

**Conférence électronique sur la salinisation:**  
***Extension de la salinisation***  
**et**  
***Stratégies de prévention et réhabilitation***

**- Du 6 Février au 6 Mars 2006 -**

**Organisée et coordonnée par:**

**IPTRID**

(Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage)

**Herbergée par:**

**FAO**

(Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

**Modérée par:**

**Le projet CISEAU:**

(Centre d'Information Sur l'Eau Agricole et ses Usages)

**Enregistrez-vous dès à présent sur :**  
**<http://www.dgroups.org/groups/fao/salinization-conf/>**



# Document Introductif

## Salinisation induite par l'irrigation

L'ensemble de l'information présentée dans ce papier provient du site <http://www.ciseau.org>. Le site Internet de CISEAU constitue la matière principale de cette conférence électronique. De nombreux liens inclus dans ce document, renvoient à des pages Internet plus détaillées.

Tous vos commentaires seront les bienvenus. Veuillez les envoyer directement à [ciseau@fao.org](mailto:ciseau@fao.org) ou à travers la conférence électronique.

### 1 Préambule

Le développement des technologies agricoles et une meilleure appréciation de la connaissance existante mais sous-utilisée, de gestion de ressources, seront les points cruciaux pour satisfaire les besoins écologiques et les demandes alimentaires prévues de la population croissante. Un défi important pour les prochaines décennies réside dans le fait que les environnements de production sont instables et dégradés. À moins que les politiques et les approches changent, de nombreux pays ne pourront pas réaliser une agriculture durable dans l'avenir proche.

La **salinisation**<sup>1</sup> a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Les causes techniques les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides, ou de désastre sur de grandes surfaces en agriculture pluviale, sont l'engorgement, la salinisation et la **sodication**. Il est estimé, à partir de diverses données disponibles que :

**Le monde perd au moins 3 ha de terres arables  
chaque minute à cause de la salinité du sol.**

Bien que de nombreux pays utilisent les terres salinisées en raison de leur proximité aux ressources en eau et de l'absence d'autres contraintes environnementales, il y a un besoin clair d'une base scientifique solide afin d'optimiser leur utilisation, de déterminer leur potentiel, productivité et durabilité pour cultiver diverses cultures, et d'identifier les pratiques de gestion intégrées appropriées.

La gestion des terres salinisées exige une combinaison de pratiques agronomiques spécifiques dépendant d'une définition précise des conditions basées sur une étude préalable détaillée et complète des caractéristiques du sol, de la qualité de l'eau et des conditions locales, incluant le climat, les cultures, l'environnement économique, social, politique et culturel, et les systèmes de cultures existants. Le contrôle de la salinité peut généralement se réaliser de diverses façons, particulièrement en agriculture irriguée. Cependant, plusieurs pratiques peuvent être combinées au sein d'un système intégré qui fonctionne de manière satisfaisante (Mashali, Suarez, Nabhan & Rabindra, 2005).

Crédit Photo: FAO, J. Benites.

---

<sup>1</sup> Les mots en gras sont définis dans le glossaire inclut en fin de document.

## 2 Introduction

### 2.1 Qu'est ce que la salinisation?



La **salinisation** est un processus d'enrichissement d'un sol en **sels solubles** qui aboutit à la formation d'un **sol salin**.

La salinisation peut aussi être définie comme un processus d'accumulation des sels solubles (USDA en ligne).

### 2.2. En quoi est-ce que la salinisation est un problème?



La salinisation entraîne:

- Un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes;
- Une toxicité de certains ions pour les végétaux (Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, etc.);
- Une dégradation du sol (modifications de l'état structural, diminution de la conductivité hydraulique, etc.).

### 2.3. Est-ce un problème grave aujourd'hui?

#### Globalement:

Le monde perd en moyenne 10 hectares de terres cultivables par minute dont 3 ha (plus de 1,5 Mha par ha) à cause de la salinisation (Kovda, 1983). Aujourd'hui, on estime à près de 400 Mha les terres affectées par la salinisation (Bot, Nachtergaele & Young, 2000).

#### En Afrique:

Près de 40 Mha sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale.

#### Au Proche-Orient:

Près de 92 Mha sont affectés par la salinisation, soit environ 5% de la surface totale.

<u>Région</u>	<u>Pays</u>	<u>Surface totale (Mha)</u>	<u>Surface cultivée (Mha)</u>	<u>Surface salinisée (Mha)</u>	<u>Surface salinisée (%)</u>
<u>Afrique</u>	Ghana	22.8	4.5	0.8	3.5
	Kenya	56.9	4.5	8.2	14.4
	Nigeria	91.1	32.9	5.6	6.1
	Tanzanie	88.4	4.0	2.0	2.3
<u>Proche-Orient</u>	Égypte	99.5	3.3	9.1	9.1
	Iran	162.2	19.4	27.4	19.9
	Syrie	18.4	5.2	0.5	2.7
	Tunisie	15.5	4.9	1.8	11.6

Tableau 1 – Surface totale et surface totale cultivée (FAOSTAT, 1997) et étendue des problèmes de salinisation toutes origines confondues primaire et secondaire, dans des pays du réseau de la FAO sur « la gestion intégrée des sols pour un usage durable des sols salins » (Mashali, Suarez, Nabhan & Rabindra, 2005).

## 2.4. Quelles sont les causes de la salinisation des terres?

- 80% des terres salinisées ont une origine naturelle.

On parle alors de salinisation “primaire”, due aux sels se formant lors de l’altération des roches ou à des apports naturels externes.

- 20% des terres salinisées, soit près de 15 Mha sur le continent Africain, ont une origine « anthropique ».

On parle alors de **salinisation “secondaire”**, induite par l’activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l’**irrigation**.

## 3 La salinisation causée par l’irrigation

### 3.1 En quoi l’irrigation participe-t-elle à la salinisation des sols?

L’**irrigation** diminue les flux d’eau sans diminuer les flux de sels, elle génère donc un processus de concentration des sels.



L’**irrigation** altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d’eau supplémentaire ; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d’eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s’avérer considérable. L’eau pure est perdue par évaporation mais les sels restent et s’accumulent. Dans les régions arides, l’effet est d’autant plus marqué : les eaux de surface et les eaux

souterraines sont relativement riches en sels (parce que l’eau s’est infiltrée dans des sols qui contiennent généralement des minéraux facilement altérables) et le climat sec crée une demande évaporative élevée ce qui se traduit par la nécessité de grandes quantités d’eau pour l’irrigation des cultures. Un agriculteur en région semi-aride peut avoir à appliquer jusqu’à 90 cm d’eau pour répondre aux besoins en eau des cultures annuelles. Même si l’eau d’irrigation est relativement pauvre en sels, cela entraîne le dépôt d’au moins 6 tonnes/ha (2,4 tonnes/acres) de sels sur le sol par an.

Si l’eau d’irrigation appliquée contient des quantités relativement significatives d’ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) par rapport aux quantités présentes d’ions magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) et d’ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), et en particulier si l’ion bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) est aussi présent ; les ions sodium peuvent alors saturer la majeure partie des sites d’échanges colloïdaux, ce qui est à l’origine de la formation de sols sodiques. C’est un type de sol extrêmement peu fertile.



### 3.2 Quelle est l’ampleur des problèmes de salinisation des terres irriguées ?

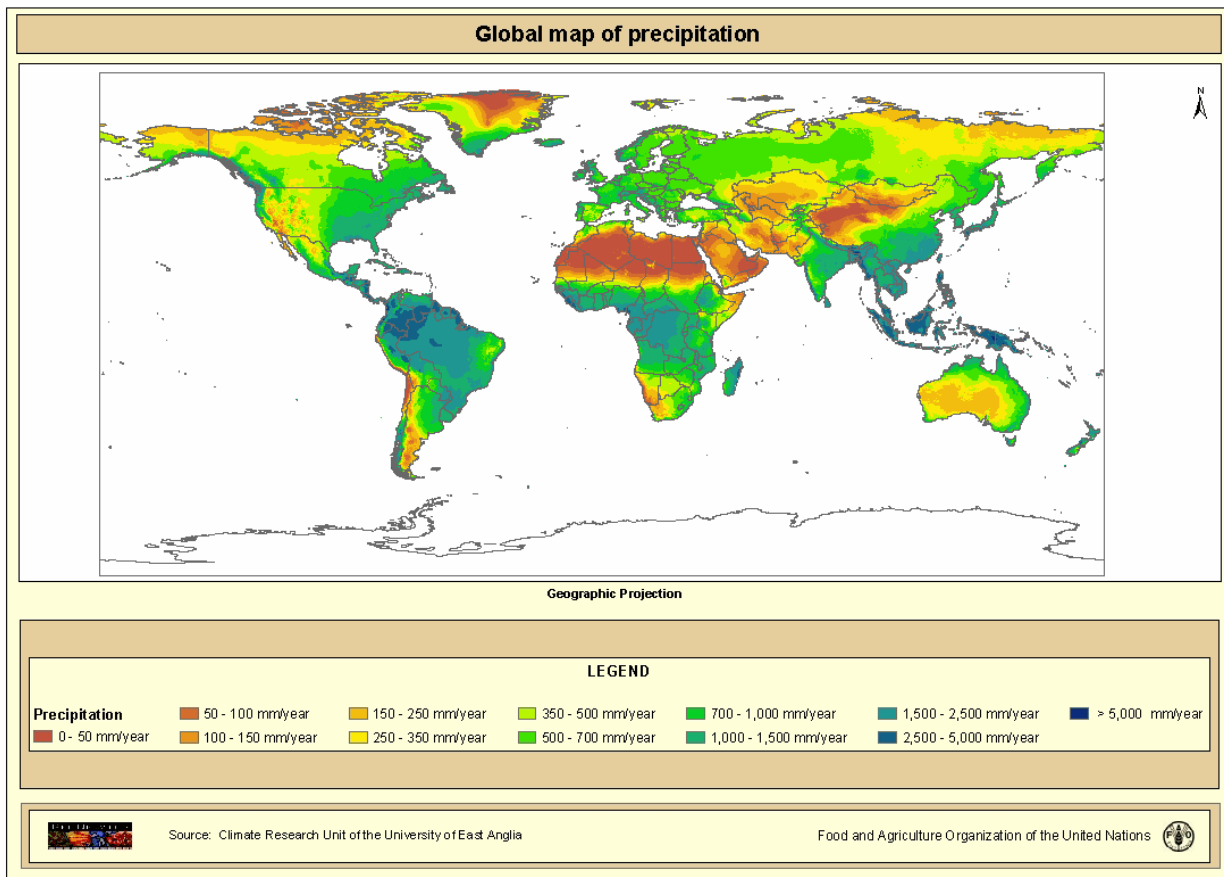
Les terres irriguées salinisées représentent environ 10% de la salinisation due à des actions humaines (qui correspondent à 20% des terres salinisées), Près de 50% des terres irriguées salinisées se trouvent dans la zone aride.

Pendant les trente dernières années, les pays à faible revenu dans les régions sèches du monde ont considérablement développé l’irrigation de façon à pouvoir produire l’alimentation nécessaire pour répondre aux besoins d’une population croissante. En conséquence, le pourcentage des terres arables irriguées a considérablement augmenté pendant cette période.

**Au Pakistan, plus de 25% des surfaces irriguées sont salinisées.**

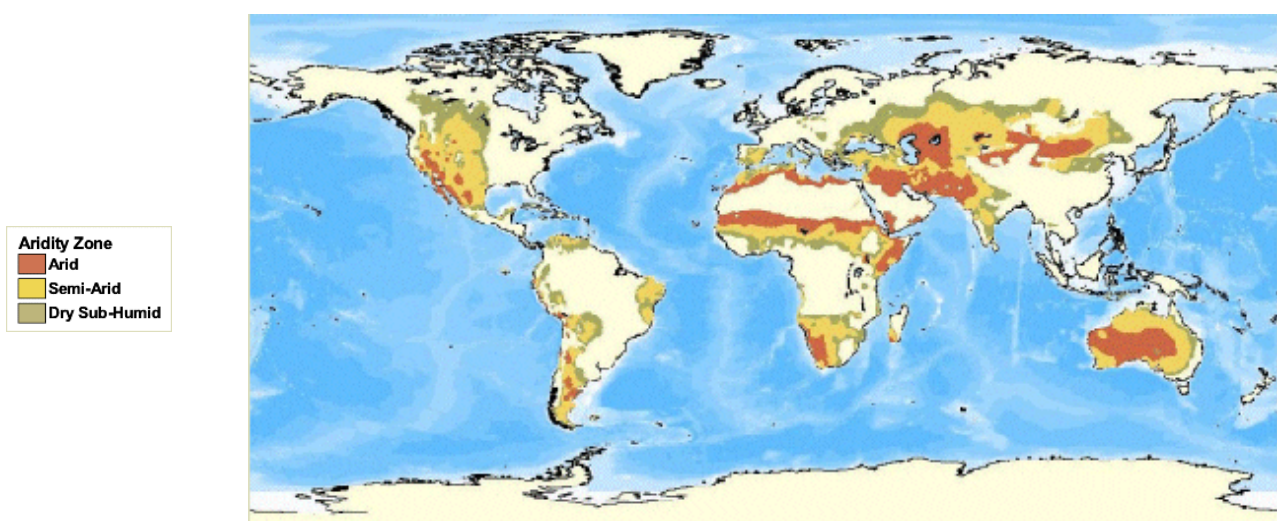
**En Tunisie 25%, aux USA 23%, en Inde près de 17%.**

**En China, près de 15% et en Afrique du Sud près de 9%.**



*Figure 1 – La carte mondiale des précipitations*

Initialement, l'extension des zones irriguées a considérablement stimulé la production vivrière. Malheureusement, beaucoup de projets d'irrigation n'ont pas été associés à la mise en place de systèmes de **drainage** adaptés, ce qui a entraîné une salinisation accélérée des sols avec une accumulation des sels à des niveaux affectant négativement la production agricole. Dans certaines zones, des sols sodiques se sont formés.



*Figure 2 – La carte mondiale des terres arides*

Source: UNEP/GRID 1991 dans WRI

Aujourd'hui, 10% à 15% des surfaces irriguées (45 Mha) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation. 0,5% à 1% des surfaces irriguées sont perdues chaque année. Près de la moitié de toutes les surfaces irriguées sont menacées à long terme!

<u>Région</u>	<u>Pays</u>	<u>Surface irriguée (Mha)</u>	<u>Surface irriguée salinisée (Mha)</u>	<u>Surface salinisée (Mha)</u>	<u>Surface salinisée par l'action de l'Homme - secondaire (Mha)</u>
<u>Afrique</u>	Ghana	0.01	0.004	0.3	0.3
	Kenya	0.1	0.03	0.4	0.4
	Nigeria	0.3	0.1	0.5	0.6
	Tanzanie	0.2	0.05	0.5	0.5
<u>Proche-Orient</u>	Égypte	3.3	0.9	0	0.9
	Iran	7.3	2.1	0.5	2.7
	Syrie	1.1	0.4	0.1	0.5
	Tunisie	0.4	0.1	0.3	0.4

Table 2 – Étendue des problèmes de salinité dans des pays du réseau de la FAO sur «la gestion intégrée des sols pour un usage durable des sols salins » liés à l'irrigation (Mashali, Suarez, Nabhan & Rabindra, 2005).

### **3.3 Combien ça coûte?**

Les pertes financières occasionnées par la salinisation des terres irriguées s'élève à environ 250 dollars/ha, soit environ 11 milliards de dollars de pertes totales.

Par exemple, le développement de la production de coton dans la mer d'Aral et une gestion inadaptée de l'irrigation a entraîné une salinisation extrême des sols... On estime à environ 20% les pertes de rendement de la production de coton, ce qui correspond à plus de US\$200 Millions par an. Les sols salinisés affectent aussi les productions vivrières, avec des conséquences dramatiques pour les populations rurales: selon la Banque mondiale, près de US\$2 Milliards (environ 5% du PNB d'Asie Centrale) sont perdus à cause de la salinité des sols (Mashali, Suarez, Nabhan & Rabindra, 2005).

### **3.4 Comment traiter le problème de la salinisation liée à l'irrigation ?**

#### **3.4.1 La "prévention": le drainage des terres irriguées.**

Le drainage permet d'éviter la concentration des sels qui diminueraient les potentialités productives de terres irriguées mais génère des effluents qu'il faut gérer. Les externalités associées à la salinisation ne sont pas immédiates : en général, il faut au moins une décennie pour qu'elles se manifestent (baisse des rendements, etc.).

#### **3.4.2 La "guérison": la réhabilitation des terres salinisées.**

La réhabilitation des terres salinisées est coûteuse : elle peut représenter de 65% à 100% des coûts d'investissement. Elle est parfois impossible techniquement.



## 4 Origines de la salinisation, solutions préventives et curatives possibles

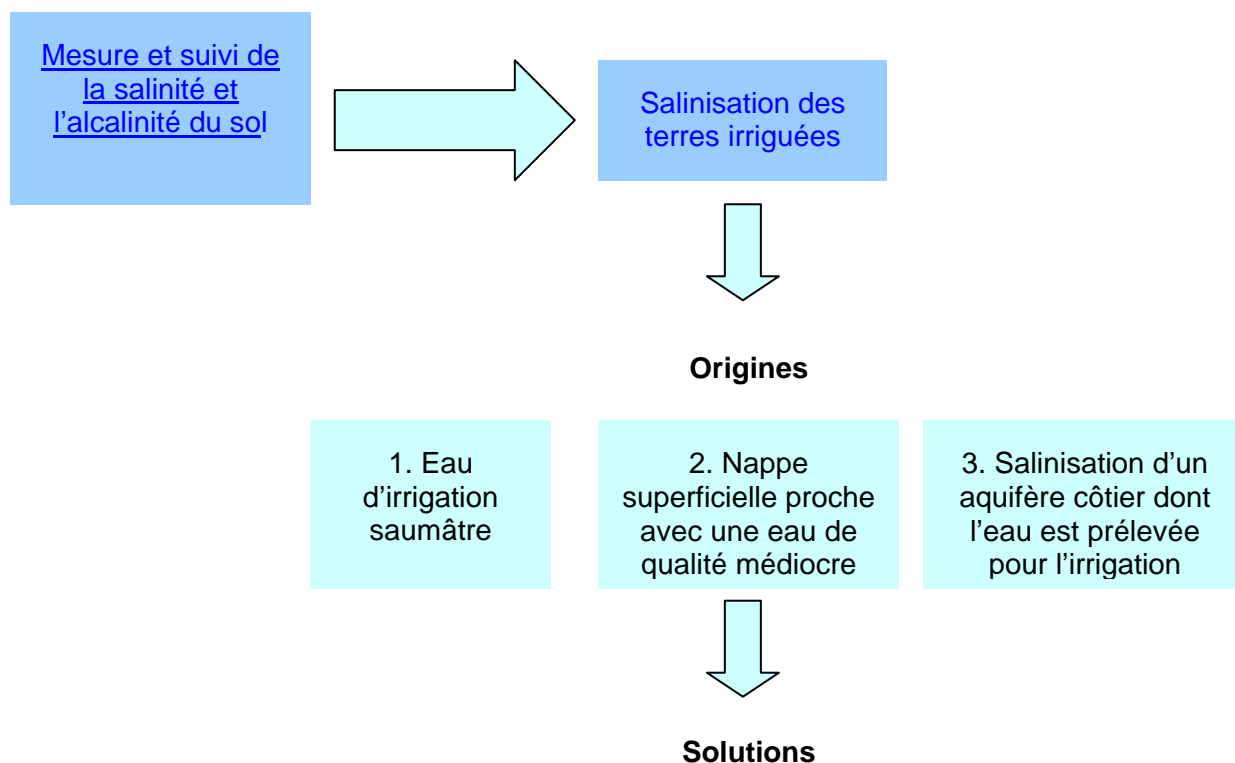


Figure 3 – Origines de la salinisation

### 4.1 Lorsque l'eau d'irrigation utilisée est saumâtre

Ce sont les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation qui sont à l'origine de la salinisation des sols.

#### Quelles solutions préventives: est-il possible d'éviter que l'eau devienne saumâtre?

A la recherche des causes de la salinité de l'eau d'irrigation ... La concentration en sel élevée de l'eau d'irrigation peut être le résultat d'actions de l'homme en amont des surfaces irriguées, telles que la déforestation par exemple.

#### Quelles solutions curatives: comment faire face à une eau d'irrigation saumâtre?

- Augmentation de la fréquence des irrigations, accroissement de l'apport d'eau aux plantes en considérant les besoins de lessivage et/ou association de différentes sources d'eau ;
- Réhabilitation par modification des pratiques culturales;
- Drainage de surface;
- Drainage artificiel souterrain vertical;
- Drainage artificiel souterrain horizontal.

## **4.2 Lorsque la nappe superficielle est proche, avec une eau de qualité médiocre**

### **4.2.1 Description du problème:**

- L'agriculture irriguée modifie d'un côté l'équilibre en eau créé par la pluie et le débit des fleuves et de l'autre le niveau des nappes souterraines, l'évapotranspiration et la transpiration de l'autre.
- L'agriculture irriguée entraîne un apport d'eau supplémentaire aux nappes souterraines superficielles.
- Les besoins en lessivage qui supposent un apport d'eau supérieur aux besoins des plantes, mais également une mauvaise gestion du transport et de l'application de l'eau (pertes) entraînent une remontée des nappes vers la surface du sol.
- La présence de la nappe phréatique réduit la profondeur jusqu'à laquelle les sels sont lessivés.
- La demande évapotranspiratoire peut être directement prélevée directement de la nappe; l'eau chargée des sels lessivés est alors entraînée dans un mouvement ascendant appelé remontée capillaire. Au cours de cette ascension, l'eau est progressivement évapotranspirée ce qui concentre la solution du sol. C'est le processus d'évapoconcentration. Ce phénomène, non seulement annule le lessivage, mais entraîne à nouveau les sels dans la partie supérieure du sol, la plus sensible pour la croissance des plantes.
- Les nappes phréatiques des périmètres irrigués sont souvent riches en sels. D'une part, elles recueillent les eaux lessivant les sels et, d'autre part, lors de leur remontée, elles peuvent remobiliser des sels des couches profondes, précipités en surface lors du processus d'évapotranspiration.

### **4.2.2 Quelles solutions curatives?**

- abaissement du niveau de la nappe:
  - [par la surélévation des terres](#);
  - [un système de drainage artificiel souterrain horizontal](#);
- [réhabilitation par modification des pratiques culturales](#): jachère et travail du sol, utilisation de plantes résistantes à la salure ;
- [biodrainage](#).

## **4.3 Lorsque l'on est en présence d'un aquifère côtier dont l'eau est prélevée pour l'irrigation**

### **4.3.1 Description du problème:**

Des pompages excessifs d'eau douce dans les nappes phréatiques côtières peuvent entraîner des dépressions, comblées par les eaux de mer voisines. L'eau de mer pénètre par le sous-sol par effet de contraste de densité entre l'eau douce continentale et l'eau salée (l'eau de mer contient en moyenne 30 grammes de sel par litre, et est donc plus dense et plus lourde que l'eau douce). Ce phénomène est connu sous le nom d'intrusion de biseau salé. Cette intrusion, au delà d'une position naturelle de faible pénétration, est quasi systématiquement la conséquence d'une *surexploitation de l'aquifère*.

### **4.3.2 Quelles solutions?**

- [Limitations des prélèvements](#) dans la nappe ;
- Recharge de la nappe (exemple: ville d'Agadir).



## Glossaire

### **Atténuation (mitigation en anglais):**

Atténuation des effets (FAO Terminology).

### **Bio-drainage :**

Le bio-drainage utilise le pouvoir évapotranspiratif de la végétation, en particulier des arbres pour conserver en profondeur le niveau des nappes (FAO en ligne).

### **Drainage :**

Suppression naturelle ou artificielle des excès d'eau souterraine et de surface et des sels dissous dans les terres afin d'améliorer la production agricole. Dans le cas du drainage naturel, l'excès d'eau s'évacue des champs jusqu'aux lacs, marécages, fleuves et rivières. Dans un système artificiel, l'excès d'eau souterraine ou de surface est éliminé par des canalisations souterraines ou de surface.

Ici l'accent est mis sur le drainage des terres agricoles mais il existe deux autres types importants de systèmes de drainage: le drainage urbain et le drainage routier.

Le drainage a pour objectif: 1) d'évacuer l'excès d'eau de pluie par les drains de surface qui recueillent essentiellement l'écoulement de surface. 2) de contrôler la profondeur de la nappe et de lessiver les sels dans la rhizosphère; 3) de transporter l'eau récupérée dans les drains secondaires jusqu'au collecteur; 4) de transporter l'eau des collecteurs jusqu'à l'exutoire du système ou au site d'évacuation (FAO en ligne).

### **Drainage dans les superficies irriguées :**

Superficie irriguée où le drainage est un instrument permettant de contrôler la salinité, la rétention d'eau et l'engorgement (FAO en ligne).

### **Drainage de surface :**

Le détournement ou retrait ordonné de l'excès d'eau de la surface des terres grâce à des fossés naturels ou construits, compléter si nécessaire par le modelage et l'inclinaison des terres vers ces fosses (FAO en ligne).

### **Drainage par drains de surface :**

Système de dispositifs de drainage, tels des canaux ou des drains modelés, destiné à écarter l'excès d'eau de surface d'une terre agricole pour empêcher l'engorgement (FAO en ligne).

### **Drainage par drains souterrains :**

Système artificiel qui permet d'écouler l'excès d'eau et de sels par le sol jusqu'à des puits, des drains-taupes, des tuyaux de drainage et/ou des fossés collecteurs d'où il peut être évacué (FAO en ligne).

### **Drainage vertical :**

Contrôle des niveaux des nappes souterraines par des puits tubulaires verticaux à pompes (FAO en ligne).

### **Eau de drainage de l'agriculture :**

Il s'agit de l'eau prélevée pour l'agriculture mais qui n'est ni consommée, ni recyclée. Elle ne subit pas de traitement particulier et se distingue ainsi des eaux usées réutilisées. Elle peut représenter une importante ressource en eau pour le pays (FAO en ligne).

**Horizontal drainage :**

Pour contrôler les niveaux des nappes par des drains enterrés souterrains (système clos) ou des drains ouverts (FAO en ligne).

**Irrigation :**

Application artificielle d'eau au sol, localisée dans le temps et l'espace. Elle permet de satisfaire les besoins en eau d'une culture à un moment précis de son cycle végétatif, ou d'amener le sol au niveau d'humidité désiré en dehors du cycle végétatif. L'irrigation d'une parcelle peut comporter un ou plusieurs arrosages par saison. On peut généralement distinguer deux types de systèmes de distribution d'eau pour l'irrigation au niveau de la parcelle, ceux qui humidifient plus ou moins uniformément tout le sol de la parcelle, et ceux qui n'en humidifient qu'une partie.

Les systèmes d'irrigation peuvent être complètement ou partiellement équipés ou encore gérés de manière «traditionnelle». L'équipement peut être destiné à une irrigation permanente ou supplémentaire (FAO en ligne).

**Mise en valeur de terres incultes (reclamation en anglais) :**

Terme général pour désigner la mise en valeur de terres incultes ou insalubres, l'amélioration du sol, le gain de terrain sur la mer, les travaux d'assainissement et de drainage, d'assèchement et d'irrigation (FAO Terminology).

**Reconstruction:**

Terme générique applicable à la restauration, réhabilitation ou la mise en valeur (Allen, 1988).

**Rehabilitation:**

- 1) Rendre la terre de nouveau utile par l'apport de nouvelles terres et espèces (NRC, 1974).
- 2) Tout acte d'amélioration d'un état dégradé (Wali, 1992) (Bradshaw, 1997).
- 3) Réparation des fonctions d'un écosystème endommagé avec l'objectif premier d'accroître la productivité de l'écosystème pour le bénéfice de la population locale (Aronson, Floret, Le Floc'h, Ovalle & Pontanier, 1993).
- 4) Retour d'un écosystème endommagé ou dégradé à un écosystème pleinement fonctionnel, sans égard à son état initial ou final désiré (Aronson, Floret, Le Floc'h, Ovalle & Pontanier, 1993)

**Réhabilitation des paysages :**

Relocalisation partielle ou totale de caractéristiques fonctionnelles ou structurelles qui ont été éliminées ou réduites et substitution de caractéristiques alternatives à celles présentes à l'origine en faisant l'hypothèse qu'elles ont une valeur sociale, économique et écologique supérieure à celles qui étaient présentes dans l'état perturbé ou déplacé (Cairns, 1988).

**Réparation écologique :**

Terme générique pour l'amélioration des conditions écologiques sur les terres sauvages endommagées en mettant l'accent sur les processus de réparation primaires qui recherchent des objectifs de gestion basés sur la capacité de développement des écosystèmes pour une autoréparation et une auto-maintenance.

**Restauration:**

- 1) Retour à des conditions identiques à celles présentes avant la perturbation (NRC, 1974).
- 2) Transformation intentionnelle d'un site afin d'établir un écosystème indigène et historique préalablement défini qui émule la structure, les fonctions, la diversité et les dynamiques du précédent écosystème (Society for Ecological Restoration in 1990).

3) Le processus de re-implantation autant que possible de la structure, de la fonction et de l'intégrité des écosystèmes indigènes et des habitats durables qu'ils fournissent (Society for Ecological Restoration in 1993).

4) Le processus de réparation de dommages causés par l'Homme sur la diversité et les dynamiques des écosystèmes indigènes (Society for Ecological Restoration in 1994).

5) Return of damaged or degraded ecosystem to its presumed or relatively original indigenous state (Brown & Lugo, 1994).

7) *Sensu lato*: efforts qui tendent à enrayer la dégradation et à rediriger un écosystème perturbé dans une trajectoire équivalente à celle qui était supposée exister avant le démarrage des perturbations (Aronson, Floret, Le Floc'h, Ovalle & Pontanier, 1993).

### **Restauration bio-culturelle :**

Restauration (conservation biologique) qui explicitement prends en compte les besoins et les désirs de la population locale. Un accord explicite et public sur les objectifs de la gestion est impérative (Janzen, 1988).

### **Restauration des paysages :**

La réintroduction et la réimplantation de communautés, tels que des groupes indigènes, sur des sites qui peuvent raisonnablement laisser penser qu'elles seront durables, avec une végétation résultante qui démontre des caractéristiques dynamiques et esthétiques des communautés naturelles sur lesquelles elles sont basées (Morrison, 1987).

### **Restauration naturelle assistée :**

Technique de restauration qui utilise une gestion minimale des apports pour stimuler ou diriger une succession écologique (largement référencée).

### **Salinisation:**

La salinisation est le processus par lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol (USDA en ligne).

### **Salinisation secondaire:**

1) C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par l'approvisionnement en eau pour l'irrigation et qui aboutit à la formation d'un sol salin. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire ; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable. Les échanges de cations entre le sol et l'eau d'irrigation sont le début de la salinisation du sol (CISEAU en ligne).

2) L'accumulation de sels solubles à la surface ou en dessous de la surface des conditions du sol à des concentrations qui ont des effets négatifs sur la croissance des plantes et/ou sur les sols. Ceci se produit du fait de l'évaporation qui abandonne sur le sol les sels dissous dans l'eau. La salinisation peut aussi être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline.

### **Sodication ou Alcalinisation:**

Sodication, ou alcalinisation comme ce processus était appelé auparavant, est l'augmentation de la proportion de sodium existant dans les sols jusqu'à la saturation en sodium du complexe d'échange résultant en sols sodiques. Le processus de sodication peut causer la dispersion de l'argile et une instabilité structurelle, inhiber la circulation de l'eau dans les sols, et mener à une prédisposition accrue d'érosion du sol. Les sols sodiques peuvent donc limiter la croissance des plantes du fait des concentrations toxiques de Na (Environment Protection Authorities, Australia) (World Bank en ligne) & (FAO "Choyer la terre" en ligne).

## Bibliographie

- Allen, K. (1988). *The hold life has*. Washington DC: Smithsonian Institution Press.
- Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C. & Pontanier, R.. (1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semiarid lands. I. A view from the south. *Restoration Ecology*, 1, 8-17.
- Bot, A., Nachtergaele, F. & Young, A. (2000). Land resource potential and constraints at regional and country levels. World Soil Resources Report N° 90. Rome: FAO of UN.
- Bradshaw, A. D. (1997). What do we mean by restoration? *Restoration Ecology and Sustainable Development*, ed. K. M. Urbanska, N. R. Webb & P. J. Edwards, 8-14. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brown, S. & Lugo, A. E. (1994). Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restoration Ecology*, 2, 97-111.
- Cairns, J., Jr. (1988). Restoration ecology: the new frontier. *Rehabilitating Damaged Ecosystems*, 1-12. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- CISEAU en ligne. The CISEAU web site is a global innovative initiative promoting experience sharing and knowledge networking for a sustainable development of irrigation in developing countries Available en ligne at: <http://www.ciseau.org/index.jsp>
- FAO en ligne. The 'Glossary of Land and Water terms' of the FAO of UN is a useful resource centre for terminology related to water and soil issues. Available en ligne at: <http://www.fao.org/landandwater/glossary/lwglos.jsp>
- FAOTERM en ligne. The 'FAOTERM' database is developed by the FAO of UN in order to standardize and harmonize the vast quantity of terms used in FAO documents and publications. Available en ligne at: <http://www.fao.org/faoterm/index.asp?lang=EN>
- Greenland, D.J. (1996). *Choyez la Terre: Aménagement des Sols pour une Agriculture Durable et la Protection de l'Environnement sous les Tropiques*. Rome: FAO. Available en ligne at: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/003/V4830F/V4830F00.HTM](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/V4830F/V4830F00.HTM)
- Janzen, D.H. (1988). Tropical ecological and **biocultural restoration**. *Science*, 239, 243-244.
- Kovda, V.A. (1983) Loss of productive land due to salinization. *Ambio*, 12, 91-93.
- Mashali, A., Suarez, D.L Nabhan H. & Rabindra R. (2005). *Integrated management for sustainable use of salt-affected soils*. Rome: FAO Soils Bulletin, now printing.
- NRC. (1974). *Rehabilitation potential of western coal lands*, Cambridge Massachusetts: U.S. National Research Council, Ballinger Publishing Company.
- SER. (1994). Project policies of the Society for Ecological Restoration. *Restoration Ecology*, 2, 132-133.
- USDA en ligne. The United States Department of Agriculture website provides suitable global information about agricultural issues. Available en ligne at: <http://www.usad.gov>
- Wali, M. K. (1992). Ecology of the rehabilitation process. *Ecosystem Rehabilitation, I: Policy Issues*, 3-23. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishers.