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6 | |