



11601 D



NIVEAU D'EUTROPHISATION DE L'ETANG DU STOCK ET PERSPECTIVES D'AVENIR

L'étude réalisée en 1977-1978 par l'UER d'Ecologie (étude du bilan des apports dans l'étang du Stock - 1979) conclut à la menace d'une eutrophisation excessive de l'étang.

Le diagnostic est basé sur l'examen des concentrations moyennes en phosphore total de l'eau de l'étang mesurées de novembre 1977 à septembre 1978 et rappelées dans le tableau 1 ci-après.

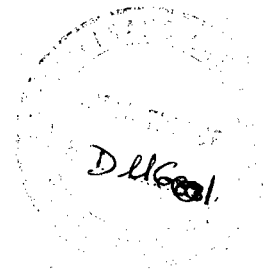
D'après le rapport 1979 - page 92 : concentration moyenne en phosphore au cours de la période hivernale : $100 \mu\text{gP/l}$. D'après VOLLENWEIDER l'étang se place donc parmi les plans d'eau eutrophisés.

Le diagnostic avancé en 1979 peut être affiné par l'utilisation de l'index trophique de CARLSON.

Cet index varie de 0 à 100, la valeur étant d'autant plus élevée que le plan d'eau est eutrophisé.

Sa détermination repose sur les valeurs moyennes estivales de transparence de l'eau, teneur en phosphore en surface et teneur en chlorophylle en surface. Le tableau 2 donne les correspondances entre la valeur de l'index et les différentes valeurs des trois paramètres.

.../



Application à l'étang du Stock

Le tableau 1 donne les valeurs moyennes estivales mesurées pour la transparence et le phosphore en surface en 5 points de prélèvement soit :

- . transparence : 1,1 m
- . phosphore total : 114 µgP/l.

Les seules concentrations en chlorophylle citées dans le rapport 1979 (p. 83) ont été mesurées en 1976 à trois reprises. Le maximum est de 28 mg/m³ de chlorophylle a.

L'index calculé à partir de la transparence ou de la teneur en chlorophylle (tableau 2) est identique et de l'ordre de 60, ce qui correspond à une tendance à l'eutrophisation marquée.

A partir de la teneur en phosphore, l'index serait compris entre 70 et 80 et aggrave le diagnostic.

Ceci permet de conclure qu'en 1979 le phosphore n'était pas l'élément limitant le développement du phénomène.

Par contre la teneur en nitrates mesurée au cours de la période estivale, en moyenne de l'ordre de 0,01 mg N/l est inférieure à la valeur admise comme limitante pour cet élément.

Perspectives d'avenir

Les mesures réalisées en 1977/1978 montrent que l'essentiel de l'azote présent dans l'eau de l'étang est sous forme organique et ammoniacale, peu disponible pour la croissance du phytoplancton.

Ceci est sans doute à mettre en relation avec les apports organiques trop importants, essentiellement dus aux effluents d'origine domestique.

Le risque essentiel pour l'avenir est que l'azote puisse être plus abondant dans l'étang sous forme de nitrates, compte tenu que par ailleurs le phosphore est actuellement excédentaire.

Ceci pourrait survenir :

. soit par une nitrification des rejets d'azote actuellement déversés essentiellement sous forme organique et ammoniacale,

. soit par une meilleure oxygénation des eaux du lac obtenue par une diminution de la pollution oxydable actuellement déversée,

. soit par des apports diffus plus importants liés à l'utilisation de plus en plus intensive d'engrais agricoles par exemple.

Par ailleurs dans les milieux carencés en nitrates, le développement d'espèces algales planctoniques capables de fixer l'azote atmosphérique (cyanophycées) est un risque certain. Ces espèces sont généralement considérées comme les plus gênantes. Ceci confirme que l'élément de maîtrise du phénomène ne peut être que le phosphore. Cet élément est actuellement excédentaire par rapport à l'azote : la réduction nécessaire des charges déversées dans l'étang est donc très importante pour éviter une eutrophisation excessive de l'étang.

.../

Tableau 1 : Mesures réalisées dans l'étang du stock de novembre 1977 à septembre 1978

Date	Teneur moyenne en surface (µgP/l)	Teneur moyenne dans l'étang (µgP/l)	Transparence en surface (m)	N - NO3 dans l'étang (µg N/l)
Novembre 1977	148	119		
Décembre 1977	138	134		
Mars 1978		75		
Avril 1978	74	113		
Mai 1978	154	179		
Juin 1978	120	129	0,9	10
Juillet 1978	74	113	1,4	11
Septembre 1978	148	160	1,1	(36)*
Moyenne sur la période		127		
Moyenne estivale (juin à septembre 1978)	114		1,1	

* 2 valeurs anormales, toutes les autres valeurs sont égales à 10 µg/l

Tableau 2 : Valeurs comparées de l'index trophique (IT) et des valeurs mesurées pour chacun des paramètres au cours de l'été

IT	Transparence (mètres)	P Total de surface (mg/m ³)	Chlorophylle (mg/m ³)
0	64	0,75	0,04
10	32	1,5	0,12
20	16	3	0,34
30	8	6	0,94
40	4	12	2,6
50	2	24	6,4
60	1	48	20
70	0,5	96	56
80	0,25	192	154
90	0,12	384	427
100	0,062	768	1.183

d'après CARLSON (1977)

1,1→ : valeurs observées dans l'étang du Stock

D 1601

APPLICATION D'UN MODELE STATISTIQUE AU CAS DE L'ETANG DU STOCK

La formulation de départ des modèles de "bilan matière" appliqués au phosphore est simple :

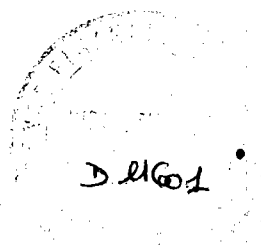
$$\left(\begin{array}{l} \text{Variation du stock de} \\ \text{P total dans l'étang} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Apports} \\ \text{externes} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Exportations} \\ \text{par l'émissaire} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Sédimentation} \\ \text{nette} \end{array} \right)$$

Cette équation traduit l'équilibre des masses. Elle s'écrit :

$$\Delta M / \Delta t = F + R - O - \text{Séd} = F - O - SR \quad (1)$$

- M : stock de P dans l'étang
- F : apports externes
- R : charge interne (relarguée par les sédiments)
- O : perte à l'émissaire
- Séd : perte par sédimentation
- SR : sédimentation "nette" : SR = Sed - R

.../



Les modèles de bilan matière reposent sur les hypothèses suivantes :

- 1) le pas de temps est pris égal à 1 an
- 2) l'état d'équilibre est atteint : constance des apports
- 3) la concentration à l'émissaire est égal à la concentration moyenne de l'eau du lac
- 4) la sédimentation nette est proportionnelle au stock présent dans le lac grâce à un facteur de proportionnalité σ , appelé taux de sédimentation nette

Sous ces hypothèses, (1) devient :

$$\Delta M / \Delta t = P_a V_a - P V_s - \sigma P V$$

- P_a : teneur moyenne pondérée des apports
 P : teneur moyenne des eaux du lac
 V_a : volume des apports annuels
 V_s : volume des pertes à l'émissaire ($= V_a$)
 V : volume du lac
 σ : taux de sédimentation nette

et $\Delta M / \Delta t = 0$

d'où

$$P_a V_a - P V_a - \sigma P V = 0$$

$$P = (P_a V_a) / (V_a + \sigma V)$$

$$P = P_a / (1 + \sigma V / V_a)$$

Or $V / V_a = T_w$: temps théorique de renouvellement de l'eau du lac exprimé en années

On retrouve la formulation classique des modèles :

$$P = P_a / (1 + \sigma T_w)$$

d'où

$$P = k P_a \quad (2)$$

.../

k représente le coefficient global d'abattement (compris entre 0 et 1)

$$\text{avec } K = 1 / (1 + \tau Tw)$$

La difficulté réside pour l'essentiel à apprécier le taux de sédimentation nette τ .

Une possibilité de l'estimer existerait si l'on disposait du bilan entrée/sortie sur l'étang sur au moins 3 années consécutives, ce qui est rarement le cas a priori.

VOLLENWEIDER a successivement proposé deux estimations de calculées statistiquement sur un ensemble de lacs et retenues d'Amérique du Nord et d'Europe :

1. 1975 : modèle type I : $\tau = 10/Z$

Z étant la profondeur moyenne du lac

$$\text{d'où } k_1 = 1 / (1 + \tau Tw) = 1 / (1 + ((10 tw)/Z))$$

$$\text{or } Tw = V/V_a = (Z S)/(Z_a S) = Z/Z_a$$

$$\text{d'où } k_1 = 1 / (1 + (10/Z_a)) \quad (4)$$

où Z_a représente les apports d'eau en m/an, c'est-à-dire la hauteur d'eau dont s'élèverait le lac annuellement s'il n'y avait pas de sortie.

On remarque que cette relation ne tient pas explicitement compte du renouvellement de l'eau, la profondeur n'intervenant pas.

2. 1976 : modèle type II : $\tau = \sqrt{1/Tw}$

$$\text{d'où } k_1 = 1 / (1 + Tw \sqrt{1/tw}) = 1 / (1 + \sqrt{Tw})$$

où Tw est le temps théorique de renouvellement du lac ($Tw = Z/Z_a = V/V_a$)

Application à l'étang du Stock

Il convient de retenir le modèle le mieux adapté au cas de l'étang du Stock. Pour cela un "calage" sur la situation actuelle est nécessaire.

1. Evaluation de la concentration moyenne des apports

- charges apportées :

* charges diffuses d'origine agricole : 1 à 1,6 tonne/an
(d'après le rapport de l'U.E.R. d'Ecologie)

* apports d'origine domestique :

** RHODES : 1,8 tonne/an

** LANGUIMBERG : 300 kg P/an

* total : 3,1 à 3,7 tonne/an

- concentration moyenne des apports :

Le volume d'eau apporté annuellement étant de $13,4 \times 10^6$ m³, la concentration moyenne pondérée est de 230 à 280 $\mu\text{g/l}$.

2. Application des deux modèles proposés par VOLLENWEIDER au Stock

modèle type I : $k_1 = 1/(1 + (10/Z_a)) = 0,16$

modèle type II : $k_1 = 1/(1 + \sqrt{T_w}) = 0,46$

Concentration des apports (estimation actuelle)	230 à 280 $\mu\text{g/l}$
Concentration de l'eau de l'étang calculée . selon modèle type I ($k = 0,16$) . selon modèle type II ($k = 0,46$)	37 à 45 $\mu\text{g/l}$ 106 à 129 $\mu\text{g/l}$
Concentrations observées (1977-1978)	75 à 170 $\mu\text{g/l}$ moyenne : 127 $\mu\text{g/l}$

.../

Le modèle de type II semble donc être mieux adapté au cas de l'étang du Stock, et ceci d'autant plus si les apports 1977-1978 étaient un peu inférieurs à ceux actuellement estimés.

Nous retiendrons donc la formulation suivante :

$$P = k Pa \text{ avec } k = 1 / (1 + \sqrt{tw})$$

$$\text{d'où } Pa = P (1 + \sqrt{Tw}) \quad (6)$$

P : concentration de l'eau de l'étang en $\mu\text{g P/l}$

Pa : concentration moyenne des apports en $\mu\text{g P/l}$

Tw : temps théorique de renouvellement de l'eau du lac ($= V/Va$)

Flux apporté en fonction de la concentration de l'eau de l'étang

soit L le flux apporté par m^2 et par an dans l'étang (apport spécifique), exprimé en $\text{mg P/m}^2.\text{an}$

$$L = Va Pa/S$$

Va : volume annuel des apports

Pa : concentration moyenne des apports

S : surface de l'étang

$$\text{d'où } Pa = LS/Va = L (S/V) (V/Va) = L (Tw/Z) \quad (7)$$

d'après (6) et (7)

$$L (Tw/Z) = P (1 + \sqrt{Tw})$$

$$\text{d'où } L = P (Z/Tw) (1 + \sqrt{Tw})$$

L : flux apporté en $\text{mg P/m}^2.\text{an}$

Z : profondeur moyenne en m

P : concentration moyenne de l'eau de l'étang en $\mu\text{g P/l}$

tw : temps de renouvellement en années.

Cette formule permettra d'estimer un flux maximum en fonction de concentrations maximales admissibles dans l'étang.

Ces concentrations peuvent être tirées par exemple de la définition de catégories trophiques, dont il convient toutefois de souligner le caractère qualitatif : en effet il n'existe pas de seuil précis au-delà duquel les conséquences de l'eutrophisation deviennent nocives.

A titre d'exemple, on peut retenir les teneurs en phosphore extraites des classifications proposées par l'OCDE.

Les experts de l'OCDE reconnaissent que ces classifications présentent un certain arbitraire.

Catégories proposées par l'OCDE

	Ultra oligotrophe	Oligotrophie	Mésotrophie	Eutrophie	Hyper-eutrophie
Teneur moyenne en phosphore mg/m ³	4	10	10-35	35-100	100

La concentration en chlorophylle (moyenne et maximale) et la transparence de l'eau (moyenne et minimale) déterminent aussi ces classifications.
