Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 102 (1976)

Heft: 1

Artikel: Evolution de la basse plaine du Rhône, objet naturel d'importance nationale

Autor: Lachavanne, J.-B. / Choulat, Ch. / Munteanu, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72902

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Editorial

Notre civilisation trouve ses fondements — qu'il s'agisse des sciences ou de la philosophie — dans l'antiquité grecque. Aujourd'hui encore, le siècle de Périclès nous apparaît comme un exemple lumineux d'équilibre ayant favorisé l'épanouissement de la pensée et de l'art de son temps. Heureuse cité qu'Athènes, qui a légué au monde, en témoignage d'un moment béni de son histoire, l'Acropole, les œuvres de Sophocle ou les travaux d'Hérodote et de Thucydide !

A considérer les soubresauts de notre époque, l'utilisation trop souvent néfaste faite des développements de la science et de la technique, les errements d'un temps à la recherche de son image, on se prend à penser que nous avons négligé l'élément peut-être le plus important de l'héritage de la Grèce antique : le sens de la mesure, des proportions, de l'harmonie. L'actualité ne semble faite que d'excès, de mégalomanie, de violence portée à son paroxysme ou de non-violence touchant à la plus stérile inaction, suscitant tour à tour pessimisme noir ou optimisme béat (rarement, il est vrai...).

Que peut-on souhaiter de mieux, au seuil d'une année qui s'annonce difficile à bien des égards, qu'un retour à plus de mesure et de simplicité ? Les doctrinaires intransigeants ne détiennent la solution d'aucun problème et confondent irrémédiablement entêtement et fermeté. Peut-être plus qu'ailleurs, nous savons en Suisse reconnaître les vertus d'un dialogue empreint de compréhension pour nos partenaires : il serait dommage de négliger cette sagesse au moment où elle est particulièrement nécessaire. Formons le vœu qu'elle s'impose de la manière la plus large et fasse pièce à toute agressivité inconsidérée ; la sécurité et l'harmonie de toutes nos activités en dépendent.

JEAN-PIERRE WEIBEL

Evolution de la basse plaine du Rhône, objet naturel d'importance nationale

par J.-B. LACHAVANNE, CH. CHOULAT, A. MUNTEANU

(Suite et fin) [1]

II. Les causes

Nous avons eu l'occasion dans un premier article de présenter le site des Grangettes et de développer les différentes phases de son évolution depuis plus d'une trentaine d'années. Malgré une protection théorique qui pouvait sembler suffisante, une dégradation continne, dont les processus montrent une certaine accélération, affecte ce site aux richesses reconnues aussi bien au niveau cantonal et national qu'international. Nous présentons dans cet article l'analyse des différentes causes qui ont amené cette situation catastrophique et nous indiquerons quelles sont les mesures qu'il nous paraît nécessaire de prendre dans les plus brefs délais si l'on veut sauver le potentiel de richesses encore important de ce site.

Généralités

Lorsqu'on aborde l'étude des causes de la régression de la roselière ou de l'érosion des rives, processus qui sont d'ailleurs étroitement liés, il est difficile de considérer les différents paramètres indépendamment les uns des autres, pour eux-mêmes. En effet, la situation relationnelle est très complexe. Il n'est pratiquement pas possible de parler de facteurs biotiques sans faire intervenir des facteurs abiotiques et inversement. Pour la clarté de l'exposé, nous avons toutefois essayé de mettre en évidence et de traiter séparément les principaux paramètres, ce qui occasionne obligatoirement des répétitions dont nous nous excusons d'avance. Nous avons déjà signalé dans le premier article que les phénomènes de régression des roselières ont débuté il y a une trentaine d'années dans la majorité des lacs périalpins suisses. Nous devons cette observation à F. Klötzli (1971) qui, par ailleurs, a souligné l'amplitude et l'accélération qu'ont pris ces processus depuis une dizaine d'années environ. De nombreuses études, et en particulier celles de ce grand spécialiste, ont déjà dégagé un certain nombre de causes qu'il sera du plus haut intérêt de rappeler ici. Certaines ont une valeur tout à fait générale et se retrouvent dans tous les sites, d'autres par contre seront plus spécifiques à la région étudiée. Les recherches sur l'écologie du roseau ont mis en évidence les principaux facteurs influençant la biologie de cette espèce. Ces études sont fondamentales pour connaître l'importance relative des causes de dégradation, ces dernières variant non seulement par leur nature, mais également par leur action plus ou moins forte suivant la période de développement de l'espèce.

1. Les fluctuations du niveau du lac

A l'époque où le Rhône n'était pas encore canalisé, le niveau du lac était réglé par les caprices climatiques, ce qui provoqua d'ailleurs des débordements et des inondations fameuses qui ont été à l'origine de la décision de sa « domestication » (1836).

En 1884, une convention intercantonale fixait le maintien du niveau du lac en fonction des saisons. Excepté pendant les années bissextiles où le niveau des basses eaux atteint 371,50 m de début mars à début avril, celui des basses eaux normales est 371,70 m et pour les hautes eaux 372,30 m.

La végétation littorale des lacs, par sa position limite entre les milieux aquatique et terrestre, voit les conditions hydriques changer sans cesse au cours de l'année. On a vu, lors de la mise en évidence de la richesse végétale de ce type de milieu, qu'un grand nombre de ces espèces sont amphibies et que beaucoup d'entre elles sont capables de donner à la fois des formes aquatiques et des formes terrestres, de morphologie souvent très différente. Malgré leur faculté d'adaptation, ces espèces sont souvent très sensibles aux brusques variations du niveau. Toutes les formes aquatiques ne sont pas capables de résister à des périodes très longues de sécheresse, et inversement toutes les formes terrestres ne supportent pas des conditions de submersion prolongées. Les espèces présentent généralement une sensibilité plus ou moins grande à ce facteur suivant leur stade de développement. Bien que le roseau commun présente une grande amplitude par rapport à ce facteur, il y est sensible

[1] Voir *BTSR* n° 18, du 28 août 1975.

pendant toute la période de développement jusqu'à la préfloraison. Dans nos régions, cette période critique se situe entre le deuxième tiers de juin et la mi-juillet. De nombreux auteurs ont attiré l'attention sur l'importance du rôle joué par la profondeur de l'eau sur le développement du roseau commun. Rudescu (1965) et Björk (1966, 1967) ont mis en évidence les interactions existant entre la longueur des internœuds et celles des plantes avec la profondeur de l'eau et ses fluctuations de niveau durant les différentes phases du développement. Haslam (1970) signale qu'en Grande-Bretagne, Phragmites montre une bonne croissance dans une large gamme d'eau à condition que la compétition biologique soit faible et que le niveau nutritif soit satisfaisant. D'après Klötzli (1971), et c'est un point important à souligner, des changements inhabituels du niveau de l'eau, principalement l'élévation, peuvent détruire les parties inférieures de la roselière. La variation au cours d'un été ne doit pas excéder 50 à 100 cm (150 cm suivant les conditions édaphiques). Dans le Léman, les fluctuations durant la période critique (préfloraison), et même plus tard dans le développement de cette espèce, sont toujours inférieures à ces chiffres. Si les fluctuations du niveau de l'eau peuvent gêner la croissance des roseaux, leur principal effet néfaste se fait de façon indirecte par l'intermédiaire des masses d'algues. En effet, le haut niveau trophique de l'eau entraîne la formation de grandes masses d'algues qui peuvent avoir une action mécanique désastreuse sur les jeunes pousses en particulier. D'après Klötzli (1971), il y a une profondeur d'eau critique, estimée entre 20 et 40 cm, qui favorise particulièrement l'action destructrice de ce facteur. Cet auteur signale le danger constitué par l'abaissement du niveau lorsque cette végétation algale est présente. En effet, il se produit à ce moment-là d'une part une destruction très importante des jeunes pousses par cassure, et d'autre part celles qui n'ont pas subi cette action sont incapables de croître par manque de lumière. De plus, la mise à l'air prolongée de cette végétation provoque souvent sa décomposition et crée ainsi des conditions de milieu insoutenables pour les jeunes pousses. Ce « fumier lacustre » est très abondant dans certaines régions du site (en particulier aux Grangettes), mais son apparition dans le Léman est postérieure à la période critique (préfloraison) des roseaux et se situe généralement fin juillet - août. Ce facteur joue un certain rôle qu'il ne faudrait pas négliger. Toutefois, il ne saurait en aucun cas être considéré comme prépondérant ou encore moins comme le seul responsable de la dégradation constatée. Signalons pour terminer que les seules régions où l'on rencontre abondamment ces algues à certaines périodes de l'année sont celles où l'on trouve actuellement la roselière dans l'état le moins catastrophique.

Les fluctuations du niveau d'eau sont ressenties plus durement par d'autres organismes, comme les oiseaux aquatiques. En effet, leurs nids, construits sur ou juste au-dessus du niveau de l'eau, sont le plus souvent détruits par ses fluctuations. Nous avons signalé en particulier les problèmes de nidification posés en 1973 à toutes les espèces nicheuses dans les roseaux et en particulier au grèbe huppé Werder (non publié) suite aux orages. Ce paramètre joue donc un rôle néfaste sur de nombreux organismes mais son action est généralement bien supportée pour autant qu'il fluctue dans des limites acceptables.

Les vents

Nous avons vu lors d'une l'étude mésoclimatique quelle est la répartition des vents dans la région étudiée. Les actions de ces vents sont principalement de deux types :

— effets sur le plan d'eau qui se manifestent par l'apparition de courants et de vagues ;

— effets sur la nature qui se traduisent par des variations des paramètres physico-chimiques (humidité, température) et par des efforts de pression sur la végétation.

L'étude mésoclimatique a montré que la rive des Grangettes est soumise à l'action des vents dominants de secteur ouest à nord-ouest, la répartition annuelle étant :

— calme 30 à 40 %

— vent 60 à 70 %

Lors de la campagne de mesure de J. Planchu (BETHOC 1969-1970), la période de vent se répartissait comme suit :

— vent de force 4 (Beaufort) : 65 % (20 à 26 km/h)

— vent de force supérieure : 35 % (50 km/h)

Dans notre application pratique, nous nous efforcerons de garder comme paramètre la vitesse du vent, donc les vagues générées et les efforts de pression.

Les vagues

La théorie de la houle, l'étude de sa propagation en eau peu profonde et le déferlement nous amèneront à définir théoriquement l'action des vagues sur des obstacles à leur déplacement. La théorie de la houle par la méthode de Lagrange, en supposant que le fluide est incompressible et que le mouvement est bidimensionnel, nous livre des équations suivantes :

$$\frac{1}{\mu}\frac{\partial p}{\partial a} = \left(fx - \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}\right)\frac{\partial x}{\partial a} + \left(fg - \frac{\partial^2 g}{\partial t^2}\right)\frac{\partial q}{\partial a}$$

$$\frac{1}{\mu}\frac{\partial p}{\partial b} = \left(fx - \frac{\partial^2 x}{\partial f^2}\right)\frac{\partial x}{\partial b} + \left(fq - \frac{\partial^2 q}{\partial f^2}\right)\frac{\partial q}{\partial b}$$

$$\frac{\partial x}{\partial a}\cdot\frac{\partial q}{\partial b} - \frac{\partial q}{\partial a}\cdot\frac{\partial x}{\partial b} = 1 \quad \text{(continuité)}$$

p = pression

$\left.\begin{matrix} x\,(a, b, t) \\ q\,(a, b, t) \end{matrix}\right\}$ coordonnées d'un point P

f = force massique.

En poursuivant le calcul, on obtient la période $2T$ des mouvements

$$2T = 2\sqrt{\frac{\Pi \cdot L}{g}}$$

Cette période dépend de la demi-longueur d'onde L de la houle mais pas de sa hauteur $2h$.

L'équation des pressions est :

$$\frac{p - p_0}{\mu \cdot q} = y_0 - \frac{\Pi \cdot h^2}{2L}\left(1 - e^{-\frac{\Pi^2 y^0}{L}}\right)$$

La vitesse de propagation de la houle s'exprime par :

$$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{\Pi} = \sqrt{\frac{gL}{\Pi}}$$

Ce sont les caractéristiques de la houle élite de Gerstner, à vecteur tourbillon non nul, ce qui contredit les lois de l'hydrodynamique. D'autres théories ont donc essayé de satisfaire à ces lois. La comparaison de celles-ci avec la réalité ne permet pas de se prononcer sur la validité de ces méthodes.

En abordant les faibles profondeurs, la houle change de caractère. Sa vitesse de propagation devient (Laplace-Airy) :

$$c = \sqrt{g \frac{L}{\Pi} \quad th\left(2 \cdot \Pi \frac{H}{2L}\right)}$$

th = tangente hyperbolique

H = profondeur

La période de la houle ne change pas lorsqu'elle aborde une plage. Il est possible de calculer la valeur de la profondeur H qui provoque le déferlement d'une houle de période $2T$ et de hauteur $2h$:

$$H_{\text{def}} = \frac{T\sqrt{h}}{2} \cdot \ln \frac{T + \sqrt{h}}{T - \sqrt{h}}$$

En ce qui concerne l'action des vagues sur un obstacle à leur route, il faut distinguer deux types :

Cas d'une *paroi verticale* (théorie des clapotis, Sain flou). La trajectoire des molécules est verticale le long de l'obstacle. L'équation est alors :

$$y = \frac{-4\Pi h^2}{2L} \coth \frac{\Pi H}{L} \pm 2h = -ho\ F2h$$

Au fond la surpression oscille entre :

$$\frac{p - p_0}{\mu \cdot g} = H \pm a \quad \text{avec} \quad a = \frac{2h}{ch \dfrac{\Pi \cdot H}{L}}$$

Ceci permet de tracer le diagramme des pressions sur l'obstacle (fig. 1).

Cas d'un obstacle faisant un *angle α quelconque avec le plan horizontal* (R. Miche).

Le problème est beaucoup plus complexe. Le mouvement peut alors être décrit par une expression générale G qui est trop longue à établir pour être reproduite ici. Les résultats peuvent être schématisés de la façon suivante :

— $\alpha < \frac{\Pi}{4}$ le mouvement tend vers celui de la houle, il n'y a pas de réflexion.

— $\left.\begin{array}{l} \alpha = \frac{\Pi}{4} \\ \alpha = \frac{\Pi}{4} \end{array}\right\}$ le mouvement tend vers le clapotis.

$-\frac{\Pi}{4} c\alpha < \frac{\Pi}{2}$ il y a superposition de plusieurs mouvements dont la résolution est encore inconnue.

Ce cas permet aussi l'établissement du diagramme des pressions sur l'obstacle.

La résolution pratique de ces problèmes d'action mécanique exige de connaître :

— le vent générateur de vagues,
— la houle générée,
— le profil de rive sur lequel arrive le train de vagues.

Nous avons alors :

Vitesse du vent	Pression due au vent	Houle générée au large		Vitesse C	Période $2T$	Hauteur de déferlement
		Hauteur $2h$	Longueur d'onde $2L$			
km/h	kg/m²	m	m	m/s	s	m
5	0,2	0,20	4	2,5	1,6	0,10
10	1	0,32	6,4	3,2	2,0	0,17
20	6	0,56	14,2	4,2	2,6	0,30
60	29	1,50	30,0	6,8	4,4	0,80

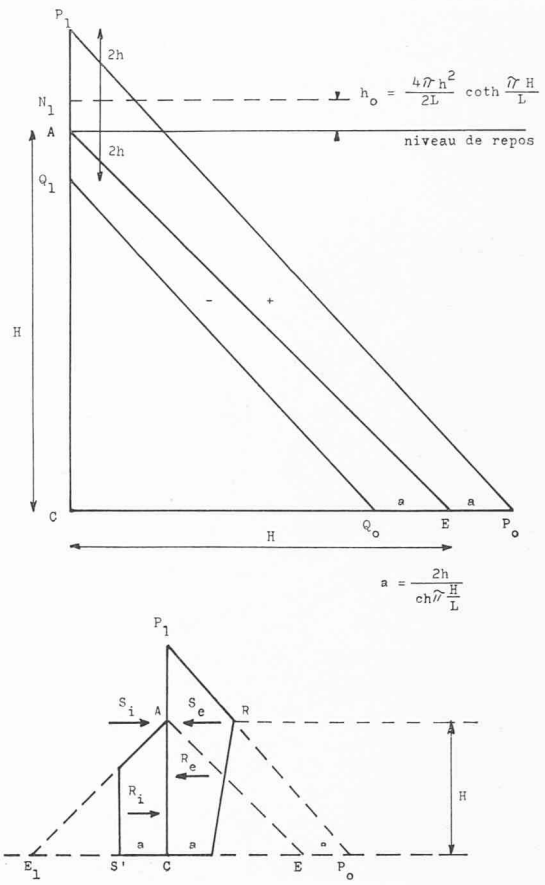


Fig. 1. — Diagramme de pression sur un obstacle vertical.

Les macrodéchets

Ils sont de deux types : — les déchets flottants,
— les vases.

L'action des déchets flottants se caractérise par une suite de chocs répétés. Nous admettons cependant que cette action se résume en une force ponctuelle, située au niveau de l'eau à l'instant considéré et dépendant de la masse des déchets ainsi que de la vitesse de propagation de l'eau. Nous admettons encore qu'il s'agit de bois flottant dont l'action ne s'exerce que dans le sens de la vague.

L'équation du mouvement selon la direction des vagues est :

$$X = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\Pi \cdot t}{T} \cos \frac{\Pi x_0}{T} \quad \text{pour la molécule de surface}$$

avec $r = h \cdot \coth \dfrac{\Pi \cdot H}{L}$

Le maximum absolu de vitesse vaut alors $\dfrac{2\Pi^2 \cdot r}{T}$.

La masse du bois flottant est admise à $M = 78$ kg.

En ce qui concerne les vases déposées au fond de l'eau, nous admettons qu'elles suivent les mouvements de l'eau, donc agissent selon les mêmes lois que les vagues.

Le mécanisme de l'érosion

La régression des roselières

Nous traiterons le cas d'un profil réel, mesuré et observé sur place (cote 558,2).

Macrodéchets.

Les caractéristiques de la roselière étaient :

— profondeur devant les roseaux	$H = 0{,}65$ m (au repos)
— profondeur de vase	$H' = 0{,}10$ m
— densité des roseaux	85 par m^2
— hauteur totale du roseau	$l = 2{,}8$ m (moyenne)
— diamètre du roseau	6,5 mm (moyenne)

Cette profondeur d'eau se situe à 12 m de la rive constituée par une digue à cet endroit.

Nous considérons de plus que le roseau est encastré à sa base et réagit mécaniquement dans le domaine élastique, c'est-à-dire que le principe de superposition est applicable. Les différents cas de charge sont alors représentés sur la figure 2. Dans chaque cas, nous calculerons le terme $f \cdot EI$ où

f = flèche en bout du roseau

E = module d'élasticité du roseau

I = moment d'inertie du roseau

— Effet du vent $f_v\, EI = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\, p \cdot d^4$

— Effet des vagues :

$$f_1 \cdot E \cdot I = \mu \cdot \frac{Dh'}{12} \left[\frac{h'^2 (5l' - h')}{10} + \right.$$
$$\left. + \frac{1}{27} \left\{ (3l + h - 3l')^2 (6l - h' + 3l') - (9l' - h') \cdot h' \right\} \right]$$

$$f_2 \cdot E \cdot I = \mu \cdot a \left[\frac{3l + l'}{24} (l - l')^3 \right] \text{ (m)}$$

$$f_3 \cdot E \cdot I = \frac{\mu a}{360H} \left[5\,(l + 2H)\,(3l + l')\,(l - l')^3 - \right.$$
$$\left. -12\,(l^5 - l'^5) - 20l'^2\,(l^3 - l'^3) + 30l'\,(l^4 - l'^4) \right]$$

— Effet des déchets flottants :

$$f \cdot E \cdot I = F \left[\frac{l^3\, d^3}{3} - d \cdot \frac{l^2\, d^2}{2} \right]$$

Effet des vases :

$$f \cdot E \cdot I = \frac{a}{2} \left\{ \frac{l^4 - (l' - H')^4}{4} + \frac{(l - H')^2}{2} \left[l^2 - (l' - H')^2 \right] - \right.$$
$$\left. - \frac{2}{3} (l - H') \left[l^3 - (l - H')^3 \right] \right\}$$

Le mécanisme d'érosion du roseau est alors une combinaison de ces cas, le vent et les vagues agissant toujours de pair.

Le calcul est fait en tenant compte du phénomène de déferlement. La vague perd alors de son énergie. La houle n'a plus son caractère monochromatique. L'étude de la superposition de ces ondes de fréquences différentes ainsi créées devient inextricable en raison de l'influence du fond et de sa forme. Ce fait met en évidence le phénomène du creusement de la beine littorale.

La méthode développée permet de juger de l'importance relative des actions sans avoir recours aux données concrètes pratiquement inexistantes concernant la résistance mécanique du roseau. Il faut constater la grande disproportion des effets entre les déchets flottants et les autres facteurs, ce qui était logiquement prévisible. Nous pouvons donc dire que, si ceux-ci sont présents, ils portent la plus grande responsabilité quant à la destruction des roseaux, leur action se faisant de plus sentir avec sensiblement la même force lors du ressac.

Mis à part les déchets flottants, les parts de responsabilité seront :

Vent (km/h)	5	10	20	40	60	70	80
Vent (%)	7,7	10	6,2	0,3	0	0	0
Vagues (%)	92,3	90	93,8	99,7	100	100	100
Vases	négligeable						

L'action des vagues est donc dominante par rapport à celle du vent.

Les données relatives au comportement mécanique des roseaux sont d'une part assez mal connues et d'autre part dépendent étroitement des conditions locales. Il n'est donc pas judicieux de transposer sans autre des données pour d'autres lieux.

C'est pour cette raison que nous avons préféré, au cours de ce long développement mathématique, chercher un moyen d'obtenir des renseignements sur l'importance relative des actions sur les roseaux. L'établissement de la tabulation de base est assez long mais une fois mise en place pour un profil donné, elle donne rapidement des indications.

On peut tout de même se demander si ces résultats sont représentatifs. Nous allons essayer de faire la liaison avec la théorie de F. Klötzli (Institut géobotanique, Zurich). L'érosion des roseaux a été calculée par la relation :

$$f = \frac{F \cdot 1^3}{3EI} \quad \text{(poutre soumise à une force simple).}$$

Alors comme pour nous :

$$f \cdot EI = \frac{f \cdot l^3}{3}$$

En prenant des valeurs qui correspondent sensiblement à celles du Léman :

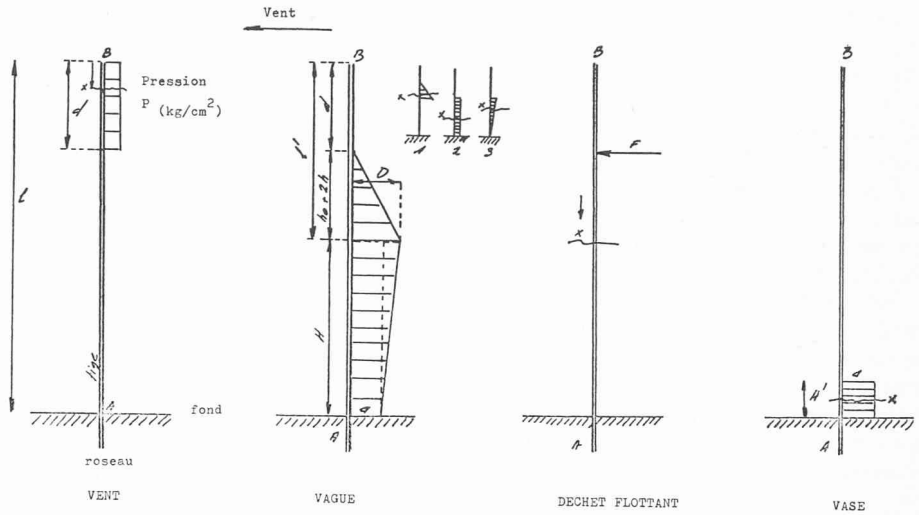


Fig. 2. — Différents cas de charge du roseau.

Vent :	8 à 10 km/h.
Hauteur de vase :	0,2 m
Hauteur de vague :	10 cm
Force mesurée sur un roseau $F = 200$ kg	
Longueur du roseau :	l

alors : $$f \cdot EI = \frac{200 \cdot l^3}{3} = 66{,}6\, l^3$$

Longueur l	0,5 m	1 m	2 m	2,8 m
$f \cdot EI$ (kg·m²)	7,5	66,6	533	1 470

Nous obtenons ainsi des valeurs proches des nôtres, mais qui sont plus faibles car nous avons combiné les diverses actions possibles en considérant un diamètre de tige moyen et uniforme.

Le fait d'exprimer la flèche en bout de roseau en fonction du module d'élasticité E et du moment d'inertie I permet à notre avis d'aller encore plus loin. Nous avons déjà relevé que cette forme permet des comparaisons valables sans connaître ces termes. Par contre, il est clair que c'est dans ceux-ci qu'apparaît « l'état sanitaire » du roseau. En prévoyant alors le développement des corrélations dans ce domaine, les paramètres les décrivant sont déjà explicités, au même titre que la flèche donnant l'indication de flexibilité.

Enfin, l'ordre de grandeur des termes $f \cdot E \cdot I$, confirmés par les mesures pratiques de F. Klötzli, dénotent une disproportion entre les forces effectives et les limites de flexibilités déterminées par lui et qui peuvent se chiffrer par des facteurs de 10 à 30. Ceci donne à penser que, si le creusement de la beine littorale se poursuit et si aucune mesure de restauration n'est entreprise, les quelques roseaux encore sur pied succomberont sous l'effet combiné des facteurs mécaniques et physico-chimiques qui tendent à en diminuer la résistance.

Il est encore un phénomène important à relever, c'est l'apparition d'algues agglomérées le long des tiges des roseaux. Ce fait peut constituer un renforcement de la base mais aussi un point faible à la limite de la hauteur couverte. L'examen des différents cas de charge permet de déterminer une zone critique sur la tige du roseau. En effet, dans le cas étudié, les actions se faisaient dans la direction des vagues, avec un point critique, le niveau maximum de l'eau; lors du ressac, la pression de l'eau se fait sentir dans la direction opposée, le choc des déchets aussi, alors que le vent exerce son action dans le même sens et en suivant les variations de niveau. Ainsi, entre les niveaux H (eau au repos et ressac) et $H + ho + 2h$, il y a constamment alternance des efforts, ce qui entraîne certainement un travail de fatigue qui aurait été intéressant à développer par la théorie du dommage du professeur P. Suter de l'EPFL. Elle est encore trop récente et ardue pour être présentée ici. La longueur de cette zone critique de la tige varie entre 0,3 m et 1 m selon les cas envisagés. En considérant alors le niveau de l'eau au repos, le niveau moyen des eaux et le niveau lors de nos relevés, ce phénomène pourrait expliquer la présence de roseaux cassés net dont la partie supérieure émerge de 0,10 à 0,20 m par hautes eaux.

Il semble donc que la méthode d'étude systématique préconisée ici puisse permettre d'aller assez loin dans l'étude des facteurs mécaniques d'érosion. Il faudrait que le nombre de données pratiques s'accroisse et se complète de beaucoup de précisions, pour offrir un véritable outil de travail dont l'utilisation est rapide si l'infrastructure est bien définie.

2. L'érosion des rives

Nous avons fait la synthèse de plusieurs théories, permettant ainsi d'avoir une méthode à disposition pour la détermination des diagrammes de pression. Les formes des rives que nous avons pu relever étaient de types bien précis :

— ligne de côte érodée en forme de talus vertical,
— présence d'un mur ou d'une digue,
— ligne de côte dont le talus vertical est constitué par des macrodéchets, en général sur d'anciennes plages qui ont donc bénéficié de points d'ancrage.

Ces trois types de rives peuvent être considérés comme des obstacles verticaux avec des conditions particulières concernant les caractéristiques de la vague arrivant au pied du talus, c'est-à-dire de dimensions très réduites. La présence de courants induits longitudinaux n'est pas exclue en raison des fonds accidentés mesurés au droit de ce type de rive. Signalons à ce propos que le relevé de rive à la coordonnée 558,67 présente un mur comme paroi verticale

et une longue plage de pente 4/100 limitée au large par une fosse de dragage (à plus de 350 m de la rive).

Le dernier type de rive relevé est la plage de sable très peu inclinée, de pente 13/100. Les profils de rives au droit de ces plages sont caractéristiques de la beine draguée. Le recul de rive mesuré à ces endroits est d'ailleurs assez éloquent. Ceci s'explique très bien par le fait que les vagues traversent des zones plus profondes que le profil naturel et qu'elles arrivent sur la rive en ayant dissipé moins d'énergie que normalement. La rive ne possédant pas de protection végétale est rapidement érodée. En raison du faible angle de rive ($0 < \alpha < \Pi/4$) et comme le montrent les équations développées dans la théorie, il n'y a pas de réflexion de houle (à grande distance de l'origine). Il est clair que, si le fond présente l'allure de la beine littorale régulière, les vagues vont déferler et dissiper une partie de leur énergie. Nous essayerons de prouver ce fait dans nos essais de simulation sur modèle réduit.

Pour cette théorie, nous avons le moyen de déterminer les efforts de pressions sur la rive elle-même. Notre but était de poursuivre en étudiant le comportement du terrain sous les variations de pressions. L'étendue des sujets traités dans ce travail ne nous a pas permis de présenter l'instrument de travail complet, c'est-à-dire permettant d'étudier le problème depuis la genèse des vagues jusqu'à leur disparition et ses conséquences pour la berge qui les reçoit. Afin de donner tout de même une direction à la poursuite de ces recherches, nous proposons une approche théorique utile suggérée par J. Bruschin et M. Dysli (Laboratoires d'hydraulique et de géotechnique de l'EPFL).

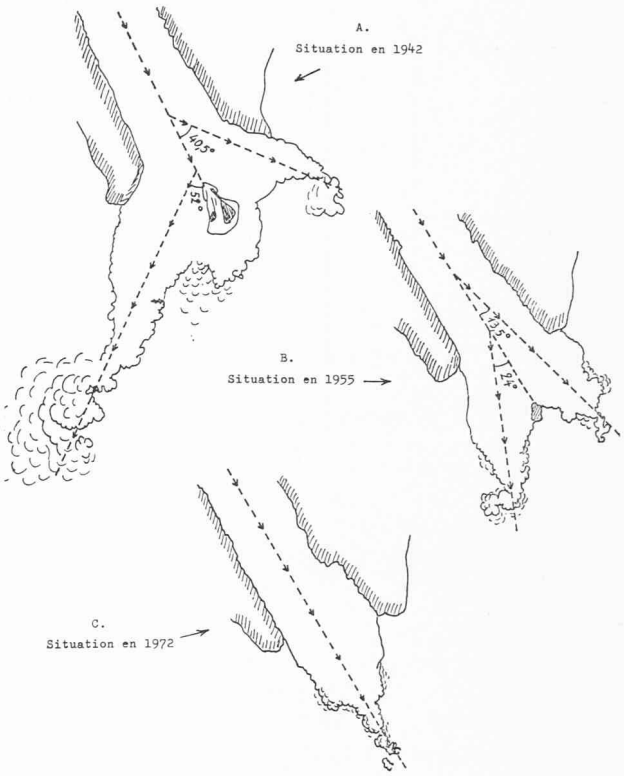


Fig. 3. — Modifications de l'embouchure du Rhône dans le lac.

Le changement de l'entrée du Rhône dans le lac

Grâce à la valeur historique de la photographie aérienne, il a été très facile de suivre les principales transformations qui se sont produites dans le site et en particulier à l'embouchure du Rhône. D'une façon générale, mis à part les quelques aménagements des rivages, en particulier sur la rive droite du fleuve à son embouchure (petite digue), le plus grand changement constaté est constitué par la modification de l'entrée du Rhône dans le lac. L'analyse comparative des documents photographiques de 1942, 1955 et 1969 montre l'évolution suivante :

1942. A cette époque, on remarque l'existence d'une île à l'embouchure du Rhône formée par le delta du fleuve. La présence de cette île obligeait ce dernier à se partager en deux bras qui formaient entre eux un angle de 90° environ. Le bras droit s'écartait d'environ 50° de la direction du fleuve imposée par la canalisation et le bras gauche de 40°. La photographie met en évidence également un bras droit plus important que le gauche et une partie de ses eaux semble se mouvoir perpendiculairement à la direction du fleuve à son embouchure du côté de l'importante beine littorale qui s'avance devant le site des Grangettes.

1955. Le 16.8.1955, date de prise de vue du document photographique, l'île formée par le delta du Rhône a considérablement diminué. La surface émergée restante est très faible. Le fleuve est encore partagé en deux bras dont la direction s'est modifiée par rapport à 1942. En effet, l'angle formé s'est resserré et est passé de 90° à 40° environ. La direction suivie par les deux bras se rapproche de celle du Rhône à son entrée. Cette évolution s'explique très bien vu la diminution du cône émergeant du delta.

1969. L'île formée par le delta du fleuve n'existe plus et le Rhône entre dans le lac dans une seule direction. L'île, dont la disparition date de 1957, a été volontairement détruite pour lutter contre un envasement trop rapide dans la région de Villeneuve dû à un apport sédimentaire trop important.

Le schéma de l'évolution de la situation est donné à la figure 3.

Importance des répercussions

Le Rhône, par la grandeur de son bassin d'alimentation et l'importance de son débit, est la principale source de sédiments du Léman. Ces derniers sont transportés par les courants à des distances qui dépendent de leurs caractéristiques physiques (granulométrie).

La constatation des modifications de l'entrée du Rhône dans le lac nous a amené à nous demander quel était le rôle qu'elles pouvaient jouer dans les problèmes qui sont apparus dans le site étudié. Si l'on suit de façon chronologique l'évolution de la situation sur l'ensemble de cette partie du lac, un certain nombre de faits sont assez troublants. En effet, l'analyse comparative montre tout d'abord que le début des grandes modifications de la rive (régression de la roselière et érosion) coïncide très exactement avec l'époque de disparition de l'île, c'est-à-dire entre 1955 et 1969, donc avec le changement de direction de l'entrée du fleuve dans le lac. Ensuite, il semble bien que l'on puisse faire coïncider l'augmentation de macrodéchets (troncs d'arbres surtout) avec cette même période. Ce phénomène pourrait s'expliquer par un changement du régime des courants superficiels de cette partie du Haut-Lac suite aux modifications constatées à l'embouchure du Rhône.

Ces deux points nous amènent à nous poser la question de savoir si ce changement ne pourrait pas être à la base des profondes modifications constatées dans la région. Il est certain, si l'on en juge par le cheminement suivi par les alluvions du Rhône aux différentes époques, que le bras droit du fleuve en 1942 jouait un rôle prédominant pour

l'apport sédimentaire de toute la région des Grangettes. Depuis 1957, date de la disparition de l'île, cet apport ne se fait presque plus. Donc il semble bien que la modification à l'embouchure ait joué un rôle important dans le changement de la rive qui a passé d'un régime d'alluvionnement (en équilibre) à un régime d'érosion (déséquilibre).

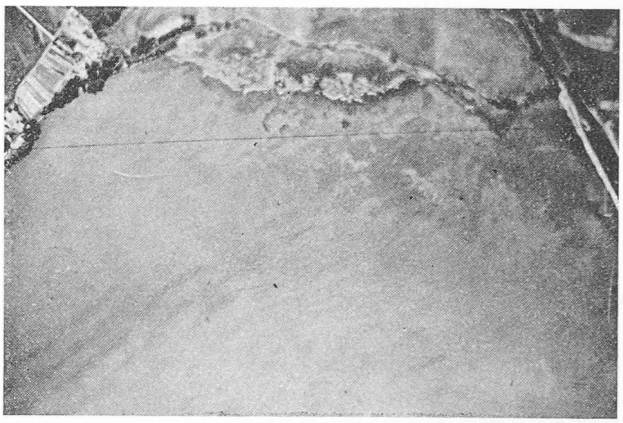
Il est cependant difficile de se prononcer sur l'importance relative de ce facteur dans la dégradation constatée, car d'autres paramètres sont intervenus à la même époque. Parmi les deux principaux, il faut mentionner la création de fosses de dragage pour l'extraction du gravier et la diminution de l'apport sédimentaire du Rhône.

Une première concession en 1929 autorisait le dragage sur le cours du Rhône, sur une distance de 1,5 km environ de l'embouchure et sur une petite partie de la beine devant le Fort. Une fosse, directement à droite de l'embouchure, cachée sur le document photographique de 1942 par des eaux chargées en limon, est très visible en 1955. Il est fort probable que la diminution de l'île constatée à cette date, donc deux ans avant sa disparition, soit attribuable aux dragages qui s'opéraient dans la région. En effet, dans les conditions normales, il est bien connu que l'évolution d'un delta à l'embouchure d'un fleuve passe par deux stades principaux : tout d'abord formation d'un cône immergé par accumulation de matériaux charriés sur le fond, et ensuite ce cône émerge et s'agrandit progressivement. N'existant pas avant la canalisation du Rhône, sa formation a été relativement rapide ; mais sa disparition, suite aux dragages et à la décision fatidique, encore davantage. Il est intéressant de noter au passage qu'en 1955 les deux seules parties du rivage qui montrent un début d'érosion sont situées entre le Rhône et le Vieux-Rhône ; pour la première dans le prolongement de la fosse située à l'embouchure et la deuxième sur le rivage du Gros-Brasset directement dans le prolongement d'une fosse allongée. Dans ce deuxième cas, la portion de rive touchée, et qui montre des processus d'érosion importants, est très localisée et située exactement sous la fosse de dragage si l'on considère la direction des vents dominants de la région. Partout ailleurs, la rive du Gros-Brasset est en équilibre (voir photographie 1). L'effet des fosses de dragage est double. D'une part elles piègent les apports sédimentaires qui n'arrivent ainsi plus du tout à la rive et d'autre part, en agissant directement sur les caractéristiques de la houle *, elles accentuent et accélèrent les processus d'érosion de la rive dont les matériaux sont peu à peu entraînés dans leurs profondeurs (voir photographie 2).

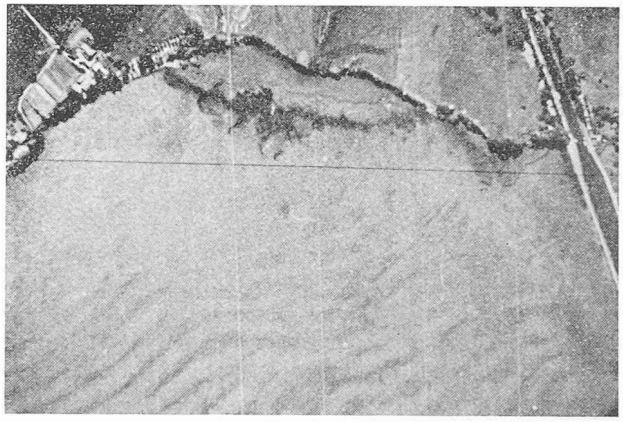
Un autre paramètre pouvant jouer un rôle dans l'apparition du déséquilibre de la rive est constitué par la diminution de l'apport sédimentaire du Rhône, suite à la surexploitation au fil de l'eau et à la construction des ouvrages hydro-électriques. Lorsqu'on considère les chiffres relatifs aux apports solides du fleuve, il pourrait sembler en première analyse que cette diminution est relativement peu importante. En effet, d'après Siwerte E., Chassaing B., Hubert M., Olive Ph. (à paraître), le Rhône, qui récolte les eaux d'un bassin de 5220 km^2 (station limnigraphique du Pont du Scex), apporte au Léman, en tenant compte des variations dues aux différences climatologiques, un volume moyen d'eau de $5317 \cdot 10^6 \pm 266 \cdot 10^6$ m^3/an ou 168,6 $\pm$ $\pm$ 8,4 m^3/s. Pour les apports solides, Vernet J.-P. et coll. (1971) mentionnent les résultats suivants :

— Uetrecht et Collet 1904 : $3{,}42 \cdot 10^6$ t pour 1904-1905, ce qui donne avec les corrections relatives au mode de prélèvement $4{,}45 \cdot 10^6$ t.

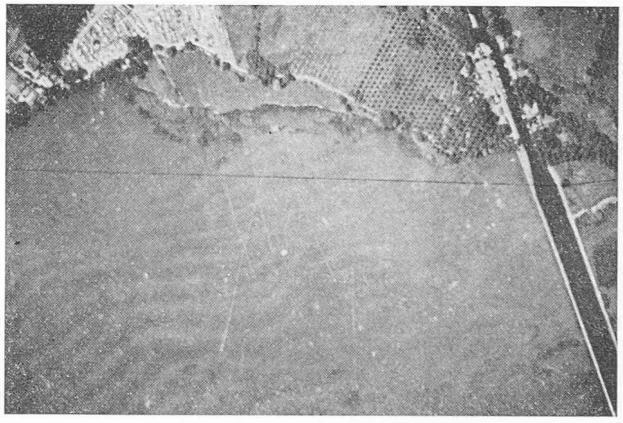
* L'action des fosses de dragage a été vérifiée expérimentalement sur modèle de simulation à l'EPFZ.



Situation en 1942.



Situation en 1955 : recul de la roselière : les zones sombres représentent les restes du système radiculaire.

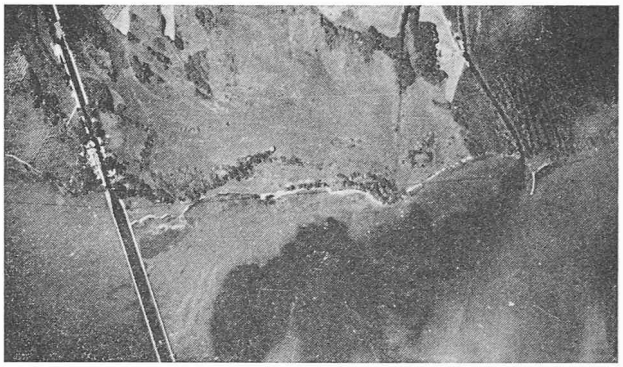


Situation en 1969 : les restes de systèmes radiculaires des roseaux disparaissent peu à peu sous l'action de l'érosion.

Un exemple spectaculaire de régression de la roselière et du recul de la rive. Evolution du site des Grangettes.

Ce chiffre est du même ordre de grandeur que celui avancé par l'Office fédéral de l'Economie hydraulique à Berne. Le Laboratoire d'hydraulique de l'EPFL donne 6 à $7 \cdot 10^6$ t/an en moyenne avec une fourchette allant de 4 à $9 \cdot 10^6$ t/an suivant l'importance des précipitations.

Ces auteurs signalent encore que des mesures effectuées huit à neuf fois par mois par l'Office fédéral donnent en moyenne pour les charges du Rhône à la Porte de Scex des variations allant de 20 mg/l à 500 mg/l suivant les périodes (crues). Ils estiment d'autre part la masse des matériaux charriés sur le fond à $0{,}1 \cdot 10^6$ t/an au maximum.



Rivage du Gros-Brasset :
1) début d'érosion avec l'apparition de la première fosse ;
2) situation en 1972 avec la fosse gigantesque et ses répercussions sur la rive.

Ce dernier chiffre est du plus haut intérêt pour la question qui nous occupe. En effet, c'est surtout de cette quantité de matériaux charriés sur le fond que va dépendre la vitesse de formation (ou de restauration) du cône à l'embouchure du Rhône.

En fait, comme nous l'a fait remarquer le professeur J.-P. Vernet, ces chiffres sont difficilement comparables et de plus ils sont approximatifs. Une étude plus poussée que celle que nous avons faite, tenant compte de la granulométrie des éléments transportés par le fleuve, serait indispensable pour bien juger de leur évolution quantitative.

D'après un rapport effectué par le Laboratoire d'hydraulique de l'EPUL (1966), portant sur la période 1964-1965, les deux tiers de la quantité des sédiments sont transportés par les crues les plus grandes qui se produisent pendant 50 jours sur 365. Dans ce même rapport, on trouve une conclusion particulièrement intéressante : « Les à-coups du débit à Lavey (barrage) entraînent des quantités importantes de matériaux fins déposés dans la retenue jusque dans le fond du lac. » Cela signifie que, malgré la construction de grands barrages qui constituent incontestablement des pièges à sédiments importants, il se fait un apport en sédiments par à-coups ressenti jusqu'au niveau du lac.

Il est certain toutefois qu'il y a eu une diminution importante de l'apport sédimentaire pour les raisons que nous avons déjà soulignées. Cependant, pour la compréhension de l'importance de ce facteur dans le problème qui nous occupe, il est important de souligner que son apparition est postérieure au début du changement de régime de la rive. En effet, la construction de la plupart des grands barrages de retenues est ultérieure à 1955. Ce qui signifie qu'au départ ce facteur n'a pas joué, et cela nous permet d'affirmer que le changement de l'embouchure du Rhône et la création de fosses de dragage ont été les paramètres déterminants.

Paramètres influençant la biologie du roseau

Afin de prendre en considération tous les éléments susceptibles d'avoir joué dans la régression de la roselière et pour déterminer dans quelle mesure cette dernière est à mettre en relation avec la régression générale constatée dans la plupart des lacs périalpins suisses par F. Klötzli (1971), nous avons envisagé également les paramètres qui peuvent influencer la biologie du roseau.

D'une façon générale, on peut dire que tous les facteurs qui affectent les conditions de l'environnement des roseaux sont susceptibles d'avoir une influence sur sa biologie. L'importance de cette dernière va dépendre en premier lieu de la force relative des différents facteurs qui l'induisent et ensuite de la résistance biologique de l'espèce en question.

Avant d'aborder l'analyse détaillée de ces paramètres, il est important de souligner d'emblée le fait que la plupart d'entre eux pris isolément sont généralement bien supportés par une population, si par ailleurs les autres conditions sont normales. Ainsi, dans la plupart des cas, seule l'action combinée de plusieurs d'entre eux, par un effet synergique, peut présenter un certain danger pour la survie de la population des roseaux. On peut classer les facteurs en deux groupes suivant qu'ils agissent sur le développement ou sur la croissance du roseau, certains agissant sur les deux.

Influences sur le développement du roseau

L'influence peut s'exercer d'une part sur le système radiculaire et d'autre part sur la partie aérienne du roseau. Son importance varie suivant les stades de développement de la plante qui présente une sensibilité différente aux agents dégradants.

On a déjà souligné l'importance du système radiculaire comme facteur antiérosion du rivage. Son développement dépend avant tout de la nature et de la texture du fond sur lequel il se développe. L'épaisseur de la rhizosphère varie en particulier avec la dureté du sol. Björk (1967) a trouvé, dans des conditions normales en eau plus ou moins profonde, la plus grande partie des rhizomes enfouis entre 20 et 60 cm de profondeur dans les sols mous. Dans les sols minéraux durs et caillouteux, la profondeur atteinte est plus faible. A part une région située à l'est du Vieux-Rhône, nous avons le premier type de sol. Cependant, malgré ces conditions d'implantation favorables, les rhizomes, dont l'importance pour le renouvellement de la population est capitale (Haslam, 1968), subissent des attaques. Parmi les principales il faut signaler :

— *l'action directe de l'érosion* qui met à jour les rhizomes verticaux dans un premier temps, puis les horizontaux. Cette situation n'est généralement pas supportée par le système radiculaire qui n'est alors plus capable de produire des pousses aériennes. D'abord mis à jour, les rhizomes flottent ensuite entre deux eaux puis disparaissent ;

— *l'action des masses d'algues* mise en évidence par F. Klötzli (1971), favorisant l'érosion ou étouffant le système radiculaire (fumier lacustre).

Il faut signaler également un autre processus de dégradation, à savoir la putréfaction naturelle des rhizomes.

Région du Fort : arbres couchés par l'érosion.

Cette dernière est tout à fait normale et forme dans la roselière des vides qui se comblent rapidement dans les conditions naturelles si d'autres facteurs dégradants n'interviennent pas.

Pour bien situer le niveau d'action des différents paramètres sur les pousses aériennes du roseau, il est important de se rappeler que la sensibilité de la plante varie suivant le stade de son développement. D'une façon générale, les jeunes pousses sont plus sensibles aux agents mécaniques destructeurs que les pousses adultes, car elles sont moins riches en tissus de soutien (sclérenchyme). Cette période critique dure jusqu'à la préfloraison, stade auquel la plante atteint une certaine stabilité et où la quantité de tissus à résistance mécanique est plus importante. Quel que soit le stade de développement, les principaux facteurs agissant sur les pousses aériennes sont d'ordre mécanique. Parmi les principaux mentionnés par F. Klötzli en 1971, il faut citer :

— *Les vents et les fortes vagues* engendrées par eux ou par les bateaux. Ce facteur revêt une importance toute particulière dans notre région dans la mesure où il est favorisé par les fosses de dragage.

— *Les déchets flottants* véhiculés par les vents, les courants superficiels et par les vagues qui déferlent sur la beine. Ce facteur joue un rôle très important dans la destruction des roseaux par cassure et est également favorisé par l'existence des fosses.

— *Les algues flottantes* peuvent agir de façon directe ou indirecte :

Directe par une action mécanique. La masse de ces algues peut être considérable et représenter une force suffisamment importante pour que, combinée à l'action des vents et des vagues, elle soit capable de provoquer des dommages. Les fluctuations du niveau, comme on l'a déjà vu, peuvent être déterminantes pour cette action. Une autre catégorie d'algues pouvant jouer un rôle est constituée par les algues périphytiques qui sont fixées sur les tiges. Par leur développement souvent abondant (entre 0,5 et 1 kg par tige mouillée, d'après Klötzli) elles augmentent considérablement le diamètre des tiges, offrant ainsi une plus grande surface d'impact aux actions mécaniques de l'eau.

Indirecte : les masses d'algues, dont le développement est à mettre en relation avec l'eutrophisation des eaux, peuvent gêner la croissance dans les premiers stades de développement et ceci soit en recouvrant complètement les jeunes pousses (en eau peu profonde), soit en empêchant la pénétration de la lumière (effet d'ombrage). Dans ce dernier cas, une fois que la jeune plante a mobilisé toutes les réserves accumulées dans le rhizome, elle est stoppée dans son développement car l'autotrophie ne peut pas se réaliser.

D'une façon générale, l'action due aux algues est très faible sur l'ensemble du rivage étudié. En effet, la quantité d'algues périphytiques est très faible et nous n'avons trouvé des masses d'algues flottantes qu'en certains points du rivage des Grangettes et des Saviez.

— *Les oiseaux aquatiques* peuvent provoquer d'importants dégâts dans les roselières (jusqu'à 10 % des pertes, d'après Klötzli, 1971). Cependant leur action ne se fait sentir que sur les roselières dont l'état sanitaire est déjà mauvais car dans les conditions normales elle est négligeable. Nous avons un exemple typique d'une action relativement importante de ce facteur sur le rivage des Saviez où les dernières zones de plantes du front de la roselière ont été transformés en petits paquets torsadés par les cygnes. L'image caractéristique formée par ces îlots de roseaux est généralement le stade ultime avant leur disparition totale.

La destruction mécanique des pousses aériennes a un effet marqué sur leur densité. En effet, bien que les bourgeons soient dans un état de dormance pendant la plus grande partie de l'année près de la surface du sol, et que leur développement s'effectue principalement au printemps avec l'élévation de la température, ils sont capables de se développer à d'autres moments de l'année pour remplacer les pousses cassées ou gelées. La formation de nouvelles pousses peut également se faire à partir du système radiculaire (Klötzli, comm. pers.). Cette potentialité de remplacement a pour conséquence d'augmenter d'un facteur 1 à 2 la densité des pousses qui, par ailleurs, présenteront un niveau de développement plus faible (maturité rarement atteinte et diamètre de la tige inférieur). Les agents mécaniques ont ainsi une influence marquée sur le pourcentage de floraison de la population, ce dernier reflétant la « performance » ou la bonne adaptation de la plante aux conditions de milieu (Haslam, 1968). La densité élevée de plante et le faible pourcentage de floraison de la roselière restante confirment bien le rôle prépondérant des facteurs mécaniques dans sa dégradation et sa régression.

Influences sur la croissance du roseau

Tout végétal, par son autotrophie, dépend d'un certain nombre de facteurs du milieu dont les plus importants, à part l'eau, sont la lumière comme source d'énergie, les substances minérales pour leur nourriture et les conditions édaphiques pour leur support.

La lumière. Son extinction par les masses d'algues flottantes ou sa diminution par un développement planctonique important peuvent engendrer des conditions de croissance défavorables. L'action de ces deux facteurs se limite aux premiers stades du développement jusqu'à ce que les pousses soient suffisamment grandes pour ne plus subir leur action.

Les substances nutritives

Depuis longtemps déjà, on a remarqué le pouvoir épurateur du roseau. Hürliman (1951), Gorham et Pearsall (1956), Björk (1967) entre autres ont souligné l'importance du facteur nutritif pour la bonne croissance du roseau. F. Költzli (1973), se basant sur la comparaison de nombreux lacs suisses, met en relation la régression des roselières avec

l'augmentation des pollutions et en particulier avec l'eutrophisation des eaux. Il considère l'azote (nitrates et ammonium) et le phosphore (phosphates) comme étant les principaux facteurs responsables de cette évolution. Déjà en 1943, Tobler, en essayant d'établir des relations entre les propriétés mécaniques du roseau et les conditions du milieu, avait mentionné le rôle joué par l'azote. Mais nous devons à Stant (1953) l'explication de cette relation. Cet auteur a démontré qu'il existait une relation entre la formation de sclérenchyme, tissu responsable de la résistance mécanique, et la quantité d'azote présente dans le milieu. Avec un rapport C/N * élevé dans l'apport nutritif, la lignification des tissus est plus complète car la formation de carbohydrates favorisée ici entraîne surtout la production de matériel des parois cellulaires. La structure est plus dure, ce qui permet une meilleure résistance aux agents mécaniques. Avec un rapport faible, donc avec un taux élevé d'azote, la synthèse de protéines est favorisée par rapport à celle des carbohydrates et on aura plutôt la formation de protoplasme et de tissus mous hydratés (parenchyme spongieux).

En d'autres termes, un contenu élevé en azote augmente la stature du roseau, mais le rend plus fragile aux agents mécaniques.

Pour la région qui nous intéresse, nous ne disposons pas de données suffisantes pour apprécier le rôle de ce paramètre. Toutefois il ne semble pas qu'il ait joué un rôle déterminant puisque la région à plus haut niveau trophique entre Villeneuve et le Grand-Canal est la seule à avoir encore une roselière.

Les conditions édaphiques

Si la nature du sol influence fortement la croissance du roseau, la texture, elle, jouera un rôle très important pour la fixation de la plante. Nous avons vu que la plus grande partie du rivage avait un sol mou et qu'il permettait une implantation profonde des rhizomes. Nous avons signalé d'autre part la grande différence qui existe entre la région Villeneuve - Grand-Canal et celle comprise entre ce dernier et le Rhône quant à l'importance de la roselière. Dans la première se trouve une roselière relativement importante alors que dans la deuxième elle est pratiquement inexistante. Cette différence est à mettre en relation non seulement avec les conditions physiques qui, comme on l'a démontré, prédominent (changement du régime des vagues par les fosses), mais également avec la quantité de vase importante que l'on trouve dans la région des Saviez - les Grangettes. Cet élément nourricier qui, dans un premier temps, a favorisé le bon développement de la roselière dans cette région, sera certainement, par son influence sur la synthèse des tissus sclérenchymateux, à l'origine d'une régression encore plus rapide que dans l'autre partie moins riche, si les conditions physiques restent aussi sévères.

En résumé, on peut dire que l'ensemble des facteurs qui agissent sur la biologie du roseau contribuent tous et ensemble à des degrés différents, suivant leur nature et le stade de développement de la plante, à la dégradation de la roselière. Cependant, étant donné la disproportion considérable qui existe, d'une part, entre la force des agents mécaniques et, d'autre part, la résistance des roseaux, quelle que soit la qualité de leur tissus, il est certain que de toute façon ils ne seraient pas capables de supporter des conditions physiques aussi sévères.

En conclusion, les modifications profondes subies par l'ensemble du rivage des Grangettes pendant la période 1942-1974 sont dues en premier lieu aux changements de direction du Rhône à son embouchure, par suite de la disparition du cône émergé formé par le delta du fleuve et qui jouait le rôle de déflecteur. Ces changements ont entraîné de graves modifications dans l'apport sédimentaire à la rive, ce qui a eu pour conséquence de rompre son équilibre. Elle est actuellement le siège d'une érosion active. De plus, la formation de gigantesques fosses à proximité du rivage par une exploitation intensive des graviers, non seulement empêche l'apport de sédiment, mais encore favorise de manière importante l'érosion du rivage tout en empêchant sa stabilisation. En effet, le trou qu'elles créent en fait des pièges à sédiments et empêche que l'accumulation de matériaux arrachés à la rive par érosion forme un nouvel équilibre.

Tous les autres facteurs envisagés sont secondaires dans les conditions normales. Seules les conditions favorables, créées par les facteurs principaux que nous venons de considérer, leur ont permis de contribuer à la dégradation générale du site.

Conclusions générales

En définitive, l'analyse de l'évolution et de la situation actuelle de la basse plaine du Rhône nous amène à relever les points suivants :

I. Malgré une protection juridique qui pourrait sembler suffisante, l'évolution catastrophique pour l'ensemble de la région se poursuit. Il y a donc eu échec aussi bien sur la partie terre que sur la partie lac ; échec tout d'abord sur le plan juridique et ensuite semi-échec des mesures de protection qui sont prises actuellement.

II. L'analyse approfondie de cette évolution et des causes qui la régissent nous ont amené à constater les faits suivants :

1. *Sur la partie terre :*

La « valorisation » par l'assèchement de grandes surfaces (canaux de drainage) et par la populiculture, ainsi que l'utilisation de ces terrains de « moindre valeur économique » pour le dépôt d'ordures, l'exploitation de gravières, etc., ont entraîné la disparition de grandes surfaces de marais, milieux d'une richesse floristique et faunistique exceptionnelle reconnue sur le plan international.

2. *Sur la partie lac :*

La disparition voulue du déflecteur constitué par le delta du Rhône à son embouchure a entraîné une transformation complète des conditions hydrologiques générales sur l'ensemble du rivage étudié. Cette modification a entraîné une diminution considérable des apports sédimentaires, ce qui a entraîné des conditions de déséquilibre sur la rive.

La création de gigantesques fosses de dragage a accentué ce déséquilibre, en ayant une action directe très importante sur l'érosion de la rive par l'intermédiaire des vagues (vérifié expérimentalement sur modèle de simulation) et par les modifications apportées au profil de la beine. Ces fosses accélèrent les processus d'évolution, tout en provoquant une situation où l'équilibre ne peut plus être atteint. Ceci est dû d'abord aux trappes importantes qu'elles constituent pour le peu de sédiments qui est encore transporté par les courants jusqu'à la rive, et d'autre part elles provoquent, par des glissements de sol, sous l'effet de courants induits, une situation où l'équilibre de la rive ne pourra pas être réalisé tant qu'elles ne seront pas comblées. Ces conditions

* C/N : Carbone/Azote.

de milieu créés artificiellement ont entraîné la disparition progressive de la roselière, disparition qui est due au premier chef à l'action des agents mécaniques.

Nous pensons que ces deux profondes modifications ont été largement déterminantes pour l'évolution désastreuse de ce site.

Nous avons vu que d'autres facteurs plus ou moins importants peuvent intervenir par leur action combinée. Mais ils n'ont souvent qu'une action locale qui, dans les conditions normales, est généralement négligeable.

III. Nous préconisons des mesures d'urgence pour stopper cette évolution désastreuse.

1) arrêt immédiat de l'exploitation des graviers sur la beine du lac ;
2) création d'une digue au large du rivage qui aurait pour effet d'une part de supprimer les facteurs mécaniques responsables de la dégradation de la rive, et d'autre part de stabiliser cette dernière ;
3) programme de recherches approfondies pour, dans un premier temps, préciser les conditions de milieu et l'importance des paramètres en présence, ensuite pour déboucher sur un programme d'aménagement mieux compris.

D'autres mesures seraient à envisager dans un avenir plus ou moins proche, telles que par exemple la création d'un déflecteur à l'embouchure du Rhône pour qu'il y ait restauration de l'apport sédimentaire et comblement plus rapide de ces fosses.

Toutes ces mesures nécessiteront des études approfondies sur les conditions du milieu et sur les modifications que ces mesures pourraient entraîner.

Depuis très longtemps déjà, un appel a été fait, par des personnes éclairées, dans le sens d'une protection mieux comprise et plus efficace de ce site des Grangettes.

Espérons que cette fois, les résultats de cette étude mettront les personnes concernées en face de leurs responsabilités et qu'ils contribueront ainsi à la sauvegarde de ce site dont la valeur est encore heureusement très grande.

Adresse des auteurs :
p. a. J.-B. Lachavanne
28a, route de Soral
1232 Confignon

Divers

Instructions du Conseil fédéral concernant les mesures à prendre dans la construction en faveur des infirmes moteurs

1. *But à atteindre*

On estime qu'il y a en Suisse 15 000 à 20 000 handicapés physiques dont l'infirmité résulte d'affections congénitales, de maladies (notamment le rhumatisme) ou d'accidents. Les uns sont astreints au fauteuil roulant, d'autres se meuvent à l'aide de béquilles, de cannes ou d'attelles. Ces personnes, qui pour le reste sont en bonne santé, sont maintenant en mesure, grâce aux possibilités de réintégration apportées par la médecine, par la technique, et par certaines professions, de se tirer d'affaire sans aide ou sans que des tiers doivent leur donner des soins. Il faut pour cela qu'elles disposent d'appartements adaptés à leurs besoins et que d'autre part les constructions ouvertes au public ne présentent pas ce qu'on appelle des « barrières architecturales ».

L'invalidité motrice est également, et dans une proportion toujours plus forte, un effet de l'âge (pour le 12,4 % de notre population, l'âge moyen est supérieur à 65 ans). Cette catégorie d'âge comprend tous les stades de la santé, allant d'une relative robustesse à l'infirmité la plus grave. Plus l'on prendra de mesures, dans le domaine bâti, en faveur des personnes âgées, plus longtemps ces dernières pourront participer à la vie sociale et demeurer dans le cadre familier de leur existence.

Il est d'une grande importance sur le plan social que les infirmes moteurs puissent vivre de façon indépendante dans une collectivité normale ; il ne faut pas qu'ils se voient dans l'obligation de vivre dans des maisons d'accueil par manque d'appartements conçus pour eux, ou qu'ils soient limités dans leur activité professionnelle parce qu'ils ne trouveraient pas de places de travail adaptées à leurs possibilités. Il est donc au nombre des obligations qui incombent à la société d'étudier et de réaliser les constructions de telle manière que, dans leur ensemble, elles soient praticables aux handicapés physiques et utilisables par eux.

Il serait souhaitable que désormais toutes les normes, directives, lois et ordonnances ayant un rapport avec les mesures pouvant être prises dans la construction en faveur des handicapés physiques, comprennent des dispositions en leur faveur.

2. *L'instruction de service du Conseil fédéral*

Les nouvelles instructions du Conseil fédéral sur les mesures à prendre dans la construction en faveur des infirmes moteurs remplacent les directives du Département fédéral de l'intérieur du 12 novembre 1970. Elles sont applicables aux constructions et aménagements construits ou subventionnés par la Confédération, et — ce qui est nouveau — à la construction de logements subventionnés. De la sorte, son champ d'application a été étendu à un domaine de première importance. Les instructions ne comprennent pas de prescriptions techniques, mais s'appuient sur la norme qui a été éditée en 1974 par le Centre suisse d'études pour la rationalisation du bâtiment (CRB) à Zurich.