

# Dominante 3 Mémento Pédo « Sols salés »

S. FOLLAIN ([follain@supagro.fr](mailto:follain@supagro.fr))

05/10/2017

## Salinité des sols

Dans de nombreuses régions du monde la production végétale est conduite sur des sols salés (salinité initiale) ou en cours de salinisation. Cette salinisation des terres n'est pas l'exclusivité des milieux arides ou semi-arides. Elle touche l'ensemble des contextes pédoclimatiques. Au niveau international, la FAO (2011) estime que près de  $83 \cdot 10^5$  km<sup>2</sup> sont affectés par la salinité, soit près de 13 fois la surface du territoire français. Dans les prochaines décennies, ces surfaces cultivées soumises à la contrainte saline augmenteront en relation aux pressions exercées par l'activité humaine et aux différents changements globaux, dont l'augmentation du niveau marin.

Dans le cas d'une salinité initiale, la production végétale est possible grâce à des sélections variétales et à l'adaptation historique des systèmes de culture. Souvent les plantes ainsi cultivées présentent une tolérance moyenne à élevée au sel (plantes halophytes ou xérophytes). Dans le cas d'une salinité en cours d'acquisition, le constat est préoccupant car souvent le matériel végétal et les systèmes ne sont pas adaptés. En effet, sur ces terrains, le sol n'est pas salé de manière native mais acquiert ce caractère salé *via* les processus de salinisation et de sodisation. L'effet de ces processus est une accumulation de sels à la surface du sol et plus particulièrement dans la zone racinaire. À terme, ces accumulations ont des effets « nocifs » sur le sol et les végétaux (chute des rendements, dépérissement du matériel végétal, stérilisation des sols). Là, pérenniser les systèmes de production oblige une adaptation.

En France, la production végétale n'est pas préservée. De nombreuses terres cultivées, localisées plus particulièrement en zone littorale, sont sévèrement touchées par ces processus de salinisation. Dans ce qui suit, nous présentons un rappel sur les notions importantes liées aux sels.

### Les salinisations et la nature des sels

Classiquement, la salinisation est catégorisée en deux types :

- i) une *salinisation primaire ou naturelle* liée souvent à la remontée d'une nappe d'eau salée et au transport de sels par remontées capillaires près de la zone racinaire ;
- ii) une *salinisation secondaire ou anthropique* pour laquelle les sels sont introduits dans le système *via* les pratiques agricoles, comme par exemple une irrigation avec une eau de mauvaise qualité.

Bien que pratique, cette classification doit être critiquée lorsqu'appliquée en culture de zone littorale. En effet, elle tend à opposer naturel et anthropique alors que dans de nombreux cas, la réalité est plus complexe. Pour le comprendre, intégrons la dimension historique des pratiques et des territoires : dans de nombreux bassins de production sur le littoral méditerranéen, les surfaces cultivées ont été gagnées sur d'anciens marécages à la faveur d'une poldérisation ancienne. Dans ces systèmes, les conditions stationnaires ont permis sur le long terme la pérennité de la production. Désormais, beaucoup de ces contextes doivent faire face à des changements rapides depuis les années 60 (remaniement parcellaires, modification des pratiques, mécanisation, etc.) dont les effets sont souvent un déséquilibre des systèmes à l'origine du retour des sels.

Lorsqu'on évoque les sols salés et plus particulièrement en domaine littoral, l'on pense souvent au NaCl ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ), le sel de mer. Gardons à l'esprit que les sels solubles concernés sont plus nombreux (essentiellement  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$ ). Au regard des espèces ioniques considérées, force est de constater que les sols méditerranéens à pH basiques en zone littorale sont particulièrement sensibles. Par ailleurs pour les sols agricoles les fertilisants et autres produits sanitaires sont autant de sources potentielles de sels. Cette idée non originale n'est pourtant pas souvent considérée alors qu'elle est essentielle dans le cas de sols viticoles dont certains possèdent un faible pouvoir épurateur (lié à une faible activité biologique et microbiologique) et une faible capacité de drainage (donc des conditions favorables à l'accumulation des éléments dans le sol). La compréhension de la dynamique des sels doit être fondée sur la connaissance de l'état des ressources (sol, eau, biodiversité) ainsi que sur l'historique des pratiques et de l'évolution du paysage (dont les aménagements).

## **Sols salés et production végétale**

L'augmentation des concentrations en sels dans les eaux et les sols induit une diminution des rendements, voir une mortalité des plantes. Le tableau ci-dessous (FAO, 2011), récence les effets associés pour différentes classes / intensité de salinité.

Ce tableau est intéressant à deux titres. En premier lieu, il met en avant un effet « progressif », quasi linéaire, entre niveau de salinité et effets sur les plantes. Il convient donc pour moduler le propos d'introduire les seuils de tolérance. Par ailleurs, il est fondé sur la conductivité électrique des sols comme facteur discriminant. Gardons à l'esprit que la conductivité électrique des sols n'est pas en mesure de traduire la nature des sels en présence, alors qu'en fonction de la nature des sels les effets induits sur la plante doivent être différenciés.

**Table 1 – Différentes classes de salinité sur une échelle de conductivité électrique CE (dS.m<sup>-1</sup>) sur extrait de pâte saturée et des effets associés sur les plantes (FAO, 1988).**

<i>Classe de salinité</i>	<i>CE (dS.m<sup>-1</sup>)</i>	<i>Effets sur les plantes</i>
<i>Non salé</i>	<i>0 – 2</i>	<i>effets négligeables</i>
<i>Faiblement salé</i>	<i>2 – 4</i>	<i>affecte les rendements des plantes sensibles (dont la vigne)</i>
<i>Moyennement salé</i>	<i>4 – 8</i>	<i>chute des rendements pour la plupart des plantes</i>
<i>Fortement salé</i>	<i>8 – 16</i>	<i>Seules les plantes résistantes poussent</i>
<i>Très salé</i>	<i>&gt; 16</i>	<i>Seules quelques plantes très résistantes poussent</i>

En fonction de la nature et de l'abondance des sels, trois types de sols sont définis, avec le sodium (Na<sup>+</sup>) comme élément particulier :

- dans le cas de sels solubles en concentration excessive, les sols seront dits de sols salins : **Salisols (RP, 2008) ou Solonchaks (WRB, 2014)**. Pour ces sols l'augmentation de la concentration des sels provoque un abaissement du potentiel osmotique de la solution du sol (la solution du sol devenant plus hypertonique) ainsi qu'une toxicité associée de certaines espèces chimiques (dont Cl<sup>-</sup>). Les effets pour la plante sont une difficulté à assurer son alimentation hydrique et en nutriments.
- dans le cas de concentration excessive en sodium, les sols seront dits de sols sodiques ou alcalins : **Sodisols (RP, 2008) ou -Solonetz (WRB, 2014)**. Pour ces sols l'augmentation de la concentration en sodium entraîne une dégradation des propriétés physiques et chimiques des sols. Cette dégradation s'observe particulièrement sur la structure des sols et sur la dispersion des constituants responsable de la compaction des sols (essentiellement liée à la floculation/défloculation des argiles minéralogiques). Ces effets sur le sol s'ajoutent à ceux précédemment cités dans le cas des Salisols.
- dans le cas de sols présentant l'ensemble des caractéristiques précédentes, les sols seront dits de sols alcalino-salins : **Salisodisols (RP, 2008) ou -Solonetz (WRB, 2014)**.

Ces trois types de sols sont décrits en détail dans le référentiel pédologique français (RP, 2012) et dans la *World Reference Base for soil resources* (WRB, 2014).

## **Diagnostic**

Une première action consiste à poser un diagnostic sur l'état de la pression saline. Il s'agit là de quantifier et qualifier cette pression saline afin de mettre en évidence le lien entre salinité et dépérissements. Pour cela il est nécessaire de coupler différentes méthodes d'analyse et de prospection afin de préciser :

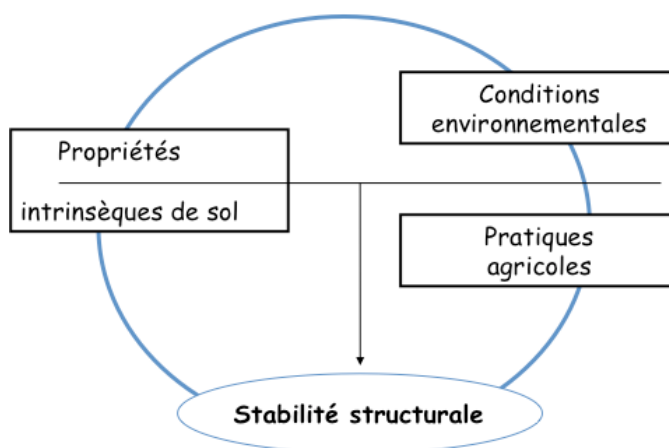
- i) l'origine et la nature des sels,
- ii) la dynamique saisonnière,
- iii) les variabilités spatiales à l'échelle des parcelles et des territoires concernés.

Dans un sol, les sels sont présents sous deux formes : une forme cristallisée, une forme soluble. Lorsque les sels sont présents sous la forme soluble, c.à.d. en solution, ils sont dissociés en anions et cations.

Dans l'arsenal des méthodes, les mesures de la conductivité électrique CE (dS.m<sup>-1</sup> ou g.l<sup>-1</sup>) des sols permettent une quantification globale du phénomène. Cette détermination électrique peut prendre plusieurs formes : soit une mesure destructive sur échantillon comme l'extrait de pâte saturée et/ou une dilution 1/5, soit des mesures non destructives de géophysique de type électromagnétique ou électrique. Retenons que la mesure de la conductivité électrique des sols n'est pas apte à rendre compte de la nature des sels en présence.

- Les méthodes destructives nécessitent la collecte, le traitement de l'échantillon puis la mesure en conditions contrôlées de laboratoire. La collecte d'échantillon permet de coupler à cette détermination électrique une détermination géochimique.
- Les méthodes géophysique utilisables au champ tirent leur intérêt de la simplicité de mise en œuvre et à la capacité associée d'une forte densité d'échantillonnage spatial et temporel. Par contre, ce sont des mesures intégratives, dépendantes d'un grand nombre de paramètres, qu'il est parfois difficile d'appréhender (Michot, 2003).

Au champ, le diagnostic de l'état de la structure du sol doit intégrer l'effet de tout autre paramètre susceptible d'abimer cette structure. En effet, la perte de structure n'est pas toujours liée à la sodicité, mais souvent à l'effet conjugué de plusieurs facteurs : i) un sol à dominante texturale limoneuse typique des sols battants, ii) une teneur en matière organique très faible et quasi généralisée sur d'anciennes terres viticoles méditerranéennes), iii) une activité biologique réduite et iv) un tassement des horizons de surface.



Composantes de la stabilité structurale des sols (Bless *et al.*, 2016)

## Quantification

Ci-dessous, l'inventaire des différentes méthodes permettant de mesurer la salinité d'un sol.

### 1. Extraits de pâte saturée

Cette méthode peut être qualifiée de méthode « historique ». Elle fut proposée par l'*U.S. Salinity Laboratory* [http://www.ars.usda.gov/main/site\\_main.htm?modecode=20-36-05-00](http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=20-36-05-00)

Dans les faits, il s'agit d'adopter un protocole expérimentale qui permettent une mesure standardisée et spécifique de l'échantillon de sol. Dans une première étape il faut saturer le sol en eau distillée jusqu'à la limite de liquidité. Cette limite proposée par Atterberg (c.f. cours de 1A) dépend essentiellement de la texture du sol. Puis dans un second temps, il s'agit de mesurer la conductivité électrique (CE ou EC angl.) de cette préparation.

A cette détermination électrique s'ajoute la possibilité d'une détermination chimique. En effet, il est possible de doser les différents anions et cations solubles et de les exprimer en milliéquivalents par litre pour aboutir à la somme des ions de l'extrait de pâte saturée.

La Table 1 présente la classification FAO du niveau de salinité, fondés sur la mesure de la conductivité électrique sur extrait de pâte saturée.

### 2. Mélange 1/5

Cette méthode, en opposition à l'extrait de pâte saturée, propose de mesurer la conductivité électrique d'un sol pour une dilution de sol dans de l'eau distillée en proportion constante (1/2,5 ; 1/5 ou 1/10). Cette méthode n'est pas considérée comme un standard. Il est donc nécessaire de pouvoir corréler ses résultats avec ceux produits par la méthode sur pâte saturée.

### 3. Conductivité électrique : CE

La conductivité électrique d'un sol, correspond en vérité à la conductivité électrique d'une préparation de sol. Il s'agit en effet de la conductivité d'une préparation de sol dilué dans de l'eau

distillée : soit à proportion variable tel que dans la mesure sur l'extrait de pâte saturée, soit à proportion fixe tel que dans la mesure 1/5. Dans les deux cas, la mesure correspond à la conductivité de cette préparation. La mesure est exprimée en siemen par mètre (S/m).

Note : 1 dS/m = 1 mS/cm.

#### 4. Autres grandeurs caractéristiques

##### L'alcalinité / la sodivité - sodicité

L'alcalinité d'un sol ou *S* peut être calculés comme la somme des quatre cations alcalins et alcalino-terreux selon la formule suivante Eq. 1 (en mé/100 g ou en cmol<sup>+</sup>/kg) :

$$S = Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+} + Na^{+} \quad \text{Eq. 1}$$

Le taux de saturation d'un sol (S/T) est le rapport, exprimé en pourcentage, entre l'alcalinité (*S*) et la capacité d'échange cationique (T ou CEC).

La sodivité ou sodicité correspond au pourcentage de sodium échangeable par rapport à la CEC. La sodicité d'un sol, aussi nommée ESP (%) (*exchangeable sodium pourcentage, angl.*) est calculé selon la formule suivante (Eq. 2) :

$$ESP = \frac{[Na^{+}]}{CEC} \times 100 \quad \text{Eq. 2}$$

Na<sup>+</sup> et CEC exprimés en milliéquivalents pour 100 g de terre fine (mé/100 g) ou centimole de charges positives par kilogramme (cmol<sup>+</sup>/kg).

La force ionique de la solution (*I*) est à la somme des forces ioniques des différents ions présents en solution. Elle correspond à la charge totale en électrolyte et se calcul selon l'équation Eq. XX, où *c<sub>i</sub>* est la concentration de chaque ions (mol.l<sup>-1</sup>) et *z<sub>i</sub>* est le nombre de charge de chaque ion.

$$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n c_i z_i^2$$

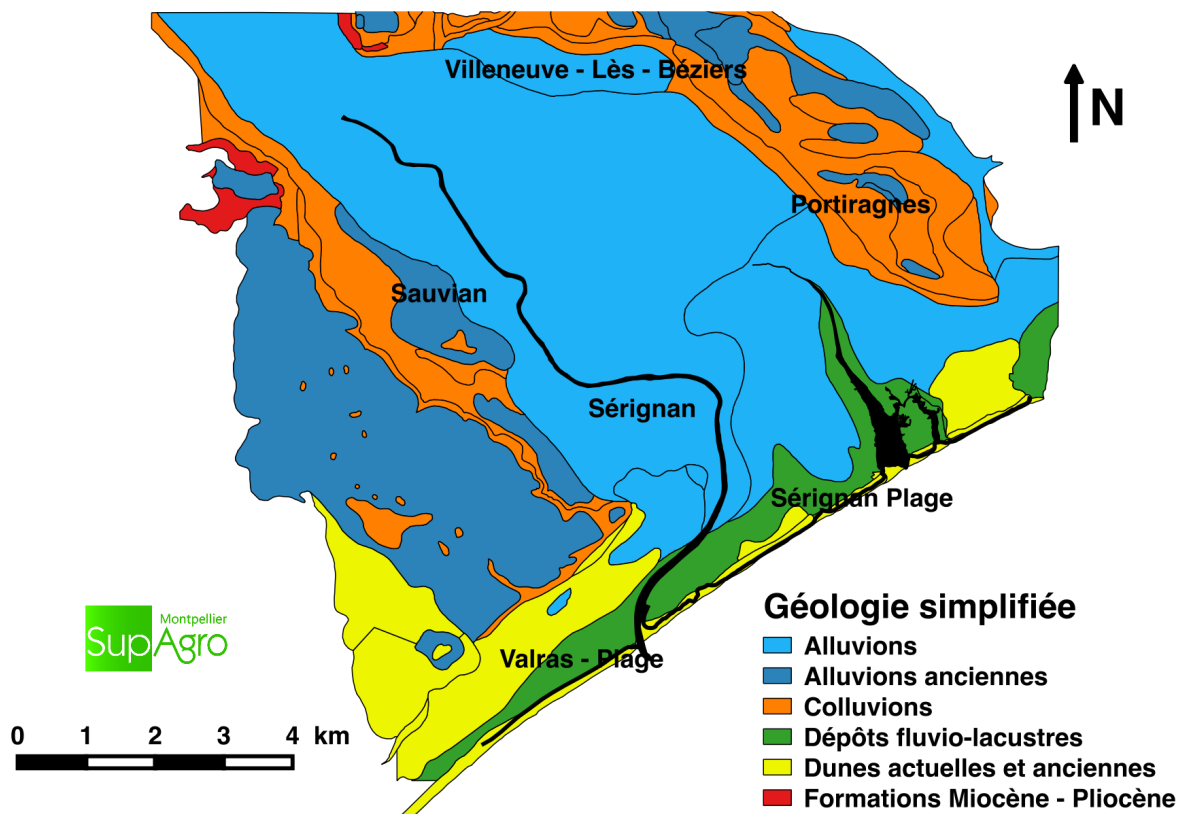
## Les sols de Sérignan :

## pédogenèse, caractéristiques et typologie

Le secteur dit de Sérignan est celui du delta de l'Orb, au lieu de son embouchure à la mer méditerrané.

Les données pédologiques utilisées pour produire la synthèse sont :

- la feuille géologique de Béziers au 1/50 000<sup>e</sup> ;
- la carte géologique de Béziers au 1/80 000<sup>e</sup> de 1930 ;
- les photographies aériennes de l'IGN de 1962 à 2016 ;
- les cartes des sols de 1962 de la société mixte d'aménagement (BRL) ;
- la carte des sols de l'ACH34 ;
- les données de prospection de Montpellier SupAgro de 2011 à 2016 ;
- les données de la thèse de doctorat d'Elen BLESS (Montpellier SupAgro).



*Géologie simplifiée du secteur de Sérignan (Follain et al., 2016)*

## PEDOGENESE ET CARACTERISTIQUES

Les matériaux parentaux en présence selon un axe Nord-Ouest Sud-Est, tels que décrits sur les feuilles géologiques de Béziers au 1/50 000<sup>e</sup>, sont représentés sur la Figure 1 « Géologie simplifiée ». Les différents matériaux sont :

- Sur la partie Nord-Ouest et centrale du site d'étude, ***Fza-b*** (Alluvions fines, indifférenciées, des vallées de l'Orb, de l'Hérault et du Libron. Quaternaire, Holocène) ;
- Sur le secteur Sud Est, principalement en rive gauche de l'Orb, ***FLzb*** (Dépôts fluvio-lacustres, holocènes) ;
- Puis en connexion avec le littoral, ***LMzb*** (Dépôts lagunaires : vases -Holocène).

L'ensemble de ces formations est borné au Nord-Est par le relief de Portiragne (au contact, ***pC*** : Tertiaire - Pliocène : Pliocène continental) et au Sud-Ouest par le relief de Vendre (au contact, ***Fw*** : Quaternaire - Formations superficielles : alluvions du Quaternaire moyen.)

Sur le secteur de l'étude, les sols se sont formés à la faveur de ces matériaux parentaux d'origine alluviale et lacustre aujourd'hui constitutifs de la plaine deltaïque de Valras-Sérignan. Ci-dessous, plusieurs particularités pédologiques, validées par les différentes campagnes de prospection pédologiques (travaux d'étudiants de Montpellier SupAgro) :

- les sols du secteur d'étude sont développés à la faveur d'un matériau parental alluvial, quaternaire non induré. En relation au caractère alluvial récent (alluvions de la plaine de l'Orb), les horizons minéraux (**S**) seront notés (**Sj**).

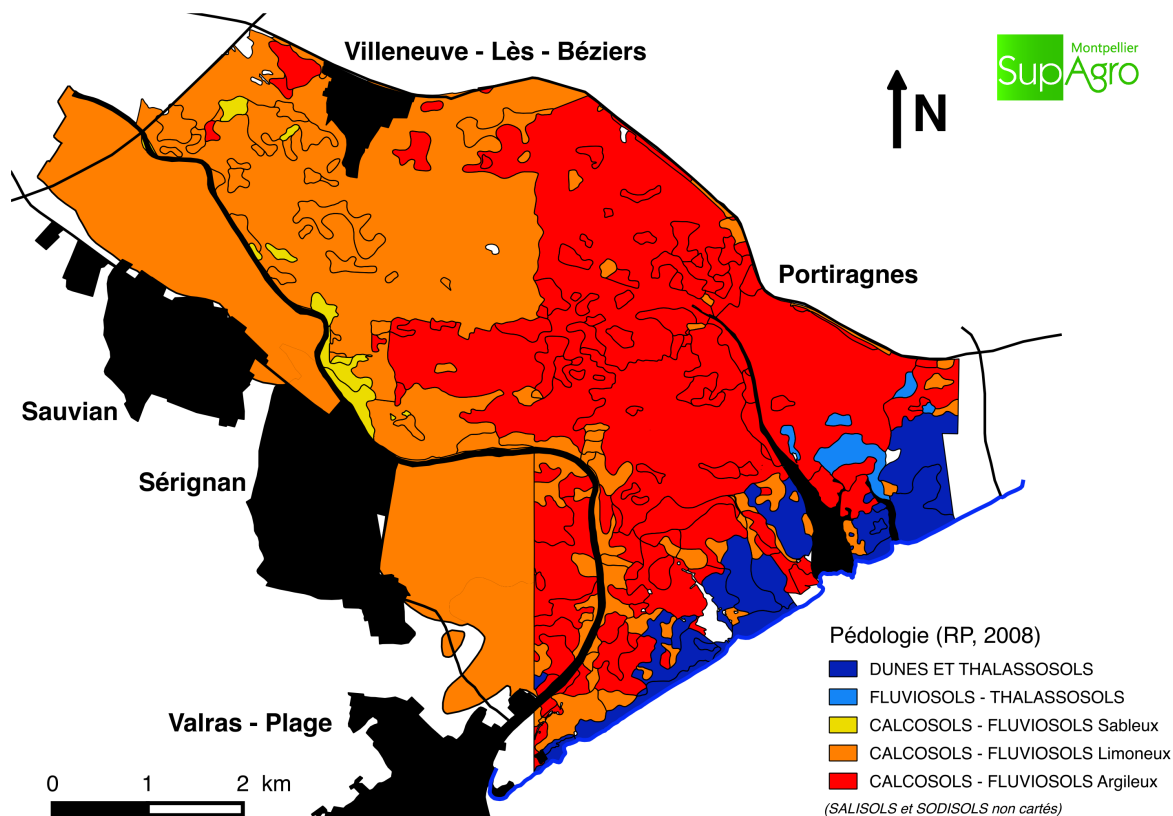
- Les sols du secteur d'étude ont une épaisseur très importante (>1,2 m), en relation à la puissance des dépôts alluviaux. Localement ces épaisseurs sont moins importantes à l'Est du lieu dit « la Maïre ».
- Dans les profils pédologiques, il n'existe pas de transition marquée entre le volume supérieur « sol » et les matériaux géologiques plus profonds. Les sols du secteur d'étude présentent une horization et une brunification peu marquée (pédogenèse faible).
- Dans les profils pédologiques étudiés, de la surface vers la profondeur, l'horization est fondée sur les variations texturales, les différentes profondeurs de travail de sol ainsi que par l'hydromorphie. Là, il s'agit d'une hydromorphie de profondeur, de type temporaire (**g**) puis permanente (**G**) vers la profondeur. Ici et là, le caractère hydromorphe peut être très variable dans son intensité, en relation à la dynamique de la zone saturée et de la position dans la topographie locale. Notons que dans de nombreux solums, les premières taches d'hydromorphie (**g**) apparaissent dans le premier mètre, essentiellement dans les horizons minéraux structuraux et plus rarement dès les horizons organo-minéraux. De ce fait, les horizons organo-minéraux de surface sont quasi-systématiquement de type « **LA** » et les horizons minéraux quand hydromorphes de type **Sj<sub>g</sub>**, **Sj<sub>G</sub>** ou **Sj<sub>gG</sub>**.
- *Note : les variations texturales observées au-delà de 2 m de profondeur sont localement importantes, avec des horizons très sableux et/ou très argileux et une présence quasi généralisée d'horizons réductiques (SjG) dans les forages, au-delà de 3-4 m de profondeur.*
- Les sols du secteur d'étude comme les matériaux parentaux locaux et ceux rencontrés sur les positions amont proches ont une signature géochimique marquée par les carbonates de calcium. Il en résulte des sols carbonatés et calciques, de pH basiques (alcalin) souvent supérieur à 8,2/8,4 et des taux de saturation très élevés, avec une capacité d'échange cationique (CEC) dominées par les ions Ca<sup>++</sup>. De ce fait les horizons présentent très souvent une effervescence marquée au test à l'HCl, qui permet d'affiner la nomination des horizons et des types de sol en apportant la précision « **ca** » pour horizons carbonatés ou « **ci** » pour horizons calciques. Dans ce cas, les horizons précédemment nommés deviennent : **LA<sub>ca</sub>**, **Sj<sub>ca</sub>**, **Sj<sub>ca g</sub>**, **Sj<sub>ca G</sub>** et ou **Sj<sub>ca gG</sub>**.
- Les sols du secteur d'étude présentent une allochtonie minéralogique liée aux apports amont de l'Orb, par celle en relation aux micaschistes des Gorges d'Héric, expliquant entre autre la présence de minéraux et déchets de minéraux micacés.
- Les sols du secteur d'étude présentent un profil textural en relation à la distribution spatiale des matériaux géologiques sous-jacents (Figure 2) :
  - une dominante texturale liée aux limons ;
  - une évolution vers un pôle textural plus sableux à l'approche du cordon littoral ;
  - une évolution vers un pôle textural plus argileux en position centrale du domaine d'étude.

Au delà de ces particularités étroitement liées à la distribution des matériaux parentaux et à la dynamique de la zone saturée, nous notons que :

- les sols du secteur d'étude présentent une horization des horizons organo-minéraux fortement marquée par les différents travaux agricoles (travail superficiel, labour, travail profond). Cet effet des travaux est aussi observable pour les sols non actuellement en vigne.
- les sols du secteur d'étude présentent un tassement quasi généralisé vers 40 cm de profondeur et ceux sur une épaisseur d'environ 20-30 cm.
- Les sols du secteur d'étude présentent une conductivité électrique des sols (CE<sub>1/5</sub>) parfois très importante dès la surface et croissante avec la profondeur.

## TYPOLOGIE / carte des sols

Ci-dessous, nous listons les grands ensembles de sols (GES) rencontrés sur le secteur d'étude. La typologie utilisée est celle du Référentiel Pédologique Français (RP, 2008, 2012). Il est possible d'obtenir plus de détails sur ces GES en se rapportant au référentiel.



Carte des GES sur le secteur de Sérignan (Classification RP, 2012, d'après Follain et al., 2016)

#### Sols carbonatés (1) :

**1. CALCOSOL** – sols carbonatés, de forte épaisseur, présentant une effervescence généralisée au test HCL. Grands ensemble associé : CALCISOL – sol calcique si décarbonatation de surface.

#### Sols hydromorphes (2) :

**2. REDOXISOL/REDUCTISOL** – Au-delà de l'aspect carbonaté ou calcique, si l'hydromorphie est importante.

#### Sols salins et sodiques (3, 4 et 5) :

En fonction de la nature et de l'abondance des sels, et indépendamment du caractère carbonatés ou calcique évoqué précédemment, trois types de sols sont définis, avec le sodium (Na<sup>+</sup>) comme élément particulier :

- 3. SALISOLS** – dans le cas de concentrations excessive en sels, anciennement sols salins ou salés.
- 4. SODISOLS** - dans le cas de concentration excessive en sodium, les sols seront dits de SODISOLS, anciennement sols sodiques ou alcalins.
- 5. SALISODISOLS** - dans le cas de sols présentant l'ensemble des caractéristiques précédentes, anciennement sols alcalino-salins.

#### Sols alluviaux (6) :

**6. FLUVIOSOLS** – dans le cas de sols formés dans des alluvions récents, comme ceux de la plaine de l'Orb.

#### Sols des ambiances maritimes et de polders (7) :

**7. THALASSOSOLS** – dans le cas de sols formés dans des dépôts fluvio-lacustres en domaine maritime.

#### Sols fersiallitiques (8) :

**8. FERSIALSOLS** – dans le cas de sols ayant subi une fersilaitisation et présentant un horizon typique (FS).

### Sols perturbé par l'activité anthropique (9) :

**8. ANTHROPOSOLS** – dans le cas de sols ayant subi une perturbation anthropique élevée de type remblai.

Sur la carte des sols de Sérignan (Figure 3), seuls les types 1, 6 et 7 sont représentés.

Les types 2, 3, 4 et 5 sont difficilement cartographiables compte tenu de la grande variabilité spatiale et temporelle des critères de diagnose.

Les types 8 et 9 sont très accessoires et ne représentent qu'une faible surface du secteur d'étude.

## Description / morphologie des sols

*Entre expertise au champ et tests « easy way »*

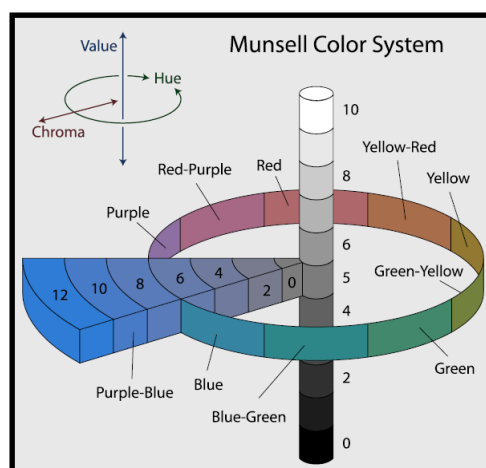
Comme dans beaucoup de disciplines, la première des étapes lors de l'étude des sols est de nature descriptive (et non contemplative – attention cette précision sera importante durant les exercices au champ). Cette étape descriptive permet par la suite d'initier une démarche plus analytique.

Il est nécessaire pour cette étape de description de définir des descripteurs ou caractères morphologiques. Passons en revue, les descripteurs qui devront être utilisés au champ et imaginons les tests simplifiés associés.

### La couleur des sols

La couleur d'un sol est certainement le premier des descripteurs, car c'est celui qui nous imprègne, bien avant les autres. Le problème est que la couleur d'un sol, ou de toute autre chose, est difficile à définir, à caractériser. Souvent la couleur perçue par chacun d'entre nous est différente de celle perçue par les autres. Il fut donc nécessaire de convenir d'un système permettant d'harmoniser, de normaliser la détermination des couleurs des sols.

Parmi les nombreux systèmes / référentiels couleur existants, le plus utilisé en Science du Sol est le système ou code Munsell. Ce système est en réalité un nuancier dans lequel les couleurs sont classées selon une composition en trois éléments *hue*, *value* et *chroma* :



Représentation schématique 3D du système Munsell (© 2007, Jacob Rus).

- **hue** (gamme) ou couleur spectrale dominante se rapportant à la longueur d'onde dominante de la lumière
- **value** ou luminosité relative de la couleur se rapportant à la quantité totale de lumière reçue et
- **chroma** (intensité) ou pureté relative correspondant à la force de la couleur spectrale. Pour plus d'explications sur la construction du modèle Munsell, consultez la fiche **The Munsell Color System** (<http://munsell.com>).



La détermination de la couleur sera pratiquée durant le camp. Pour être efficace, rappelons que la détermination de la couleur se fait toujours toujours toujours **toujours toujours** sur un échantillon humide ou humecté (c'est important car l'humidité change la couleur). Pour relever la couleur, il faut relever le code de la page, puis la coordonnée en ordonnée (valeur) puis celle en abscisse (chroma) (attention, vous avez bien lu. C'est bien ordonnées, puis abscisses). Pour exemple la couleur 10 YR 4/6 est une couleur prise sur la page 10 YR, sur la ligne 4 et la colonne 6.

Lorsque vous relevez la couleur d'un sol, vous obtenez une information qui permet un premier diagnostic. En effet, la chromaticité d'un sol est conditionnée par la présence / absence de certains éléments dont la matière organique, les carbonates, le fer sont les principaux. De façon rapide, vous pouvez retenir les règles suivantes :

1. les matières organiques rendent le sol plus sombre ;
2. les carbonates de calcium rendent le sol plus clair, plus blanc ;
3. le fer rend le sol plus rouge s'il est oxydé, plus bleu s'il est réduit.
4. les argiles rendent le sol plus..... ça dépend des argiles considérées.

---

### **@ La couleur easy way**

*Comme d'habitude, nombre d'entre vous diront que la prise de couleur est difficile et subjective. Nous vous proposons donc de relever la couleur de manière moins arbitraire, c. a. d. moins humaine.*

*Une méthode « technologique » est d'utiliser un spectromètre, une méthode plus « low-cost » est d'utiliser un appareil photo.*

*Il s'agira donc de collecter des échantillons de sols, de prendre des clichés dans des conditions contrôlées, de définir la composition R/V/B de l'échantillon puis de convertir cette composition dite de triplet en code Münsell.*

*Matériel nécessaire : appareil photo, potence ou pied d'appareil, étalon couleur, source lumineuse, ordinateur portable avec R et les packages appropriés.*

---

### **La texture des sols**

La texture d'un sol (soit la composition granulométrique) est un autre descripteur essentiel. Elle peut être définie comme la proportion des particules de dimension inférieure à 2 mm, que nous nommerons les **terres fines**. Ces particules étant catégorisées en fonctions de leurs dimensions. Dans la catégorisation la plus simple, trois classes sont définies :

- les argiles granulométriques (0-2 µm),
- les limons (2-50 µm),
- les sables (50-2000 µm)

Ci-dessus, il s'agit là d'une texture 3 fractions, mais l'on rencontre fréquemment des textures 5 fractions. La fraction inférieure à 2 mm est ce que les pédologues nomment la terre fine. La fraction complémentaire est celle des éléments grossiers (> 2mm). Attention dans la détermination de la texture d'un sol, seule les particules minérales sont considérées. Aussi la détermination des textures nécessite normalement la destruction des matières organiques et une décarbonatation de l'échantillon. Là, je dis « normalement », car c'est loin d'être toujours le cas dans la réalité. Connaissant l'abondance de chacune des fractions, il est possible de déterminer la classe texturale, d'après un triangle textural divisé en secteurs. On notera du coup l'importance que la somme des fractions soit égale à 100%. Si ce n'est pas le cas, un petit produit en croix, ou règle de trois devra faire l'affaire.

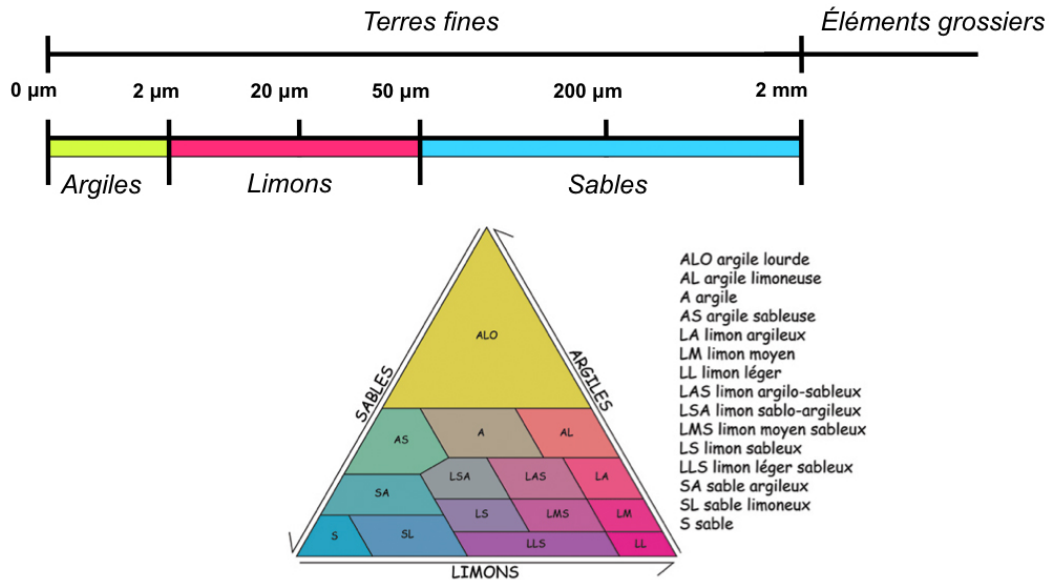
En France deux triangles sont communément utilisés : le triangle GEPPA retenu au niveau national et le triangle de l'Aisne adapté aux contextes limoneux.

Cela fait beaucoup de classes, et souvent dans les rapports l'on retrouve des textures « particulières », qui ne sont pas dans ce type de triangle mais qui font souvent référence aux trois classes principales de la FAO :

1. la classe « texture grossière »
  - moins de 15% d'argile
  - plus de 70 % de sable
2. la classe « texture moyenne »
  - moins de 35% d'argile
  - moins de 70% de sable

- (sable à 85% si argile à moins de 15%)  
 3. la classe « texture fine »  
 plus de 35% d'argile

L'analyse de la texture se fait au laboratoire selon des méthodes normalisées. Vous verrez cela durant les TP au laboratoire. Pour les méthodes « expertes », au champ, nous verrons cela durant le camp.



Triangle de texture

Modifié, d'après « Classification SLA - Henri-Georges NATON - wikicommons - GFDL et CC-BY-SA 3.0 »

### @ La texture easy way

Pour conforter votre envie de caractérisation quantitative, nous procéderons à des lavages / tamisages tels qu'utilisés en Géotechnique. Là, l'ambition ne sera pas de déterminer précisément la texture (trop complexe), notre ambition sera de déterminer i) un ratio textural et ii) l'argilosité.

Ratio textural : compte tenu de la dominante texturale des sols de Sérignan, nous vous proposons un tamisage / lavage pour séparer la fraction « sables » des autres fractions. La détermination de la masse totale et de la masse refus de tamis nous permettra de calculer le ratio.

Matériel nécessaire : tamis, balance, patience.

Argilosité : via le test au bleu, il s'agira de préparer un mélange sol-eau-bleu. L'intensité de la coloration de l'eau sera fonction de la quantité d'éléments adsorbés à la surface des argiles minéralogiques et des matières organiques.

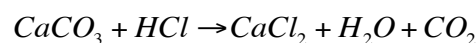
à lire ici :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Essai\\_au\\_bleu\\_de\\_méthylène#Ex.C3.A9cution\\_de\\_l.27essai\\_2](https://fr.wikipedia.org/wiki/Essai_au_bleu_de_méthylène#Ex.C3.A9cution_de_l.27essai_2)

Matériel nécessaire : bleu, papier filtre, appareil photo, balance.

### Le test à l'acide chlorhydrique

Le test HCl ou test d'effervescence est utilisé sur le terrain pour déterminer la teneur relative en carbonate du sol. Il met à profit le dégagement de CO<sub>2</sub> résultant de l'action d'un acide sur un carbonate suivant l'équation suivante :



L'intensité de l'effervescence permet d'estimer la teneur en  $\text{CaCO}_3$  selon la grille proposée ci-dessous. Bien évidemment cette approche ne donne qu'une idée du statut carbonaté du sol. De plus comme beaucoup de réactions chimiques, la réaction considérée est fortement dépendante de la pureté des composés, de la température et de l'humidité atmosphérique.

<b>Effervescence</b>	<b>Teneur</b>
Nulle	< 1%
Faible	de 1 à 10%
Moyenne	de 10 à 20%
Vive	> 20%

Grille de lecture du test d'effervescence à l'HCl

---

### **@ Les carbonates easy way**

Là, le mot d'ordre est « seek and destroy ».

Nous prenons un échantillon de sol, que nous le mélangeons avec de l'HCl afin de détruire les carbonates. Si l'on prend le soin de déterminer la masse de sol avant et après, à la manière du ratio textural, nous pouvons déterminer un ratio carbonate.

Matériel nécessaire : HCl, flacons, balance.

---

### **La conductivité électrique**

La conductivité électrique d'un sol, correspond en vérité à la conductivité électrique d'une préparation de sol. Il s'agit en effet de la conductivité d'une préparation de sol dilué dans de l'eau distillée : soit à proportion variable tel que dans la mesure sur l'extrait de pâte saturée, soit à proportion fixe tel que dans la mesure 1/5. Dans les deux cas, la mesure correspond à la conductivité de cette préparation. La mesure est exprimée en siemen par mètre (S/m).

Note : 1 dS/m = 1 mS/cm.

---

### **@ La conductivité easy way**

Pour faire simple, nous dégradons les conditions de réalisation de la mesure pour permettre la réalisation d'un grand nombre de mesure (notion de compromis).

Dans les faits, le protocole adapté est le suivant : mélange dans un gobelet de 20 g de sol sec et de 75 g d'eau distillée. Puis agitation du mélange avec cuillère et attente pendant 6-8 heures. Ce temps d'attente permet la sédimentation des fines et l'équilibre entre phase solide et phase liquide. A 8-8 heures on mesure avec un conducti, directement dans la solution sans créer de turbulence.

Matériel nécessaire : gobelets, eau distillée, balance, conducti.