

233

Excursion Internationale de Phytosociologie  
en Italie centrale (2-11 juillet 1982)  
**GUIDE-ITINERAIRE**

**MORETTI G.P.**  
Déclin et renaissance du Lac Trasimène



Camerino  
Università degli Studi  
1982

*A la Mémoire du  
Sénateur GIUSEPPE ERMINI  
Recteur de l'Université de  
Pérouse*

*Avant-propos*

Lorsqu'en 1954 fut fondé à Monte del Lago l'Institut d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Perugia, dont la direction fut confiée à l'Auteur, le Lac Trasimène traversait une crise d'abaissement de niveau très grave, la plus importante de toute son histoire. Nous en expliquerons les causes par la suite, mais auparavant il faut préciser que la tâche confiée à l'Auteur par le regretté Recteur et Ministre, le Prof. Giuseppe Ermini, par le Commissaire de la Faculté des Sciences Mathématiques, Physiques et Naturelles, le Prof. Aldo Spirito et par la Commission nommée par le Ministre des Travaux Publics pour l'étude hydrogéologique du Lac Trasimène, était péremptoire et catégorique: sauver de la misère les 500 familles de pêcheurs qui vivaient sur les rives du lac le plus poissonneux d'Italie, désormais réduit à l'état d'un marécage de 3 m de profondeur maximale; éliminer les foyers de graves maladies qui y naissaient et se développaient parmi la population riveraine; détruire les myriades de moustiques et de moucherons qui avaient infesté les étables, les maisons, les restaurants; faire disparaître la multitude de parasites des poissons et des grenouilles; arrêter l'invasion croissante des roseaux qui avaient occupé toute la zone méridionale du plan d'eau; libérer la mince couche d'eau des hydrophytes qui avaient engorgé le lac sur toute sa hauteur, empêchant ainsi la navigation des barques et des bateaux; redonner au Trasimène, qui était devenu un marécage malsain, sa célèbre beauté lacustre.

Il s'agissait donc de sauver le Trasimène, vaste programme assez décourageant qu'il était pourtant impossible d'éluder.

Nous illustrerons brièvement dans cette note la façon presque inespérée dont ce grand projet fut réalisé bien avant qu'on ne le pensait.

*1 - Valeurs morphométriques du Lac Trasimène dans la période de grande maigre*

La situation morphométrique des années 1954-58, alors que le niveau de l'eau avait atteint sa cote minimale et que l'on commençait les travaux destinés à la liaison des bassins méridionaux, était approximativement la suivante:

## Lac Trasimène et son bassin

Surface totale du bassin: 180 km<sup>2</sup>  
 Surface des trois îles: 80 h  
 Périmètre du lac: 53-48 km  
 Diamètre maximal: 15 km  
 Profondeur maximale: 2,98 m  
 Surface du lac: 120 km<sup>2</sup>

Les quatre bassins méridionaux sont exclus de cette liste. Il faut relever l'extrême abaissement de la hauteur maximale de la nappe d'eau. D'autres informations et d'autres données figurent sur la fig. 1. Quoi qu'il en soit, ce tableau met en évidence la situation pratiquement catastrophique, à une époque où l'eau était à son niveau le plus bas, au début des travaux d'assainissement.

### 2 - Physiographie et morphométrie actuelles (1981)

Par sa superficie, le Lac Trasimène est le quatrième lac d'Italie et le premier du territoire péninsulaire. Il est au contraire par sa profondeur le dernier des grands lacs italiens. On peut donc le considérer comme le seul grand "lac laminaire" de notre pays. Le plan d'eau est entièrement situé en Ombrie, dans la province de Pérouse. Ses coordonnées géographiques sont: 43° 9' 11" de Lat. N.; 12° 5' de Long. E. (F. 122 I.G.M. 1:100.000).

L'émissaire artificiel construit en 1898, évacue les eaux excédantes dans le torrent Caina, puis dans le Nestore, affluent du Tibre.

Le lac a un aspect plus ou moins cordiforme et, tandis que les rives immergées du pourtour et des 3 îles (Mineure, Majeure et Polvese) présentent une déclivité légèrement accentuée, le fond est plutôt plat au centre et dans le secteur méridional.

Les caractéristiques morphométriques et hydrographiques actuelles du Trasimène, donc postérieures à l'introduction de 4 torrents déviés de la Val di Chiana, sont indiquées ci-dessous:

#### Lac Trasimène: cuvette lacustre <sup>1)</sup>

Cote moyenne: 258 m au-dessus du niveau de la mer  
 Surface : 124,30 km<sup>2</sup>  
 Périmètre: 53,1 km  
 Indice de sinuosité: 1,34  
 Profondeur maximale: 6,30 m  
 Profondeur moyenne: 4,72 m  
 Diamètre maximal: 16,05 km  
 Volume: 586,075 m<sup>3</sup> × 106

<sup>1)</sup> BARBANTI, CAROLLO, LIBERA (1968) et TATICCHI, modifié (1981).

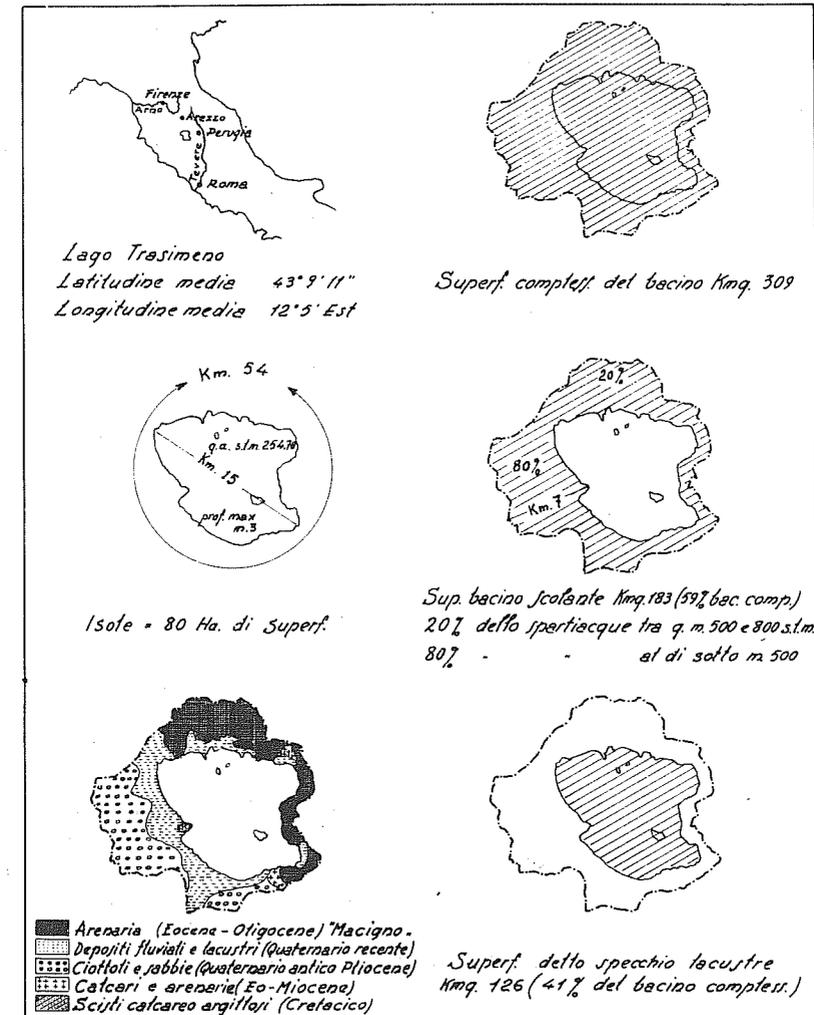


Fig. 1 - Physiographie et géologie du Lac Trasimène (d'après MORETTI 1961)

#### Bassin de collecte des eaux émergées <sup>1)</sup>

Surface: 251, 50 km<sup>2</sup>  
 Largeur moyenne de la bande subaérienne: 3,5 km  
 Altitude moyenne: 287 m au-dessus du niveau de la mer  
 Rapport entre surface émergée et surface immergée: 2,02

La comparaison des valeurs morphométriques du Lac Trasimène au cours de la période de maigre précédant la liaison des bassins méridionaux et des valeurs physiographiques et morphométriques actuelles met en évidence l'importance du phénomène de récupération qui s'y est manifesté.

### 3 - Origine du Lac Trasimène<sup>2)</sup> (fig. 1, en coul.)

Dans le contexte de l'évolution tectonique de l'Italie, à la fin du Miocène, commencèrent à prendre forme les premières structures montagneuses de l'Ombrie, accompagnées de mouvements compressifs qui reprirent avec intensité au cours du Pliocène moyen et qui furent à l'origine d'une grande partie des plissements que l'on peut encore voir reconnaissables de nos jours, mais qui ne suffirent pas à eux-seuls à constituer l'actuel Apennin ombrien.

Ensuite se créèrent les premiers éléments du système paléo-lacustre connu sous le nom de "lago tiberino" (lac tibérin). Des phases alternées de calme et de reprise tectonique, cette fois de nature légèrement extensive et non plus compressive, c'est-à-dire avec la naissance de systèmes de failles directes, provoquèrent des dépôts de plusieurs cycles sédimentaires lacustres s'étendant chronologiquement jusqu'au Quaternaire ancien, c'est-à-dire jusqu'à il y a environ 1.000.000 d'années. Ce sont ces sédiments fluvio-lacustres, largement répandus en Ombrie, qui contiennent des faunes fossiles riches et des flores "villefranchiennes", terme générique qui indique les faciès continentaux, fluvio-lacustres ou deltaïques, du Pliocène supérieur et du Quaternaire ancien. A la fin des cycles "villefranchiennes" la forte activité tectonique extensive reprit brusquement, causant la fragmentation, en particulier de la zone ombrienne, en blocs relativement petits (ordre de grandeur: une centaine de kilomètres carrés); ces blocs subirent des mouvements verticaux combinés de différentes façons, basculant souvent l'un sur l'autre, provoquant ainsi dans le secteur du Trasimène des soulèvements de plusieurs centaines de mètres au-dessus du niveau actuel de la mer, atteignant un millier de mètres dans certaines zones de l'Apennin. C'est dans ce contexte tectonique que le Lac Trasimène a acquis sa physionomie définitive: il a d'abord fait partie (pendant le Pliocène supérieur et le Quaternaire ancien) du grand système lacustre et/ou fluvio-lacustre "Lago Tiberino", "Val di Chiana" et "Valdarno"; il s'est ensuite restreint à la zone actuelle à la suite du soulèvement de blocs voisins; enfin il a été poussé à s'appuyer sur les berges de Passignano-San Feliciano par un mouvement local de basculement plus récent, comportant un abaissement de la rive orientale (fig. 2).

### 4 - Caractéristiques hydrogéologiques du Lac Trasimène - Projets de régulation du lac par le rattachement de nouveaux bassins

Le niveau du lac est essentiellement fonction des précipitations atmosphériques (fig. 3).

Les formations tertiaires du Trasimène sont imperméables et donnent par

<sup>(2)</sup>Ce paragraphe et la carte géologique incluse ont été réalisés expressément pour les congressistes en collaboration avec le collègue le Prof. Ambrosetti, spécialiste du Quaternaire de l'Université de Pérouse, dans l'intention précise de mettre à jour les interprétations sur qui l'orogénèse a présidé à la formation du lac Trasimène.

conséquent naissance à de petites nappes hydriques locales très minces et à des sources de débit négligeable le long des collines entourant la conque lacustre. Cela explique aussi la discordance entre les valeurs maximales du milieu du lac que l'on enregistre en février et les périodes de pluviosité maximale qui ont lieu en octobre et en novembre. Il est évident que ces formations lithologiques, comprenant des fissures obstruées par du matériel très fin, mettent beaucoup de temps pour arriver à saturation et elles absorbent de l'eau jusqu'à la fin janvier.

Les terrains fluvio-lacustres quaternaires, constitués par du sable et des cailloux, sont au contraire très perméables, et il s'est donc formé une nappe phréatique presque continue qui entoure tout le lac et qui présente des lignes isophréatiques pratiquement parallèles aux isohypses; on peut donc dire qu'ils contribuent à fournir directement de l'eau météorique au lac lui-même.

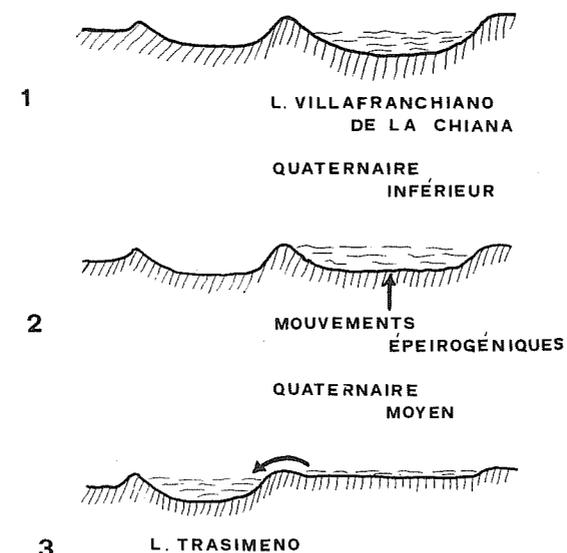


Fig. 2 - Origine tectonique du Lac Trasimène

Une étude de DOFFENU et DRAGONI (1978) relative aux phénomènes hydrologiques qui ont eu lieu entre 1921 et 1974 dans le système hydrique du lac a conduit aux conclusions suivantes:

- 1) Le niveau moyen annuel qui, comme nous l'avons dit, dépend essentiellement des précipitations, répond aux afflux météoriques avec des effets pratiquement immédiats;
- 2) les pertes totales sont pratiquement constantes et s'élèvent à environ 1440 mm par an, dont il ne faut pas attribuer plus de 40 mm aux prélèvements artificiels (pompage pour les irrigations agricoles);
- 3) les précipitations atmosphériques varient d'une année à l'autre. De 1921 à 1974, elles ont oscillé d'un minimum de 450 mm à un maximum de 1200 mm par an. Cela se répercute évidemment sur les diminutions et les reprises régulières et pluriannuelles du lac;

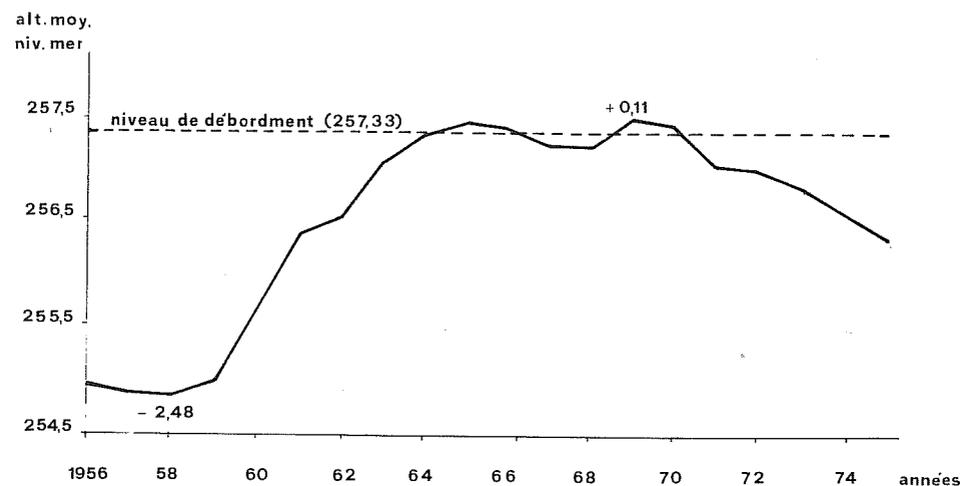


Fig. 3 - Variation du niveau hydrique du Lac Trasimène de 1956 à 1975

4) le coefficient de déflexion de l'ancien bassin, grâce à l'introduction des torrents Tresa, Rio Maggiore, Moiano et Maranzano, a conduit à une amélioration temporaire et rapide du déficit (fig. 4), mais pour se maintenir en équilibre le Trasimène devra s'accroître aussi grâce à l'introduction des torrents Esse, Mucchia, Formanova et à l'éventuel détournement d'une partie des eaux de crue du Tibre (fig. 5).

En agrandissant le bassin actuel de 315 km<sup>2</sup> environ, le Trasimène deviendrait un lac ouvert avec émissaire fonctionnant chaque année pendant une certaine période et on aurait ainsi un niveau pratiquement constant.

On relève déjà des signes d'une nouvelle auto-pollution du lac (augmentation des chlorures, des nitrates et de l'acide sulphydrique); c'est pourquoi, il faut s'attendre à de nouveaux cycles de déficit de la balance de 3 à 5 années tous les dix ans environ, si l'on ne recourt pas à l'agrandissement du bassin pour faire du Trasimène un lac vraiment ouvert.

Mais tout cela nous ramène directement au grand problème de la naissance du lac, des phases de son évolution, et de sa conservation écologique à l'avenir, en soulevant un dilemme: faut-il sauver le lac par une régulation hydrique attentive qui lui confère la dignité de véritable lac ouvert, géré en fonction d'une balance positive, ou bien faut-il le laisser osciller entre une diminution et une augmentation continues du niveau, de sorte que l'écosystème lacustre connaisse des phases alternées; devenant marécage dans une période de léger déclin; se stabilisant en étang dans une période d'assainissement.

Jusqu'à quand pourra durer cette oscillation continue entre l'invasion des hydrophytes et l'auto-pollution spontanée, continue, les colonisations d'oiseaux

porteurs de maladies et de parasites, et, à l'opposé, l'assainissement du milieu, le développement de la pêche, de l'aquaculture, de l'hygiène et du tourisme? C'est peut-être le cas de dire: "aux générations futures de décider, en sachant bien que depuis longtemps le Trasimène n'est plus un lac naturel, mais qu'il est devenu un bassin réglé par l'homme à travers une longue histoire d'interventions hydrauliques complexes et délicates, autant que d'incertains équilibres du milieu.

### 5 - Brève histoire des événements hydriques du Trasimène

A l'origine le Trasimène fut un *lac fermé* et toute son histoire fut une alternance continue, comme nous l'avons déjà dit, de périodes de crue et d'étiage, de durée et d'importance diverses; c'est pourquoi dès l'époque romaine les hommes furent obligés d'intervenir à différentes reprises pendant les périodes de crue pour le transformer en *lac ouvert*, soit en creusant des émissaires artificiels, soit en déviant dans la Val di Chiana contiguë des cours d'eaux tributaires (Tresa, Rio Maggiore) pour prévenir les crues désastreuses qui atteignirent jusqu'à 3,50 m au-dessus du niveau d'alerte (en 1602). Ce ne fut pas le cas des périodes d'étiage au cours desquelles le niveau de l'eau ne descendit pas en dessous de 1,45 m par rapport au seuil d'affleurement (1792), et où il ne fallut donc pas recourir aux mesures protectrices pour prévenir ou interrompre les abaissements excessifs du niveau. Ce fut seulement de 1958 à 1962 qu'il fallut trouver un remède d'urgence, en réalisant les imposants ouvrages hydrauliques qui avaient déjà été commencés quelques années auparavant, et qui furent ensuite rapidement complétés et mis en fonction par une Commission pour l'étude hydrogéologique du Lac Trasimène nommée par le Ministère des Travaux Publics pour sauver le lac. En effet, après les longues années de faible pluviosité, accompagnée de températures élevées pendant l'été, enregistrées presque un demi-siècle après le creusement de l'émissaire de San Savino, de grande capacité mais situé à un niveau trop bas, le lac s'était réduit à une profondeur maximale de 2,98 m seulement et il s'était transformé en un étang putride envahi par les hydrophytes qui causaient des dommages énormes à la pêche, au tourisme, aux conditions hygiéniques et à l'agriculture.

Comme un fait exprès, l'émissaire resta à sec pendant une longue période (fig. 2, en coul.). Dans les paragraphes qui suivent nous parlerons en détail de cet événement pernicieux provoqué en partie par l'imprévoyance des hommes et en partie par des phénomènes atmosphériques défavorables.

### 6 - Les étapes du rapide déclin paludéen du Lac Trasimène et les mesures hydrauliques qui ont conduit à son assainissement (1954-1959-1962)

Après avoir assisté pendant deux ans (1954-56) à un abaissement sensible des eaux du lac, accompagné d'une invasion d'hydrophytes et d'un grave déséquilibre entre les différentes espèces ichthyologiques représentées, qui avait conduit à une prédominance absolue de la "perche soleil" (*Eupomotis gibbosus*) et à la dispari-

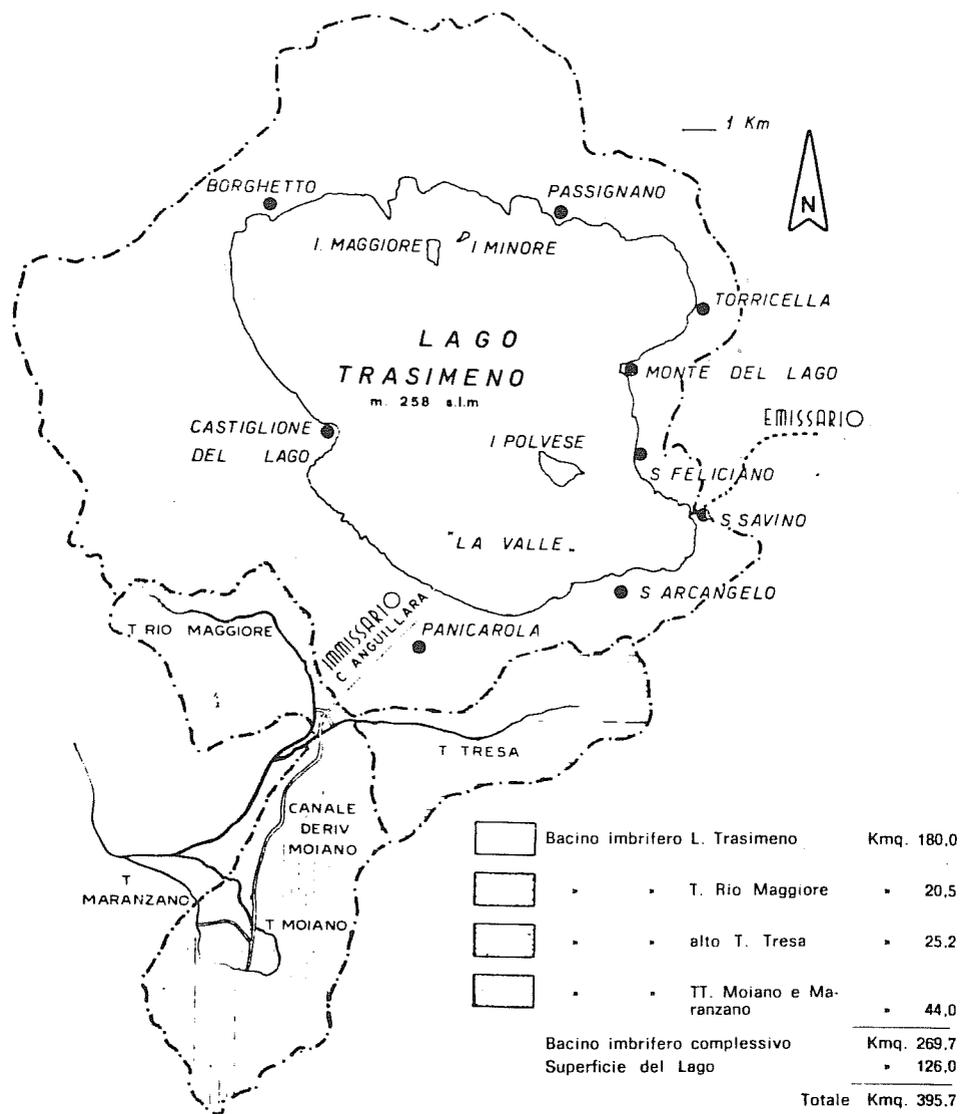


Fig. 4 - Bassin imbrifère naturel et bassins des torrents introduits en 1968 (d'après ТАТИСКИ 1981)

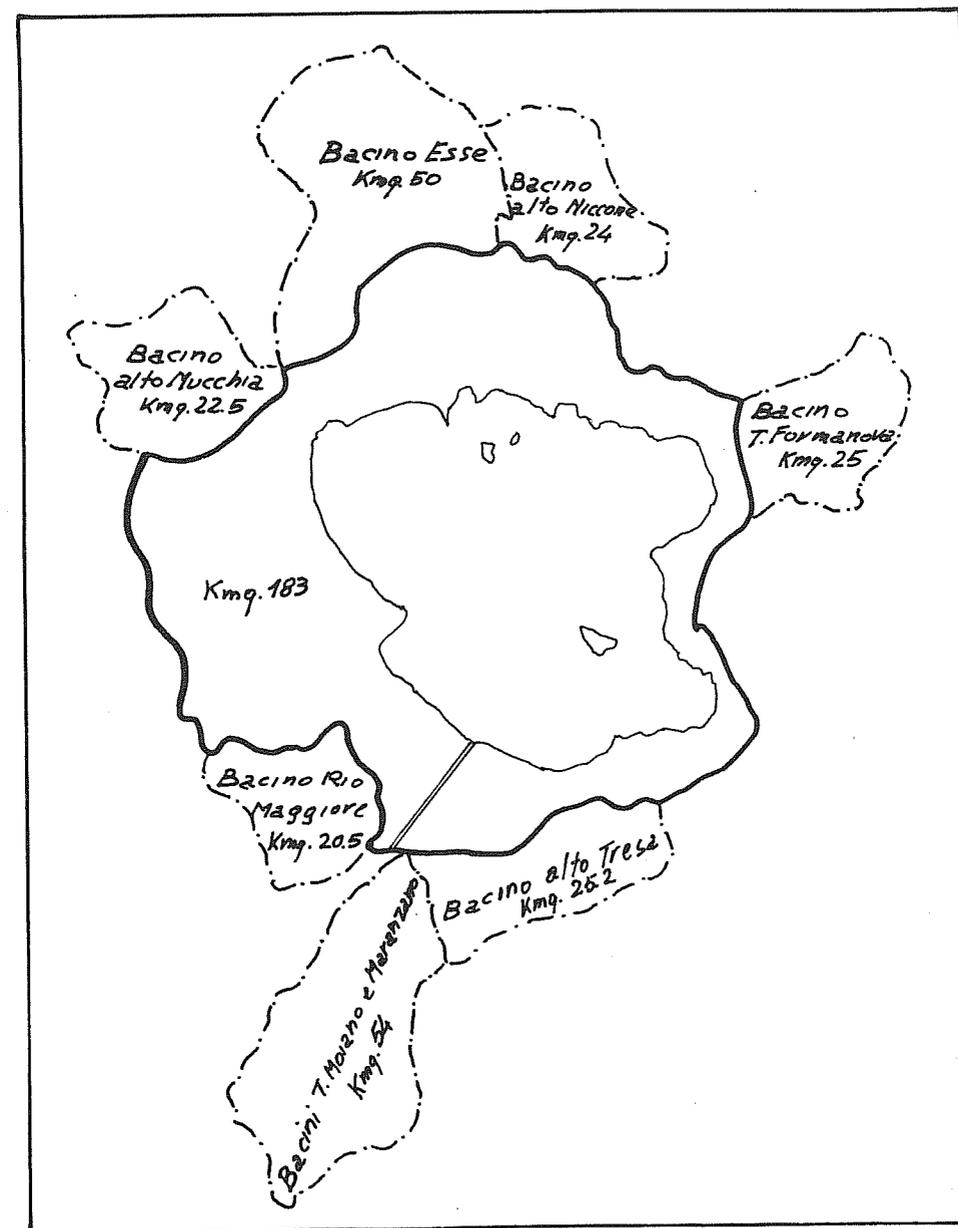


Fig. 5 - Projet d'introduction de 8 torrents pour augmenter le bassin du Lac Trasimène (1958 - Commission pour l'étude hydrogéologique du Lac Trasimène)

tion presque total du "gardonnet" (*Rutilus italicus* Cald.)<sup>3</sup>, on put observer un phénomène spectaculaire qui s'abbattit sur le Trasimène en février 1956: en deux jours seulement le lac gela sur toute sa surface. Ce phénomène se produisit parce que la tramontane souffla lentement, sans rafales, sur le lac, qui était réduit désormais à une mince couche de moins de 3 m de profondeur maximale. Il y neigea tout de suite après, la neige formant une mince pellicule moelleuse. La couche de glace atteignit 20 cm d'épaisseur et pour la première fois on put étudier les paramètres physico-chimiques liés au gel, en traversant le lac sur toute sa longueur le jour même et en prélevant tous les 500 m des échantillons de l'eau, obtenus en creusant des trous dans la glace (fig. 3, en coul.).

Il ne fallut pas moins de 17 jours pour que ce phénomène de gelée disparaisse, ne causant heureusement que de faibles dégâts à la faune ichtyologique, et maintenant dans le bassin de collecte un microclimat moins rude que dans les plaines voisines, dépourvues d'un plan d'eau en mesure d'influer sur la contraction rapide de la température de l'atmosphère, grâce à l'inertie thermique de l'eau.

Des comparaisons des deux températures, celle de l'air et celle de l'eau dans la zone centrale (au cours de la journée et pendant la nuit, selon les mois, les saisons et les années) ont montré une tendance à l'accroissement de leur équivalence. Il apparaissait donc que la hauteur d'eau étant tellement minime, même dans la zone pélagique, moins envahi par les hydrophytes submergées, l'inertie thermique caractéristique ne pouvait se manifester avec évidence. Au contraire, dans la zone néritique et dans le vaste secteur marécageux de "La Valle", ombragés en été par la roselière et par une grande quantité d'hydrophytes, pouvaient s'instaurer temporairement des températures différentes entre l'air et l'eau grâce à la stagnation des eaux (fig. 6).

L'examen du comportement des paramètres physico-chimiques les plus caractéristiques de l'écosystème du Trasimène méridional mettait en évidence pendant l'été des phénomènes d'hypertrophie paludéenne très prononcés. En effet, l'O<sub>2</sub> dissous dans les eaux proches du fond avait complètement disparu, tandis qu'à la surface il atteignait 15 mg/l à midi. Evidemment les plantes aquatiques, atteintes par les rayons solaires, pouvaient exercer une intense photo-synthèse chlorophyllienne, accompagnée d'une chute de la dureté de l'eau, due surtout aux bicarbonates (15-17 gr. fr.) et d'une augmentation du pH (= 9); tandis qu'à quelques décimètres de profondeur s'était créé un milieu totalement anoxygène où prédominaient les processus de décomposition s'accompagnés d'une forte production de H<sub>2</sub>S (12 p.p.m.).

Ces conditions entraînaient une énorme mortalité parmi les poissons (brochets, perches, gardons et même anguilles) alors que l'on pouvait voir les survivants haleter à la surface le matin, à la recherche désespérée d'oxygène.

Les variations circadiennes de ces mêmes paramètres mesurés pendant l'hiver au même endroit du biotope de "La Valle", donnaient des valeurs très différentes, révélant des températures nettement plus divergentes entre la surface et le fond: O<sub>2</sub>

<sup>3</sup>Ce nom provisoire a été proposé par P. CALDERONI [Ulteriori indagini sul *Rutilus* Raf. del Lago Trasimeno ("laschetta" del Trasimeno - *Cypriniphormes*, *Cyprinidae*) Riv. Idrobiol., XIX, 3: 391-466, 1980].

toujours présent même au fond, degré hydrotimétrique (dureté) plus élevé et différent dans les deux couches d'eau et enfin pH plus bas (= 7,5) (fig. 7).

Ces données mettaient en évidence une certaine oligotrophie de l'eau (l'auto-catharsis hivernale typique des eaux stagnantes) dans l'extrême secteur méridional de la nappe marécageuse.

Mais pendant les mois d'été des années suivantes, les conditions du lac s'étaient sérieusement aggravées et tous les hydrobiologues d'Italie qualifièrent le Lac Trasimène de "lac malade".

L'invasion de la roselière, partant des rives vers la zone centrale, était devenue de plus en plus rapide le long de tout le périmètre côtier, tandis que le secteur de "La Valle" était défiguré par une affligeante étendue de roseaux qui empêchait même de voir où ils finissaient et où commençait le plan d'eau libre.

Les vents ["favonio" (ouest), scirocco (sud), "certano", "buione", (est), tramontana (nord-est), "bufalese" (sud-est)] et les vagues qu'ils provoquaient étaient complètement stoppés par l'énorme barrière de la roselière. Il n'y avait donc plus ni turbulence ni circulation de l'eau tandis que des masses de roseaux brisés et en putréfaction s'amoncelaient sur les rives, créant des dépôts de chaumes malodorants s'étalant sur les plages le long des côtes.

Il fallut donc créer dans la roselière un grand nombre de canaux et de voies d'eau pour permettre aux pêcheurs d'atteindre avec leurs barques la partie libre pour y jeter leurs filets. Bien vite cependant les agglomérats d'hydrophytes, partant de la couronne de la roselière, commencèrent à se développer et à se disposer en une série continue d'agglomérats qui rendirent dans un premier temps la zone néritique infranchissable et qui s'étendirent ensuite rapidement sur toutes les zones que quelques années auparavant, on pouvait encore appeler "zone pélagique" puisqu'elles n'étaient alors encombrées par aucune végétation, ni à la surface, ni dans la couche intermédiaire ni sur le fond (fig. 8).

Les espèces suivantes se développèrent rapidement: *Alisma plantago aquatica*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Nymphaea alba*, *Hydrocharis morsus-ranae* (fig. 4, en coul), *Salvinia natans*, *Potamogeton pectinatus*, *Najas marina*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus*, *Vallisneria spiralis*.

Ce furent cependant essentiellement les espèces suivantes qui provoquèrent par leur extension, leur épaisseur et leur concentration les envahissements progressifs de la nappe de eau, de la périphérie vers le centre: 1- *Lemna gibba* (fig. 5, en coul.) 2- *Phragmites australis*, 3- *Potamogeton pectinatus*, 4- *Ceratophyllum demersum*, 5- *Myriophyllum spicatum*, 6- *Potamogeton perfoliatus*.

Entre-temps, sous l'effet de l'épaississement rapide du tapis des "Lemneta" les pierres du fond se recouvraient de la patine noire des sulfures (fig. 6, en coul.).

Inutile de dire que le paysage défiguré avait désormais découragé les activités balnéaires et le tourisme.

La roselière occupait à perte de vue l'étang dans toutes ses sinuosités et surtout dans le secteur méridional; *P. pectinatus* et *C. demersum* formaient des gaines compactes autour des hélices des barques des pêcheurs qui ne pouvaient plus avancer et qui s'enrayaient continuellement, tandis que les rames battaient dans le vide.

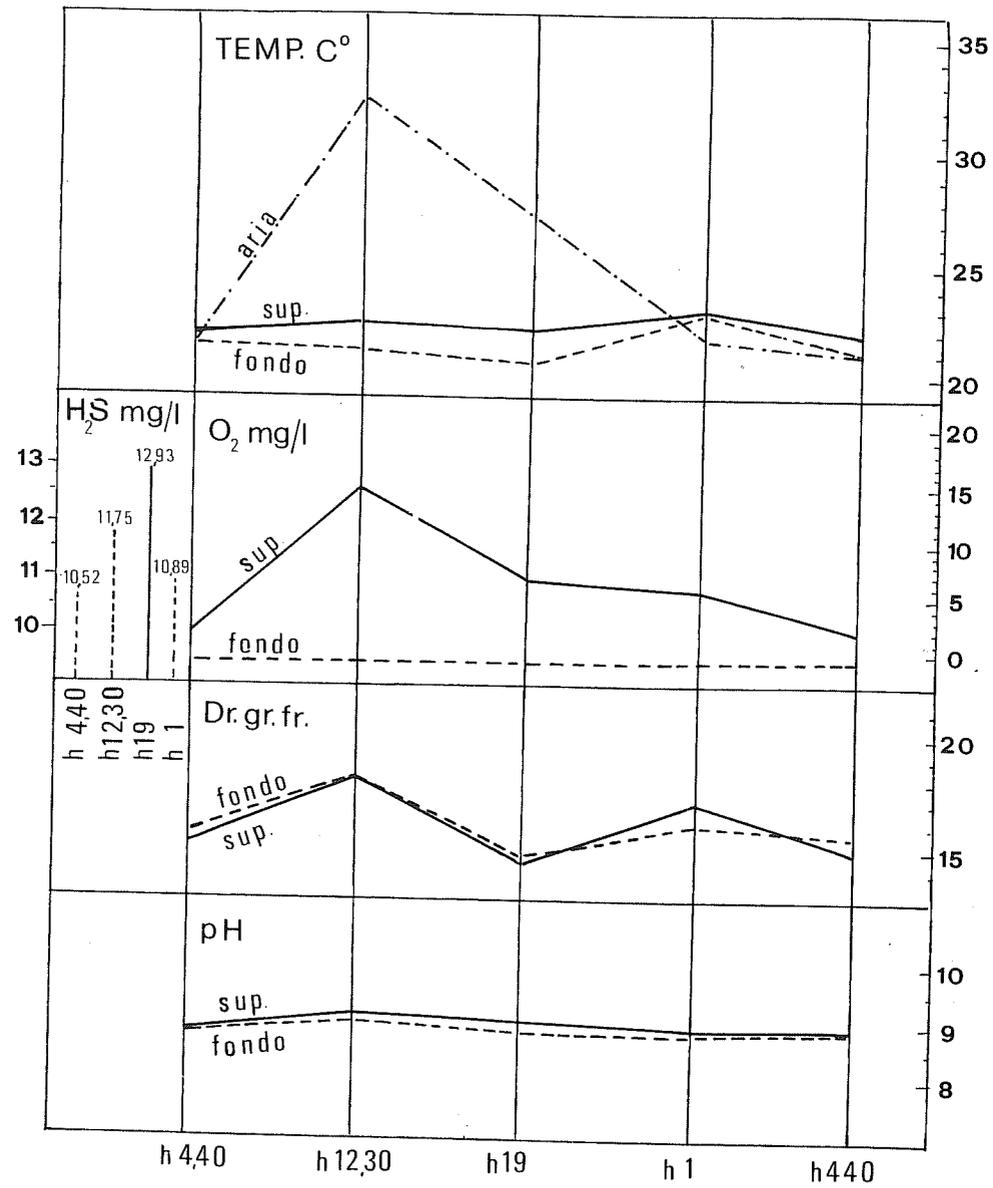


Fig. 6 - Lac Trasimène: "La Valle", 6-7 août 1957. Variations journalière et nocturne de la température (air et eau), O<sub>2</sub>, dureté totale, H<sub>2</sub>S, pH (à la surface et au fond du lac) (d'après MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 1958).

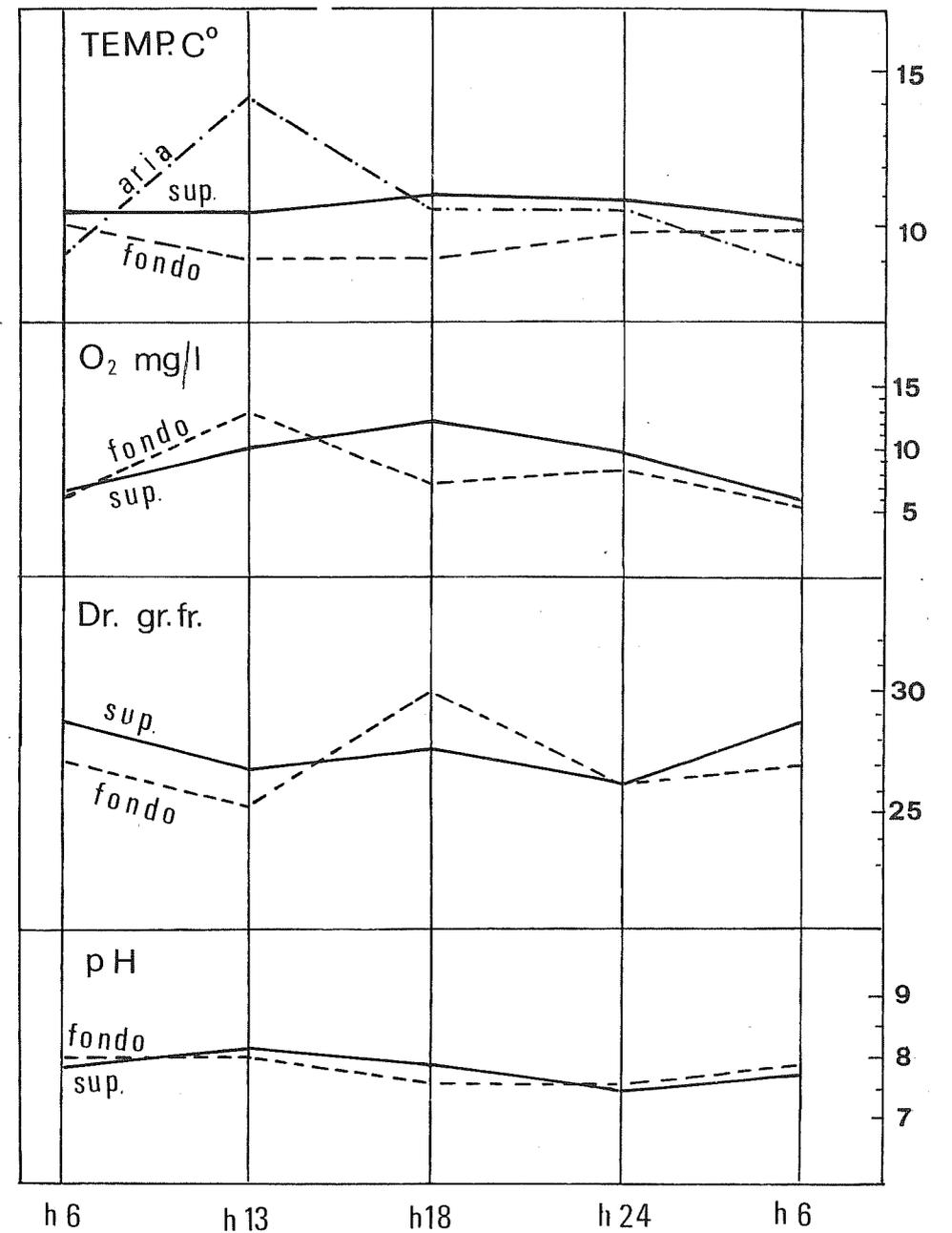


Fig. 7 - Lac Trasimène: "La Valle", 26-27 février 1957. Variations journalière et nocturne de la température (air et eau), O<sub>2</sub>, dureté totale et pH à la surface et au fond du lac (d'après MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 1958).

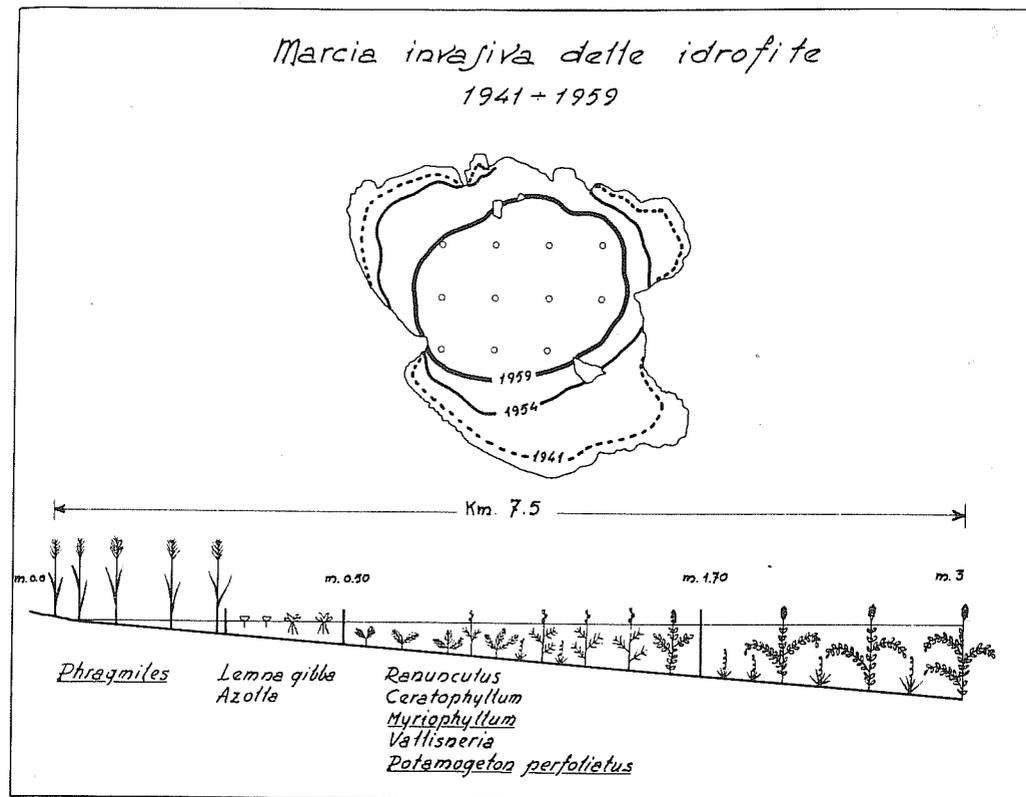


Fig. 8 - Invasion progressive des hydrophytes (1941-1959) et profil des associations végétales (d'après MORETTI 1961).

*M. spicatum* formait, pendant sa floraison estivale, des barrières rouilleuses, loin des rives restées à sec et empêchait les franges de l'eau, poussées par le vent, d'attendre les galets des plages. Il en découlait une stagnation quasi totale des eaux qui se remplissaient de *Spirogyra* et d'algues filamenteuses défigurant le plan d'eau (fig. 7, en coul.).

*Potamogeton perfoliatus* provoquait au large de vastes colonies concentriques très répandues qui annullaient les beaux reflets de la conque lacustre et constellaient la surface d'épis drus émergeant à fleur d'eau, tandis que de larges bandes de plages restées à sec se transformaient progressivement en près (fig. 8, en couleur).

Au cours de l'été 1957 le lac était devenu un paradis pour les botanistes mais une malédiction pour les pêcheurs, les riverains et les touristes.

La végétation submergée des différentes espèces d'hydrophytes se recouvrit progressivement par la suite d'une couche gluante de *Gloeotrichia* qui rendait méconnaissable l'agglomérat sous-marin très concentré, mélangé et jauni (fig. 9).

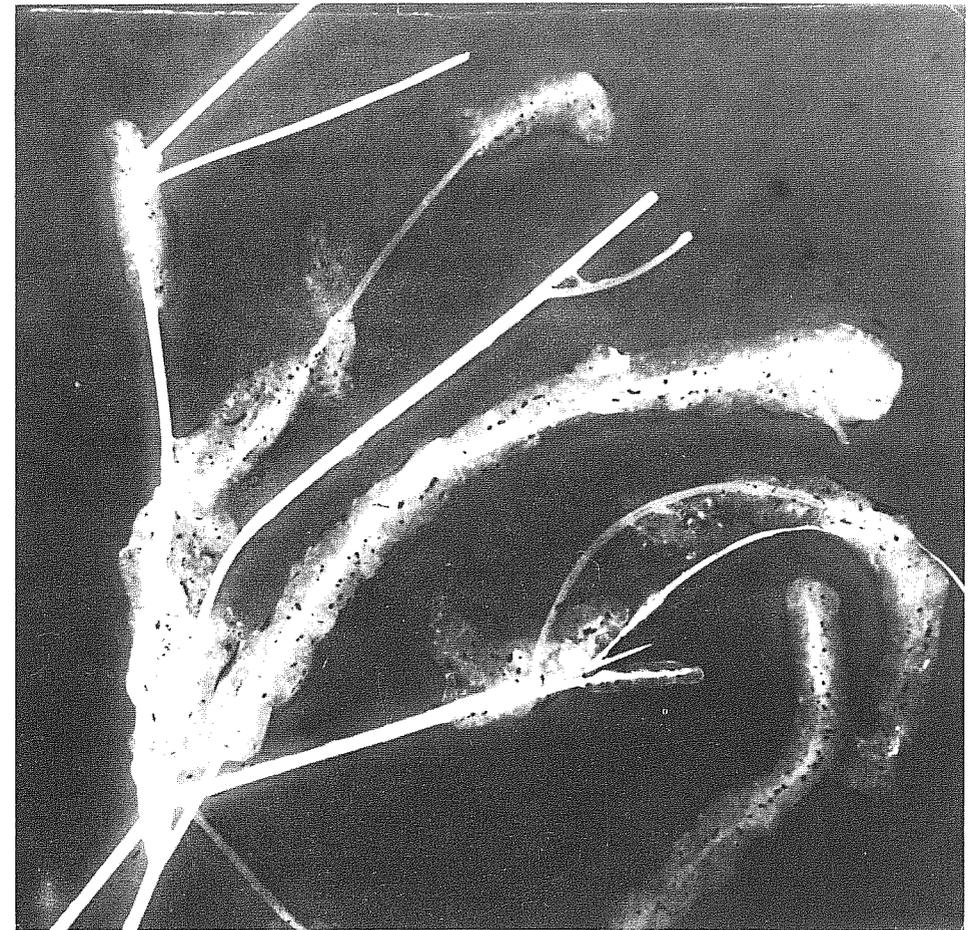


Fig. 9 - *Potamogeton pectinatus* recouvert de *Gloeotrichia* (juillet 1956).

Cette détérioration fut suivie d'une intense floraison d'algues de *Microcystis aeruginosa* qui, dans un premier temps, provoqua un amas malodorant de masses globuleuses de couleur vert glauque caractéristique et qui ne permit plus aux poissons de vivre dans les eaux riveraines de l'île Polvese. Il y eut de véritables hécatombes de brochets et de perches soleil intoxiqués et asphyxiés par les miasmes dégagés par la *Microcystis*.

Mais les dommages subis par la pêche ne s'arrêtèrent pas là. Les tanches furent atteintes en masse par une affection protozoaire défigurante (*Telohanellus piriformis*) qui se manifestait par de gigantesques tuméfactions fistulées sur les flancs. Ces formations répugnantes rendirent les tanches du Trasimène absolument invendables et elles furent refusées sur tous les marchés étrangers et nationaux, tandis que

les vétérinaires italiens imposèrent la suspension de la vente des produits de la pêche.

Un des poissons les plus délicats et appréciés du lac, le "latterino" (*Atherina mochon*) fut victime lui aussi de vers parasites (*Ligula*) qui pendaient par paquets en forme de rubans de l'orifice anal, les rendant assez peu attrayants. Les grenouilles elles non plus ne furent pas épargnées par les fréquentes attaques de larves d'Helminthes qui provoquèrent une grande mortalité et même la disparition de cet aliment pauvre qui connaissait cependant une importante consommation, localement ainsi que dans certaines régions du nord de l'Italie.

Et, comme si cette crise de la pêche ne suffisait pas, les pêcheurs, qui devaient déjà se livrer à des activités épuisantes et bien peu rentables, devaient encore passer des heures entières de travail obsédant à libérer les filets des engorgements provoqués par les hydrophytes enchêvêtrées dans les mailles. Dans ce marasme de la pêche, le "gardonnet" du Trasimène, poisson très délicat et recherché, finit par diminuer jusqu'à disparaître complètement, tandis que parmi toutes les autres espèces triomphait la "perche soleil", poisson vorace et de très basse qualité, résistant à toutes les maladies et capable de supporter les conditions ambiantes les plus défavorables. Le rapport existant entre l'abaissement précipité du niveau du lac et le rendement minimal de la pêche pendant les quatre années 1956-1959 est clairement illustré par la fig. 10.

Au centre du lac se développèrent par la suite d'immenses floraisons d'algues de *Bacillariophyceae*, au printemps et en automne, avec l'apparition de certaines espèces d'algues saumâtres et marines, liées à l'augmentation des chlorures due à l'évaporation. En été par contre on pouvait assister à des floraisons massives de *Peridineeae* (*Peridinium*, *Gymnodinium*, etc.), qui conféraient à tout le plan d'eau une coloration jaune-grisâtre, monotone, accompagnée d'une augmentation sensible de la turbidité.

En même temps que les floraisons de plantes apparurent des explosions de zooplancton à entomostracés qui disparurent complètement au bout de 3 à 4 ans, comme ce fut le cas pour le *Diatomus* du Trasimène et pour la *Leptodora kindtii*.

Sur les coquilles des mollusques, près du rivage, apparurent des colonies incrustantes sphéroïdales d'algues bleues qui infestaient les gastéropodes et, en particulier, *Lymnaea stagnalis*, abondante dans la zone de la *Nymphaea* (fig. 9, en coul.)

Dans les tiges immergées du *Potamogeton perfoliatus* et du *Myriophyllum spicatum* allaient se nicher des myriades de larves de Chironomides (*Phytochironomus severinii*) qui, papillonnant à la fin de leur cycle en essaims d'une concentration incalculable, soumettaient les estivants à un supplice intolérable, les obligeant à renoncer à prendre le frais sous les lumières en été.

Telle fut, dans ses grandes lignes, l'évolution de l'auto-pollution et de l'hyperthrophie du Trasimène au cours des cinq années funestes qui vont de 1954 à 1959.

Toutefois, malgré la détérioration générale et grave que le lac dut subir pendant ces 5 années, trois notes positives vinrent adoucir la dégénération du riant lac ombrien, et elles furent favorables aux cultivateurs et aux écologues. Les paysans purent en effet développer leurs cultures le long des rives, restées à sec, récupérant

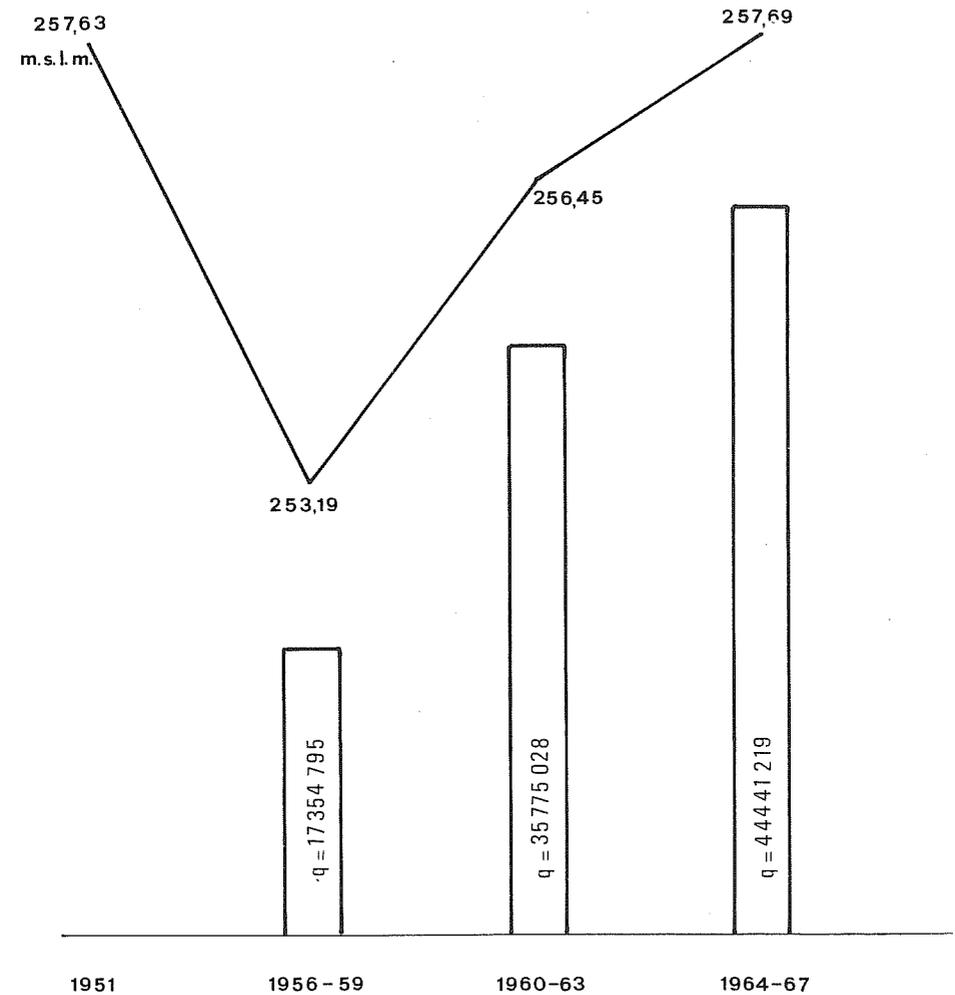


Fig. 10 - Lac Trasimène: 1956-1967. Cours de la pêche lors de la baisse du niveau (1956-59) et après le déversement des torrents du secteur méridional (1960-67).

de vastes zones riveraines pour l'agriculture. Les phytosociologues purent assister à leur tour à la transformation exceptionnelle, rapide, et de grande portée, d'un vaste lac laminaire qui devint tout d'abord un étang de profondeur très réduite, puis un marécage où se développèrent et s'affirmèrent de riches et intéressantes associations d'hydrophytes, reconnaissables selon un schéma défini, comme l'ont bien démontré DI GIOVANNI (1974), GRANETTI (1965), PEDROTTI et ORSOMANDO (1977). Les zoologues pour leur part eurent le plaisir de voir arriver une troupe très fournie

d'oiseaux rares et importants (permanents ou de passage, souvent nidifiants): on fut amené à dire alors que les seuls animaux ayant trouvé dans le Trasimène un véritable "Eldorado" furent les oiseaux, représentés par de nombreuses espèces de palmipèdes et d'échassiers classés par le regretté spécialiste MOLTONI (1962).

Malheureusement la richesse exceptionnelle en représentants de la faune avicole coûta aux pêcheurs une forte proportion de cas de sérodiagnostic positif (30 %) de la Leptospirose (*Leptospira* sp.), dus à la pollution des eaux, provoquée par les déjections des oiseaux migrateurs. Cette affection grave, qui se propage parmi les pêcheurs qui avaient l'habitude de se désaltérer en buvant l'eau du lac, ne fut découverte que plusieurs années plus tard, par PIZURA et AISA (1963), quand le Trasimène était déjà entré dans sa phase de récupération, mais les cas enregistrés offraient une documentation sur la diffusion de la maladie au cours de la décennie précédente.

### 7 - La récupération rapide du Trasimène

Les travaux de raccordement du vieux bassin lacustre avec ceux des torrents tributaires de la Val di Chiana furent terminés en 1961-62 et donnèrent leurs plus beaux résultats à partir de 1962, à la faveur d'une série d'années très pluvieuses qui confirmèrent avec une exactitude mathématique les prévisions les plus optimistes énoncées par la Commission des Travaux Publics: elles prévoyaient que le lac, à la suite du raccordement avec les bassins de la Val di Chiana, pourrait être assaini dans un laps de temps de trois ans minimum et de trente ans maximum, selon les variations pluviométriques.

Le niveau des eaux monta rapidement: en 1961 le centre du lac avait 3,60 m de profondeur, en 1962 il avait déjà atteint 5,16 m et en 1963 il avait atteint 6,30 m, sa capacité maximale fut mise aussi en évidence le long des rives et des débarcadères (fig. 10, en coul.).

Les conséquences du remplissage devinrent évidentes au milieu: les eaux se troublèrent sous l'effet des précipitations atmosphériques entraînées dans le lac par le canal de l'Anguillara et du soulèvement du fond provoqué par les ondolements de l'eau qui n'étaient plus freinés par les forêts d'hydrophytes, désormais en voie de disparition même sur le fond (fig. 11, en coul.).

Pour ces mêmes raisons les valeurs thermiques de l'eau étaient devenues plus homogènes, la dureté était en voie d'uniformisation, de même que le pH était descendu à des valeurs d'une moyenne de 6,5, tandis que l'oxygénation dépassait le point de saturation au printemps et en été, avec de très légères différences entre la surface et le fond. Enfin, certains petits crustacés qui avaient disparu pendant les années de croupissement des eaux, avaient refait leur apparition.

Mais ce qui provoqua davantage la stupeur des hydrobiologues, ce fut le retrait et la diminution précipitée des hydrophytes (fig. 11).

La roselière régressa rapidement, *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* et *Myriophyllum spicatum* disparurent de la zone pélagique jusqu'à se réduire à de minces colonies discontinues près des rives. *Vallisneria spiralis* devint rare et se dis-

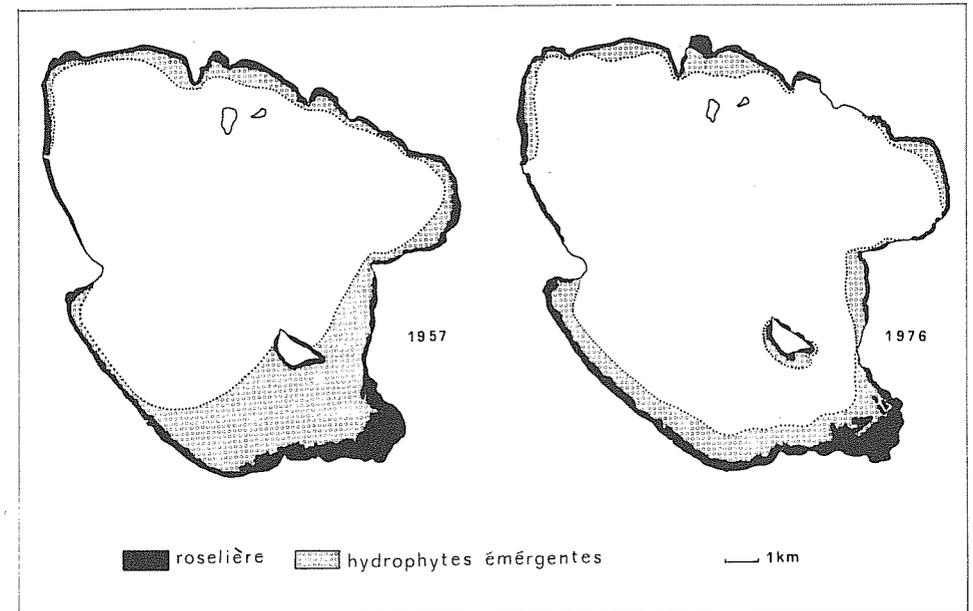


Fig. 11 - Zone occupée par la roselière et par les hydrophytes qui émergeaient de l'eau (1957) et regression de la même zone (1976) (d'après PEDROTTI et ORSOMANDO 1977).

persa sur les fonds vaseux du centre du lac, tandis que l'on put observer ça et là, le long de la rive, les typiques concentrations de *Lemna*, de *Hydrocharis morsus-ranae*, de *Salvinia natans*, de *Utricularia vulgaris*, etc., mais sans continuité d'association.

Par contre, *Ceratophyllum demersum* se révéla la plante riveraine la plus résistante, et il maintint d'importantes colonies de forêts sous-marines.

De nombreux mouchérons du *Potamogeton perfoliatus* disparurent, tandis que les inoffensifs trichoptères tourbillonnant en essaim les soirs d'été demeurèrent fréquents.

L'examen des paramètres concernant le milieu, la flore et la faune liés à l'assainissement du Trasimène, et commencé dès les premières phases de la renaissance du lac, fut poursuivi jusqu'en 1969, avec les méthodes adoptées au cours des recherches accomplies pendant la première phase du déclin paludéen. On constata alors que l'augmentation du niveau de l'eau avait provoqué un phénomène largement répandu de débordement des eaux qui avaient envahi la roselière, inondant aussi les rives que l'étiage avait mise à sec.

Ces vastes mares côtières, dépourvues d'associations de plantes et qui s'étaient formées en deçà de la roselière produisirent des floraisons consistantes et inattendues de *Bacillariophyceae*, de *Chlorophyceae* et de *Mixophyceae*, favorisées par l'absence d'ombre et par la quantité importante de sels dissous et délavés par le

fond du littoral qui était resté en contact avec l'air. Puis, une année après l'autre, au fur et à mesure que les eaux de débordement se retiraient, certaines associations de plantes marécageuses s'affirmèrent en couronnement étroit et incomplet, parce que les phénomènes d'ondoiement s'étaient accrus le long des berges, après la disparition de l'engorgement dû aux hydrophytes de la période précédente, celle du déclin paludéen.

Il y eut encore une gelée au cours de l'hiver 1963, mais cette fois elle fut irrégulière, pleine de séracs et surtout elle ne dura que quelques jours. Enfin, à la suite de l'assainissement total du plan d'eau réalisé à la fin de 1968, les maladies des tanches, les parasites des "latterini" (prêtres) et des grenouilles disparurent, tandis que les cas de leptospirose devinrent eux aussi quantité négligeable en peu de temps.

### Considerations finales

Ce bref compte-rendu de l'histoire récente du Lac Trasimène, qui illustre son histoire hydrologique caractérisée par une invasion destructrice d'hydrophytes, due à une mauvaise administration du plus grand lac laminaire italien, suivie d'une récupération rapide réalisée cette fois grâce à une sage intervention adéquate de l'homme, offre un prétexte à certaines considérations finales.

Le Trasimène naquit sous un destin funeste à cause de sa faible profondeur. L'homme intervint dès l'époque romaine et jusqu'à nos jours par de continuels ouvrages hydrauliques destinés à la rétention de ses crues, jusqu'à provoquer la réduction excessive de la masse d'eau qui, appauvrie au dessus du niveau de base (c'est-à-dire d'équilibre de sa balance météorologique et hydrologique) par la succession d'années de sécheresse et de chaleur, dégénéra en peu de temps en un marécage putride totalement envahi par les plantes paludéennes qui provoquèrent l'agonie de l'exploitation piscicole, du tourisme, de la navigation, et l'apparition de maladies humaines et parasitaires pour les animaux. Certains experts proposèrent alors, comme seule solution réalisable, l'assèchement du secteur méridional de "La Valle", déjà largement envahi par la roselière et caractérisé par des eaux de quelques centimètres de profondeur seulement. L'Institut d'Hydrobiologie de l'Université de Pérouse, appelé à donner son avis, s'employa de toutes ses forces afin que soit évitée cette nouvelle insulte au lac ombrien, et s'aligna sur les positions des experts d'hydraulique qui projetèrent au contraire l'agrandissement du bassin de collecte des eaux de pluie, en recourant à un raccordement avec certains bassins s'écoulant dans la Val di Chiana, et dans le Tibre. Cette solution sembla la plus apte à assainir le lac, en lui rendant sa beauté première, et à sauver la pêche, le tourisme, l'hygiène et l'agriculture.

La Commission Ministérielle des Travaux Publics réussit à réaliser en peu de temps le projet approuvé et le Trasimène, favorisé par une heureuse coïncidence d'années pluvieuses, recommença à se remplir, jusqu'à atteindre la profondeur maximale de 6,50 m; l'invasion des plantes aquatiques s'arrêta en quelques années, tandis que les eaux débordaient, recommençant à submerger les rives pierreuses restées à sec, les rives herbeuses et la trop vaste roselière de "La Valle".

Mais la mise en fonction des vannes de l'émissaire, réglées avec discernement, donnèrent au lac cet équilibre hydrique qu'il n'avait jamais pu attendre.

Il est vrai qu'on a pu relever encore quelques signes de légers abaissement du niveau (1970-74), mais le projet d'équilibrage hydrique garde en réserve 4 autres bassins sur la rive septentrionale, que l'on peut faire confluer dans le plan d'eau, ainsi que les eaux de crue du Tibre, de sorte que la régulation du système fluvio-lacustre du Trasimène ne semblerait pas être menacée pour le moment par des déséquilibres imminents.

A ce niveau cependant les écologues, les phytosociologues, les zoologues systematiques et les naturalistes ont le devoir de donner leur avis.

Il est vrai que nous avons enfin trouvé un critère équitable pour équilibrer les eaux du Trasimène et pour éviter les crues désastreuses et les étiages délétères, tout en sauvant les aspects économiques du lac ombrien, mais il faut absolument éviter que soit dénaturé ce milieu particulier; pour cela, il faut faire en sorte qu'un vaste secteur de ce plan d'eau suive le plus possible son évolution naturelle. Cela doit être fait sous le contrôle attentif des biologistes, de sorte que la flore et la faune typique de ce milieu marécageux s'implantent à nouveau et se reproduisent activement, ramenant le secteur du lac le plus indiqué à un écosystème naturel.

Mais est-il possible de réaliser ce programme?

Pour notre part nous exprimons un avis absolument favorable, et selon nous la voie à suivre doit être la suivante: que l'on délimite une vaste portion de "La Valle" jusqu'au-delà de l'île Polvese, en la classant comme "site protégé", où seront respectées les conditions écologiques des marais et des étangs; que l'on y interdise la chasse, la pêche et la navigation. On verra alors réapparaître les associations des plantes les plus caractéristiques; la faune des invertébrés des marais se reconstituera, en respectant les exigences des représentants les plus typiques; les oiseaux aquatiques recommenceront à fréquenter en grand nombre et sous différentes espèces cette zone protégée.

Mais que l'on interdise absolument aux pêcheurs de boire l'eau du lac; que l'on assure un réseau d'égouts extrêmement rigoureux, que l'on évite l'emploi trop fréquent et généreux des engrais, que l'on limite au maximum l'emploi des pesticides dans le bassin de collecte du lac.

Le Trasimène est maintenant confié à un sage équilibre le plus naturel possible, et à une gestion piscicole, touristique, agricole et hygiénique à laquelle on ne saurait renoncer, et qui dépend de personnes dotées de bon sens, donc capables d'assurer des conditions d'équilibre qui garantissent le vie économique du lac et en même temps qui sauvegardent au moins un secteur de protection écologique rigoureuse dans le lac plat le plus grand, le plus caractéristique et le plus particulier d'Italie.

### BIBLIOGRAPHIE

AISA E., PIZURRA M., ZAVKA-NENCI C. - 1963 - *Studio sulla presenza di infezioni da Leptospire tra i pescatori del lago Trasimeno*. Boll. Soc. It. Biol. Sper., 40 (4): 157-159.

AISA E., TATICCHI M.I. - 1965 - *La colonizzazione delle acque di tracimazione del Lago Trasimeno*. Boll. Zool., 32: 943-958.

- AISA E., ZAVKA-NENCI C., SAVINO A. - 1966 - *Indagine sulle Leptosirosi umane nella zona del Lago Trasimeno*. Boll. Soc. It. Biol. Sper., 42 (16): 1019-1022.
- ATTI DEL CONVEGNO DEL GRUPPO D'ECOLOGIA DI BASE "G. GADIO" - 1974 - *Ecologia dell'Umbria e del Lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol., 13 (1): 5-207.
- BARBANTI L., CAROLLO A., LIBERA V. - *Rilevamento del 1968 del Lago Trasimeno*. Ist. Ital. Idrobiol. Pallanza.
- CIANFICCONI F. - 1968 - *La produzione primaria misurata con il "metodo di Gaarder e Gran" nel L. Trasimeno*. Riv. Idrobiol., 17 (1-2): 3-38.
- DEFFENU L., DRAGONI W. - 1978 - *Idrogeologia del Lago Trasimeno*. Geologia appl. e idrogeologia, 13: 10-67.
- DI GIOVANNI M.V. - 1974 - *Vicende ecologiche del Lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol., 13 (1): 57-78.
- GIANOTTI F.S. - 1962 - *Un quadriennio di pesca nel L. Trasimeno (1956-59)*. Riv. Idrobiol., 1(2-3): 117-178.
- GIANOTTI F.S. - 1964 - *Il quadriennio di pesca 1960-63 nel Lago Trasimeno*. Riv. Idrobiol., 3 (2-3): 119-172.
- GIANOTTI F.S. - 1969 - *Il quadriennio di pesca 1964-67 nel L. Trasimeno*. Riv. Idrobiol., 8 (1-2): 17-65.
- GIANOTTI F.S. - 1972 - *Cronistoria trasimenica: passato, presente, prospettive future*. Atti Conv. Iniziative per la difesa dell'ambiente in Umbria: 181-185.
- GRANETTI B. - 1965 - *La flora e la vegetazione del Lago Trasimeno. Parte I: La vegetazione litoranea. Parte II: La vegetazione idrofittica sommersa e natante*. Riv. Idrobiol. 4 (3): 115-183.
- GRUPPO LAVORO CONSERVAZIONE NATURA SOCIETÀ BOTANICA ITALIANA - 1971 - *Censimento dei biotopi di rilevante interesse vegetazionale meritevoli di conservazione in Italia*. Vol. 1, Camerino, Tip. Savini-Mercuri, pp. 670.
- LIPPI BONCAMBI C., MORETTI G., TEATINI D. - *Da Perugia al Lago Trasimeno*. IV Convegno Assoc. Ital. Insegnanti Geografia, Perugia, 19-24 ottobre 1959.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - *Commissione per lo studio idrobiologico del Lago Trasimeno*. Relazione preliminare, 1958.
- MINISTERO AGRICOLTURA E FORESTE - 1977 - *Studio per la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturalistico del bacino del Trasimeno*. Roma, Italconsult, 4 voll.
- MOLTONI E. - 1962 - *Saggio sull'avifauna del Lago Trasimeno (Umbria)*. Riv. Ital. Ornit., 32: 153-234.

- MORETTI G.P. - 1958 - *Il Lago Trasimeno (tre anni di studi idrobiologici)*. Quad. Soc. It. Biol. Sper., 21:1-230.
- MORETTI G.P. - 1959 - *Prospettive e problemi nello studio del Lago Trasimeno*. Boll. Zool., 26 (2): 555-571.
- MORETTI G.P. - 1961 - *Il declino biologico del Trasimeno*. Verh. Internat. Verein. Limnol., 14: 657-669.
- MORETTI G.P. - 1965 - *La fisionomia zoologica attuale del Lago Trasimeno*. Annuario Univ. Studi Perugia: 1-16.
- MORETTI G.P., GIANOTTI F.S. - 1964 - *Declino e riscatto del Lago Trasimeno*. Nuova Economia, 3: 1-7.
- MORETTI G.P., GIANOTTI F.S. - 1965 - *Documenti zoologici della rinascita del Lago Trasimeno*. Boll. Zool., 32 (2): 897-910.
- MORETTI G.P., GIANOTTI F.S. - 1967 - *La ripresa della pesca nel Lago Trasimeno dopo il risanamento idraulico*. Roma EUR, Umbria, 75: 69-71.
- PATELLA L.V., PERARI R. - 1967 - *Sulla distribuzione delle piogge nel bacino del Trasimeno: regime e isoiete*. Riv. Idrobiol., 6 (1): 37-88.
- PEDROTTI F., ORSOMANDO E. - 1977 - *Flora e vegetazione*. In: *Studio per la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturalistico del bacino del Trasimeno*. Ministero Agricoltura e Foreste. Roma, Italconsult, 3: 1-66.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA - 1968 - *Carta geologica d'Italia. Foglio 122 - 1:100.000 - Perugia*. Ist. Italiano Arti Grafiche.
- TATICCHI M.I. - 1968 - *Vicende stagionali delle comunità litoranee del Lago Trasimeno (1963-1965)*. Riv. Idrobiol., 7 (3): 195-302.
- TATICCHI M.I. - 1981 - *L'esperienza trasimenica nei rapporti uomo-ambiente*. Umbria Economica, 3: 33-52.

PHYSIONOMIE PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU LAC TRASIMENE PENDANT LA PERIODE 1969-1979, par F.S. GIANOTTI\*, L. MANTILACCI\*\*, M. MEARELLI\*, O. TIBERI\*\* (Perugia)

Avant propos

Les coordonnées géographiques du Lac Trasimène, altitude 258 m au-dessus du niveau de la mer, sont les suivantes au centre: 43°09' Latitude N., 12°06' Longitude E Greenwich (CAROLLO 1969). En 1969 CAROLLO, pour élaborer la carte bathymétrique du lac, considère les valeurs suivantes:

- Volume calculé selon la formule de Simpson,  $V = 586.975 \times 10^6$  mc
- Surface du plan d'eau:  $A = 124.30$  km<sup>2</sup>
- Profondeur moyenne  $\bar{z} = \frac{V}{A} = 4.72$  m
- Profondeur maximale  $z_{\max} = 8.20$  m
- Coefficient d'incursion:  $I = \frac{\bar{z}}{z_{\max}} = 0.75$
- Développement du volume:  $D = \frac{V}{z_{\max} \cdot A} = 2.25$
- Périmètre:  $L = 92.1$  km
- Indice de sinuosité:  $S = \frac{L}{2 \cdot \sqrt{A}} = 1.74$

Selon le même Auteur, le bassin de collecte des eaux de pluie a une surface totale de 375,8 km<sup>2</sup> et le Trasimène est le plus grand lac péinsulaire italien.

Les reliefs collinaires qui forment le bassin ont une hauteur moyenne de 500 m au-dessus du niveau de la mer et sont recouverts d'oliveraies, de vignes et de forêts composées essentiellement des espèces caducifoliées (MINISTERO AGRICOLTURA E FORESTE, 1977).

Selon CAROLLO (1969) on peut diviser le bassin en: zone de Borghetto à Montalera, à travers le versant oriental de la conque, avec des sédiments oligocéniques caractéristiques; portion occidentale constituée par des dépôts néocéniques. En ce qui concerne l'origine du lac, CAROLLO écrit: "...tous les chercheurs sont d'accord pour

\*Elaboration des données et rédaction.

\*\*Direction et programmation des analyses physiques et chimiques.