

# Les pollutions du sol (hydrocarbures,.....)

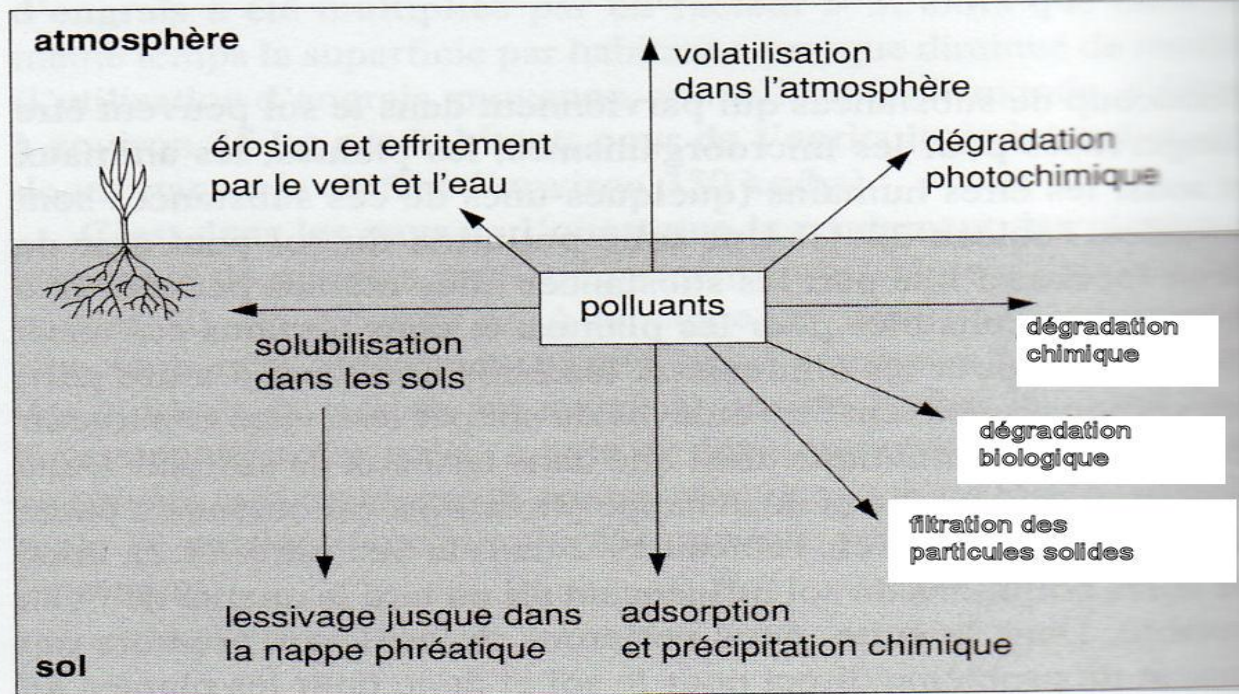
# Les pollutions du sol

Nombreux sont les polluants du sol :

- 1) Les métaux lourds (v. partie métaux lourds effl.gazeux)
- 2) Les pesticides, herbicides,...
- 3) Les hydrocarbures
- 4) Les déchets ...

# Les pollutions du sol

## Devenir des polluants du sol



# Les pollutions du sol

## Les herbicides et pesticides

composé	structure	composé	structure
<i>hydrocarbures chlorés</i>			
lindane <sup>a,c</sup> , $\gamma$ -HCH		aldrine <sup>b</sup>	
DDT <sup>b</sup>		dieldrine <sup>b</sup>	
		chlordan <sup>b</sup>	
<i>esters d'acide phosphorique</i>			
parathion <sup>c</sup> (E 605)		<i>composés hétérocycliques</i>	
malathion		paraquat <sup>c</sup>	
		1,3,5-triazines (selon les substituents: atrazine <sup>c,d</sup> , simazine <sup>c,e</sup> , terbutylazine <sup>c,f</sup> )	
<i>carbammates</i>			
aldicarbe		<i>acides phénoxyacétiques chlorés</i>	
		2,4-D (acide 2,4-dichlorophénoxyacétique)	2,4,5-T (acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique)
<i>urées</i>			
isoproturon			

a Dénommé d'après le hollandais VAN DER LINDEN.  
 b Complètement interdit en Europe.  
 c Interdit en France depuis 1999.

d R<sup>1</sup> = CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, R<sup>2</sup> = CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>.  
 e R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> = CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>.  
 f R<sup>1</sup> = C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>.

## Les pollutions du sol

### Les herbicides et pesticides : devenir dans le sol

hydrocarbures chlorés	>	urées	>	carbamates	>	esters d'acide phosphorique
2...5 ans		> 2...18 mois		}		> 2...12 semaines

# Les pollutions du sol

## Les herbicides et pesticides : Effets souhaités et non souhaités

---

### propriétés souhaitées

---

assurer le rendement des récoltes  
assurer la production de lait et de viande  
réduction du pourrissement des aliments stockés  
suppression d'épidémies  
amélioration de l'hygiène corporelle  
réduction du personnel dans l'agriculture  
désinfection de lieux sanitaires

### propriétés non souhaitées

---

toxicité pour l'homme  
formation de résidus et distribution globale  
accumulation dans la chaîne alimentaire ou dans certains organes  
d'animaux (par exemple dans les tissus graisseux)  
influence sur les organismes utiles du sol et sur sa fertilité  
dosage difficile  
pollution des eaux de surface et de la nappe phréatique  
pollution de l'eau potable  
perturbation de stations d'épuration biologiques  
produits secondaires toxiques  
toxicité envers les cultures traitées  
changement du goût dans les fruits traités

---

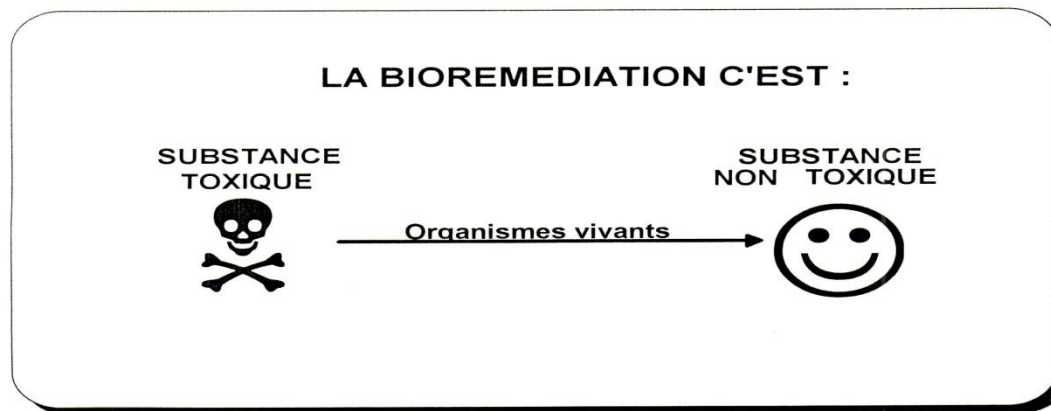
## Les pollutions du sol

### Les herbicides et pesticides : Durées de vie

substance	temps moyen (en a) jusqu'à une diminution de 95 % de leur teneur
aldrin	3
chlordan	4
lindane	6,5
dieldrine	8
DDT	10

# Les pollutions du sol

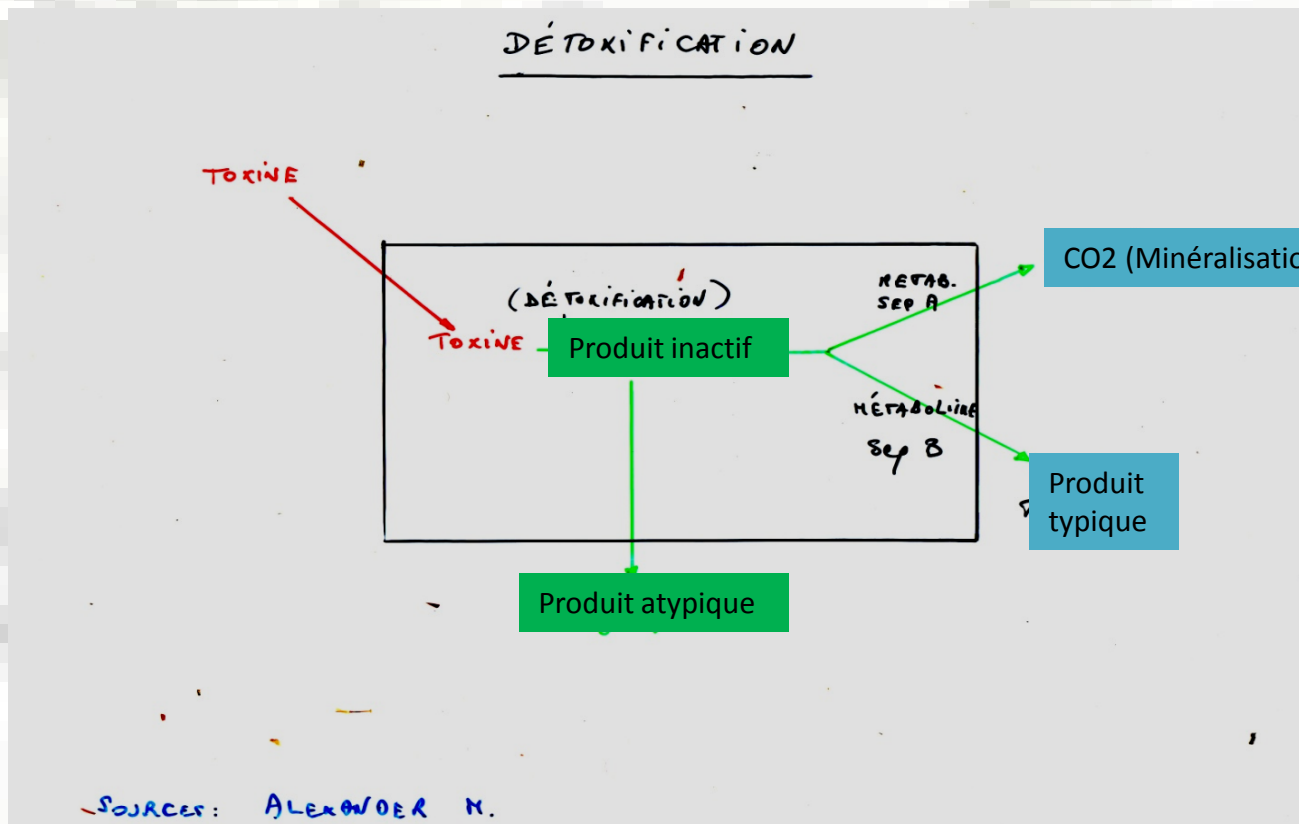
## Dépollution des sols par dégradation biologique





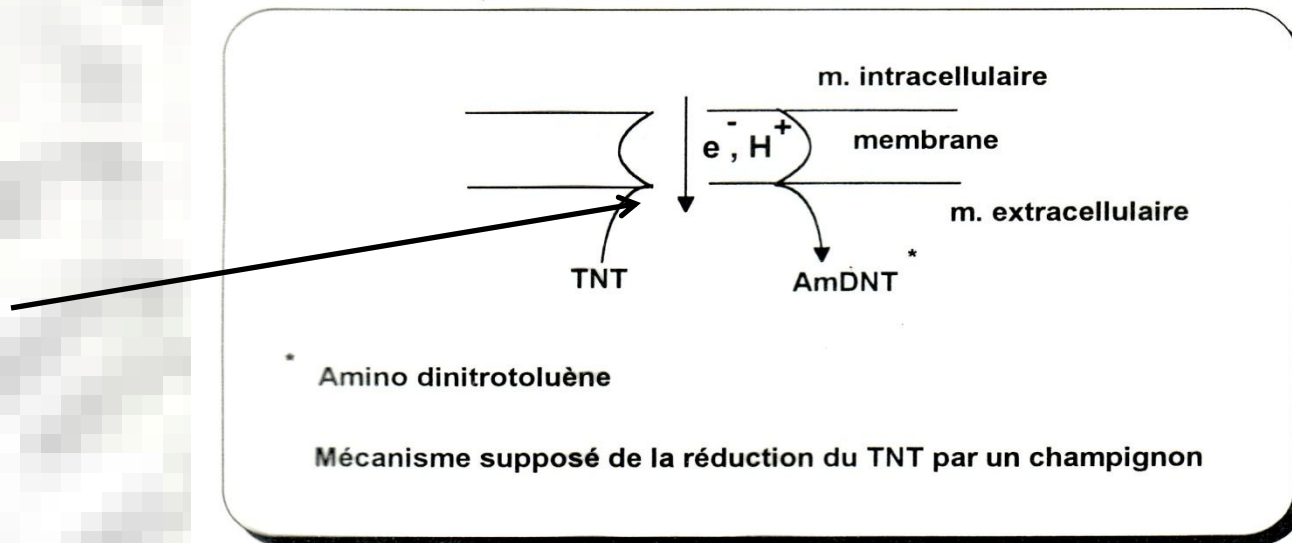
# Les pollutions du sol

## Dépollution des sols par dégradation biologique cas des hydrocarbures



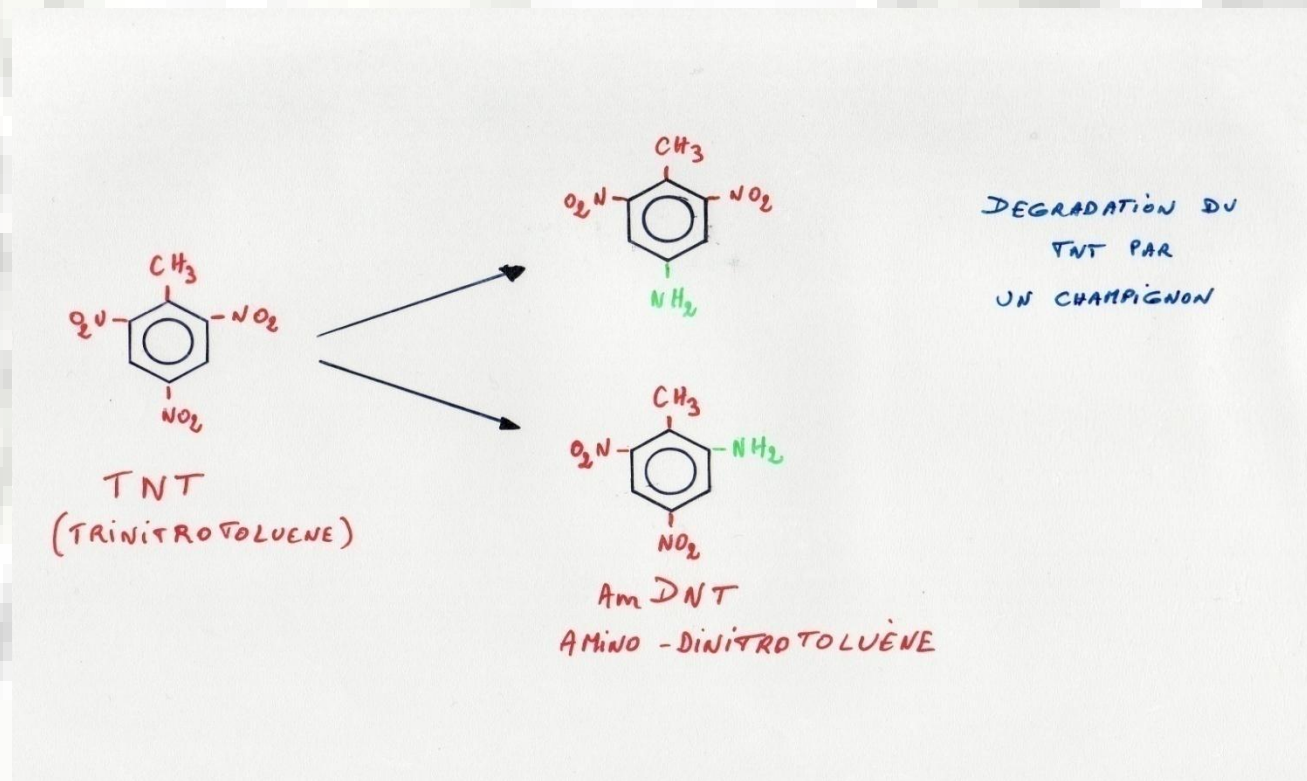
## Les pollutions du sol

### Dépollution des sols par dégradation biologique : Mécanisme de détoxification exogène



## Les pollutions du sol

### Dépollution des sols par dégradation biologique : Mécanisme de détoxification exogène (suite)



## Les pollutions du sol

### Dépollution des sols par dégradation biologique cas des hydrocarbures

#### Séquence de dégradation des hydrocarbures

**ALIPHATIQUES (courtes chaînes)  
< ALIPHATIQUES (longues chaînes)  
< MONOAROMATIQUES (BTEX\* )  
< BIAROMATIQUES < POLYAROMATIQUES**

*\* Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène*

# Les pollutions du sol

## DEGRADATION AEROBIE

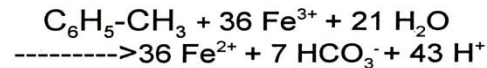


## DEGRADATION ANAEROBIE

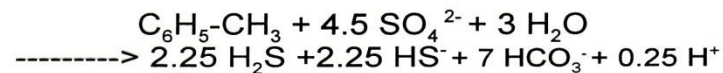
### 1) ZONE DITE DE "NO<sub>3</sub> + Mn REDUCING"



### 2) ZONE DE BIODEGRADATION FE(III) reducing

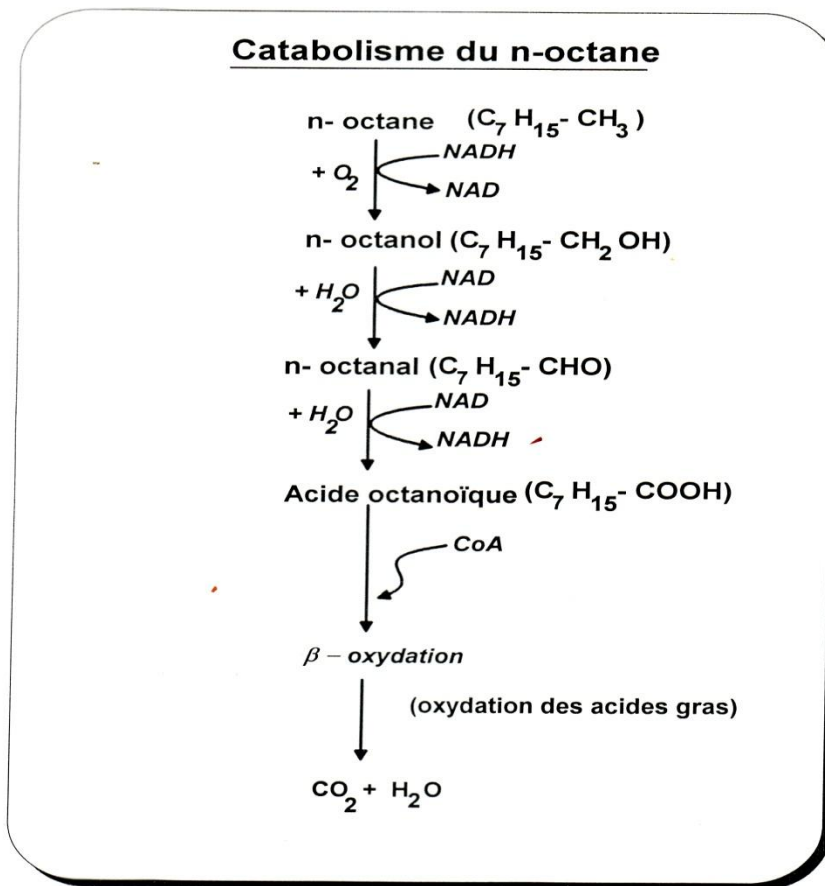


### 3) ZONE DE BIODEGRADATION VIA REDUCTION DES SULFATES ET METHANOGENESE



# Les pollutions du sol

## Dépollution des sols par dégradation biologique dégradation aérobie



## Les pollutions du sol

### Dépollution des sols par dégradation biologique dégradation aérobie

Endroit non traité



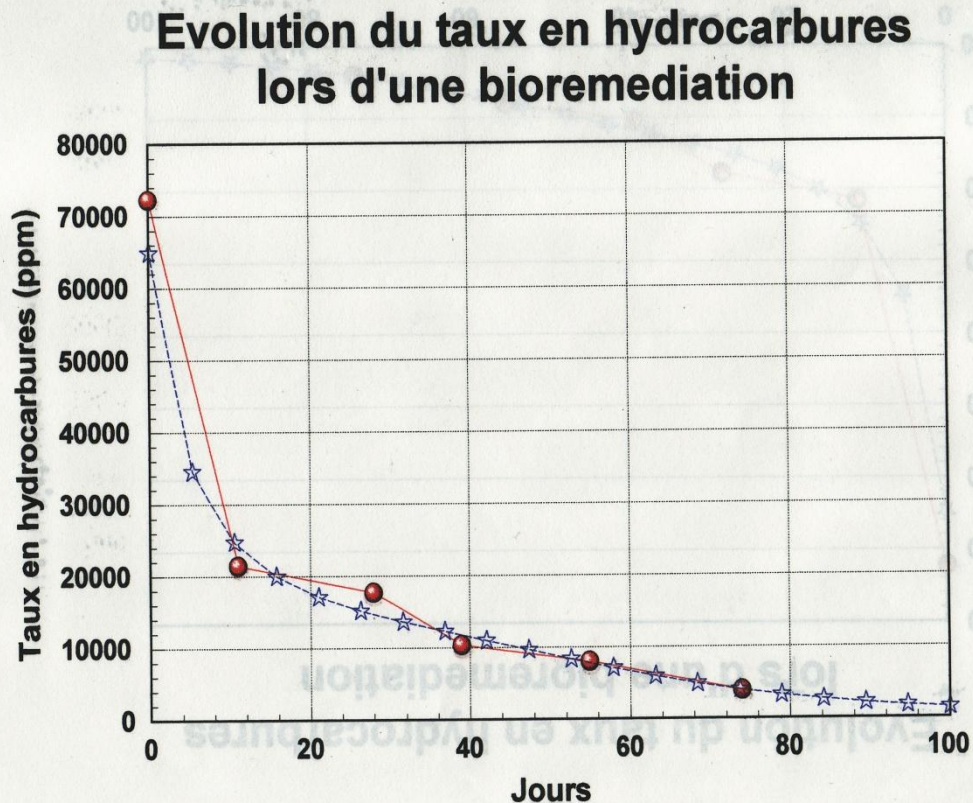
Endroit traité



**Vue d'un même morceau 9 jours après, remarquez les zones brunes où l'hydrocarbure a été dégradé par les bactéries**

## Les pollutions du sol

### Dépollution des sols par dégradation biologique dégradation aérobie

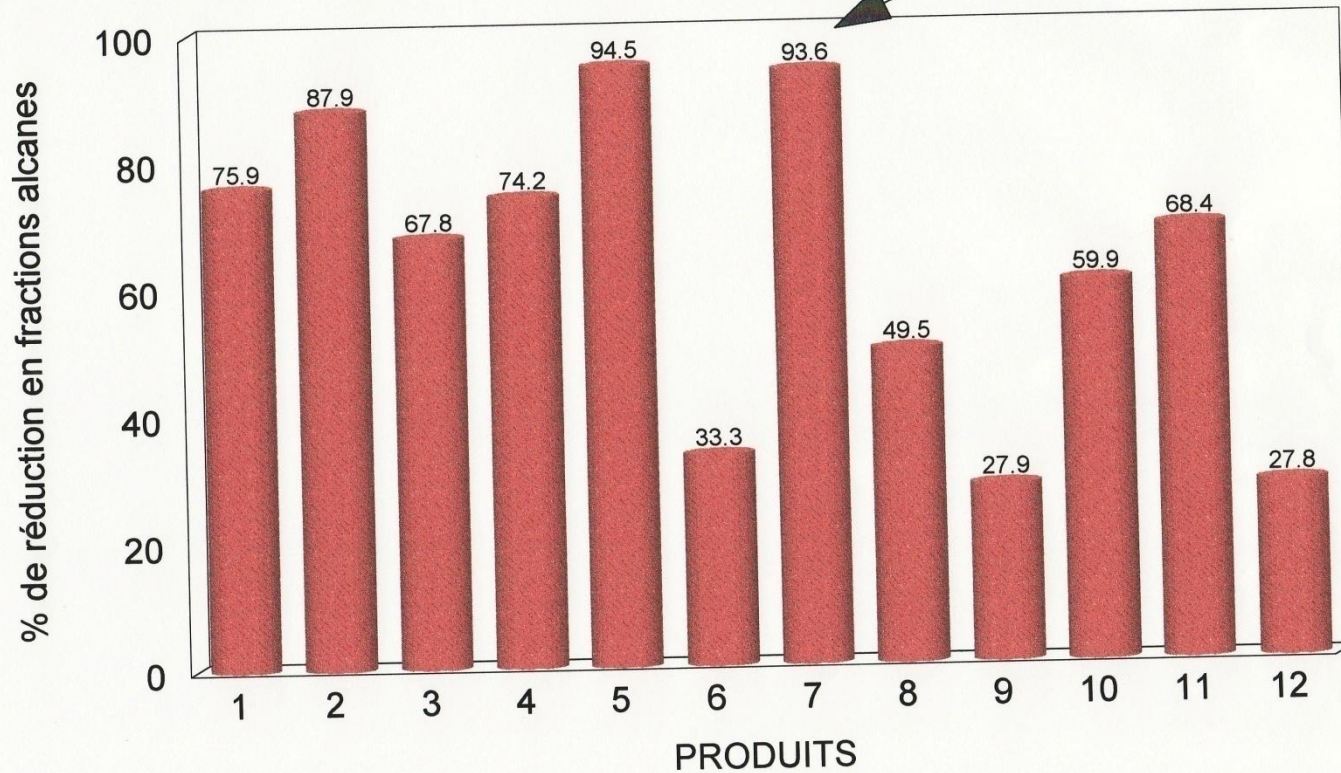




# Les pollutions du sol

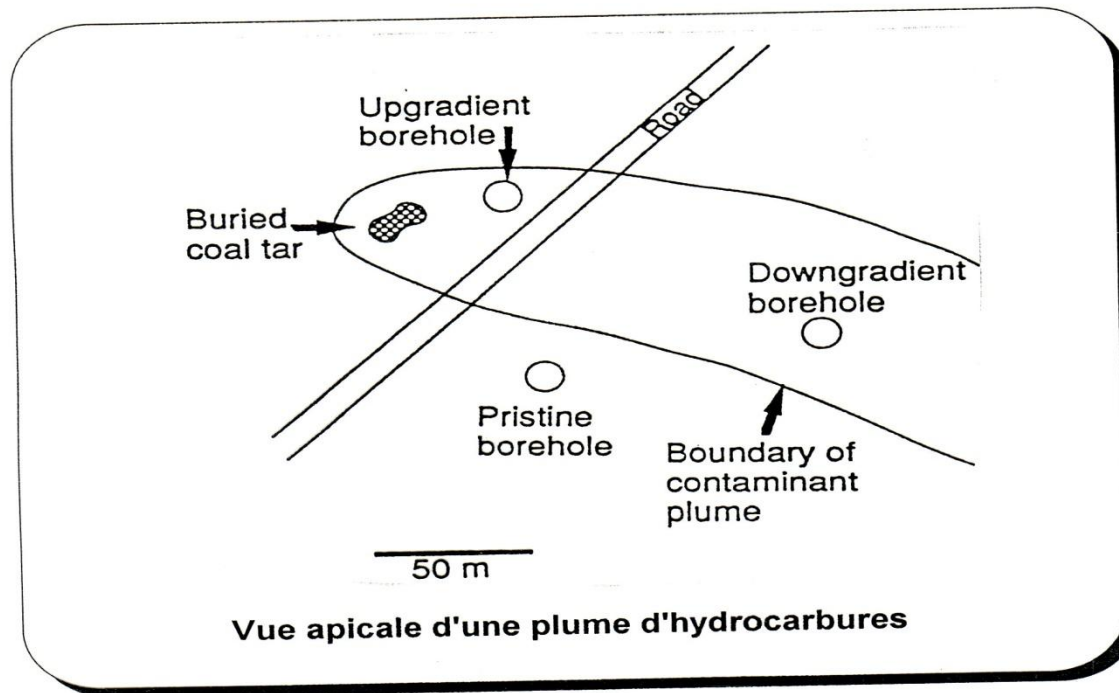
Diminution du taux en alcanes  
(après 15 jours) (EXXON VALDEZ)

E20 + E50



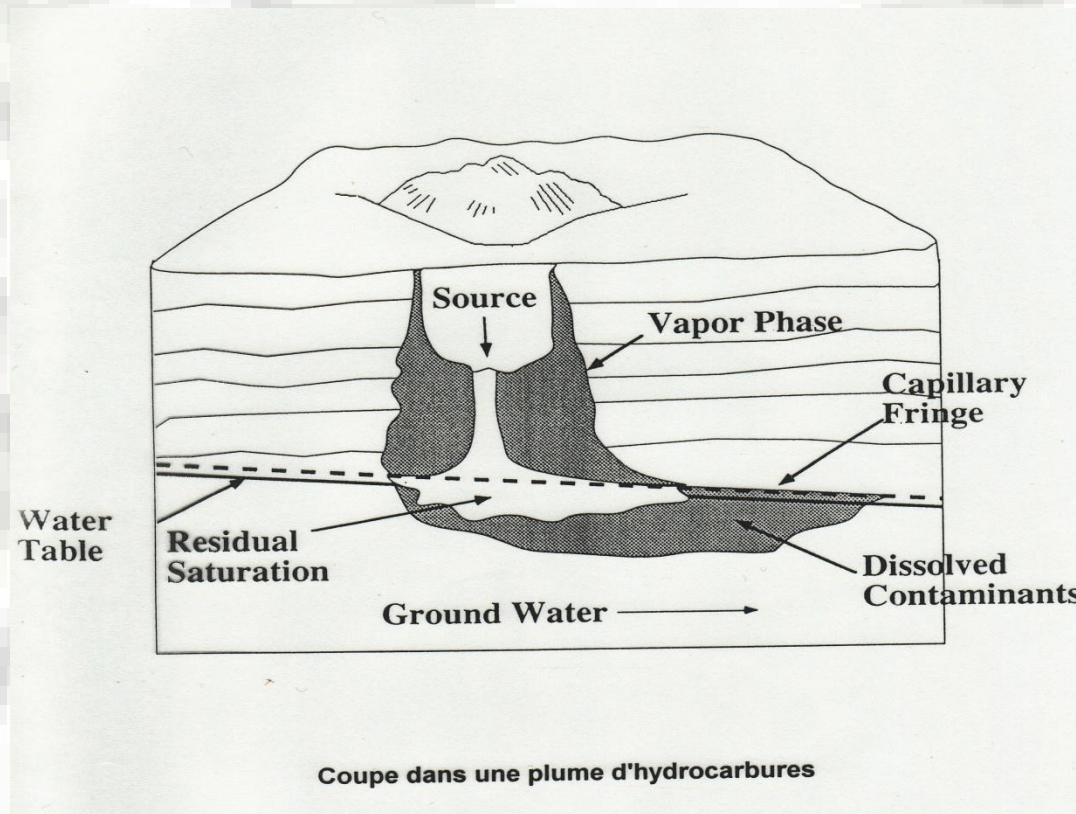
## Les pollutions du sol

### Dépollution des sols par dégradation biologique mouvement des hydrocarbures (plume)



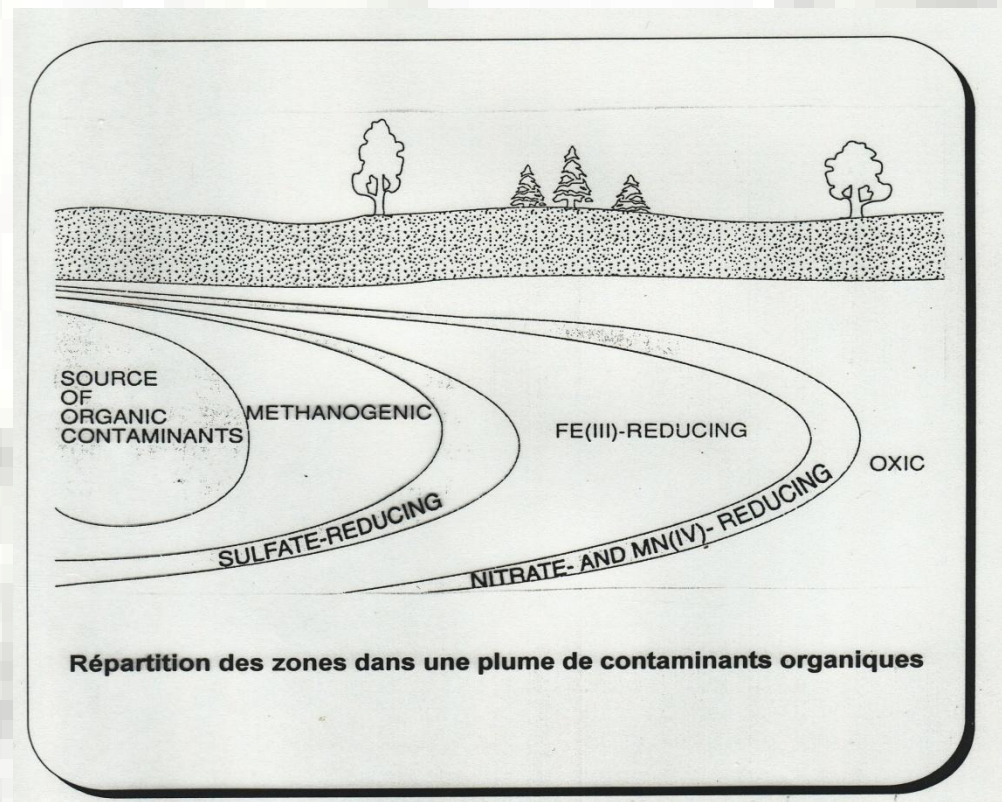
## Les pollutions du sol

### Dépollution des sols par dégradation biologique mouvement des hydrocarbures (plume)



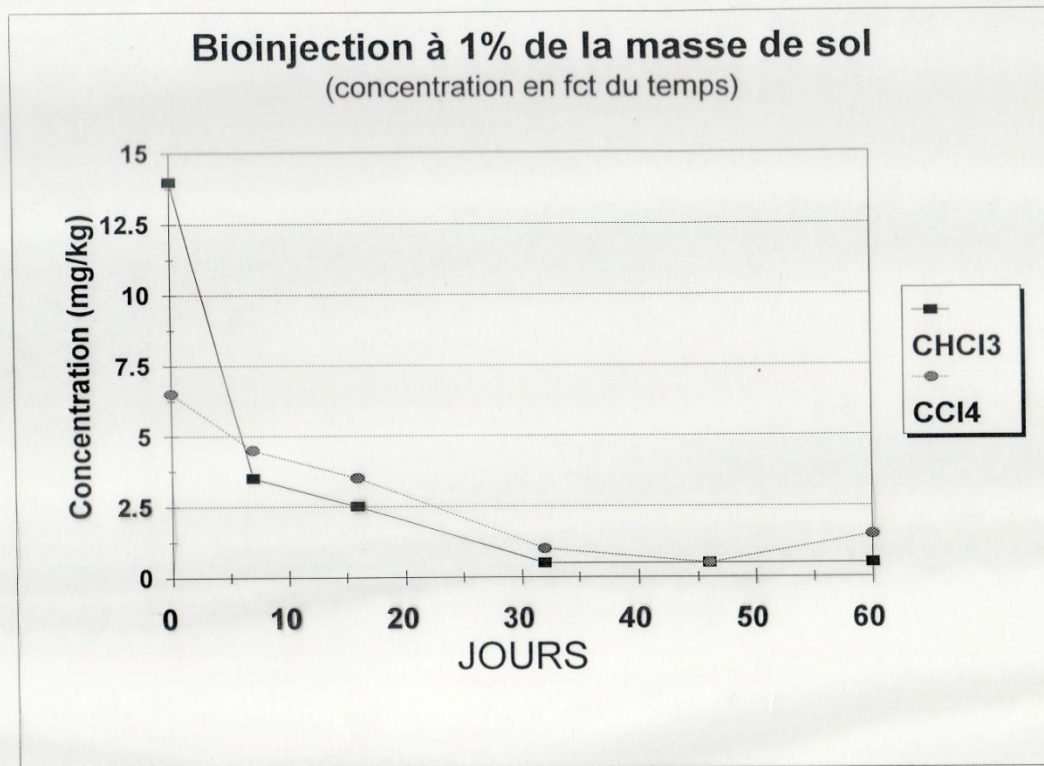
## Les pollutions du sol

Dépollution des sols par dégradation biologique mouvement des hydrocarbures (plume et les différentes zones )



## Les pollutions du sol

Dépollution des sols par dégradation biologique : élimination des chlorés dans la nappe



# Les pollutions du sol

## TYPES DE RÉACTIONS DE DÉTOXIFICATION (1)

### 1. HYDROLYSE



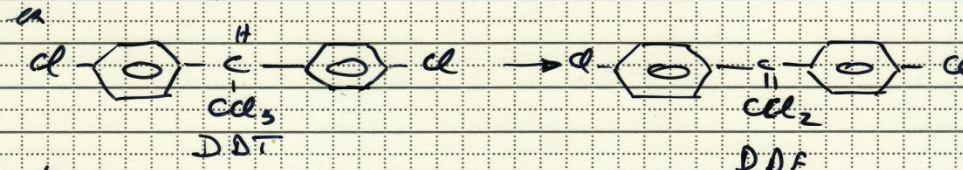
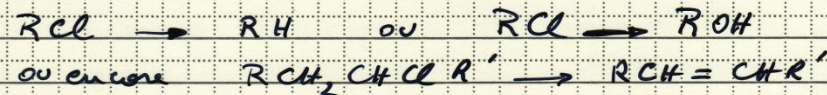
ex. : hydrolyse du malathion.

### 2. HYDROXYLATION



ex. : fongicide MBC ou l'herbicide 2,4-D

### 3. DÉHALOGENATION



### 4. DÉMÉTHYLATION (OU TOUT AUTRE DÉALCYLATION)

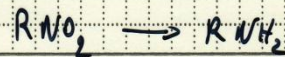
### 5. MÉTHYLATION



# Les pollutions du sol

## TYPES DE RÉACTIONS DE DÉTOXIFICATION. (E)

### 6. RÉDUCTION DES GROUPES NITRÉS

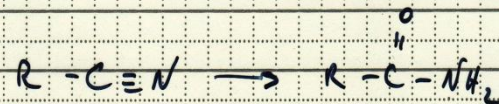


### 7. DÉAMINATION.

### 8. DESTRUCTION DE LA LIANSON (ETHER)

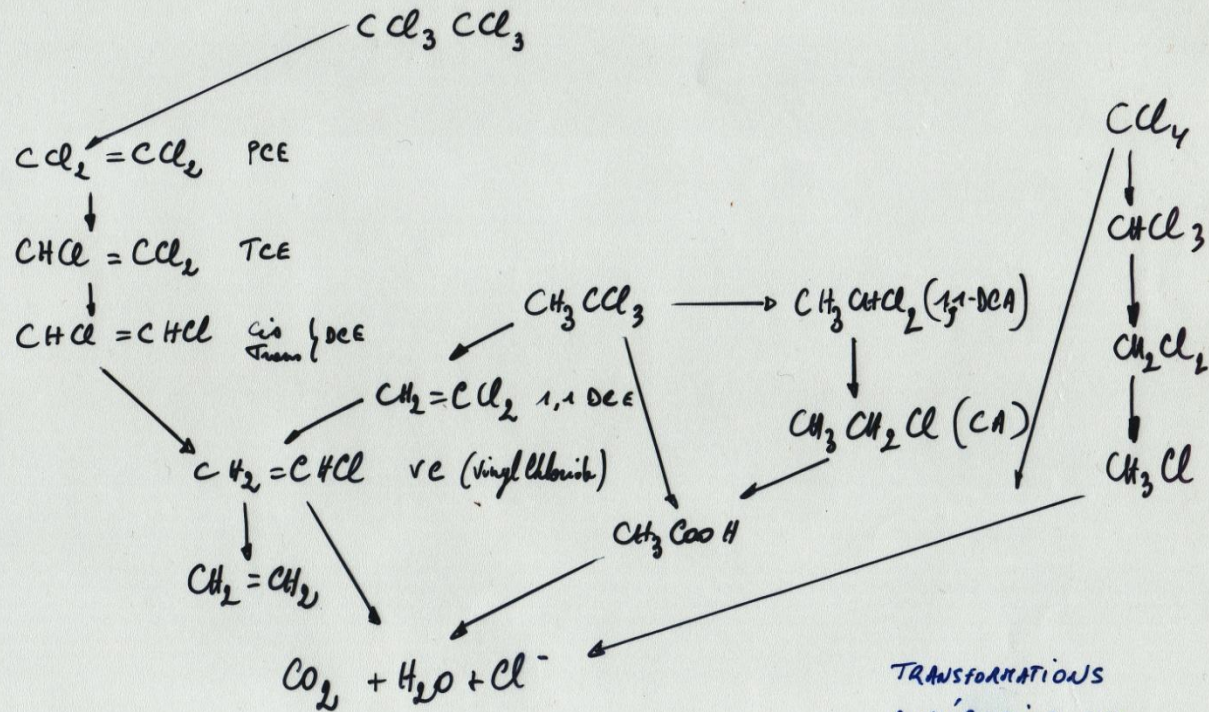


### 9. CONVERSION DE LA FCT NITRIKE EN AMIDE.



### 10. CONJUGAISON.

# Les pollutions du sol



TRANSFORMATIONS  
ANAÉROBIES DES  
SOLVANTS CHLORÉS

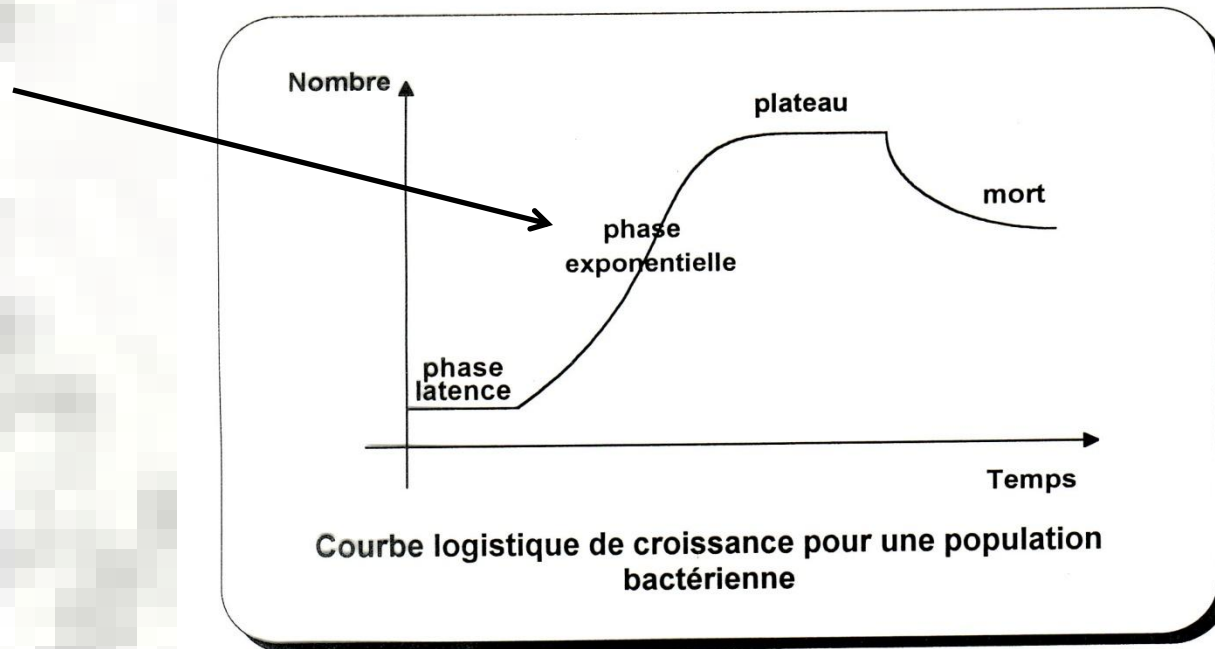
SOURCE : EST

PB



## Les pollutions du sol

Principe d'une remédiation biologique : maintenir les organismes vivants en croissance exponentielle le plus longtemps possible



## Les pollutions du sol

Comment ?

En agissant sur les paramètres suivants :

1) Température : température comprise entre 10 et 40 ° C (optimum 25 °C)  
(pour augmenter la T en conditions défavorables, on peut incorporer de la paille granules ou paille hachée : réaction exothermique)

2) Le pH

pH compris entre 5 et 8 avec un optimum vers 6.5-7

3) Les nutriments

Toujours essayer de maintenir un rapport C:N:P de 100 : 5 : 1 (ajout d'engrais au besoin)

## Les pollutions du sol

Comment ? (suite)

En agissant sur les paramètres suivants :

4) L'oxygène

Nécessité d'oxygène pour le catabolisme des hydrocarbures (possibilité d'avoir des processus catabolitiques anaérobies (voir échelle rédox ci-après)

5) Les facteurs « impondérables »

Ce sont les facteurs exogènes : types de sols , hétérogénéité, ces derniers influent sur le phénomène de biodégradation

## Les pollutions du sol

Que faire en cas de pollution de ce type ?

- 1) Agir vite
- 2) Essayer de contenir la fuite d'hydrocarbures à l'aide d'adsorbants spécifiques (barrages , ekoperl ,....)
- 3) Attention si la fuite est souterraine , bien sûr , il n'est pas évident qu'on s'en rende compte de suite (cas des stations-services à cuves vieillissantes)
- 4) Localiser la fuite et la stopper si possible
- 5) Localiser ensuite la plume d'hydrocarbures à l'aide de piézomètres (analyses)
- 6) Dès cette opération terminée , déterminer le type de traitement en fonction des impératifs environnementaux, et ensuite économiques

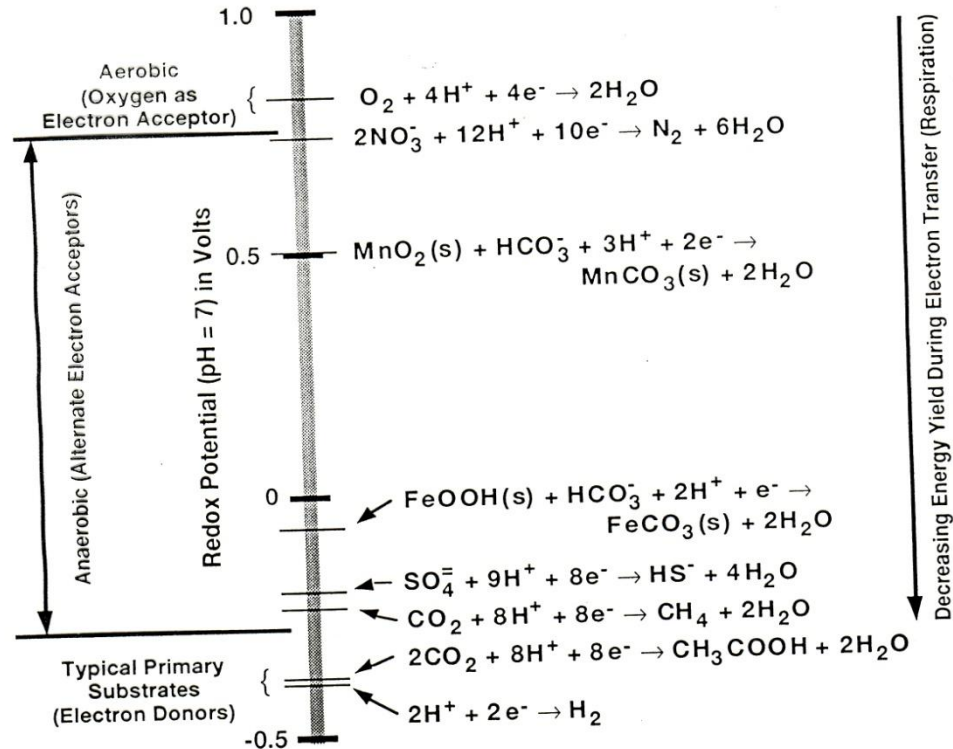
FACTEURS FAVORABLES ET  
DÉFAVORABLES  
POUR UNE BIOREMÉDIATION  
SUR SITE.

0 FACTEURS FAVORABLES

- 1) NOMBRE PEU ÉLEVÉ DE CONTAMINANTS
- 2) CONCENTRATIONS NON TOXIQUES
- 3) POPULATION MICROBIENNE (SI ELLE EXISTE ENCORE)
- 4) PRÉSENCE D'ACCEPTEURS D' $e^-$
- 5) pH entre 5 et 8
- 6) MILIEU POREUX AVEC HAUTE PERMÉABILITÉ
- 7) MILIEU UNIFORME ET HOMOGENE
- 8) MILIEU SATURÉ

0 FACTEURS DÉFAVORABLES

- 1) NOMBRE ÉLEVÉ DE CONTAMINANTS (MÉLANGES COMPLEXES)
- 2) [C] TOXIQUES
- 3) POPULATION MICROBIENNE PEU ACTIVE
- 4) ABSENCE D'ACCEPTEURS D' $e^-$
- 5) pH extrêmes.
- 6) MILIEU NON POREUX - ROCHERS → peu d'activité microbienne
- 7) MILIEU HÉTÉROGÈNE
- 8) MILIEU PRÉSENTANT DES CYCLES DE SATURATION - NON SATURÉ.



Echelle des potentiels rédox des divers donneurs et accepteurs d'électrons utilisés en bioremédiation