

---

# De l'identification des contraintes environnementales à l'évaluation des performances agronomiques dans un système irrigué collectif.

## Cas de l'oasis de Fatnassa (Nefzaoua, sud tunisien)

---

Par : Wafa GHAZOUANI

Directeur de thèse : Alain VIDAL



Montpellier, le 16 décembre 2009



# Objectif de la thèse

**Proposer une démarche méthodologique d'analyse du fonctionnement et d'évaluation des performances dans un système irrigué collectif.**

1. Prendre en compte :

- la complexité du milieu physique et ses contraintes
  - la diversité des pratiques et des comportements individuels
  - la dimension collective du fonctionnement
- ... en interaction

2. Intégrer différentes disciplines scientifiques dans le cadre d'une analyse multicritère

3. S'inscrire dans une perspective d'intervention

# Démarche mise en œuvre & Résultats attendus

## 1. Analyse-diagnostic



Identifier les principales contraintes  
& leurs relations de causalité

## 2. Formulation des hypothèses & Représentation du système



Expliciter les hypothèses  
Organiser les données

## 3. Approche technico-hydraulique



Analyser les déterminants des  
performances collectives et individuelles  
de l'irrigation

## 4. Approche agronomique



Evaluer les  
performances des palmeraies

# Plan de la présentation

## 1. Contexte & Problématique

2. Analyse-diagnostic du fonctionnement & Représentation du système

3. Analyse-diagnostic des performances collectives et individuelles de l'irrigation

4. Analyse-diagnostic des performances agronomiques du palmier dattier

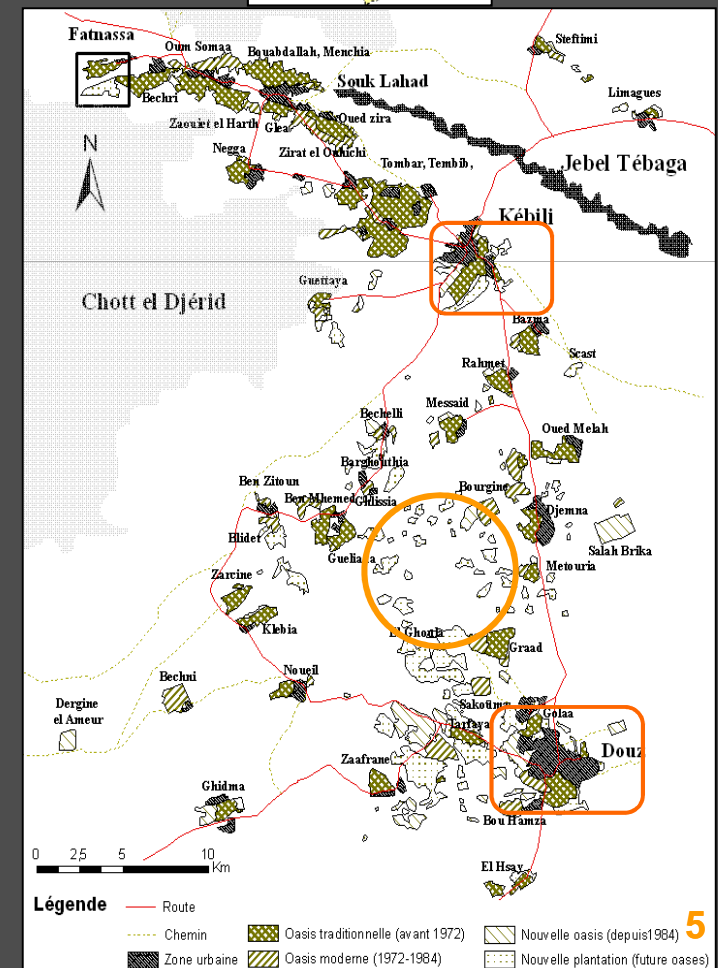
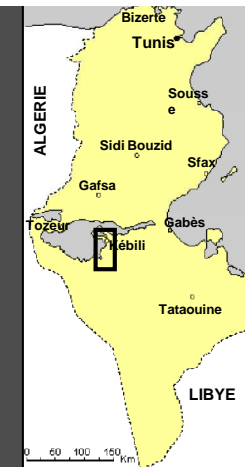
5. Recommandations

6. Conclusions



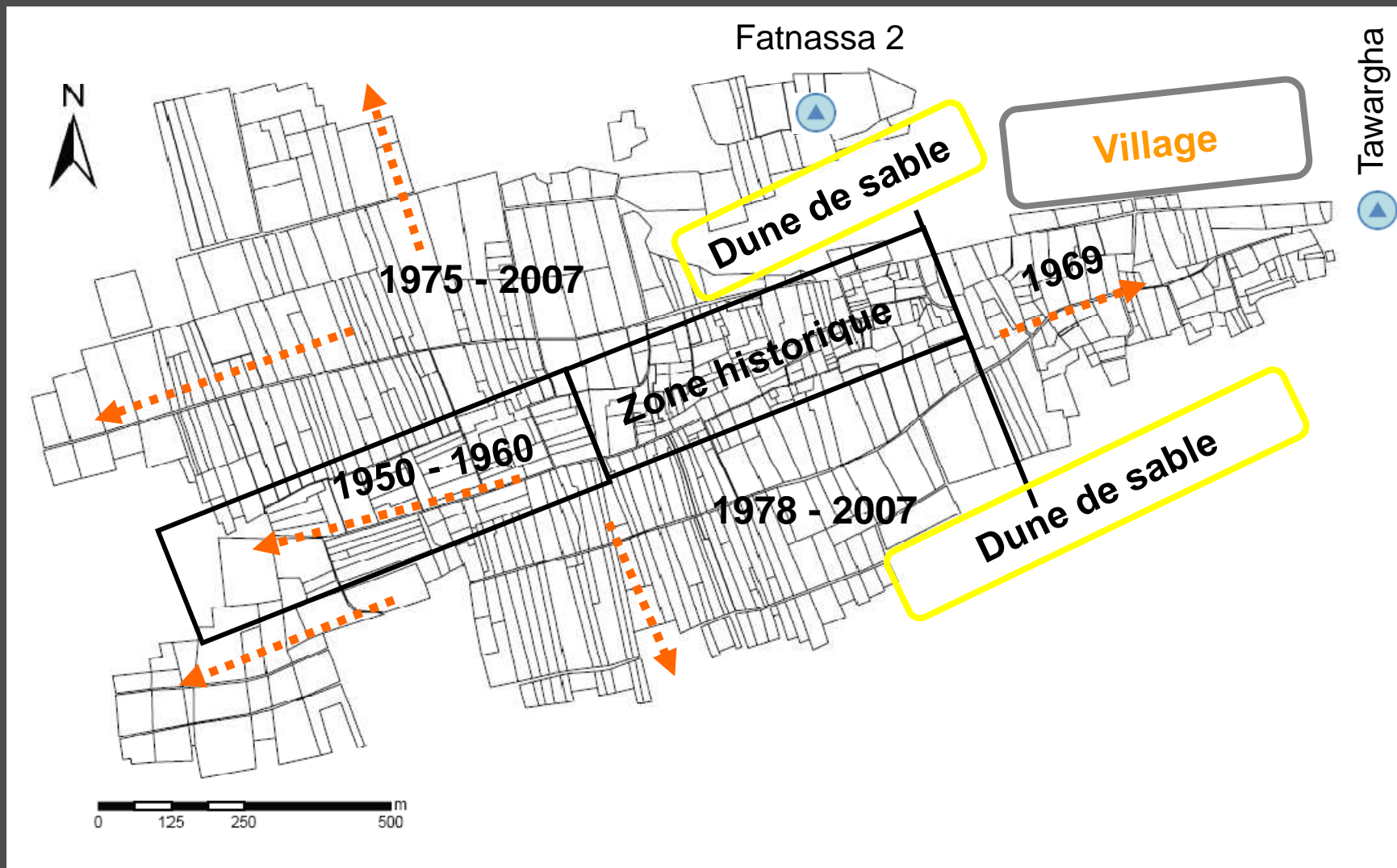
# Les oasis du Nefzaoua

- ❖ Climat aride
- ❖ Proximité du Chott (milieu salé) & Problèmes de drainage (à l'aval)
- ❖ Eaux d'irrigation salées (2 - 4 g/l)
- ❖ Des interventions techniques successives pour
  - l'augmentation de l'offre (PDES dans 50 oasis)
  - l'amélioration des efficacités de l'irrigation et le drainage (APIOS dans 30 oasis)
- ❖ Dynamique d'extension des surfaces irriguées
  - Création de nouvelles plantations privées : 7 000 ha
  - Extension à la périphérie des anciennes oasis : 1000 ha

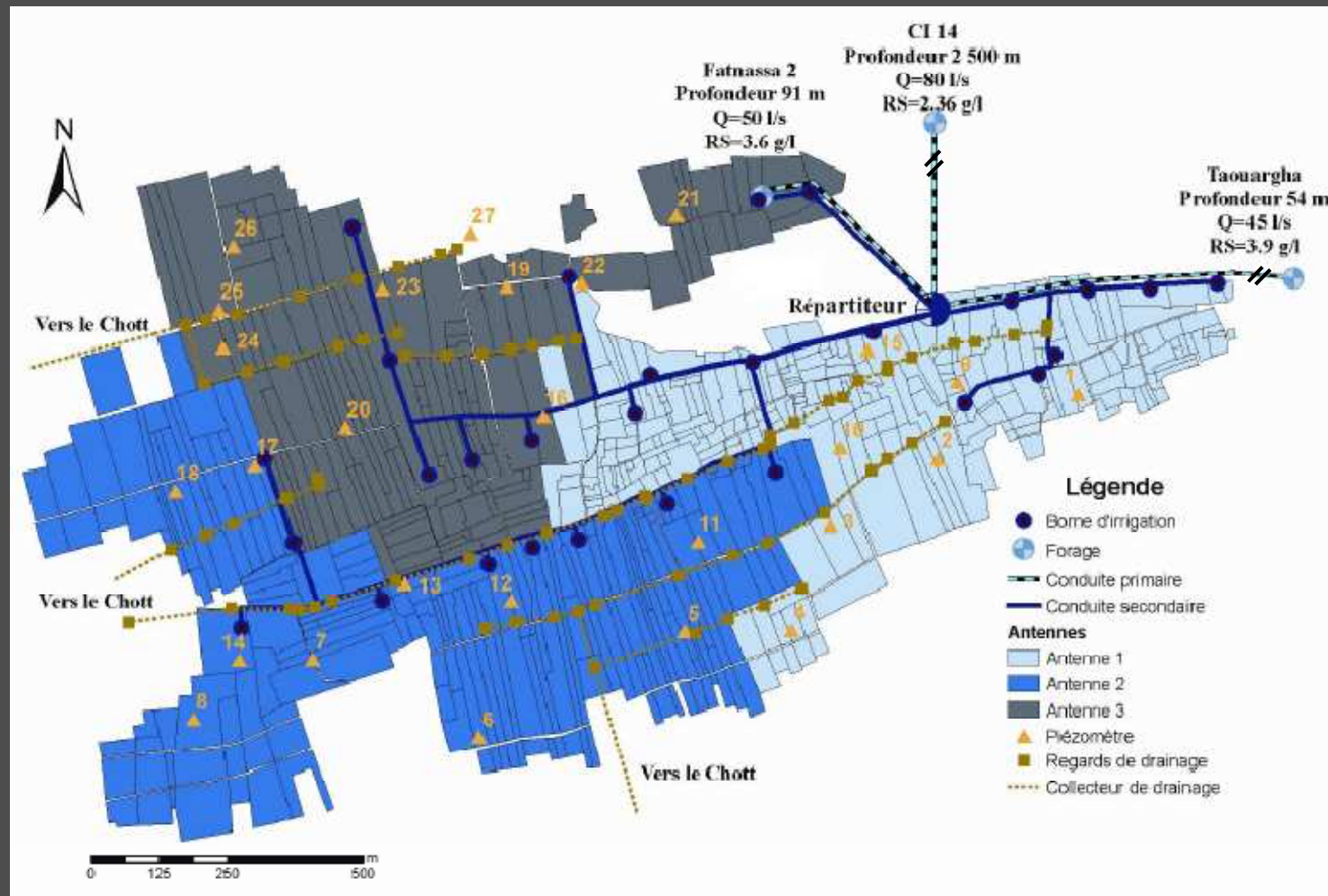


# 'Illusion d'abondance' & Extension continue des surfaces irriguées

Surface officielle 92 ha (1990) à 112 ha (2005) à une surface actuelle 137 ha



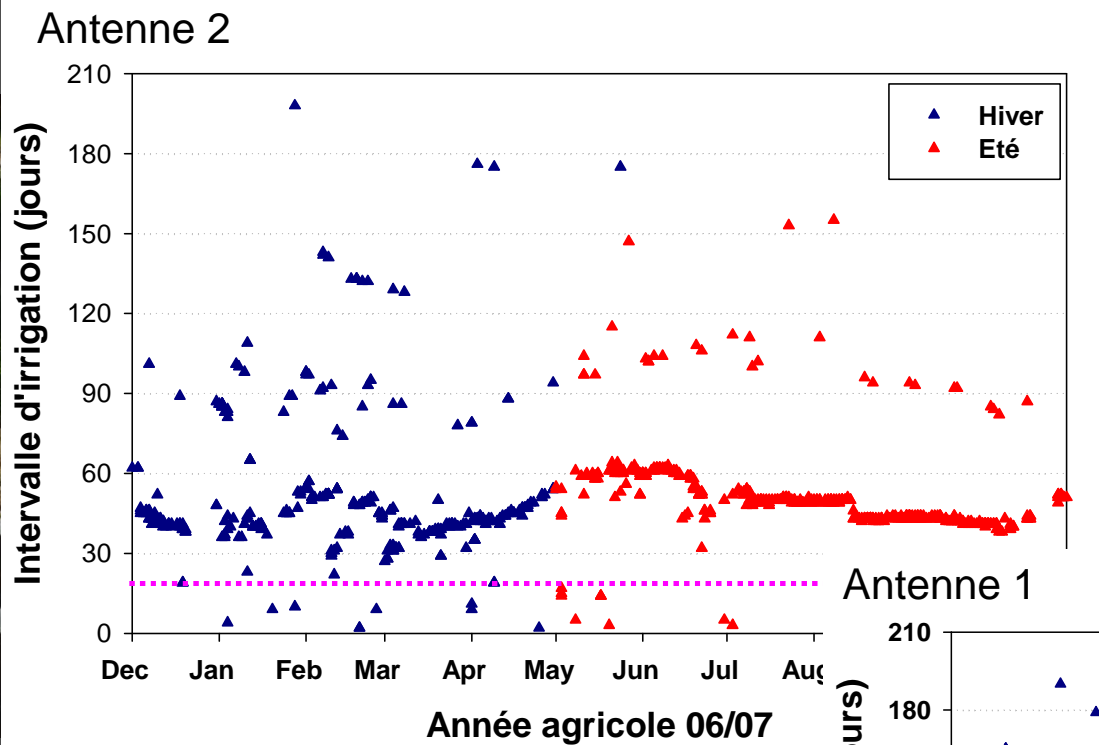
# L'oasis de Fatnassa



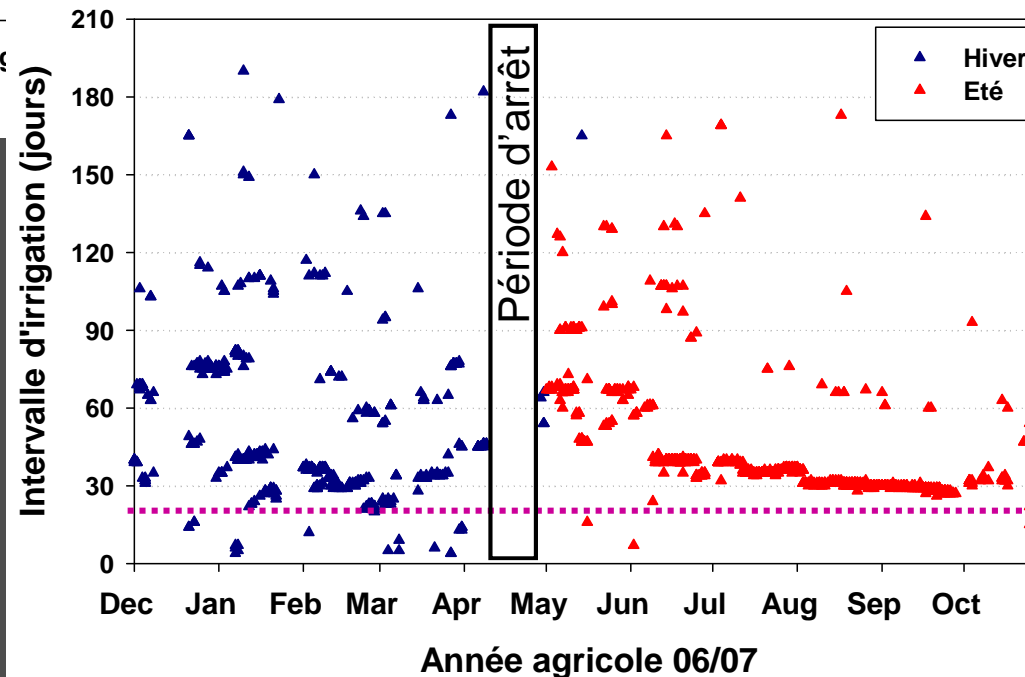
Deux sources d'eau : Froide et salée & Chaude et moins salée  
Conduites souterraines et séguias bétonnées  
Système de drainage enterré

... un décalage entre les performances projetées et les performances réelles persiste

# ... une gestion collective déficiente



Antenne 1



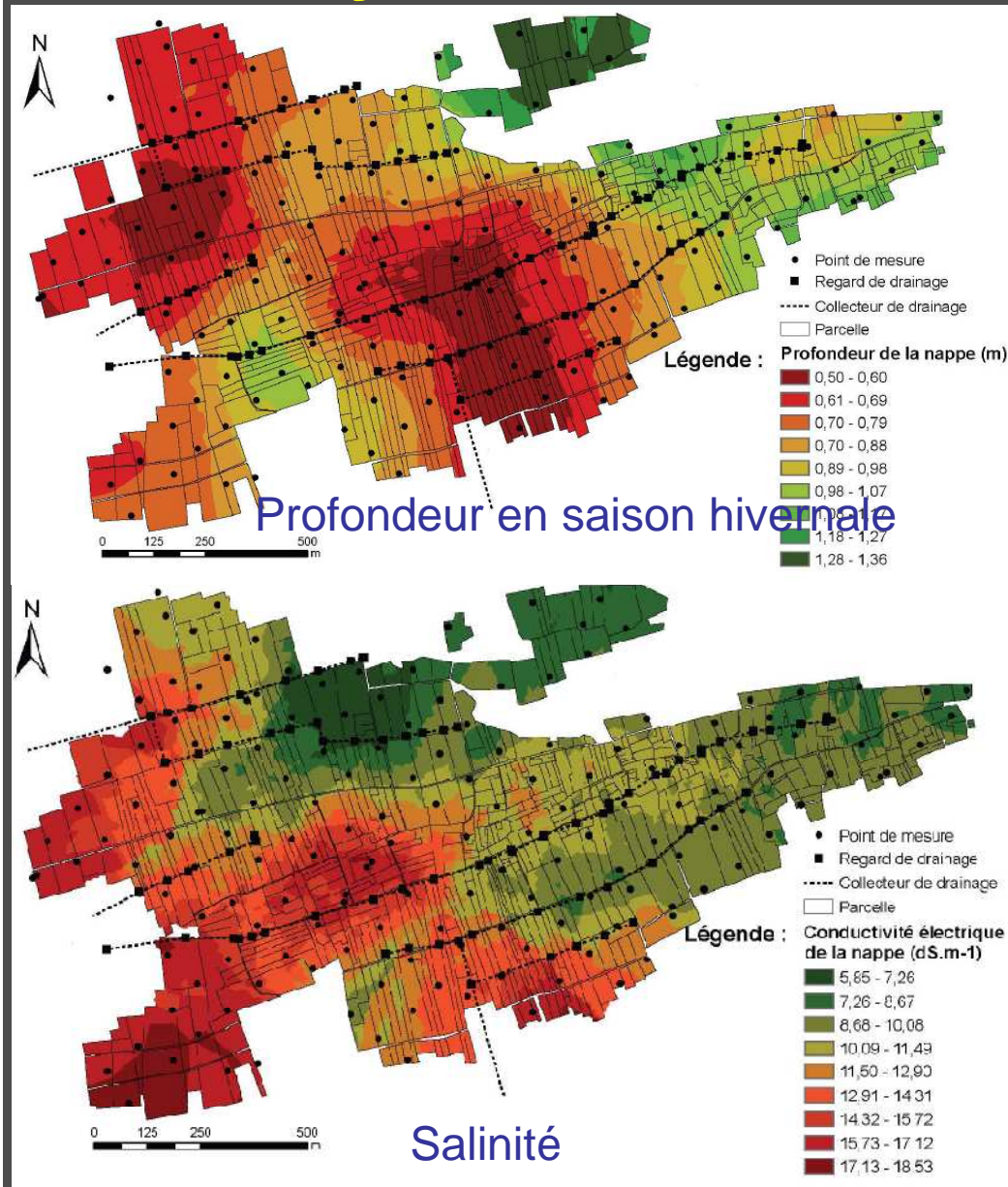
$$Q = 28 \text{ l.s}^{-1}$$

Un accès successif à la totalité de la main d'eau

Fréquence du TE : un intervalle entre deux irrigations successives (jours)



# Variabilité du milieu physique & dysfonctionnements du drainage



## Une structure spatiale

50 à 140 cm

Problème d'engorgement localisé :

- Topographie à l'aval
- Fonctionnalité du drainage

Répartition amont/aval des sels

6 à 19 dS/m

# Diversité des pratiques des agriculteurs

## Les amendements sableux et organiques



... des apports fréquents (3 à 5 ans) et/ou importants en quantité ... à des fréquences très faibles (10 ans)





# Diversité des pratiques des agriculteurs

## Système d'irrigation à la parcelle



Système amélioré :  
conduite principale en  
PVC



Système traditionnel bien  
entretenu



Système californien



Système traditionnel non  
entretenu

49 % des parcelles irriguées



# Performance des palmeraies

Stratégie d'extension



P. traditionnelle



P. moyennement productive



P. Moderne

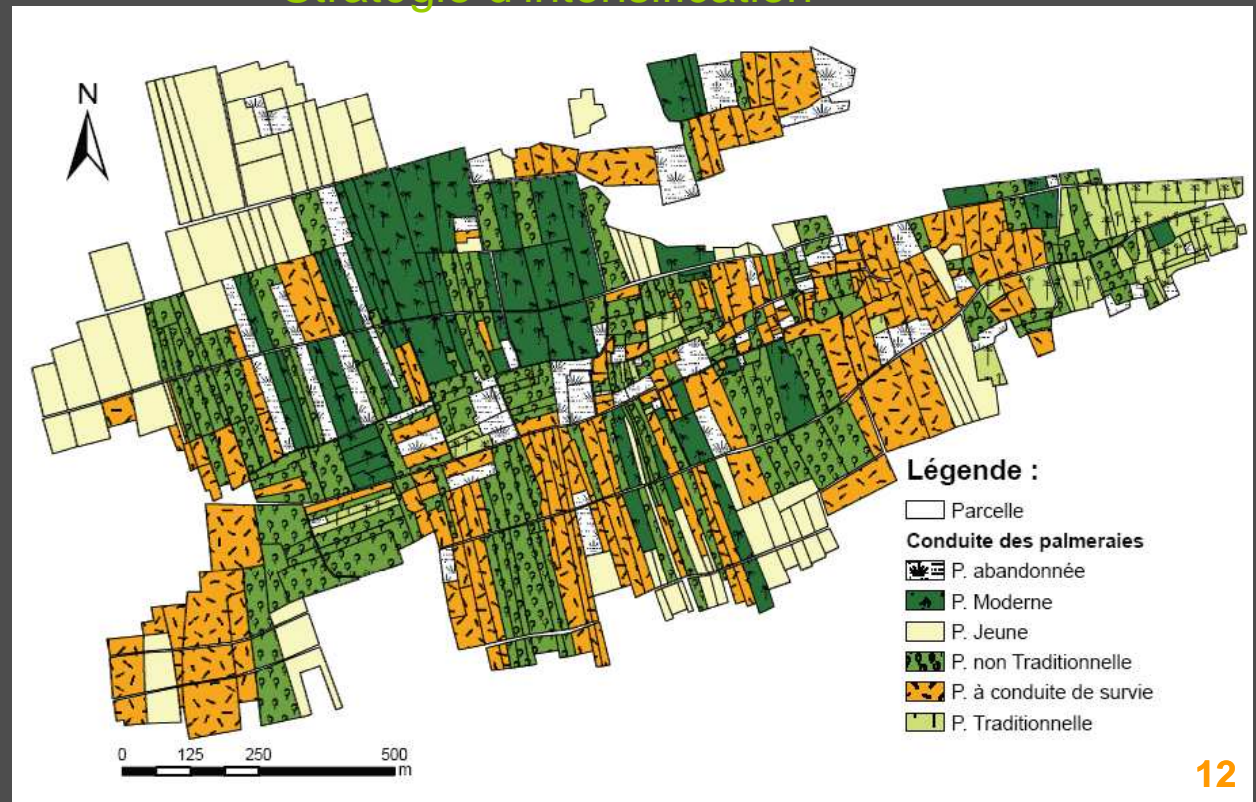


Stratégie d'intensification

Conduite de survie



Abandon





# Plan de la présentation

1. Contexte & Problématique

**2. Analyse-diagnostic du fonctionnement & Représentation du système**

3. Analyse-diagnostic des performances collectives et individuelles de l'irrigation

4. Analyse-diagnostic des performances agronomiques du palmier dattier

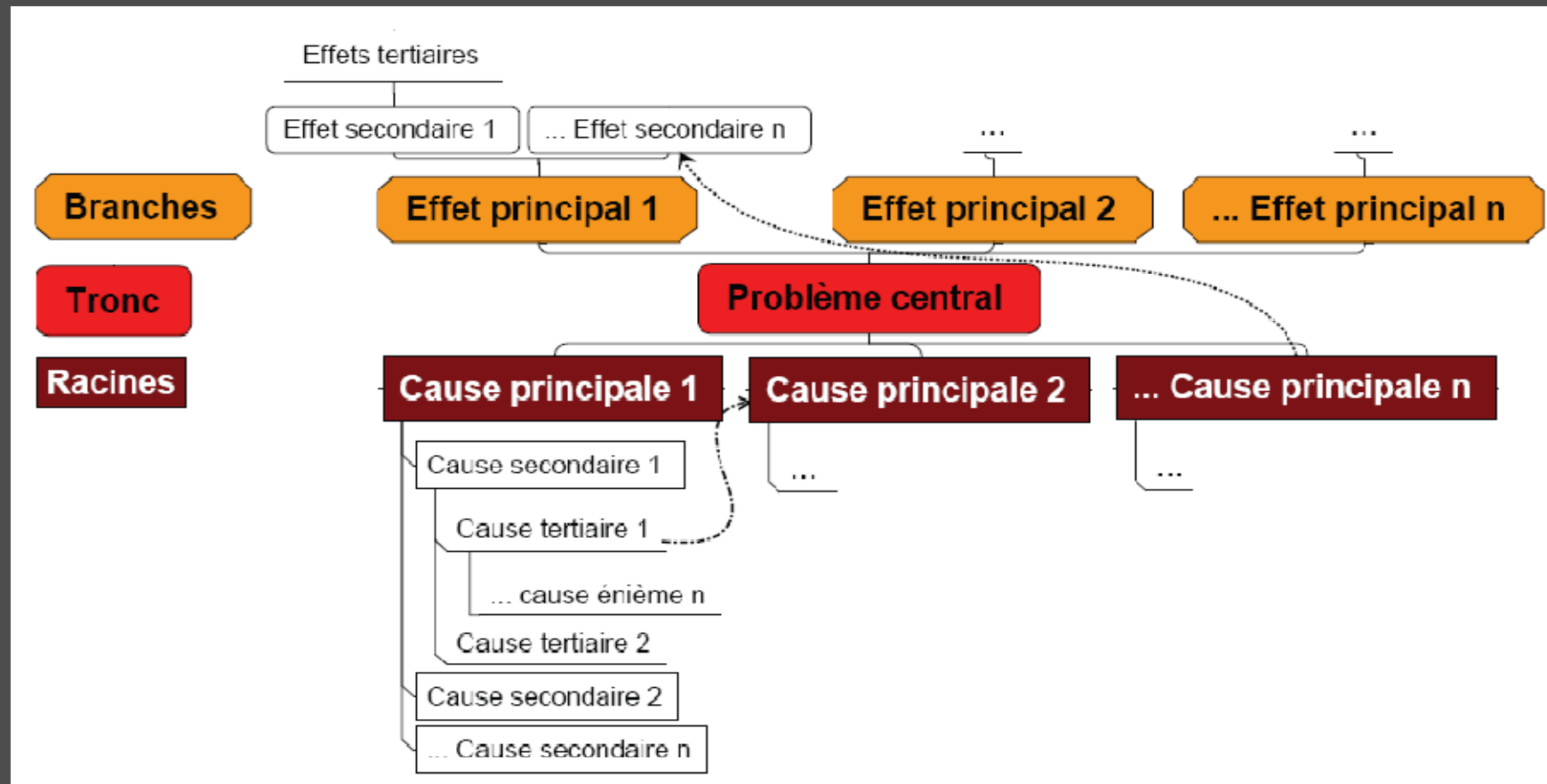
5. Recommandations

6. Conclusions

# Méthode

**Arbre à problèmes** (Renger & Titcomb, 2002 ; Douthwaite et al., 2007 ; Abdul Quium & Moon, 2003).

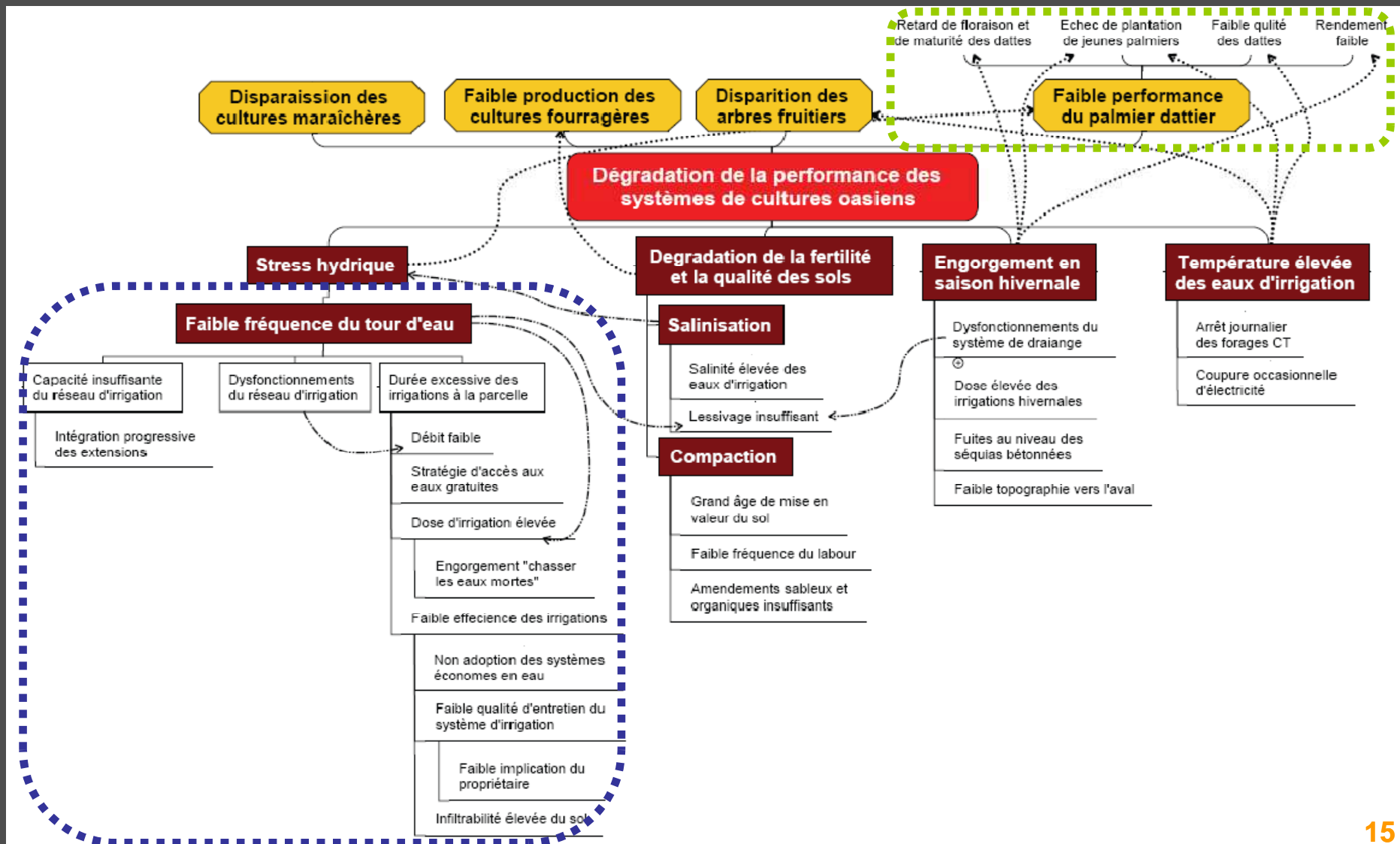
Relations de causalité  $\approx$  Hypothèses



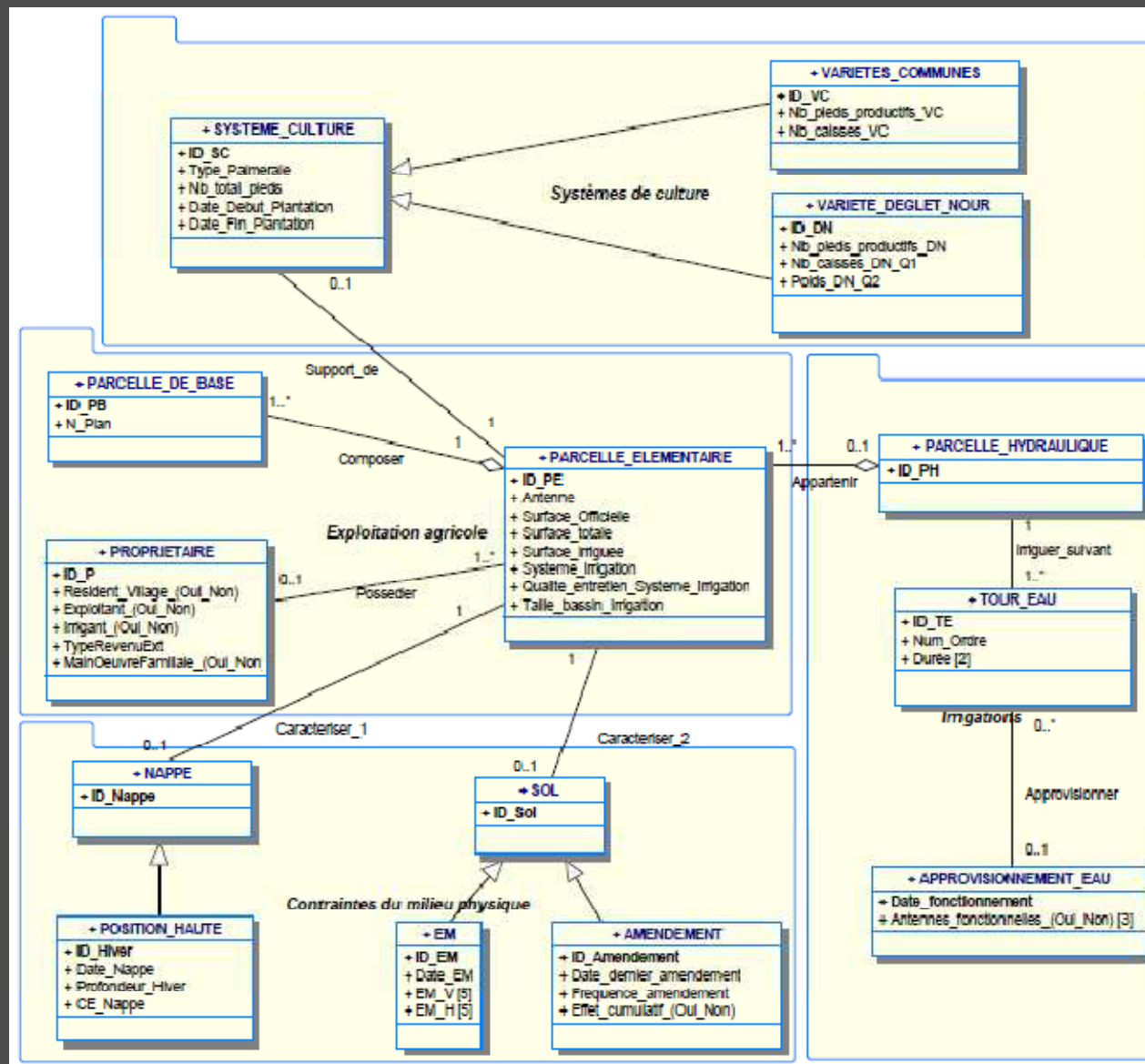
# Hypothèses sur la dégradation des performances de l'oasis

Confrontation du diagnostic des ingénieurs et de la perception des agriculteurs

Analyse critique des pratiques des agriculteurs (observation de terrain)



# Modèle conceptuel de gestion de base de données



Variables facilement accessibles pour l'ensemble des parcelles (n=499)



# Plan de la présentation

1. Contexte & Problématique

2. Analyse-diagnostic du fonctionnement & Représentation du système

**3. Analyse-diagnostic des performances collectives et individuelles de l'irrigation**

4. Analyse-diagnostic des performances agronomiques du palmier dattier

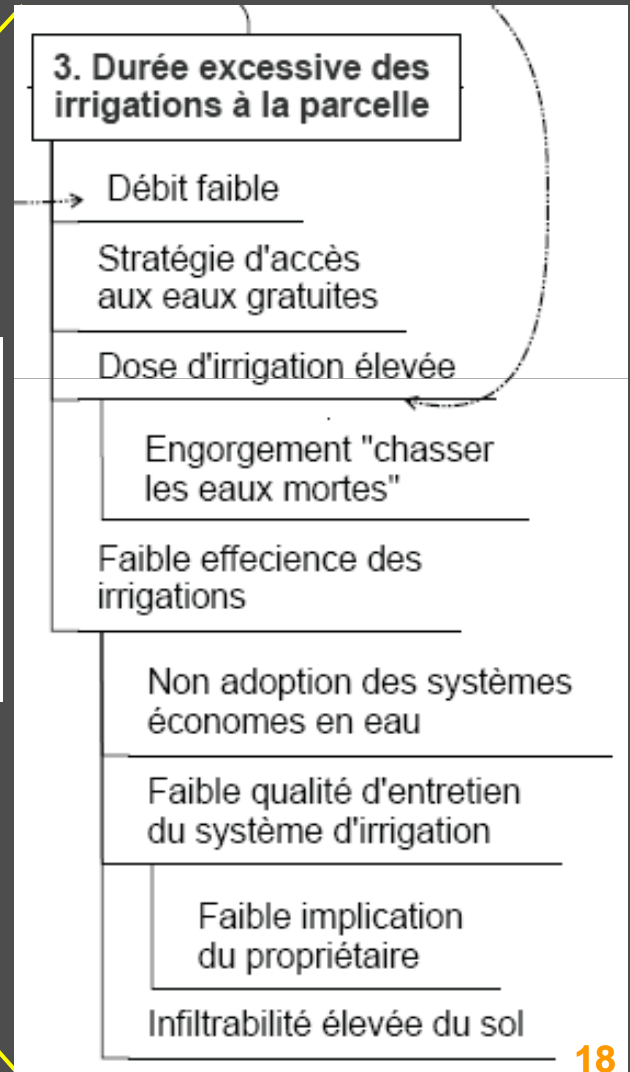
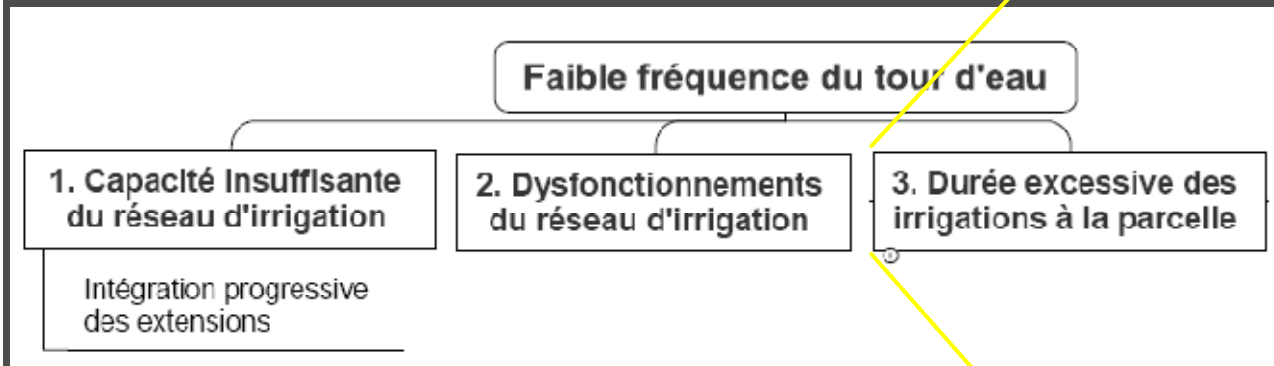
5. Recommandations

6. Conclusions

# Hypothèses sur la gestion de l'irrigation : collectif vs. individuel

Echelle de l'oasis  
**Le collectif**

Echelle de la parcelle  
**L'individuel**



# Approche technico-hydraulique (année agricole 2006-07)

## Feuilles de suivi journalier du TE

2,836 évènements : dates et durées (h)

## Réactualisation du plan parcellaire

Surface actuelle irriguée

## Reconstitution du TE

Intervalles des irrigations (n=419)

Durées des irrigations (h/ha)

**A l'échelle de la parcelle :**

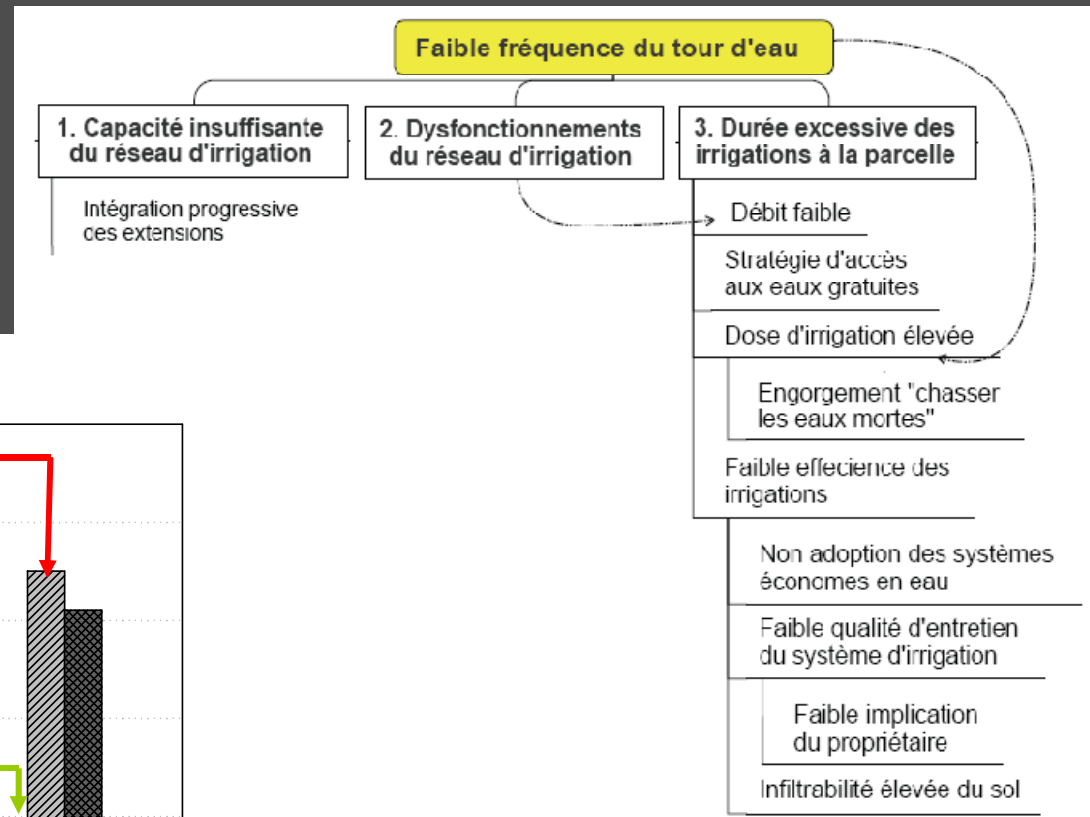
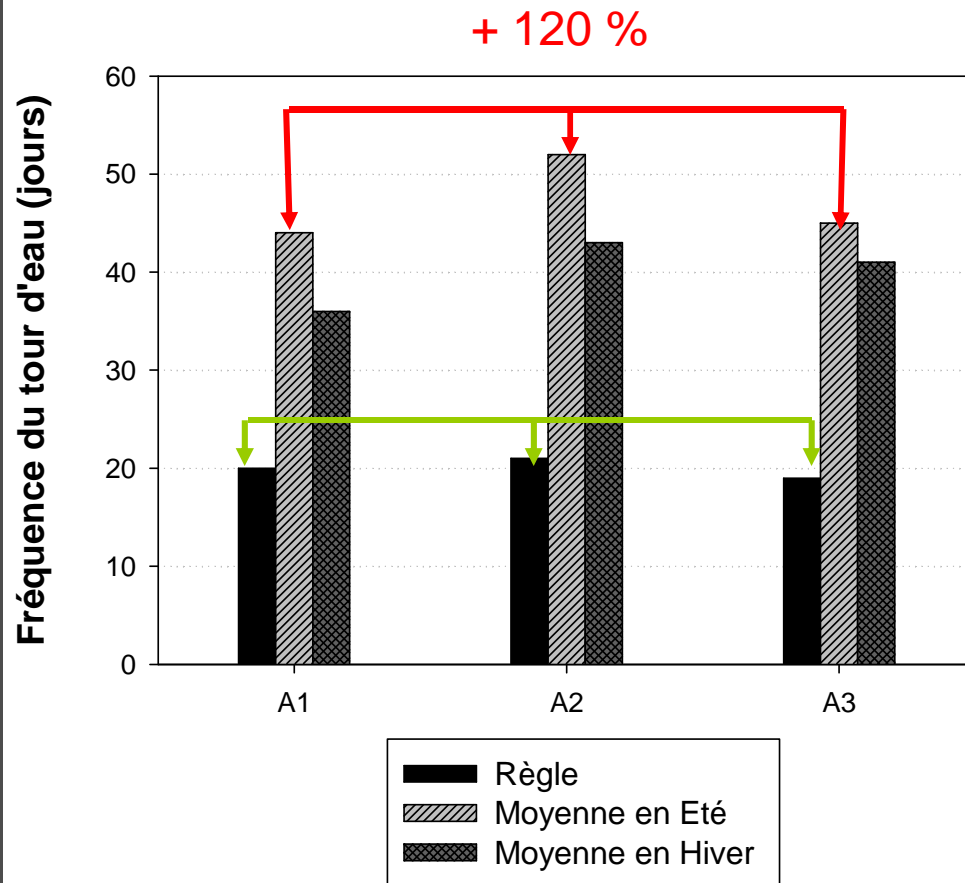
- Systeme d'irrigation (observation)
- Propriétaire / Irrigant (enquête)
- Date du dernier amendement et travail du sol (enquête)
- Salinité et profondeur de la nappe (interpolation par krigeage, maille de 100 m)

## Analyse de la variabilité de la durée d'irrigation

- Effet de chaque facteur, pris individuellement : Tests non paramétriques de Kruskal-Wallis (Leterme et al., 2006)
- Effet de l'ensemble des facteurs retenus : ANOVA (MGL) et comparaison des moyennes

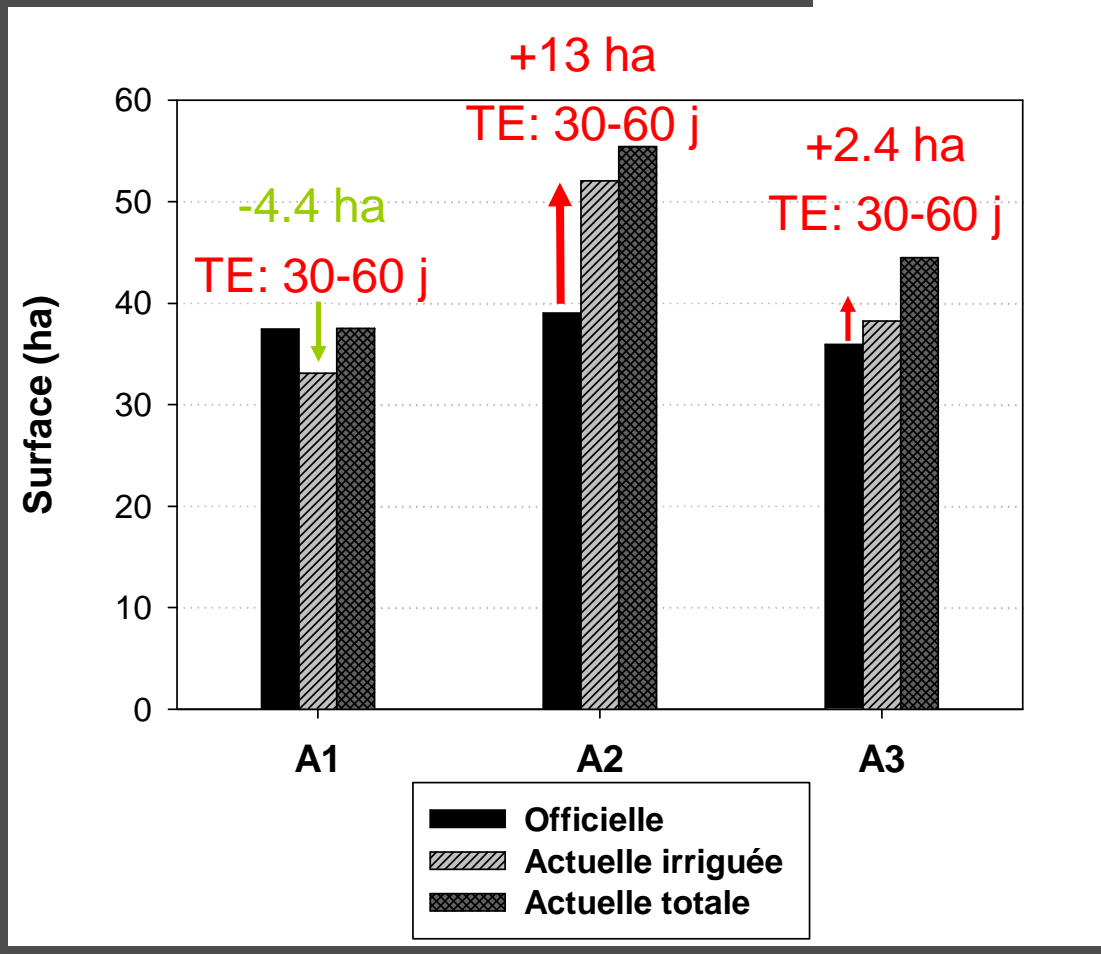
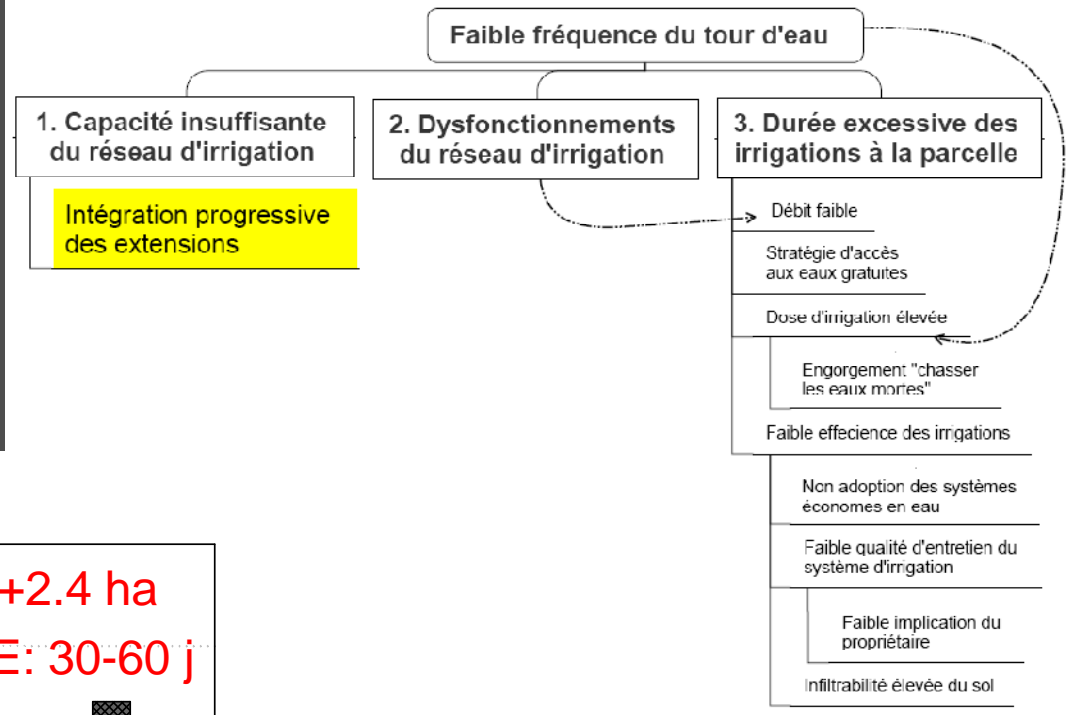
# Faible fréquence du tour d'eau (échelle collective)

Année agricole 2006-07

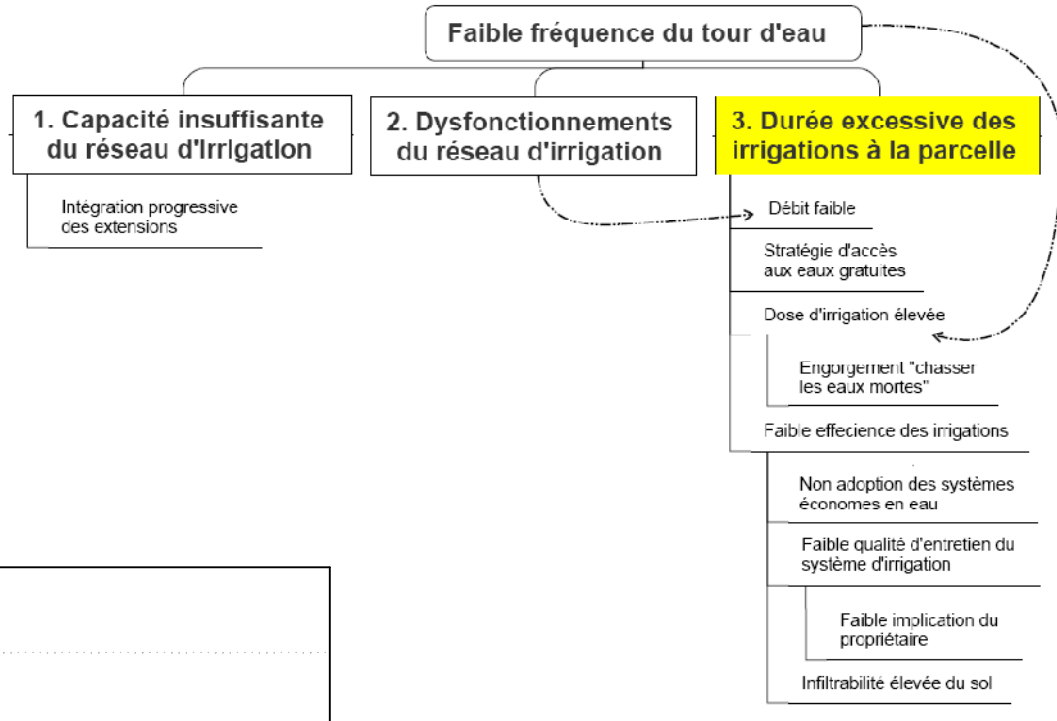




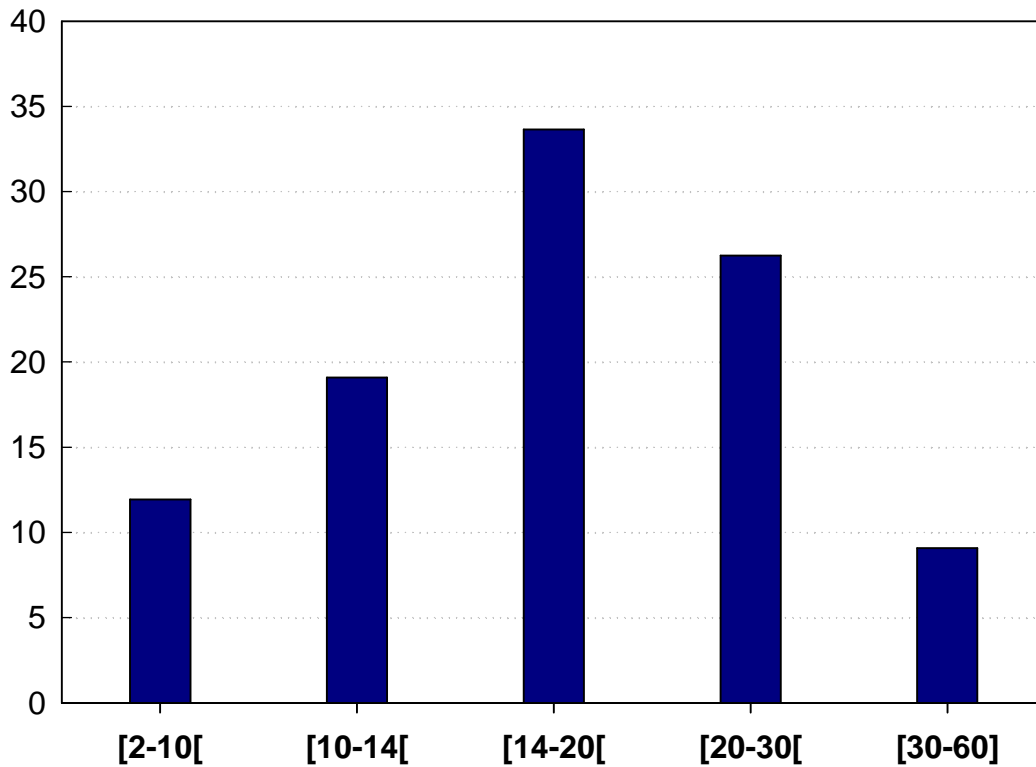
# Surfaces irriguées



# Durées des irrigations



Pourcentage de parcelles irriguées

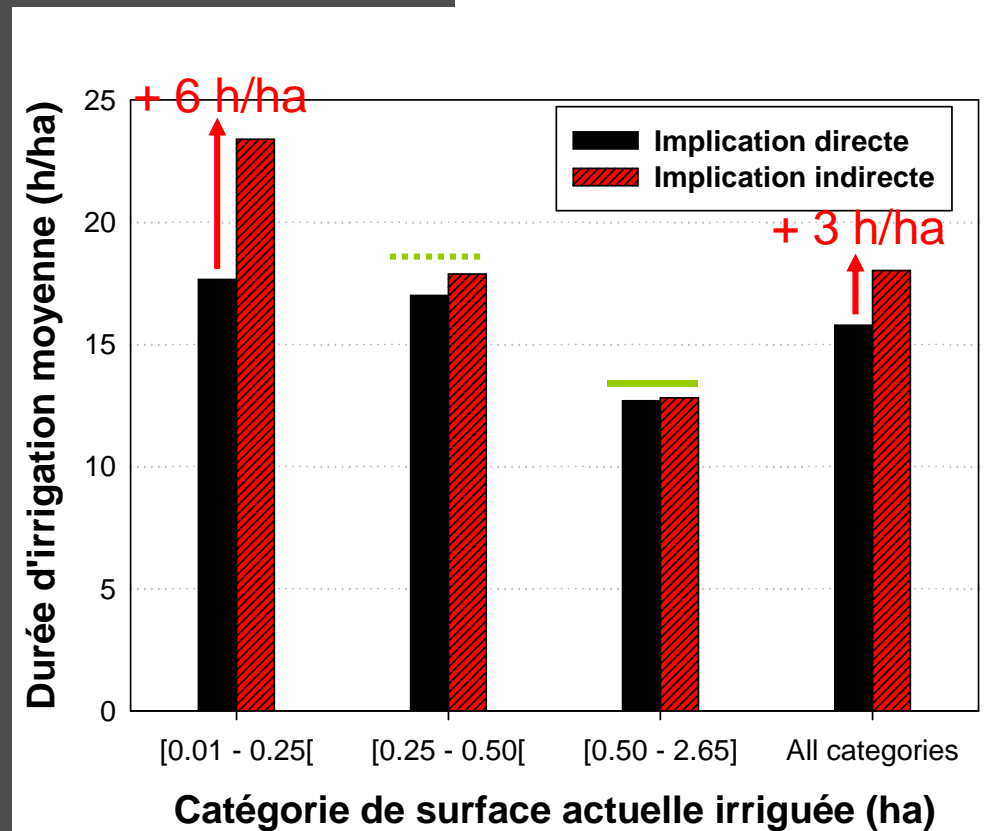
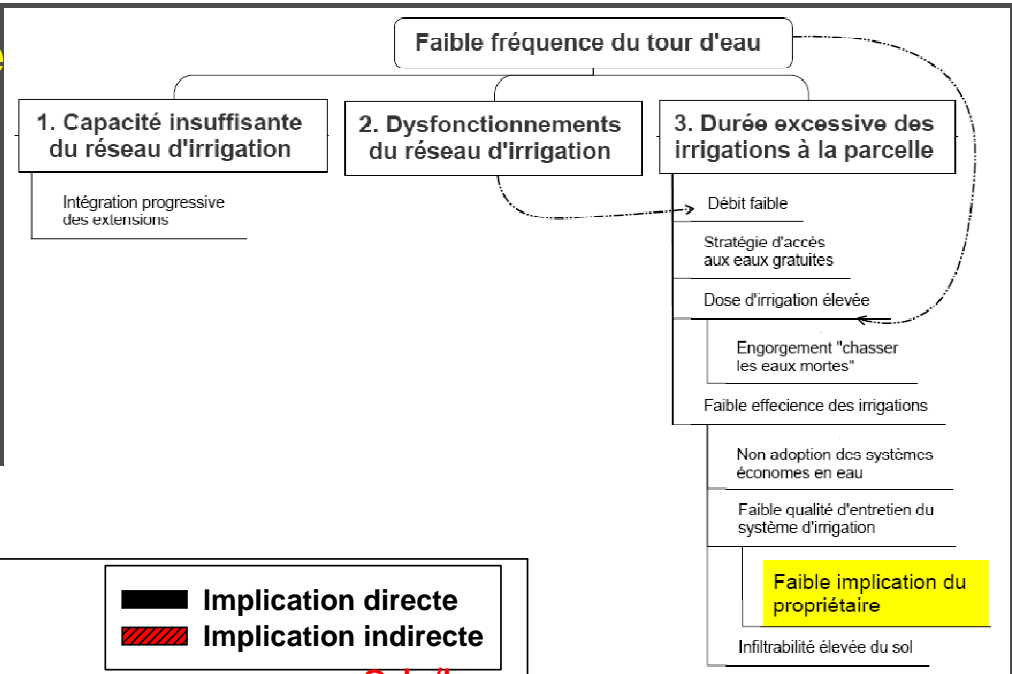


Classe de durée d'irrigation (h/ha)

## Degré d'implication du propriétaire

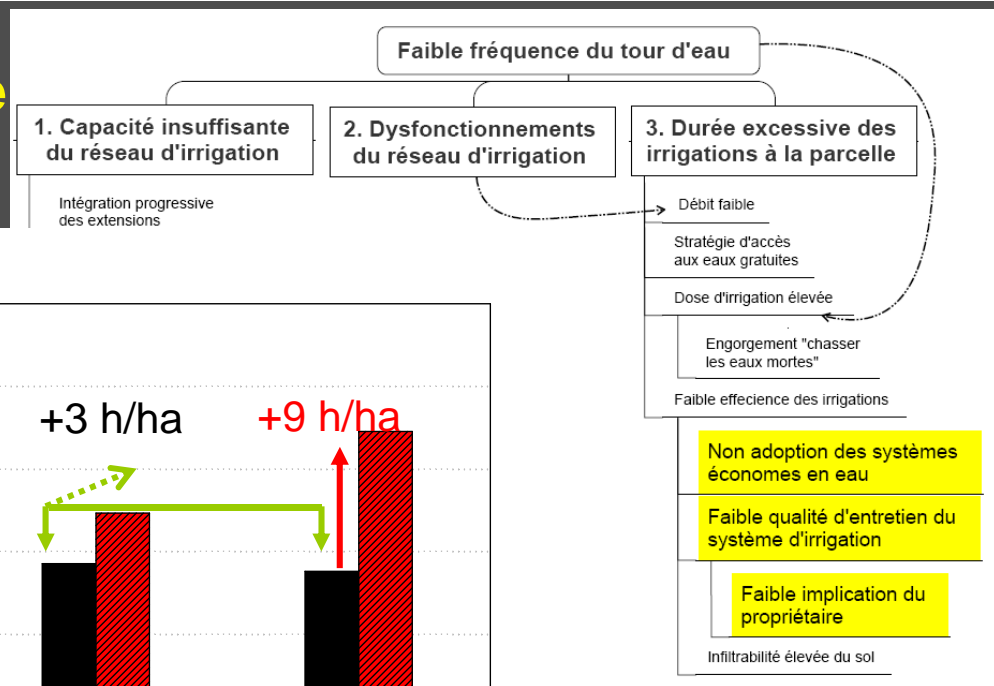
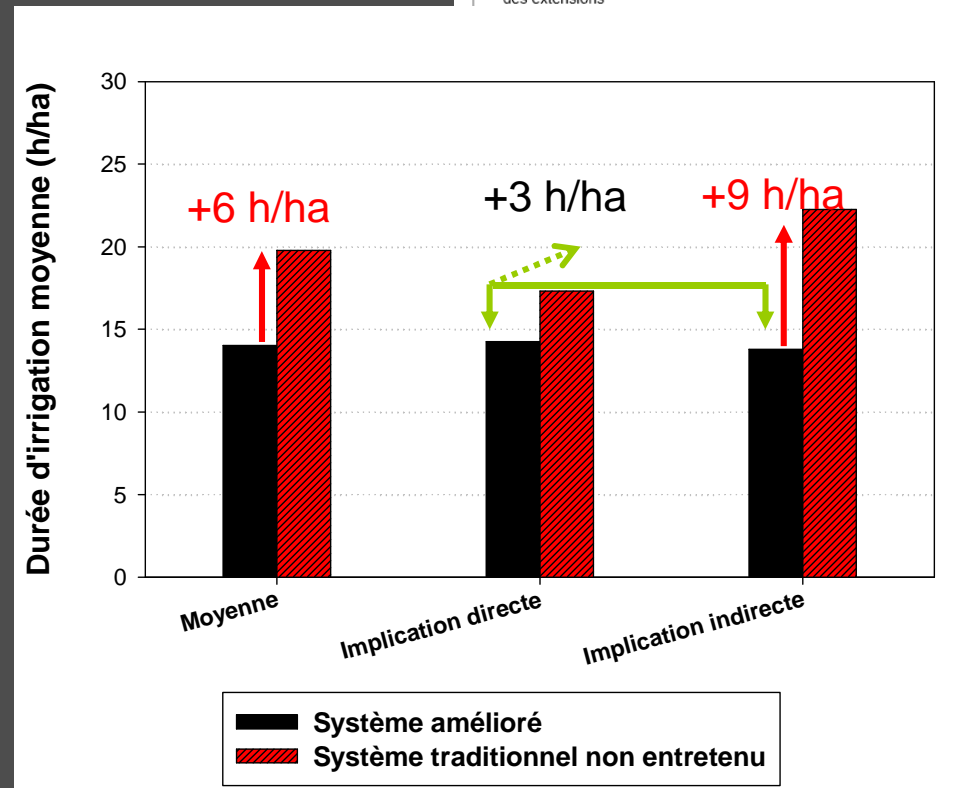
**Implication directe :** Propriétaire sur place / Irrigant : lui-même ou un membre de famille

**Implication indirecte :** autres cas (45% des parcelles).



L'implication indirecte du propriétaire induit un allongement de la durée d'irrigation ... surtout au sein des petites parcelles

# Système d'irrigation à la parcelle vs. implication du propriétaire



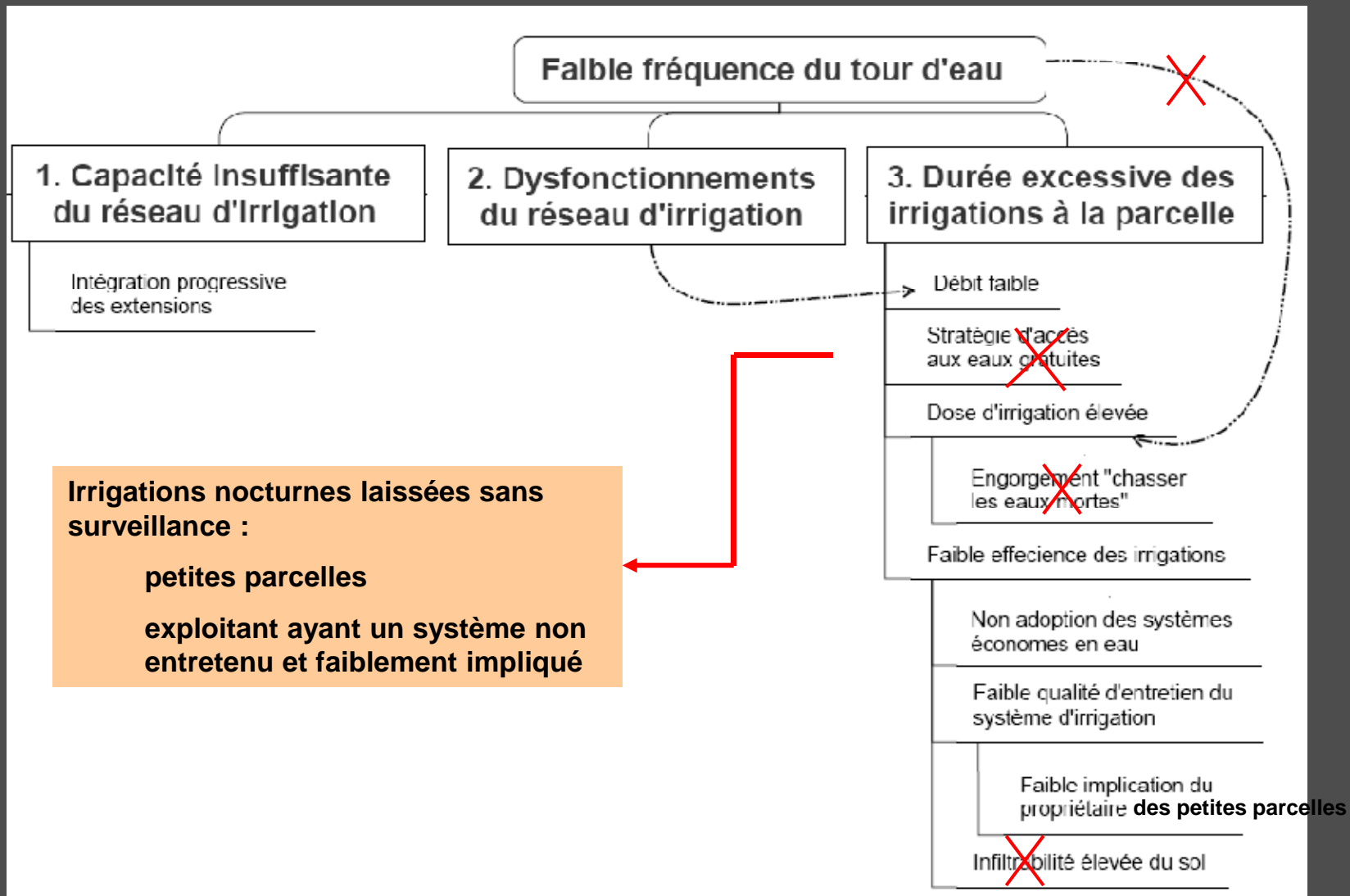
Un système d'irrigation non entretenu induit un allongement de la durée d'irrigation ... surtout quand le propriétaire n'est pas impliqué

Même si l'exploitant direct n'investit pas dans l'entretien du système d'irrigation, il n'y a pas un allongement excessif de la durée d'irrigation

Les exploitants indirects investissent dans l'entretien du système d'irrigation



# Validation/Invalidation des hypothèses

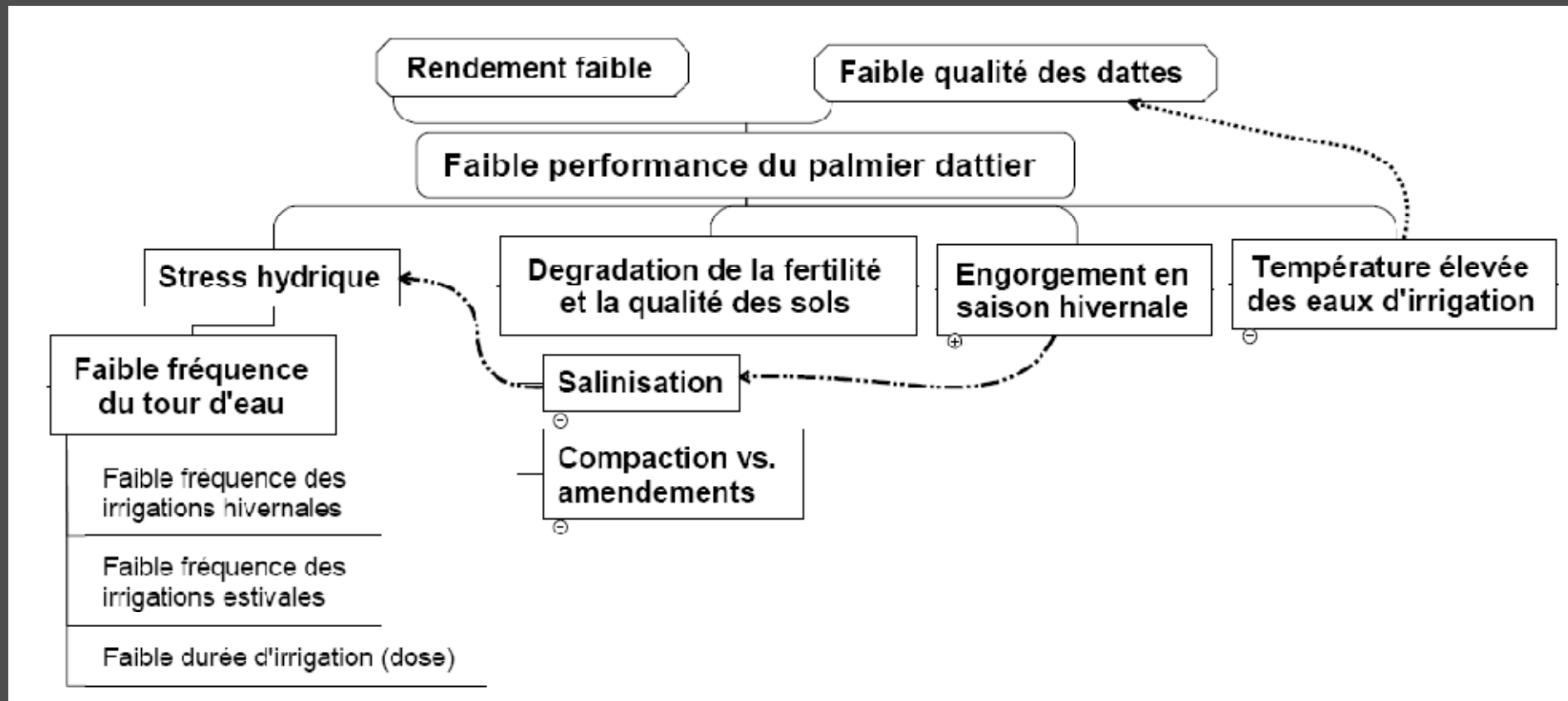


La fréquence du tour d'eau, à l'échelle collective, est en relation avec les pratiques individuelles qui induisent un dépassement de la règle collective de gestion

# Plan de la présentation

1. Contexte & Problématique
2. Analyse-diagnostic du fonctionnement & Représentation du système
3. Analyse-diagnostic des performances collectives et individuelles de l'irrigation
- 4. Analyse-diagnostic des performances agronomiques du palmier dattier**
5. Recommandations
6. Conclusions

# Hypothèses sur la faible performance du palmier dattier



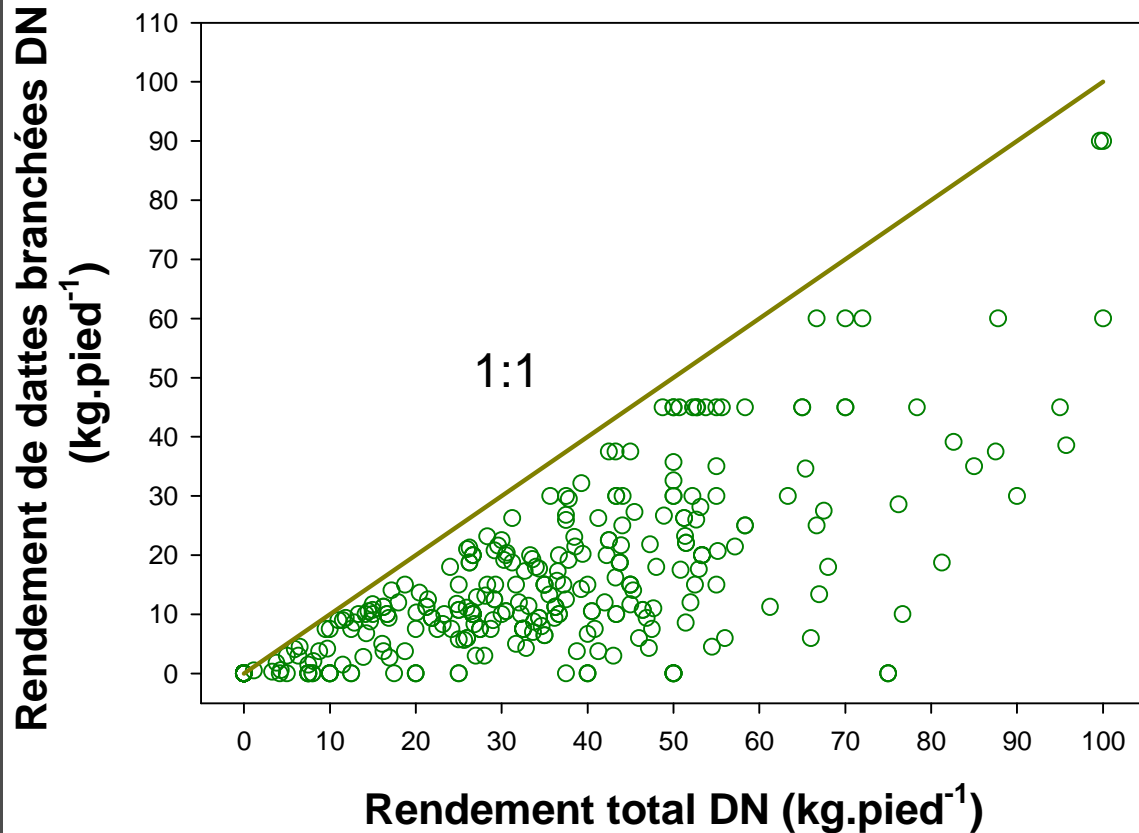
Vérifier l'indépendance des facteurs du milieu

Tester l'effet de chaque facteur, pris individuellement, sur les performances du PD (ANOVA un facteur, courbe enveloppe)

Quels indicateurs de performance ?

# Performances des pieds DN

n=337 parcelles irriguées



Deux indicateurs indépendants de performance des pieds DN :

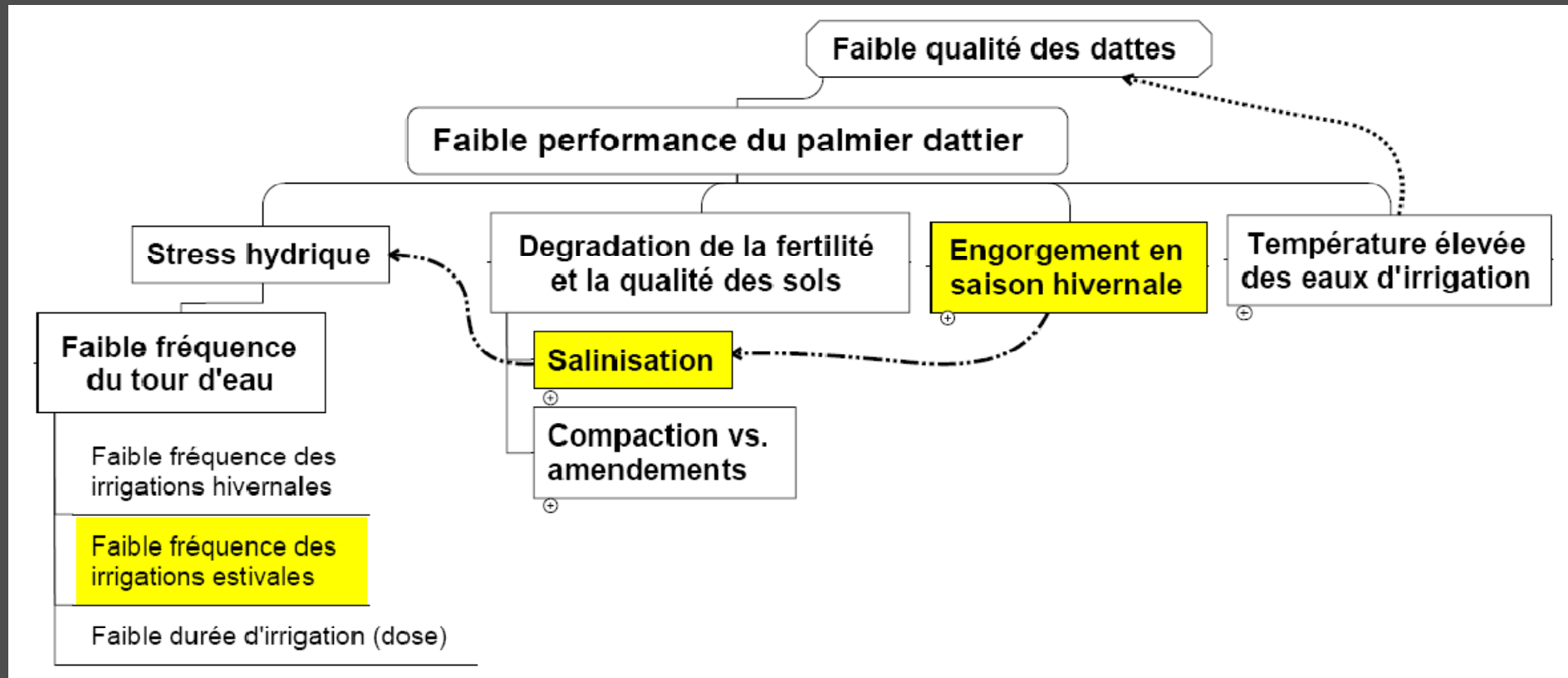
**Quantitatif :** Quantité totale (kg.pied<sup>-1</sup>)

**Qualitatif :** Proportion de dattes branchées/total (%)

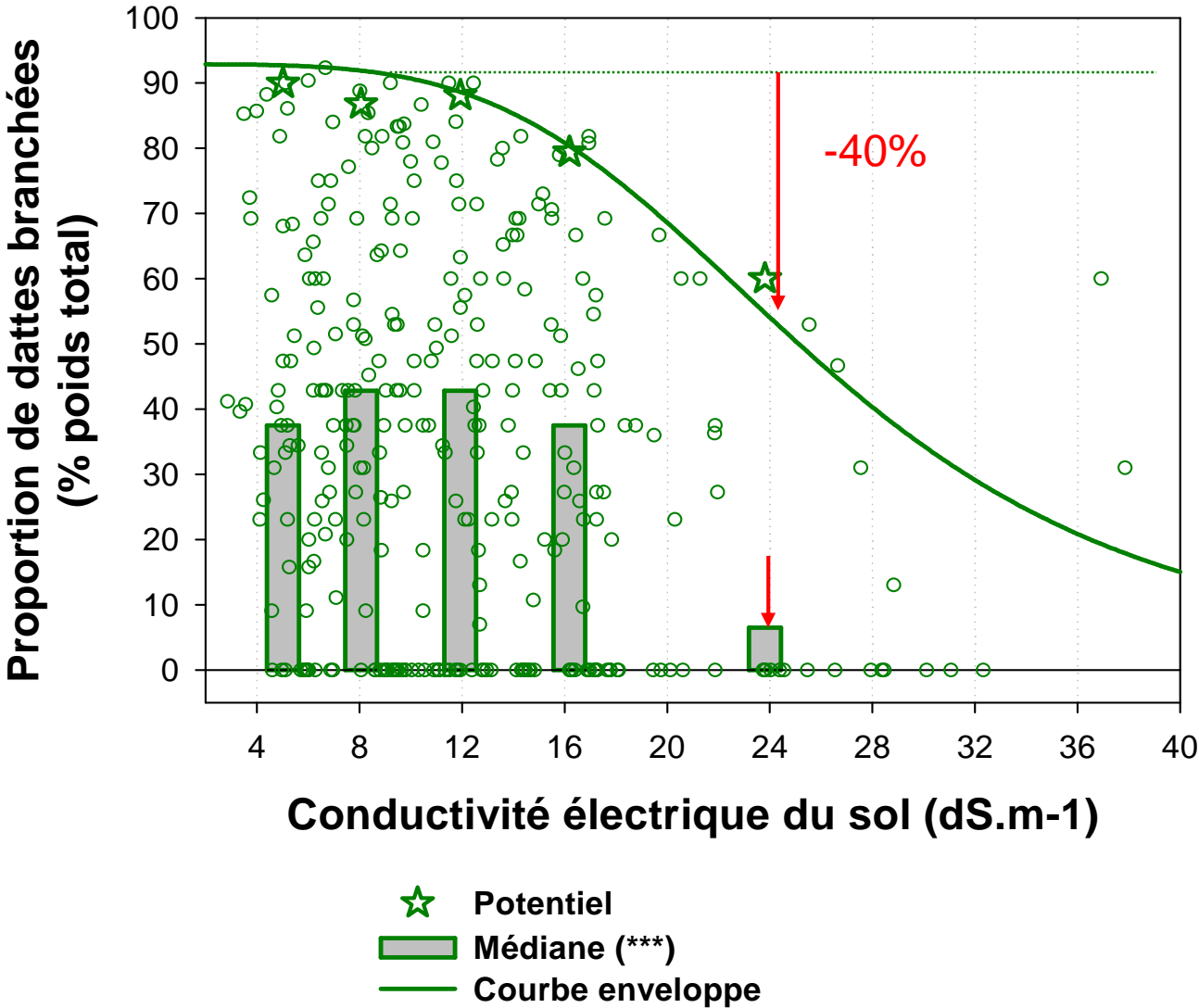




# Déterminants des performances qualitatives des pieds DN

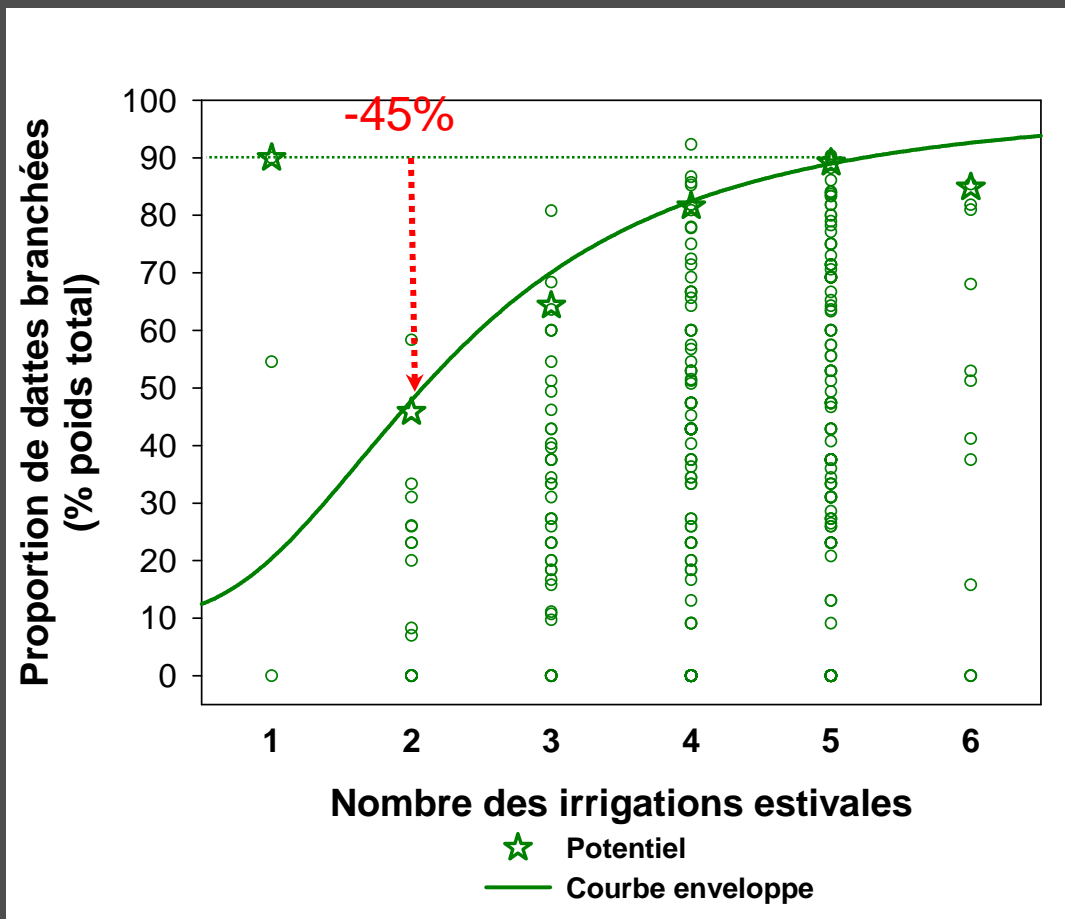


# Influence de la salinité du sol sur la qualité des dattes

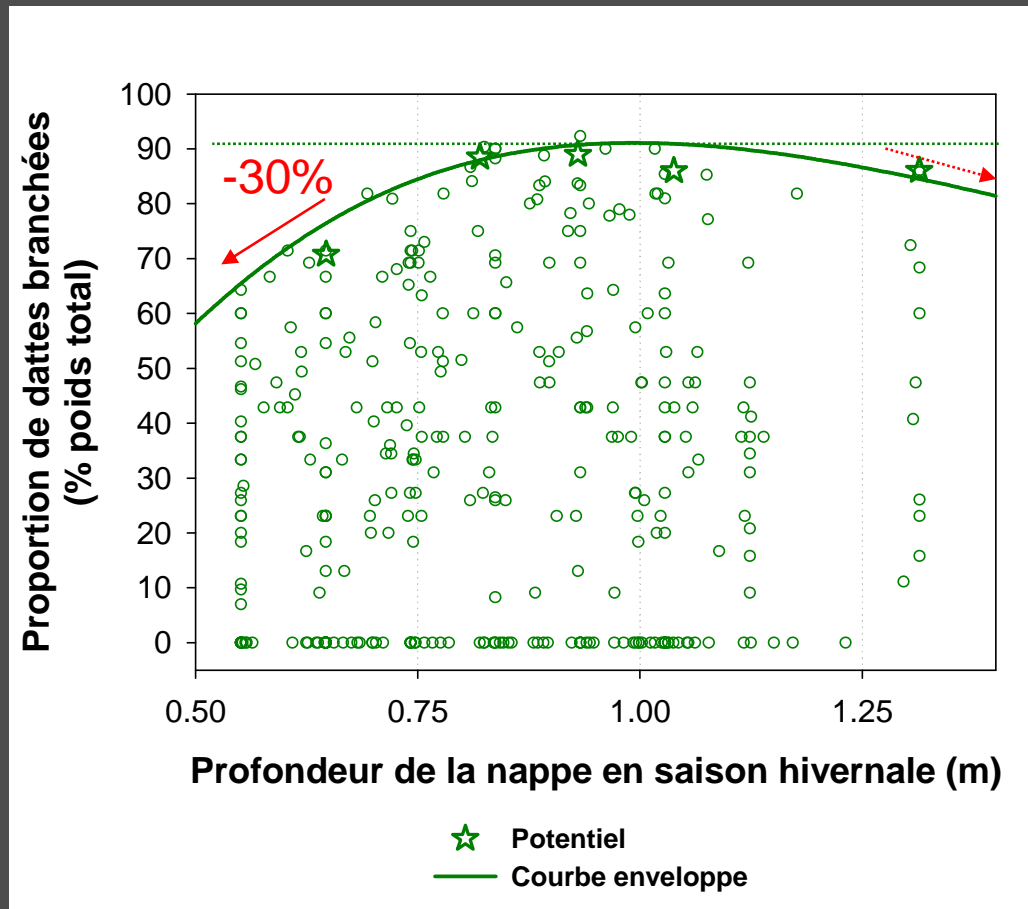


# Influence de la fréquence des irrigations estivales sur la qualité des dattes

Nombre des irrigations estivales	n	Qualité Médiane (%)
<b>1 ou 2 ou 3</b>	<b>70</b>	<b>23.1<sup>a</sup></b>
<b>4</b>	<b>115</b>	<b>42.8<sup>b</sup></b>
<b>5 ou 6</b>	<b>152</b>	<b>42.9<sup>b</sup></b>



# Influence de la profondeur de la nappe sur la qualité des dattes



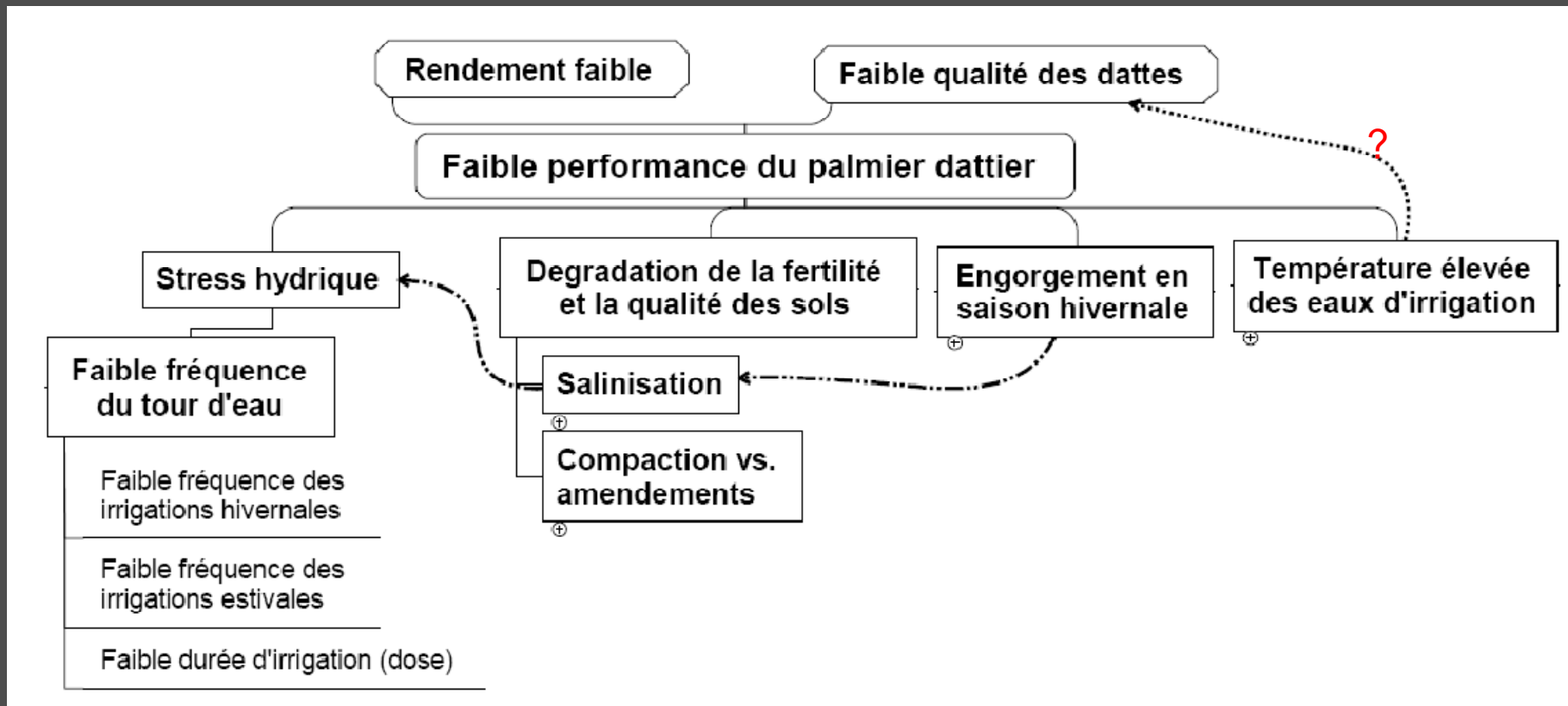
Rôle de la nappe dans  
l'atténuation du déficit hydrique

Les agriculteurs irriguent moins fréquemment en hiver comme en été là où la nappe est très superficielle.

... contre la pratique de lessivage déclarée par les agriculteurs « les eaux vivantes chassent les eaux mortes »



# Validation/Invalidation des hypothèses



Par rapport à la performance quantitative des pieds DN, la qualité des dattes est plus sensible à la durée d'irrigation, la fréquence des irrigations estivales, et la profondeur de la nappe

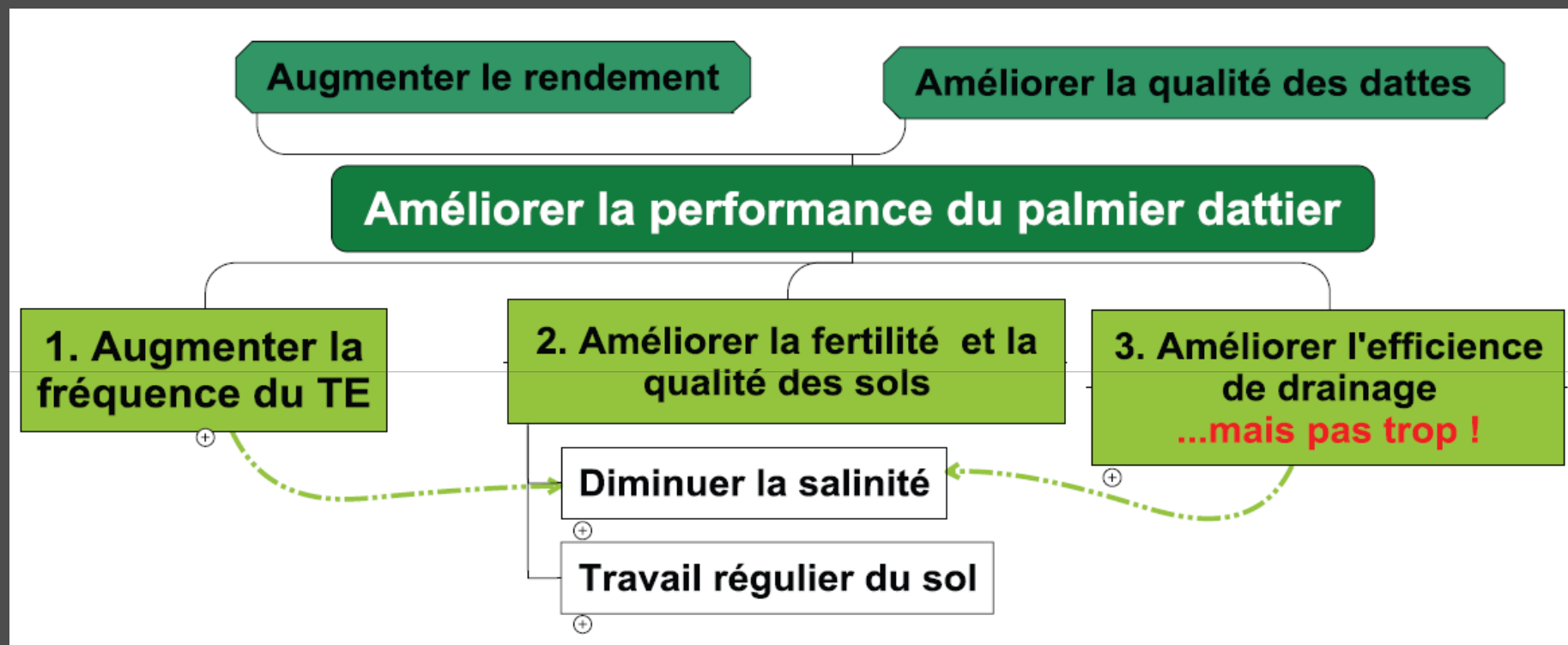
Alors que la fréquence des irrigations hivernales influence plus les performances quantitatives des pieds DN.

La salinité du sol et la fréquence des amendement affectent de la même intensité la performance quantitative et la performance qualitative des pieds DN.

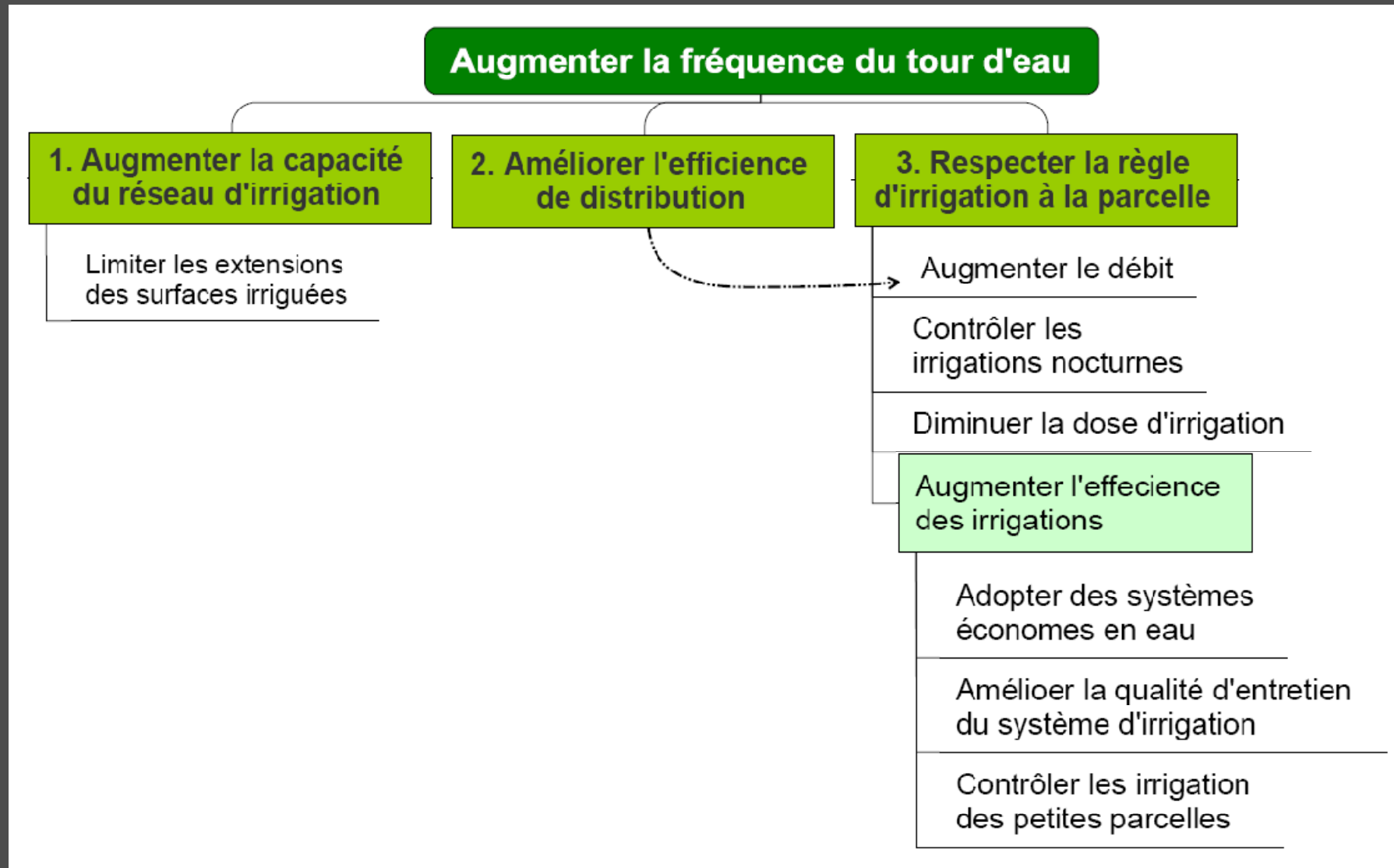
# Plan de la présentation

1. Contexte & Problématique
2. Analyse-diagnostic du fonctionnement & Représentation du système
3. Analyse-diagnostic des performances collectives et individuelles de l'irrigation
4. Analyse-diagnostic des performances agronomiques du palmier dattier
- 5. Recommandations**
6. Conclusions

# Recommandations pour améliorer les performances quantitatives et qualitatives du palmier dattier



# Recommandations pour augmenter la fréquence du tour d'eau



# Plan de la présentation

1. Contexte & Problématique
2. Analyse-diagnostic du fonctionnement & Représentation du système
3. Analyse-diagnostic des performances collectives et individuelles de l'irrigation
4. Analyse-diagnostic des performances agronomiques du palmier dattier
5. Recommandations
- 6. Conclusions**



# Conclusion (1)

## La démarche méthodologique mise en place a permis de :

- Appréhender la complexité du fonctionnement de l'oasis.
- Mobiliser les connaissances de différentes disciplines pour valider les hypothèses sur les faibles performances et leurs déterminants effectifs.
- Proposer des pistes d'amélioration & Contribuer à éclairer la situation d'une activité d'une grande importance socio-économique à l'échelle régionale et nationale.

**Les résultats restent discutables** : confrontation avec d'autres oasis et intégration de plusieurs années d'observation pour étudier l'effet des pratiques des années précédentes et l'effet des conditions climatiques.

L'oasis de Fatnassa est assez représentative de la situation locale : surexploitation de ressources fossiles et dégradation de leur qualité, drainage, dynamique d'extension, disparité entre les agriculteurs,...

## Conclusion (2)

L'intervention externe a visé l'amélioration des performances dans un système qui fonctionnait selon ses propres règles (droits d'eau ancestraux)

... mais elle a fragilisé la gestion collective : les extensions continues et la disparité entre les agriculteurs remettent en question la durabilité de l'oasis.

... elle n'a pas mis en avant les pratiques et les comportements des agriculteurs dans un système où les ressources et l'infrastructure sont partagées.

L'avenir de la région du Nefzaoua repose sur une gestion collective des ressources en eaux et en sol plus efficace

... une base de données relationnelle pourrait constituer une amorce de suivi dans les oasis

... des supports opérationnels pourraient être utilisés comme outils de dialogue avec les acteurs locaux pour améliorer la productivité des ressources utilisées (arbres à problèmes, arbres à objectifs, et cartes).

# Conclusion (3)

## Plus généralement, pour améliorer la gestion des systèmes collectifs

- ❖ Identifier les facteurs de dysfonctionnements et les déterminants effectifs (gestion collective vs. comportements individuels) des faibles performances, 'une analyse critique qualitative' du discours et des pratiques des agriculteurs peut être suffisante.
- ❖ Entreprendre des plans d'action, une 'évaluation quantitative' s'impose en prenant en compte les spécificités locales et le contexte social et historique pour en adapter les changements techniques projetés.



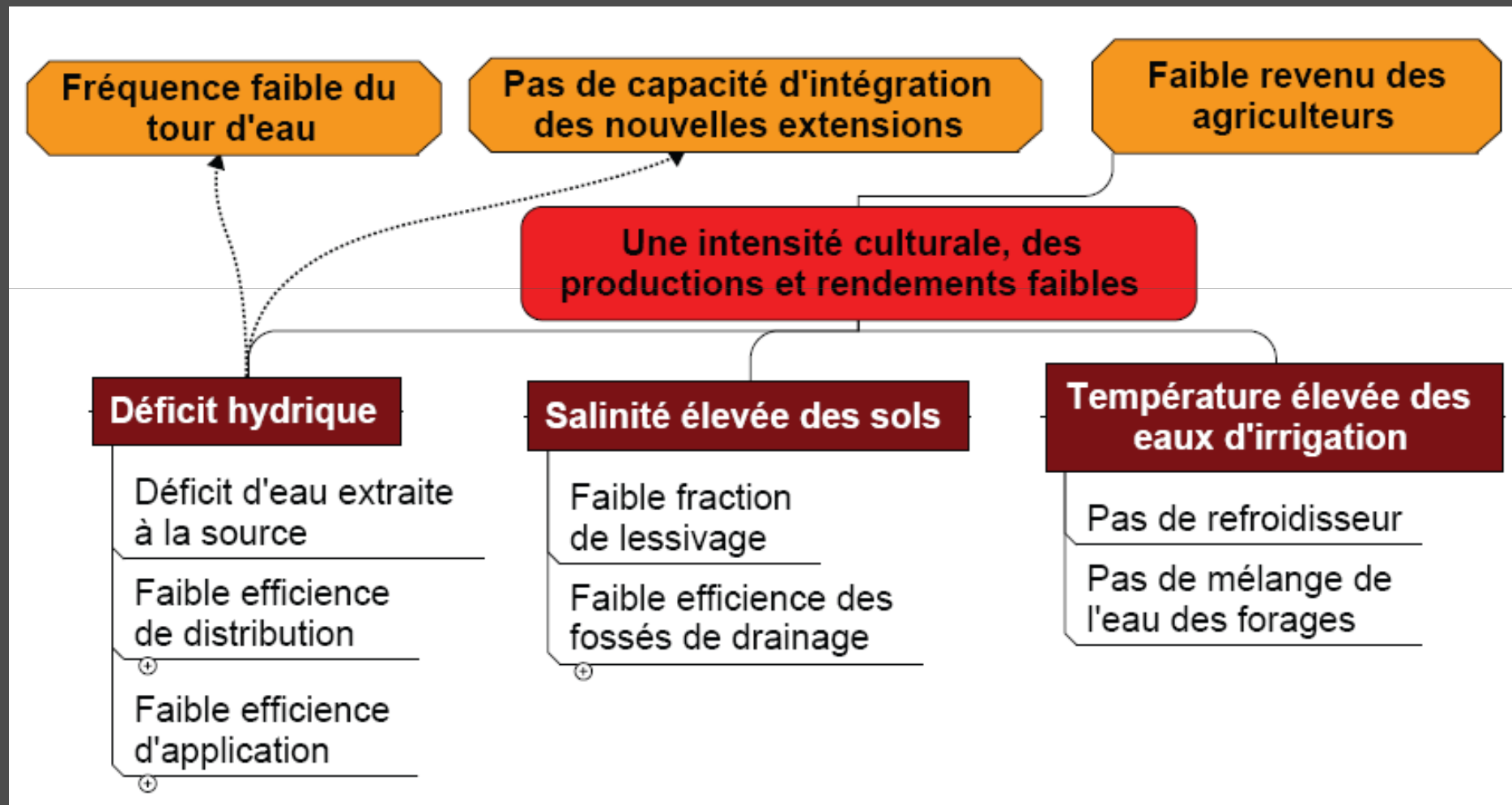
*Merci de Votre Attention*



# Diagnostic des ingénieurs

## Programmes de modernisation des oasis :

Rapports de faisabilité (84, 89, 99) & Rapport d'évaluation (05)

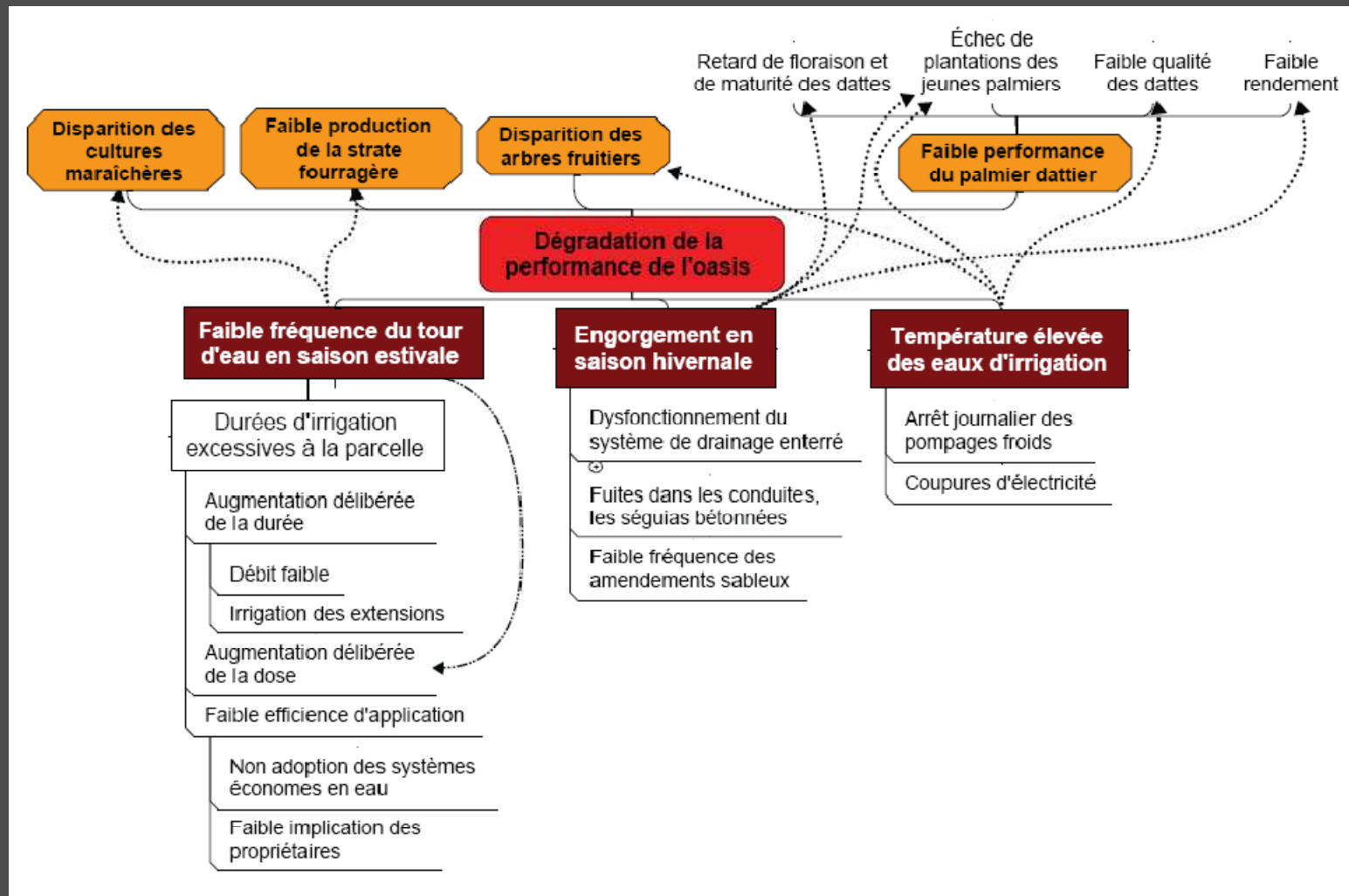




# Perception & Discours des agriculteurs

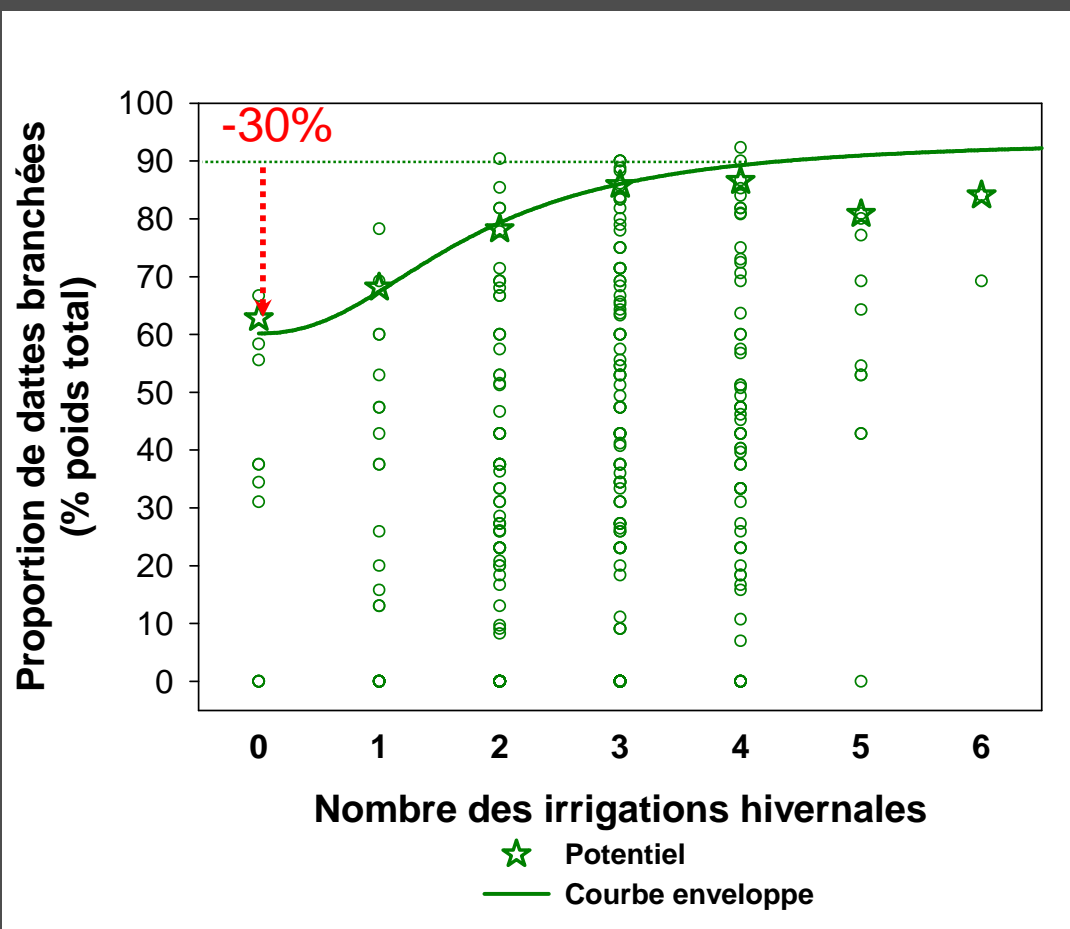
Entretiens semi-directifs (après la réhabilitation des réseaux d'irrigation et de drainage, 07)

Choix des agriculteurs : taille de l'exploitation, secteur d'appartenance à l'oasis



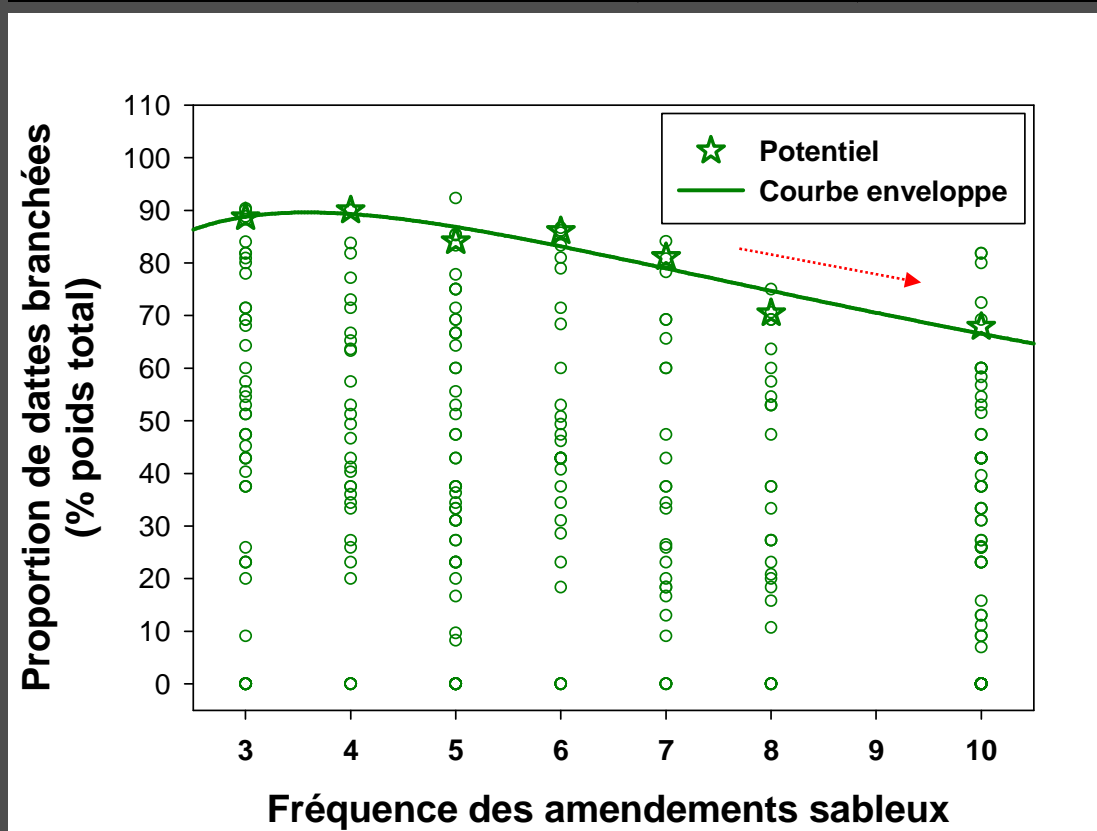
# Influence de la fréquence des irrigations hivernales sur la qualité des dattes

Nombre des irrigations hivernales	n	Qualité Médiane (%)
<b>0 ou 1 ou 2</b>	<b>135</b>	<b>28.6<sup>a</sup></b>
<b>3</b>	<b>123</b>	<b>37.5<sup>b</sup></b>
<b>4 ou 5</b>	<b>79</b>	<b>45.2<sup>b</sup></b>



# Influence de la fréquence de travail du sol sur la qualité des dattes

Fréquence des amendements	n	Qualité Médian (%)
		***
Importants en quantité et fréquents	23	51.2 <sup>a</sup>
3 à 5 ans	127	42.9 <sup>a</sup>
≥ 6 ans	162	33.3 <sup>a</sup>
Pas d'amendements	25	0 <sup>b</sup>



« une fréquence élevée de travail du sol abime les racines du palmier et ainsi l'affaiblit »