

ACTION DU CARBONATE DE CALCIUM SUR LA VASE D'UN ÉTANG II. EFFETS D'UN ÉPANDAGE EN MÉLANGE AVEC LA VASE

Cl. MARTY (1) et J. SÉCHET (2)

RÉSUMÉ

La mise en place des trois séries expérimentales où les apports de carbonate de calcium à des doses différentes ont été effectués en mélange intime dans la couche superficielle de la vase a permis :

- de confirmer les résultats observés dans la première partie de l'étude, principalement en ce qui concerne l'augmentation du pH et des populations de microorganismes dans l'eau et la vase, et la diminution dans cette dernière du taux des composés organiques ;
- d'apprécier l'action de la craie en profondeur sur le sédiment ;
- de préciser les différents mécanismes mis en œuvre ;
- de préconiser une méthode de traitement des étangs envasés.

Mots-clés : étang, carbonate de calcium, microbiologie, oxygénation de l'eau, composés organiques.

SUMMARY

The study of three experimental series in which different doses of calcium carbonate were thoroughly mixed with the superficial layer of sediment allowed :

- to confirm results obtained previously mainly with respect to pH and microorganisms increase in water and sediment, and rate of organic compound decrease in the latter ;
- to evaluate chalk action deep in the sediment ;
- to precise the different processes at work ;
- to recommend a method to treat heavily sedimented ponds.

(1) Laboratoire d'Ecologie des Poissons et d'Aménagement des Pêches, Centre de Recherches Hydrobiologiques I.N.R.A., B.P. 3, Saint-Pée-sur-Nivelle, 64310 Ascaïn (France).

(2) Laboratoire de Botanique Appliquée et de Microbiologie, Université de Bordeaux I, Avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex (France).

PLAN

I. INTRODUCTION

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

III. RÉSULTATS

A. Action du carbonate de calcium en mélange avec la vase (expérience 1)

3.1. Variations des paramètres physico-chimiques

3.1.1. Dans l'eau

3.1.2. Dans la vase

3.2. Evolution des populations de microorganismes

3.2.1. Dans l'eau

3.2.2. Dans la vase

3.3. Prélèvements en fin d'expérimentation

3.4. Observation de la flore algale

B. Effets de l'environnement extérieur (expérience 2)

C. Effets du renouvellement partiel de l'eau (expérience 3)

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement M. DAVAINÉ pour les précieux conseils et l'aide permanente qu'il nous a apportés dans ce travail.

INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses observations effectuées dans plusieurs régions et dans des conditions différentes de traitement, ont amené les expérimentateurs à considérer que l'épandage de carbonate de calcium dans les cours d'eau et les étangs pouvait résoudre, au moins en partie, le problème de l'envasement de ces milieux.

L'intérêt de ces apports est apprécié différemment selon les observateurs et nous avons développé les diverses théories dans un travail antérieur (MARTY et SÉCHET, 1982). Nous rappellerons cependant que l'élimination de la couche de vase, ou tout au moins sa diminution, est généralement admise dans les cours d'eau grâce à des transformations physico-chimiques du sédiment, alors qu'en étang, le phénomène semble plus particulièrement lié à l'activité des populations microbiennes dont la sensible augmentation accélère la minéralisation des composés organiques de la vase.

L'étude expérimentale précédente avait permis de conclure à des résultats similaires *in situ* et au laboratoire confirmant les hypothèses d'action de la craie avancées lors des travaux préliminaires (MARTY, 1972; LAURENT et SÉCHET, 1973). Ces diverses expériences basées sur l'épandage de carbonate de calcium au niveau de l'interface vase-eau ont démontré que la zone d'action de la craie sur le sédiment est limitée à la partie superficielle de celui-ci. Il était donc intéressant de mettre en œuvre une expérimentation où l'apport de la craie serait effectué en mélange intime avec la vase sur une épaisseur plus importante.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel et les techniques employés sont les mêmes que dans la première partie de l'étude. Trois séries expérimentales ont été mises en place, comportant chacune 4 tubes à moitié remplis de vase originaire de l'étang de Léon (Landes) sur une hauteur de 50 cm, surmontée par une couche d'eau libre de même hauteur. En plus du témoin, différentes quantités de craie égales à 1, 2 et 4 fois la dose de référence (5 t/ha) ont été introduites dans les 3 autres tubes par brassage dans les 15 premiers centimètres de vase grâce à un système de guidage.

L'expérience 1, support principal de cette étude, s'est déroulée à l'intérieur du laboratoire. Les expériences 2 et 3 semblables à la précédente en diffèrent cependant par des conditions expérimentales particulières mettant en évidence : l'action de la température et celle du renouvellement partiel de l'eau. L'expérience 2 poursuivie à l'extérieur du laboratoire a donc subi des variations de température plus importantes que celles enregistrées lors de l'expérience 1. Dans l'expérience 3, 1/2 litre d'eau a été remplacé tous les jours et dans chaque tube par un volume équivalent d'eau provenant de l'étang de Léon. Cette opération nous a permis d'apprécier l'évolution des différents paramètres dans un système semi-ouvert. Le tableau 1 résume les caractéristiques principales du dispositif expérimental.

Tableau 1 : Caractéristiques du dispositif expérimental

Expérience n°	Durée	Localisation	Rythme de prélèvement	Observations particulières
1	24 mois	Intérieur	Mensuel	
2	24 mois	Extérieur	Mensuel	
3	18 mois	Intérieur	Mensuel les 6 premiers mois, trimestriel ensuite	Microflore totale de l'eau suivie hebdomadairement durant les 6 premiers mois

Comme dans la 1^{ère} partie de l'étude, les paramètres physico-chimiques mesurés sont :

- dans l'eau : température, oxygène dissous, dureté totale et pH ;
- dans la vase : azote total, carbone organique, matière organique et pH.

Les populations bactériennes aérobies et anaérobies (microflore totale, minéralisateurs du soufre organique) ont été dénombrées sur milieu liquide ; cependant, la méthode du dénombrement direct sur milieu solide (POCHON et TARDIEUX, 1962) a été utilisée pour suivre plus rapidement l'évolution de la microflore de l'eau dans le cas de l'expérience 3 qui comprend des prélèvements hebdomadaires.

Pour pouvoir comparer les différentes moyennes arithmétiques, nous avons utilisé la méthode statistique, appliquée au cas des petits échantillons, du test de t de STUDENT. Lorsque les résultats comparés par cette méthode seront significativement différents, ils seront accompagnés des signes + et ++ correspondant à des coefficients de sécurité égaux à 95 et 99 p. cent.

III. RÉSULTATS

A. Action du carbonate de calcium en mélange avec la vase (expérience 1)

3.1. Variations des paramètres physico-chimiques

3.1.1. Dans l'eau

La dureté totale (tabl. 2) après avoir subi une forte augmentation dès les premiers mois se stabilise dans les tubes traités autour d'une valeur moyenne de 95 mg/l; le pH suit une évolution comparable, les valeurs moyennes oscillant autour de 7,8. Ces deux paramètres augmentent proportionnellement aux doses utilisées.

Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques de l'eau et de la vase de l'expérience 1 (moyennes des résultats obtenus pendant l'expérimentation).

Milieux	Tubes				
	Paramètres	Témoin	1 Dose	2 Doses	4 Doses
Dans l'eau	pH en unité pH	5,10	7,69 ⁺⁺	7,96 ⁺⁺	7,95 ⁺⁺
	Dureté totale en mg/l	35,6	88,4 ⁺⁺	98,5 ⁺⁺	108,5 ⁺⁺
	Oxygène dissous en % de saturation	73,15	142,89 ⁺⁺	122,31 ⁺⁺	109,84 ⁺⁺
Dans la vase	pH en unité pH	6,26	6,57 ⁺⁺	6,65 ⁺⁺	6,67 ⁺⁺
	Azote total en %	15,26	15,01	14,57 ⁺	13,19 ⁺⁺
	Carbone organique en %	17,11	16,26	15,32 ⁺⁺	14,70 ⁺⁺
	Matière organique en %	32,26	30,57 ⁺⁺	29,76 ⁺⁺	28,02 ⁺⁺

Quant à l'oxygène dissous, le tableau 2 souligne nettement dans les tubes traités par rapport au témoin :

- une teneur en oxygène dissous supérieure ;
- une augmentation non proportionnelle aux doses de carbonate de calcium ;
- une valeur maximale atteinte dans le tube 1 dose ;
- des différences statistiques hautement significatives.

3.1.2. Dans la vase

Nous avons enregistré les variations du pH dont les moyennes sont consignées dans le tableau 2. L'élévation des valeurs moyennes est sensible dans les tubes traités par rapport au témoin, la différence est hautement significative. La figure 1 représentant les variations de ce paramètre en fonction du temps, nous permet de noter après les deux premiers mois où les résultats sont difficilement interprétables :

- une stabilisation des valeurs du pH à 6,3-6,4 pour le témoin et 6,7 pour les vases traitées ;
- des baisses sensibles en janvier-mars-avril et juillet-août de la deuxième année.

Quant aux trois constituants de la vase pris en compte : azote total, carbone organique et matière organique (tabl. 2), l'on enregistre des baisses constantes et proportionnelles aux doses de carbonate de calcium dans les vases traitées par rapport au témoin. A l'exception du cas de l'azote total et du carbone organique dans la vase traitée par 1 dose, toutes les valeurs sont significativement différentes de celles du témoin. En particulier, l'examen par les méthodes statistiques indique pour la matière organique des résultats significativement différents à 99 p. 100 dès l'adjonction d'une dose de craie. La figure 2 illustre les variations de ce dernier facteur et met en évidence le phénomène de baisse générale modulée par les variations cycliques saisonnières.

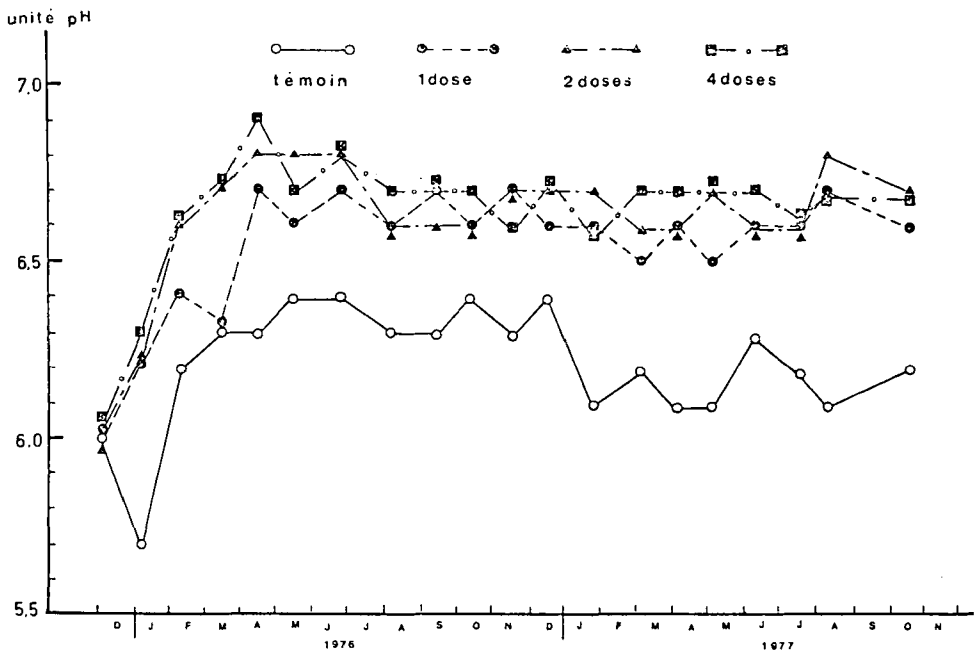


Figure 1 : pH de la vase de l'expérience 1

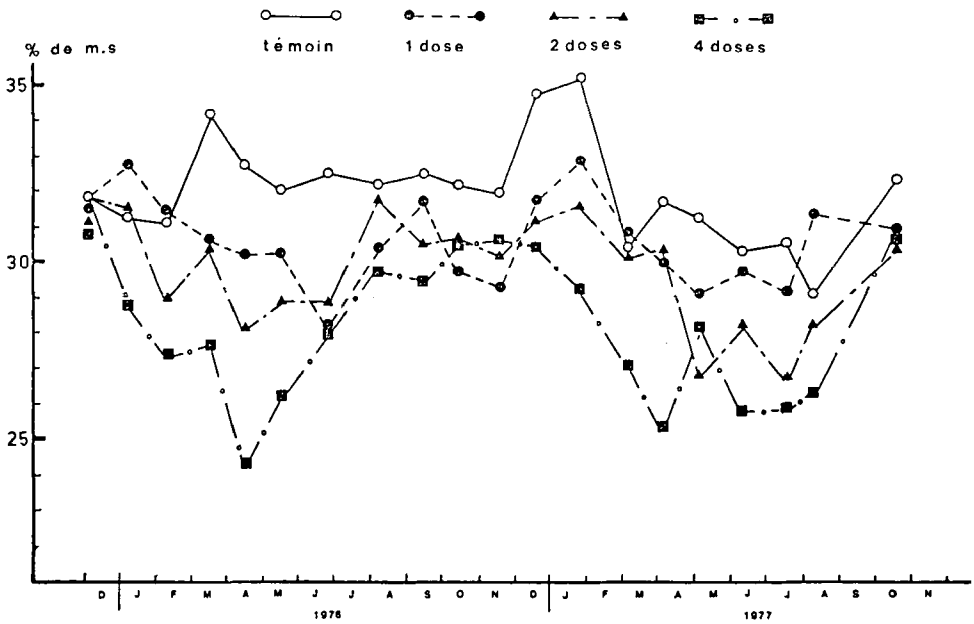


Figure 2 : Taux de matières organiques dans la vase de l'expérience 1

3.2. Évolution des populations de microorganismes

3.2.1. Dans l'eau

Les valeurs moyennes de la microflore totale dénombrée dans les différents tubes de l'expérience 1 (tabl. 3) démontrent qu'une augmentation de la population a lieu dans tous les tubes traités par rapport au témoin. En effet, l'on passe de $20 \cdot 10^3$ germes/ml dans le témoin à $9 \cdot 10^4$ germes/ml dans le tube 4 doses.

Tableau 3 : Moyennes des populations bactériennes dans l'eau et la vase de l'expérience 1 (logarithmes du nombre de germes/ml ou g).

Milieux	Tubes				
	Paramètres	Témoin	1 Dose	2 Doses	4 Doses
Eau	Microflore totale	4,31	4,70	4,82 ⁺	4,96 ⁺⁺
	Minéralisateurs du soufre organique	4,08	4,17	4,27	4,41

S'il n'y a pas de correspondance exacte entre les résultats de l'oxygène dissous dans l'eau (tabl. 2) et ceux de la microflore du milieu, l'augmentation de la teneur en oxygène dissous semble favoriser l'activité aérobie des populations de microorganismes. D'autre part, nous avons constaté tout au long de l'expérimentation, une baisse de population en fin de printemps - début été et une augmentation en hiver (fig. 3). Ce phénomène a déjà été signalé dans la 1^{ère} partie.

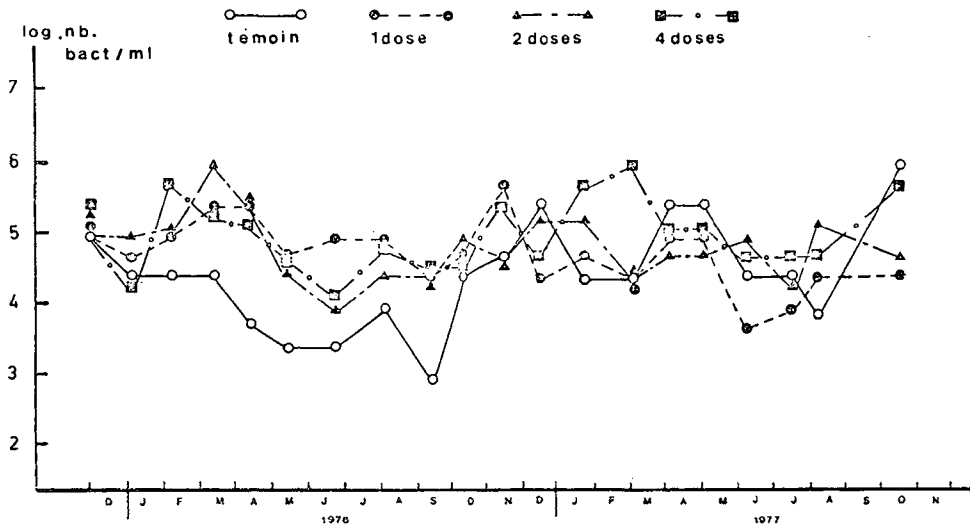


Figure 3 : Evolution du nombre de bactéries/ml de la microflore totale de l'eau de l'expérience 1.

3.2.2. Dans la vase

- Microflore totale

Pour l'ensemble des vases traitées, on note une augmentation importante des populations par rapport à celle du témoin (tabl. 3) puisque l'on passe d'environ 10^4 germes/g à 10^5 germes/g. Résultat confirmé par l'analyse statistique au seuil de signification de 99 p. cent. D'autre part, aucune différence significative n'est enregistrée lors de la comparaison des moyennes entre traitements différents, ce qui démontre pour

ce facteur un changement significatif du nombre de germes/g dès l'adjonction d'une dose, le doublement ou le quadruplement de la dose ne produisant pas de résultat statistiquement différent.

Nous signalerons à nouveau que, contrairement à ce qui se produit dans l'eau, les niveaux maximums de populations dans la vase sont atteints pendant les mois chauds (COOPER, 1953; MARTY et SÉCHET, 1982).

— *Minéralisation du soufre organique*

Ces populations de microorganismes, malgré une augmentation sensible de la valeur moyenne en fonction du traitement : passage de 10^4 à $2,6 \cdot 10^4$ germes/g (tabl. 3), ne peuvent être différenciées statistiquement les unes des autres. Comme précédemment on retrouve une augmentation sensible de ces populations durant les mois d'été.

3.3. Prélèvements en fin d'expérimentation

Le tableau 4 regroupe les résultats des analyses effectuées en fin d'expérience. A cette occasion, deux prélèvements ont été faits dans le sédiment : un en surface, dans les cinq premiers centimètres, et un au fond.

Bien que ponctuelles, les valeurs recourent dans l'ensemble les résultats trouvés tout au long de l'expérience, tant par les niveaux atteints que par le sens des variations observées en fonction des différents traitements. On constate, dans les prélèvements de fond des vases traitées, des variations par rapport au témoin, moins fortes que celles enregistrées en surface mais cependant assez sensibles, notamment pour l'azote total, le carbone organique et les populations bactériennes.

Tableau 4 : Valeurs des composés organiques, du pH et des populations microbiennes de la vase de l'expérience 1 en fonction du niveau de prélèvement, établies en fin d'expérimentation.

Paramètres	Tubes				
	Prélèvements de	Témoin	1 Dose	2 Doses	4 Doses
Azote total dans la vase en g/kg	Surface	15,16	15,19	13,93	10,68
	Fond	15,55	14,87	14,11	12,12
Carbone organique dans la vase en %	Surface	17,16	16,43	15,32	13,62
	Fond	17,30	16,40	15,62	15,16
Matière organique dans la vase en %	Surface	28,61	28,18	26,65	24,25
	Fond	29,80	29,16	29,56	28,60
pH dans la vase en unité pH	Surface	6,4	6,6	6,7	6,8
	Fond	6,2	6,3	6,4	6,4
Microflore totale dans la vase +	Surface	4,17	4,39	4,97	5,65
	Fond	3,87	4,06	3,97	4,87
Minéralisation du soufre organique dans la vase +	Surface	3,39	3,39	4,39	4,65
	Fond	3,65	3,39	3,97	4,65

+ Logarithmes du nombre de germes/g ou ml

3.4. Observation de la flore algale

L'implantation d'une flore algale a pu être constatée dès les premiers mois dans les tubes traités; elle s'est développée de façon assez importante dans les tubes 1 et 2 doses, favorisant ainsi une photosynthèse importante et donc des teneurs en oxygène dissous dans l'eau élevées. Parmi les principaux genres déterminés on peut signaler : *Cocconeis*, *Pediastrum*, *Pinnularia*, *Quadrigula*, *Scenedesmus*, *Spirogyra*, *Surirella*, *Synedra* et *Tabellaria*. Les Characées rencontrées sont essentiellement constituées de l'espèce *Nitella mucronata*.

Nous constatons d'autre part, comme dans la précédente étude, une plus grande limpidité de l'eau dans les tubes traités ainsi qu'une fluidité plus importante de la vase.

B. Effets de l'environnement extérieur (expérience 2)

Se déroulant à l'extérieur du laboratoire, cette expérience a été soumise à des variations de température plus importantes que l'expérience 1; alors que pour cette dernière, la température moyenne s'établissait à 19° C on a enregistré pour l'expérience 2 une valeur moyenne de 15,7° C.

Cet écart n'a pas eu d'influence particulière sur des paramètres tels que le pH et la dureté de l'eau ou les facteurs physico-chimiques de la vase. Par contre, le phénomène de photosynthèse, directement lié à la température, a été moins important et les teneurs en oxygène dissous dans l'eau des tubes traités sont plus basses (tabl. 5); cependant, c'est à nouveau dans le tube 1 dose qu'il est maximum.

Tableau 5 : Moyennes des teneurs en oxygène dissous et des populations microbiennes dans l'eau de l'expérience 2 (logarithmes du nombre de germes/ml).

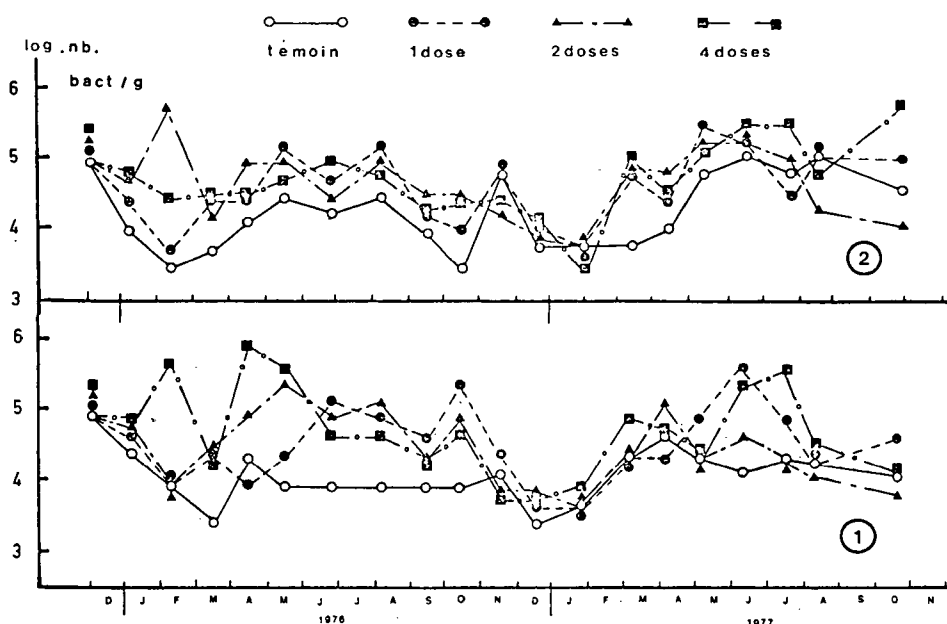
Paramètres \ Tubes	Témoin	1 Dose	2 Doses	4 Doses
Oxygène dissous dans l'eau en % de saturation	98,84	111,31 [†]	109,26 [†]	106,00
Microflore totale de l'eau	4,63	4,70	4,77	4,97

Comme dans l'expérience 1, il n'a pas été possible d'établir une correspondance exacte entre l'élévation de la teneur en oxygène dissous et l'augmentation de la microflore totale de l'eau. On constate seulement un accroissement de population dans les tubes traités, sans pouvoir mettre en évidence de différence significative avec le nombre de germes dénombrés dans le témoin (tabl. 5).

Quant aux populations bactériennes de la vase et principalement celles représentatives de la microflore totale, si les valeurs moyennes sont du même ordre de grandeur pour les deux expériences, les courbes sont plus groupées entre elles (température moyenne plus basse) dans l'expérience 2 (fig. 4), les deux ensembles présentant des allures similaires, notamment des maximums durant les mois chauds (COOPER, 1953; MARTY et SÉCHET, 1982).

En conclusion, les différences enregistrées au niveau de la température entre les deux expériences se traduisent essentiellement par une moins grande production d'oxygène dissous dans l'eau et des amplitudes différentes des variations de la microflore totale de la vase.

Figure 4 : Evolution du nombre de bactéries/g de la microflore totale dans la vase des expériences 1 et 2.



C. Effets du renouvellement partiel de l'eau (expérience 3)

Cette expérience, dont la caractéristique essentielle est le renouvellement journalier de la phase liquide pendant les six premiers mois, a pour but principal de pouvoir rapprocher les conditions réalisées au laboratoire (milieu fermé) de celles rencontrées dans un milieu partiellement renouvelé (étang).

Comme dans l'expérience 1 en laboratoire, les variations enregistrées pour les paramètres mesurés dans la vase sont identiques dans les deux cas.

C'est au niveau des facteurs physico-chimiques de l'eau et principalement du pH que l'on constate une certaine minoration des résultats, due au renouvellement de l'eau (tabl. 6). Cependant, c'est encore dans le tube 1 dose que l'on enregistre le taux maximum d'oxygène dissous dans l'eau.

Tableau 6 : Paramètres physico-chimiques de l'eau de l'expérience 3 (valeurs moyennes).

Paramètres \ Tubes	Témoin	1 Dose	2 Doses	4 Doses
pH en unité pH	5,78	7,17 ⁺⁺	7,48 ⁺⁺	7,63 ⁺⁺
Dureté totale en mg/l	38,87	82,12 ⁺⁺	96,75 ⁺⁺	126,75 ⁺⁺
Oxygène dissous en % de saturation	86,72	102,06 ⁺⁺	99,90 ⁺⁺	96,61 ⁺⁺

Le renouvellement de la phase liquide aurait pu intervenir dans l'évolution de la microflore totale; en fait, malgré les dénombrements plus fréquents effectués, les moyennes arithmétiques établies pour cette expérience sont semblables tant par le niveau atteint que par l'ampleur des différences enregistrées aux moyennes des autres expériences.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Nous venons d'exposer les principaux résultats obtenus lors des 3 expériences où l'apport de carbonate de calcium a été effectué en mélange intime avec la vase sur une hauteur de 15 cm. On constate par rapport à l'étude précédente (dépôt du carbonate de calcium sur l'interface vase-eau) que les phénomènes enregistrés varient de la même façon. On retrouve notamment pour les ensembles vase-eau traités :

- les augmentations du pH de l'eau, avec des variations saisonnières au printemps et en été peut-être liées à l'utilisation du CO₂ par le phytoplancton et les algues au maximum de leur développement à cette époque (NISBET et VERNEAUX, 1970; HUSSENOT, 1972; STUDER, 1974; GRYGIEREK et WASILEWSKA, 1979).
- l'élévation de la dureté totale, de l'oxygène dissous dans l'eau et de la microflore totale de cette dernière, ainsi que l'accroissement du pH et des populations bactériennes de la vase en relation avec une diminution sensible des composés organiques.

Par contre, c'est sur la hauteur de vase intéressée par le mode opératoire que l'expérimentation fait apparaître l'aspect positif d'un traitement en mélange. En effet, (et le phénomène est particulièrement sensible pour les vases traitées par quatre fois la dose) si l'on compare l'évolution des teneurs en azote total, carbone organique et matières organiques des prélèvements de surface et de fond par rapport au témoin, on constate, selon le mode d'apport de la craie :

- Pour les prélèvements de surface des variations de — 11,18 %, — 9,55 % et — 11,96 % (apport sur l'interface vase-eau) et de — 29,55 %, — 20,62 % et — 15,23 % (mélange craie-vase).
- Pour les échantillons de fond des écarts de — 3,45 %, + 21,09 % et — 1,06 % (apport sur l'interface vase-eau) et de — 22 %, — 12,36 % et — 4,02 % quand le mélange craie-vase est opéré.

Cette série expérimentale nous a aussi permis de mettre en évidence l'action de la température. En favorisant (par un écart moyen de 3,3° C) un développement plus dense et plus précoce de la flore algale, nous avons pu dans la phase liquide constater une augmentation significativement différente dans les tubes traités pour l'oxygène dissous et la population bactérienne (tabl. 2 et 3).

Quant au renouvellement partiel de l'eau dans la dernière expérience, si l'on a enregistré une minoration des valeurs moyennes du pH et de la dureté totale de l'eau due à la dilution du carbonate de calcium, on a pu constater pour les autres paramètres, notamment dans la vase, des résultats similaires à ceux des autres expériences de laboratoire. Il est aussi permis d'établir un lien entre un milieu ouvert (étang) où le rapport surface traitée/surface totale n'avait pu permettre de mettre en évidence de résultats significatifs et un dispositif expérimental de laboratoire qui a permis de suivre avec plus de précision l'évolution des différents paramètres.

A présent, nous pouvons concevoir les différents mécanismes reliant entre eux l'ensemble des paramètres. Cette hypothèse d'interaction est schématisée par l'ensemble synoptique de la figure 5. L'apport de carbonate de calcium dans la vase élève son pH, modifie sa structure, favorise ainsi l'accroissement des populations microbiennes qui dégradent plus rapidement les divers composés organiques. La libération dans l'eau de sels minéraux et l'augmentation de l'oxygène dissous redonnent une activité biologique plus importante au milieu et contribuent ainsi avec la baisse de la teneur en composés organiques à l'amélioration générale de l'ensemble eau-vase.

Il est à signaler qu'au terme du travail de CAVELIER-JACQUEMAIN (1977 a, 1977 b), CAVELIER (1978) sur le traitement du bassin de Sainte-Suzanne par la craie en poudre, on note des conclusions similaires aux nôtres, particulièrement par l'observation d'une nette augmentation de la visibilité, d'une diminution du taux de matières organiques (même ordre de grandeur : 9 à 13 p. 100), d'une réoxygénation de l'eau et d'une plus forte activité bactérienne.

En résumé, les observations obtenues tout au long de ces expériences nous permettent de conclure à une action bénéfique, bien que limitée, du carbonate de calcium sur l'ensemble vase-eau d'un étang.

Nous rappellerons cependant que toute intervention sur un milieu naturel doit être faite avec précaution et après des études préliminaires. Compte tenu de l'analyse des résultats de cette étude, on peut retenir comme traitement le plus approprié dans le cas

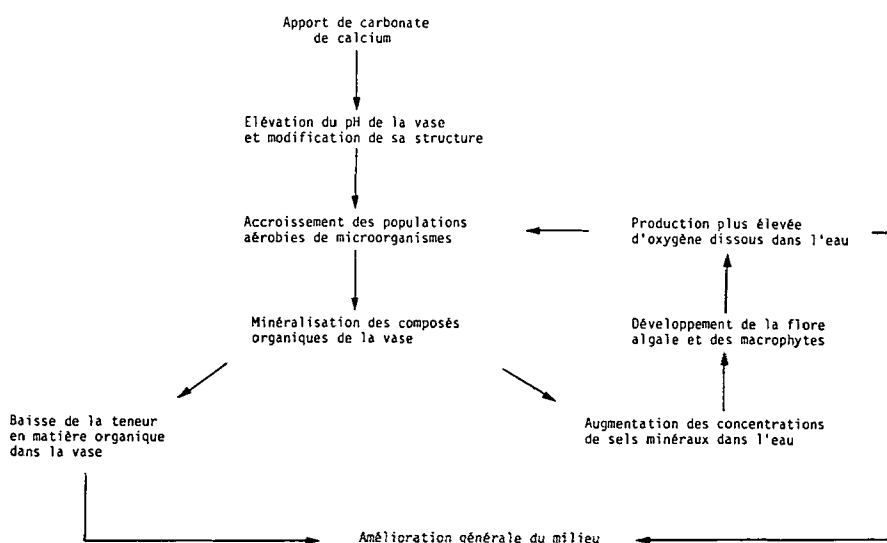


Figure 5 : Hypothèse régissant les transformations constatées.

présent, l'apport de craie correspondant à 5 t/ha associé au brassage de la couche supérieure du sédiment pour en favoriser le mélange. Ce traitement pourrait être retenu parmi les diverses méthodes d'amélioration du milieu et être envisagé dans certains cas comme solution " douce " dès qu'une accumulation de vase est constatée.

BIBLIOGRAPHIE

- CAVELIER-JACQUEMAIN C., 1977 a. Influence du déversement de craie dans un milieu limnique eutrophe. *J. fr. Hydrol.*, 8, E, 75-86.
- CAVELIER-JACQUEMAIN C., 1977 b. Traitement du bassin de Sainte-Suzanne par la craie en poudre. Contribution à l'étude d'un moyen de lutte contre l'eutrophisation. *Thèse, Fac. Sci. Univ. Rennes*, 244 p.
- CAVELIER C., 1978. Le traitement des eaux eutrophes par la craie. *Plaisirs Pêche*, 179, 71-73.
- COOPER B.A., 1953. The bottom sediments of lake Lanzo. II. Bacteriological investigations. *Revue can. Biol.*, 12, 457-494.
- GRYGIEREK E., WASILEWSKA B.E., 1979. Possibilité de régulation de biocénoses des étangs à l'élevage des poissons. *Bull. Cent. Etud. Rech. Sci., Biarritz*, 12, 3. 441-442.
- HUSSENOT J., 1972. Contribution à l'écologie des eaux stagnantes : Etude de l'étang de Barbillon (Sologne). Mesure de la production bactérienne des eaux. *Thès. Fac. Sci. Univ. Orléans*, 100 p.
- LAURENT M., SÉCHET J., 1973. Etude microbiologique de l'influence de la craie sur la vase des étangs. *Ann. Hydrobiol.*, 4, 2, 143-168.
- MARTY C., 1972. Etude microbiologique de l'influence du carbonate de calcium sur la vase de l'étang de Léon. *Dipl. Etud. Sup. Sci. Nat., Univ. Bordeaux I, INRA, Saint-Pée-sur-Nivelle*, 67 p. polycop.
- MARTY C., SÉCHET J., 1982. Action du carbonate de calcium sur la vase d'un étang. I. Essais comparatifs dans l'étang et au laboratoire. *Bull. Fr. Piscic.*, 285, 221-232.
- NISBET M., VERNEAUX J., 1970. Composante chimique des eaux courantes : discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Ann. Limnol.*, 6, 2, 161-190.
- POCHON J., TARDIEUX P., 1962. *Techniques d'analyse en microbiologie du sol*. 1 vol., Editions de la Tourelle, Saint-Mandé, 112 p.
- STUDER R., 1974. *La qualité chimique des eaux des étangs de la Brenne*. INRA, Station d'Agronomie, Châteauroux, 17 p. polycop.