



THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Étude de la production primaire de la Haute Meuse (secteur Anseremme Namur) et dans la Sambre

Henriette, Marie-France

Award date:
1987

Awarding institution:
Universite de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FM 304/1987/29

FACULTES UNIVERSITAIRES

NOTRE-DAME DE LA PAIX

Faculté des Sciences


—
Année Académique 1986 - 1987

Etude de la production
primaire de la HAUTE
MEUSE (secteur ANSEREMME
NAMUR) et dans la SAMBRE.

Marie-France HENRIETTE

Mémoire présenté en vue
de l'obtention du grade de
licencié en sciences
zoologiques.

ERRATA.

- Itot = Intensité lumineuse journalière (=I1).
 - η = coefficient d'extinction.
 - Dans tous les tableaux de production, la production est exprimée en gC/m².j
- p.7  = shistes et grès.
- p.8 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
- p.14 50-75 microg/l
- p.18 chla (microg/l)
- p.44 (P,N) et non (P,N,C)
- p.47 gC/m².j et non mgC/cm².j
- fig3.27 production journalière : gC/m².J
- fig3.29 biomasse exprimée en microg chla/l
production journalière exprimée en gC/m².j
- fig3.32 production intégrée 1/2 h par 1/2 h et non sur la colonne d'eau.

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix
Facultés des Sciences
rue de Bruxelles 61, B 5000 Namur
Tél:081/229061 Télex:59222 facnam b Téléfac:081/230391

ETUDE DE LA PRODUCTION PRIMAIRE PHYTOPLANCTONIQUE DANS LA HAUTE MEUSE
(SECTEUR ANSEREMME-NAMUR) ET DANS LA SAMBRE.

HENRIETTE Marie France

Résumé :

Les objectifs de ce travail sont de compléter les connaissances acquises sur la production primaire phytoplanctonique, dans la Haute Meuse belge et dans un affluent important, la Sambre. Les analyses physicochimiques effectuées confirment les différences de qualité des eaux entre les deux rivières, la Sambre présentant toujours une pollution organique et minérale importante à sa confluence avec la Meuse. Une dépendance nette entre l'activité photosynthétique en lumière saturante (K_{max}) et la température n'a pas été observée. Par contre, l'adaptation des algues au climat lumineux apprécié par le paramètre I_k montre une bonne relation avec l'intensité disponible dans la colonne d'eau. Sur la base des résultats obtenus dans les deux rivières, un modèle simplifié est proposé, permettant de déterminer la production journalière à partir de la concentration en chlorophylle a et de l'intensité lumineuse dans la colonne d'eau. Des différences de production journalière entre la Sambre et la Meuse sont mises en évidence : la production phytoplanctonique est systématiquement inférieure dans la Sambre, où la biomasse est plus faible et la turbidité des eaux plus élevée.

Summary :

The aim of this work was further study of planktonic primary production in the upper part of the River Meuse, and in the River Sambre (Belgium). The physico-chemical measurements confirm the differences of water quality between the two rivers, the River Sambre still presenting an heavy organic and mineral pollution at the confluence with the River Meuse. No clear dependance between light-saturated photosynthetic activity (K_{max}) and water temperature has been observed. However, the light adaptation of the algae, measured by the I_k parameter, is clearly related to available light in the water column. On the basis of the results obtained in the two rivers, a simplified model for determining daily production is proposed from the chlorophyll a concentration and the light in the water column. Differences of daily production between River Meuse and River Sambre are shown : planktonic production is systematically lower in the River Sambre owing to the lower biomass and the higher water turbidity.

Mémoire de licence en Sciences Zoologiques
Septembre 1987
Laboratoire d'Ecologie des Eaux Douces
Promoteur : MICHA J.C.

Copromoteur : DESCY J.P.

Avant-propos

Je remercie le Professeur Jean-Pierre DESCY qui m'a proposé ce travail et en a suivi le déroulement tout au long de cette année.

Ma reconnaissance va également à Monsieur le Professeur Jean-Claude MICHA qui a mis à ma disposition le Laboratoire d'écologie.

Je remercie Messieurs Philippe STROOT et Alain GILLET pour leurs conseils et leur disponibilité pour répondre à mes questions.

J'adresse toute ma sympathie au Personnel du Service Ecologie pour la bonne ambiance régnant au sein du Laboratoire.

Enfin, je tiens à exprimer mon amitié à toutes les personnes qui m'ont aidé et plus spécialement à Madame Nadine SCHLEICH et Madame Nicole PLUTA sans la gentillesse et la patience desquelles ce travail n'aurait pu être édité, ainsi qu'à Mademoiselle Carine WILLEMS et à Monsieur Dominique BOSSIROY qui m'ont accompagnée et assistée sur le terrain.

Mes derniers remerciements vont à ma famille qui m'a supportée et soutenue au cours de mes études, plus particulièrement à l'occasion de ce mémoire.

SITUATION DE L'ETUDE

CHAPITRE I

p. 8 - 24

PRODUCTION PRIMAIRE ET PHYTOPLANCTON

1.1. Généralités

1.2. La production primaire en eau courante

1.3. Le phytoplancton

1.4. Le développement du phytoplancton

1.4.1. Paramètres physico-chimiques importants
influçant la production primaire, la
lumière, la température, les substances
nutritives

1.4.2. La disparition

1.5. Situation de la Meuse et de la Sambre

(état des connaissances)

1.5.1. Le phytoplancton

1.5.2. Le développement du phytoplancton

1.5.3. Les modélisations

Tableaux et figures

CHAPITRE II

p. 25 - 36

METHODOLOGIE

2.1. Cadre général

2.2. Paramètres physiologiques - matériel et
méthodes d'évaluation

2.2.1. Prélèvements et conservation

2.2.2. Méthodes et mesures

... / ...

- 2.3. *Biomasse - Production primaire - Evaluation*
 - 2.3.1. *Evaluation de la biomasse*
 - 2.3.2. *Evaluation de la production primaire*
 - 2.3.3. *Matériel mis en oeuvre*
 - 2.3.4. *Evaluation de la production journalière*
- Tableaux et figures*

CHAPITRE III

p. 37-51

RESULTATS ET COMMENTAIRES

- 3.1. *Caractéristiques physico-chimiques*
 - 3.1.1. *Climatiques et physiques*
 - Analyses - commentaires - tableaux et diagrammes*
 - 3.1.2. *Chimiques*
 - pH - TAC - O₂*
 - Analyses - commentaires - tableaux et résultats -*
 - Nutriments*
 - Analyses - commentaires - tableaux et résultats -*
- 3.2. *Biomasse phytoplanctonique et production primaire*
 - 3.2.1. *Biomasse phytoplanctonique - La chlorophylle a*
et les phéopigments
 - Analyses - commentaires - tableaux et résultats*
 - 3.2.2. *La production primaire*
 - La production journalière*
 - Etude des paramètres IK et Kmax.*
 - Comparatif des méthodes de mesures*
 - Analyses - commentaires - Tableaux et résultats*

... / ...

3.3. Homogénéité du tronçon ANSEREMME - NAMUR

Homogénéité transversale

Homogénéité longitudinale

CHAPITRE IV

p. 52-54

CONCLUSION DE L'ETUDE

Bibliographie ?

ANNEXES

Resumé / Summary ?

Chapitre 1

- 1.1. *Production primaire nette annuelle de différents milieux*
- 1.2. *Schéma situant l'évolution amont aval de la production*
- 1.3. *Structure de l'écosystème modifié*
- 1.4. *Formulation de la production*
- 1.5. *Situation de la production primaire en Meuse par rapport aux principales rivières européennes.*
- 1.6. *Evolution de la composition globale du phytoplancton de la Haute Meuse en 1983.*

Chapitre 2

- 2.1. *Système des croisillons*
- 2.2. *Système des bacs*

Chapitre 3

- 3.1. *Rayonnement solaire (évolution dans le temps)*
- 3.2. *Température* "
- 3.3. *Débit* "
- 3.3 bis. *Débit en Haute Meuse* "
- 3.4. *Eta* "
- 3.5. *MES* "
- 3.6. *Conductivité* "

.../...

- 3.7. Oxygène saturation (évolution dans le temps)
- 3.8. Oxygène "
- 3.9. Alcalinité "
- 3.10. PH "
- 3.11. Nitrates "
- 3.12. Nitrites "
- 3.13. Ammoniaque "
- 3.14. Orthophosphates "
- 3.15. Silice "
- 3.16. D.O.C. "
- 3.17. Bilans ioniques des deux rivières
- 3.18. Evolution de la biomasse phytoplanctonique au cours du temps
- 3.19. Evolution de la biomasse algale depuis 1976
- 3.20. Evolution des phaeopigments au cours du temps
- 3.21. Evolution du k_{mox} au cours du temps
- 3.22. Relation $k_{mox}-t^{\circ}$ (87)
- 3.23. Relation $k_{mox} - t^{\circ}$ (1983-1984)
- 3.24. Evolution I_k au cours du temps
- 3.25. Relation $I_k - I_{tot}/\eta$ (1987)
- 3.26. Relation $I_k - I_{tot}/\eta$ (1983-1984)
- 3.27. Evolution de la production journalière
- 3.28. Relation Production primaire / biomasse
- 3.29. Abaques . Correspond à la relation Production - Biomasse
- 3.30. Comparaison données bacs et croisillons
- 3.31. Intercalibration bacs - croisillons (915187)
- 3.32. Evolution dans le temps de la production intégrée 1/2 heure par 1/2 heure.

.../...

Chapitre 3

- Tableau 333 - Paramètres physiques MEUSE
- Tableau 334 - Paramètres physiques SAMBRE
- Tableau 335 - Paramètres chimiques MEUSE
- Tableau 336 - Paramètres chimiques SAMBRE
- Tableau 337 - Pigments chlorophylliens
- Tableau 338 - Production primaire MEUSE
- Tableau 338 - Production primaire SAMBRE
- Tableau 339 - Profil longitudinal : paramètres physiques-chimiques-biologiques
- Tableau 340 - Profil longitudinal : production primaire
- Tableau 341 - Profil transversal (Rivière : 23/8/1986)
- Tableau 342 - Profil transversal (Rivière : 9/9/1986)
- Tableau 343 - Profil transversal (DINANT : 9/9/1986)
-

SITUATION DE L'ETUDE

La Meuse au cours long de 925 km draine une superficie de plus de 35.000 Km² (fig.1). Celle-ci fut progressivement colonisée par une communauté humaine qui atteint, à ce jour, plus de 5.000.000 de personnes. Leur regroupement au sein de centres d'importance variée (de quelques dizaines d'habitants à plus de 100.000 dans la zone étudiée) s'est fortement accentué.

Les activités que cette communauté a développées tant au niveau agricole qu'industriel, les aménagements qu'elle a apportés au cours du fleuve aussi bien pour le transformer en voie fluviale de pénétration que pour éviter les inconvénients résultant des variations saisonnières de débit ont sensiblement modifié les caractéristiques physico-chimiques et biologiques de ce fleuve dont la situation sur le plan géomorphologique et climatique le caractérisait comme une rivière de zone tempérée à substrat calcaireux (fig.2).

De nombreuses études ont déjà été réalisées sur les 15 dernières années, définissant notamment les caractéristiques physico-chimiques et biologiques de ses eaux, ainsi que celles de son principal affluent, la Sambre, et précisant l'impact sur leur écosystème des sites industriels et centres urbains. (BILLEN et al^x.1985 - DERMINE, 1985 - COMMISSION INTERMINISTERIELLE DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE 1972 - DESCY et EMPAIN 1981 - BOELEN et LEGRAND 1984 - DESCY et al^x. en cours).

Une des dernières études réalisées a porté sur le tronçon Haute Meuse depuis la frontière française jusqu'à Anseremme. Elle avait notamment pour objet d'étudier la biomasse et en particulier l'importance du phytoplancton en tant qu'élément de base essentiel du fonctionnement de l'écosystème Meuse.

C'est dans le prolongement de cette étude que se situe notre travail.

... / ...

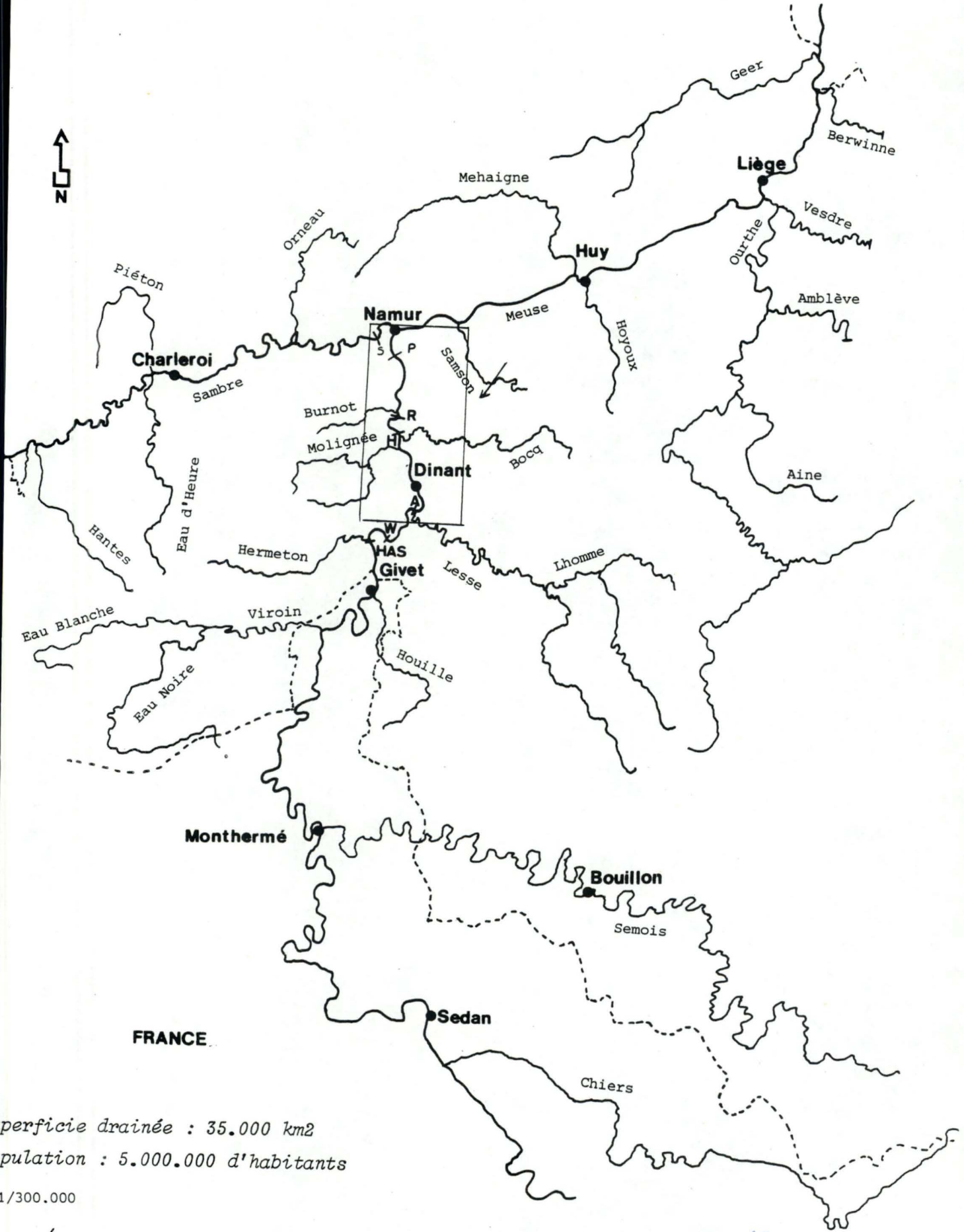
Il aura comme objets principaux :

- *de compléter les connaissances sur la production phyto-
planctonique dans la Haute Meuse en amont de Namur par un
suivi dans le temps dans une station donnée et de comparer
nos observations et résultats avec ceux acquis au cours
de la campagne 83/84 sur le secteur Hastière-Anseremme.*

- *de tenter par le suivi de quelques stations du secteur de
vérifier si l'homogénéité longitudinale constatée au niveau
de la production primaire dans le secteur situé en amont
existe également dans ce tronçon,*
- *d'étudier la distribution de la biomasse phytoplanctonique
sur une section transversale.*

- *d'examiner la production phytoplanctonique de la Sambre dans une
station proche de son confluent, de la comparer avec la situa-
tion existant dans la Meuse en amont de celui-ci.*

... / ...



Superficie drainée : 35.000 km²
 Population : 5.000.000 d'habitants
 1/300.000

↙ SECTEUR ETUDIÉ

- S: SALZINNE
- P: LA PLANTE
- H: HOUX
- R: RIVIÈRE
- A: ANSELOUW

Fig.1. *Tito*
jeune?

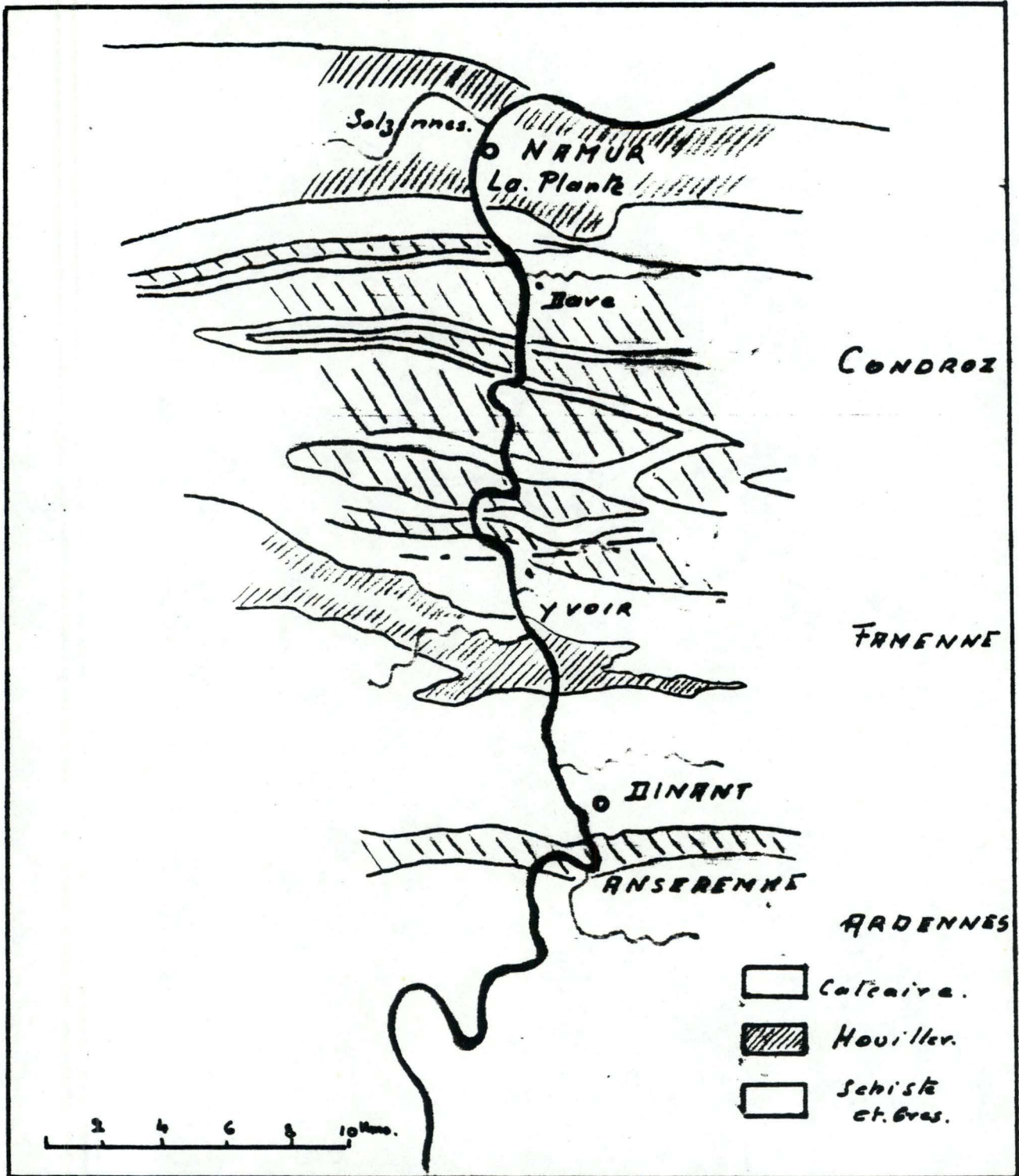


Fig.2. Carte géologique du bassin versant du tronçon de Meuse étudié (J. CALEMBERT 1959).

Les pos en inferru?

CHAPITRE 1

PRODUCTION PRIMAIRE ET PHYTOPLANCTON

1.1. Généralités

Le fonctionnement général d'un écosystème peut être schématisé de la façon suivante :

A partir des éléments minéraux (C.N.P.) présents dans le milieu, les végétaux et bactéries autotrophes (producteurs) forment des molécules organiques complexes. Cette synthèse nécessite le plus généralement un apport d'énergie lumineuse (photosynthèse), plus rarement celle-ci est chimique (chimiosynthèse). C'est le niveau primaire de la production. On peut donc dire que la formation de matière vivante par un autotrophe répond le plus souvent à l'équation fondamentale de la photosynthèse.



L'importance de cette production primaire dépend du milieu dans lequel elle s'effectue (fig.1.1.)

1.2. La production primaire en eau courante (milieu lotique)

Comparée à d'autres écosystèmes, la production primaire en milieu lotique est relativement faible (fig.1.1. DECAMPS, 1971). Elle est principalement assurée par 3 catégories d'organismes : phytoplancton, périphyton, macrophytes dont la contribution à la production totale varie d'amont vers l'aval (CAPBLANCQ 1982). Dans tous les cours d'eau, les conditions de vie se transforment profondément de la source à l'embouchure. Des caractéristiques telles que pentes, débit, températures changent au point de définir des zones successives de l'amont vers l'aval schématisées à la fig.1.2. (DUSSART 1966).

Les macrophytes et le periphyton dont le développement est lié aux faibles profondeurs et à la présence de substrat adéquat, constituent une source de production importante dans les petites rivières et la partie supérieure des grands cours d'eau (WESTLAKE 1980, CAPBLANCQ 1982).

Les milieux lotiques lents et profonds, qui se caractérisent notamment par des températures moyennes plus élevées, un enrichissement progressif en sels nutritifs, une diminution de la transparence de l'eau et par des masses d'eau plus importantes dont la vitesse d'écoulement est réduite offrent des conditions favorables au développement du phyto-plancton, absent jusqu'ici. Les autres communautés végétales se réduisent souvent à une frange littorale, là où le substrat et la lumière sont suffisants pour permettre leur croissance.

Le phyto-plancton devient alors le principal producteur du milieu : Dans la Tamise, sa contribution est supérieure à 90 % (BERRIE 1972).

Sa situation dans la chaîne trophique de l'écosystème fluvial est représentée à la fig. 1.3.

Il est responsable d'une part importante des apports en carbone organique, il intervient de façon prépondérante en tant que source d'oxygène surtout en période estivale où la réaération à partir de l'atmosphère et la solubilité de l'oxygène sont faibles. (LAMBINON et ALLI 1985).

1.3. Le phytoplancton

Le phytoplancton est constitué d'algues microscopiques en suspension dans l'eau, dont la taille varie de 1μ à plus de 500 microns.

Le nanoplancton (10 à 50μ) et le microplancton (50 à 500μ) représentent la fraction la plus active.

En milieu lotique, le phytoplancton a deux origines possibles :

- le tychoplancton, constitué par les espèces benthiques détachées de leurs substrats et entraînées par le courant.
- l'holoplancton, représentant les espèces planctoniques vraies (DESCY et LAMBINON, 1984). Ces dernières dominent en densité (de 10.000 à 100.000 cellules/ml) et biomasse (100 à 200 μ g/l. Clh.a. (DESCY, 1986).

... / ...

Dans les grandes rivières des régions tempérées, sa composition quantitative présente des variations saisonnières liées aux conditions de température, de lumière et du débit (il est généralement absent en-dessous de 8°).

Ses principaux composants sont des Diatomées et des Chlorophycées. Nous les citons par ordre d'importance.

Les Diatomées dominent au printemps et en automne.

Les 2 sous-classes rencontrées sont les diatomées centriques du genre : Cyclotella (div.sp.), Stephanodiscus (div.sp.) dont Stephanodiscus hantzchii (espèce dominante au printemps), les diatomées pennées du genre : Nitzschia (div.sp.) Synedra, Asterionella, Tabellaria, Fragilaria...

Le deuxième groupe par importance est constitué de Chlorophycées (Scenedesmus, Coelastrum, Actinastrum). Celles-ci se développent essentiellement en été, période généralement chaude et ensoleillée. D'autres groupes d'algues sont également présentes mais en quantité nettement moins importante et dans des conditions particulières.

Il s'agit notamment des Cyanophycées qui exigent pour leur développement une température élevée, un débit faible, une luminosité peu importante.

1.4. Développement du phytoplancton

Le développement du phytoplancton est régi par différents processus qui peuvent se résumer par la formule suivante :

$$\frac{DB}{DT} = P - (R + S + G + E + M + Ex)$$

avec $\frac{DB}{DT}$ = la variation de la biomasse algale au cours du temps

P = la production brute assurée par la photosynthèse du phytoplancton.
Elle est exprimée en mg de carbone assimilé par unité de temps.

R = la respiration, perte de carbone sous forme de CO₂

S = la sédimentation des algues.

G = la prédation du phytoplancton par les organismes herbivores.

E = l'excrétion, perte de carbone assimilé sous forme de composés organiques dissous, notamment du glycolate.

M = la mortalité

Ex = l'exportation des organismes vers l'aval

... / ...

1.4.1. Paramètres physicochimiques influençant la production primaire

Les principaux paramètres susceptibles d'influencer la production phytoplanctonique sont :

- la lumière et la température : ils contrôlent l'activité métabolique des organismes
- les éléments nutritifs disponibles dans le milieu : ils conditionnent la croissance algale.

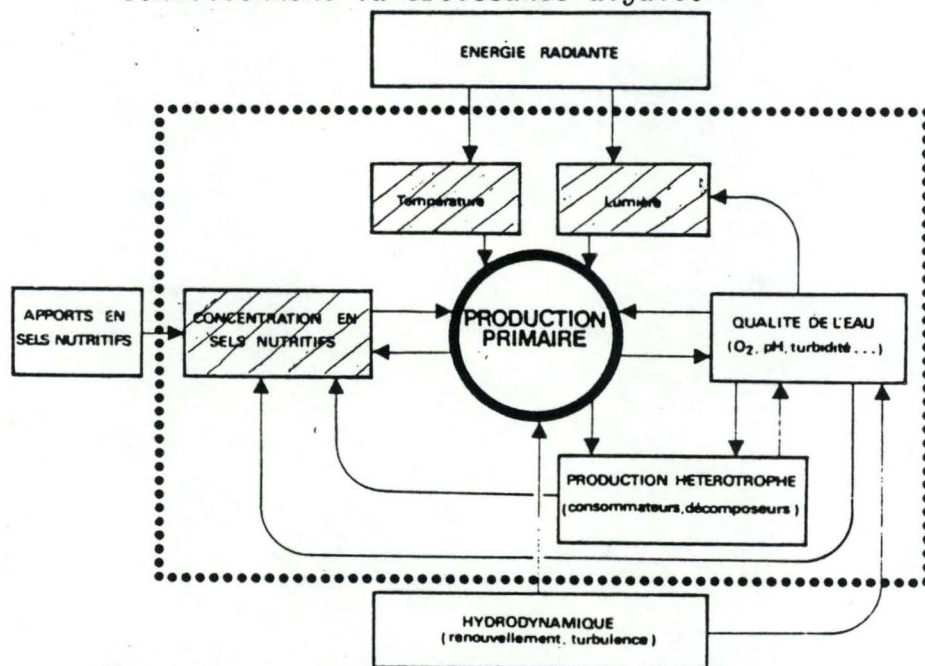


Fig. Relations entre la production primaire planctonique, les variables internes et les variables externes du système. Sont hachurés les paramètres principaux. (CAPBLANCK 1982).

1. La lumière

L'énergie lumineuse est un facteur primordial pour la production primaire. Le spectre solaire est très étendu cependant, seules les radiations comprises entre 400 et 700 nm sont déterminantes pour la photosynthèse. La quantité d'énergie reçue est également importante.

Quelques formulations mathématiques de cette relation lumière-photosynthèse (SMITH 1936) (VOLLENWEIDER 1965) ainsi que leur courbe sont consignées à la figure 1.4.

Les équations de Smith et de Vollenweider sont les plus utilisées. Le modèle de Smith décrit une relation qui tend vers la saturation.

Vollenweider intègre dans son modèle un terme qui tient compte de photoinhibition ; celle-ci apparaît à des intensités élevées.

... / ...

Ce modèle décrit un taux photosynthétique qui croît en fonction de l'énergie lumineuse jusqu'à une valeur maximale ; celle-ci correspond à une intensité dite de saturation, au-delà duquel on observe une dépression de la courbe (photo-inhibition).

Les termes I_K et P_{max} . sont déterminés à partir de cette courbe.

I_K (intensité au seuil de la saturation) représente la capacité d'adaptation d'une population algale, à une intensité lumineuse donnée par variation de la concentration en chlorophylle a dans les thylacoïdes. ($J/cm^2 \cdot h.$)

P_{max} . correspond à la production maximale exprimée en ($mg C/l \cdot h.$), à intensité saturante.

L'extinction de la lumière dans l'eau, si le milieu est optiquement homogène, suit une loi du type Lambert-Beer.

$$I_z = I_0 e^{-\eta z}$$

Une conséquence directe de cette relation est la diminution de la production lorsque la profondeur augmente.



2. La température

La température de l'eau a comme source principale le rayonnement solaire, elle influence de nombreux phénomènes dans le milieu aquatique, notamment la solubilisation de l'oxygène et le métabolisme des organismes. Son impact sur le taux de croissance algal, plus particulièrement sur la cinétique des réactions biochimiques de la photosynthèse a été démontré et vérifié par différents auteurs dont les travaux indiquent l'existence d'une relation étroite entre l'activité photosynthétique (K_{Max}) et la température (TALLING 1957, BILLEN et al. 1985).

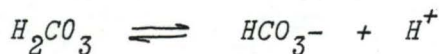
La K_{max} . correspond au P_{max} . rendu indépendant de la biomasse algale. Il s'exprime en mg de carbone assimilé par mg de chloro $a \cdot$ heure ; il caractérise la vitesse des processus enzymatiques du cycle de Calvin. Ce paramètre évolue en fonction de la température suivant une loi de type Q_{10} . Il dépend de la également de la composition spécifique du phytoplancton.

... / ...

3. Les substances nutritives

- a) Le dioxyde de carbone est la principale source de carbone utilisée par les végétaux autotrophes. Les origines du gaz carbonique dans l'eau sont multiples : dissolution du CO_2 de l'air, apports par les eaux de ruissellement et surtout la biodégradation et la respiration.

Le dioxyde de carbone se présente sous différentes formes dans l'eau avec les équilibres chimiques correspondants.



En milieu naturel, ils déterminent le pH de la rivière.

L'activité biologique et notamment la production primaire sont donc susceptibles d'influencer ce système. La production de CO_2 par les organismes aquatiques entraînent une diminution du pH ; l'inverse se produit lorsque la consommation de CO_2 est importante. (DESCY et LAMBINON, 1984).

b) Les nutriments

Les autres substances essentielles pour le développement du phytoplancton sont l'azote, le phosphore et la silice.

Les besoins relatifs des algues en C.N.P. (Redfield ratio) sont estimés en moyenne à 60/10/1 (CABPLANCQ, 1982).

Dans le milieu naturel, l'azote inorganique ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) et le phosphore (dissous et particulaire) se trouvent présents en concentration faible ($< 1 \text{ mg/l}$).

Ce sont donc des facteurs limitant de la photosynthèse.

L'équation de Monod
$$\frac{\mu}{\mu_{\max}} = \frac{S_j}{K_s + S_j}$$

dans laquelle μ = taux de croissance

μ_{\max} = taux de croissance maximal

S_j = concentration en élément nutritif limitant

K_s = étant une constante de demi saturation pour laquelle $\mu = 0,5\mu_{\max}$.

décrit le taux de croissance algal comme une fonction de la teneur en sels nutritifs dans le milieu.

... / ...

Cependant, les algues sont capables de constituer une réserve intracellulaire d'azote et de phosphore pour pallier à des déficits éventuels. Dans ces conditions, elles peuvent poursuivre leur croissance pendant une durée déterminée en épuisant progressivement leur réserve.

La dépendance (croissance éléments nutritifs) doit alors être décrite par d'autres modèles, qui relient croissance et stock intracellulaire des nutriments ; le modèle de DROOP (1973)

$$\mu(t) = \mu \max \left\{ 1 - \frac{Q_0}{Q_t} \right\}$$

ou Q_0 = stock intracellulaire minimal

$Q(t)$ = stock intracellulaire au temps t

en tient compte ; il distingue assimilation et croissance.

Le stock intracellulaire dépend de l'assimilation à partir du milieu externe. La vitesse de cette assimilation répond à une cinétique du type M.M.M. (MICHAELIS - MENTEN - MONOD)

$$V = V_{\max} \frac{S}{K_s + S}$$

Nous tenons à signaler le résultat parfois négatif que peut présenter une teneur en sels nutritifs trop importante.

La surproduction en phytoplancton qu'elle entraîne, se fait au détriment des autres organismes de la chaîne trophique, il y a, à ce moment, risque d'eutrophisation.

Les dernières études effectuées en France dans l'agence de bassin RHIN - MEUSE situent la teneur acceptable en chlorophylle a (entre 50 et 75 mg/l). (RHIN-MEUSE. - informations 1987).

1.4.2. La disparition

Les termes de disparition sont importants à connaître si on veut comprendre les variations de la biomasse phytoplanctonique au cours du temps. Nous ne les développerons pas toutefois dans ce mémoire qui se limite à l'étude de la production.

Nous rappellerons seulement que les termes disparition se divisent en une partie qui est le fait du maintien des processus vitaux (respiration et excrétion) des autotrophes, l'autre est le résultat de processus dont les plus importants sont la mortalité, la sédimentation, la prédation par des organismes filtreurs notamment le zooplancton et l'exportation vers l'aval.

... / ...

1.5. Situation de la Sambre et de la Meuse (état des connaissances)

La Meuse et la Sambre apparaissent comme des rivières de plaine à régime pluvial de climat tempéré, caractérisé par des débits variables dépendant de la pluviométrie et des caractéristiques de l'écoulement des bassins versants qu'elles drainent. En principe, elles enregistrent deux crues importantes annuelles, une à la sortie de l'hiver, l'autre à la sortie de l'automne.

Du point de vue morphologique, elles apparaissent, parmi les rivières européennes, plus près de la Tamise et de la Seine que de la Loire ou du Rhône.

1.5.1. Le phytoplancton

La dernière étude effectuée relative à la production primaire en Meuse (Haute Meuse particulièrement) aboutit à des niveaux de production comparables à ceux trouvés sur d'autres rivières européennes.

La production moyenne annuelle du plancton (DESCY et al. 1986) consignée à la fig. 1.5. situe la Meuse dans la tranche élevée.

Les données concernant la Sambre (EDELIN 1972) sont beaucoup plus fragmentaires.

Elles doivent être complétées pour préciser la production primaire de cette rivière.

En Sambre et en Meuse, la contribution du phytoplancton à la production d'oxygène et à l'assimilation du CO_2 apparaissent comme capitales.

En effet, les aménagements des berges de la Meuse et de la Sambre ont le plus souvent détruit les macrophytes. Le périphyton se réduit à une colonisation des bords naturels et artificiels qui ne s'étend guère au-delà des 50 premiers centimètres. La biomasse périphytique est évaluée à moins de 5 % de la biomasse moyenne phytoplanctonique (LAMBINON et al. 1985) (DESCY et LAMBINON 1984).

Ces valeurs sont tout à fait caractéristiques des rivières de plaine à cours lent lorsque celles-ci ont été aménagées.

Le phytoplancton en Meuse et principalement en Haute Meuse se compose essentiellement de Diatomées et de Chlorophycées (respectivement 62 % et 26 % des 237 taxons recensés). La biomasse varie de quelques $\mu\text{g Chl. a/l}$ en hiver, à 80 à 120 $\mu\text{g Chl. a/l}$ lorsque les conditions sont favorables ; la répartition des groupes le composant varie également suivant les saisons. (fig. 1.6.)

... / ...

Parmi les différentes espèces repérées, nous citerons

Stephanodiscus hantzchii, Cyclotella mèneghiniana
Cyclotella conta, Nitzschia acicularis, Scenedesmus
acutus, Scenedesmus quadricauda, Coelastrum microsporum...

- Stephanodiscus hantzchii est l'espèce dominante dans les "blooms" de printemps et d'automne.
- Cyclotella mèneghiniana est la Diatomée dominante en période estivale, accompagnée de nombreuses Chlorococcales.

1.5.2. Développement

En Haute Meuse, comme en Sambre, les concentrations en nutriments ne sont jamais limitantes pour permettre le bon développement du phytoplancton (DERMINE 1985; EDELINE 1972, 1984).

Cette situation risque toutefois d'être préjudiciable au bon fonctionnement de l'écosystème. Lorsque les conditions climatiques sont favorables (faible réaération, débit faible, T° élevée), il y a danger d'eutrophisation. Des seuils de plus de 100 µg/l de chlorophylle A ont été signalés pendant près d'un mois en automne 86 (RHIN-MEUSE, information juin 1987). Dans les cas signalés, l'origine de la prolifération des algues planctoniques se trouve dans les affluents, il s'agit donc de matières importées.

Parmi les autres paramètres importants, nous notons qu'en Haute Meuse, les caractéristiques physicochimiques (O₂ dissous, pH, T.A.C.) sont la plupart du temps bien équilibrés. Ils sont le fait que cette partie n'est pas encore trop influencée par l'industrialisation. Dans la Sambre par contre, l'incidence des pollutions organiques et industrielles fortement marquées dans les années antérieures à 1970 a tendance à s'améliorer (BOELEN, 1984).

La production du phytoplancton dépend donc principalement de facteurs physiques.

- La T° qui conditionne l'activité métabolique des algues
- La lumière, dépendant de l'intensité solaire en surface et de sa pénétration dans l'eau, influencée par le taux de matière en suspension

Pour la Sambre, toutefois la présence de métaux lourds, susceptible d'avoir un effet toxique sur ce métabolisme algal (EDELINE, 1972 - DESCY, EMPAIN 1981) doit être particulièrement surveillée.

1.5.3. Disparition

En Meuse, les principaux processus de disparition limitant la croissance de la biomasse phytoplanctonique sont : la respiration, la mortalité, la sédimentation, la prédation par les organismes herbivores et l'exportation.

Dans la dernière étude (BILLEN et al., 1985), ces processus ont fait l'objet d'investigations, et ont été évalués. Les estimations donnent sur base d'un bilan carbone établi pour 1983-1984 l'importance relative des différents termes de disparition :

- la respiration	: 18,6 %
- la mortalité	: 18,6 %
- la sédimentation	: 6,61 %
- la prédation	: 22,3 %
- l'exportation	: 37,9 %

Cependant, la plus part de ces termes n'ont pas été mesurés, mais sont déterminés par modélisation basée sur des relations classiques (loi de type Q10, équations de Lotka Volterra...) et des valeurs paramétriques existant dans la littérature. Ces termes de disparition peuvent être également obtenus par ajustement.

1.5.4. Modélisation

Les études de ces différents éléments ont permis d'intégrer dans la dynamique du fonctionnement de l'écosystème Meuse, la part inhérente au phytoplancton.

Celle-ci se présente de la façon suivante :

$$\frac{\delta \text{ phy}}{\delta t} = [TP \text{ phy} - (TM \text{ phy} + TR \text{ phy} + VS \text{ phy} \frac{FV}{H} + G \text{ Zoc} \frac{\text{phy}^*}{\text{phy} + \text{phy}} \text{ zoo} + Q \text{ dil. D/A})] \text{ phy}$$

- ou . TP phy : taux de production photosynthétique
 $F(I, I_k, K_{max}, \text{Chl } a, \text{ETA}) \quad (h^{-1})$
- . TM phy : taux de mortalité du phytoplancton
 $F(T) \text{ ou } T = \text{température } (^{\circ}C) \quad (h^{-1})$
- . TR phy : taux de respiration du phytoplancton
 $F(T) \quad (h^{-1})$

... / ...

- . VS phy : vitesse de sédimentation du phytoplancton
(m .h⁻¹)
- H : hauteur moyenne du fleuve (m)
- FV : facteur dépendant de la vitesse moyenne du fleuve
- . G Zoo : coefficient de prédation F (T) (m³/g C Zoo.h)
- . phy* : constante de demi saturation (g C/m³)
- . Q dil. D/A : terme de dilution - apport par affluent et bassin versant (m²/S)
F (section de la section du fleuve (A : (m²)))
F (débit (D : (m³/S)))

L'importance du facteur dilution en temps que terme de disparition est soulignée dans l'étude en cours (DESCY et al.) : le phytoplancton doit avoir un taux de croissance suffisamment élevé que pour subsister dans la masse d'eau.

Lorsque les apports sont supérieurs au taux de croissance algal, le développement phytoplanctonique ne peut atteindre une valeur significative.

En Meuse, milieu où les nutriments ne sont pas limitants, la production primaire locale et instantanée est exprimée par une formule dérivée de modèle de VOLLENWEIDER 1965.

$$P(z,t) = 2 K_{max} \frac{I(z,t) / 2 I_k}{1 + (I(z,t)/2 I_k)^2} \cdot \text{Chl.a}$$

Cette équation a été choisie par BILLEN et al. 1985 pour représenter la production primaire.

. $P(z,t)$ est la production photosynthétique locale et instantanée (g C/m³ . h)

la température (°C), intensité lumineuse (J/cm² . h)

η (m⁻¹), la Chl.a (g/l) sont mesurés ou dosés au laboratoire.

Par contre K_{max} (g C/g chl.a. h) et I_k (J/cm².h) sont calculés d'après les formules suivantes :

... / ...

$$K_{max} = a \cdot Q_{10} \frac{T - 20}{10}$$

avec $a = 5,52$ (g C/g Chl.a. h)

$$Q_{10} = 1,73$$

T exprimé en $^{\circ}\text{C}$: température de l'eau

$$I_k = \frac{a \cdot I_{tot}/\eta}{I_{tot}/\eta + b}$$

avec $a = 23,1$ ($\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{h}$)

$$b = 324$$
 ($\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{j}$)

avec I_{tot} le rayonnement solaire total ($\text{J}/\text{cm}^2 \cdot \text{j}$)

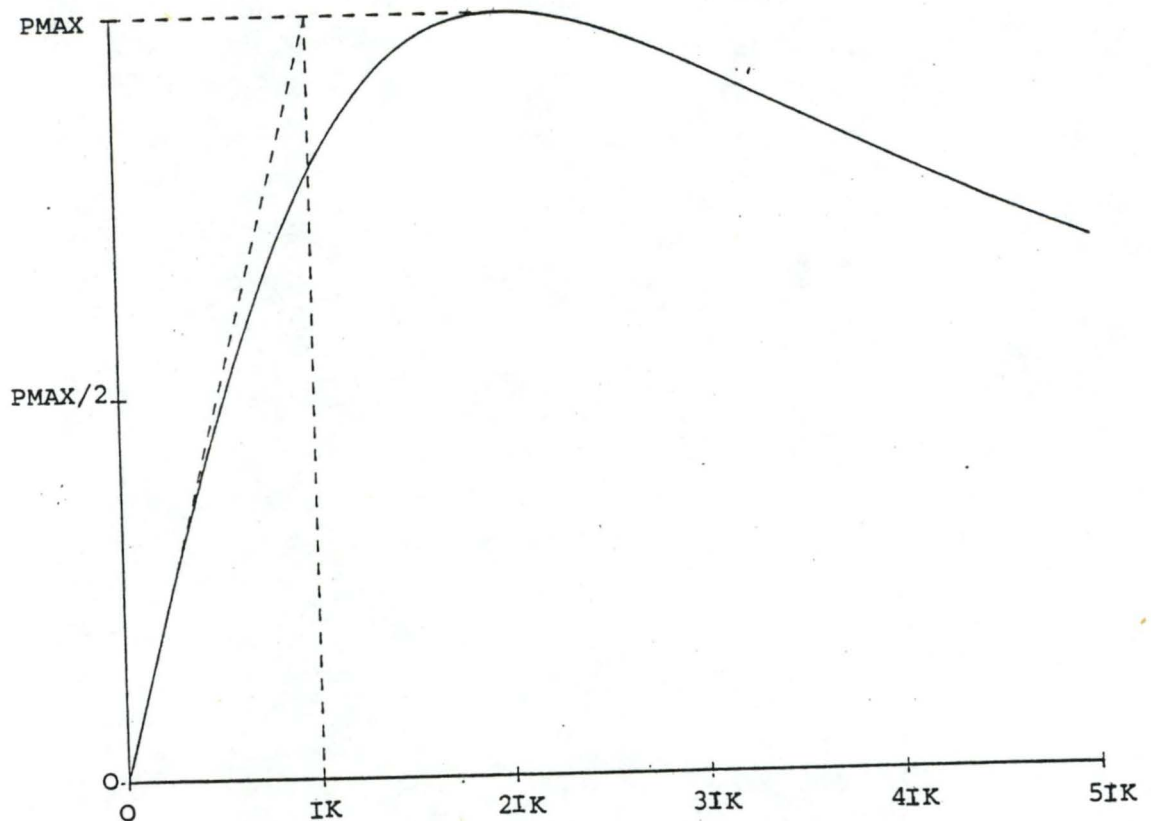
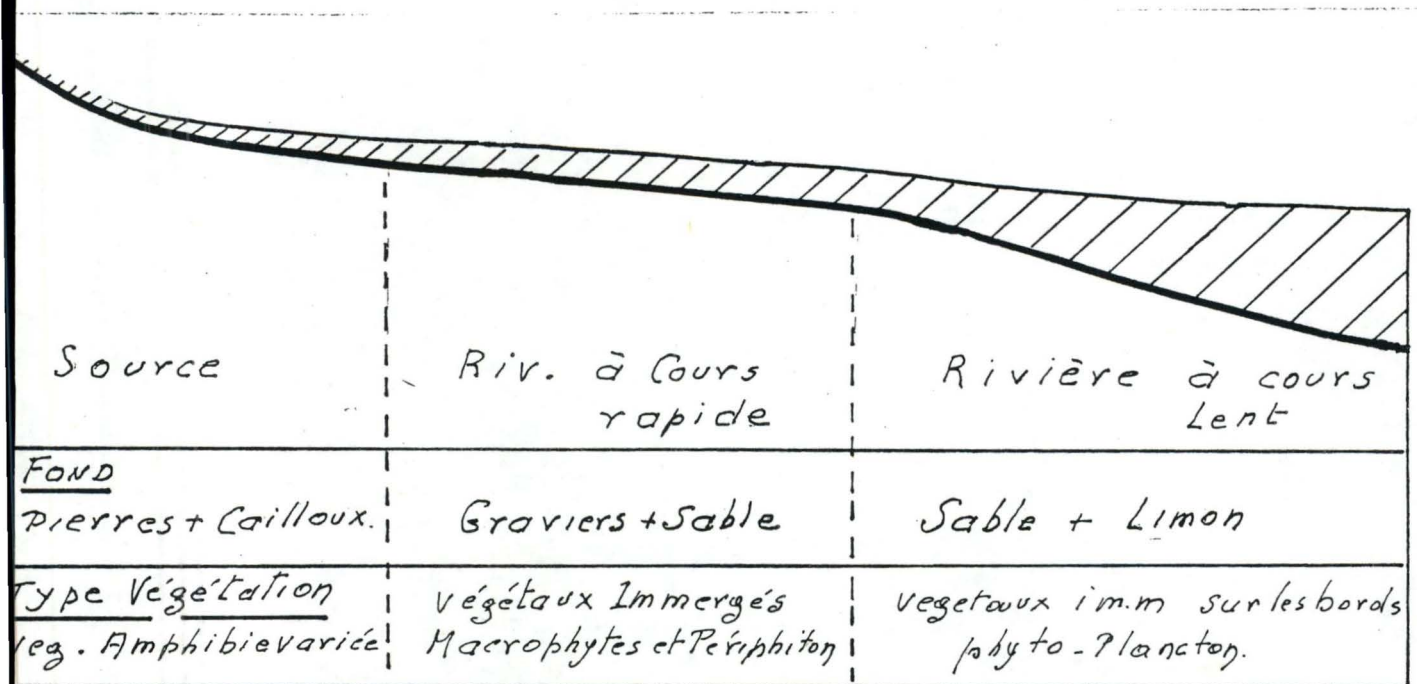


Fig.1.1. Production primaire nette (moyenne) annuelle de différents milieux, exprimée en kg de matière organique/m²/an (d'après WESTLAKE in DECAMPS 1971).

Phytoplancton en haute mer ou dans lac peu influencé par l'homme	0,1
Macrophytes submergés en eau douce	0,6
Herbes en prairies	2
Forêt de conifères	2,2
Macrophytes submergés en milieu marin	2,9
Marécages	3,8
Valeur des rivières en régions tempérées (en kg de M.O./m ² /an)	0,1 à 0,6

Fig.1.2. Schéma situant l'évolution amont aval de la production.



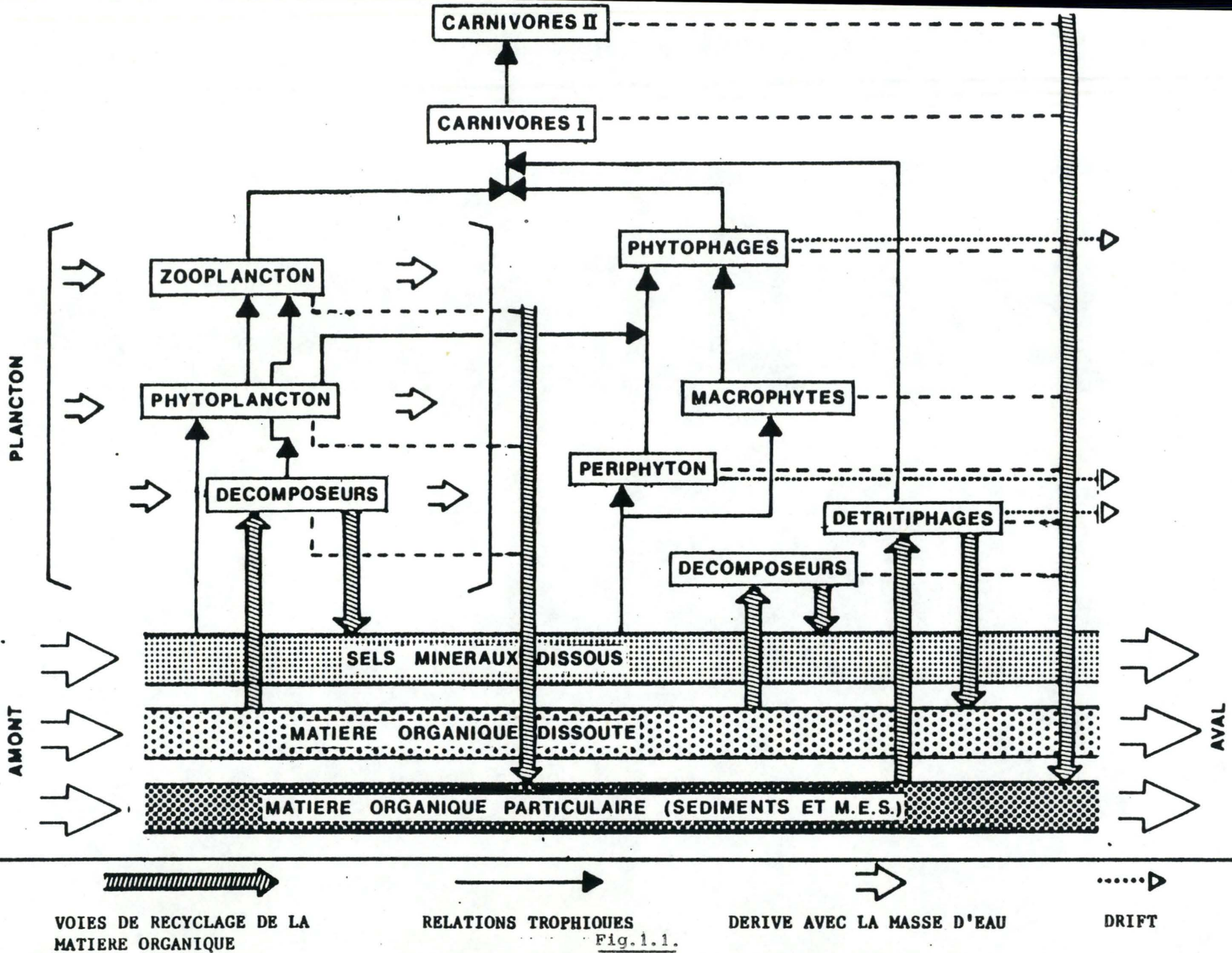


Fig. 1.4. Relations photosynthèse lumière avec courbes correspondantes

SMITH :

$$P(z, t) = P_{max} \cdot \frac{I(z, t) / I_k}{\sqrt{1 + (I(z, t) / I_k)^2}}$$

VOLLENWEIDER :

$$P(z, t) = P_{opt} \frac{I(z, t) / I'_k}{\sqrt{1 + (I(z, t) / I'_k)^2}} \cdot \frac{1}{[1 + (aI(z, t) / I'_k)^2]^{n/2}}$$

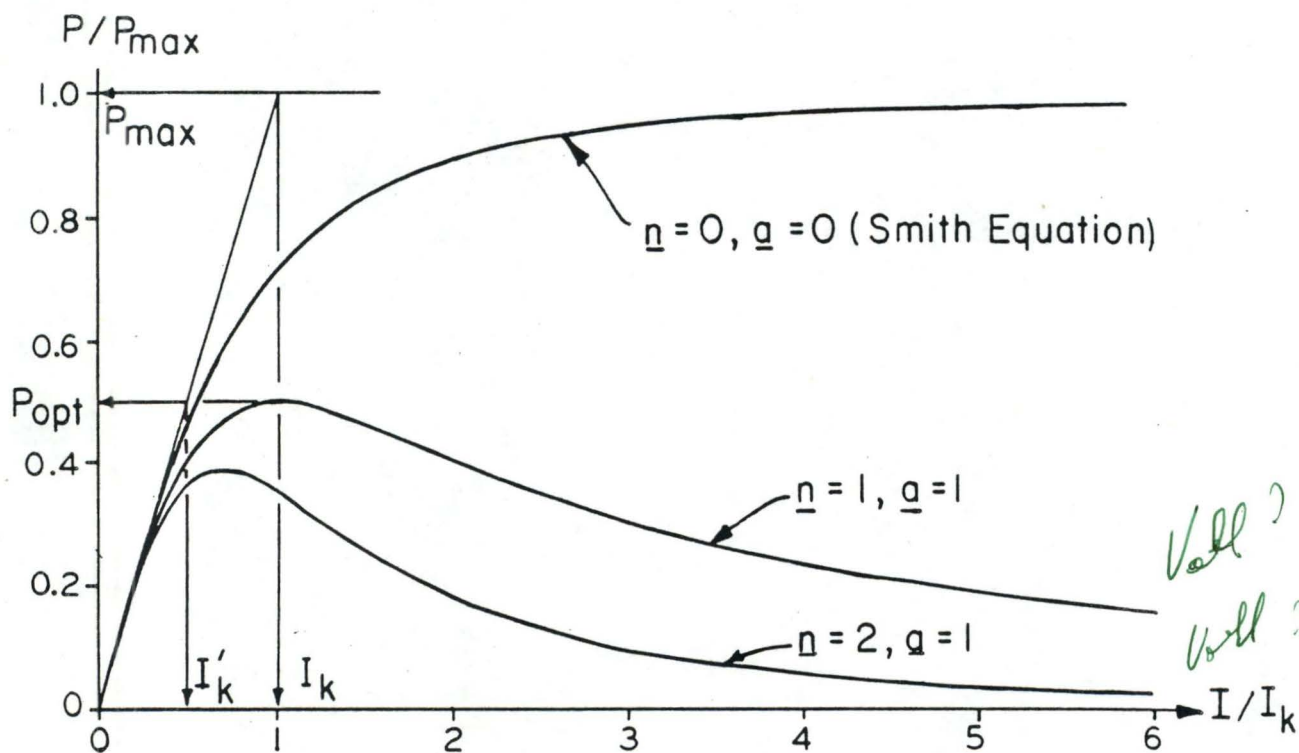


Figure 1. Photosynthesis vs. irradiance diagrams which illustrate the difference between I_k and I'_k and between P_{max} and P_{opt} . I_k is the irradiance at which the extrapolation of the nearly linear portion of the P/I curve intersects the asymptote $P = P_{max}$. I'_k is the irradiance at which this extrapolated line intersects the line $P = P_{opt}$.

Tab?
 Fig. 1.5. Situation de la production primaire de la Meuse par rapport
 aux principales rivières européennes - Réf. DESCY 1986 -

RIVER	REFERENCE	MEAN ANNUAL GP $gC.m^{-2}.d^{-1}$	MINIMAL GP $gC.m^{-2}.d^{-1}$	MAXIMAL GP $gC.m^{-2}.d^{-1}$	MAXIMAL BIOMASS
ire (France)	BILLEN et al. (1984b)	1.51	0.05	3.9	158 mg Chla. m^{-3}
t (France)	CAPBLANCQ & DAUTA (1978)	0.75	0.068	2.32	15 mg Chla. m^{-3}
se (France)	BILLEN et al. (1984a)	0.96 (1982)	0.07	2.7	101 mg Chla. m^{-3}
ine (France)	BORDET (1980)		(0.3)	4.40	85 mg Chla. m^{-3}
ames (England)	WETZEL (1975)	1.44	0.006	4.50	197 mg Chla. m^{-3}
ine (Germany)	WETZEL (1975)	0.6	-	-	-
ieper (USSR)	TOMNITSKIY (1985)		0.67 (1981)	1.41	3.296 $g.m^{-3}$
caut (Belgium)	BILLEN et al. (1984b)	1.18	0.07	4.5	155 mg Chl.a. m^{-3}
use (Belgium)	DESCY et al. (this paper)	1.62 (1983)	0.05	5.78	121.5 mg Chl.a. m^{-3}
		1.68 (1984)	0.18	4.35	89.6 mg Chl.a. m^{-3}

GP = gross production

NP = net production ; C production calculated with PQ = 1.25, when only
 oxygen measurements were available.

* calculated over a 1.20 m depth.

Phytoplancton Haute Meuse 1983

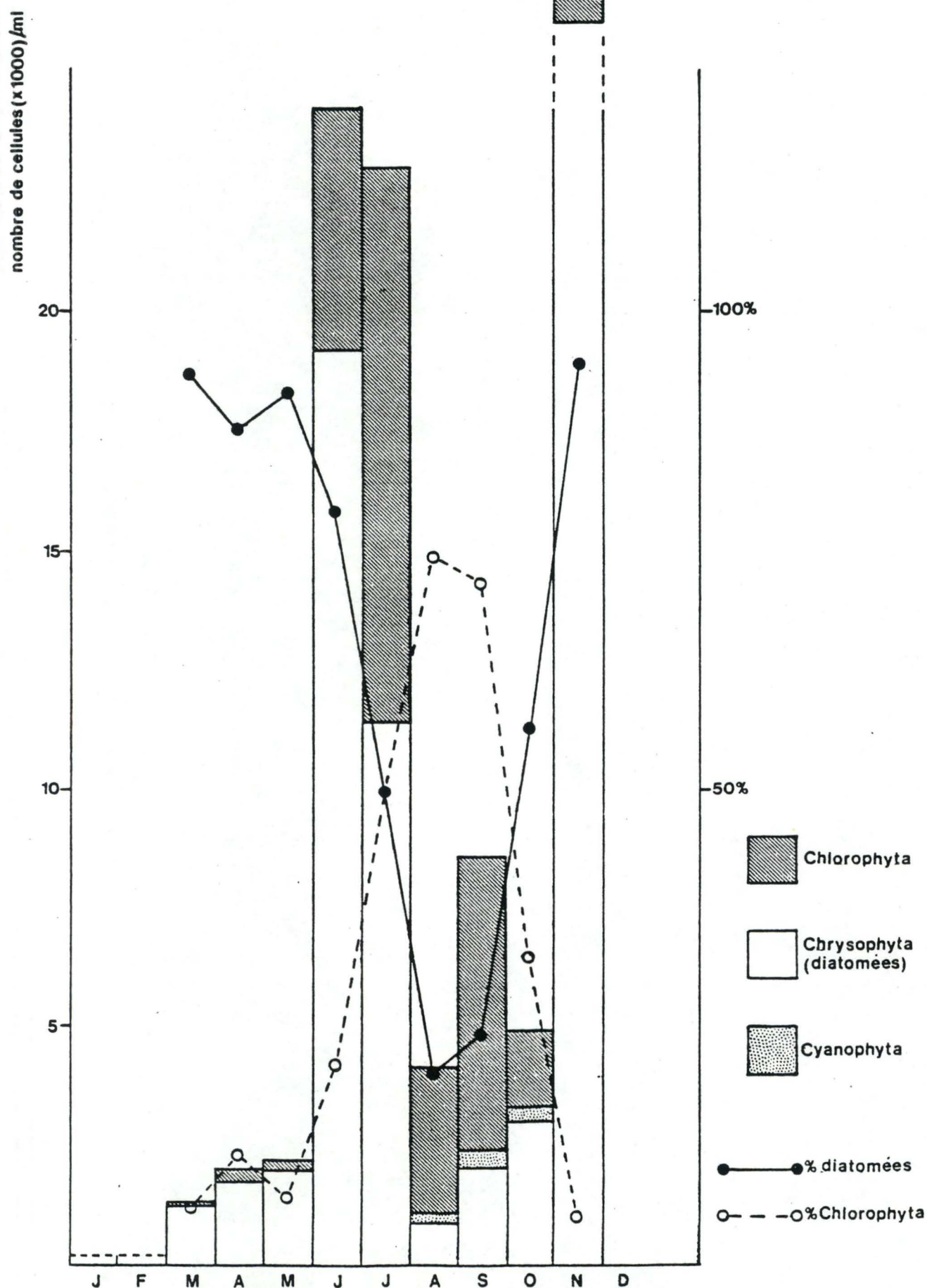


Fig. 1.6. Evolution de la composition globale du phytoplancton de la haute Meuse en 1983.

jeune?

METHODOLOGIE2.1. Cadre général

En vue de rassembler un maximum d'éléments permettant de déterminer la production primaire, la présence et l'importance de phytoplancton ainsi que leur évolution en fonction des conditions hydrologiques et climatologiques du tronçon de Meuse étudié ainsi que celles de son affluent principal la Sambre juste avant le confluent, nous avons procédé à une campagne de prélèvements et de mesures sur site qui s'est étendue du 6 août 1986 au 25 juillet 87. Celles-ci ont été effectuées pour la Sambre au niveau du barrage de Salzinnes, pour la Meuse au niveau de l'écluse de la Plante soit à l'extrémité du tronçon étudié.

Par ailleurs, dans le but d'étudier l'homogénéité longitudinale de ce parcours, nous avons effectué 4 séries de mesures portant sur les mêmes paramètres en 4 points du tronçon à peu près équidistant l'un de l'autre et jugés représentatifs du secteur étudié.

Les endroits choisis ont été :

- le barrage d'Anseremme en amont de la confluence avec la Lesse
- le barrage de Dinant ou celui de Houx
- le barrage de Rivière
- le barrage de la Plante

Chaque série de mesures et prélèvements a été réalisée le même jour sur un intervalle de temps étroit (entre 10 h du matin et 15 h).

De plus, 3 profils transversaux ont été réalisés en 2 points du secteur (Dinant en aval du confluent avec la Lesse, Rivière). Nous y avons mesuré la transparence de l'eau, la température, l'oxygène dissous et la chlorophylle en différents points de la section transversale et en chacun de ces points à diverses profondeurs.

Il y a lieu de signaler que nos campagnes de mesures ont été fortement perturbées par des conditions météorologiques relativement défavorables.

- Hiver précoce et long empêchant pendant près de quatre mois un développement significatif du phytoplancton du fait de la faible luminosité et du niveau bas de la température.

- Printemps et été caractérisés par des variations météorologiques soudaines de forte amplitude et de courte durée perturbant les conditions de croissance du phytoplancton.

D'autre part, la présence tout au long de la campagne de nombreux travaux d'aménagement du cours d'eau sur le tronçon étudié nous ont fortement gênés. Ils ont été la source d'augmentation locale des M.E.S.

La mise en chômage de la Meuse en amont de Namur nous a privée d'une période d'observations particulièrement intéressante. Compte tenu de ces conditions, les 32 séries de mesures que nous avons effectuées ont été très inégalement réparties dans le temps.

Les tableaux généraux des mesures, les analyses chimiques et les graphiques en découlant sont regroupés dans le chapitre 4 -
RESULTATS ANALYSES ET COMMENTAIRES -

2.2. Paramètres physico-chimiques - matériel et méthodes d'évaluation

Les débits nous ont été communiqués par la C.I.B.E. à Tailfer en ce qui concerne la Meuse, par l'Office de la Navigation pour la Sambre à Namur.

Les intensités lumineuses totales au niveau du sol nous ont été transmises par la Station de St Hubert de l'I.R.M. (cette station est la plus proche du tronçon étudié.)

Le rayonnement global est intégré par demi heure ; on considère que le P.A.R. (Fraction photosynthétiquement active) constitue 50 % de ce rayonnement global.

Occasionnellement, le P.A.R. a été directement mesuré à l'aide d'une sonde LICOR (Li - 190 - S.B.) reliée à un système d'enregistrement.

A l'exception de ces 2 paramètres, la totalité des autres ont fait l'objet d'une mesure systématique à chacune de nos visites soit sur le terrain, soit en laboratoire.

2.2.1. Prélèvement et conservation

On récolte l'échantillon d'eau à analyser au laboratoire à l'aide d'un récipient de 10 l que l'on enfonce progressivement dans l'eau en évitant les films d'hydrocarbures et les diverses impuretés flottant sur la surface. L'eau est ainsi recueillie sur une profondeur de 50 cm.

De ce récipient, on prélève 3 flacons. 2 de 0,5 l seront congelés et stockés pour analyses. Le troisième (2 l) est stabilisé au lugol en vue d'examen microscopiques éventuels.

... / ...

2.2.2. Méthodes et mesures

13 paramètres physico-chimiques ont été examinés soit sur le terrain, soit au laboratoire. La liste de ces paramètres se trouvent ci-dessous avec les méthodes de dosages.

- 1) Température : sur le terrain, au moyen d'un thermomètre type WTV au $1/10^{\circ}$ C.
- 2) pH : sur le terrain, au moyen d'un pHmètre WTV dont la précision atteint 0,01 unité pH.
- 3) Oxygène dissous : sur le terrain, à l'aide d'oxymètre équipé d'électrodes à membrane et/ou par la méthode de Winkler (Standard Methods 1965). Le pourcentage de saturation a été établi en faisant le rapport entre la teneur en oxygène mesurée et la teneur en oxygène à saturation calculé au moyen de la formule $\frac{475}{T^{\circ} + 33^{\circ}}$
où T est la température mesurée.
- 4) Conductivité : sur le terrain, au moyen d'un conductivimètre W.T.V. L'électrode est étalonnée au KCl N/100 des coefficients de correction en fonction de la température permettant de calculer la conductivité à 25°C . (GOLTERMAN).
- 5) Transparence de l'eau : sur le terrain, les intensités relatives ont été mesurées au moyen de 2 cellules photoélectriques équipées d'un filtre vert, d'un filtre rouge, d'un filtre bleu. Une cellule est maintenue en surface pour servir de référence tandis que l'autre est plongée successivement aux profondeurs de 0,10 m - 0,25 m - 0,50 m - 0,75 m - 1,0 m - 1,50 m - 2 m - 2,5 m.

L'utilisation de ces 3 gammes de couleur permet de déterminer l'extinction de la lumière dans 3 parties du spectre. Pour chaque gamme de longueur d'onde, le coefficient d'extinction est obtenu par régression du log.népérien de l'I.R. en fonction de la profondeur.

Les R^2 montrent un très bon ajustement à la loi BEER-LAMBERT, ce qui démontre que la Sambre et la Meuse sont des milieux optiquement homogènes.

On détermine le coefficient d'extinction moyen, en calculant la moyenne des coefficients obtenus pour chaque filtre

$\eta_{\text{moyen}} = \frac{\eta_v + \eta_r + \eta_{\text{bleu}}}{3}$. Sur le terrain, on ne mesure généralement que le η_{vert} , le η_{moyen} est alors obtenu par une relation linéaire établie d'après une série d'observations.

$$\eta_{\text{moyen}} = 0,93 \eta_{\text{vert}} + 0,56 \quad (R^2 = 0,95).$$

- 6) Alcalinité : neutralisation d'un volume d'eau donné au moyen d'une solution titrée HCl 0,02 N en présence d'un indicateur composé d'une solution alcoolique de rouge de méthyl et de bleu de bromothymol (RODIER 1966).
- 7) M.E.S. : 1 l d'eau ramené au laboratoire est filtré sur filtre Whatman GF/C. Ce filtre est pesé, puis mis à l'étuve 100° pendant 24 h et pesé à nouveau. La quantité de MES est mesurée par la différence de poids existant entre les 2 pesées.
- 8) Phosphates (orthophosphates) : dosage au laboratoire sur les échantillons réfrigérés par la méthode au molybdate d'ammonium (I.B.P. Handbook, 1969). Précision estimée : 0,01 ppm.P. *filtration??*
- 9) Silice : la teneur en silice totale réactive est mesurée par la méthode au molybdate de sodium. (GOLTERMAN, 1969).
- 10) Nitrites : méthode à l' α -naphtylamine (dosage au laboratoire sur les échantillons réfrigérés, au colorimètre à 520 nm après établissement d'une courbe-étalon) (Standard methods, 1965). Limite de détection : 1 ppb NO_2^- N.
- 11) Nitrates : dosage au laboratoire sur les échantillons réfrigérés par la méthode à l'acide chromotropique (WEST et RAMACHANDRAN, 1966). Précision : 0,1 ppmN. *4 par un ref??*
- 12) Ammoniaque : dosage au spectrophotomètre d'un composé fourni par la réaction de l'ion ammonium en présence d'ions hypochlorite de salicylate de sodium et de nitroprussiate de sodium (S.C.A., 1981). *par un ref??*
- 13) Carbone organique dissous : 0,5 ml est mesuré à la station de traitement des eaux d'Eupen au moyen d'un analyseur DOHRMANN.DC.80 sur 100 ml d'eau filtrée et stabilisée à l' H_3PO_4 (0,5 ml). *à l'air filtré méth??*

... / ...

2.3. Méthode d'évaluation de la biomasse et de la production

2.3.1. Evaluation de la biomasse : elle s'effectue par la mesure de la concentration en chlorophylle a (VOLLENWEIDER, 1974). 2 l d'eau sont prélevés et filtrés sur filtre WATHMAN GF/C. L'extraction des pigments est réalisée à l'aide d'un solvant (acétone ou méthanol). D'après les intercalibrations réalisées sur le phytoplancton de la Meuse (DESCY. com.pers.), l'extraction à l'acétone 90 % pendant 24 heures donne des résultats équivalents à ceux obtenus par extraction au méthanol pendant 1 heure (MARKER, 1972) alors que cette technique a un rendement supérieur (MARKER et al., 1980). Cela tient au fait que le phytoplancton de la Meuse est généralement dominé par des diatomés dont l'extraction à l'acétone est aisée. Ce solvant présente de plus les avantages suivants :

- 1- Stabilité des pigments dans l'acétone à froid (4°) et à l'obscurité.
- 2- Faculté de mise en contact du solvant immédiatement après la filtration si celle-ci est faite sur site.
- 3- Simplicité de la procédure d'acidification.

La mesure des pigments chlorophylliens est établie au moyen d'un spectrophotomètre BAUSCH-LOMB., à la longueur d'onde de 665 Nm sur laquelle 2 mesures de densité optique sont lues, la première (DB) directement, la seconde (DA) après acidification HCl/ 0,1 N.

La quantité de chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$) est donnée par la formule suivante :

$$\text{chlo a } (\mu\text{g/l}) = \frac{(DB - DA) \times 2,43 \times 11,9}{V} \cdot \frac{v}{L}$$

ou v : volume de l'acétone nécessaire à l'extraction (unité?)

V : volume d'eau filtrée en litre

L : longueur du trajet optique dans la cuvette (1 cm)

... / ...

Les pigments totaux obtiennent par la formule suivante :

$$PT (\mu\text{g/l}) = 11,9 (v/L) \cdot 1,7 (DA)$$

Par différence, on calcule la concentration en phaeopigments (PT-Chlo A) et le pourcentage de phaeopigments par rapport aux pigments totaux.

2.3.2. Evaluation de la production primaire

2 méthodes sont proposées :

- la mesure de la variation dans le temps de la biomasse des végétaux.
- la mesure de l'activité photosynthétique.

1.) Mesure de la variation de la biomasse :

Grâce à un échantillonnage représentatif étalé dans le temps, on peut estimer le taux de production. Comme la biomasse est toutefois fonction des termes de disparition ($\frac{dB}{dt} = P - D$), une biomasse faible peut résulter de taux de production et de terme de disparition d'un ordre de grandeur similaire. Inversement, une biomasse élevée peut résulter d'un taux de production relativement faible alors que les termes de disparition sont presque inexistantes, voire nuls.

Lorsque le phyto-plancton est important, ceci est le cas dans la Haute Meuse, le suivi de la variation de la biomasse permet difficilement d'évaluer la production primaire.

2.) Mesure de l'activité photosynthétique sur communautés isolées ([technique de GAARDER et GRAN 1927) :

Elle a comme objet de mesurer le carbone assimilé ou l'oxygène produit par le phyto-plancton.



prises et profondeurs

2.1.) Principe de la technique (Dark and light bottles)

L'échantillon d'eau prélevé est réparti dans des bouteilles en verre qui sont incubées à différentes profondeurs au cours de la partie du jour où l'intensité lumineuse est maximale. Certaines de ces bouteilles (dark bottles) ont été occultées par du papier d'aluminium. Les autres (Light bottles), suivant la profondeur où elles se trouvent, sont mises à des intensités lumineuses différentes. Dans les bouteilles sombres, la respiration des différents organismes (algues - bactéries et zooplancton) consomme l'oxygène ; il y a production de CO_2 . Dans les bouteilles claires, il y a d'une part production d'oxygène et assimilation de carbone, d'autre part, consommation d'oxygène par respiration.

Pour évaluer les échanges :

- soit on mesure l'oxygène présent dans chaque récipient par la méthode de WINKLER et on déduit la production par la différence entre bouteilles claires et sombres, en fin d'incubation.
- soit on mesure directement le carbone assimilé par les algues au moyen de la technique au C^{14} .

Mesure de l'oxygène : elle permet de calculer la production brute ; la photosynthèse "nette" est déterminée dans les bouteilles claires par la différence de concentration en O_2 au début (C_0) et à la fin (C_1) de l'incubation. La respiration est obtenue par la différence entre C_1 et la teneur finale en oxygène mesurée dans les bouteilles sombres (C_s).

$$\begin{aligned} \text{Prod. brute} &= (C_1 - C_0) + (C_0 - C_s) \\ &= C_1 - C_s \end{aligned}$$

Pour calculer le carbone assimilé par les algues, il faut tenir compte du quotient photosynthétique

$$P_q = \frac{O_2 \text{ produit}}{CO_2 \text{ assimilé}}$$

Celui-ci est généralement supérieur à 1.

L'ind. $\left\{ \begin{array}{l} \text{protéin.} \\ \text{lipid.} \\ \text{glucid.} \end{array} \right.$

Pour un $P_q = 1,25$ on a l'équivalence entre 1 mole de C assimilé et 1,25 mole d' O_2 émis, soit $1 \text{ g } C = 3,33 \text{ g } O_2$.

Technique du C^{14} : cette méthode est très généralement utilisée grâce à sa sensibilité et donc à sa faculté de mesurer des activités très faibles. Ce sera celle que nous utiliserons. Elle mesure le taux d'assimilation du carbone par le phyto-plancton en C^{14} l'incubant en présence de bicarbonate marqué au C^{14} .

La plupart des auteurs sont d'accord pour reconnaître que cette méthode est très fine. Ils lui donnent une valeur intermédiaire entre la production nette de production brute suivant les conditions d'incubation. L'inconvénient de cette technique réside dans le risque de perte de C^{14} fixé, occasionné par les processus d'excrétion et de respiration dans le cas d'incubation trop longue.

Evaluation du carbone fixé par les algues

L'eau échantillonnée par le remplissage des bouteilles (100 ml) utilisées est additionnée d'une quantité déterminée de bicarbonate marqué. (24 à 25 microcuries pour 1,5 l d'eau). On y prélève, pour obtenir un témoin de l'activité initiale une aliquote (0,5 ml) que l'on place dans un tampon basique (phényléthylamine 0,25 ml) avec 5 ml de liquide scintillant Beckman MP.

Deux témoins sont réalisés à chaque incubation. L'échantillon d'eau est alors réparti dans les bouteilles et on procède à l'incubation. Celle-ci terminée, le contenu de chaque bouteille est stabilisé au formol (5 %). Dans les 24 heures, il est filtré au laboratoire sur filtre milipore 0,45 micron. Après rinçage, il est déposé dans une fiole dans laquelle on a placé 5 ml de liquide scintillant.

L'activité des algues retenue sur chaque filtre ainsi que celle des témoins est mesurée au compteur à scintillation. La valeur exacte de l'activité est obtenue en déduisant de la valeur mesurée pour chaque échantillon en provenance des bouteilles claires, la valeur obtenue pour les bouteilles sombres. Celle-ci correspondrait en effet à une fixation hétérotrophe du carbone. Le rapport entre l'activité exacte ainsi obtenue et l'activité mesurée sur le témoin représente le taux de carbone assimilé par les algues.

On suppose que le taux d'assimilation du carbone non marqué (CO_2) présent dans l'eau au départ de l'incubation est égal au taux d'assimilation du carbone marqué (bicarbonate).

A la discrimination isotopique près, on a :

$$\frac{C^{14} \text{ fixé}}{C^{14} \text{ init.}} = \frac{C^{12} \text{ fixé}}{C^{12} \text{ init.}}$$

ou

$$C^{12} \text{ fixé} = C^{12} \text{ init.} \cdot \frac{C^{14} \text{ fixé}}{C^{14} \text{ init.}}$$

$C^{12} \text{ init.}$ est calculé à partir du titre alcalimétrique complet et du pH. Il correspond au CO_2 total présent dans l'eau au moment du prélèvement.

Ainsi :

$$C \text{ fixé (mg/l/h)} = CO_2 \text{ total (mg/l)} \cdot \left[1,06 \frac{\text{act. filtrée corrigée}}{\text{act. init.}} \cdot \frac{1}{T} \right]$$

1,06 représente le facteur de discrimination isotopique
T, le temps d'incubation mesuré en heure.

2.3.3.) Matériel mis en oeuvre

Les 2 systèmes utilisés pour procéder à l'incubation sur le site sont schématisés : fig. 2.1. et fig. 2.2.

- Le croisillon est constitué de 2 lattes métalliques de 80 cm assemblées en croix. Elles sont équipées de flotteurs et munies de morillons et d'une série de fines élingues pour suspendre les bouteilles aux différentes profondeurs.
- Le bac flottant : ce système est constitué par un encadrement en plexiglass de forme de parallépipède creux muni de flotteurs assurant sa stabilité. Il contient des fixations permettant de maintenir couchées directement sous le niveau d'eau, les bouteilles servant à l'incubation. Celles-ci sont introduites dans des petits sacs fabriqués au moyen de trame LT d'absorbances lumineuses différentes. Les gammes d'intensité relative choisie sont respectivement de 76 %, 60 %, 50 %, 22 %, 10 %, 6,3 %.

Bouteilles
serties

... / ...

Avantages et inconvénients des systèmes :

Le système des croisillons est tributaire du coefficient d'extinction. Comme celui-ci n'est établi qu'une fois au cours de l'expérience, des erreurs peuvent survenir du fait des modifications intervenant dans la transparence de l'eau (passage de MES).

Il en résulte une certaine imprécision dans la détermination de la relation photosynthèse - lumière et des paramètres de production I_k et P_{max} . Ceci n'est pas le cas pour le système du bac flottant qui utilise des intensités relatives fixes indépendantes du coefficient d'extinction. Par ailleurs, son faible encombrement autorise des manipulations dans des sites où la profondeur est moyenne, voire faible. Son adaptation pour une incubation en laboratoire doit pouvoir être réalisée pour autant que les paramètres T° et PAR du milieu soient reproduits.

2.3.4. Evaluation de la production journalière

Les paramètres intervenant dans le calcul de la production journalière (I_k , I_0 , K_{max} , n , $Chl.a$) ont été soit mesurés directement sur le terrain, soit obtenus par dosage au laboratoire. Elle est obtenue par une double intégration de la formule dérivée de celle de VOLLENWEIDER, 1965.

$$PJ = \int_L^C \int_0^H 2 K_{max} \cdot Chl.a \cdot \frac{I(z,t)/2 I_k}{1+(I(z,t)/2 I_k)} \cdot dz dt$$

où - PJ est la production journalière exprimée en ($g C/m^2 \cdot jour$)

- K_{max} , le taux maximal de photosynthèse ($g C/g chl.a.j$) normalisé par rapport à la biomasse phytoplanctonique "active" ($chl.a : \mu g/l$)
- I , l'intensité lumineuse photosynthétiquement active reçue ($JOULE/cm^2 \cdot jour$)

... / ...

- IK , une constante de saturation (Joules/cm².h)

C = intégration ou lever au coucher du soleil

\int
L

H = intégration sur la profondeur de la colonne d'eau

\int
0

~~Leid frequegnent~~ ok

Tratament de donnie? - Inpinstepin program
- Stoterlipa? / per in/legu.

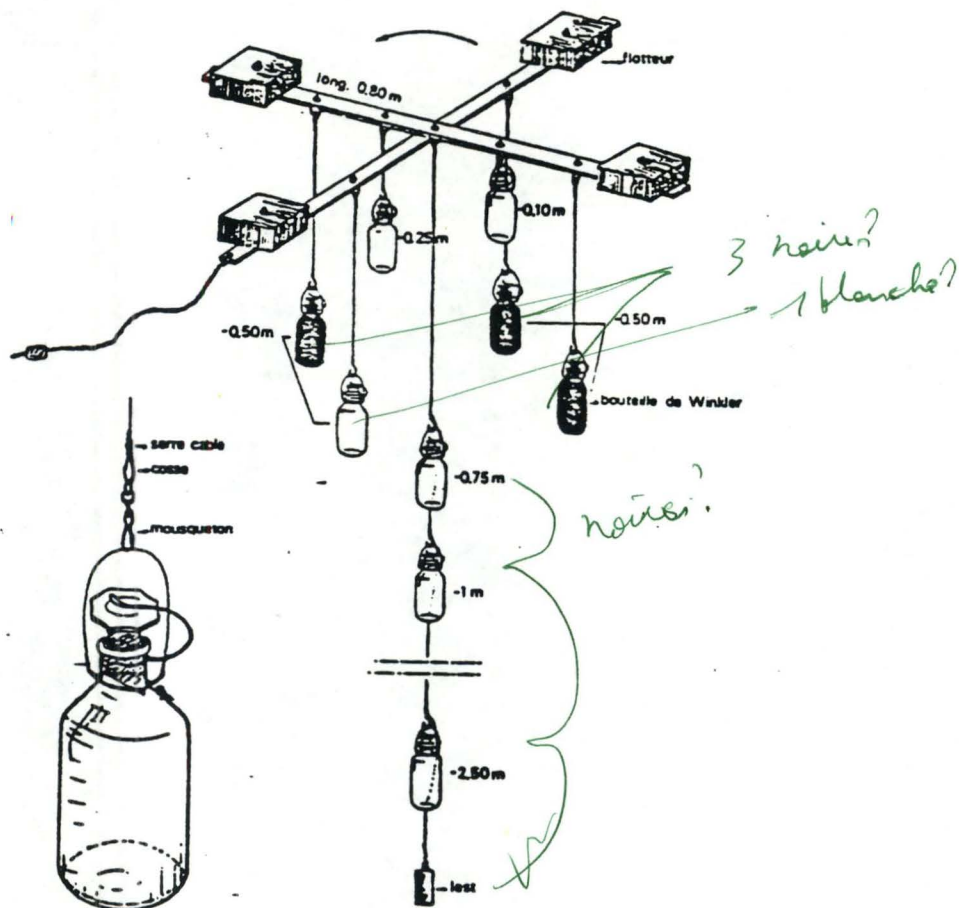


Fig.2.1. Système du croisillon.

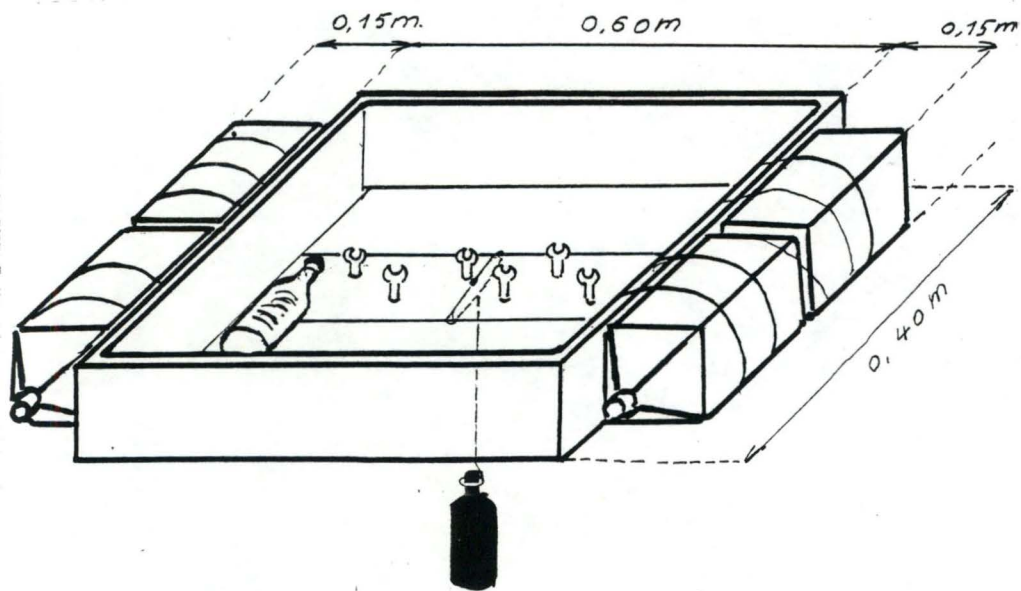


Fig.2.2. Système du bac flottant.

CHAPITRE 3

RESULTATS ET COMMENTAIRES

3.1. Caractéristiques climatiques et physico-chimiques

Quatre tableaux de résultats sont présentés à la fin de ce chapitre. Ces résultats sont analysés et interprétés, paramètres par paramètres avec examen de leur évolution dans le temps; ceci dans le but de décrire les principales conditions physico-chimiques des milieux "Sambre et Meuse". Les symboles utilisés seront maintenus sur tous les graphiques. Les valeurs observées dans la Sambre seront représentées par des carrés noircis, celles observées dans la Meuse par des carrés clairs.

Nous présenterons ensuite un diagramme ionique de chacune des rivières et nous vérifierons si l'ensemble de nos observations sont compatibles avec les résultats obtenus dans les études précédentes.

3.1.1. Paramètres climatiques et physiques

1. Le rayonnement solaire : il est représenté à la figure 3.1..

Il est repris des tableaux de la Station de St Hubert (I.R.M.) et est exprimé en quantité d'énergie reçue par unité de surface (JOULE/cm²).

2. La température : le graphique (fig.3.2.) met en évidence la variabilité thermique saisonnière des 2 rivières (nette diminution en période hivernale et réchauffement progressif des eaux au printemps). Il est toutefois intéressant de souligner cette année les brusques variations de température, ainsi que les faibles valeurs observées en mai et juin 1987. Il faut attendre début juillet pour atteindre des températures de 20°.

Les températures minimales et maximales mesurées au cours de la période d'observation sont respectivement 7,5° et 23,1° pour la Meuse 9° et 22,8° pour la Sambre. La température de cette rivière est toujours plus élevée que celle de la Meuse. Les pollutions thermiques en amont du site étudié sont vraisemblablement la cause de cette différence.

... / ...

3. Le débit : nous pouvons observer (fig.3.3. et 3.3.bis) que les deux rivières présentent deux crues importantes, la première à la fin de l'automne, la seconde à la sortie de l'hiver ; remarquons également les débits élevés inhabituels des mois de juin et juillet.

L'importance et les fluctuations du débit en Haute-Meuse s'expliquent par l'ampleur du bassin versant drainé et l'instabilité des conditions climatiques observées en 1987.

Le débit de la Sambre présente des variations similaires mais de moindre amplitude. Cette rivière draine effectivement une région de superficie plus faible.

4. Coefficient d'extinction et matière en suspension : le coefficient d'extinction présente un profil contrasté ; toujours légèrement plus élevé dans la Sambre (fig.3.4.). Ces observations semblent liées à l'évolution des matières en suspension (MES)(fig.3.5.) : toute augmentation de débit ayant généralement pour conséquence un accroissement des MES et une diminution de la transparence de l'eau.

5. Conductivité : En Meuse, la conductivité ($400 \mu\text{s cm}^{-1}$) présente une grande homogénéité. Il n'en est pas de même pour la Sambre qui montre des conductivités bien supérieures ($1000 \mu\text{s cm}^{-1}$) ainsi que des fluctuations plus importantes (fig.3.6.). Celles-ci résultent vraisemblablement de l'importance des rejets industriels et domestiques qui ont un impact d'autant plus marqué que le débit de la rivière est faible.

3.1.2. Paramètres chimiques

1. Oxygène (Concentration et pourcentage de saturation -fig.3.7. et 3.8.)

Nous tenons à signaler que la mesure d'oxygène est fortement influencée par le moment de son prélèvement. Suite à une production primaire active, la concentration en oxygène dissous peut en effet varier très rapidement au cours du temps, en un même point.

Les résultats obtenus au cours de ce mémoire permettent de constater que la Meuse est un milieu bien oxygéné. Dans la Sambre par contre, nous observons généralement un déficit de saturation, avec à certains moments une diminution très marquée de la teneur en oxygène.

Dans la Meuse, la sursaturation quasi omniprésente s'explique notamment par un bilan production-consommation d'oxygène positif. Outre la contribution du phytoplancton, surtout importante en été, la réaération joue également un rôle dans l'oxygénation du fleuve, principalement pendant la période où le développement algal est faible.

Dans la Sambre, la pollution par les effluents organiques est vraisemblablement responsable de la diminution de la teneur en oxygène de l'eau, de plus, le bilan production consommation d' O_2 est sans doute beaucoup plus défavorable que dans la Meuse.

2. TAC et pH : La Sambre et la Meuse présente (fig.3.9. et 3.10) des eaux alcalines dont le pH est compris entre 7 et 9 (pH où dominent les bicarbonates). Ceci n'a rien d'étonnant lorsque on considère les terrains drainés par les deux rivières.

Il est toutefois intéressant de relever certaines différences entre les deux milieux tant au niveau de l'alcalinité que de pH.

- Le TAC (fig.3.9.) : la comparaison des courbes obtenues pour les deux rivières met en évidence un degré de minéralisation différent, l'alcalinité observée dans la Sambre est nettement supérieure à celle de la Meuse.
- le pH (fig.3.10.) : le pH de la Sambre toujours inférieur à celui des eaux de la Meuse dépasse rarement 8 à deux exceptions près (le 9/5/87 et 11/7/87). Ceci peut s'expliquer de la manière suivante : le pH des eaux étant généralement déterminé par les équilibres $[CO_2, HCO_3^-, CO_3^{--}]$, une production accrue de CO_2

suite à une intensification de la biodégradation et des activités respiratoires, est susceptible d'entraîner une diminution du pH.

Toutefois la présence de substances polluantes peut influencer le pH ; ainsi des concentrations élevées en ammoniacque semblent être en relation avec des augmentations de pH de la Sambre (fig.3.10. et fig.3.13. le 16/5/87).

3. Les nutriments

- Azote minéral : (NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^-)

Les figures 3.11, 3.12, 3.13. montrent des teneurs en azote inorganique très différentes dans les deux rivières, il en est de même pour leur évolution dans le temps.

Dans la Meuse, les concentrations en azote minéral sont du même ordre de grandeur que celles trouvées au cours de l'année 1983 - 1984 en amont du secteur étudié par BILLEN et al. et par DERMINE (1985). La concentration moyenne en nitrate au cours de la période d'observation (2,4 mg N/l) est toujours beaucoup plus importante que la teneur moyenne en nitrite et ammoniacque (0,011 mg N/l ; 0,039 mg N/l respectivement).

L'importance des ions NO_3^- par rapport aux ions NH_4^+ et NO_2^- est le fait d'une bonne oxygénation du milieu.

Dans la Sambre par contre, les concentrations moyennes en azote minéral (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) qui sont respectivement de 3,3 mg N/l, 0,16 mg N/l et 3,9 mg N/l sont nettement différentes de celles observées dans la Meuse ; en particulier la concentration en nitrite et surtout ammoniacque sont toujours plus élevées (dans un rapport 10 à 100), celles-ci témoignent de la pollution organique de la rivière.

La différence entre les teneurs en NO_3^- des deux cours d'eau est bien moins marquée. Nous observons une évolution similaire de ces concentrations au cours du temps. Celles-ci sont élevées pendant l'hiver, période où l'activité biologique est faible et les apports du bassin versant importants ; l'inverse s'observe généralement lorsque les apports diminuent et lorsque la croissance algale est forte.

... / ...

- Les orthophosphates (fig.3.14.)

Les concentrations dans les deux milieux présentent également des différences assez nettes : une teneur moyenne de 0,034 mg P/l dans la Meuse contre une teneur moyenne de 0,358 mg P/l dans la Sambre.

Cette dernière valeur peut s'expliquer notamment par les rejets domestiques des agglomérations riveraines.

En Meuse, la biomasse phytoplanctonique semble influencer l'évolution des orthophosphates.

- La silice (fig.3.15)

Les teneurs et l'évolution de la silice sont sensiblement identiques dans les deux milieux à l'exception de la première période d'observation (6/8/86 au 29/11/86). Les minimas et maximas observés sont respectivement (0,01 - 6,44 mg Si/l) pour la Meuse, (0,1 - 8,4 mg Si/l) pour la Sambre.

Apparemment l'évolution de la silice et de celle de la biomasse algale sont inversement proportionnelle : ceci se vérifie plus particulièrement pour la Meuse surtout pendant la période d'avril à juillet 1987 où la silice évolue en raison inverse de la chlorophylle a, ceci témoigne de l'importance des Diatomées dans le phytoplancton de la Meuse.

- Carbone organique dissous (COD)

On observe (fig.3.16.) que les concentrations sont deux fois plus élevées dans la Sambre (7,6 mg C/l) que dans la Meuse (3,9 mg C/l). Il s'agit des conc. moyennes annuelles *mensuelles*.

La présence d'une pollution organique plus marquée dans la Sambre doit en être la cause.

Le profil beaucoup plus irrégulier dans la Sambre est probablement influencé par des rejets ponctuels.

CONCLUSIONS



Luis Edeline 1974



Les analyses effectuées au cours de cette étude confirment les différences déjà observées précédemment entre les deux rivières, (DESCY et EMPAIN 1978, BOELEN et LEGRAND 1984, BILLEN et al. 1985), aucune évolution sensible n'a pu être mise en évidence.

Du point de vue physico-chimique, le tronçon de Meuse étudié reste très homogène avec le secteur situé immédiatement en amont, il présente des caractéristiques physico-chimiques pratiquement normales et relativement constantes.

En septembre 1986, nous avons procédé à l'établissement d'un diagramme ionique tel que proposé par KUFFERATH (1951), il est relativement proche de celui réalisé à Rivières en 1978 par DESCY et EMPAIN et met bien en évidence le type Condruzien de cette rivière (eau bien minéralisée avec prédominance des ions Ca^{++} et HCO_3^-). (fig. 3.17)

Nous avons pu constater que la teneur en oxygène se trouve rarement en-dessous du taux de saturation.

La Sambre par contre continue à présenter des teneurs en sels anormalement élevés. Le diagramme ionique effectué présente certaines similitudes avec celui réalisé en 1978. Il fait nettement apparaître la pollution chimique importante.

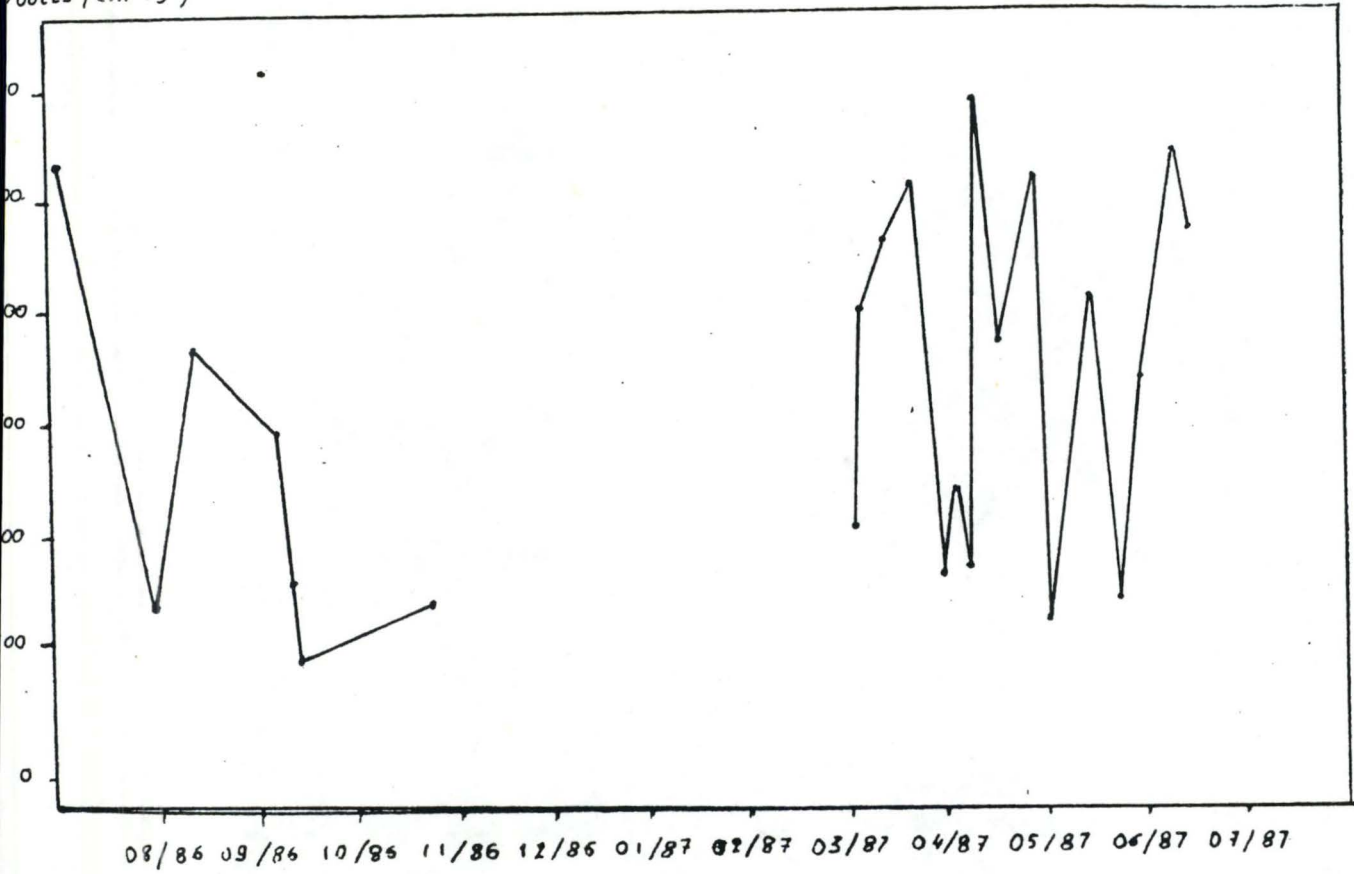
La teneur en oxygène de cette rivière (toujours nettement inférieure au taux de saturation) ainsi que les teneurs importantes en azote inorganique indiquent une pollution organique marquée.

Fig. n° : Titre explicite complet

(3.1.)

ETUDES MEUSE ET SAMBRE - RAYONNEMENT SOLAIRE

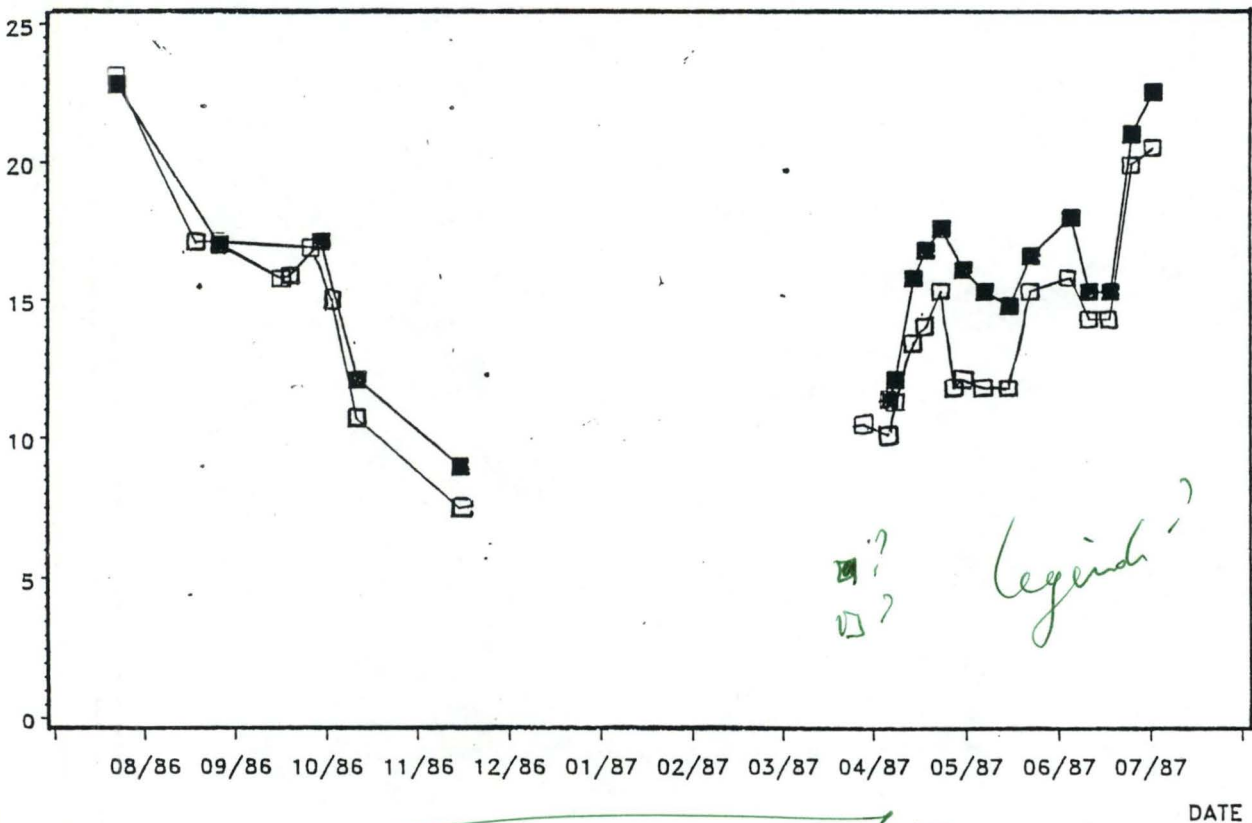
R
TOULES (cm².J)



Etude Meuse et Sambre - TEMPERATURE

(3.2.)

DEGRES C



Legend
 ■ ?
 □ ?

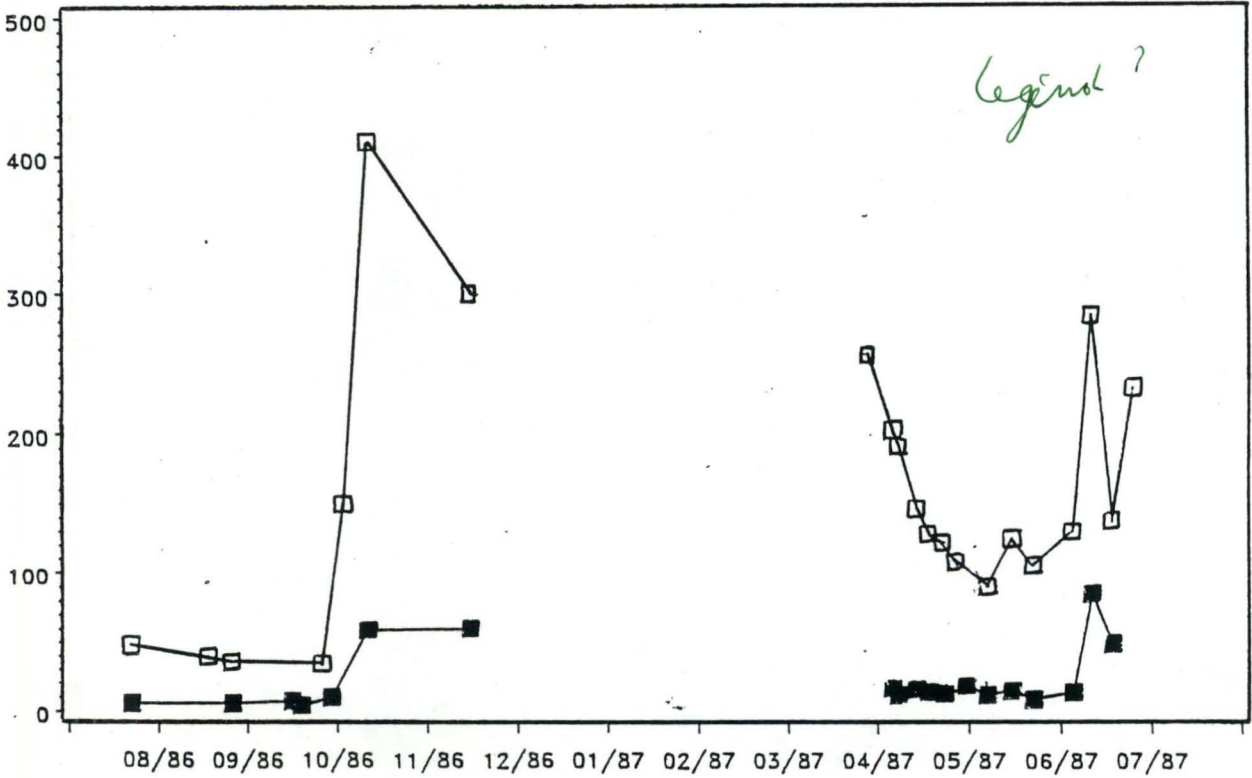


DATE

Etude Meuse et Sambre - DEBIT (3.3.)

idem

m3.s-1



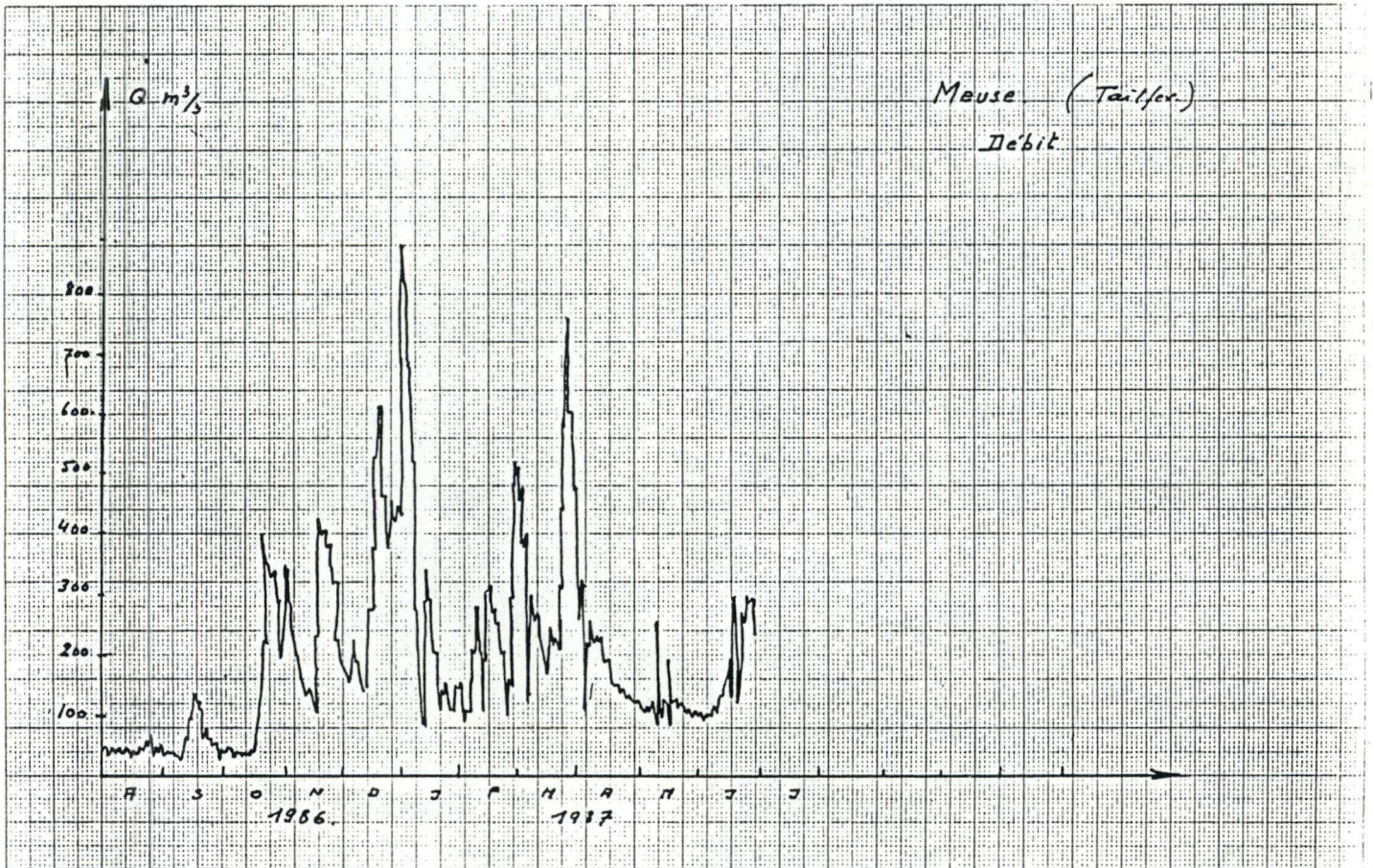
Legend ?



DATE

idem

(3.3.bis)



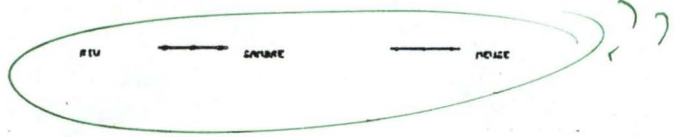
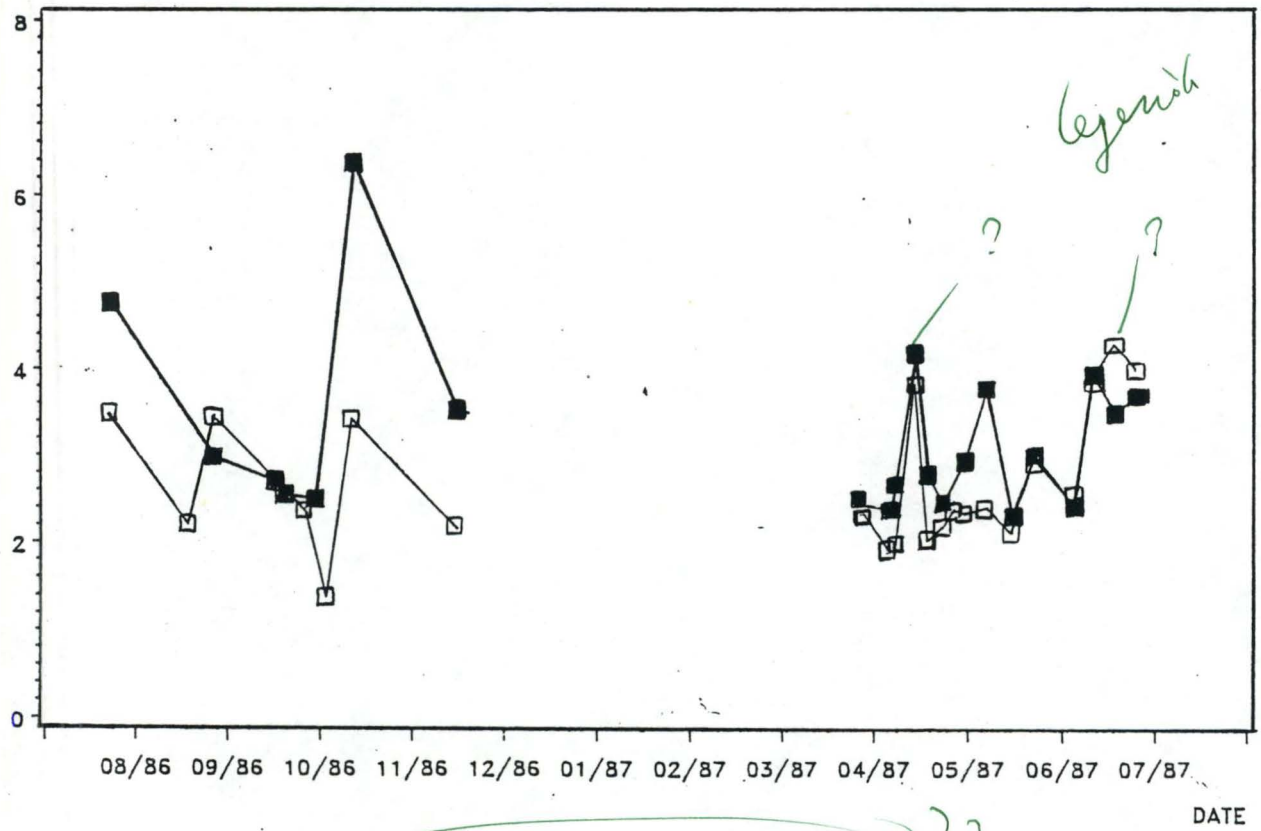
Etude Meuse et Sambre - ETA

ETA? titre explicite n. v. p.

(3.4.)

idem

m-1

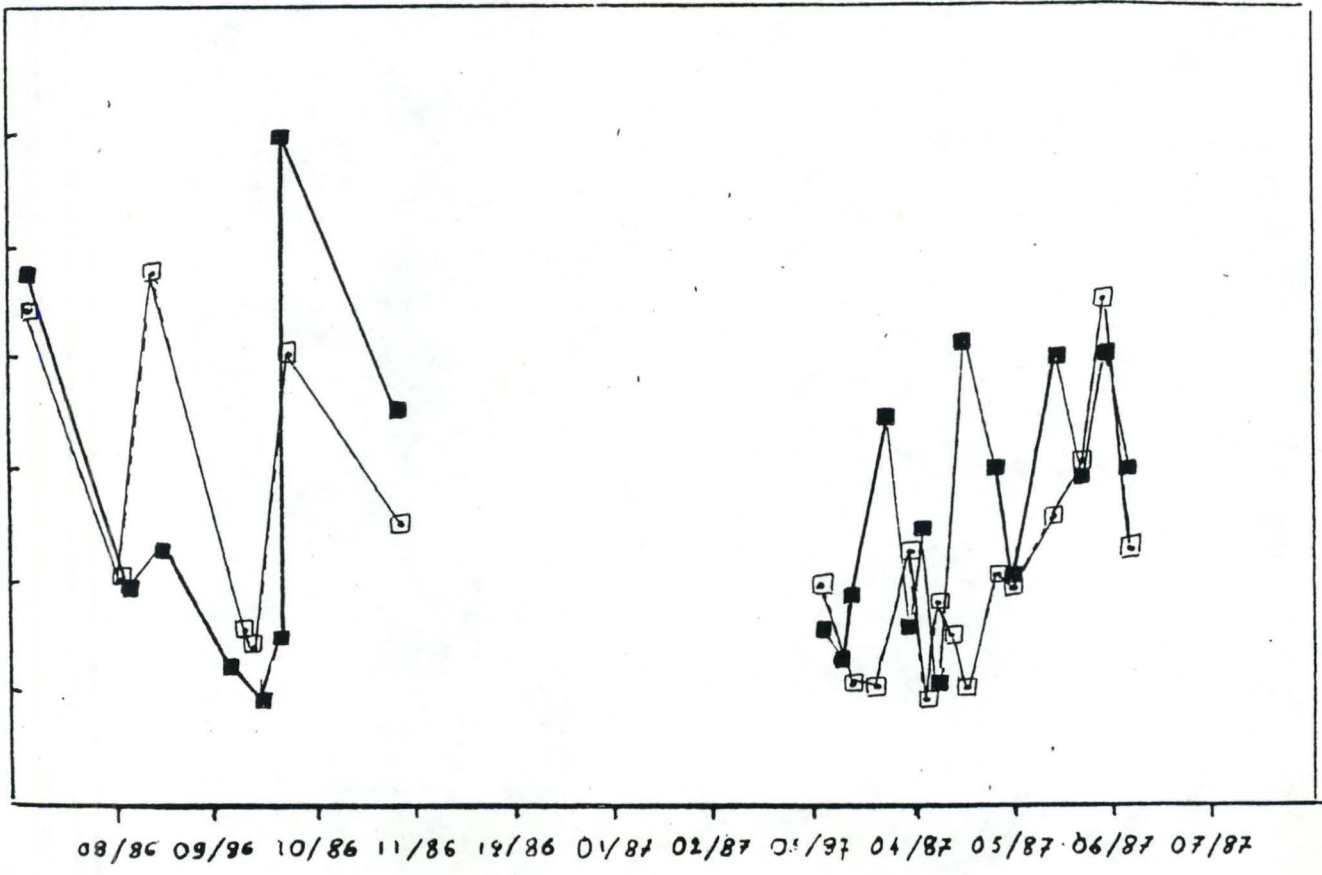


idem

(3.5.)

ETUDES MEUSE ET SAMBRE - MATIERES EN SUSPENSION

mg/l

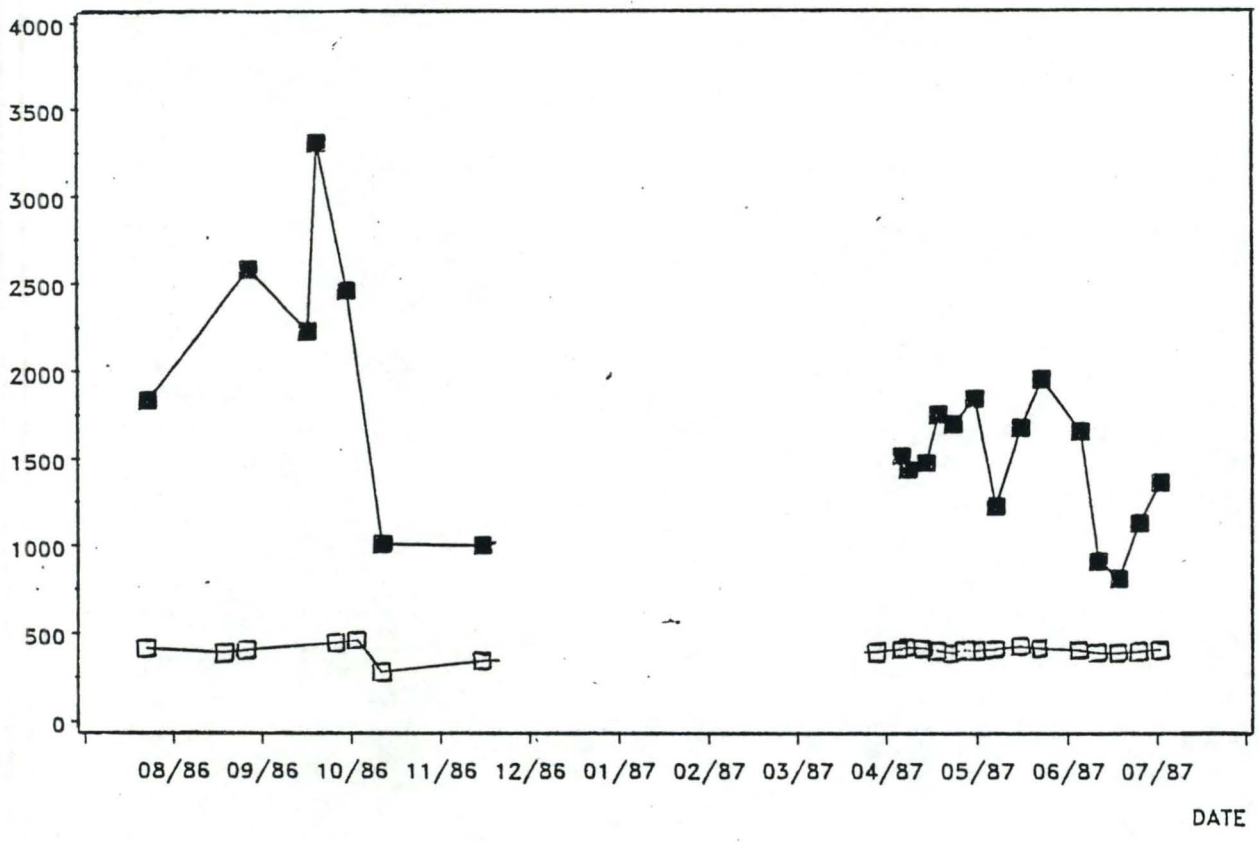


Etude Meuse et Sambre - CONDUCTIVITE

idem
(3.6.)



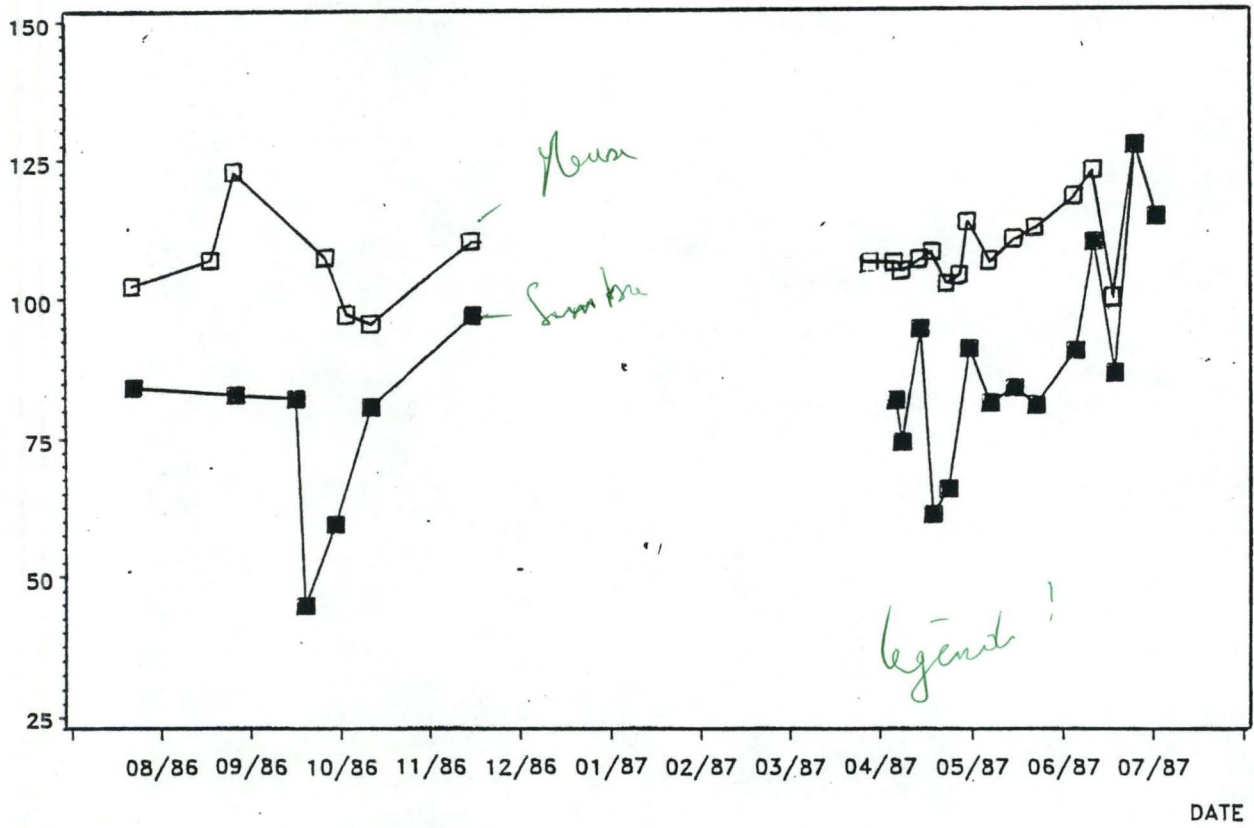
microS.cm-1



MEUSE — SAMBRE

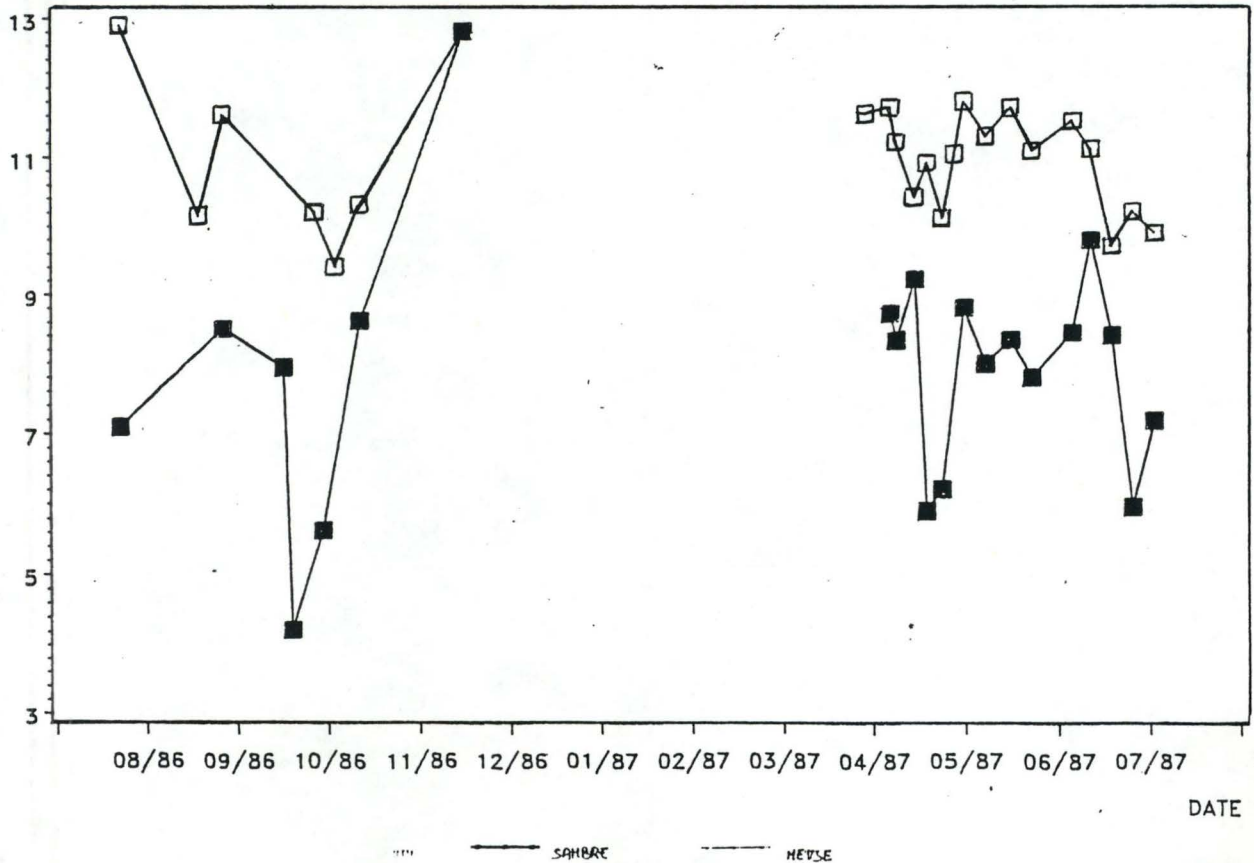
Etude Meuse et Sambre – OXYGENE SATURATION (3.7.)

%



Etude Meuse et Sambre – O2 (3.8.)

mg.l-1



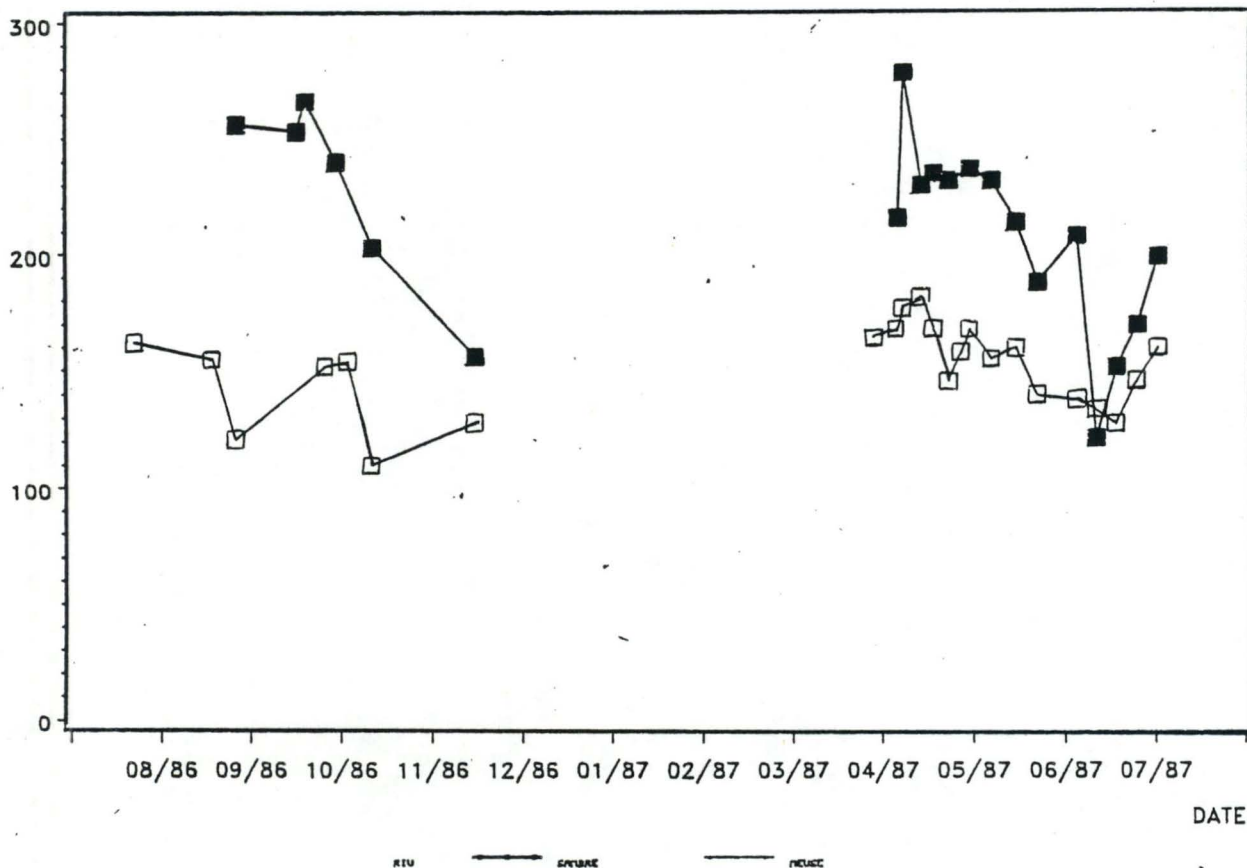
=TAC

X

Etude Meuse et Sambre - ALCALINITE

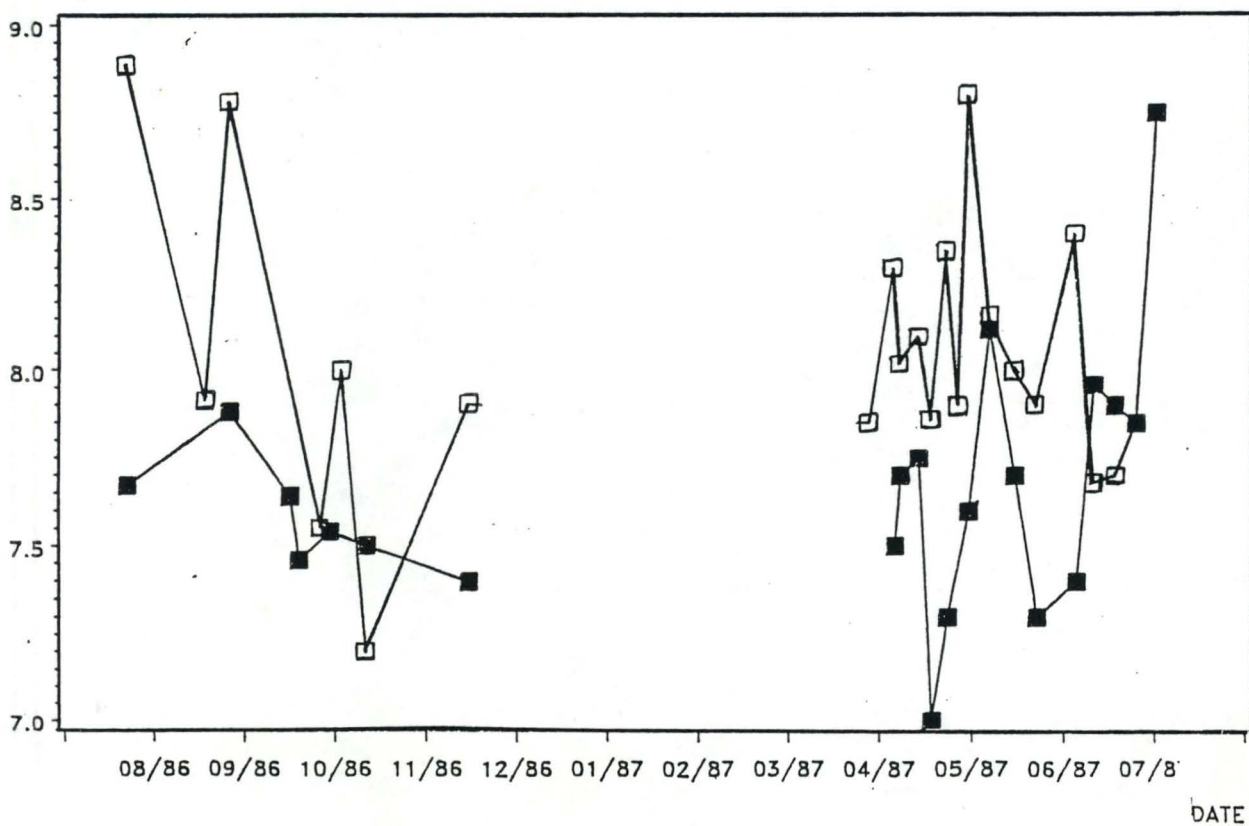
(3.9.)

mgcaco3.l-1



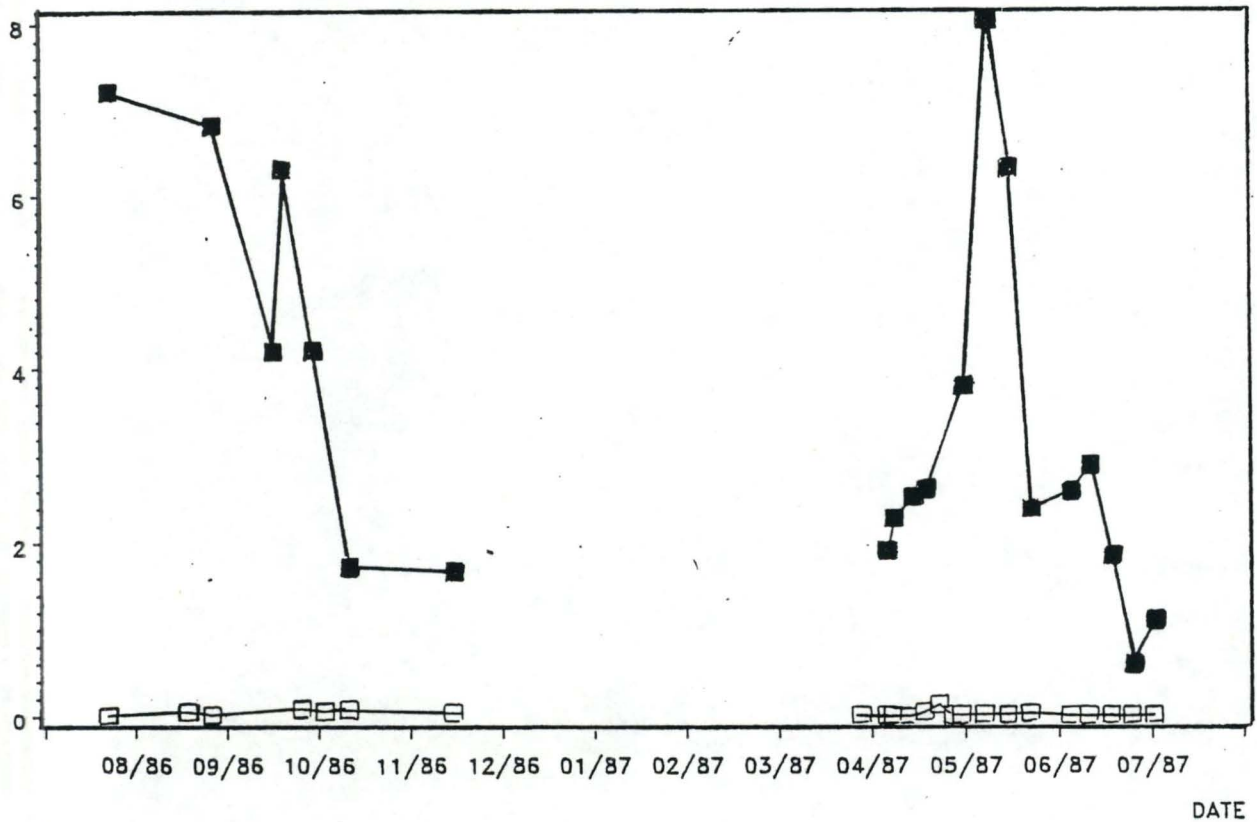
Etude Meuse et Sambre - pH (3.10.)

unite pH



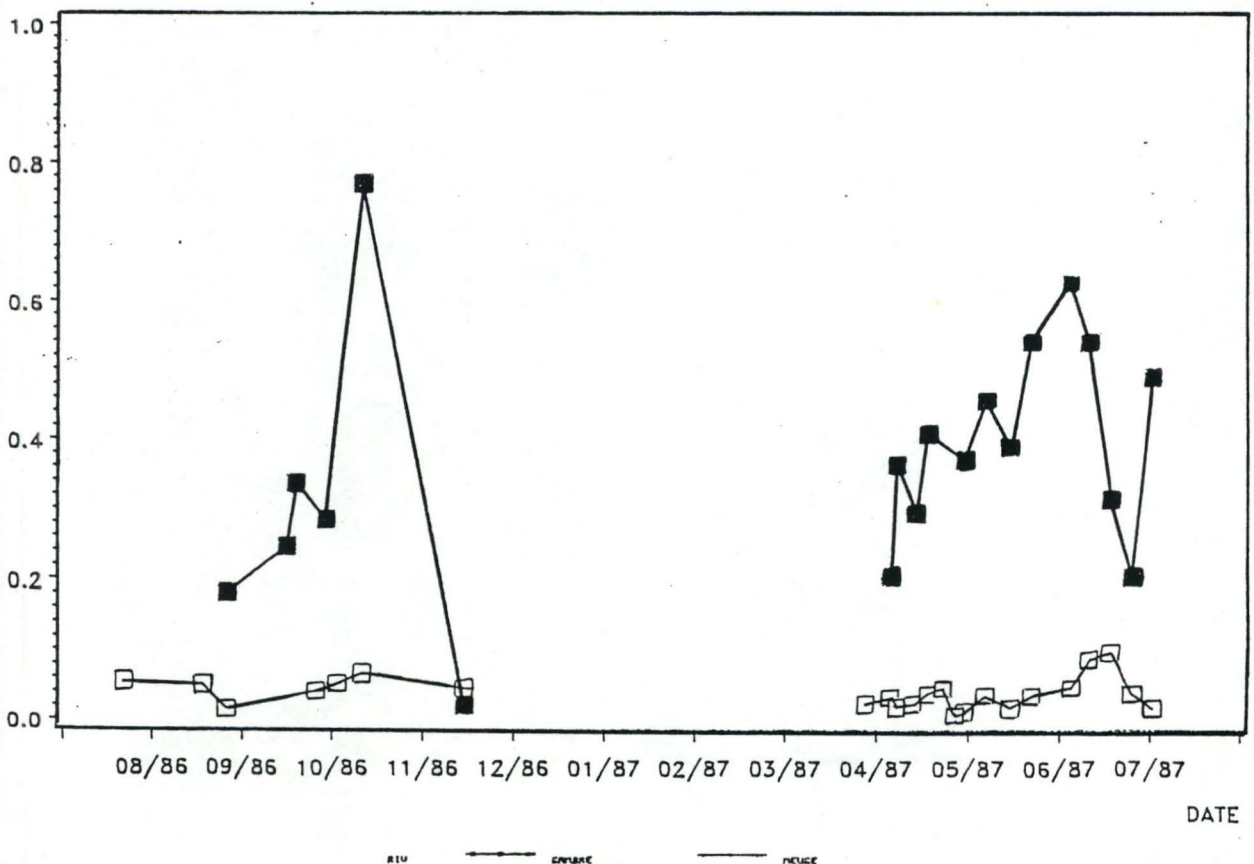
Etude Meuse et Sambre - AMMONIAQUE (3.13.)

mgN.l-1



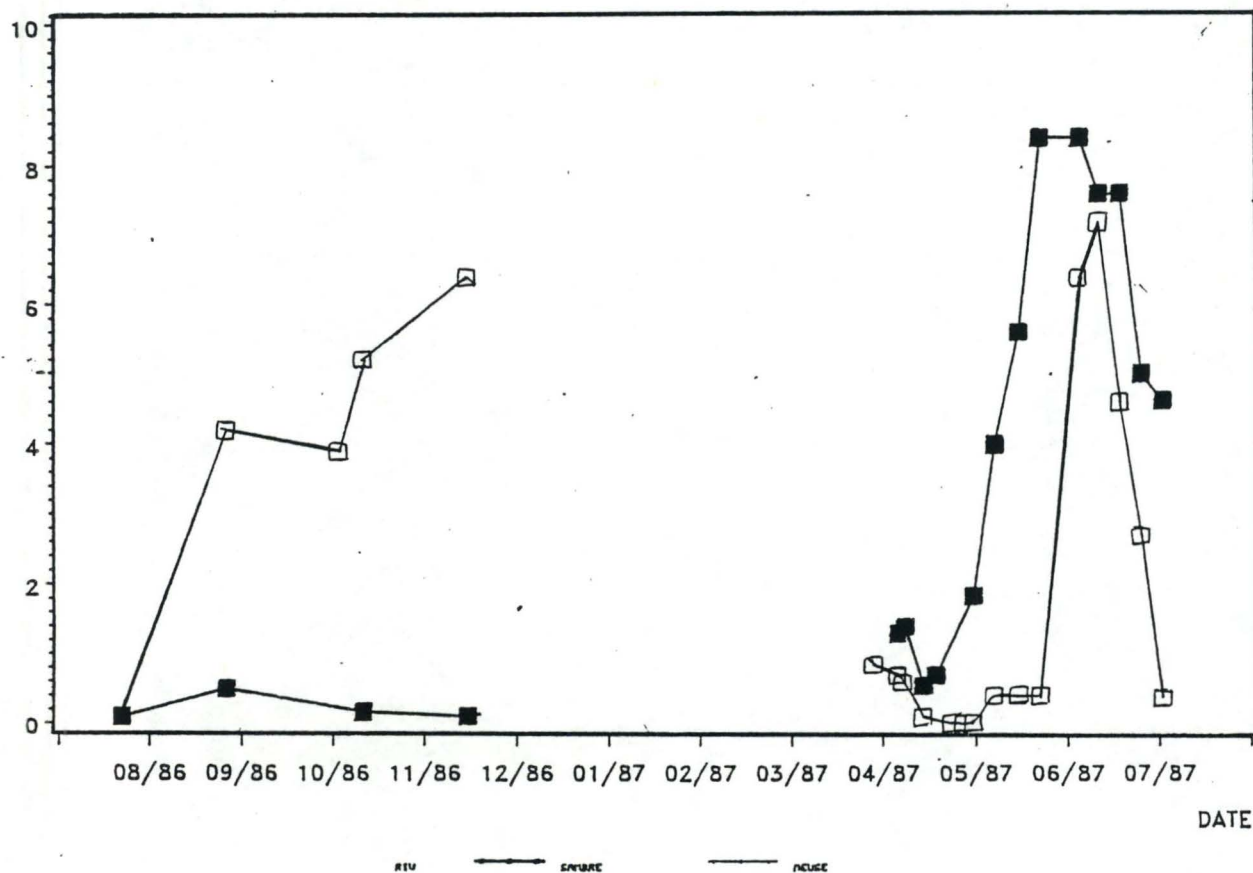
Etude Meuse et Sambre - ORTHOPHOSPHATES (3.14.)

mgP.l-1



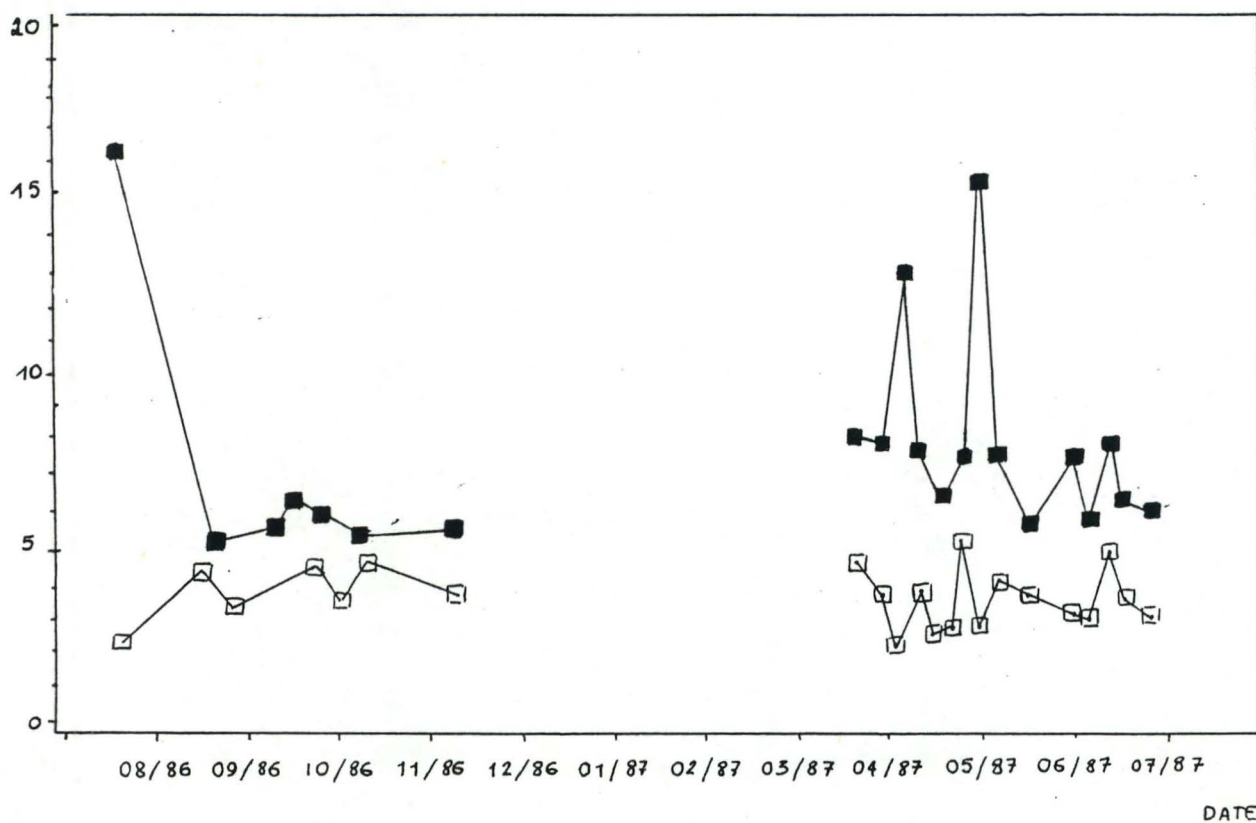
Etude Meuse et Sambre - SILICE (3.15.)

mgSiO₂.l⁻¹

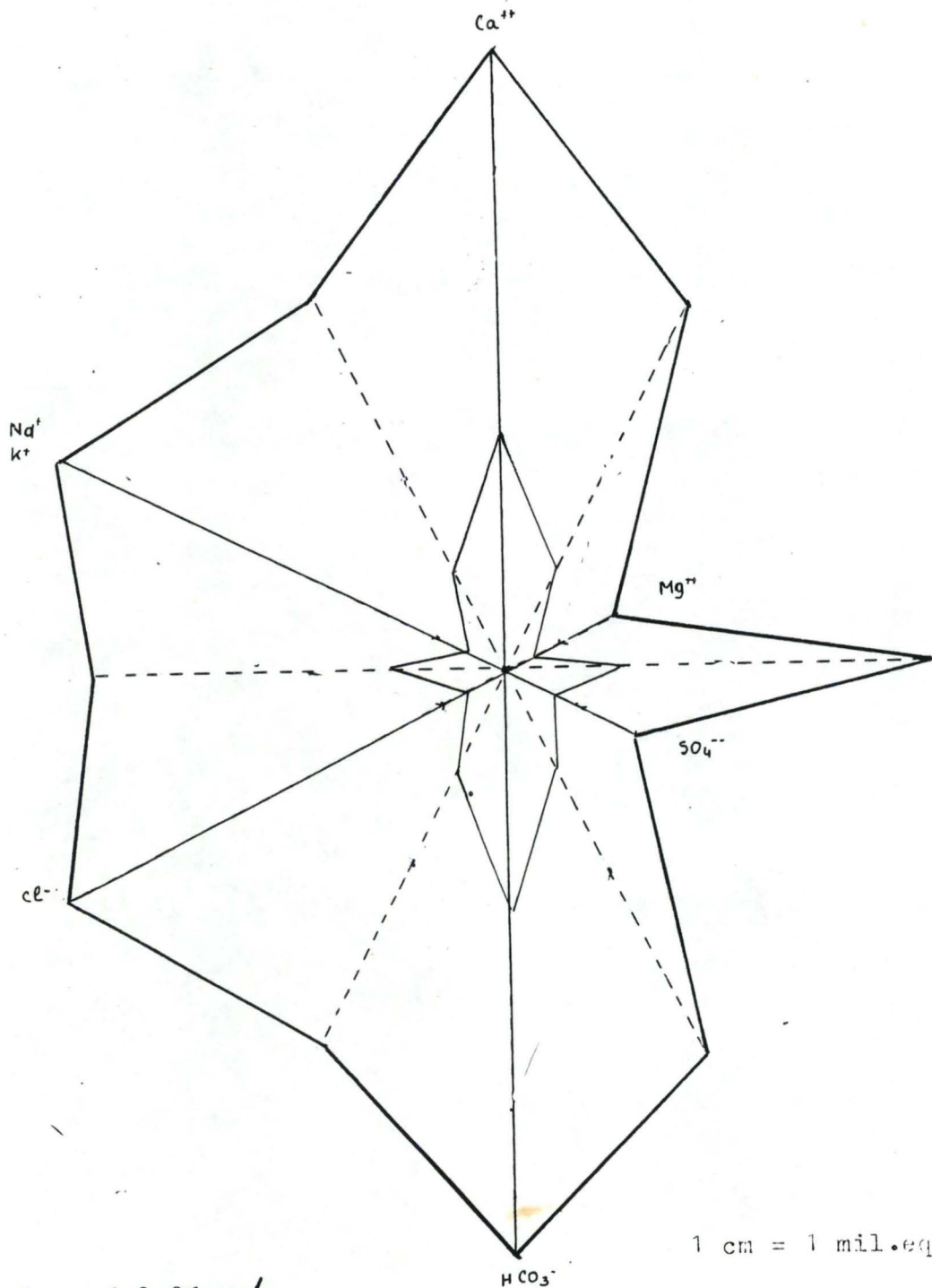


Etude Meuse et Sambre - COD (3.16.)

mgC.l⁻¹



DIAGRAMMES IONIQUES



1 cm = 1 mil. equ / l

SAMBRE (SALZ.) Le 6.8.86 /
MEUSE (HOUX) Le 6.8.86 /

3.2. Biomasse phytoplanctonique et production primaire

Dans cette partie du chapitre 3, sont analysés et commentés les tableaux et diagrammes relatifs à la biomasse, à la production journalière et aux paramètres de production (I_k et K_{max}) tant au niveau du secteur de Meuse étudié qu'au niveau de la Sambre à Salzinnes.

Nous essayerons de mettre en évidence les relations qui lient ainsi que les dépendances vis-à-vis des principales variables physiques (Q , T° , IL).

Par ailleurs, nous comparerons nos observations dans la Meuse avec celles obtenues dans le secteur immédiatement en amont (BILLEN et al. 1985).

Nous comparerons également les résultats obtenus au moyen des 2 systèmes d'incubation.

3.2.1. La biomasse - la chlorophylle a - les phéopigments

La biomasse phytoplanctonique (Chl.a.)

Son évolution présente dans les 2 cours d'eau, un profil irrégulier fortement influencé par les variations de température et de débit (fig. 3.18.). Des températures fraîches ($< 10^\circ$) et des débits trop élevés limitent le développement du phytoplancton ; l'inverse s'observe assez nettement lorsque la température se réchauffe et lorsque le débit diminue. L'impact de ce dernier facteur est beaucoup plus visible dans la Haute-Meuse qui présente des variations plus importantes de débit. Lorsque les conditions climatiques le permettent, le phytoplancton se développe particulièrement bien en Meuse où il peut atteindre des valeurs de $112 \mu\text{g Chl.a./l.}$ En Sambre, par contre la biomasse algale ne dépasse généralement pas 50 à $75 \mu\text{g Chl.a./l.}$ Si la biomasse algale est généralement bien moins élevée dans la Sambre, ce qui n'est pas le cas du 7 au 23 avril 1987 (la température légèrement supérieure, ainsi que le débit peu important favorisaient à cette époque de l'année la croissance phytoplanctonique). Cette situation cependant s'inverse assez rapidement.

dû voir cela ?

(La comparaison des années 1983 - 1984 et 1987 quant au développement du phytoplancton en Meuse met en évidence certaines différences.

En 1983, il faut attendre les mois de mars, avril pour que débute la croissance algale, celle-ci étant limitée par un débit trop élevé.

1984 offre des circonstances particulièrement favorables quant au débit, la poussée algale commence donc très tôt (février-mars) et atteint rapidement un plafond.

Cette année, le débit est important jusqu'à la fin mars, le développement phytoplanctonique débute donc en avril.

... / ...

Les fluctuations qu'il présente sont essentiellement attribuables aux conditions climatiques et hydrologiques variables.

La figure 3.19 montre l'évolution de la biomasse algale (notamment à la station de JAMBES, Haute-Meuse) depuis l'année 1976. Celle-ci nous révèle une eutrophisation croissante au cours des 10 dernières années. En effet, ainsi que nous avons pu le constater le 6/8/86 mais également le 27/4/87, il suffit de conditions propices pour assister à un "bloom" phytoplanctonique, compte tenu de la teneur parfois importante en nutriments (P.N.C.).

Les phéopigments

*quell
melhor de
mesure?* #

Leur proportion par rapport aux pigments totaux est assez variable (fig.3.20.). Le profil saisonnier présente généralement une évolution inverse à celle de la chlorophylle a. Le pourcentage de cellules mortes tend en effet à augmenter lorsque les conditions climatiques sont défavorables ; une température froide et des précipitations abondantes entraînent la montée des eaux et une augmentation de la turbidité. Le phytoplancton est alors composé en majorité de tychoplancton, les algues sont souvent mortes ou incapables de se reproduire. Le pourcentage de cellules mortes chute cependant dès que l'on observe une importante poussée algale.

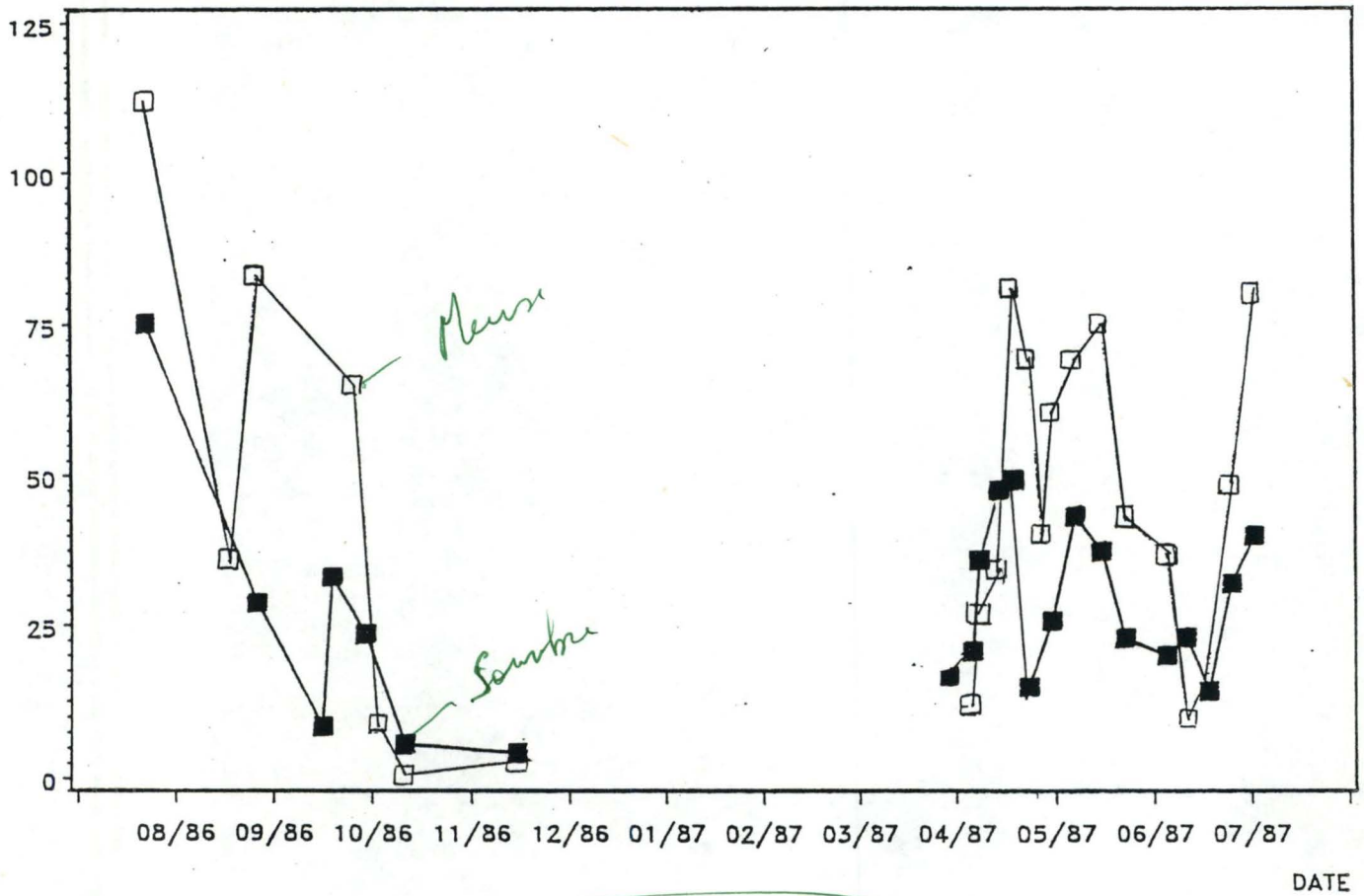
Le pourcentage de phéopigments pendant la période d'observation est supérieur à celui observé en 1983-1984.

Deux hypothèses sont avancées pour expliquer ces faits :

- d'une part, le risque d'une erreur quant à l'estimation des phéopigments ; les échantillons prélevés n'ont généralement pas été filtrés in situ. Cependant, ils étaient placés directement dans un frigo transportable à l'abri de la lumière.
- d'autre part, les brusques variations climatiques associées à des fluctuations de débit susceptibles de perturber le développement phytoplanctonique et d'entraîner d'importantes concentrations de cellules mortes. Cette dernière explication semble la plus vraisemblable.

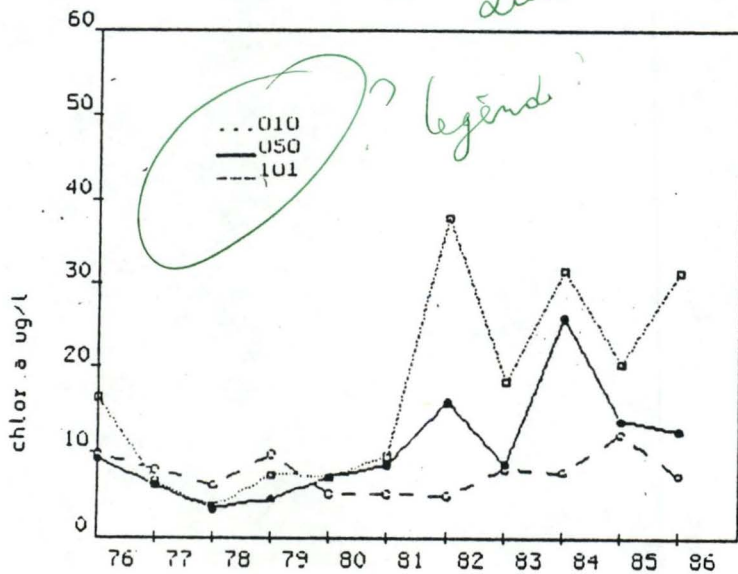
Etude Meuse et Sambre - CHLOROPHYLLE a? *+ clair + explicite* (3.18.)

Fig. 1-1



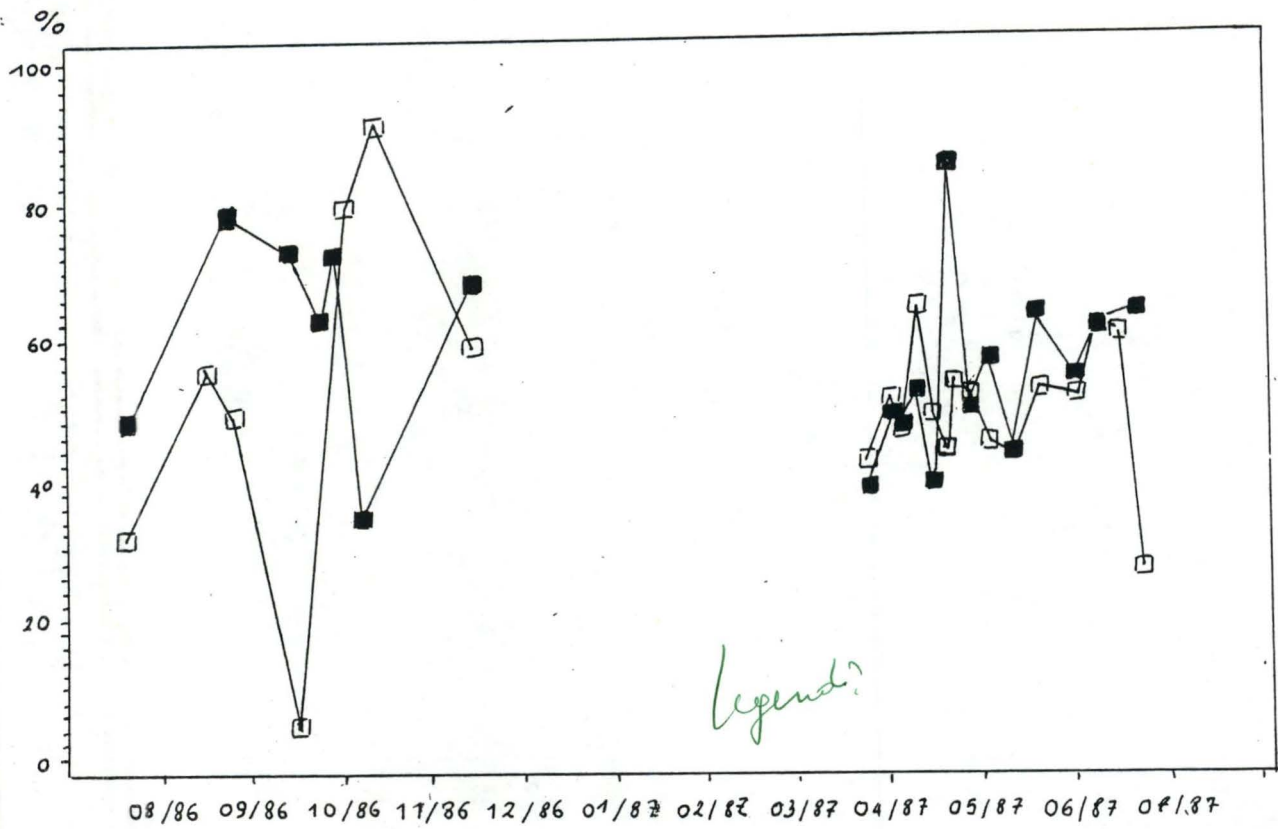
Tch? explicite? →
divid? →

(3.19)



--- 010 : JAMBES HAUTE-MEUSE

Etude Meuse et Sambre - Pheopigments % (3.20)



3.2.2. La production primaire, les paramètres I_k et K_{max} , la production journalière, les méthodes de mesures

La formule utilisée pour calculer la production primaire est une restriction du modèle général proposé par VOLLENWEIDER (chap. N°1, p. 22), en prenant : ($a = 1$, $n = 1$).

Ceci consiste à conserver le 1er terme de l'équation sans la racine carrée du dénominateur.

Cette formule prend donc en compte une légère photoinhibition.

A partir de cette formule, il est possible de recalculer la production à chaque profondeur pendant la période d'incubation. Ceci permet d'établir une comparaison valeur calculée-valeur mesurée. Dès lors, on peut vérifier si le choix du modèle est adéquat ; ainsi que le montre l'exemple (fig. 3.20^{bis}) nous observons un bon ajustement entre la production relative mesurée (P_z/p_{max}) et la production relative calculée. L'emploi de ce modèle pour évaluer la production primaire se justifie donc.

K_{max} .

Les courbes relatives à l'évolution de K_{max} au cours du temps (fig. 3.21.) sont assez irrégulières. Les fluctuations observées ne montrent pas de relation avec la température contrairement aux observations antérieures (fig. 3.22. et 3.23)

Le log 10 de K_{max} reporté en fonction de la température devait théoriquement nous donner une relation linéaire où le K_{max} augmente proportionnellement à la température.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour tenter d'expliquer des résultats sensiblement différents :

la possibilité d'une erreur dans l'évaluation de la chl.a., et par conséquent de la biomasse algale. Cette erreur pourrait être le résultat d'une sous-estimation de la concentration en chl.a. due :

- . soit à une dégradation de la chl.a. entre le moment du prélèvement et la filtration au laboratoire
- . soit à l'utilisation d'un solvant souvent critiqué pour son rendement d'extraction faible.

Cependant malgré une dispersion importante, les K_{max} se situent dans la gamme de valeur observée en 83/84, cette explication n'est donc pas satisfaisante.

Les K_{max} sont probablement liés à la composition spécifique du phytoplancton. On peut estimer que le K_{max} correspond à l'activité photosynthétique de la population algale dominante dans la rivière.

... / ...

Nous n'avons pas systématiquement procédé aux examens microscopiques de chaque échantillon, mais après en avoir regardé quelques-uns, nous observons de prime abord que lorsqu'une communauté phytoplanctonique est dominée par une espèce, le K_{max} correspondant semble évoluer avec la température, ce qui n'est pas le cas quand la communauté phytoplanctonique est composée de plusieurs espèces (échantillons 29/11/86 et 27/6/87).

I_k

En ce qui concerne les I_k , les profils de la Meuse et de la Sambre sont sensiblement identiques si l'on omet la valeur probablement erratique du 23/4/87 pour la Meuse. Ceci nous conduit à penser que les populations algales présentes dans les deux rivières ont des facultés d'adaptation similaire vis-à-vis de l'intensité lumineuse. (Fig 3.24)

Nous notons également que l'évolution de I_k au cours du temps est parallèle à celle de l'intensité lumineuse disponible dans l'eau ($I_{tot.}/n$).

(La figure 3.25) prend la forme d'une courbe malgré la dispersion des points.

Les valeurs situées dans le bas de la courbe représentent les populations algales adaptées aux faibles intensités lumineuses ; celles-ci manifestent une efficacité photosynthétique optimale pour des intensités lumineuses réduites. Au contraire, les points situés en haut de la courbe représentent les populations algales adaptées à des intensités élevées ; celles-ci atteignent leur efficacité optimale pour des intensités supérieures.

Si l'on linéarise la relation en utilisant l'inverse des deux paramètres (I_k , $I_{tot.}/n$) on obtient dans la Meuse une régression linéaire d'équation $\frac{1}{I_k} = 1,66610^{-2} + 37,10 \frac{1}{I_{tot.}/n}$

avec un coefficient de corrélation satisfaisant de 0,83. La dispersion observée est sans doute également liée, comme pour K_{max} , à la composition des communautés phytoplanctoniques.

Une relation linéaire similaire a été trouvée pour la Sambre avec un coefficient de corrélation de 0,94.

Les I_k obtenus au cours de cette année sont reportés (fig. 3.26) sur le graphique établi à partir des observations (83-84) en amont de notre secteur. Il est intéressant de remarquer que les I_k compris entre 5 et 30 se situent dans la gamme des valeurs obtenues lors de la précédente étude. Les valeurs de la Sambre présentées également sur ce graphique sont relativement bien situées.

Amont
↓
Luisal
↓
Luisal

Luisal??

ou 87??

Nous observons que la production journalière (fig. 3.27) diminue progressivement de septembre à novembre 1986. L'activité phytoplanctonique réaugmente à partir d'avril 87, toutefois le profil saisonnier reste irrégulier pendant la période d'observation.

L'évolution de la production journalière est directement liée à la biomasse phytoplanctonique et à l'intensité lumineuse disponible dans l'eau ; ainsi les faibles valeurs observées (0,004 - 0,006 mg C/ m².j) en hiver s'expliquent notamment par une biomasse réduite (3 à 4 µg/l de chl.a.) essentiellement composée de tychoplancton et de cellules mortes ainsi que par un rayonnement solaire limité. Les maximas observés dans la Meuse et dans la Sambre les 27 avril, 9 et 24 mai 1987 sont consécutifs à un développement significatif du phytoplancton et à un rayonnement solaire important.

Cependant, on note certaines différences entre les deux milieux quant aux valeurs de productions journalières, celles-ci sont toujours inférieures dans la Sambre à l'exception des mesures effectuées les 15, 17 et 23 avril.

Etant donné la similitude des comportements photosynthétiques des communautés algales vivant dans les deux rivières, les différences observées sont essentiellement le fait d'une biomasse plus faible dans la Sambre ; de plus, celle-ci présente une turbidité des eaux plus marquée.

Au cours de cette étude, sur base des observations réalisées en Meuse, nous avons établi une relation linéaire entre la production journalière et ses principaux paramètres (la biomasse phytoplanctonique (B) et I tot./n). La droite de régression obtenue a pour équation :

$$P = - 0,85 + 0,03 B + 1,73.10^{-3} I \text{ tot./n}$$

le coefficient de corrélation est supérieur à 0,9.

Comme cette droite ne peut être figurée que dans un diagramme à 3 dimensions, nous avons préféré utiliser la méthode des Abaques. Le tableau et les graphiques correspondant sont présentés dans les figures 3.28 , 3.29.

Il est facile au moyen de ceux-ci de retrouver la valeur de la production primaire en fonction de l'un ou l'autre paramètre. Les droites inclinées correspondent à des droites de régression pour des valeurs déterminées de l'autre paramètre.

2102

324

démontrer
graphiquement
que le modèle
linéaire est utilisable

expliquer
les deux milieux

(3.20 bis)

comparaison Production RELATIVE MESURÉE et calculée + explicité

LA PLANTE 2/9/86

PRO. MESURÉE (PZ)	0.2500	0.3000	0.3500	0.2800	0.2100	0.1100
PRO. REL. MESU. (PZ/P _{MAX})	0.7143	0.8571	1.0000	0.8000	0.6000	0.3143
PRO. REL. CALC.	0.7115	0.8696	0.9999	0.8596	0.5915	0.2144

SALZINNE LE 3/10/86

PRO. MESURÉE (PZ)	0.5900	0.6300	0.5900	0.5400	0.0600	0.0300	0.0090
PRO. REL. MESU. (PZ/P _{MAX})	0.9365	1.0000	0.9365	0.5397	0.0952	0.0476	0.0143
PRO. REL. CALC.	0.9282	1.0000	0.8302	0.5221	0.0914	0.0233	0.0165

La plante 13/5/87

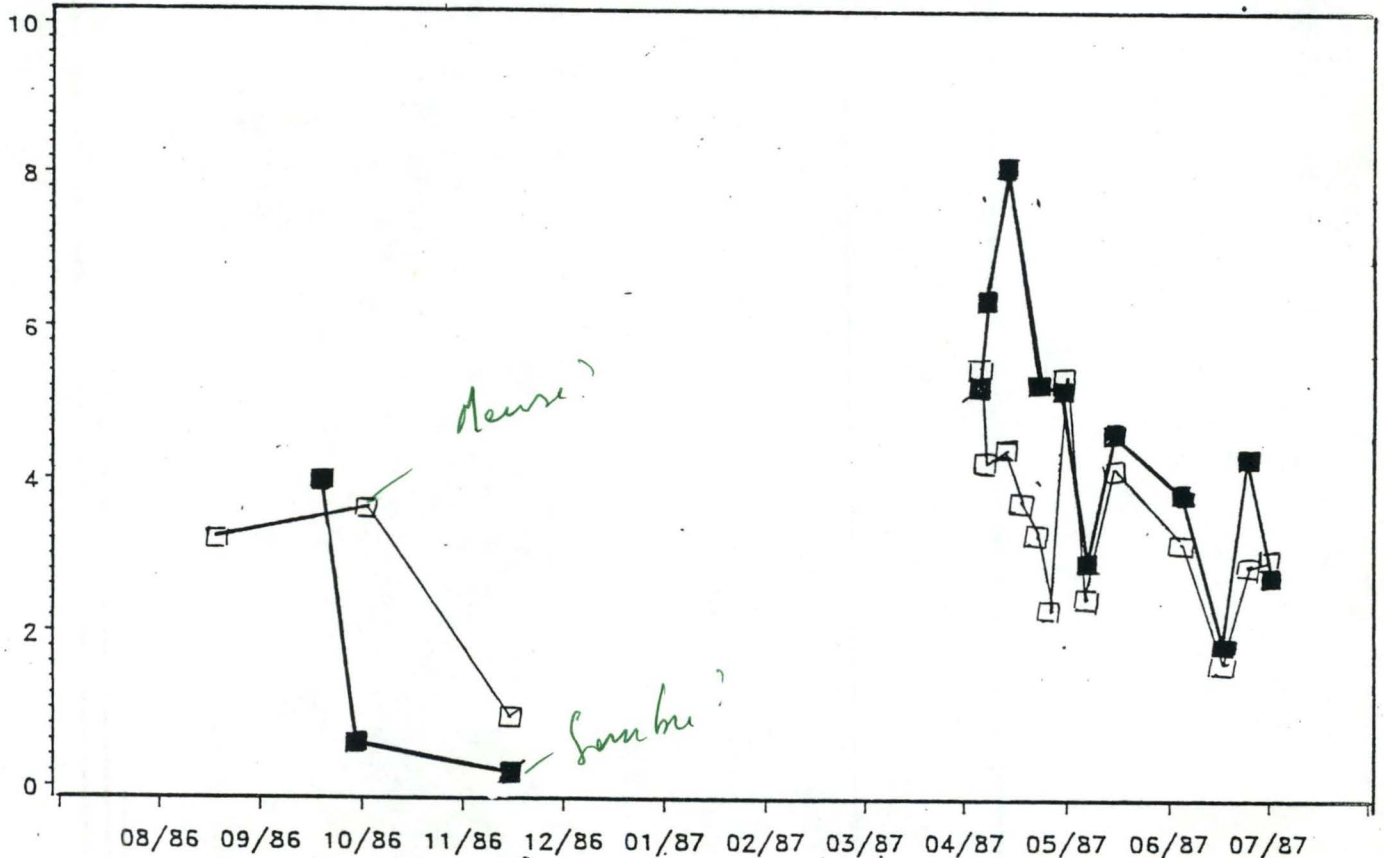
MESURÉE (PZ)	0.4670	0.5400	0.4670	0.4300	0.3200	0.1000	0.0370	0.0130
REL. MESU. (PZ/P _{MAX})	0.8648	1.0000	0.8648	0.7963	0.5926	0.1852	0.0685	0.0241
REL. CALC.	0.8014	0.9423	0.9759	0.7517	0.4808	0.1628	0.0524	0.0168

Etude Meuse et Sambre - KMAX

(3.21)

mgC/mg CH₂Cl₂ . A

idem



DATE

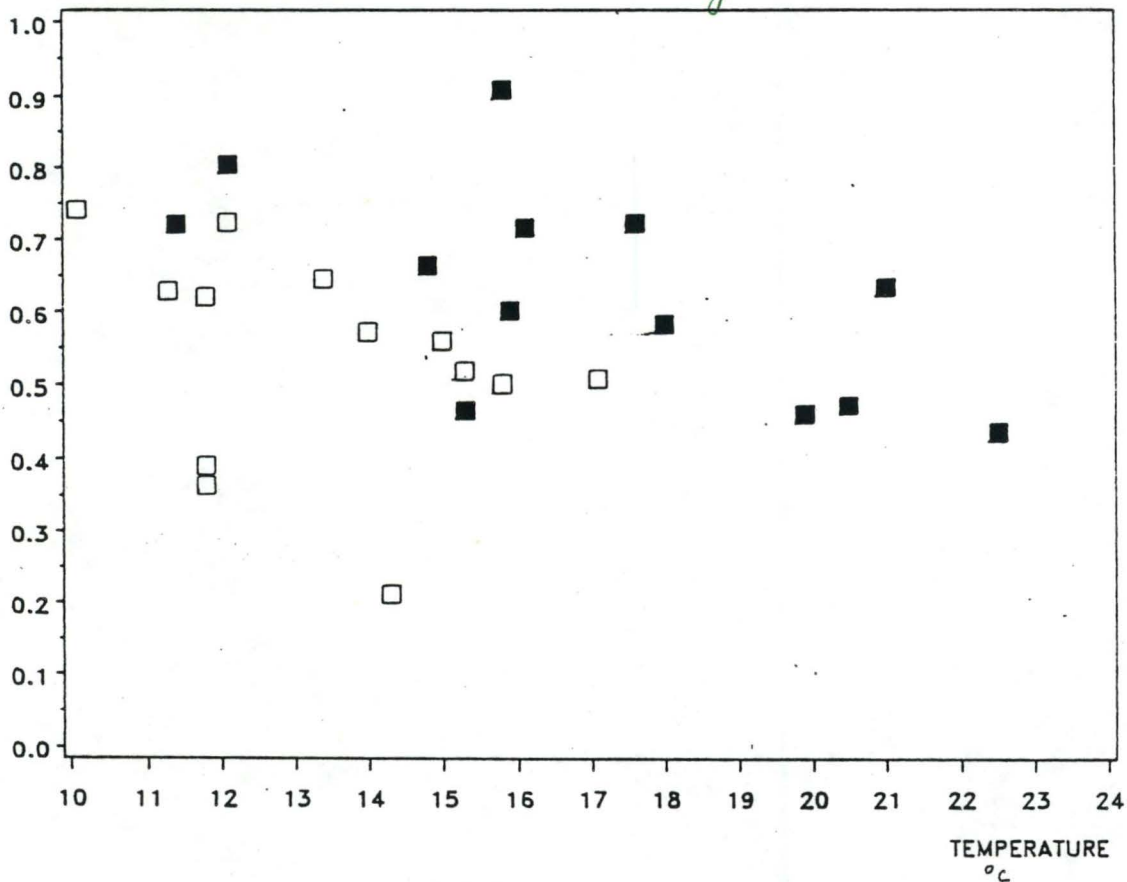
MEUSE ——— SAMBRE ———

RELATION KMAX-TEMPERATURE (3.22)

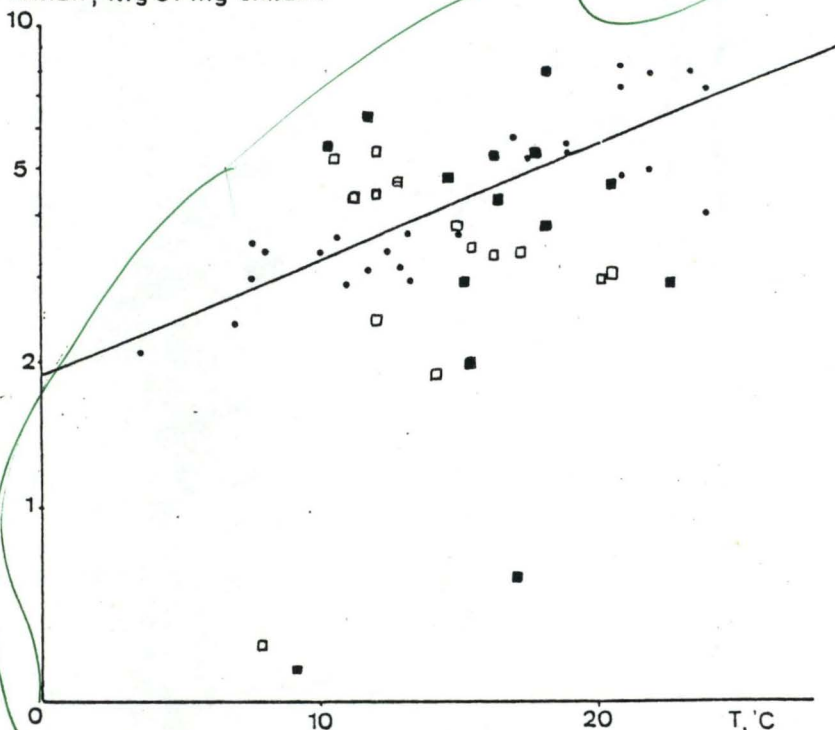
log₁₀ KMAX
(mg/mg chl.a.R)

(1987)

legende?



Kmax, mgC / mg chl.a.h.



: Relation Kmax - température (Kmax calculé à partir du carbone assimilé) obtenue en 1983-84 (•) (□) MEUSE 87 (■) SAMBRE 87

Fig. n°

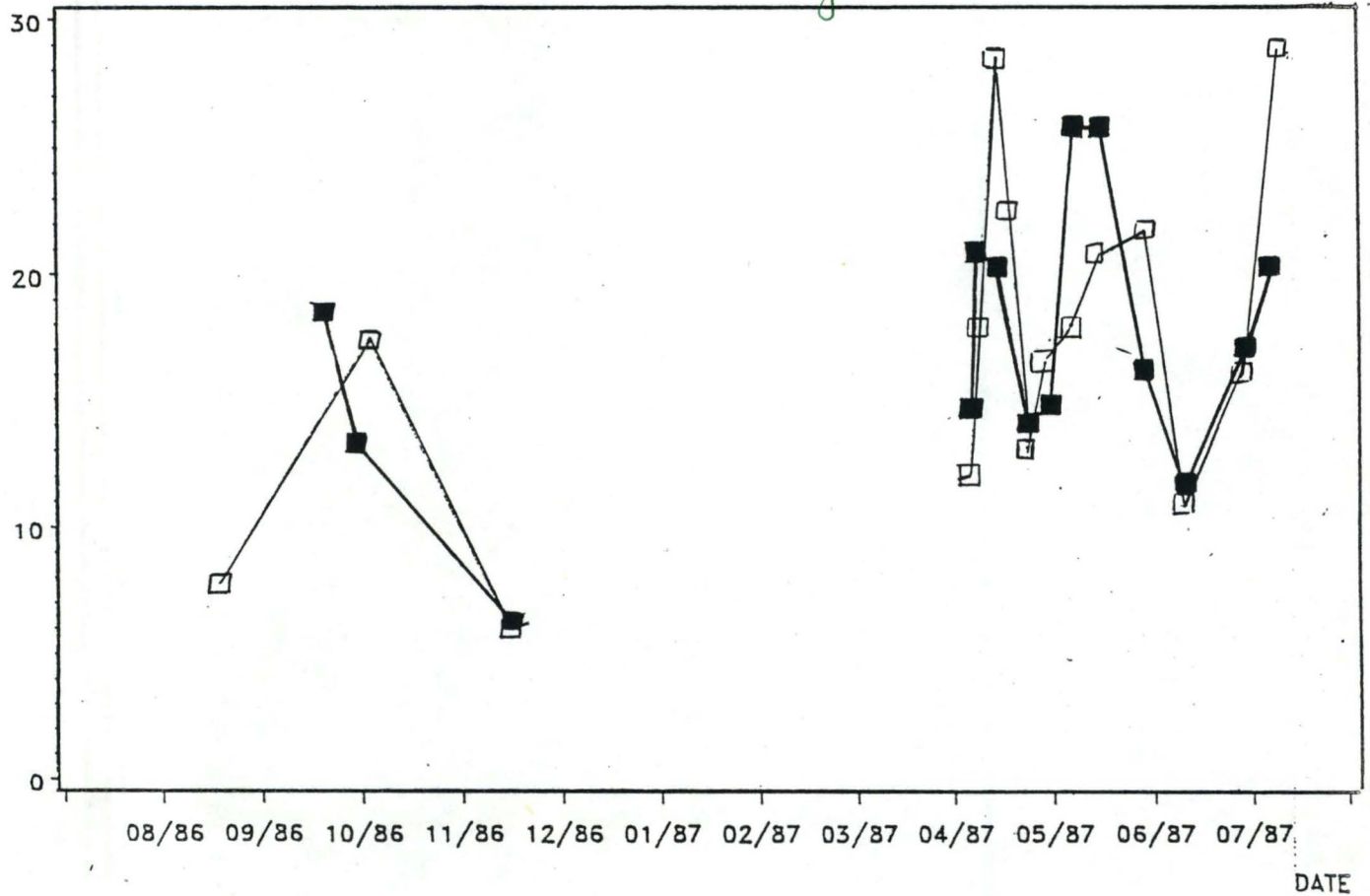
sources??

Etude Meuse et Sambre - IK

(3.24)

idem
beginst?

J.cm-2.h-1

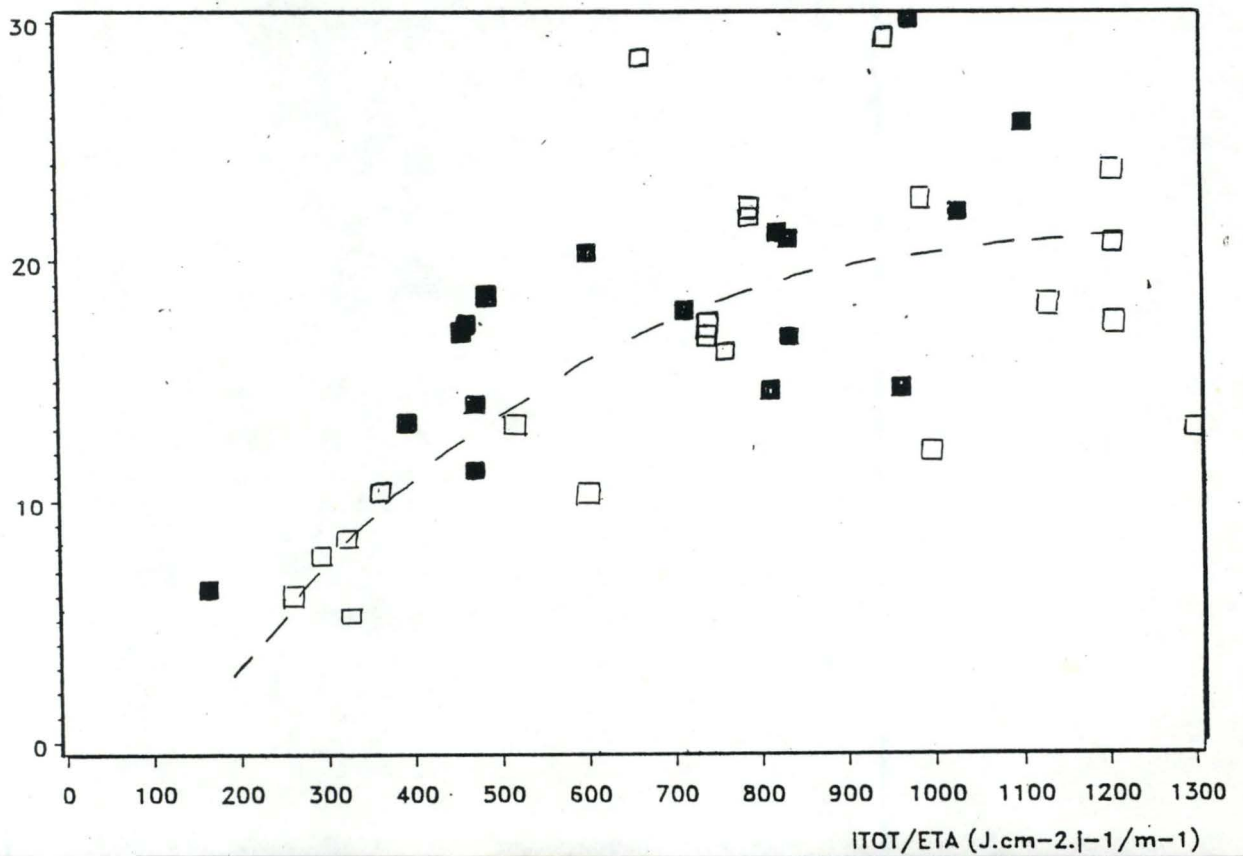


RELATION IK-INTENSITE LUMINEUSE

(3.25)

J.cm-2.h-1

idem



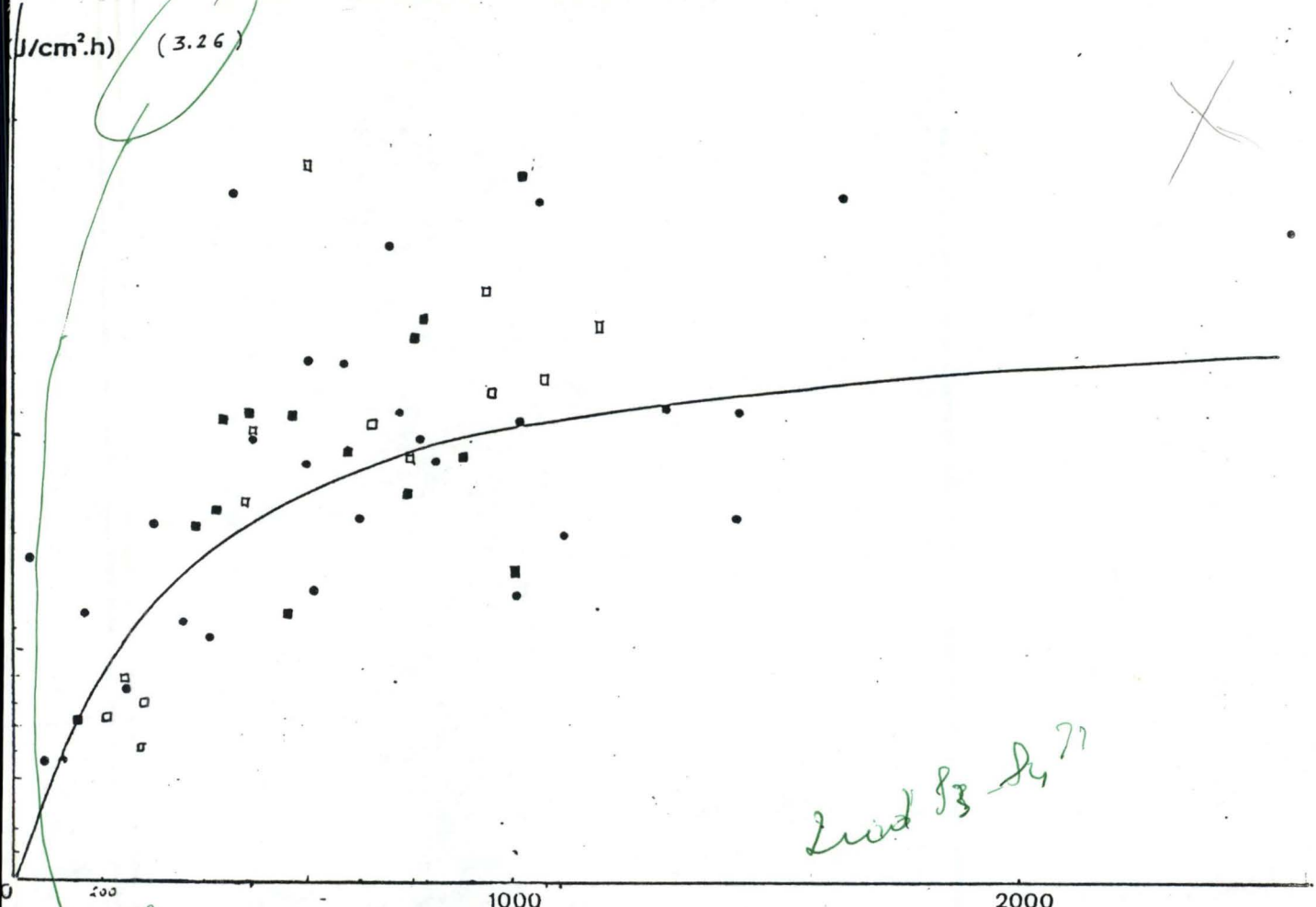
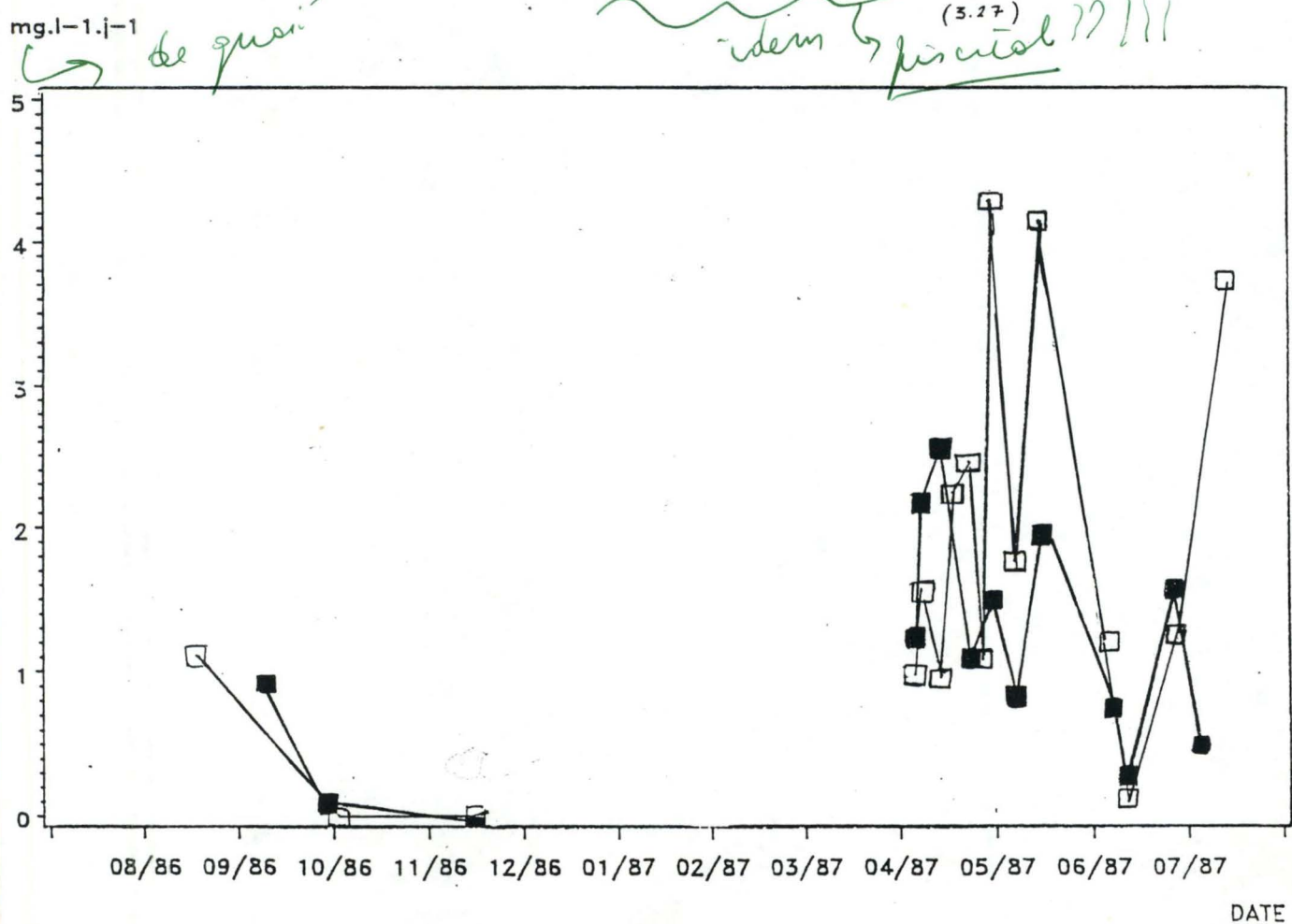


Fig. 3 : Relation entre IK calculé par la méthode de $H^{14}CO_3$ et $ITOT/\eta$:
 (●) MEUSE 87 □ SAMBRE 87

Etude Meuse et Sambre — PRODUCTION JOURNALIERE



ETUDES MEUSE ET SAMBRE (3.28)

RELATION PRODUCTION PRIMAIRE = F (BIOMASSE, ITOT/m)

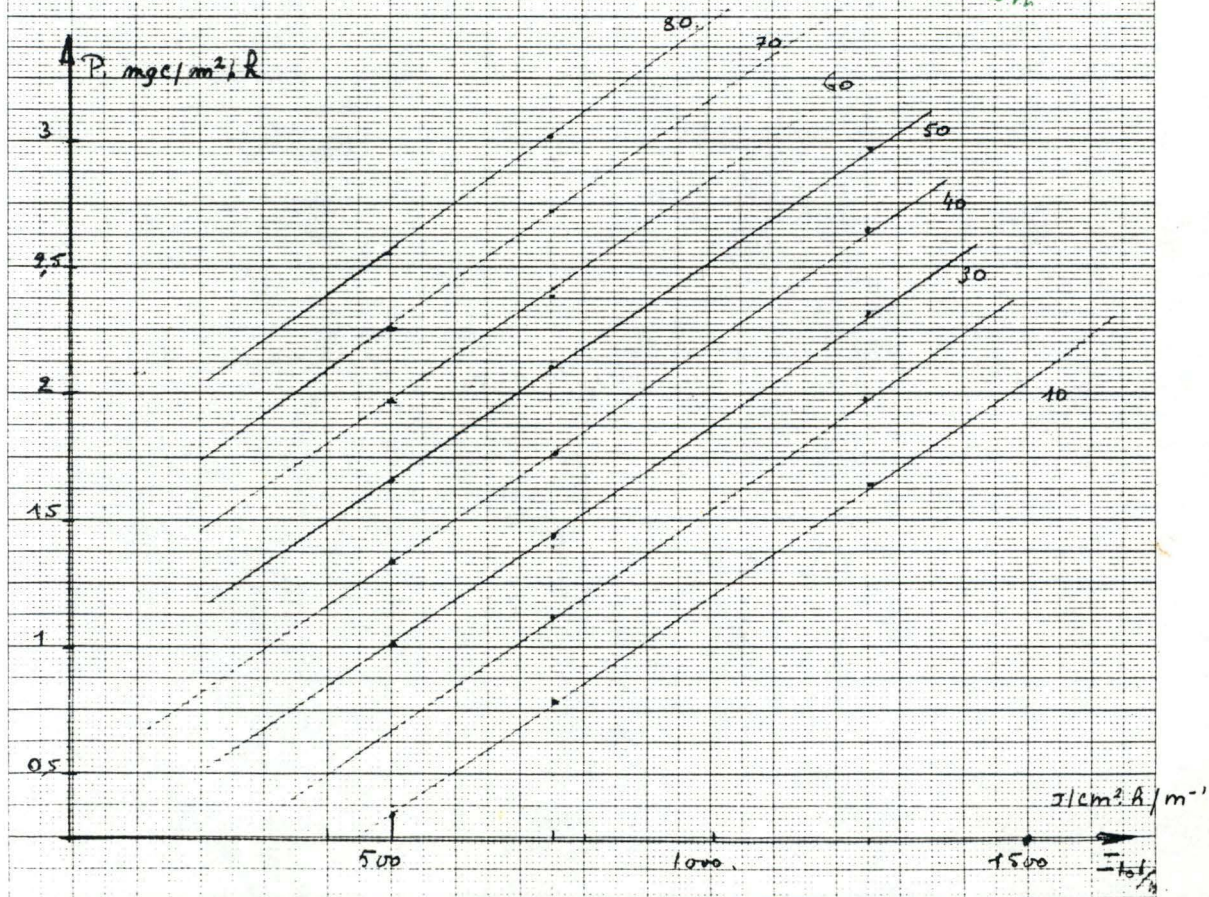
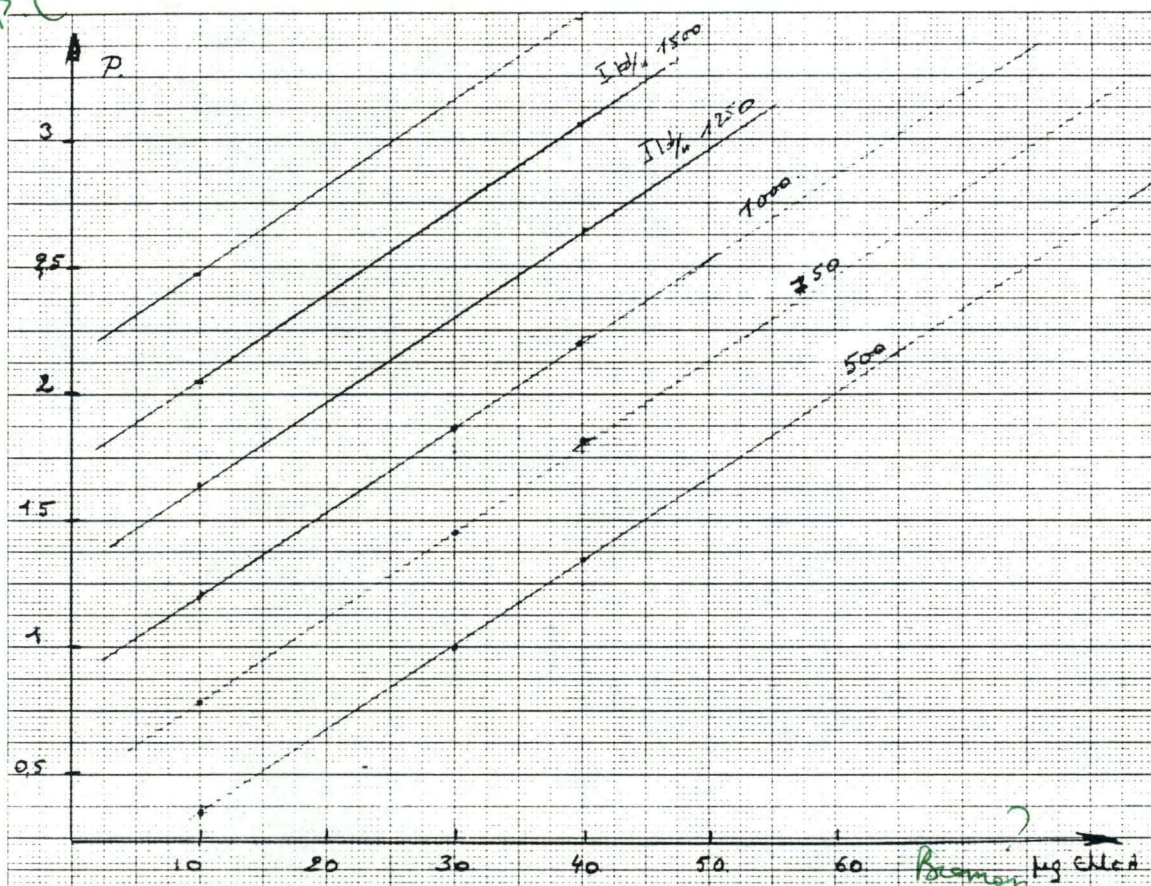
$$P = - 0,85 + 0,03 B + 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ Itot/m}$$

$$R^2 = 0,85$$

Itot/m	500	750	1000	1250
C/hp a				
10	0,35	0,78	1,21	1,64
30	1,01	1,44	1,87	2,31
40	1,34	1,77	2,21	2,64
50	1,67	2,11	2,54	2,97

ABAQUES : PRODUCTION PRIMAIRE = F (BIOMASSE, ITOT/n)

PP (unité?) *↳ t_{tot} + coefficient*



Comparaison des systèmes d'incubations utilisés

Nous avons montré au chapitre II (Méthodologie) l'intérêt d'effectuer les mesures portant sur la production primaire au moyen des deux systèmes d'incubation décrits.

Le tableau des résultats est présenté à la (fig. 3.30.)

Nous commentons ci-dessous les différentes valeurs qui y sont consignées.

Leur profondeur avec croisillon? à 0,5 m 1 bouteille dans 3 bouteilles noires? Leur eau type

Ik. La comparaison entre les deux systèmes met en évidence une assez grande variabilité dans l'estimation de ce paramètre. Il faut cependant rappeler que Ik est difficile à déterminer avec précision, étant donné qu'il est calculé à partir de la pente de la relation photosynthèse-lumière. Il suffit donc que la valeur de production mesurée à des intensités lumineuses faibles soit légèrement différente d'un système à l'autre pour que cela conduise à une variation plus ou moins importante dans la détermination du Ik.

La valeur 30,72 calculée le 9/5/87 paraît anormalement élevée. En effet, ce point se situe bien au-dessus de la valeur que l'on aurait dû obtenir en se référant à la courbe Ik Itot./n. (fig 3.31)

Kmax. Les valeurs calculées à partir des 2 systèmes d'incubation sont apparemment très proches à l'exception de celles du 24/5/87 qui présentent un écart plus important. Si on compare ces dernières à celles du 16/5/87, on constate une valeur de Kmax. très différente lorsqu'il est calculé sur base des mesures effectuées à l'aide du système "croisillon" (Kmax. = 4,17). Par contre, le Kmax. calculé au moyen du bac flottant (2,75) se rapproche des valeurs obtenues le 16/5/87 (2,31 pour la méthode des bacs ; 2,46 pour la méthode des croisillons).

Etant donné que les conditions de température sont identiques le 16 et le 24 mai 1987 et que l'examen microscopique des échantillons correspondant révèle une même composition phytoplanctonique, on peut estimer que la valeur de Kmax. (4,17) obtenue le 24 sur base des croisillons est erronée. Il est donc vraisemblable que des phénomènes aléatoires ont modifié ce jour les conditions d'incubation du système des croisillons. Nous rappelons qu'au cours de la description du matériel mis en oeuvre (chapitre II), nous avons indiqué cette possibilité.

Leur fiabilité mesurée? à répétition? Leur régime nutritif?

... / ...

Production journalière.

Nous notons une grande correspondance entre les deux évaluations de la production journalière.

Seule la journée du 24/5 fait exception pour les valeurs calculées sur la Meuse, avec un écart se situant dans le même sens que celui enregistré pour le Kmax (2,51 contre 4,153 pour la production journalière-2,75 pour 4,17 pour le Kmax.). Nous pouvons donc attribuer cette anomalie aux mêmes raisons que celles signalées pour le Kmax.

En ce qui concerne l'écart enregistré sur la Sambre le 9/5, nous disposons de trop peu d'informations pour tenter de l'expliquer.

? Luit??

TABEAU DES RESULTATS OBTENUS AVEC LES DEUX SYSTEMES D'INCUBATION

*Luit profond
Luit à 0,5 m
↳ 1 bouteille clair
3 bouteilles noires est-elle comparable?*

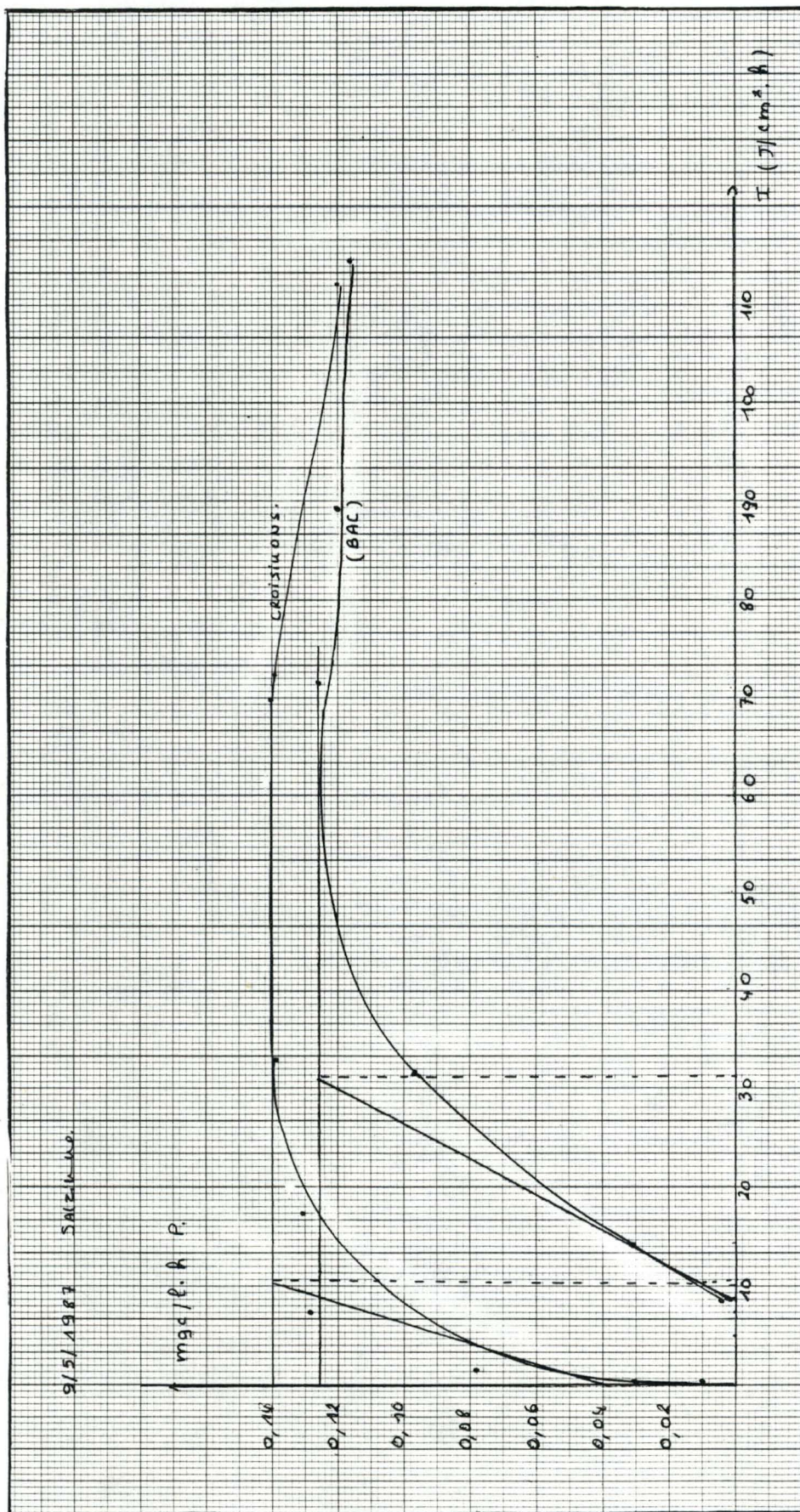
STATION	DATE	I _k		K Max		P _j	
		B	C	B	C	B	C
LA PLANTE	6/5/87	8,18	5,40	2,55	2,31	1,069	1,092
SALZINNE	9/5	30,72	17,41	4,87	5,19	1,096	1,501
LA PLANTE	16/5	17,32	17,98	2,31	2,46	1,688	1,769
LA PLANTE	24/5	24,72	20,87	2,75	4,17	2,571	4,153
LA PLANTE	14/6	- *	21,96	- *	3,19	- *	1,129
SALZINNE	27/6	14,69	11,32	2	1,99	0,234	0,284
LA PLANTE	4/7	29,67	16,65	2,86	2,89	1,075	1,264
LA PLANTE	11/7	22,7	29,5	3,43	2,97	3,5	3,75

* Expérience annulée suite au retournement du bac

B Bac flottant

C Croisillon

Intercalibration entre les 2 systèmes



3.3. Homogénéité du secteur

Homogénéité longitudinale : il est important de définir clairement ce que l'on entend par homogénéité longitudinale dans un tronçon de rivière. En effet, une masse d'eau contenant des algues est susceptible de subir une évolution en fonction de modifications des variables de l'environnement, qui peuvent intervenir pendant le temps de transit d'un point d'observation à un autre. Par exemple avec un débit de 100 m³/s et s'écoulant dans une section moyenne de 350 m², la vitesse de déplacement de la masse d'eau est d'environ 0,3 m/s. Le temps mis pour qu'elle parcoure la distance (25 km) séparant le point amont du point aval du secteur étudié est donc d'environ un jour. Au cours de cette journée, divers paramètres physiques et chimiques (de l'environnement) déterminent une production algale dans la masse d'eau. Celle-ci peut se traduire, en conditions favorables, par une croissance algale et donc une augmentation de la biomasse. Il est donc normal d'observer entre 2 points suffisamment distants d'un secteur homogène au point de vue physico-chimique des changements résultant de l'activité biologique, qui évolue dans le temps et dans l'espace.

Un secteur homogène se caractérise par des taux de production et de disparition similaires, et pas nécessairement par des concentrations identiques. Il faut donc, idéalement définir une procédure permettant de comparer des taux des cinétiques de déroulement de divers processus.

Nous avons procédé à des mesures sur les diverses variables physico-chimiques sur la production ainsi que sur les paramètres I_k et K_{max} , en 4 points du secteur dans un interval de temps réduit, afin de diminuer les risques de variations temporelles.

Les tableaux regroupant l'ensemble de ces résultats figurent en fin de ce chapitre. (Fig 3.39 - 3.40)

La grande homogénéité des valeurs de diverses variables physico-chimiques indique clairement que, à un moment donné, les phénomènes qui les conditionnent doivent se dérouler de façon identique. Par exemple, pour les nutriments dissous dans l'eau, les apports et cinétiques d'assimilation par les organismes doivent être identiques aux divers points pour donner des concentrations aussi proches.

Mieux
expliquer
démontre
ces résultats.

... / ...

En ce qui concerne la production journalière et les paramètres I_k et K_{max} , nous observons également des valeurs assez proches dans les 4 stations. Les différences plus marquées, observées dans le profil longitudinal du 13/5/87 sont vraisemblablement dues au fait que le système utilisé était celui des croisillons.

Pour démontrer la similitude des processus entre les divers points au niveau de la photosynthèse du plancton, nous avons eu recours à la simulation, basée sur le modèle servant à calculer la production journalière; pour reproduire l'évolution dans le temps à chaque station.

Les graphiques correspondant sont présentés à la fig. (3.32). Ils représentent l'évolution de la production intégrée demi heure par demi heure au cours de la journée. Ils font apparaître que dans chaque station, la production évolue de façon similaire avec des augmentations et des diminutions simultanées.

Nous pouvons donc conclure que le secteur étudié est relativement homogène.

Homogénéité transversale : Par suite des moyens dont on dispose, les mesures que l'on effectue sur une rivière se font généralement à partir d'un point d'une section. Il est donc primordial de vérifier si les mesures effectuées en ce point sont représentatives de la section transversale ; des hétérogénéités peuvent effectivement se produire tant sur la largeur du fleuve que dans le sens de la profondeur. Nous avons donc procédé à cette vérification. Les mesures que nous avons effectuées en 2 sections du fleuve ont porté sur les paramètres T^o , O_2 dissous, transparence et Chl.a.

Elles ont eu lieu à des périodes où le débit était relativement faible (35 m³/sec. et 46 m³/sec.).

Les tableaux regroupant ces mesures sont présentés aux figures (3.41 - 3.42 - 3.43)

Aucun paramètre ne présente des variations sensibles. L'hypothèse d'homogénéité retenue lors de l'étude portant sur le secteur immédiatement en amont au cours des années antérieures semble être également valable pour le tronçon Anseremme-Namur. Par ailleurs, nous ne comptons pas de différence de concentration en O_2 dissous entre les trente premiers centimètres et le reste de la colonne d'eau. Cette différence avait cependant été observée le 6 août.



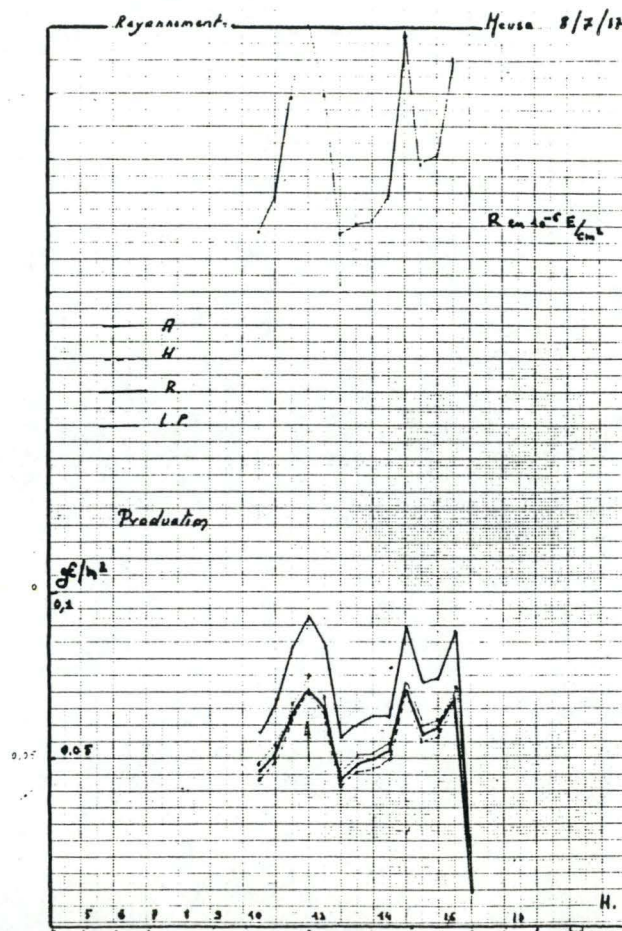
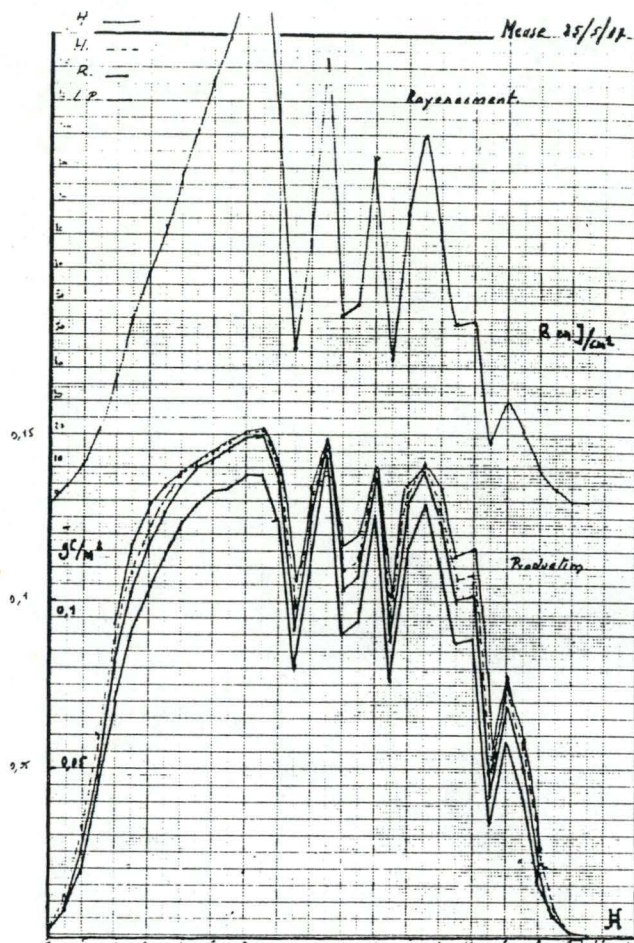
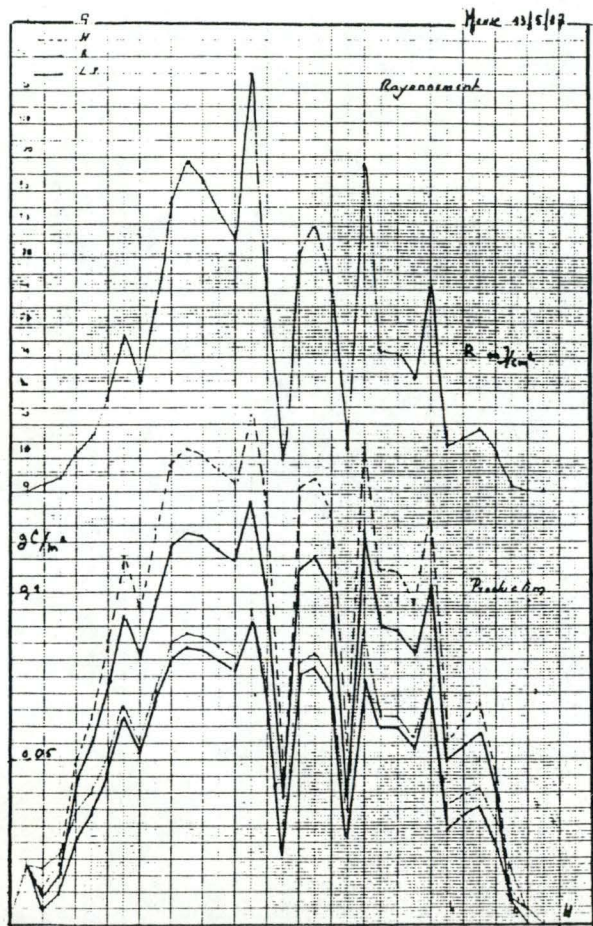
Luid ?
Pg. ?

Luid d'ou vent-elle ?
quelle sont les caractéristiques ?

Tableaux ?
2

SIMULATION DE L'EVOLUTION DE LA PRODUCTION INTEGREE SUR LA COLONNE D'EAU EN 4 STATIONS

DU SECTEUR ANSEREMME - LA PLANTE PENDANT LA PERIODE D'INCUBATION.



Date	Stion	I.L.	Q.	T°	E.T.A.	Cond.	M.E.S.
J.M.A.		J/cm ² .j	m ³ /sec	°C	m ⁻¹	µs/cm	mg/l
6.8.86		2686	49	23.1	3.49	412	44.0
2.9.86		651	40	17.1	2.21	391	20.3
10.9.86		1799	36	17.1	3.46	404	48.5
10.10.86		1484	35	16.8	2.38	446	15.8
17.10.86		637	35	15.0		460	13.6
25.10.86		363	410	10.7	3.43	279	40.0
29.11.86		579	300	7.5	2.19	345	25.0
7.4.87		999	256	10.5	2.34	398	13.7
15.4.87		1935	202	10.1	1.93	413	11.6
17.4.87		2252	192	11.3	1.99	425	10.5
23.4.87		2524	147	13.4	3.85	417	25.1
27.4.87		777	128	14.0	2.03	405	8.7
2.5.87		1159	122	15.3	2.19	390	16.2
6.5.87		776	108	11.8	2.38	409	15.2
9.5.87		2847	111	12.1	2.35	401	10.6
16.5.87		1812	90	11.8	2.41	412	21.4
24.5.87		2545	125	11.8	2.12	430	19.3
31.5.87		587	105	15.3	2.96	418	24.3
14.6.87		2027	130	15.8	2.54	408	25.4
20.6.87		648	137	13.7	3.86	392	30.5
27.6.87		1645	285	14.3	4.30	392	45.0
4.7.87		2656	233	19.9	3.5	400	25.0
15.7.87		2348		20.5		413	

Date	Stion	I.L.	Q.	T°	E.T.A.	Cond.	M.E.S.
J.M.A.		JOULES. cm ⁻² .j ⁻¹	m ³ /S	°C	m ⁻¹	µs/cm	mg/l
6.8.86		2686	6	22.8	4.76	1833	47.3
10.9.86		1799	6	17.0	2.98	2580	19.3
30.9.86		1484	7	15.8	2.71	2230	23.2
3.10.86		1317	4	15.9	2.56	3300	12.6
10.10.86		879	10	17.0	2.48	2250	9.6
13.10.86		982	10	17.1	2.50	2460	15.0
25.10.86		363	59	12.1	6.37	1008	60.0
29.11.86		579	60	9.0	3.53	1001	35.0
7.4.87		999	34	10.6	2.63	968	15.6
15.4.87		1935	17	11.4	2.38	1527	13.5
17.4.87		2252	12	12.1	2.70	1437	18.3
23.4.87		2524	16	15.8	4.20	1480	34.8
27.4.87		777	14	16.8	2.80	1755	16.3
2.5.87		1159	13	17.6	2.46	1700	29.8
9.5.87		2847	12	16.1	2.96	1843	10.0
16.5.87		1812	12	15.3	3.79	1228	41.4
24.5.87		2545	15	14.8	2.31	1680	30.2
31.5.87		587	9	16.6	3.01	1956	20.2
14.6.87		2027	14	18.0	2.42	1662	39.0
20.6.87		648	49	15.3	3.96	914	29.6
27.6.87		1645	85	15.3	3.50	815	40.0
4.7.87		2656	16	21.0	3.70	1135	30.5
11.7.87		2348	/	22.5		1366	

Date	Stion	O ₂	% O ₂	pH	T.A.C.	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻⁻⁻	Si	C.O.D.
J.M.A.		mg/l	%		mg CaCO ₃ /l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l
6. 8.86		9.4	102.1	8.88	162	1.8	26.0	5	54.0	0.10	
2. 9.86		10.1	106.8	7.81	155	1.5	6.0	60	50.0	-	4.50
10. 9.86		11.6	122.4	8.78	120	-	5.2	26	13.6	4.2	3.31
10.10.86		10.2	107.1	7.55	152	1.0	8.3	92	40.9	-	4.62
17.10.86		9.4	97.1	8.00	156	2.1	2.1	60	51.0	3.9	3.40
25.10.86		10.3	95.5	7.20	110	2.4	11.6	80	66.2	5.2	4.62
29.11.86		12.8	110.0	7.90	128	3.2	18.0	40	44.9	6.4	3.82
7. 4.87		11.6	106.2	7.85	164	4.4	17.3	20	29.7	0.9	4.86
15. 4.87		11.7	106.2	8.30	168	3.1	15.4	20	31.8	0.7	3.61
17. 4.87		11.2	104.7	8.02	177	2.5	11.5	T	18.2	0.6	2.66
23. 4.87		10.9	106.2	8.10	182	2.2	7.7	8	22.7	0.1	3.98
27. 4.87		10.9	108.2	7.86	168	1.7	9.6	50	36.4	T	2.80
2. 5.87		10.1	102.5	8.35	146	1.7	13.4	140	45.0	T	3.10
6. 5.87		11.0	104.0	7.90	158	3.1	6.4	20	5.7	T	5.23
9.5.87		11.8	113.5	8.80	168	2.5	11.4	16	11.4	T	5.23
16. 5.87		11.3	106.4	8.16	155	3.0	12.2	23	34.3	0.4	3.18
24. 5.87		11.7	110.3	8.00	160	2.6	4.6	20	17.1	0.4	4.29
31. 5.87		11.1	112.4	7.90	140	2.6	7.2	40	34.3	0.4	4.45
14. 6.87		11.5	118.0	8.40	138	2.5	7.7	7	45.7	6.4	3.90
20. 6.87		11.1	122.6	7.68	134	3.0	7.7	6	85.7	7.2	3.32
27. 6.87		9.7	100.0	7.70	128	3.1	6.1	20	97.1	4.6	5.08
4. 7.87		10.2	127.3	7.85	146	4.0	2.8	7	36.8	2.7	4.27
15. 7.87		9.4	114.5	8.75	169	2.3	9.4	21	16.4	0.4	3.37

Date	Stion	O ₂	% O ₂	pH	T.A.C.	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻	Si	C.O.D.
J.M.A.		mg/l	%		mg/L	mg/l	μg/l	mg/l	μg/l	mg/l	mg/l
6. 8.86		7.1	84.2	7.67	-	4.5	64.4	7.2	-	0.1	16.14
10. 9.86		8.5	82.9	7.88	256	2.0	116.0	6.8	181.8	0.5	5.15
30. 9.86		7.9	82.3	7.64	253	1.8	542.0	4.2	245.4	-	5.65
3.10.86		4.2	44.7	7.46	266	2.1	386.0	6.3	336.4	-	6.10
10.10.86		7.0	73.7	7.38	255	1.7	460.0	3.5	372.7	-	5.92
13.10.86		5.6	59.3	7.54	240	1.6	510.0	4.2	284.0	-	5.24
25.10.86		8.6	80.7	7.50	203	2.7	176.0	1.7	771.0	0.2	6.30
29.11.86		12.8	97.0	7.40	156	4.7	122.0	1.7	204.0	0.1	5.40
7. 4.87		9.8	91.2	7.55	196	5.2	32.7	1.8	204	1.5	5.19
15. 4.87		8.7	81.8	7.50	216	4.4	30.8	1.9	204.5	1.3	8.10
17. 4.87		8.3	79.4	7.70	278	4.5	44.2	2.3	363.6	1.4	13.43
23. 4.87		9.2	94.7	7.75	230	2.6	42.3	2.6	295.4	0.6	7.74
27. 4.87		5.9	61.2	7.00	235	3.2	51.9	2.6	408.0	0.7	6.70
2. 5.87		6.2	65.8	7.30	232	-	-	-	-	-	6.63
9. 5.87		8.8	91.1	7.60	237	4.7	3.8	3.8	371.4	1.8	7.64
16. 5.87		8.0	81.4	8.12	232	4.2	53.6	8.0	457.1	4.0	15.86
24. 5.87		8.3	84.2	7.70	214	3.8	83.8	6.3	380.3	5.6	7.49
31. 5.87		7.8	81.2	7.30	188	2.6	115.0	2.4	542.8	8.4	5.26
14. 6.87		8.5	90.8	7.40	208	3.2	89.5	2.6	628.6	8.4	7.02
20. 6.87		9.8	110.0	7.96	122	9.6	99.5	2.9	542.8	7.6	5.29
27. 6.87		8.4	86.8	7.90	152	5.0	65.0	1.9	314.3	7.6	7.78
4. 7.87		6.0	76.7	7.51	170	4.7	225.0	0.6	205.0	5.0	6.04
11. 7.87		7.2	83.6	7.56	199.8	4.4	178.1	1.1	481.8	4.6	5.93

MEUSE

SAMBRE

Date	Chl.A.	Phe0	% Phe0
J.M.A.	µg/l	µg/l	%
6.8.86	112.00	49.58	30.80
2.9.86	36.15	45.00	54.92
10.9.86	83.06	39.40	48.69
10.10.86	65.06	2.71	4.00
17.10.86	9.10	38.50	80.70
25.10.86	0.72	9.60	93.04
29.11.86	2.89	4.20	59.32
7.4.87	11.56	8.67	42.86
15.4.87	12.23	13.90	52.85
17.4.87	27.47	24.08	46.67
23.4.87	34.70	66.45	65.69
27.4.87	80.97	80.84	49.95
2.5.87	69.40	56.03	44.67
6.5.87	40.58	48.53	54.52
9.5.87	60.72	66.73	52.35
16.5.87	69.40	56.02	44.67
24.5.87	75.18	54.29	41.93
31.5.87	43.37	47.66	52.36
14.6.87	75.18	78.57	51.10
20.6.87	10.12	17.19	62.94
27.6.87	17.35	27.16	61.02
4.7.87	49.15	16.59	25.24
15.7.87	80.10	-	-

Date	Chl.A.	Phe0	% Phe0
J.M.A.	µg/l	µg/l	%
6.8.86	75.20	68.40	48.00
10.9.86	28.90	54.30	78.94
30.9.86	8.67	25.72	74.78
3.10.86	33.35	54.70	62.16
10.10.86	10.12	26.28	72.19
13.10.86	23.71	5.90	33.88
25.10.86	5.78	12.40	68.10
29.11.86	4.34	2.41	39.71
7.4.87	15.12	10.11	49.97
15.4.87	20.96	19.50	48.19
17.4.87	36.15	39.70	52.33
23.4.87	47.71	29.27	38.07
27.4.87	50.78	36.70	86.59
2.5.87	15.18	14.15	48.24
9.5.87	26.00	29.63	53.26
16.5.87	43.37	59.80	57.96
24.5.87	37.59	25.12	40.06
31.5.87	23.13	41.61	64.27
14.6.87	20.24	24.26	54.52
20.6.87	23.13	41.61	64.27
27.6.87	14.45	-	-
4.7.87	33.25	63.85	65.76
11.7.87	60.41	-	-

PRODUCTION PRIMAIRE ET PARAMETRES DE PRODUCTION

(3.38)

MEUSE

Date	T°	I.L.	E.T.A.	Pmax.	Chl.A.	Kmax.	IK	P.
J.M.A.	° cent.	J/cm ² .j	m ⁻¹	mgC/l.l	µg/l	mgC/mgChl.a.l	J/cm ² /l	mg/cm ² .J (g/m ² .J)
6.8.86	23.1		3.49		112.00			
2.9.86	17.1	651	2.21	0.117	36.15	3.23	7.780	1.119
10.9.86	17.1		3.46		83.06			
10.10.86	16.8		2.38		65.06			
17.10.86	15.0	637	1.38	0.032	8.81	3.63	17.40	0.308
25.10.86	10.7		3.43		0.72			
29.11.86	7.5	579	2.19	0.020	2.89	0.31	6.00	0.010
7.4.87	10.5		2.34		11.56			
15.4.87	10.1	1935	1.93	0.068	12.23	5.51	12.12	0.981
17.4.87	11.3	2252	1.99	0.117	27.47	4.25	18.27	1.575
23.4.87	13.4	2524	3.85	0.153	34.70	4.43	28.54	0.967
27.4.87	14.0		2.03		80.97			
2.5.87	15.3	1159	2.19	0.230	69.40	3.31	13.15	2.470
6.5.87	11.8	776	2.38	0.093	40.48	2.31	5.40	1.092
9.5.87	12.1	2847	2.35	0.321	60.72	5.29	17.41	4.298
16.5.87	11.8	1812	2.41	0.171	69.40	2.46	17.98	1.769
24.5.87	11.8	2545	2.12	0.313	75.18	4.17	20.87	4.153
31.5.87	15.3		2.96		42.37			
14.6.87	15.8	2027	2.54	0.121	37.59	3.19	21.96	1.129
20.6.87	13.7		3.86		30.50			
27.6.87	14.3	1645	4.30	0.028	17.35	1.80	10.50	0.148
4.7.87	19.9	2656	3.50	0.142	49.15	2.89	16.65	1.264
15.7.87	20.5	2348	2.50	0.238	80.10	2.97	29.5	3.75

Date	T°	I.L.	E.T.A.	Pmax.	Chl.A.	Kmax.	IK	P.
J.M.A.	° cent.	J/cm ² .h	m ⁻¹	mgC/l.h	µg/l	mgC/mgChlA.h (gC/g ChlA h)	Joule/cm ² .h	mgC/cm ² .T (gC/m ² .T)
6. 8.86	22.8		4.76		75.20			
10. 9.86	17.0		2.98		28.90			
30. 9.86	15.8		2.71		8.67			
3. 10.86	15.9	1224	2.56	0.133	33.35	3.99	18.49	0.961
10. 10.86	17.0		2.48		10.12			
13. 10.86	17.1	980	2.50	0.013	23.71	0.56	13.33	0.100
25. 10.86	12.1		6.37		5.78			
29. 11.86	9.0	579	3.53	0.001	4.34	0.19	6.30	0.004
7. 4.87	10.6		2.63		16.12			
15. 4.87	11.4	1935	2.38	0.110	20.86	5.25	14.71	1.236
17. 4.87	12.1	2252	2.70	0.230	36.15	6.36	20.95	2.183
23. 4.87	15.8	2524	4.20	0.386	47.71	8.10	20.34	2.551
27. 4.87	16.8		2.80		50.78			
2. 5.87	17.6	1159	2.46	0.080	15.18	5.27	14.12	1.104
9. 5.87	16.1	2847	2.96	0.135	26.00	5.19	14.84	1.501
16. 5.87	15.3	1812	3.79	0.127	43.37	2.92	17.48	0.845
24. 5.87	14.8	2545	2.31	0.173	37.59	4.61	25.87	1.958
31. 5.87	16.6		3.01		23.13			
14. 6.87	18.0	2027	2.42	0.078	20.24	3.83	16.50	0.715
20. 6.87	15.3		3.96		29.60			
27. 6.87	15.3	1645	3.50	0.029	14.45	1.98	11.32	0.284
4. 7.87	21.0	2656	3.70	0.143	33.25	4.30	17.88	1.586
11. 7.87	22.5	2348	3.20	0.110	40.00	2.73	21.61	0.518

Date	Stion	MES	PheO	PheO %	O ₂	O ₂ %	pH	Cond.	TAC	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	Si	Chl.A.
J.M.A.		(mg/l)	(µg/l)	%	mg/l	%		µs/cm	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l
13.5.87	1	14.8	84.92	51.19	11.45	110.8	8.16	387	153	2.40	4.59	20	11.42	0.40	80.96
	2	6.3	87.04	49.45	10.80	105.4	8.39	405	162	2.65	4.59	23	8.57	0.60	83.85
	3	13.8	68.74	45.91	11.00	106.0	8.37	403	168	2.25	5.35	20	8.57	0.40	80.96
	4	10.8	86.60	53.55	10.47	101.4	8.18	416	170	2.60	5.35	16	11.42	0.60	75.18
25.5.87	1	7.9	71.35	46.40	13.30	137.3	8.72	435	151	2.80	3.06	6	11.42	1.20	82.40
	2	9.9	57.18	40.96	13.70	136.2	8.70	412	141	2.45	5.12	6	11.42	1.40	82.41
	3	13.5	60.92	38.61	12.25	121.2	8.68	410	149	2.10	4.58	3	11.42	1.20	96.87
	4	7.2	64.96	41.17	12.90	125.7	8.68	420	154	2.70	5.12	6	17.14	1.60	92.53
8.7.87	1	10.5	69.91	52.36	10.84	124.7	8.60	410	155	2.34	5.37	11	24.30	1.76	63.60
	2	11.7	51.41	47.06	10.10	115.8	8.48	411	155	2.00	4.68	5	24.60	1.57	57.83
	3	8.9	45.64	41.78	9.88	113.7	8.50	414	156	2.15	4.13	10	28.70	1.48	63.60
	4	9.3	43.32	42.82	10.27	118.9	8.55	422	160	2.19	5.62	8	26.80	1.48	57.83

- 1 = La Plante
2 = Rivière
3 = Houx
4 = Anseremme

PROFIL LONGITUDINAL - MEUSE
PARAMETRES CHIMIQUES ET PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES
(3.39)
D'après les résultats
Homogénéité au sein

MEUSE

Date	T°	I.L.	E.T.A.	Pmax.	Chl.A.	Kmax.	IK	P.J
J.M.A.	° cent.	J/cm ² .J	m ⁻¹	mgC/l.l (gC/m ³ .l)	µg/l	mg/mgChlA.h	J/cm ² .h	mg/cm ² .j
13.5.87								
1	13.0	1388	2.28	0.180	80.96	2.22	10.50	2.186
2	12.9	1388	2.64	0.160	83.85	1.91	14.25	1.490
3	12.8	1388	2.52	0.240	80.96	3.04	13.28	2.478
4	13.0	1388	3.01	0.180	75.18	2.39	19.56	1.267
25.5.87								
1	13.3	2161	2.09	0.250	82.40	3.02	22.35	3.113
2	14.0	2161	1.98	0.258	82.41	3.13	18.86	3.653
3	14.2	2161	2.10	0.252	96.87	2.60	17.22	3.487
4	13.9	2161	2.45	0.344	92.53	3.72	14.72	4.320
8.7.87		*					*	
1	21.6	15478	2.53	0.260	63.60	5.28	769.69	1.072
2	21.5	15478	2.32	0.200	57.83	3.18	721.48	0.803
3	21.9	15478	2.08	0.220	63.60	3.78	717.20	0.831
4	22.0	15478	2.28	0.240	57.83	4.84	682.49	1.090

- 1 = La Plante
- 2 = Rivière
- 3 = Houx
- 4 = Anseremme

* RÉALISÉ AVEC LA SONDE LICOR (µ Einstein / m² / s⁻¹)

Profil transversal

STATION : Rivière

DATE : 23/8/1986

DEBIT : 46 m3/sec.

O_2
(mg/l)

P	L	R.D.				R.G.
		1	2	3	4	5
0.5		9.5	9.7	9.7	9.8	9.4
1.0		9.5	9.5	9.5	9.1	9.4
1.5		9.5	9.5	9.5	9.0	9.6
2.0		9.5	9.5	9.5	9.2	9.5
2.5		9.2	9.4	9.4	9.3	9.3

T°
(°c)

0.5	18.8	18.7	19.0	18.6	19.0
1.0	18.8	18.7	18.9	18.8	18.9
1.5	18.8	18.7	18.8	18.8	18.5
2.0	18.8	18.6	18.7	18.8	18.4
2.5	18.8	18.6	18.6	18.8	18.5

Clh A
($\mu g/l$)

0.5	24.57	24.45	30.36	21.68	28.92
1.0	23.13	26.02	28.81	24.57	28.93
1.5	24.57	22.36	27.47	26.40	28.92
2.0	23.13	27.47	24.57	25.30	27.47
2.5	24.47	26.02	24.57	24.13	25.13

7

η (m ⁻¹)	1.74	1.82	1.40	1.74	1.52
R^2	1.	0.992	0.991	0.996	0.996

Profil transversal

STATION : Rivière

DATE : 9/9/1986

DEBIT : 35 m3/sec.

O₂
(mg/l)

P \ L	R.D.				R.G.
	1	2	3	4	5
0.5	9.8	10.8	10.3	10.5	10.1
1.0	9.9	10.7	10.4	10.3	10.1
1.5	9.9	10.6	10.4	10.2	10.0
2.0	9.9	10.4	10.3	10.2	10.0
2.5	9.9	10.2	10.2	10.2	9.8

T°
(°c)

0.5	15.4	15.8	15.6	15.6	15.6
1.0	15.4	15.6	15.7	15.6	15.6
1.5	15.4	15.6	15.5	15.4	15.6
2.0	15.4	15.4	15.5	15.5	15.5
2.5	15.4	15.4	15.5	15.5	15.5

Clh A
(µgCa/l)

0.5	40.60	37.59	40.50	37.59	38.59
1.0	36.02	39.03	39.37	39.03	38.82
1.5	43.37	41.82	37.50	44.82	40.50
2.0	31.80	37.59	41.60	37.59	41.60
2.5	40.80	40.30	38.70	38.60	36.71

①

η (m ⁻¹)	2.34	1.96	2.07	2.10	2.06
R ²	0.999	0.999	0.999	1	0.996

Profil transversal

STATION : DINANT aval

DATE : 9/9/1986

DEBIT : 35 m3/sec.

O₂
(mg/l)

P	L	R.D.				R.G.
		1	2	3	4	5
0.5		11.2	10.8	10.9	11.2	-
1.0		10.7	10.6	10.8	11.0	-
1.5		10.7	11.2	10.7	11.3	-
2.0		10.4	11.3	10.6	11.3	-
2.5		10.5	11.5	10.7	10.9	-

T°
(°C)

0.5	17.9	17.6	17.9	17.8	-
1.0	17.9	17.8	17.9	17.8	-
1.5	17.9	17.8	17.9	17.8	-
2.0	17.9	17.7	17.9	17.8	-
2.5	17.8	17.8	17.8	18.8	-

Clh A
(µg/l)

0.5	43.37	39.70	39.59	40.39	-
1.0	44.	40.71	37.92	38.56	-
1.5	40.37	44.94	38.92	41.23	-
2.0	40.48	43.37	40.48	42.81	-
2.5	42.40	40.30	39.40	40.10	-

η (m ⁻¹)	4.09	2.84	2.50	2.56	6
$\frac{2}{R}$	0.995	0.987	0.973	0.958	-

*par de discussion
de résultats
de l'ensemble de données*

LES CONCLUSIONS

Nos objectifs étaient :

- de compléter les connaissances sur la production phytoplanctonique dans la Haute Meuse en amont de Namur
- de vérifier l'homogénéité longitudinale du secteur
- d'étudier la distribution de la biomasse phytoplanctonique sur la section
- d'examiner la production en Sambre en amont de la confluence avec la Meuse.

Nous avons pu constater que le secteur de la Meuse présentait des conditions physico-chimiques convenables pour un développement normal du phytoplancton :

les valeurs de biomasse observées s'échelonnent de 4μ g chl.a./l en hiver à 80μ g chl.a./l durant les périodes favorables. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles signalées au cours de l'étude précédente. Les niveaux atteints sont suffisants que pour présenter une possibilité d'exportation vers l'aval.

Nous avons remarqué que comme dans toutes rivières de plaine à cours lent, le développement du phytoplancton dépend essentiellement des paramètres physiques : débit, température, lumière. Lorsque ces conditions sont favorables, la croissance algale n'étant pas limitée par les nutriments, peut atteindre des valeurs supérieures aux normes de qualité adoptées par l'agence de Bassin Rhin-Meuse. On peut faire état d'une eutrophisation latente de la rivière.

Au cours de notre période d'observation, nous avons cependant rarement observé des valeurs de plus de 75μ g chl.a./l ; ceci est probablement le fait des importantes fluctuations hydrologiques et climatologiques que nous avons connues cette année.

... / ...

Au cours de cette étude, nous n'avons pu mettre en évidence la relation existant théoriquement entre le K_{max} . et la température : il semble donc que la composition spécifique du phytoplancton ait eu une certaine importance dans la détermination du K_{max} .

Par contre, nous observons une assez bonne relation entre I_k et $I_{tot.}/n$. Celle-ci semble présenter une analogie avec la courbe établie au cours des travaux précédents effectués sur le secteur amont.

Dans le but de déterminer les constantes (a. et b.) de cette courbe, nous avons établi sur base de son équation, une relation linéaire entre les inverses des variables I_k , $I_{tot.}/n$.

Bien que la corrélation de cette droite de régression soit acceptable (0,83), nous émettons des réserves sur les valeurs des constantes a.b. trouvées. Elles sont en effet assez différentes des valeurs retenues précédemment.

Nous avons constaté que l'évolution de la production journalière dans le temps est liée à la biomasse phytoplanctonique et à l'intensité lumineuse.

Sur base de ces observations : il nous a été possible d'établir une relation linéaire entre la production journalière et ces deux principaux paramètres (biomasse et $I_{tot.}/n$).

La droite de régression obtenue présente un bon coefficient de corrélation (0,94). Nous signalons toutefois que cette relation considère que les paramètres biomasse et $I_{tot.}/n$ sont des variables indépendantes. Cette hypothèse est assez simplificatrice compte tenu de la complexité du processus de production. Il serait souhaitable d'approfondir quelles sont les conditions probablement particulières qui nous ont permis d'établir cette relation.

Les profils longitudinaux et transversaux réalisés avaient pour objet de vérifier si le secteur était homogène. Les études effectuées en Haute Meuse dans le tronçon immédiatement en amont, avaient conclu à une homogénéité, l'examen de nos observations semble démontrer qu'il en est de même pour le secteur étudié.

Au niveau de la Sambre, le bilan ionique que nous avons établi ainsi que les quantités importantes d'azote inorganique trouvées, confirment l'existence d'une pollution tant au niveau organique que chimique.

... / ...

On constate d'autre part un déficit presque permanent de la concentration en oxygène dissous.

La biomasse phytoplanctonique que nous avons pu mesurer, atteint des niveaux généralement inférieurs à ceux observés dans la Meuse. Son évolution paraît toutefois relativement similaire. Cette différence de concentration peut s'expliquer en émettant un certain nombre d'hypothèses dont les plus vraisemblables sont :

- une pénétration réduite de la lumière suite à un coefficient d'extinction plus élevé, ce qui est susceptible de limiter le développement phytoplanctonique dans une couche proche de la surface.
- une vitesse du courant plus faible ne présentant pas de fluctuations remarquables accentuant de ce fait la sédimentation des algues.
- nous n'avons pas retenu l'hypothèse de la présence d'éléments toxiques comme agents susceptibles d'entraver le développement, compte tenu que les valeurs de K_{max} trouvées sont sensiblement identiques à celles observées dans la Meuse.

} *homogénéité
horizontal*

Par ailleurs, nous constatons des productions journalières différentes. Etant donné la similitude des comportements photosynthétiques des communautés algales vivant dans les deux rivières, les différences observées sont essentiellement le fait d'une biomasse plus faible dans la Sambre; de plus, celle-ci présente une turbidité des eaux plus marquée.

ANNEXES

- . **Annexe 1** - Ex. de calcul de la Production
- . **Annexe II** - Références bibliographiques.

Calcul de la production primaire

A. CALCUL DU C FIXE :

$$C \text{ FIXE}_{(mg/l)} = CO_{2 \text{ tot.}}_{(mg/l)} \cdot 1.06 \cdot \frac{\text{Act.filt.cor.}}{\text{Act.fin.}} \cdot \frac{1}{T}$$

ER: 2 ID:ECO DESCY C4 PRESET TIME: 10.00 SAT 09 MAY 1987 17:39
 MPLE REPEAT: 1 CYCLE REPEAT: 1 SCR:N RS232:N
 = 1 AQC:Y QCF:N
 LSR-TIME: 1.00 INT: 2.00
 ANNEL 1-LL: 0 UL: 670 2SIGMA: 2.00 BKG SUB: 0.00 BKG 2SIG: 0.00 LSR: 1
 TA CALC: CPM, UNKNOWN REPLICATES: 1 NORM FACTOR: 1.00000
 LF LIFE(DAYS):N

M	POS	CH	CPM	2SIG%	TIME	EL TIME	AVG H#
1	**	1	9586.67	1.99	1.05	1.36	100.0
2	**	2	10726.32	1.98	0.95	2.77	116.0
3	**	3	211.20	4.35	10.00	13.59	108.0-5
4	**	4	335.40	3.45	10.00	24.39	108.0-5
5	**	5	6490.97	1.99	1.55	26.52	108.0-20
6	**	6	7700.74	1.96	1.35	28.46	108.0-25
7	**	7	7456.30	1.99	1.35	30.40	107.0-20
8	**	8	7250.00	1.99	1.40	32.39	106.0-20
9	**	9	7093.10	1.97	1.45	34.42	106.0-4
0	**	-10	3967.06	1.99	2.55	37.58	106.0-45
1	**	-11	1922.67	1.99	5.25	43.51	113.0-2
2	**	-12	1058.32	1.99	9.50	53.79	108.0-25

} 273,3

ACTIVITE TEMOIN : $10156,495 \times 2 \times 50$
 $10156,49,5$

ACTIVITE B. SOMBRE : 273,30

Prof : (Z)

- 0,10 :	$\frac{6490,97 - 273,3}{10156,49,5} \cdot 59,304 \cdot 1,06 \cdot 1/3,25 = 0,1184 \text{ mg c/l.h}$	= 0,12
0,25	= 0,1379	= 0,14
0,50	= 0,1367	= 0,14
0,75	= 0,1328	= 0,13
1,00	= 0,1290	= 0,13
1,50	= 0,0703	= 0,07
2,00	= 0,0314	= 0,03
2,50	= 0,0149	= 0,01

Calcul de la production primaire

B RELATION (PHOTOSYNTHESE/LUMIERE)

$$I_z = I_0 e^{-Kz}$$

$$I_0 = 145,38 \text{ (Joules/cm}^2 \cdot \text{h)}$$

= (PAR, HOORAIRE INCUBATION)

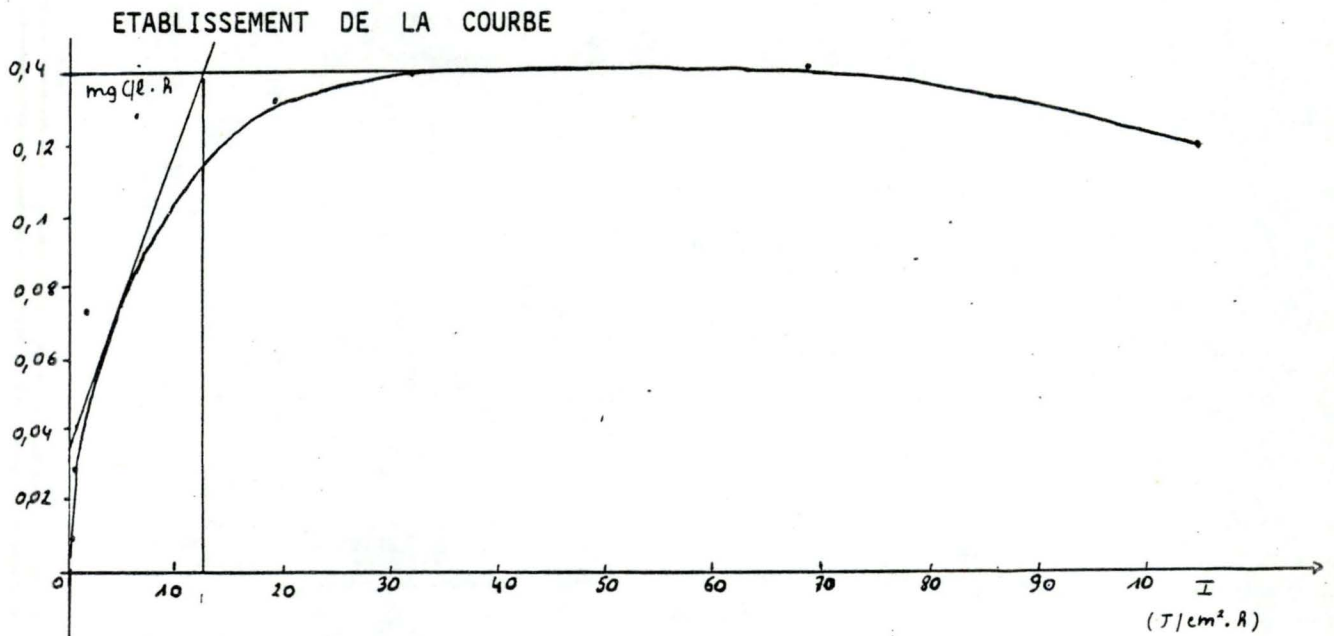
$$K = 2,96 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

CALCUL :

I_z		
- 0,10	=	108,1 (J/cm ² . R)
0,25	=	69,4
0,50	=	33,1
0,75	=	15,8
1,00	=	7,5
1,50	=	1,7
2,00	=	0,39
2,50	=	0,1

ETUDES MEUSE ET SAMBRE

Calcul de la Production Primaire



C. CALCUL DE LA PRODUCTION JOURNALIERE

Prog. de calcul - Entrée des données

IV	DATE	TEMP	DEBIT	CHLA	ETA	TINIT	TFIN										
	PMES(I), I=1, NMESU)																
	IDH(I), I=1, 17																
	IDH(I), I=18, 34																
5	090587	16.1		26.0	2.96	9.30	12.50										
	0.38	0.45	0.44	0.43	0.42	0.23	0.10	0.05									
	0	1	8	20	33	48	63	79	95	108	122	133	143	153	158	161	165
	164	159	154	146	135	124	111	96	81	66	52	36	22	9	2	0	0

Résultats

CALCUL DE LA PRODUCTION PRIMAIRE (C¹⁴) EN RIVIERES

VILLE	DATE	TM	DEBM	ITOT	ETA	CHLA	IK	LDPT	PRJS
SALZINNES	90587	16.1	0.0	2847.0	2.960	26.000	14.837	5.192	1.50
PRO. MESUREE		0.3800	0.4500	0.4400	0.4300	0.4200	0.2300	0.1000	0.0500
PRO. REL. MESU.		0.8444	1.0000	0.9778	0.9556	0.9333	0.5111	0.2222	0.1111
PRO. REL. CALC.		0.7979	0.7089	0.9906	0.8426	0.4892	0.4185	0.2271	0.1061
évolution de la production par 1/2h au cours de la journée									
0.000	0.013	0.041	0.061	0.072	0.080	0.086	0.092	0.096	0.099
0.101	0.102	0.104	0.105	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
0.104	0.103	0.101	0.099	0.096	0.092	0.087	0.081	0.074	0.067
0.044	0.020	0.000	0.000						

Références bibliographiques

↳ norme internationale → dérivation

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE (1987)
RHIN-MEUSE INFORMATION N° 39 Juin 1987

?

BERRIE AD (1972) : Productivity of the river Thames at Reading,
symp. zoo. soc. Lond. n° 29.69.86, P. 70-86

BILLEN G. ALSLY J.P. EVERBECQ E. SERVAIS P. SMITZ J. (1985) :
Etude écologique que la haute Meuse belge et modélisation du
fonctionnement de l'écosystème aquatique, évaluation de l'impact
écologique des centrales nucléaires de Chooz. Rapport final
250 p.

BOELEN CH. LEGRAND M. (1984) : Réseau de la qualité des eaux superfi-
cielles belges en 1984 (Ministère de la
Santé Publique et de la Famille).

CAPBLANCQ J. (1982) : Phytoplancton et production primaire dans écologie
du phytoplancton des eaux continentales.
R. POURIOT (MASSON) Collection d'écologie 16, p. 70-197.

CAPLANCQ J. DAUTA A. CAUSSADE B. DECAMPS H. (1982)
Variations journalières de la production du phytoplancton en rivière,
modélisation d'un bief du lot Anns. limn. 18 (2) p. 101-132.

CHAMP P. (1980) : Biomasse et production primaire d'un fleuve : la Loire au
niveau de la centrale nucléaire de Saint Laurent des
Eaux.
Acta oecologica génér. vol. 1, n° 2, p. 111-130.

DECAMPS H. (1971) : La vie dans les cours d'eau.
Que sais-je, Presses Universitaires de France.

DERMINE B. (1985) : Bilan des charges en nutriments charriés au long du
cours de la Meuse belge.
Faculté des Sciences (FNDP).

- DESCY J.P. et EMPAIN A. (1981) : Inventaire de la qualité des eaux courantes en Wallonie. Rapport de synthèse, Vol. II. *14*
- DESCY J.P. et EMPAIN A. (1978) : Inventaire de la qualité des eaux courantes en Wallonie (Bassin wallon de la Meuse) 1er rapport d'avancement. 126 p. *Inédit?*
- DESCY J.P. et LAMBINON J. (1984) : L'écosystème fluvial. In "Sediment and pollution in waterways General consideration" IAEA TEC DOC 302 VIENNE p. 103-109.
- DESCY J.P. (en cours) : Phytoplankton, composition and dynamic in the arch. hydrobiol. algological studies 47, p. 1-10.
- DESCY J.P. SERVAIS P. SMITZ J.S. BILLEN G. EVERBECQ E. : *doct?*
Phytoplankton biomass and production in the river Meuse (Belgium) p. 1-17. *12*
- DUSSART B. (1966) : Limnologie - étude des eaux continentales. GAUTHIER VILLARS, Paris. 677 p.
- EDELIN (1972) : Commission interministérielle de la politique scientifique : Projet Sambre, modèle mathématique de pollution d'eaux intérieures, rapport de synthèse. *24*
- GOLTERMAN H.L. (1969) : Methods for chemical analysis of fresh waters IBP Handbook, 8 BLACKWELL Sc. publ., Oxford and Edinburg, 166 p.
- HALLEGRAEFF G.M. (1977) : Comparison of different methods used for the quantitative evaluation of biomass of fresh water phytoplankton, hydrobiological VOL 55, 2 p. 145 - 165.
- KHALANSKI (1973) : Etude de la photosynthèse dans la Seine à Porcheville le 13 et 14/6/1973. Electricité de France 10 p.
- LAMBINON J. MAISIN J. MICHA J.C. NYTTENAERE C. SIRONVAL C. (1985)
L'impact des rejets de la centrale nucléaire de Tihange (Belgique) sur l'écosystème Meuse : études in situ et recherches expérimentales durant la période 1981-1984.
Contrat Bio-B-330-81 B avec la Commission des Communautés Européennes BLG 573. *13*



- DESCY J.P. et EMPAIN A. (1981) : Inventaire de la qualité des eaux courantes en Wallonie. Rapport de synthèse, Vol. II. 11
- DESCY J.P. et EMPAIN A. (1978) : Inventaire de la qualité des eaux courantes en Wallonie (Bassin wallon de la Meuse) 1er rapport d'avancement. 126 p. Inédit
- DESCY J.P. et LAMBINON J. (1984) : L'écosystème fluvial. In "Sediment and pollution in waterways General consideration" IAEA TEC DOC 302 VIENNE p. 103-109.
- DESCY J.P. (en cours) : Phytoplankton, composition and dynamic in the arch. hydrobiol. algological studies 47, p. 1-10.
- DESCY J.P. SERVAIS P. SMITZ J.S. BILLEN G. EVERBECQ E. : dot.
Phytoplankton biomass and production in the river Meuse (Belgium) (2)
p. 1-17.
- DUSSART B. (1966) : Limnologie - étude des eaux continentales. GAUTHIER VILLARS, Paris. 677 p.
- EDELIN (1972) : Commission interministérielle de la politique scientifique : Projet Sambre, modèle mathématique de pollution d'eaux intérieures, rapport de synthèse. 24
- GOLTERMAN H.L. (1969) : Methods for chemical analysis of fresh waters IBP Handbook, 8 BLACKWELL Sc. publ., Oxford and Edinburg, 166 p.
- HALLEGRAEFF G.M. (1977) : Comparison of different methods used for the quantitative evaluation of biomass of fresh water phytoplankton, hydrobiological VOL 55, 2 p. 145 - 165.
- KHALANSKI (1973) : Etude de la photosynthèse dans la Seine à Porcheville le 13 et 14/6/1973. Electricité de France 10 p.
- LAMBINON J. MAISIN J. MICHA J.C. NYTTENAERE C. SIRONVAL C. (1985)
L'impact des rejets de la centrale nucléaire de Tihange (Belgique) sur l'écosystème Meuse : études in situ et recherches expérimentales durant la période 1981-1984.
Contrat Bio-B-330-81 B avec la Commission des Communautés Européennes BLG 573. 1/p



LEB P.J. RAINE C. BRIAN J.R. (1979) : -

Agreement between the C 14 and O₂ methods of measuring phytoplankton production, reassessment of the photosynthetic quotient Ocean. acta, Vol. 2 n° 4.

MAC ALLISTER C.D. : Notes and comments, observation on the variation of planktonic photosynthesis with light intensity, using both O₂ and C 14 methods. Fisheries research board of Canada pacific oceanographic group Nanaimo British Columbia.

MARKER A.F.H. ET AL. (1980) : The measurements of photosynthetic pigments in freshwater and standardisation of methods : conclusion and recommendation. Arch. hydrobiolog. ergebn. limno. 14 p. 91-106 Stuttgart.

MARKER A.F.H. (1972) : The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophytin. Freshwater biol. Vol. 2 p. 361-385

RIWA (1982) : Profil de la qualité de la Meuse 19-30 septembre 1982, 146 p.

TALLING J.F. (1957) : Photosynthetic characteristics of some freshwater plankton diatoms in relation to under water radiation. New phytol, 57 p. 29-50.

VAN CRAENENBROECK W. (1987) : Maas Albertkanaal en Kempense kanalen i.v. antwerpse water werken N.V.

VOLLENWEIDER R.A. (1965) : Calculation models of photosynthesis depth curves and some implications regarding day rate estimates in primary production measurements. HEM. IST. Ital. Ionobiol. suppl. (18) p. 425-457

VOLLENWEIDER R.A. (1974) : A manual method for measuring primary production in aquatic environments I.BP. Handbook, 12 (2d Ed.), Blackwell Oxford 225 p.

WINBERG G.C. (1961) : Production primaire du plancton lacustre étudiée à l'aide de 3 méthodes : O₂, C 14 et de la chlorophylle. VERH. INTERNATION. VEREIN. Limno XIV p. 109-112