



n° 3682

Influence des matières minérales en suspension sur la qualité des eaux de surface

D. ROBBE
Assistant
Ddpartement de Geotechnique
Laboratoire central des Ponts et Chaussées

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
LABORATOIRE CENTRAL OES PONTS ET CHAUSSÉES

58, boulevard Lefebvre - 75732 PARIS CEDEX 15

NOVEMBRE 1975

Sommaire

Résumé	4
Présentation, par A. LE ROUX	5
Introduction	6

CHAPITRE 1

DYNAMIQUE DES MATIÈRES EN SUSPENSION

I Origine des matières en suspension	8
II Transport des sédiments	10
111 Flocculation des sédiments	22
IV Décantation et dépôt des matières en suspension	29

CHAPITRE 2

ACTION DES MATIÈRES EN SUSPENSION SUR LA VIE AQUATIQUE

I Action sur la faune	34
II Action sur la flore	45
111 Action sur les bactéries	46
IV Action des matières en suspension sur l'oxygène	53

CHAPITRE 3

ACTION DES MATIÈRES EN SUSPENSION SUR LA POLLUTION CHIMIQUE

I Généralités	58
A. Cas des pesticides	66
B. Cas des métaux lourds	75
C. Cas des produits radio-actifs	86
D. Cas de l'eutrophisation	90
II Concentration des polluants dans la chaîne alimentaire	93
111 Depollution naturelle et artificielle	97

Conclusions générales	100
-----------------------	-----

Bibliographie	103
---------------	-----

Résumé en anglais, allemand, espagnol et russe	116
--	-----

Table des matières	120
--------------------	-----

résumé

*Nos lecteur, étrangers irouveront ce résumé traduzi
en unglazs, ullernand, espagnol et russe en Jin de rapport.
Our readerr will find thzs ahstract at the 2nd oj the report.
Unrere Leser finden dzese Zusammenfassung am Ende des Berichtes.
Nuestros leciore., hallarkn este resumen al final del zforme.
Русский текст аннотации помещен в конце отчета.*

Chaque année les eaux de surface véhiculent un tonnage considérable de polluant dont 1/10 seulement en suspension. Ces matières en suspension (Y.E.S.) constituent une pollution visible ce qui a motivé les nombreuses études entreprises sur ce sujet.

Le travail qui est présenté ici apparaît comme une mise au point des connaissances actuelles en matière de pollution des eaux de surface par les Y.E.S.

Le premier chapitre est consacré à la dynamique des Y.E.S. On aborde successivement les conditions de transport, de dépôt ainsi que les phénomènes de floculation. C'est un des sujets les mieux connus, encore qu'il subsiste quelques contradictions à propos des phénomènes de floculation ainsi que des lacunes importantes sur le devenir des Y.E.Ç. concernant notamment l'@tendue du transport, l'importance des sédiments pouvant être remis en suspension et, surtout, la dispersion des matériaux au débouché des émissaires.

Le deuxième chapitre s'intéresse à l'action des matières en suspension sur la vie aquatique. Cette action apparaît fortement liée à la quantité de Y.E.S. Ainsi, pour des teneurs inférieures à 50 ppm, la nccivité n'apparaît pas, elle est réduite jusqu'à 200 ppm. La qualité conditionne également la nocivité. Les fines de charbon apparaissent moins nocives que les précipités de métaux.

Les mécanismes d'action des Y.E.S. sont ensuite passés en revue : destruction de la ponte, réduction de la photosynthèse, dépôt sur les ouïes inhibant progressivement la respiration, réduction du taux de croissance et sensibilité plus grande aux infections par les micro-organismes. Enfin, l'action sur les invertébrés est abordée ; il semble que le mode de vie conditionne la sensibilité, les espèces flottantes apparaissant moins sensibles que celles vivant sur le fond. Quelques problèmes n'ont pas reçu de réponse, en particulier l'influence des Y.E.S., vis-à-vis de l'oxygène dissous et des bactéries. De même, l'étude de l'influence des précipités de métaux nécessitera de nombreuses études avant d'être élucidée.

Le troisième chapitre étudie les interactions existant entre les polluants en SOLUTION (chimiques et radioactifs) et les matières en suspension. L'adsorption des polluants est gouvernée essentiellement par le potentiel électrocinétique et la capacité d'échange des particules en suspension. A un degré moindre, d'autres facteurs interviennent, chaque cas est étudié séparément. Un certain nombre de facteurs apparaissent bien connus. Ainsi, il est admis que l'adsorption est d'autant plus forte que la taille des particules est petite, et que la concentration en polluant est plus grande dans la solution. Par contre, il apparaît de très nombreuses contradictions sur l'influence de facteurs tels que le pH, la salinité, la température ou le rôle des matières organiques. L'importance du temps de contact est aussi assez souvent négligé par les auteurs. Une autre remarque s'impose, l'étude a montré que si les polluants pouvaient être rapidement et fortement adsorbés par certaines Y.E.Ç., leur désorption était plus difficile, ce qui pouvait contribuer à une sorte d'épuration du cours d'eau, avec le risque toujours possible d'une brusque désorption qui serait à l'origine d'une pollution accidentelle importante. Ces phénomènes méritent donc pour être maîtrisés de nombreuses recherches.

En conclusion, ce travail met en évidence les directions de recherche encore mal explorées.

MOTS CLES : Pollution - Eau - Cours d'eau - Matériau - Solution (chim) - Minéral - Suspension (chim) - Transport - Dépôt (géoi) - Floculation - Végétation - Adsorption - Chimie - radioactivité - Bibliographie - Rapport de recherche - Vie - Poisson - Polluant - Interaction - Désorption.

INTRODUCTION

L'eau de presque tous les fleuves, rivières, lacs, contient des solides en suspension. Leur concentration peut parfois être très élevée et de nature variée (cf. origine des matières en suspension). D'autre part, certaines eaux résiduaires contiennent à la fois des solides en suspension et des substances nocives en solution.

Dans ce rapport, nous nous sommes bornés à une étude bibliographique des travaux traitant du rôle des matières en suspension dans les phénomènes de pollution des cours d'eau et estuaires.

Nous avons envisagé successivement les problèmes de transport et dépôt de ces matières en suspension, leur action directe sur la vie aquatique et leur action vis-à-vis des autres polluants pouvant se trouver dans les eaux de surface. Dans cette dernière partie de l'étude, nous avons seulement envisagé le problème de piégeage (adsorption) de ces produits, affectant aux matières en suspension un rôle de vecteur ou de réservoir de pollution mais nous n'avons pas tenu compte des travaux concernant la nocivité de ces polluants.

Bien qu'il ne nous ait pas été possible d'étudier toute la documentation traitant de ce sujet, nous estimons avoir recueilli suffisamment de résultats pour nous permettre de dégager quelques idées principales quant à ce problème vieux comme le monde (il y a toujours eu des matières en suspension dans les eaux) mais dont l'homme, après avoir accéléré le phénomène pendant des années, a pris conscience depuis peu : la pollution par les matières en suspension.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1) - Dynamique des sédiments

Si les problèmes de floculation sont actuellement assez bien connus ainsi que les conditions de transport et de dépôt (conditions physiques et chimiques), les études faites sur ce sujet ne permettent pas encore de déterminer le devenir des matières en suspension dans l'eau, surtout au point de vue quantitatif.

A ce sujet, de nombreux modèles mathématiques ont été proposés. Ils sont quasiment tous basés sur des études en canal expérimental à parois lisses et en ne tenant compte que de quelques facteurs dynamiques et physiques. Ces résultats mathématiques ne sont donc que difficilement applicables aux phénomènes naturels.

Des études doivent être poursuivies dans ce sens en se rapprochant le plus possible des conditions naturelles, c'est-à-dire en tenant compte au maximum des facteurs influençant ces processus.

Il est nécessaire d'étudier les relations entre les caractères physico-chimiques du sédiment et l'étendue du transport, ceci en particulier en estuaire et le long des côtes.

Peu d'études ont été faites sur la quantité de sédiment pouvant être remise en suspension avec des degrés variés de turbulence et de vitesse de courant.

Il est également nécessaire d'étudier les effets des variations de température sur la charge en sédiment des cours d'eau.

Des recherches sont nécessaires pour déterminer le mouvement et la dispersion des sédiments contenus dans les eaux de rejets d'affluents issues d'émissaires immergés.

A propos de ces rejets, de nombreuses questions restent encore sans réponse, ou n'ont que des réponses trop fragmentaires :

- est-ce que les boues solides décantent ? où sont-elles dispersées ?
- si la décantation se produit, combien de temps cela prend-il ?
- est-ce que les boues restent au point de dépôt ou est-ce que cette phase est entraînée ? (ce point en particulier est primordial lorsque le rejet se situe près des côtes)
- quels sont les effets des courants à différentes profondeurs sur la dispersion des boues ?
- en cas de rejet côtier ou en estuaire, comment ces courants sont-ils affectés par les saisons, marées...?

Enfin, des études hydrauliques sont nécessaires pour évaluer les moyens possibles de transport et la concentration des sédiments indésirables ou pollués en des points précis, ceci facilitant leur enlèvement.

- Action sur la vie aquatique

Il est nécessaire de déterminer précisément les effets de la sédimentation sur la production primaire, le remplissage des trous, sur les organismes enterrés ou fixés, l'action adhésive, le comblement des espaces entre les graviers.

Des études doivent être faites pour identifier les effets nuisibles des matières en suspension sur les poissons et coquillages.

Des études doivent être entreprises pour déterminer le degré de nocivité des différents sédiments ou matières en suspension sur la faune aquatique.

Quel est le rôle exact de la sédimentation saisonnière, particulièrement sur la nourriture des poissons ?

Ces recherches peuvent inclure l'étude de l'accélération des dépôts de sédiment dans les réservoirs et cours d'eau lents en fonction de la température qui produit une augmentation de l'activité photosynthétique et la croissance d'algues nuisibles et de mauvaises herbes aquatiques.

Quelles bactéries peuvent se développer sur les différentes qualités chimiques de sédiment ?

Combien de temps faut-il à une bactérie pour se développer lorsqu'un nouveau sédiment est déposé ?

A propos de la teneur en oxygène, quelles sont les demandes en oxygène des substances rejetées dans les cours d'eau ?

Quelle est la variabilité de demande en oxygène des sédiments organiques dues aux variations physico-chimiques ?

) - Pollutions chimiques

De très nombreux travaux ont été faits pour essayer de comprendre le rôle joué par le sédiment vis-à-vis des autres polluants.

D'après ces diverses recherches, il apparaît que le sédiment, en adsorbant les polluants et en ne les relachant que difficilement a un rôle plutôt bénéfique pour les eaux de surface.

Toutefois, pratiquement tous les résultats obtenus jusqu'à présent proviennent d'études de laboratoire et ne tiennent donc pas compte de toutes les conditions naturelles. Ces résultats doivent donc être considérés avec prudence lorsque les conditions d'analyses ne sont pas précises, comme c'est trop souvent malheureusement le cas.

Afin de mieux connaître ces phénomènes, de nombreuses recherches sont nécessaires.

Si l'assimilation du polluant par le sédiment est permanente, cela peut-être un moyen acceptable de dépôt des rejets. Dans quelques cas, un changement relativement faible des constituants chimiques de l'eau peut causer le relâchement du polluant dans l'eau. Ces phénomènes de piégeages et de libération doivent être étudiés en laboratoire.

Quels polluants sont neutralisés par le sédiment, et lesquels ne le sont pas ?

Quelles réactions chimiques peuvent contribuer à une rapide détoxification et dégradation de beaucoup de polluants ?

Quels sont les facteurs affectant la distribution des polluants entre l'eau et le sédiment ?

Quel est le rôle exact du sédiment en tant que vecteur des polluants ?

Quelle quantité relative de polluant peut être piégée par les sédiments ?

Quels effets ont les animaux et plantes benthiques sur la composition chimique du sédiment ?

Il faut aussi déterminer les effets de la remise en suspension des sédiments pollués, les effets de l'ingestion des complexes organo-métalliques par les animaux.

L'étude du taux de désorption du polluant à partir des particules après le dépôt de celles-ci dans un nouvel environnement est également nécessaire.

Les études devront également porter sur la détermination des concentrations dangereuses en polluants des sédiments pour la faune de fond.

Les processus d'eutrophisation ont été étudiés, mais le rôle du sédiment dans ces phénomènes est encore assez mal connu.

Enfin, les différents moyens par lesquels les sédiments contaminés déposés peuvent entrer dans la chaîne alimentaire devront être étudiés (nourriture aux différents niveaux de la chaîne, filtrage d'eau...).

TABLE DES MATIERES

Résumé	4		
		CHAPITRE 2	
Présentation (A. LE ROUX)	5	ACTION DES MATIERES EN SUSPENSION	
Introduction	6	SUR LA VIE AQUATIQUE	
		I. ACTION SUR LA FAUNE	34
CHAPITRE 1		1. Mort ou survie des poissons due	
DYNAMIQUE DES MATIERES EN SUSPENSION		aux matières en suspension inertes	34
1. ORIGINE DES MATIERES EN SUSPENSION	8	1.1. Très fortes concentrations	34
II. TRANSPORT DES MATIERES	10	1.2. Fortes concentrations	35
1. Mode de transport	10	1.3. Moyennes concentrations	37
2. Importance des différents transports	11	2. Mort ou survie des poissons.	38
3. Transport par charriage	11	due aux précipités de métaux	39
4. Transport en suspension	12	3. Mort ou survie des invertébrés	40
4.1. Facteurs affectant la quantité		4. Reproduction	41
de matières en suspension	12	5. Croissance	42
4.2. Répartition des matières en		6. Résistance aux maladies	42
suspension	16	7. Action sur la nourriture	43
4.3. Remise en suspension	21	8. Comportement de la faune vis-à-vis	43
		des matières en suspension	44
III. FLOCCULATION DES SEDIMENTS	22	9. Protection de la faune contre	44
1. Généralités	22	les matières en suspension	
2. Facteurs affectant la flocculation	23	II. ACTION SUR LA FLORE	45
2.1. Influence de la taille des		1. Action directe	45
particules	21	2. Action indirecte : Action	45
2.2. Influence de la concentration		sur la photosynthèse	
en particules solides de la		III. ACTION SUR LES MATIERES	46
suspension	24	conclusion	41
2.3. influence du milieu aqueux	24	IV. ACTION DES MATIERES EN SUSPENSION SUR L'OXYGENE	
2.4. Influence de la nature des ions		1. Action sur l'oxygène dissous	53
de la solution	26	2. Action sur le DBO	53
2.5. Influence de la nature des		3. Conclusion	55
argiles	27		
2.6. Influence du pH	28	CHAPITRE 3	
2.7. Variations de température	28	ACTION DES MATIERES EN SUSPENSION	
IV. DECANTATION ET DEPOT DES MATIERES EN SUSPENSION	29	SUR LA POLLUTION CHIMIQUE	
1. Effet de la salinité sur la vitesse		I. GENERALITES	58
de décantation	30	1. Facteurs principaux régissant	58
2. Influence des orages sur la vitesse		l'adsorption	58
de décantation	30	1.1. Potentiel électrocinétique	50
3. Influence des dragages	31	1.2. Capacité d'échange	60
4. Rejets en mer	31		

2. Facteurs secondaires	63	1.1. Equilibre eau-vase	86
		1.2. Taille des particules	87
		1.3. Concentration de la solution en radio-éléments	87
		1.4. Concentration ionique de la solution	87
		1.5. Temps de contact	88
		1.6. Effet de la matière organique	88
		1.7. Température	88
		1.8. Nature du produit radio-actif	88
		2. Transport des radio-nucléides	89
		3. Désorption	90
CAS DES PESTICIDES	66		
1. Origine des pesticides dans les eaux	66		
2. Solubilité des pesticides	66		
3. Facteurs contrôlant l'adsorption des pesticides	67		
3.1. Nature de l'adsorbant	68		
3.2. Effet de la matière organique	70		
3.3. Taille des particules	71		
3.4. Nature du pesticide et concentration	71		
3.5. Salinité	72		
3.6. Présence d'autres éléments	72		
3.7. Effet du pH	73		
3.8. Effet de la température	73		
3.9. Temps de contact	73		
4. Désorption des pesticides	74		
5. Conclusions	74		
CAS DES METAUX LOURDS	75		
1. Répartition des métaux entre le sédiment et le milieu	75		
2. Facteurs contrôlant l'adsorption	78		
2.1. Nature de l'adsorbant	78		
2.2. Effet de la matière organique	79		
2.3. Capacité d'échange	79		
2.4. Taille des particules	80		
2.5. Salinité	81		
2.6. Effet du pH	81		
3. Précipitation	81		
3.1. Précipitation directe	81		
3.2. Rôle des sulfures	85		
3.3. Rôle des carbonates, dureté de l'eau	85		
4. Désorption	86		
CAS DES FRUITS RADIO-ACTIFS	86		
1. Facteurs affectant l'adsorption des radio-isotopes	86		
		1.1. Equilibre eau-vase	86
		1.2. Taille des particules	87
		1.3. Concentration de la solution en radio-éléments	87
		1.4. Concentration ionique de la solution	87
		1.5. Temps de contact	88
		1.6. Effet de la matière organique	88
		1.7. Température	88
		1.8. Nature du produit radio-actif	88
		2. Transport des radio-nucléides	89
		3. Désorption	90
		D- CAS DE L'EUTROPHISATION	90
		1. Equilibre eau-vase	91
		2. Adsorption, désorption	91
		2.1. Du phosphore	91
		2.2. Des sels ammoniacaux	92
		3. Conclusions	92
		II. CONCENTRATIONS DES POLLUANTS DANS LA CHAÎNE ALIMENTAIRE	93
		III. DEPOLLUTION NATURELLE ET ARTIFICIELLE	97
		1. Cas généraux	97
		2. Cas du mercure	98
		3. Rejets en mer	99
		CONCLUSIONS GÉNÉRALES	100
		1. Dynamique des sédiments	100
		2. Action sur la vie aquatique	101
		3. Pollutions chimiques	101
		Bibliographie	103
		Résumé en anglais, allemand, espagnol et russe	116