

Drainage Agricole



PREMIÈRE PARTIE : LE DRAINAGE AGRICOLE ET L'EXCÈS D'EAU

I. LE RÉSEAU DE DRAINAGE ET SES COMPOSANTES

1.Drainage Agricole

englobe diverses techniques qui assurent l'élimination des eaux excédentaires du sol, ce qui permet de le cultiver et d'obtenir une production suffisante et de qualité

Le drainage comporte 3 phases:

- captage ou collecte des eaux excédentaires (drainage à la parcelle)
- acheminement par un réseau de collecteurs ou de fossés
- restitution au réseau hydro-graphique naturel (exutoire)

2. Causes de l'excès d'eau dans le sol

3 causes essentielles

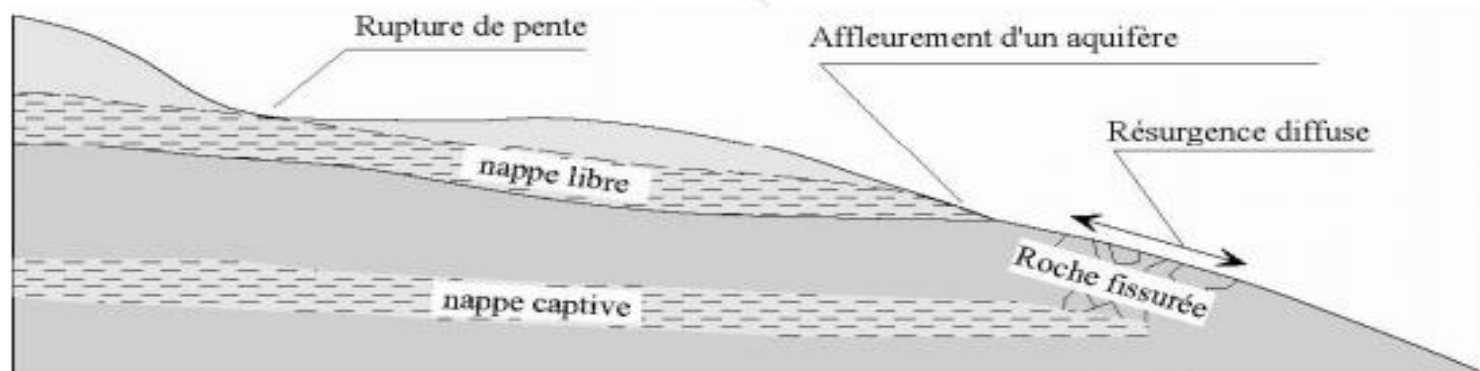
1. Apports externes et/ou parasites d'eau

- apports de l'extérieur de la zone
- apports en provenance d'un cours d'eau
- apports internes parasites ("mouillères")

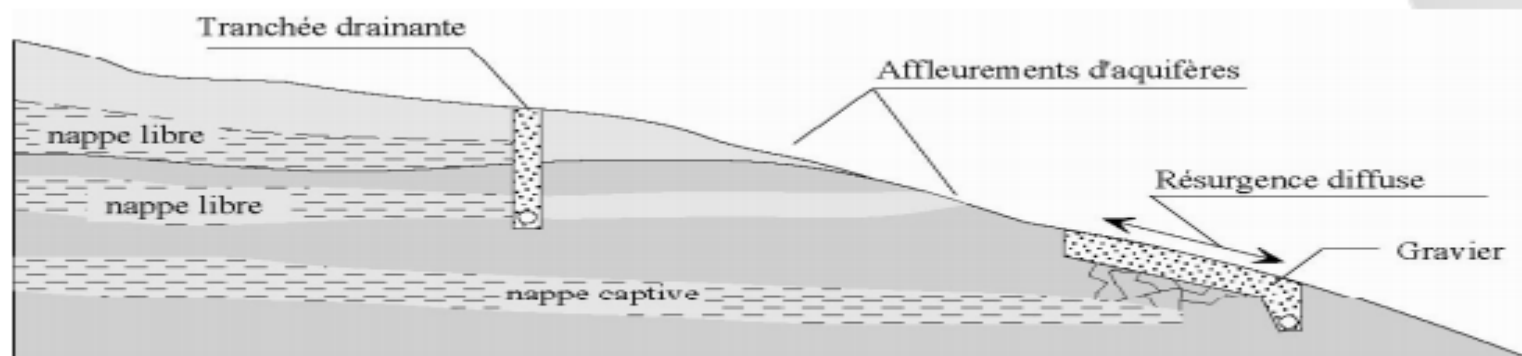
2. Présence prolongée d'une nappe peu profonde

3. Stagnation temporaire des eaux de précipitation

- défaut d'infiltrabilité
- défaut de drainage interne



Causes de formation de "mouillères"



Exemples d'assainissement de "mouillères"

3. Principales méthodes de drainage

1.Drainage de surface

2.Drainage de subsurface

a.par fossés à ciel ouvert

b. par drains enterrés

- classique
- techniques associées (drainage taupe)

Autres techniques d'abaissement de la nappe

- drainage par puits
- biodrainage

3.1.Drainage par fossés

Inconvénients:

- perte de surface cultivable
- difficulté d'accès
- entretien onéreux
- maladies hydriques



Envisageable dans certains cas:

- drainage de surface et souterrain simultanés
- risques élevés de colmatage chimique
- raisons financières
- sols tourbeux

3.2.Drainage par drains enterrés

- installation dans le sol de drains: tuyaux perforés de 4 à 10 cm de diamètre.
- les drains se jettent dans un réseau de collecteurs qui évacuent l'eau vers un émissaire (rivière, lac, etc.).
- en cas de pente insuffisante pour évacuer les eaux par gravité, les eaux sont relevées par une station de pompage



- aux points névralgiques (jonctions entre collecteurs, changements de direction et de pente, etc.), on place des chambres de visite

Chambre de Visite: regards en ciment servant au contrôle, à l'aération et au rinçage des conduites et collecteurs

3.2.1. Ecartement des drains

Sols argileux, compacts	10 à 15 m
Sols limoneux, terre franche ordinaire	15 à 20 m
Sols sableux	20 à 35 m
Sols tourbeux	30 à 50 m

3.2.3. Colmatage

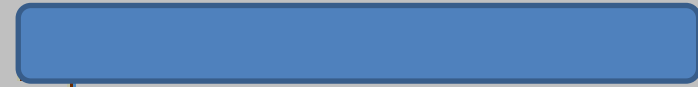
Le colmatage correspond à l'obturation des trous des drains, en raison du dépôt de matière sur la surface. Il peut s'agir d'un colmatage minéral (du à des particules fines du sol), d'un colmatage physico-chimique ou bien d'un colmatage racinaire.

Avantages

Inconvénients

Faible entretien

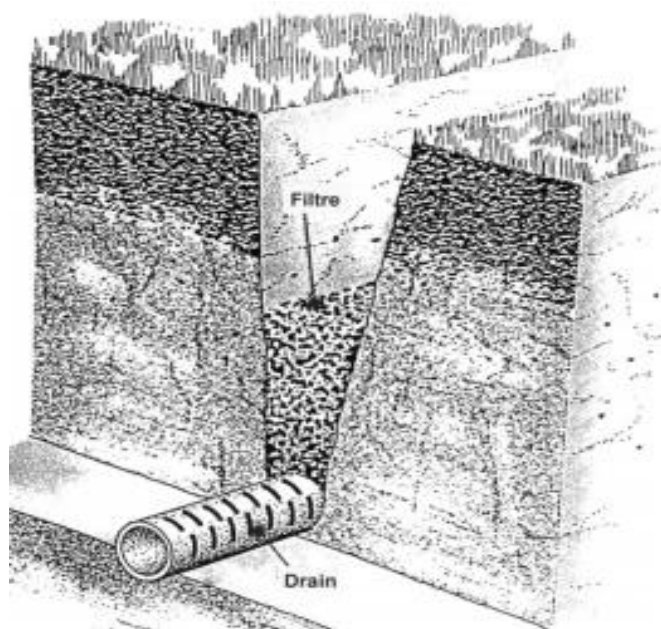
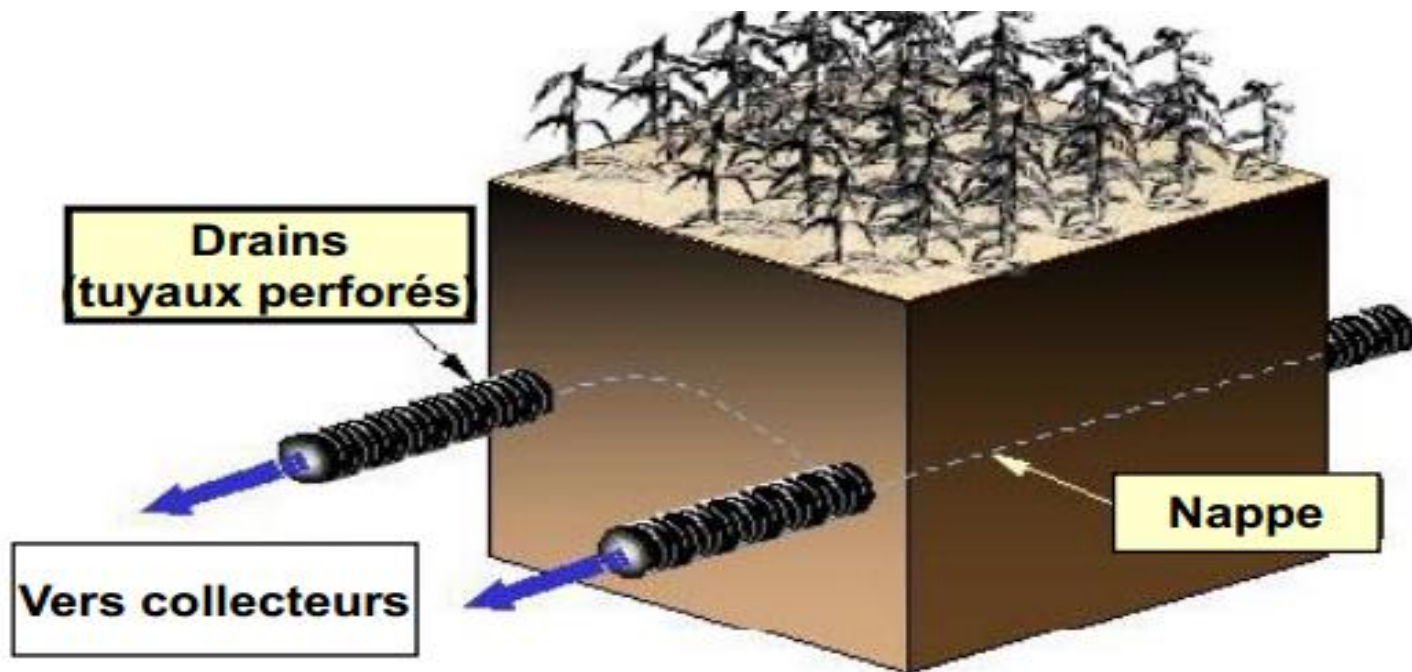
Pas de gêne en surface



Risque de colmatage

Assez difficile d'accès pour l'entretien

Cher malgré le faible coût relatif du PVC



3.3. Drainage - taupe

Associe un réseau de drains conventionnel à grand écartement (30 à 60 m et plus) surmontés d'un remblai poreux, à un réseau dense de galeries taupes.

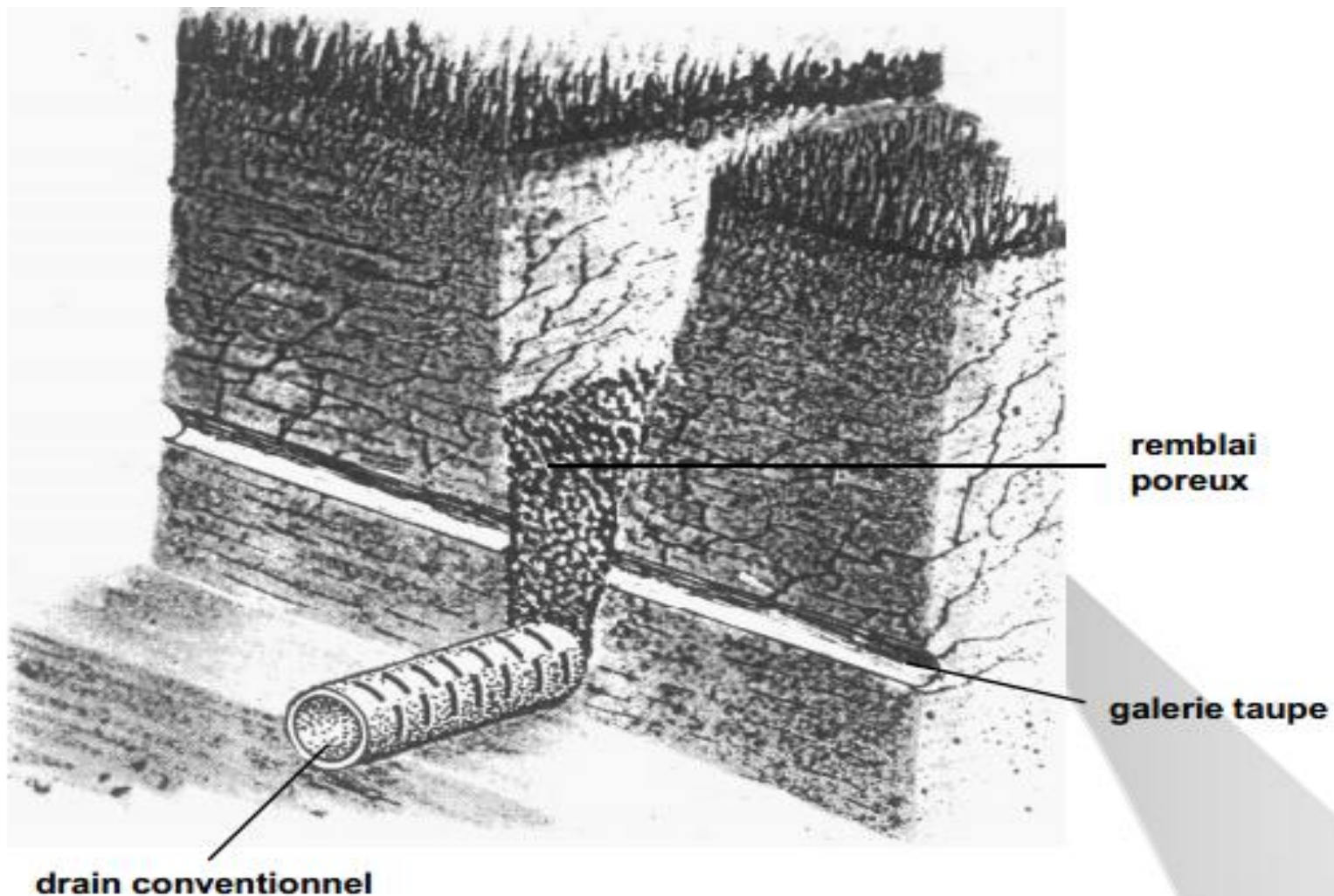


Schéma de principe du drainage taupe

3.4. Drainage par puits

Consiste à provoquer un abaissement de la nappe par pompage dans un réseau de puits régulièrement distribués dans l'espace.

Méthode utilisée principalement lorsque la nappe doit être abaissée fortement, en particulier pour prévenir une salinisation du sol par remontées capillaires (salinisation capillaire).

3.5.Bio drainage et bio-élimination des eaux d'infiltration

Plantation de rangées d'arbres (eucalyptus, acacias, etc.) ou d'autres plantes halophytes autour des champs agricoles afin d'éliminer l'eau excédentaire du sol et d'abaisser le niveau de la nappe.

Avantages:

- faible investissement supportable par les bénéficiaires
- pas de recours à des installations et matériels externes
- procédé naturel, facile à associer à une approche de développement rural intégré

Inconvénients:

- contrôle peu précis de la nappe
- peu actif dans l'élimination des sels accumulés dans la zone racinaire

II. ETUDE À RÉALISER POUR LA CONCEPTION D'UN RÉSEAU DE DRAINAGE

1.Évaluation des besoins en drainage

- ☐ Le diagnostic du système existant qui a pour but l'estimation du bilan hydrique et bilan des sels
- ☐ La prévision de l' évolution du système pour différents scénarios de drainage

2. Conception d'un réseau de drainage

1. Relevé topographique précis (1/1000)
2. Détermination des caractéristiques du sol
3. Conception du réseau
 - étude de l'environnement hydrologique
 - recherche du débit caractéristique de drainage
 - choix de la profondeur des drains et de la profondeur minimale de la nappe
 - Calcul de l'écartement des drains

2.1. Caractéristiques du sol

- ❑ conductivité hydraulique à saturation
- ❑ porosité de drainage
- ❑ granulométrie des différents horizons
- ❑ caractéristiques chimiques (pH, te-neur en Fer, etc.).

2.2. caractéristiques pluviométriques de la région:

☐ pluies longues et fréquentes durant la période critique (le sol n'a pas le temps de se ressuyer complètement entre deux épisodes pluvieux)
hypothèse du régime permanent.

☐ pluies intenses et de courte durée, relativement espacées dans le temps: approche en régime variable.

Le régime permanent existe lorsque la nappe est stable, le débit de drainage étant en équilibre avec la réalimentation de la nappe.

Le régime variable existe lorsque la nappe fluctue en fonction de son alimentation par les précipitations.

La conductivité hydraulique K se définit

$$K = k \frac{\rho_e g}{\eta_e}$$

K = conductivité hydraulique (m/s)

k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)

g = accélération gravitationnelle (m/s^2)

ρ_e = masse volumique de l'eau (kg/m^3)

η_e = viscosité dynamique de l'eau (Pa - s)

2.3. Durée admissible de submersion des cultures

Dépend:

- du moment de la submersion
- du type de végétal

Valeurs fréquemment retenues:

Cultures Maraîchères → 1 jour

Céréales → 3 jours

Prairies → 7 jours

2.4. PARAMÈTRES DES MODÈLES DE DRAINAGE

Ces paramètres se divisent en

-- limites physiques :

-- la profondeur des drains "d"

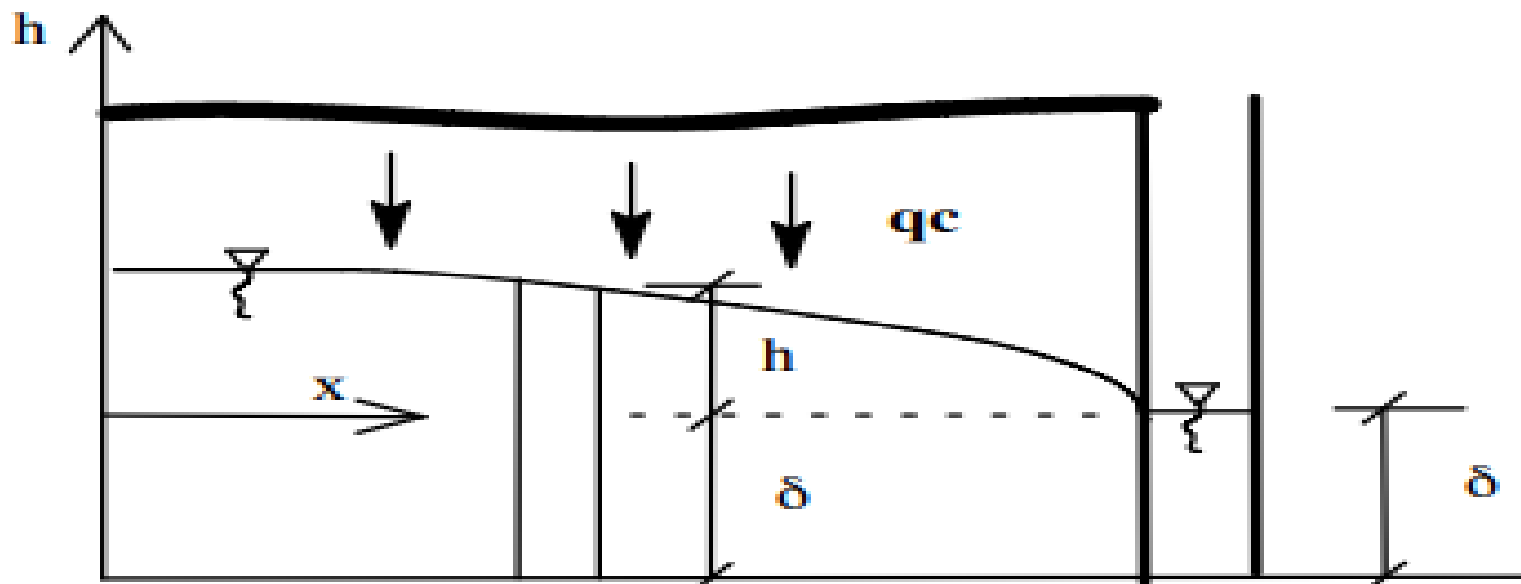
-- la profondeur de sol perméable sous les drains "Z"

-- l'écartement entre les drains "E"

-- le rayon du drain "r"

les caractéristiques hydrauliques :

- les hauteurs de la nappe au dessus des drains " h_0 et h_1 "
- le débit unitaire du drain " q "



2.4.1. LE MODÈLE EN RÉGIME VARIABLE (GUYON)

- la loi de Darcy est valide,
- le sol est homogène et isotrope,

$$q(h) = \frac{2 P E K (h^2(0, t) + 2 \delta h(0, t))}{N E^2 + 4 R (h(0, t) + \delta)^2}$$

$q(h)$ =débit unitaire en fonction de la hauteur de la nappe (m³/m--j)

$h(0,t)$ =hauteur de la nappe au dessus du niveau d'eau dans le fossé (ou le drain) au temps "t" et à la distance $x = 0$ de l'origine des axes (à mi chemin entre deux drains) (m)

$h_0 = h(0, t_0)$

$h_1 = h(0, t_1)$

K = conductivité hydraulique du sol (m/j)

E =écartement entre les lignes de drains (m)

δ =profondeur d'écoulement sous le niveau d'eau dans le fossé (ou le drain) (m)

N et P =coefficients adimensionnels dépendant de la forme de la nappe 1

Le coefficient adimensionnel R
dépendant de la répartition de la
vitesse verticale le long de l'entre-axe

$$R \approx \frac{1}{\frac{h_0 + \delta}{h_0} + 2}$$

$$E^2 = \frac{4}{N} \frac{K_2 \delta}{\mu} \frac{t_1}{\ln (h_0/h_1)}$$

Les valeurs de N et P en fonction de la forme de la nappe

Forme de la nappe	N	P
Sinusoïde	$4/\pi^2$ (0,40)	$2/\pi$ (0,64)
Parabole	0,42	0,67
Ellipse	0,45	0,78
Droite horizontale	0,50	1,00

2.4.2.LE RÉGIME PERMANENT

Modèle de Hooghoudt

L'écartement s'exprime :

$$E^2 = 4 \frac{K_x h^2}{q_c} + 8 \frac{K_x \delta h}{q_c}$$

Le débit unitaire (débit par mètre de drain) s'écrit :

$$q_i = q_c E$$

Dans le cas du régime permanent, le débit d'infiltration “ q_c ” (aussi appelé coefficient de drainage) est fixé pour une profondeur de la nappe de sorte que la zone des racines ne soit pas saturée.

Dans les sols irrigués où le débit d'alimentation de la nappe correspond au lessivage des sels, les coefficients de drainage varient de 2 à 6 mm/j pour des nappes à plus de 60 cm de profondeur.

2.5. Profondeur critique de la nappe

En général, les drains sont placés de telle sorte que, la nappe se trouve aux profondeurs minimales suivantes:

- 0.2 à 0.3 m pour les prairies
- 0.5 m pour les terres cultivées
 - 0.8 m pour les vergers

2.7. DIAMÈTRE DES DRAINS OU LEUR LONGUEUR

Le débit total d'un drain est

$$Q_t = 0,0116 q(h) L$$

Q_t = débit total (1/sec)

$q(h)$ = débit unitaire en fonction de la hauteur de la nappe (m³/m--j)

L = longueur de drain jusqu'au point considéré (m)

0,0116 = facteur de conversion de m³/j en l/sec

Tracé d'un réseau de drainage

Disposition spatiale des drains et collecteurs fonction de:

- ☐ topographie
- ☐ position de l'émissaire

Zones à drainer continues: systèmes réguliers à drains parallèles

- ❑ système transversal

- ❑ système oblique

Drainage de surface

Choix du mode de drainage de surface en fonction de la topographie

Pente du terrain	Aménagement
Inférieure à 0,3%	Planche à deux versants à pente faible et constante
Entre 0,3% et 1,0%	Planche à 1 versant perpendiculaire à la pente du terrain
Supérieure à 1,0%	Aplanissement, rigole d'interception et voie d'eau engazonnée

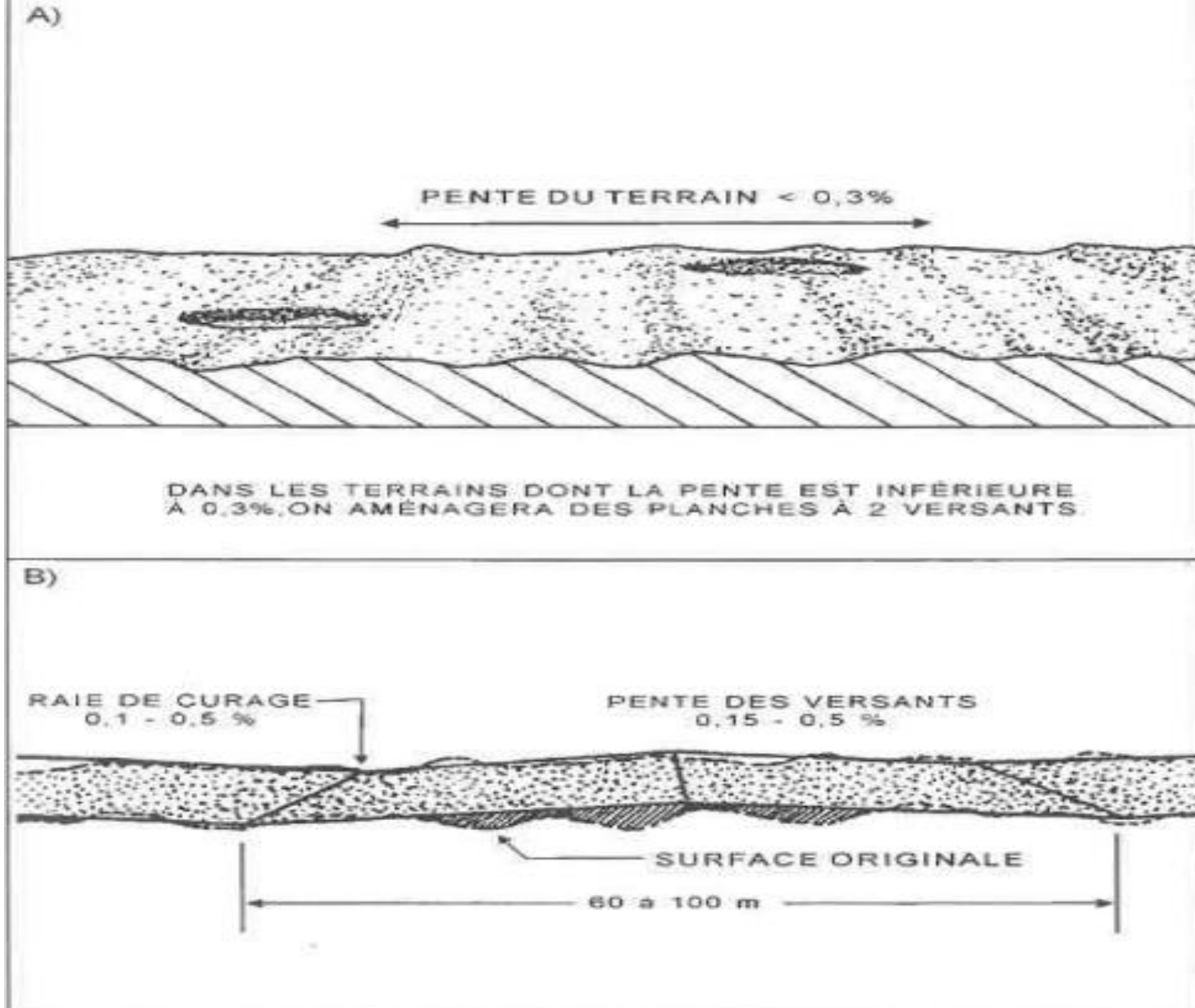
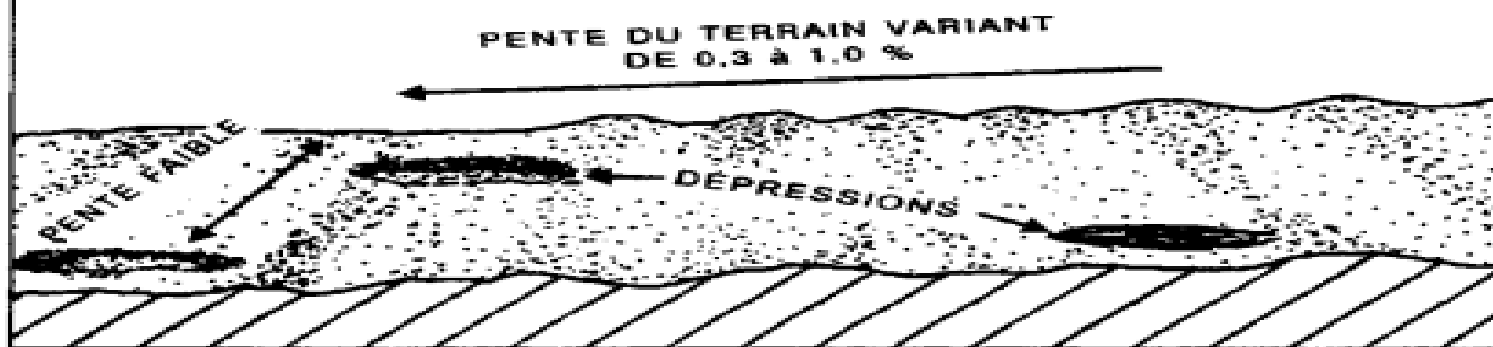


Figure 1 : Planche à 2 versants à pente faible et constante

A)



LORSQUE LA PENTE SE SITUE ENTRE 0,3% ET 1%
ON AMÉNAGERA DES PLANCHES À UN 1 VERSANT.

B)

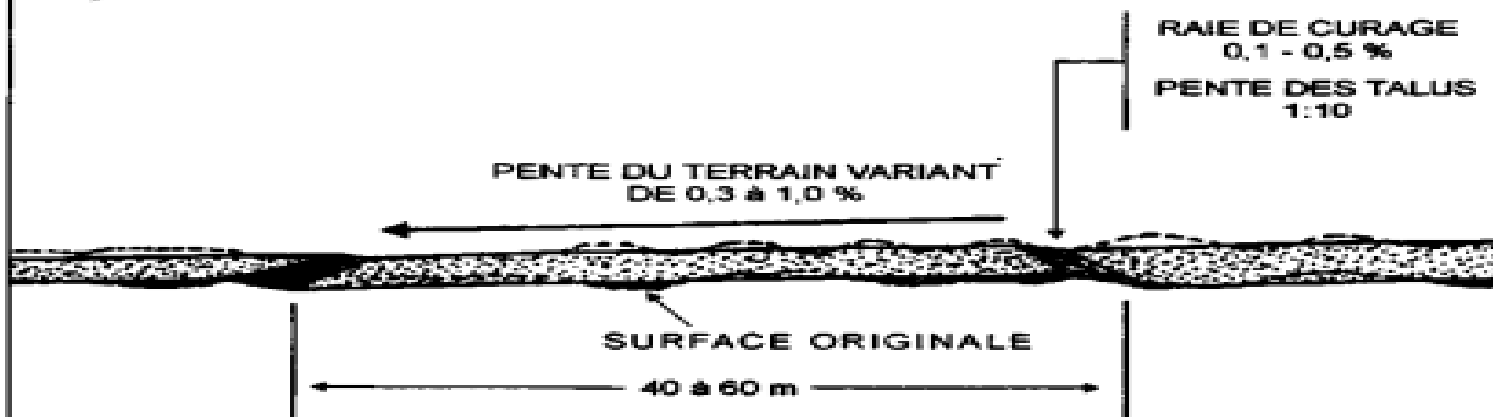


Figure 2: Aménagement de la planche à 1 versant selon la pente du terrain

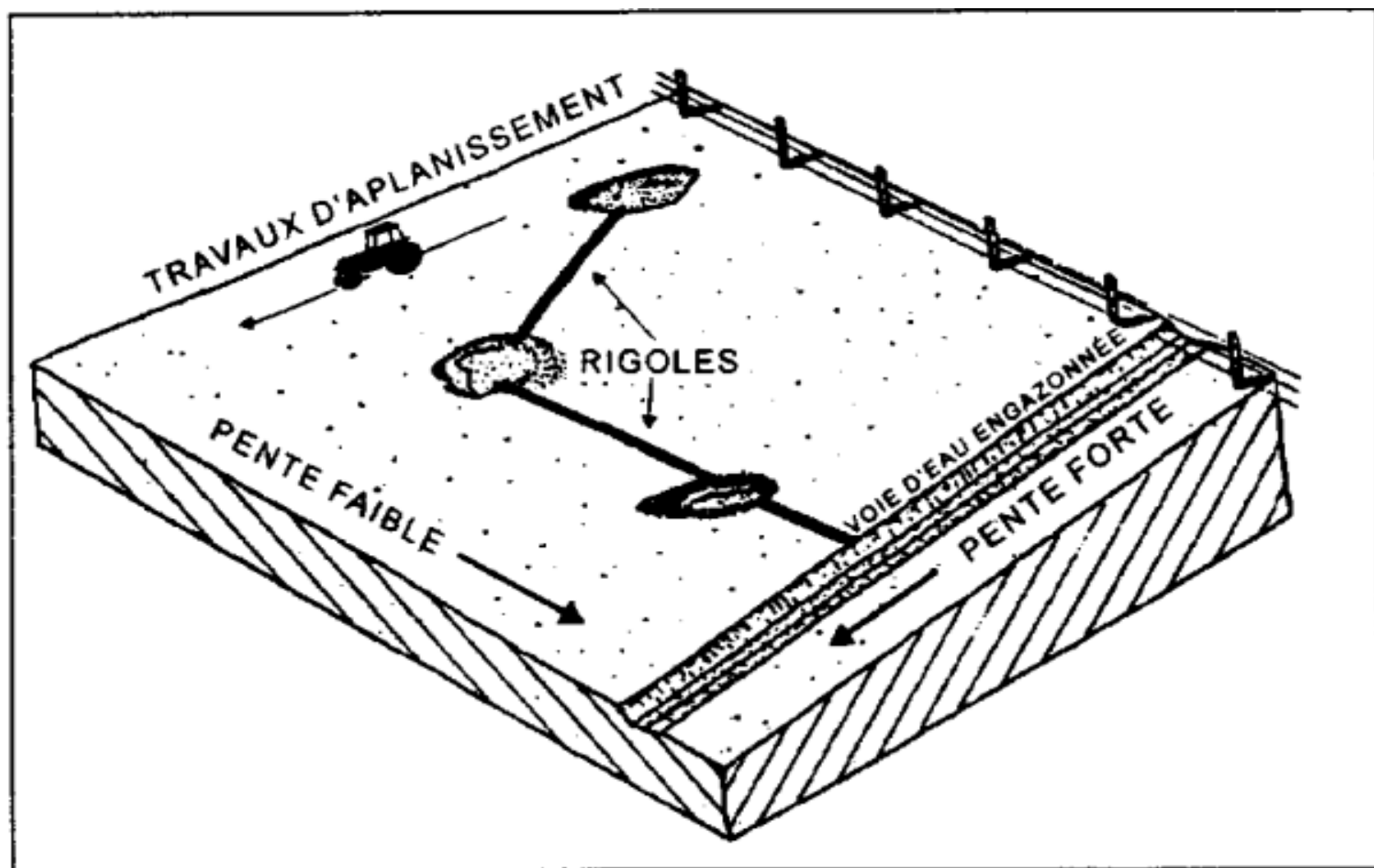


Figure 4: Aplanissement dans les terrains en pente

DEUXIÈME PARTIE : LE DRAINAGE AGRICOLE ET LA SALINITÉ

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES SOLS SALÉS

1. Définition

La salinisation se rapporte au processus de l'accumulation des sels dans le sol. La salinisation se produit quand l'eau contenant des sels dissous s'évapore.

- ***2. L'origine de la salinisation***

L'origine de la salinisation est primaire lorsqu'elle se produit naturellement, elle est secondaire lorsqu'elle se produit par l'action anthropique.

- ***1.3. Les sels solubles***

Les sels solubles sont des sels plus solubles dans l'eau que le gypse. Les plus fréquents dans les sols des régions arides et semi- arides sont les chlorures et les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium.

- ***2. Caractérisation de la salinité du sol***
- ***2.1. La conductivité électrique***

La mesure de la conductivité électrique permet d'estimer la concentration des sels solubles et donc de caractériser l'état de salinité du sol (USSSL, 1954).

Selon USSSL (1954) (tableau I), Les sols sont considérés salés quand leur CE est supérieure à 4 dS/m.

**Tableau I. Classes de la salinité en fonction de la conductivité électrique
USSL (1954).**

Classe de salinité	CE dS/m
Non salé	<2
Peu salé	2-4
Moyennement salé	4-8
Salé	8-16
Très salé	>16

- **EFFET DE LA SALINITÉ SUR LES PROPRIÉTÉS DU SOL**

- ***3.1. La structure du sol***

L'augmentation du taux de sodium échangeable en présence d'un faible niveau de salinité entraîne une dégradation de la structure par une dispersion physico-chimique des agrégats. Cette dégradation structurale provoque une diminution du taux d'infiltration et de la conductivité hydraulique du sol.

- **3.2. *La rétention en eau***

La concentration élevée en sels et la composante osmotique de la rétention en eau du sol, elle entraîne une augmentation considérable de la rétention en eau.

- **3.4. *Sur les végétaux***

Une teneur élevée en sels solubles dans le sol est néfaste pour la vie végétale.

- ***3.3. L'activité biologique***

Généralement la salinité entraîne une diminution du nombre de micro-organismes dans le sol.

III. L'EAU D'IRRIGATION

1. Les normes des eaux d'irrigation

Paramètre de l'eau	Symbole	Unité	Valeur maximale admissible
Conductivité électrique	CE	dS/m	3
Total des sels dissous	TDS	mg/l	2000
Calcium	Ca ⁺⁺	mg/l	400
Magnésium	Mg ⁺⁺	mg/l	60,75
Sodium	Na ⁺	mg/l	920
Carbonates	CO ₃ ⁻	mg/l	3
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	mg/l	610
Chlore	Cl	mg/l	1065
Sulfates	SO ₄ ⁻	mg/l	960
Nitrates	NO ₃ ⁻	mg/l	10
Ammonium	NH ₄ ⁺	mg/l	5
Phosphate	PO ₄ ⁻	mg/l	2
Potassium	K	mg/l	2
Acidité	pH		6 – 8,5
Coefficient d'absorption du sodium	SAR		15
Bor	B	mg/l	2

(Source : FAO, 1996)

2.Evaluation du danger de salinité selon plusieurs sources

Classe de salinité	US Salinity Laboratory de Riverside (1954)	Thorn and Peterson (1954)	Carter (1969)	Ayers and Westcot (1976)
	CE (dS/m)	CE (dS/m)	CE (dS/m)	CE (dS/m)
C1	0.1-0.25	<0.25	<0.4	<0.75
C2	0.25-0.75	0.25-0.75	0.4-1.2	0.75-1
C3	0.75-2.25	0.75-2.25	1.2-2.25	1.5-3.0
C4	>2.25	2.5-4.0	2.25-4.0	>3.0
C5		4.0-6.0		

- C1:** satisfaisante pour toutes les cultures exceptées les cultures très sensibles.
- C2:** Généralement satisfaisante bien que quelques cultures sensibles seront affectées.
- C3:** Satisfaisante pour la plupart des grandes cultures, mais des conditions de salinité vont se développer si le lessivage et le drainage ne sont pas adéquats.
- C4:** Normalement non recommandée sauf si des cultures tolérantes sont cultivées. Le lessivage et le drainage sont impératifs.

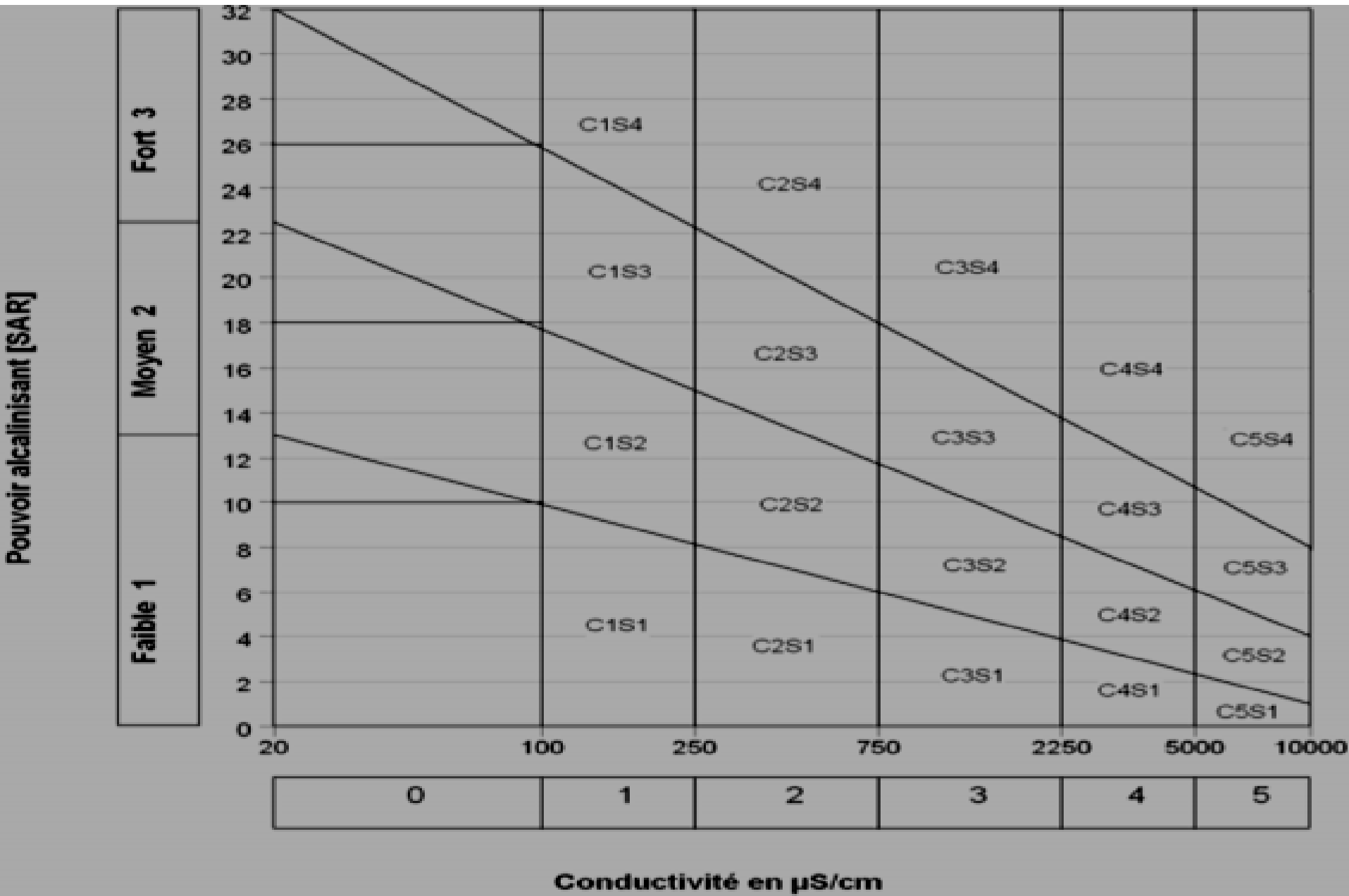
3. Le degré de sodisation

Le degré de sodisation peut être estimé aussi pour une solution du sol ou une eau d'irrigation à partir du *Sodium Adsorption Ratio* (SAR), défini par GAPON, (1933) cité par Favre (2000) comme une expression de la quantité de sodium disponible dans une solution par rapport aux cations bivalents Ca^{++} et Mg^{++} . Le SAR se calcule ainsi :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} sont exprimés en méq/l

4. Classification de Riverside.



Classe	Interprétation
C1S1	Eau présentant une bonne qualité pour l'irrigation, utilisable avec précautions pour les plantes sensibles.
C1S2, C2S1	Eau de qualité bonne à moyenne a utilisé avec précaution pour les sols mal drainés et pour les plantes sensibles
C1S3, C2S2 et C3S1	Qualité moyenne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C1S4, C2S3, C3S2 et C4S1	Eau de qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensibles, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse.
C2S4, C4S2 et C3S3	Eau de qualité très mauvaise utilisée que pour les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes avec nécessité de doses de lessivages et/ou apport de gypse.
C3S4, C4S3	Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles.
C4S4, C5S3 et C5S4	Eau déconseillée pour l'irrigation.

La fraction de lessivage

$$\begin{aligned} \text{Volume d'apport} \\ (= \text{volume d'arrosage}) \end{aligned} &= \underbrace{\text{EVAPOTRANSPIRATION}}_{\text{Besoin strict}} + \underbrace{\boxed{\text{LESSIVAGE}} + \boxed{\text{PERCOLATION}}}_{\text{Drainage}} \\ &\quad \text{Besoin net} \\ \\ V_i &= \text{ETM} + \underbrace{V_l + V_p}_{V_d} \end{aligned}$$

LE CALCUL DE LA FRACTION DE LESSIVAGE

$$V_i = ETM + V_1 + V_P$$

avec V_i volume d'apport.

ETM évapotranspiration.

V_1 volume de lessivage.

V_P percolation.

Le calcul de la dose de lessivage par la méthode classique

Pour cela il est fait un certain nombre d'hypothèses :

- l'extrait à saturation et l'eau d'irrigation ont la même composition en surface ;
- - le régime permanent est atteint et la salinité ne varie plus d'une année sur l'autre ; -
- les conductivités sont proportionnelles aux concentrations ; -

la conductivité de l'extrait de pâte saturée est supposée égale à la moitié de celle de la solution du sol à la capacité au champ ;

- l'eau d'irrigation ne dissout aucun minéral et ne participe à aucune précipitation. A la base du premier quart

$$FL = \frac{CE_i}{5 \cdot CE_{esm} - CE_i}$$

Dans la pratique on se fixe, à partir des tables de tolérance aux sels qui ont été établies pour diverses cultures, la valeur de CE esm qu'il convient de ne pas dépasser pour avoir une baisse de rendement qui se situe à un seuil choisi (0, 10, 25, 50 pour cent).

La méthode géochimique

à la base du profil et on a $FC = \frac{1}{FL}$.

FC facteur de concentration.

FL fraction de lessivage.

5.1.L'alcalinité résiduelle

Le concept de l'alcalinité résiduelle (RA) est souvent employé pour analyser les changements et les prévisions de la composition des eaux en fonction des taux de

$$RSC = (HCO_3 + CO_3) - (Ca + Mg) \dots \dots \dots (mmol_e.L^{-1})$$

Elle est souvent considérée à la précipitation de la calcite et de la sépiolite

Cependant, dans les milieux où on assiste qu'à la précipitation de la calcite. la notion d'alcalinité résiduelle calcite (ARcalcite), elle est calculée:

$$AR_{calcite} = (HCO_3 + CO_3) - Ca \dots \dots \dots (mmol_c.L^{-1})$$

Si le RSC est positif, c'est la voie alcaline relative à la précipitation de calcite/sépiolite.

Pour ces eaux de type 01 (alcalinité résiduelle positive), il existe un risque majeur d'alcalinisation et de dégradation des propriétés physiques des sols par sodisation **dont ne rend pas compte le SAR des eaux d'irrigation initiale.**

Le risque de salinisation est secondaire, voire négligeable dans la mesure où ces eaux sont généralement peu salées.

Si le signe du RSC est négatif ($RSC < 0$), deux cas peuvent se présenter en fonction du signe de l'alcalinité résiduelle appliquée à la précipitation de calcite de sépiolite et de gypse
(AR-CSG)

$$AR-CSG = \text{Alcalinité carbonatée} - (Ca - Mg) + SO_4 > 0 \dots\dots\dots mmol \cdot L^{-1}$$

AR-CSG > 0 : L'alcalinité résiduelle devient positive suite à l'addition des sulfates relatifs à la précipitation du gypse, c'est la voie saline neutre à dominances sulfatées ; le risque principal est celui de la dégradation des propriétés physiques des sols suite à une sodisation rapide que le SAR ne caractérise qu'imparfaitement. On pourra secondairement relever un risque de salinisation en fonction de la conductivité électrique des eaux d'irrigation

AR-CSG < 0 : L'alcalinité résiduelle devient négative même par addition des sulfates, on parle alors de la voie saline neutre à dominance chlorurée. Le risque principal est celui d'une salinisation des sols et le critère déterminant et leur conductivité électrique.

La sodisation accompagne généralement cette salinisation en fonction du déséquilibre entre Na et (Ca +Mg), bien représentée par le SAR ; mais le risque de dégradation des sols est faible dans la mesure où la sodisation est progressive et la salinité alors suffisamment élevée pour assurer la stabilité structurale des sols.