

Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Etude de la toxicité des matériaux de dragage

Rapport d'étude

Marc BRAY

Département Gestion des Milieux Aquatiques
Unité de Recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques
Laboratoire d'Ecotoxicologie

Groupement de Lyon
3 bis Quai Chauveau - CP 220
69336 Lyon cedex 09
Tél. 04 72 20 87 87 - Fax 04 78 47 78 75

Décembre 1999

SOMMAIRE



1	OBJET DE L'ÉTUDE..	3
2	SÉDIMENTS ÉTUDIÉS	3
3	MATÉRIEL ET MÉTHODE	3
4	RÉSULTATS	4
4.1	Essais sur sédiments	4
4.1.1	Analyses physico-chimiques.....	4
4.1.2	Essais sur chironomes.....	4
4.2	Essai cuivre.....	7
5	DISCUSSION ET CONCLUSIONS.....	7
	BIBLIOGRAPHIE	9
	ANNEXE 1 : ESSAI SUR CHIRONOMES – PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL	10
	ANNEXE 2 : ESSAI CHIRONOMES – PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL - TOXIQUE DE RÉFÉRENCE.....	14
	ANNEXE 3 : RÉSULTAT ESSAI CHIRONOMES AVEC SUBSTANCE DE RÉFÉRENCE	17
	ANNEXE 4 : GRANULOMÉTRIE ET ANALYSES CHIMIQUES.....	18
	ANNEXE 5 : ANALYSES MÉTAUX, PCB, HAP SUR SÉDIMENTS.....	19
	ANNEXE 6 : DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES JOURNALIERES.....	20
	ANNEXE 7 : RÉSULTATS ESSAIS CHIRONOMES	26

1 Objet de l'étude

Dans le but de formuler des recommandations sur la gestion des matériaux de dragage et d'améliorer les protocoles d'essais existants, l'Agence de l'eau Rhin - Meuse a confié au Cemagref l'étude de la toxicité de sédiments vis à vis de la faune aquatique.

En 1995 une étude sur la faisabilité d'essai sur sédiments à l'aide de chironomes a été confiée par l'Agence Rhin Meuse à la société canadienne ANALEX Inc. Celle-ci a permis l'élaboration d'un protocole expérimental. En se basant sur des essais réalisés sur une petite dizaine d'échantillons provenant du bassin Rhin Meuse, la présente étude devrait permettre de fournir un protocole d'essai amélioré et de comparer la toxicité potentielle des différents sédiments.

2 Sédiments étudiés

Neuf sédiments ont fait l'objet d'essai vis à vis de *Chironomus riparius*. Les sédiments ont été reçus en deux fois, une première série de six le 5 mai 1998 et les trois derniers le 27 novembre 1998.

Prélèvements	Numérotation agence
<i>Ars sur Moselle</i>	<i>A 1 -mai98</i>
<i>Blénod les Pont à Mousson</i>	<i>B 1- mai 98</i>
<i>Blénod les Pont à Mousson</i>	<i>B 2-mai98</i>
<i>Custines</i>	<i>C 1- mai 98</i>
<i>Custines</i>	<i>C 2 - mai 98</i>
<i>Metz</i>	<i>MO-mai98</i>
<i>Meurthe à Blainville</i>	<i>Novembre 98</i>
<i>Etang du Stock</i>	<i>Novembre 98</i>
<i>Etang de Mittersheim</i>	<i>Novembre 98</i>

Tableau 1 : Liste des sédiments

Les essais de toxicité ont été réalisés du 09 juin au 19 juin 1998 pour la première série et du 8 au 18 décembre pour la deuxième.

3 Matériel et méthode

L'espèce de chironome utilisée pour ces séries d'essai est différente de celle utilisée lors des essais par ANALEX Inc.. Dans l'étude canadienne, il s'agissait de *Chironomus tentans*, dans notre cas de *Chironomus riparius*, ces deux espèces sont très proches, cependant, *riparius* à une phase larvaire plus courte, l'émergence intervenant à environ 17 jours au lieu de 21 jours pour *tentans*.

Les larves de *Chironomus riparius* utilisées lors de ces essais, sont âgées de 4 jours et proviennent d'un élevage en continu du laboratoire.

Pour chaque série, un essai sur un sédiment artificiel composé de sable de Fontainebleau préensemencé à l'aide de Tetra Min@ a été fait conjointement (protocole expérimental en annexe 1).

Durant toute la durée de l'étude, des essais de toxicité aiguë 96 heures avec le toxique de référence (CuSO₄) ont été réalisés (annexe 2). Ces essais dans le temps permettent d'établir une carte de contrôle et de suivre ainsi la qualité de notre élevage.

Au cours des essais les paramètres physico-chimiques suivants ont été mesurés quotidiennement : température, oxygène dissous, conductivité, pH, nitrites et ammoniac. Les moyennes journalières de ces différents paramètres sont présentées en annexe 3.

Des analyses de granulométrie et des analyses chimiques sur les sédiments ont été effectuées sur la première série (annexe 5).

4 Résultats

4.1 Essais sur sédiments

4.1.1 Analyses physico-chimiques

Les moyennes des paramètres physico-chimiques mesurés pendant la durée des essais sont reportées dans le tableau 2 ci dessous. Les moyennes journalières des différents paramètres sont joints en annexe (6).

		Température	Conductivité	O ₂ dissous	pH	NO ₂	NH ₄
Témoin 1	M	21.15	687.2	6.86	8.37	0.073	0.207
	et	0.23	31.8	0.54	0.08	0.044	0.193
Ars sur M	M	21.07	699.1	6.26	8.2	0.085	0.195
	et	0.21	45.8	0.53	0.11	0.057	0.281
Blénod 1	M	20.98	714.2	5.98	8.06	0.176	0.726
	et	0.24	49.3	0.59	0.14	0.133	0.800
Blénod 2	M	20.77	689.2	6.32	8.03	0.184	0.739
	et	0.61	38.8	0.42	0.12	0.125	1.014
Custines 1	M	20.88	683.2	6.37	8.05	0.157	1.153
	et	0.42	38.8	0.83	0.15	0.132	1.283
Custines 2	M	20.94	694	6.32	8.00	0.185	0.919
	et	1.01	36.8	0.39	0.10	0.123	1.205
Metz	M	21.06	701.1	6.12	8.06	0.110	0.462
	et	1.47	46	0.47	0.11	0.055	0.697
Témoin 2	M	21.71	800.5	6.65	8.02	0.072	0.083
	et	0.11	7.61	0.69	0.05	0.045	0.027
Blainville	M	21.56	783.42	5.53	7.73	0.155	0.262
	et	0.14	2.86	0.69	0.05	0.055	0.092
Etg du Stock	M	21.58	781.22	5.50	7.75	0.178	0.238
	et	0.09	6.37	0.32	0.03	0.039	0.126
Etg Mittersheim	M	21.72	790.9	5.72	7.77	0.177	0.235
	et	0.08	1.93	0.36	0.04	0.093	0.118

Tableau 2 : Suivis physico-chimiques

4.1.2 Essais sur chironomes

Les résultats des essais de toxicité sur les sédiments témoins et les neuf sédiments sont reportés tableau 3 et 4. Les graphiques 1 et 3 représentent la survie des chironomes des deux séries d'essai, les graphiques 2 et 4 leurs poids en fin de test. Les résultats de chaque essai sont joints en annexe 7.

Après analyse statistique (Statistica) de ces résultats :

Pour la première série d'essai

Il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) de survie entre les sédiments prélevés et le sédiment témoin (test non paramétrique de Mann -Whitney).

Il existe une différence significative ($p < 0,05$) pour les poids des échantillons B2 (Blénod les Pont à Mousson 2) et C1 (Custines 1), Le sédiment B1 (Blénod les Pont à Mousson 1) est à la limite de la significativité ($p = 0,07$) du fait de l'hétérogénéité des poids moyens des différents réplicats de ce sédiment.

Essai N°		Silice	Ars sur Moselle	Blénod les Pont à Mousson		Custines		Metz
		Témoin	A1	B1	B2	C1	C2	M0
Essai N°		55	56	57	59	58	60	61
Survie %	M	86.0	86.0	86.3	74.5	70.6	84.0	82.4
	E.T.	16.73	11.40	23.07	18.17	10.95	8.94	11.40
Poids sec en mg	M	0.82	0.90	0.49	0.61	0.46	0.63	0.70
	E.T.	0.19	0.19	0.26	0.13	0.11	0.19	0.11

Tableau 3 : Survie et poids chironomes (1^{ère} série)

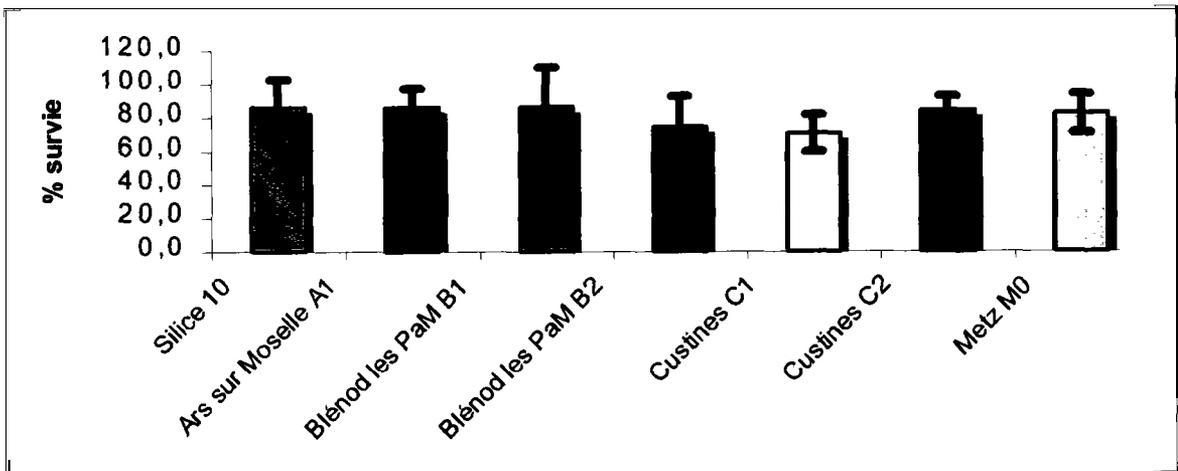


Figure 1 : Survie chironomes (1^{ère} série)

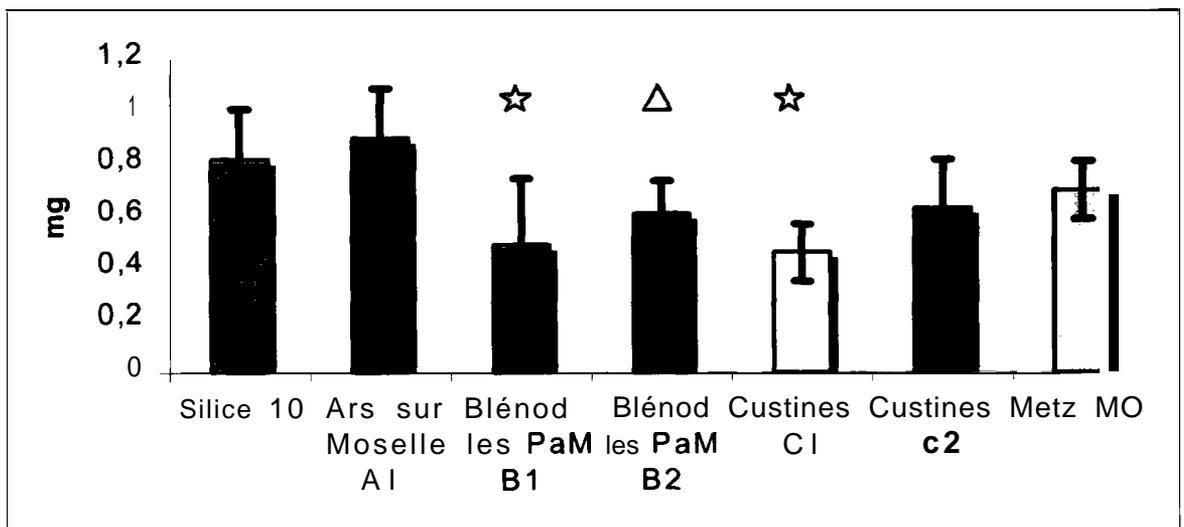


Figure 2 : Poids chironomes (1^{ère} série)

		Silice Témoin	Meurthe Blainville	Etang du stock	Etang de Mittersheim
Essai N°		86	87	88	89
Survie %	M	96	94	92	94.1
	E.T.	0.55	0.89	1.3	1.14
Poids sec en mg	M	1.61	1.10	1.12	1.01
	E.T.	0.33	0.35	0.19	0.22

Tableau 4 : Survie et poids chironomes (2^{ème} série)

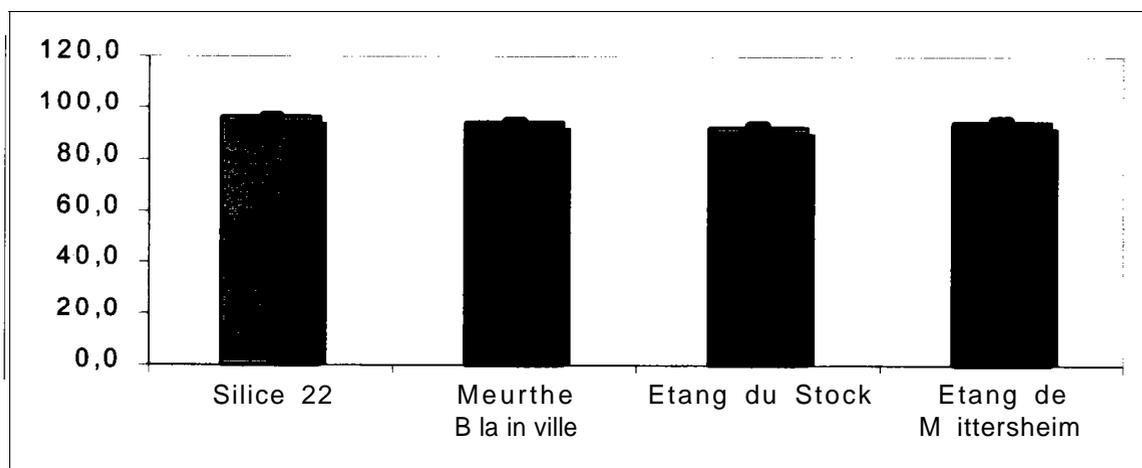


Figure 3 : Survie chironomes (2^{ème} série)

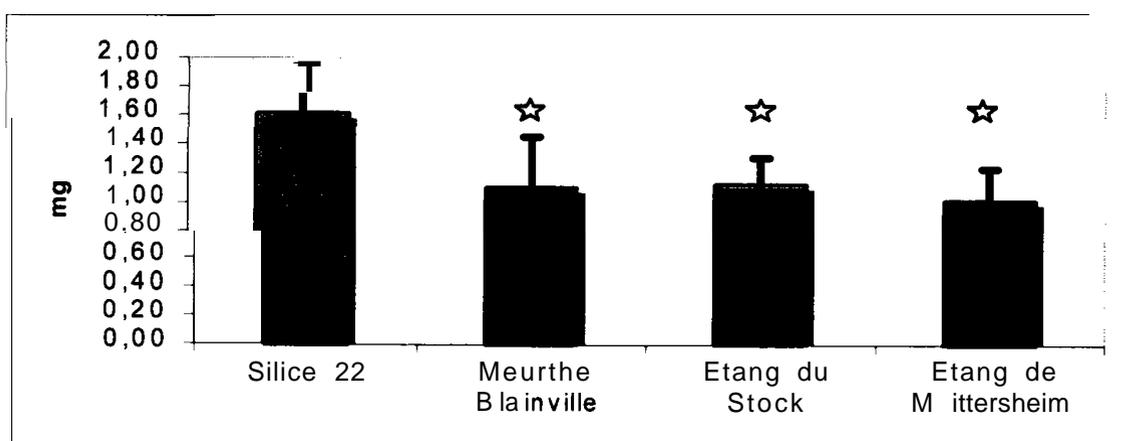


Figure 4 : Poids chironomes (2^{ème} série)

☆ Significativement ≠ du contrôle ($p < 0.05$)

△ Sédiment à la limite de la significativité

Les résultats sur sédiment artificiel (sable de Loire) satisfont au critère de validité de l'essai, survie > 70% pour les témoins (US EPA) et sont comparables à ceux obtenus précédemment au laboratoire pour le poids. De même pour le sédiment d'Ars sur Moselle (Al), les pourcentages de mortalité et les résultats de croissance sont similaires à ceux obtenus sur un sédiment de l'Ain que nous considérons comme sédiment de référence non pollué.

Pour la deuxième série d'essai

Il n'y a aucune différence significative ($p < 0,05$) de survie entre les sédiments prélevés et le sédiment témoin (test non paramétrique de Mann -Whitney).

Il existe une différence significative ($p < 0,05$) pour les poids des trois échantillons Blainville, étang du Stock, étang de Mittersheim.

Les résultats sur sédiment artificiel (sable de Loire) satisfont au critère de validité de l'essai, survie > 70% pour les témoins. Pour le poids, on peut noter une très forte augmentation par rapport à la première série.

4.2 Essai cuivre

Durant la période où les essais sur sédiments ont été réalisés, un certain nombre d'essais sur Cuivre ont été faits. Les résultats montrent une assez grande stabilité de la CL 50

Date	Durée en h	CL 50 µg/l	Ecart-type	Dureté mg L ⁻¹ Ca CO ₃	Référence
04/05/98	96	878	178	150-170	Cemagref
12/05/98	96	686	203	150-170	Cemagref
08/06/98	96	1679	312	150-170	Cemagref
Essais de la 1 ^{ère} série					
06/07/98	96	1575.8	196.8	135-144	Cemagref
27/07/98	96	1481.6	122.6		Cemagref
07/09/98	96	1284	611	126-144	Cemagref
Essais de la 2 ^{ème} série					
11/01/99	96	1668.7	279.8	180	Cemagref

Tableau 5 : Résultats essais cuivre sur Chironomes

5 Discussion et Conclusions

Pour tous les essais les paramètres physico-chimiques sont normaux et stables pendant la durée des tests (température, conductivité, oxygène dissous et pH). On ne note pas de valeurs anormales en ce qui concerne l'ammoniac et les nitrites seules les valeurs en ammoniac de Blénod 1 et 2 et Custines 1 et 2 sont légèrement élevées.

Les clauses de validité pour les deux témoins sont remplies, survie > à 70 % et poids moyen de 0.96 mg par individu (0.83 – 1.01) (Garric 1998).

Pour les mesures de poids, on observe une différence entre les deux séries de témoins, différence qui reste cependant dans les valeurs obtenues sur les nombreux essais sur silice réalisés au laboratoire.

Pour tous les essais on ne note pas d'effet significatif sur la mortalité des chironomes. Les seuls effets significatifs observés concernent le poids des individus en fin d'essai. On observe un effet sur cinq des neuf échantillons : Blénod les Pont à Mousson (1), Custines (1),

Blainville et les étangs du Stock et de Mittersheim. Le sédiment de Blénod les Pont (2) à Mousson est à la limite de la significativité.

Les résultats des analyses métaux et micro polluants (PCB et HAP) effectués par l'IRH et qui nous ont été transmis sont joints en annexe 5

A la lumière des analyses chimiques de métaux et de micropolluants organiques dont nous avons les résultats, nous pouvons essayer de déterminer l'importance respective des contaminants dans l'expression de la toxicité.

La qualité des sédiments peut être étudiée en comparant nos résultats à deux valeurs, le TEL (Threshold Effect Level) et le PEL (Probable Effect Level) proposées par SMITH et al (1966) qui permettent de définir des plages de concentrations pour lesquelles un effet rarement ($x < \text{TEL}$), occasionnellement ($\text{TEL} < x < \text{PEL}$) et fréquemment ($> \text{TEL}$) observé.

Les valeurs des TEL et les PEL de ces différents polluants sont reportées dans le tableau 6.

Pour la première série d'essai, on remarque que la somme des TEL est assez élevée et une bonne corrélation entre les effets observés et la somme des PEL, les valeurs de PEL supérieures ou égales à 2 correspondent à un effet sur le poids. Pour Blénod 1 et Custines 1, les valeurs des TEL et PEL métaux sont relativement élevées ($\text{TEL} > 2$ et $\text{PEL} > 0.8$)

Pour la deuxième série seuls les dosages de HAP ont été réalisés sur les sédiments qui ont servis aux essais. A part Blainville où les concentrations en HAP sont un peu élevées, rien ne permet avec les résultats en notre possession de proposer une cause aux effets observés.

Il faut remarquer pour ces 3 sédiments que si le poids des chironomes est significativement différent des témoins, il est cependant égal au poids des chironomes témoins du premier essai. La différence de poids n'est peut être que le résultat d'une meilleure maturation du sable ayant permis une prise de poids plus importante.

	somme métaux/ TEL	somme PCB/TEL	somme HAP/TEL	Somme TEL	somme métaux/ PEL	somme PCB/PEL	somme HAP/PEL	Somme PEL	Effet poids chiros
Ars	0,6	7,625	6,265	14,5	0,2	0,939	0,374	1,5	-
Blénod1	2,8	5,279	5,428	13,5	1,0	0,650	0,324	2,0	+
Blénod2	2,0	4,428	3,967	10,4	0,7	0,545	0,237	1,5	+/-
Custine1	2,3	7,185	6,200	15,7	0,8	0,884	0,370	2,1	+
Custine2	1,5	2,463	5,166	9,1	0,5	0,303	0,308	1,2	-
Metz	1,2	4,721	8,699	14,7	0,4	0,581	0,519	1,5	-

Tableau 6 : Concordance toxicité - concentrations chimiques

En conclusion, ces essais sur *Chironomus riparius* permettent donc d'observer une toxicité potentielle de certains des sédiments étudiés uniquement grâce à la mesure du poids des larves. Pour ce qui est de l'optimisation des témoins il reste à définir un protocole précisant la qualité (sable ou sable + argile), la quantité de substrat, la quantité et la qualité de la nourriture apportée, et le temps de maturation.

Bibliographie

GARRIC J., BONNET C., BRAY M., MIGEON B., MONS R., VOLLAT B. (1998)

Bioessais sur sédiments – Méthodologies et application à la mesure de la toxicité de sédiments naturels.

Rapport Agence RMC – convention 97.9004 - 75p.

SMITH S., Mac DONALD D.D., KEENLEYSIDE K.A. and GAUDET C.L. (1996)

The developpement and implementation of Canadian sediment quality guidelines. In development and progress in sediment quality assesement rationale challenge, Technique and Strategies, p 233-249, Eds Munavar M. and Dave G. Ecodivision World Monograph Series 1996 SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands.

US EPA (1994)

Methods for mesuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates

Office of Research and Development, Washington D.C. 20460.