

1.1 Eléments d'interprétation

1.1.1 Eau souterraine

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de bases (pH, température et conductivité), des majeurs et d'éventuels éléments traces. Les analyses des isotopes ne sont pas traitées dans cet ouvrage car leur utilisation n'est pas fréquente dans les programmes humanitaires.

- La conductivité, la température et le pH permettent de définir les traits majeurs de l'eau (voir les paramètres physico-chimiques). De plus, il est intéressant de rechercher des contrastes dans ces paramètres en fonction de différents points de mesures. Cela permet facilement de mettre en évidence de la zone d'alimentation, de pollution ou de géologie différentes.
- Les majeurs permettent d'affiner cette approche. L'analyse peut se faire à partir des indications mentionnées dans le paragraphe "Indicateurs de qualité". Elle peut être complétée avec les indices présentés dans le tableau suivant (concentrations en mg/l):

$\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$	marque de l'eau de mer (intrusion saline)
$\text{Cl}^- / \text{Na}^+ = 18$	
$\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+} > 2$	présence de gypse (CaSO_4) ou de calcite (CaCO_3)
$\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+} = 1$	présence de dolomie (CaMgCO_3)
$\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+} < 1$	marque de l'eau de mer (intrusion saline) ou échange de bases
$\text{K}^+ / \text{Na}^+ = 1$	terrain cristallin

Les résultats d'analyses physico-chimiques sont présentés sous forme de diagrammes qui autorisent une interprétation aisée.

Le diagramme de Piper est utilisé pour définir le faciès type des eaux (Figure 1). Il permet de présenter sur un même schéma un grand nombre d'analyses qui peuvent être comparées visuellement de façon simple. Les unités de mesure utilisées dans le diagramme Piper sont les % de meq/l.

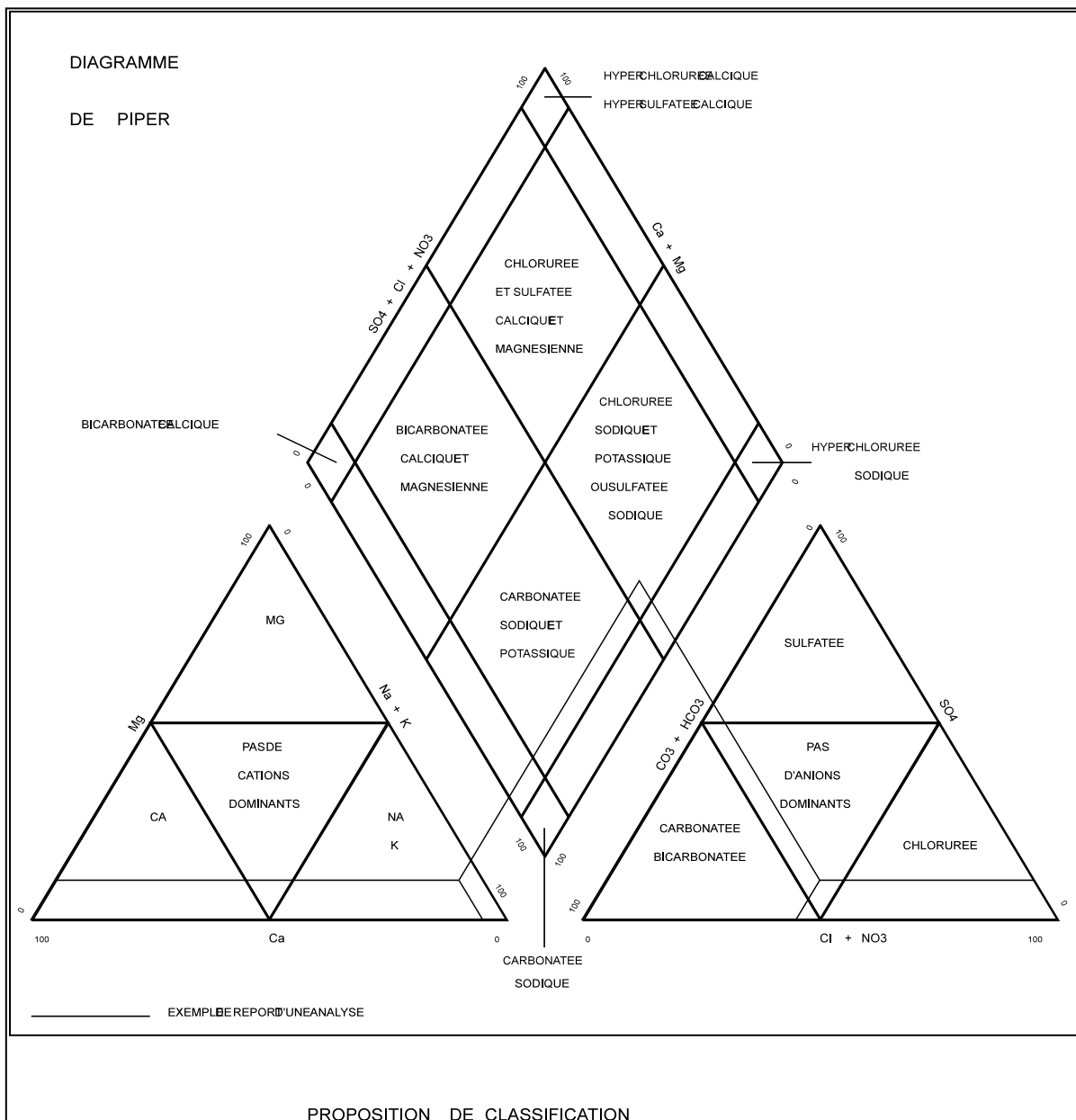


Figure 1: diagramme de Piper - faciès types

- Les éléments traces sont recherchés en cas de problèmes spécifiques (Fer, Manganèse, Fluorure....).

1.1.2 *Eaux de surface*

- pH, conductivité, oxygène dissous, température et turbidité sont mesurés in situ. Ils permettent une première estimation de la qualité du milieu.
- Les phosphates, ammoniacaux, nitrates et Fer permettent de mesurer l'impact de rejets polluants.
- Les analyses bactériologiques confirment en règle générale la pollution microbienne de ces eaux de surface, mais permettent de fixer son importance. Les indices biologiques sont intéressants essentiellement pour les eaux courantes.

Tableau 1: grille d'interprétation - eau de surface destinée à la consommation humaine

	traitement physique simple et désinfection		traitement physique, chimique et désinfection		traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection	
	valeur guide	impératif	valeur guide	impératif	valeur guide	impératif
pH	6.5 à 8.5		5.5 à 9		5.5 à 9	
conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	1000		1000		1000	
température, °C	22	25	22	25	22	25
oxygène dissous, % saturation	> 70		> 50		> 30	
DBO ₅ , mg/l O ₂	< 3		< 5		< 7	
DCO, mg/l O ₂					30	
NH ₄ ⁺ , mg/l	0.005		1	1.5	2	4
NO ₃ ⁻ , mg/l	25	50		50		50
P ₂ O ₅ , mg/l	0.4		0.7		0.7	
Fer dissous, mg/l	0.1	0.3	1	2	1	
Mn, mg/l	0.05		0.1		1	
Coliformes totaux nb/100ml	50		5000		50000	
coliformes thermotolérantes nb/100ml	20		2000		20000	

Cette grille peut être complétée par les indices suivants:

Tableau 2: indicateurs chimiques de pollution des eaux de surface

	situation normale eau normale	situation douteuse eaux polluées	situation anormale eau fortement polluée
SO ₄ ²⁻ , mg/l	< 20	20 à 120	> 120
PO ₄ ²⁻ , mg/l		300 à 500	> 500
NO ₂ ⁻ , mg/l	< 0.01	0.01 à 0.1	> 1
NH ₄ ⁻ , mg/l	< 0.01	0.01 à 0.1	> 1
Oxydabilité, mg/l O ₂	> 2	2 à 3	3 à 6
DBO ₅ , mg/l O ₂	< 1	3 à 6	> 6

La qualité microbiologique : le classement de la qualité microbiologique comprend 4 niveaux :

- **Catégorie A**, eaux de bonne qualité : 80% des prélèvements au moins donnent un nombre d' *E coli* inférieur ou égal à 100 pour 100 ml d'eau et 95% des prélèvements en comptent moins de 2000 pour 100 ml. Enfin, 90% des échantillons prélevés contiennent moins de 100 streptocoques fécaux pour 100 ml.
- **Catégorie B**, eaux de qualité moyenne : on relève moins de 2000 *E coli* par 100 ml, dans 95% des prélèvements.
- **Catégorie C**, eaux momentanément polluées : le dépassement de 2000 *E coli* est observé dans plus de 5%, mais dans moins d'un tiers des prélèvements. Le site pollué doit faire

l'objet de mesures immédiates ou à moyen terme, qui permettront d'améliorer définitivement la qualité de l'eau.

- **Catégorie D**, eaux de mauvaise qualité : lorsque le nombre d' *E coli* toléré est dépassé dans au moins un prélèvement sur trois, la baignade est interdite dès que ces mauvais résultats sont observés deux années consécutives.

1.1.3 Eau destinée à l'irrigation

Les eaux destinées à l'irrigation doivent répondre à certains critères de qualité pour minimiser les risques de salinisation des terrains. Deux méthodes simplifiées permettent d'estimer l'aptitude de l'eau à l'irrigation, en fonction du type de sol.

- *Conductivité*

Tableau 3: conductivité et eau d'irrigation

Classe	conductivité μS/cm à 25°C	Remarques
C1	0 < C < 250	- faible minéralisation de l'eau - utilisation sur la plupart des cultures et des sols.
C2	250 < C < 750	- minéralisation moyenne - utilisation sur sol modérément lessivé et plantes moyennement tolérantes au sel
C3	750 < C < 2250	- eau salée - utilisation sur sol bien drainé et plantes tolérantes au sel - contrôle de l'évolution de la salinité obligatoire
C4	2250 < C < 5000	- minéralisation forte - utilisation non souhaitable en agriculture

La mesure de la conductivité de l'eau permet d'estimer sa minéralisation, et donc la quantité de sels dissous apportés au sol. Cette mesure est cependant incomplète car elle n'intègre pas le type de minéraux apportés.

- *SAR*

Le SAR (Sodium Absorption Ratio) ou capacité d'absorption du sodium permet d'appréhender les risques de salinisation en sel NaCl induit par l'irrigation, tel que $SAR = Na / \sqrt{(Ca + Mg)}$ (concentrations en mmol/l). On définit différentes classes d'eau en fonction de leur SAR (S1 à S4).

Le diagramme de River Side est construit en croisant le SAR calculé et la conductivité mesurée. Le Tableau 4 indique l'aptitude des eaux à l'irrigation.

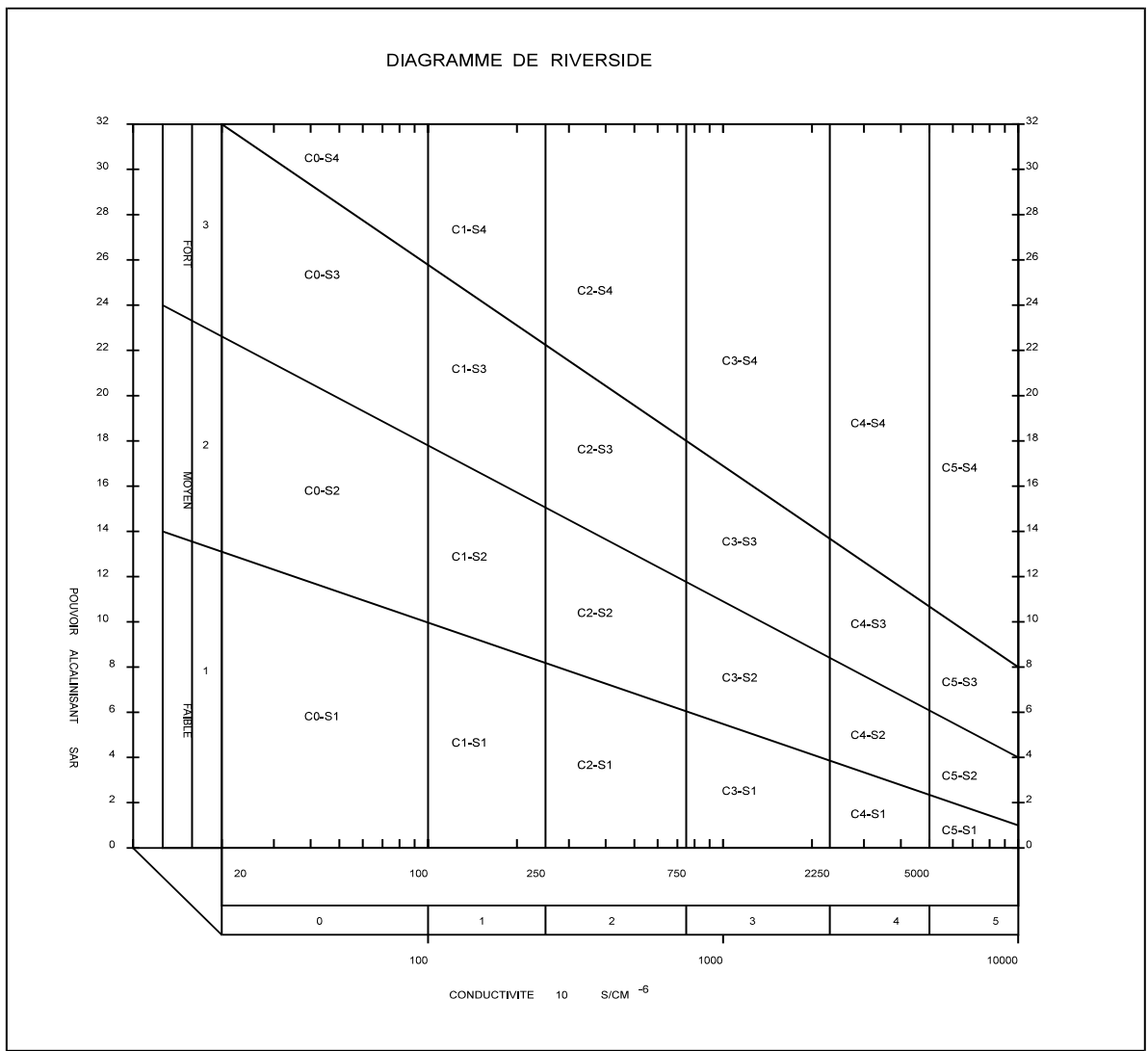


Figure 2: diagramme River Side

Tableau 4: indice croisé SAR/conductivité

Indice croisé SAR/conductivité	Indication
C1-S1	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées et des sols
C1-S2	- eau utilisable pour la plupart des espèces cultivées - le sol doit être bien drainé et lessivé
C1S3	- le sol doit être bien préparé, bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par la jonction de Gypse
C1-S4	- eau difficilement utilisable dans les sols peu perméables - le sol doit être bien préparé, très bien drainé et lessivé, ajout de matières organiques - la teneur relative en Na peut être améliorée par la jonction de Gypse
C2-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel
C2-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité
C2-S3	- eau convenant aux plantes qui présentent une certaine tolérance au sel - sol grossier et bien préparé (bon drainage, bon lessivage, addition de matières organiques) - la jonction périodique de Gypse peu être bénéfique
C2-S4	- eau ne convient généralement pas pour l'irrigation
C3-S1	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol bien aménagé (bon drainage) - contrôle périodique de l'évolution de la salinité
C3-S2	- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel - sol grossier ou organique à bonne perméabilité, bon drainage - contrôle périodique de l'évolution de la salinité - la jonction périodique de Gypse peut être bénéfique
C3-S3	- espèces tolérantes au sel - sol très perméable et bien drainé
C3-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S1	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S2	- eau ne convient pas à l'irrigation dans des conditions normales - peut être utilisée si les espèces ont une très bonne tolérance à la salinité et le sol est particulièrement bien drainé
C4-S3	- eau ne convient pas à l'irrigation
C4-S4	- eau ne convient pas à l'irrigation