

Evaluation d'une stratégie de gestion du sol et d'enherbement adaptée pour lutter contre la remontée de la nappe saline en sols sableux

Commanditaire : Advini

Tutrices : ALESSANDRIA Valentina et NICOURT Louise



Plan de la présentation

1

Contexte - la salinité des sols
Définition, origine et impacts sur la vigne

2

Cas d'étude - Domaine Le Pive
Présentation du domaine et de la parcelle d'étude

3

Solutions identifiées pour lutter
contre la salinité
*Mulch, travail du sol adapté,
amendements chimiques*

4

Conclusion et ouverture



1. La salinité des sols

Qu'est-ce que la salinité des sols ?

Sols salés : présence de teneurs excessives en sels solubles (Ca²⁺, Mg²⁺, Na²⁺, K⁺, NH₄⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Li⁺...)

Conductivité électrique : dépend de la quantité d'ions dissous.

→ C'est cette CE dont la mesure permet d'**estimer la salinité du sol** : un sol est salé si la conductivité est > 4 dS.m⁻¹

→ Suivant la **nature des ions** dont on mesure la concentration, les effets sur les sols et les cultures diffèrent.

- **Sodicité** : concentration excessive de sodium
- **Alcalinité** : abondance en carbonates dont une concentration trop élevée s'accompagne généralement d'un pH basique.



Contexte en territoire camarguais

Une région sensible à la salinité des sols :



Formation en **contexte marin**, sa **faible altitude** qui favorise l'arrivée des embruns et les submersions marines et sa **proximité à la mer**.



Canalisation du cours du Rhône : a fait disparaître les crues et donc le lessivage naturel et régulier qu'elles engendraient.

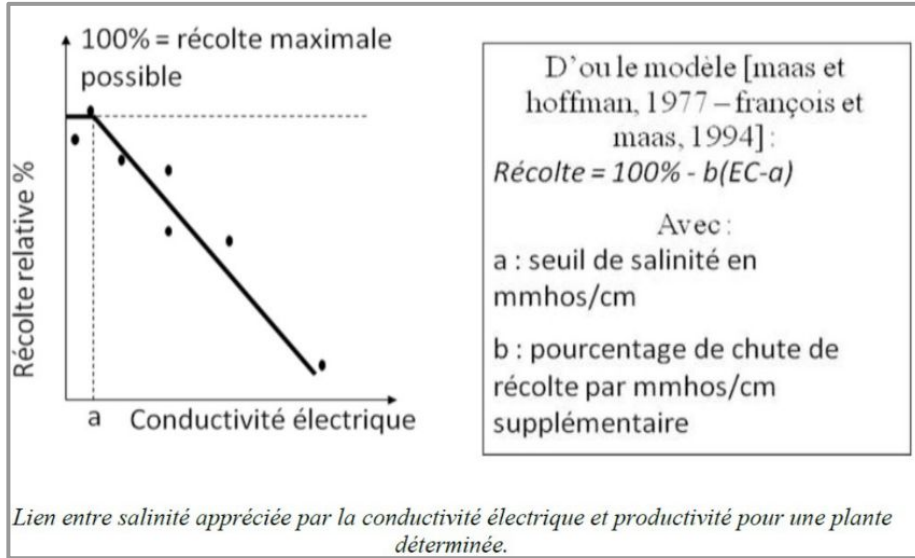


La viticulture **gagne sur les terrains marécageux** de plus faible altitude : l'évacuation des eaux de drainage est plus difficile.

→ De plus en plus difficile de piloter la hauteur de la nappe : asphyxie des racines



1. La salinité des sols : impacts sur la vigne



Relation entre la salinité mesurée par la conductivité électrique et le rendement.
Les paramètres a et b sont propres à chaque culture (Legros, 2009)



Une concentration saline trop élevée agit sur le potentiel osmotique de l'eau du sol. En augmentant la salinité, le potentiel osmotique du sol diminue et **l'extraction de l'eau du sol par les racines est rendue plus difficile.**

Effets spécifiques de chaque ion :

- **ions sodium** : affectent la structure du sol
- **ions chlorure** : source de toxicité

Conséquences sur le rendement : au-delà d'un seuil propre à la culture, la récolte chute linéairement avec la salinité. Si la tolérance des cultures à la salinité est variable, la vigne se classe parmi les cultures moyennement sensibles.

1. La salinité des sols : contexte actuel

→ Accélération du phénomène ces dernières années

Les zones littorales sont très touchées :

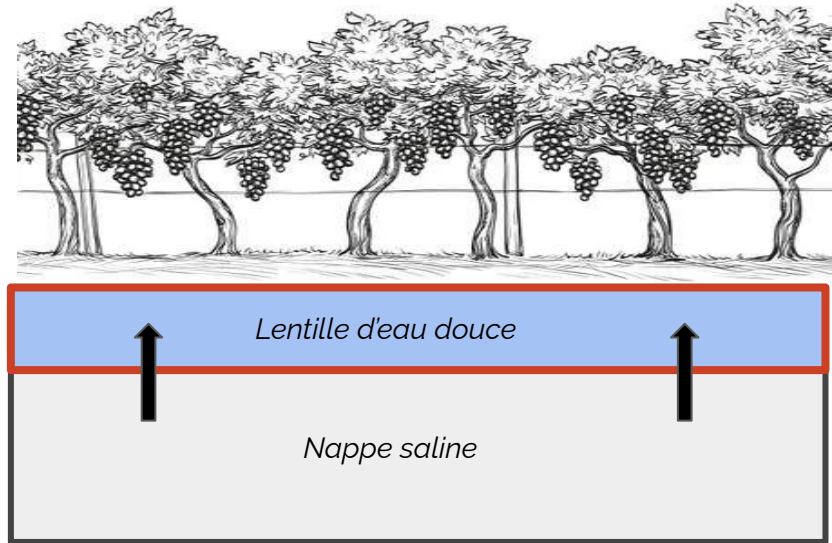
Le changement climatique entraîne une **montée du niveau de la mer**, ainsi qu'un **déficit hydrique** par manque de précipitations l'été.

→ Remontée de la nappe saline et diminution du réservoir d'eau douce.

Dépérissement du vignoble **très rapide et brutal.**

Dessaler / contrer le potentiel osmotique lié aux sels :

- Limiter la remontée d'eau salée des profondeurs
- Conserver un horizon racinaire sans sel



2. Cas d'étude : Domaine Le Pive

Présentation du Domaine Le Pive :

Exploitation viticole située sur la commune de Vauvert (Gard) au hameau de Montcalm. Il s'agit d'un domaine de **48 ha** répartis en **17 parcelles** plantées entre 1988 et 2011.

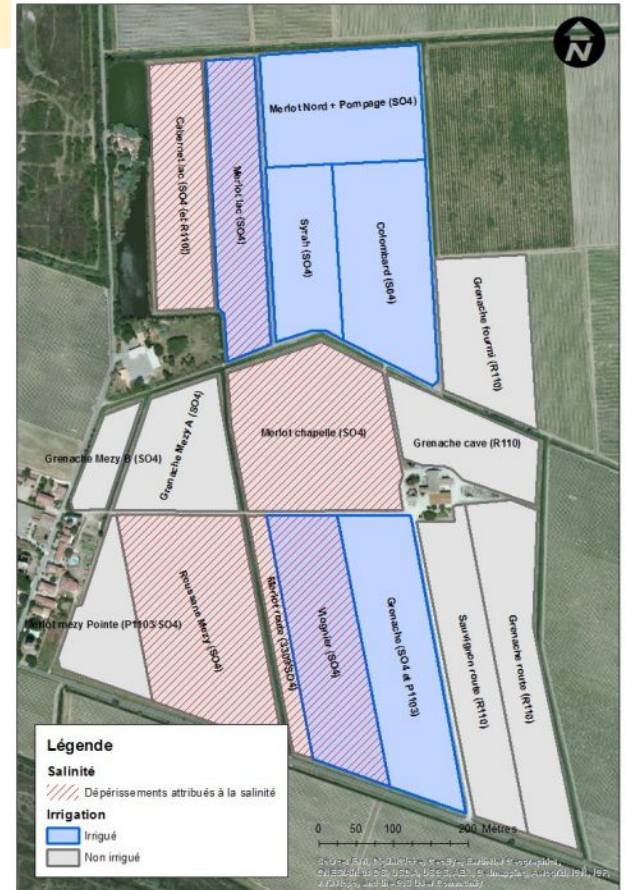
- Propriété des vignobles JeanJean
- Au coeur de **l'IGP Sables de Camargue**
- HVE et certification Agriculture Biologique

Caractérisation de la salinité :

2010 : seulement 2 parcelles avec pertes de rendement liées à la salinité → Cabernet Lac et Merlot Lac.

2015 : pertes sur 4 autres parcelles → deux secteurs de la parcelle de roussane, un secteur de la parcelle de merlot route voisine, une zone restreinte de la parcelle de viognier, et la parcelle de merlot chapelle.

→ Aujourd'hui : **la problématique de la salinité s'est généralisée sur le domaine.**



Parcellaire du mas Le Pive : cépages, porte greffes, irrigation et problèmes de salinité (données AdVini)

2. Cas d'étude : Parcelle étudiée

Grenache Mezy : IGP Sables de Camargue

Parcelle plantée en 1995 sur la commune de Montcalm

2 parties : A = 2,59 ha - B = 0,54 ha Total : **3,13 ha**

Cépage : Grenache Gris - **Porte greffe** : SO4

Type de sol : sableux (à 80 % environ)

Pas de système d'irrigation, un système de drainage déjà en place

Itinéraire technique :

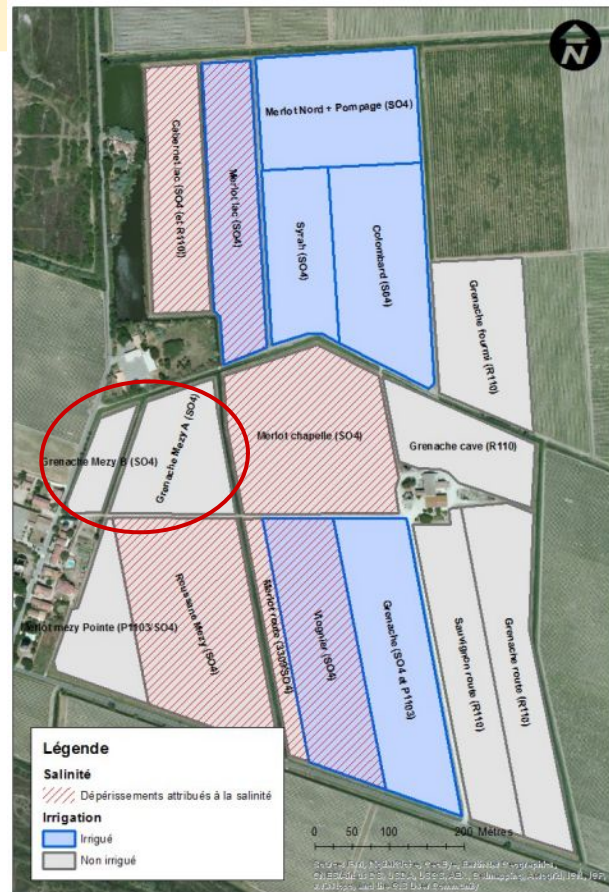
- Désherbage mécanique post-vendange (disque émotteur ou rotavator)
- Semis d'orge détruit au mois de mars (puis disque ou rotavator)
- Déchaussage / rechaussage sous le rang (automne et printemps)

Problématique:

Parcelle déjà implantée, non irriguée

Volonté de réduire la consommation en eau pour les enjeux futurs.

→ **Quelle stratégie de gestion du sol et d'enherbement mettre en place sur la parcelle pour éviter le dépérissement des vignes ?**



Parcellaire du mas Le Pive : cépages, porte greffes, irrigation et problèmes de salinité (données AdVini)

3. Solutions adaptées pour la parcelle Grenache Mezy

Leviers en amont de l'implantation de la parcelle :
choix du porte-greffe,
désalinisation,
nivellement...



Mise en place d'un couvert végétal en hiver

Mise en place d'un mulch végétal

Amélioration du drainage de la parcelle

Travail du sol adapté

Amendements chimiques (gypse et potasse)

Amendement chimique : apport de gypse

Sols sodiques : Les sols sodiques sont définis comme étant des sols qui ont un rapport d'adsorption de sodium (SAR) supérieur à 15.

Le rapport d'adsorption du sodium (SAR) exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols.

$$\text{SAR} = \text{Na} / \sqrt{1/2(\text{Ca} + \text{Mg})} \quad \text{Exprimé en meq/L.}$$



Ions sodium adsorbés sur les particules du sol
→ **dégradation de la structure** du sol par colmatage et **diminution de l'infiltration d'eau.**



Solution : utilisation d'**amendement chimique** pour faciliter le déplacement des ions sodium, comme le gypse (Kim, Choo and Cho, 2017 ; Diop, 2019).

Gypse : **Sulfate hydraté de calcium** d'origine naturelle, de granulométrie inférieure à 2 mm :

- Calcium : 30,5 % (CaO)
- Soufre : 38,2 % (SO₃)
- Magnésium : 1,4 %

→ Engrais sous forme de **poudre**, utilisable en **Agriculture Biologique.**



→ Amendement efficace que sur sols sodiques (sel d'origine marine)
→ Fonctionne que si le sodium est fixé sur la CEC.
→ Apports d'eau nécessaires : submersion ou grosses pluies.



Amendement chimique : apport de gypse

GYPSE



HAUTE VALEUR AGRONOMIQUE

Interactions avec les argiles :

- Chasse les ions sodium présents donc lutte contre la salinité des sols.
- Les argiles retrouvent une **activité structurale** et une **capacité de floculation**.
- Amélioration de la **structure du sol** et de la **porosité** (limitation des phénomènes de battance)

L'**apport de matière organique** peut être couplé à celui de gypse afin de renforcer la structure du sol (Sidi et Pansu, 1990).

DOSES D'UTILISATION

Situation courante : 150 à 200 kg/ha/an

Restaurer un sol fortement salinisé : il est conseillé d'apporter de 1 à 10 t/ha de gypse selon les situations de salinité.

→ Gypse épandu en surface et à associer à un labour du sol.

Amendements coûteux : environ 80-90 euros la tonne.
Doit être forcément couplé à un apport d'eau : dans notre cas, à appliquer durant la saison des pluies (notamment en automne).

Amendement chimique : apport de potasse

Un rapport K^+/Na^+ cytosolique élevé est une condition pour la plante de tolérance au stress salin (Maathuis et Amtmann, 1999; Anschütz et al., 2014)

Absorption du sodium :

→ A travers des **canaux non sélectifs**

→ Via des **transporteurs à haute affinité pour K^+** (HKT) pouvant laisser passer à la fois les deux ions (Benito et al., 2014)

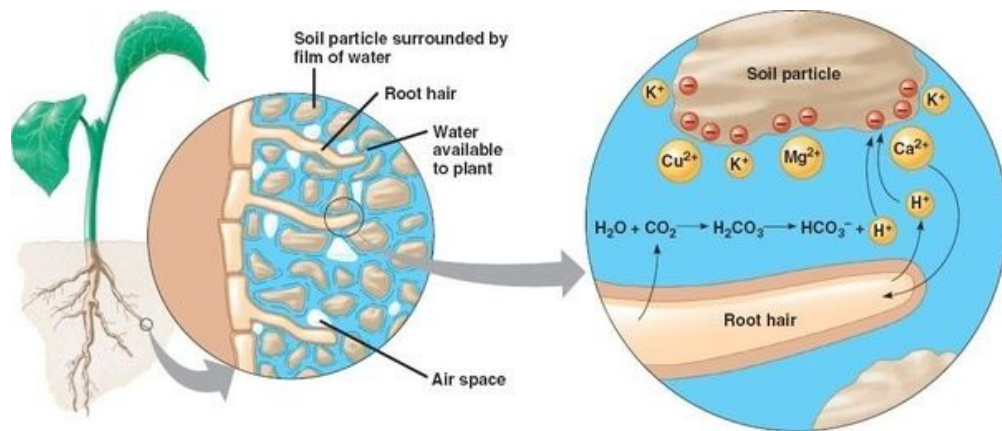
Balance dans le sol entre les deux ions est importante

Apport de potassium :

→ **Chlorure de potassium** (déconseillé dans des sols salins)

→ **Sulfate de potassium** (utilisable en agriculture biologique)

→ **Vinasse de betterave** (engrais enrichi en potassium pouvant supplémer les amendements organiques)



Généralement appliqué **à l'automne** et suivi d'un travail du sol pour son incorporation

Les doses appliquées sont réfléchies par rapport à une **analyse du sol**.

Il faut toutefois **faire attention à un excès de potassium** qui peut inhiber l'assimilation de magnésium

Uniquement réalisé dans le cas d'une **salinité sodique**

Amendement chimique : apport de potasse

CEC : très faible en partie liée au taux de matière organique très faible

Cations échangeables de la CEC essentiellement constitué de **potassium et magnésium**

→ Potassium déjà très présent dans notre sol

Concentration en sodium correcte qui ne semble pas posé de problème

→ Semble exclure une salinité sodique

Pertinence des analyses ? (date et période de prélèvement)



Remise en question de la pertinence de cette solution dans notre situation

	Stock :	Faible	Important	Souhaitable
Matières organiques (g/kg) (MO= carb.org* 1.72)		10,1		14 / 20

	Faible	Elevé
pH eau		8,54
pH KCl		
Calcaire total (g/kg)		212
Calcaire Actif (g/kg)		
CaO (g/kg)		8,74
CEC Metson (Cmol+/kg)	1,9	

	Faible	Elevé	Seuils
K / CEC (%)		13,6	2,5 / 4,5
Mg / CEC (%)		28,9	7,1 / 9,1
K / Mg	0,5		0,3 / 0,6

	Faible	Elevé	Souhaitable
Sodium (Na2O g/kg)	0,024		< 0,100

Mise en place d'un mulch végétal

ENHERBEMENT

- Améliorer l'**infiltrabilité de l'eau** (Celette et Gary, 2013)
- Diminuer les pertes par **évaporation** (Celette et Gary, 2013)
- **Limiter la compétition** hydrique avec la vigne
 - différence de profondeur d'enracinement des espèces (Hatch et al., 2011)
 - mulcher le couvert

MULCH

- **Réduire la température** à la surface du sol (Lamont, 2005)
- Limiter **l'érosion du sol** et améliorer sa porosité, structure et taux de matière organique (Jordan et al., 2010)
- **Action d'éponge** → retenir l'eau et limiter le ruissellement 43% (Borst et Woodburn, 1942)
- **Réduire l'évaporation** 35% (Russelle, 1939)

Le mulch dans notre cas d'étude :

- **Sous climat méditerranéen** → améliore la disponibilité en eau (Volaire et Lelièvre, 2010)
- **Sol salin** → réduction de la toxicité du sel, désalinisation (Ansarie et al., 2001; Landis 1988; Yobterik et Timmer, 1994)
- **Paillis d'orge** → 750 kg/ha couvrance moyenne de 59%, diminution du ruissellement (Prosdocimi et al., 2016)

Limite

Sol sableux 60% couvrance réduit les pertes en sol d'environ 70-89% **MAIS** influence du mulch moindre sur sol sableux, 90% couvrance nécessaire pour un sol contenant peu de matière organique. (Adekalu et al., 2017)

Proposition de mélange

Conditions d'application : Mécanisation possible

Date de semis : À l'automne 1 rang sur deux

Moment de destruction : Avant débourrement

Moyen de destruction : Roulage par rouleau faca ou fauchage

Objectif :

→ Structure du sol (Graminée)

→ Apport de matière organique, source d'azote et booster la vie du sol (Fabacées)

	Mélange	
Essences	Orge (50%) Vesce (20%) Moutarde blanche (15%) Pois d'hiver (15%)	35 kg/ha 14 kg/ha 10,5 kg/ha 10,5 kg/ha
Densité de plantation	70 kg/ha	
Production matière sèche	3 à 8 T/ha	

Rapport C/N

Vesce	12
Radis fourrager + vesce	19
Radis fourrager	23
Pois d'hiver	9
Moutarde blanche	11
Moutarde blanche + pois d'hiver	10

Travail du sol - Sodicité

Deux problèmes différents : Salinité et Sodicité → Deux impacts sur le sol différents

Cas d'un sol sodique : Au mas du Pive → Pas de parcelle avec SAR > 15%

Impact sur la structure du sol : Le **sodium** est un cation monovalent avec un grosse sphère d'hydratation

- La distance entre les feuillets des argiles augmente
- Déstructuration des argiles (Murphy, 2006)
- **Compaction**, asphyxie du sol, imperméabilité du sol

Décompaction du sol & lixiviation du sodium :

Profond : Sous-solage avec une dent de **ripper** 1 rang sur 2 après vendange

Superficiel : **Chisel** ou **griffe** avec des côtes de melon + **limiter le rotavator**



Très risqué car un travail du sol profond implique une probable destruction de la couche hydromorphe constituant la lentille d'eau douce. On pourrait utiliser la technologie **Ground Penetrating Radar** pour connaître la disposition des couches composant le sol sur une parcelle entière.



Travail du sol - Salinité

Cas du mas de Pive

Objectif : Elimination des sels par lessivage par de l'eau douce.

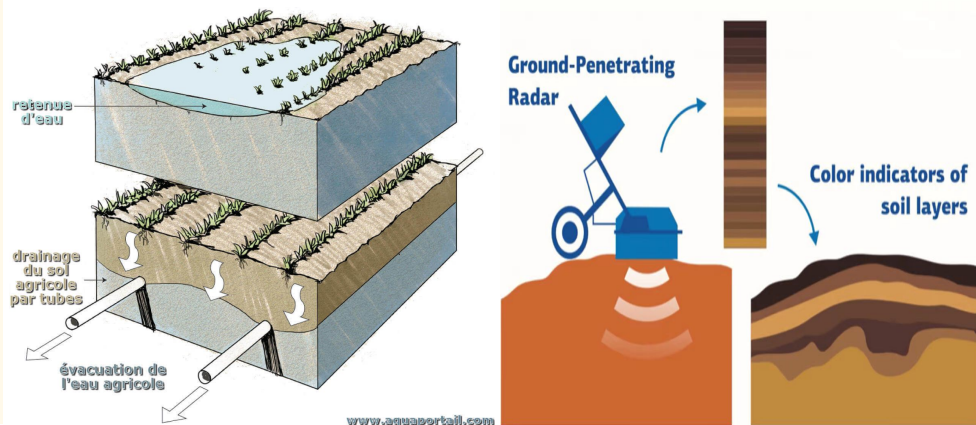
Sans apport artificiel d'eau, l'objectif est d'améliorer l'**infiltrabilité** de l'eau des pluies dans le sol et son **drainage** en profondeur.

Au même titre que la sodicité, un **travail du sol superficiel** permet d'améliorer l'infiltrabilité de l'eau dans le sol.

Maintenance ou mise en place d'un **système de drains artificiels** au niveau du système racinaire

Petit rappel : Solution aqueuse du sol très riche en sels dissous

- Équilibre osmotique entre le sol et la plante (Myburgh, 2018)
- Arrêt du flux d'absorption de la plante
- Divers toxicité (Cl⁻, Na⁺)



Approvisionnement abondant en eau afin de lessiver les sels (Cardin et. al. 2007)

→ 150 mm pour retirer 50% des sels et attention à la structure du sol en profondeur.

Proposition d'un itinéraire technique pour la parcelle

Décompaction:
1 inter-rang sur 2
Chisel ou Griffe

Semis du couvert
végétal
1 inter-rang sur 2
Semoir

Destruction du couvert
par roulage :
1 inter-rang sur 2
Rouleau faca/fauchage

Décompaction
et désherbage : 1
inter-rang sur 2
Chisel ou griffe

Septembre
Octobre

Novembre
Décembre

Janvier
Février

Mars
Avril

Mai
Juin

Juillet
Août

Vendanges

Chaussage
Tous les rangs
**Disques ou charrue
vigneronne**

Déchaussage
Tous les rangs
Lames

Désherbage
Tous les inter-rangs
**Disque émotteur ou
rotavator**

Conclusion et ouverture

Les portes greffes résistants à la salinité

Source : Thierry Lacombe

	Porte-greffes inscrits en France
Tolérance modérée	1103 P, 1616 C, 196-17 Cl, 216-3 C
Tolérance faible	140 Ru, Rupestris du Lot, 101-14 MGt, SO4, 5BB, 110 R
Sensibilité forte	3309 C, 41 B MGt, 420 A MGt, 333 EM

→ Majorité de vignes plantées sur SO4 dans la zone

→ **1103 Paulsen** possède un seuil de tolérance aux sels plus élevé que le SO4 : serait moins productif et plus propice à émettre des repousses sous le point de greffe.

Le 1103 Paulsen peut constituer une **solution sur du court terme**, car pour une partie des parcelles, le seuil de tolérance au sel du Paulsen aurait été franchi.



A l'implantation d'une parcelle

Désalinisation par utilisation de la salicorne

→ **Plante halophyte** qui permet de capter le sel.

→ Levier avant la mise en place d'une parcelle : l'implanter sur le terrain pour capter le sel puis **l'exporter** afin d'éliminer le sel de la parcelle.



Nivellement de la parcelle

→ **sur-élévation de la parcelle** avant plantation : limite la hauteur de la nappe saline et donc augmente la proportion d'eau douce au niveau de la zone racinaire.

Bibliographie

Gypse et potasse :

Anschütz, U., Becker, D., & Shabala, S. 2014. Going beyond nutrition: regulation of potassium homeostasis as a common denominator of plant adaptive responses to environment. *Journal of plant physiology*, 171(9), 670-687.

Benito, B., Haro, R., Amtmann, A., Cuin, T. A., & Dreyer, I. 2014. The twins K⁺ and Na⁺ in plants. *Journal of plant physiology*, 171(9), 723-731.

Calvet, R. 2003. Le sol: propriétés et fonctions. Tome 1: Constitution et structure, phénomènes aux interfaces.

Chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales. Fertilisation d'entretien au sol en viticulture. Fertilisation.pdf (chambre-agriculture.fr) (Dernière consultation le 28/11/2022)

Diop, Tégaye & Ndiaye, Ramatoulaye & Sow, Seydou & Ba, Djibrirou. (2019). Analyse des effets du phosphogypse et du fumier sur la salinité de la cuvette de Ndiol dans le Delta du fleuve Sénégal. 71-80.

Fipps, G. (2010) 'Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management'. Texas A&M Agrilife Extension.

Kim, Y.-J., Choo, B.-K. and Cho, J.-Y. (2017) 'Effect of gypsum and rice straw compost application on improvements of soil quality during desalination of reclaimed coastal tideland soils: Ten years of long-term experiments', *CATENA*, 156, pp. 131-138. doi: 10.1016/j.catena.2017.04.008.

Maathuis, F. J., & Amtmann, A. N. N. A. 1999. K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity: the basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios. *Annals of botany*, 84(2), 123-133.

SIDI H., PANSU M., 1990. Effets d'apports organiques et de gypse sur la stabilité structurale de deux sols méditerranéens. *Science du sol* 1990 Vol 28,3, pages : 237-256

Bibliographie

Couvert végétaux :

Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., & Santesteban, L. G. (2021). Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. *OENO One*, 55(2), 1–27. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4481>

Celette, F., Gaudin, R., & Gary, C. (2008). Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 29(4), 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.04.007>

Celette, F., & Gary, C. (2013). Dynamics of water and nitrogen stress along the grapevine cycle as affected by cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 45, 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.10.001>

Centinari, M., Filippetti, I., Bauerle, T., Allegro, G., Valentini, G., & Poni, S. (2013). Cover crop water use in relation to vineyard floor management practices. *American Journal of Enology and Viticulture*, 64(4), 522–526. <https://doi.org/10.5344/ajev.2013.13025>

Hatch, T. A., Hickey, C. C., & Wolf, T. K. (2011). Cover crop, rootstock, and root restriction regulate vegetative growth of Cabernet-Sauvignon in a humid environment. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(3), 298–311. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.11001>

J.LAPREUCHE, Institut du végétal, ARVALIS, Magazine les indispensables, 2015, N°419, Les couverts végétaux : les bénéfiques selon les espèces.

J.P.COCHAN, Institut du végétal, ARVALIS, Magazine les indispensables, Mars 2014, N°409, Couvert intermédiaire: Un effet azote, un effet lié au climat et au rapport CN.

Klodd, A. E., Eissenstat, D. M., Wolf, T. K., & Centinari, M. (2016). Coping with cover crop competition in mature grapevines. *Plant Soil*, 400, 391–402. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2748-2>

Steenwerth, K. L., Calderón-Orellana, A., Hanifin, R. C., Storm, C., & McElrone, A. J. (2016). Effects of various vineyard floor management techniques on weed community shifts and grapevine water relations. *American Journal of Enology and Viticulture*, 67(2), 153–162. <https://doi.org/10.5344/ajev.2015.15050>

Bibliographie

Mulch :

Ansari R, Marcar NE, Khanzada AN, Shirazi MU, Crawford DF (2001) Mulch application improves survival but not growth of *Acacia ampliceps* Maslin, *Acacia nilotica* L. and *Conocarpus lancifolius* L. on a saline site in southern Pakistan. *Int. J. Rev* 3:158–163

Borst HL, Woodburn R (1942) The effect of mulching and methods of cultivation on runoff and erosion from Muskingham silt loam. *J. Agric. Engin.* 23:19–22

Dong BB, Zhu HT, Zhong ZK, Ye GF (1996) Study on ecological effect of the forest land under-crop sowing and mulching of coastland soil by newly planted. *Acta. Agric. Zheji.* 8:154–157

Gan J, Zhu Y, Wilen C, Pittenger D, Crowley D (2003) Effect of planting covers on herbicide persistence in landscape soils. *J. Environ. Sci. Tech.* 37:2775–2779

Gonzalez-Sosa E, Braud I, Thony J, Vauclin M, Bessemoulin P, Jean-Christophe C (1999a). Modelling heat and water exchanges of fallow land covered with plant-residue mulch. *Agric For Meteorol* 97 :151–169

Hobbs PR, Sayre K, Gupta R (2008) The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Phil Trans R Soc B* 363: 543–555

Jordan, A., Zavala, L.M., Gil, J., 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena* 81,77–85.

Lamont, W.J., 2005. Plastic : modifying the microclimate for the production of vegetables crops. *HortTechnology* 15, 477–481.

Landis TD (1988) Management of forest nursery soils dominated by calcium salts. *New Forests.* 2:173–193

Massimo Prosdocimi, Antonio Jordán, Paolo Tarolli, Saskia Keesstra, Agata Novara, Artemi Cerdà, The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards, *Science of The Total Environment*, Volume 547, 2016, Pages 323–330, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.076>.

Bibliographie

Mulch :

Russell JC (1939) The effect of surface cover on soil moisture losses by evaporation. *Amer. Soil. Science Society* 4:65–70

Smith LJ, Skroch WA (1995) Turf herbicide injury to landscape trees as influenced by mulch. *J. Environ. Hortic.* 13:60–63

Volaire, F. and Lelièvre, F. (2010), Role of Summer Dormant Perennial Grasses as Intercrops in Rainfed Mediterranean Vineyards. *Crop Sci.*, 50: 2046-2054.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2010.01.0021>

Yobterik AC, Timmer VR (1994) Nitrogen mineralization of agro-forestry tree mulches under saline soil conditions. In: R.B. Bryan (ed.) *Adv. Geo-eco.* 27:181–194

Zhang, S., Lovdahl, L., Grip, H., Tong, Y., Yang, X., Wang, Q., 2009. Effects of mulching and catch cropping on soil temperature soil moisture and wheat yield on the Loess Plateau of China. *Soil Tillage Res.* 102, 78-86.

Salicorne :

[LIVRE] *Plantes des rizières de Camargue* P Marnotte, A Carrara - 2006 - books.google.com

Porte-greffes :

Grapevine in a Changing Environment: A Molecular and Ecophysiological Perspective, First Edition. Edited by Hernâni Gerós, Maria Manuela Chaves, Hipólito Medrano Gil and Serge Delrot. © 2016 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2016 by John Wiley & Sons, Ltd.

Walker, Rob R., Deidre H. Blackmore, Peter R. Clingeleffer, et Ray L. Correll. 2002. « Rootstock Effects on Salt Tolerance of Irrigated Field-Grown Grapevines (*Vitis Vinifera* L. Cv. Sultana): 1. Yield and Vigour Inter-Relationships ». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 8 (1): 3-14.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2002.tb00206.x>.

Bibliographie

Salinité des sols :

Motis, T. 2016. Comprendre les sols affectés par le sel . *Note Technique* no 84

Murphy, B. 2006. Sodic soils: Formation and global distribution [Sols Sodiques: Formation et distribution globale]. pp 1589-1593. in R. Lal (Ed). Encyclopedia of Soil Science, 2nd Edition, Vol. 2. CRC Press.

LEGROS J.P., 2009. La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. Séance du lundi 22/06/2009, conférence n°4069, Bull. n°40, pp. 257-269

Shahid, S.A. et A.Al-Shankiti. 2013. Sustainable food production in marginal lands---Case of GDLA member countries [Production alimentaire durable dans les terres marginales --- Cas des pays membres de l'Alliance mondiale des terres arides (GDLA)]. International Soil and Water Conservation Research. 1:24-38.

Cardin, G.E., J.G. Davis, T.A. Bauder, et R.M. Waskom. 2007. Managing Saline Soils. Colorado State University fact sheet no. 0,503 [Gestion des sols salins. Fiche d'information de l'Université d'État du Colorado no. 0,503].