HYDROCHIMIE DE LA RIVIERE LOT

par J. CAPBLANCO¹ et J.-N. TOURENQ¹

La minéralisation des eaux de la rivière Lot augmente de l'amont vers l'aval ; ses variations sont essentiellement déterminées par les fluctuations de débit de l'affluent principal (la Truyère) moins minéralisé. Les teneurs en sels nutritifs (azote, phosphore, silice) évoluent selon un cycle saisonnier parallèlement au développement des algues planctoniques. Le transport chimique, faible dans la partie haute, augmente dans la zone aval du bassin versant où se concentrent les activités agricoles. Les caractéristiques chimiques témoignent cependant d'une influence humaine relativement modérée sur l'ensemble du cours.

Water Chemistry of the River Lot.

The mineral content of the Lot increases downstream. Variations in the mineral content of the river are essentially determined by fluctuations in the flow of the principal tributary (the Truyère) which is less rich in minerals. The levels of the nutrients (nitrogen, phosphorus and silica) show a seasonal cycle which corresponds to the development of the planktonic algae.

The chemical load is low in the upper reaches but increases downstream where agricultural activities are more intense. In general, however, the chemical characteristics of the river indicate only a moderate influence of human activity.

Les mécanismes qui contrôlent les propriétés chimiques des eaux naturelles ont été analysés par Gibbs (1970). Selon cet auteur, la charge en matières minérales dissoutes résulte de trois facteurs principaux : l'érosion chimique des roches du bassin versant, les apports par précipitations atmosphériques, les processus d'évaporation et de précipitation. En région tempérée, la composition chimique des eaux de surface dépend surtout de l'érosion, les apports par les précipitations n'intervenant de façon appréciable que pour les ions HCO_3^- (dissolution du CO_2 atmosphérique) et SO_4^{--} (dans les zones de forte pollution atmosphérique). Pour la majorité des rivières, l'influence de l'homme s'ajoute à ces mécanismes, soit par le déversement direct d'eaux usées d'origine urbaine et industrielle, soit par diverses interventions sur le bassin versant (défrichage, épandage d'engrais, irrigation).

Les études entreprises sur la rivière Lot depuis 1971 comportent de nombreux résultats d'analyses (Bordes et al. 1973, Dauta 1975, D.D.A.

1. Laboratoire d'Hydrobiologie (ERA 702 du C.N.R.S.), Université Paul-Sabatier, 118, route de Narbonne, 31077 Toulouse Cedex.

Lot 1975, C.T.G.R.E.F. 1975, Décamps et al. 1976, Denat 1976, Massio 1976, Casanova-Batut 1977). Afin de définir les caractéristiques chimiques de la rivière, nous avons retenu parmi les résultats ceux concernant six stations (fig 1) :

- station 1 : Truyère à Entraygues
- station 2 : Lot à Entraygues (km 178)
- station 3 : Lot à l'amont du confluent avec le Riou-Mort (km 222)
- station 4 : Lot à Cajarc (km 271)
- station 5 : Lot à Luzech (km 358)
- station 6 : Lot à Villeneuve (km 431).

FIG. 1. — Carte du Lot et stations de mesure.

1. — BASSIN VERSANT ET HYDROLOGIE

La structure du bassin versant et les caractéristiques hydrologiques de la rivière sont analysées par Tourenq et al. (1978). Le bassin du Lot peut être divisé en trois parties.

— Une partie amont comprend le bassin du Haut Lot jusqu'à Entraygues (2 180 km²) et le bassin de la Truyère (3 278 km²). Son altitude dépasse 500 mètres. Cette zone comprend essentiellement des terrains cristallophylliens et éruptifs (granites, basaltes, gneiss, mica-schistes) sauf sur la rive gauche du Lot où dominent les calcaires du secondaire (causses de Sauveterre, du Cantal et de Séverac).

— Une partie moyenne, d'Entraygues à Fumel (environ 4 800 km²) draine des terrains calcaires du jurassique (région des grands Causses).

— Une partie inférieure, entre Fumel et la Garonne (environ 1 600 km²) comprend des terrains sédimentaires du tertiaire (marnes, sables, calcaires).

Le régime hydrologique (fig. 2) résulte d'une alimentation pluviale soutenue en hiver par la fonte des neiges dans la partie supérieure du bassin. L'influence méditerranéenne se manifeste dans la partie sud-est du haut bassin par des précipitations automnales tandis que l'in-

fluence océanique intéresse l'ensemble du bassin avec des précipitations plus étalées et hivernales. La période des hautes eaux s'étend de décembre à avril avec un maximum en février. Les étiages d'été sont accentués par la faiblesse des précipitations et une intense évapotranspiration que renforce l'influence méditerranéenne dans le haut bassin.

Les débits sont étroitement dépendants du bassin amont : à Entraygues, le débit représente environ 66 % du débit à Villeneuve, avec une proportion moyenne débit Lot : débit Truyère égale à 1/3 : 2/3. D'Entraygues à la Garonne, le Lot draine 54 % du bassin versant ; les volumes apportés ne représentent que 1/3 du débit naturel total et la contribution des principaux affluents au débit du Lot est très faible (3 à 7 % pour le Dourdou, 1 % pour le Riou-Mort, 10 à 14 % pour le Célé, 1 % pour le Vert).

Une série de barrages construits en amont d'Entraygues sur la Truyère (capacité totale = 538 M de m³) et sur le Lot (capacité totale = 22 M de m³) transforme le débit naturel du Lot. En général, ces réservoirs restituent en été une partie de l'eau stockée en hiver et au printemps ; mais leur fonctionnement est très variable selon les années et le volume écoulé en été peut être accru ou amputé d'une quantité d'eau variant de 0 à 100.10⁶ m³. A l'aval de Livinhac, le régime d'écoulement est modifié par la présence de 66 chaussées de navigation et barrages au fil de l'eau qui délimitent des biefs de longueur et profondeur différentes.

2. — LES SUBSTANCES DISSOUTES

Plus de 35 séries d'analyses chimiques ont été effectuées entre 1971 et 1975 dans chaque station. Les cations (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺) ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique, Cl⁻, SiO₂, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P et Fer total par spectrométrie, SO₄⁻⁻ par turbidité et HCO₃⁻ par titrimétrie. Quelques analyses complémentaires du P-total, de NH₄-N et des matières organiques dissoutes (méthode oxydative de Maciolek, 1962) ont été effectuées en 1976 aux stations 4 et 5 et des mesures de DBO₅ ont été réalisées sur l'ensemble du cours pour différents débits. Les résultats figurent sous forme de moyennes dans le tableau I et la figure 2.

2.1. Eléments majeurs

Les eaux du Lot sont essentiellement des eaux bicarbonatées calciques. L'ion HCO₃⁻ représente en moyenne 82 % des anions et l'ion Ca⁺⁺ 62 % des cations. Viennent ensuite Mg⁺⁺, SO₄⁻⁻ et Na⁺ qui représentent respectivement 11 %, 5,66 % et 5,4 % des ions dissous en moyenne.

FIG. 2. — Evolution saisonnière des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau dans la rivière Lot. Moyennes et limites de confiance à $P_{0.05}$. H : Hiver ; P : Printemps ; E : Été ; A : Automne.

Les bicarbonates de calcium contribuent pour 59 % (station 1) à 79 % (stations 2 et 6) à la conductivité de l'eau. Il existe une bonne relation ($r \geq 0,99$) entre la conductivité mesurée (K_{20°) et la concen-

TABLEAU I. — Composition chimique moyenne de l'eau de la rivière Lot à 6 stations (moyennes arithmétiques des valeurs mesurées de 1971 à 1975 et limites de confiance à $P_{0,05}$).

N° station	1	2	3	4	5	6
Conductivité ($\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ à 20°)	56,25 $\pm$ 6,12	167,5 $\pm$ 13,1	118,1 $\pm$ 10,1	143,6 $\pm$ 10,5	186,5 $\pm$ 9,8	207,3 $\pm$ 15,4
HCO ₃ ⁻ (mé.l ⁻¹)	0,464 $\pm$ 0,07	1,588 $\pm$ 0,08	1,052 $\pm$ 0,11	1,144 $\pm$ 0,092	1,567 $\pm$ 0,146	1,865 $\pm$ 0,144
SO ₄ ⁻⁻ (mé.l ⁻¹)	0,083 $\pm$ 0,016	0,104 $\pm$ 0,025	0,086 $\pm$ 0,019	0,208 $\pm$ 0,044	0,318 $\pm$ 0,066	0,250 $\pm$ 0,052
Cl ⁻ (mé.l ⁻¹)	0,028 $\pm$ 0,005	0,056 $\pm$ 0,011	0,042 $\pm$ 0,008	0,144 $\pm$ 0,020	0,183 $\pm$ 0,022	0,141 $\pm$ 0,017
Total anions (mé.l ⁻¹)	0,575 $\pm$ 0,091	1,748 $\pm$ 0,116	1,180 $\pm$ 0,137	1,496 $\pm$ 0,156	2,068 $\pm$ 0,234	2,256 $\pm$ 0,213
Ca ⁺⁺ (mé.l ⁻¹)	0,270 $\pm$ 0,055	1,220 $\pm$ 0,234	0,842 $\pm$ 0,179	0,855 $\pm$ 0,172	1,135 $\pm$ 0,154	1,639 $\pm$ 0,260
Mg ⁺⁺ (mé.l ⁻¹)	0,136 $\pm$ 0,016	0,411 $\pm$ 0,095	0,329 $\pm$ 0,049	0,378 $\pm$ 0,038	0,354 $\pm$ 0,027	0,403 $\pm$ 0,048
Na ⁺ (mé.l ⁻¹)	0,143 $\pm$ 0,019	0,152 $\pm$ 0,022	0,156 $\pm$ 0,015	0,178 $\pm$ 0,016	0,170 $\pm$ 0,016	0,188 $\pm$ 0,017
K ⁺ (mé.l ⁻¹)	0,025 $\pm$ 0,005	0,037 $\pm$ 0,010	0,034 $\pm$ 0,007	0,041 $\pm$ 0,004	0,035 $\pm$ 0,007	0,038 $\pm$ 0,008
Total cations (mé.l ⁻¹)	0,574 $\pm$ 0,095	1,820 $\pm$ 0,361	1,361 $\pm$ 0,250	1,452 $\pm$ 0,230	1,694 $\pm$ 0,205	2,268 $\pm$ 0,333
SiO ₂ (mg.l ⁻¹)	8,42 $\pm$ 1,17	5,40 $\pm$ 1,0	6,54 $\pm$ 1,1	6,10 $\pm$ 0,61	6,24 $\pm$ 0,63	6,40 $\pm$ 0,93
NO ₃ -N ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	316 $\pm$ 38	385 $\pm$ 55	346 $\pm$ 65	380 $\pm$ 47	402 $\pm$ 60	524 $\pm$ 86
PO ₄ -P ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	8,96 $\pm$ 2,5	13,5 $\pm$ 4,3	8,9 $\pm$ 4,3	10,6 $\pm$ 3,32	10,23 $\pm$ 2,63	12,94 $\pm$ 3,54
Fer total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	310 $\pm$ 22	240 $\pm$ 34	455 $\pm$ 90	570 $\pm$ 110	480 $\pm$ 55	390 $\pm$ 80

tration totale en ions majeurs ($\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^- + \text{Cl}^- + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$).

Concentration ionique en mg/l = $0,021 \cdot K_{20^\circ} - 0,0027 \pm 0,2$

Minéralisation en mg/l = $0,8014 \cdot K_{20^\circ} - 0,0674 \pm 4,8$.

La concentration ionique présente des variations saisonnières négligeables par rapport aux fluctuations parfois importantes observées d'une mesure à l'autre.

Les eaux du Lot constituent un système bien tamponné avec un pH généralement compris entre 7,4 et 8,4. La comparaison avec le pH de saturation (pHs) calculé selon la formule de Langelier (1936) montre que les eaux du Lot sont très proches de la saturation en CO_3Ca . Celles de la Truyère, plus acides et moins riches en Ca^{++} , se distinguent par une sous-saturation importante ($\text{pH} - \text{pHs} = -2,3$). Dans toutes les stations, les valeurs minimales du pH se rencontrent pendant les périodes de forts débits; les maxima à l'étiage correspondent à une activité photosynthétique intense.

A Entraygues, les caractéristiques chimiques des eaux de la Truyère et du Lot diffèrent très nettement. La Truyère, qui draine un bassin essentiellement cristallin, se caractérise par des eaux plus acides et trois fois moins minéralisées en moyenne que les eaux du Lot issues d'un bassin versant à dominante calcaire. A l'aval d'Entraygues après le confluent, la minéralisation de l'eau dépend surtout de la proportion débit Lot - débit Truyère, la traversée des Causses calcaires se traduisant cependant par un enrichissement progressif en bicarbonates de calcium. Les concentrations en Mg^{++} , Na^+ et K^+ demeurent à peu près constantes sur tout le cours du Lot tandis que les teneurs en SO_4^{--} et Cl^- augmentent à partir de Cajarc (station 4).

2.2. Eléments mineurs

Les concentrations en SiO_2 , $\text{NO}_3\text{—N}$ et $\text{PO}_4\text{—P}$ évoluent selon un cycle saisonnier (*fig. 2*), plus ou moins net selon les stations et l'élément considéré.

- 1) Les teneurs minimales au printemps (SiO_2) et en été ($\text{NO}_3\text{—N}$, $\text{PO}_4\text{—P}$) correspondent aux débits d'étiage et à la période de croissance du phytoplancton. Une baisse des concentrations en silice réactive résulte du développement des Diatomées planctoniques printanières (Dauta 1975), tandis que les faibles teneurs en $\text{NO}_3\text{—N}$ et en $\text{PO}_4\text{—P}$ sont liées aux proliférations de Chlorococcales planctoniques observées dans le Lot inférieur en été. Ainsi, dans les stations 4 à 6, des teneurs minimales de 20 à 30 $\mu\text{g/l}$ de $\text{NO}_3\text{—N}$ et $< 0,1 \mu\text{g/l}$ de $\text{PO}_4\text{—P}$ ont été relevées en août pour des concentrations en chlorophylle a de 17,5 à 30 $\mu\text{g/l}$.
- 2) Les teneurs augmentent en automne et en hiver, suite à une plus

forte pluviosité, au lessivage des sols et à la réduction de la photosynthèse.

A Entraygues, les eaux de la Truyère se distinguent de celles du Lot par des teneurs en silice nettement plus élevées, souvent > 10 mg/l. A l'aval, le lessivage des terrains calcaires n'apporte que de très faibles quantités de silice : les concentrations moyennes restent sensiblement constantes (6,1 à 6,5 mg/l de SiO_2) dans le cours moyen et inférieur.

Les teneurs moyennes en nitrates augmentent progressivement de l'amont vers l'aval. Les nitrites, étape intermédiaire du cycle de nitrification, sont toujours présents en très faibles quantités (5 $\mu\text{g/l}$ de $\text{NO}_2\text{—N}$ en moyenne sur l'ensemble des stations avec une valeur maximale extrême de 32 $\mu\text{g/l}$ de $\text{NO}_2\text{—N}$). Les dosages d'azote ammoniacal réalisés à la station 5 indiquent des quantités beaucoup plus variables (16 $\mu\text{g/l}$ à 330 $\mu\text{g/l}$ de $\text{NH}_4\text{—N}$). D'une manière générale, les teneurs maximales d'azote ammoniacal et des nitrites se rencontrent en été ; elles décroissent ensuite jusqu'à la fin de l'hiver.

Les quantités de phosphore réactif soluble ($\text{PO}_4\text{—P}$) et de phosphore total sont très variables. La majeure partie du flux annuel de $\text{PO}_4\text{—P}$ est associée à la période des forts débits, lorsque le drainage du bassin versant est le plus intense et l'activité biologique réduite. En été, la diminution du débit liée à l'augmentation de la température et de l'ensoleillement favorisent l'incorporation biologique de $\text{PO}_4\text{—P}$. Sur l'ensemble des stations, le rapport moyen $\text{NO}_3\text{—N}/\text{PO}_4\text{—P}$, voisin de 30 : 1 en automne et en hiver, passe à 60 : 1 en été ; le phosphore est alors susceptible de constituer un facteur limitant la croissance des algues. Les dosages de P-total (P dissous + P particulaire) réalisés à la station 5 en été indiquent des teneurs comprises entre 23 et 85 $\mu\text{g/l}$ dont 20 à 62 % (32 % en moyenne) sous forme de $\text{PO}_4\text{—P}$.

Dans les biefs du Lot moyen et inférieur, pour des débits d'étiage inférieurs à 30 m^3/s ($v < 0,10$ m/s), s'installe un gradient vertical des teneurs en N et P minéral dissous ; ce gradient est lié à une stratification de l'activité biologique (Casanova-Batut 1977, Capblancq et Dauta 1978). L'exemple illustré dans la figure 3 montre une baisse des

FIG. 3. — Distribution verticale des pigments, du phosphore minéral dissous et de l'azote minéral dissous dans le barrage du Luzech en été (18-08-76) : débit = 10 m^3/s . Valeurs en $\mu\text{g/l}$.

teneurs en N et P près de la surface où se concentrent les algues actives (chlorophylle *a* > phéophytine) tandis que l'enrichissement des zones plus profondes en $\text{NO}_2\text{—N}$, $\text{NH}_4\text{—N}$ et $\text{PO}_4\text{—P}$ est lié à la dégradation des algues qui sédimentent (phéophytine > chlorophylle *a*).

2.3. Matières organiques

Les matières organiques dissoutes (fraction < 0,5 μm) représentent 27 à 86 % des matières organiques totales (matières dissoutes + particules). Contrairement aux matières organiques particulaires (MOP), les quantités de matières dissoutes (MOD) sont relativement peu variables ($\bar{x} = 7,73 \text{ mg/l}$, $\text{Sd} = 3,1$). Les MOP, constituées par des débris organiques et des microphytes (algues + bactéries), sont essentiellement représentées par des particules d'une taille comprise entre 0,5 μm et 20 μm (61 à 76 % des MOP) ; les matières organiques des algues représentent cependant toujours moins de 50 % des MOP (15 à 49 % en été, 3 à 25 % en hiver).

La DBO_5 (2,8 mg/l en moyenne) excède très rarement 5 mg/l ; ces valeurs, relativement faibles, témoignent d'une pollution organique réduite et indiquent que les matières organiques dissoutes sont en grande partie composées de substances peu dégradables (substances humiques). Par suite, les eaux du Lot sont toujours bien oxygénées avec des teneurs en O_2 dissous généralement supérieures à 90 % de saturation, exception faite dans les zones profondes des biefs à l'étiage.

3. — TRANSPORT DISSOUS

Les débits n'influencent pas les concentrations en sels dissous, exception faite des éléments nutritifs (SiO_2 , $\text{PO}_4\text{—P}$, $\text{NO}_3\text{—N}$) dont les teneurs varient dans le même sens que le débit. En effet, les grands barrages de l'amont restituent l'eau stockée pendant l'hiver, ce qui tend à uniformiser la composition chimique des eaux du Lot et de la Truyère. Par suite, aux stations 1 et 2, la minéralisation de l'eau (exprimée par la conductivité) est relativement constante et indépendante du débit ($r \leq 0,15$ pour 26 DL). Aux stations aval, la minéralisation est essentiellement déterminée par le mélange Lot - Truyère. Le modèle d'écoulement élaboré par S.O.G.R.E.A.H. (1975) permet d'estimer le temps moyen de parcours de la masse d'eau pour différents débits. Il est donc possible d'évaluer, pour les eaux des stations 3 à 5, la proportion $X_1 = \text{débit Truyère} / \text{débit Truyère} + \text{Lot à Entraygues}$. A la station 3, la minéralisation de l'eau résulte presque exclusivement de la proportion du mélange Lot - Truyère selon un modèle linéaire de la forme :

TABLEAU II. — Evaluation du transport dissous annuel à 6 stations de la rivière Lot : moyennes pour la période 1971-1975.

N° station	1	2	3	4	5	6
Sels minéraux dissous (mg.l^{-1})	$54,82 \pm 8,6$	$145,32 \pm 14,5$	$104,02 \pm 14,13$	$120,6 \pm 13,76$	$158,29 \pm 17,97$	$183,43 \pm 19,8$
Débit annuel moyen ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	61	34,8	104,3	106,6	130,0	149,0
Superficie du bassin versant (km^2)	3 278	2 180	6 360	7 033	9 430	10 712
Écoulement spécifique ($\text{l.s}^{-1}/\text{km}^2$)	18,35	15,98	16,4	15,16	13,8	13,9
Transport spécifique ($\text{t}/\text{km}^2/\text{an}$)	$31,72 \pm 5,0$	$73,23 \pm 7,3$	$53,8 \pm 7,3$	$57,65 \pm 6,6$	$68,88 \pm 7,82$	$80,40 \pm 8,68$
Transport total (t/an)	$105\,460 \pm 16\,545$	$159\,482 \pm 15\,945$	$342\,143 \pm 46\,476$	$405\,425 \pm 46\,260$	$648\,938 \pm 73\,671$	$861\,912 \pm 93\,037$

$$K_{20^\circ} = 202,7 - 140,35 X_1 \quad (r = 0,852 \text{ pour } 26 \text{ DL}).$$

Cette relation s'affaiblit dans les stations aval par suite des apports par les affluents et les eaux de ruissellement. Aux stations 4 et 5, les modèles de régression totale et linéaire multiple indiquent que la variable X_1 explique 41,2 % (station 4) et 25,1 % (station 5) de la variance de K_{20° , tandis que la variable X_2 (log débit) explique 28,4 % et 11,6 % de cette variance. A Cajarc et à Luzech, la relation s'écrit respectivement :

$$K_{20^\circ} = 266 - 110,1 X_1 - 30,8 X_2 \quad (R = 0,776 \text{ pour } 42 \text{ DL})$$

$$K_{20^\circ} = 304,3 - 100,2 X_1 - 27,3 X_2 \quad (R = 0,623 \text{ pour } 38 \text{ DL}).$$

Avec les valeurs moyennes prises par X_1 et X_2 pendant les cinq années d'étude, la conductivité estimée à l'aide des relations précédentes (soit 113 μmhos à la station 3, 133,5 μmhos à la station 4 et 188,5 μmhos à la station 5) est très voisine des moyennes arithmétiques des mesures (tableau I) ; ces dernières peuvent donc être considérées comme représentatives de la période 1971-1975. Pour le calcul du transport dissous, nous avons utilisé le débit moyen durant la période 1971-1975 et les concentrations moyennes en éléments dissous (moyennes arithmétiques des mesures). Les résultats figurent dans le tableau II.

Les apports en provenance de la Truyère représentent moins de 40 % de la quantité de sels minéraux dissous transportés annuellement à Entraygues soit $105,5 \cdot 10^3 + 159,5 \cdot 10^3 = 265 \cdot 10^3$ tonnes/an. Entre Entraygues et Luzech (station 5) le taux de transport minéral dissous équivaut à $649 \cdot 10^3 - 265 \cdot 10^3 / 3\,972 = 97$ tonnes/km²/an et, par suite, la quantité transportée est multipliée par 2,5 pour une augmentation de débit de 35 % seulement. L'érosion chimique augmente dans la partie aval du bassin : ainsi, l'accroissement du transport dissous entre les stations 5 et 6 équivaut à un transport spécifique de $862 \cdot 10^3 - 649 \cdot 10^3 / 1\,282 = 166$ tonnes/km²/an. En adoptant cette valeur pour la partie inférieure du bassin jusqu'à la Garonne, on peut estimer à $1,05 \cdot 10^6$ tonnes la quantité moyenne de sels minéraux dissous transportée annuellement par le Lot, quantité à laquelle il faut ajouter environ $36 \cdot 10^3$ tonnes de matières organiques dissoutes. 25 % de ce flux annuel sont issus de la partie haute du bassin (amont d'Entraygues) qui représente 46 % de la superficie et contribue pour plus de 60 % au débit ; inversement, la partie inférieure du bassin versant située à l'aval de Luzech, avec 20 % de la superficie, apporte près de 40 % des substances minérales dissoutes transportées par le Lot. Le transport dissous excède largement le transport solide que Décamps et Casanova-Batut (1978) évaluent à des valeurs comprises entre 13 000 et 115 000 t/an.

La majeure partie (80 à 90 %) du transport annuel du phosphore réactif minéral dissous ($\text{PO}_4\text{—P}$) correspond aux hautes eaux (automne et hiver), période pendant laquelle l'incorporation biologique du P par

les algues est très réduite. Durant cette période, le taux de transport équivaut à 23 g/km²/jour dans le haut bassin (amont station 3), 37 g/km²/jour entre les stations 3 et 5 et 66 g/km²/jour entre les stations 5 et 6. Cette augmentation résulte vraisemblablement des activités humaines. On l'observe également pour le NO₃—N dont le transport spécifique à la même période passe de 850 g/km²/jour en amont de Luzech à près de 3 kg/km²/jour entre les stations 5 et 6.

4. — DISCUSSION

Dans la rivière Lot, le transport dépend essentiellement de la nature des terrains drainés. Ainsi, l'érosion chimique est relativement faible dans les terrains cristallins qui constituent le bassin de la Truyère et la rive droite du Haut Lot ; elle augmente nettement dans la partie moyenne et inférieure du bassin composé de terrains calcaires. Les valeurs d'érosion spécifique restent cependant modérées en regard de celles qu'indiquent Meybeck (1972) et Benedetti-Crouzet et Meybeck (1971) pour le Rhône (190 T/km²/an pour le Rhône lacustre et 211 T/km²/an pour le Rhône alpin), le Dranse (480 T/km²/an) et les affluents du lac d'Annecy (200 à 420 T/km²/an). La différence avec ces rivières alpines peut être attribuée aux différences de climat (qui se traduit par le taux d'écoulement) et de relief. Si l'on excepte la Truyère, le taux de transport est cependant supérieur à celui de la plupart des grandes rivières du globe (Meybeck 1976).

L'hydrologie du haut bassin et la dilution par les eaux moins minéralisées de la Truyère déterminent dans une large mesure les propriétés chimiques du Lot à l'aval d'Entraygues. L'apport des affluents et des eaux de ruissellement dans la partie moyenne et inférieure du bassin augmente progressivement la charge dissoute ; cette augmentation est particulièrement nette dans la zone aval où se concentrent les activités agricoles auxquelles sont en partie liés les apports accrus en PO₄—P et en NO₃—N. Pour l'ensemble du bassin, ces apports sont inférieurs à 0,008 g/m²/an de PO₄—P et à 0,25 g/m²/an de NO₃—N, soit des valeurs comparables à celles que Vollenweider (1968) cite pour les sols oligotrophes non surengraissés d'Europe.

Les caractéristiques chimiques des eaux du Lot témoignent donc d'une influence humaine assez faible sur l'ensemble du cours. Exceptés quelques points très localisés, les concentrations en P et N minéral dissous sont relativement modestes par rapport à celles des eaux courantes d'Europe (Vollenweider 1968). Il en est de même pour la DBO₅ dont les valeurs peu élevées reflètent une pollution organique réduite : la majeure partie des matières organiques dissoutes dosées est constituée de substances faiblement dégradables (substances humiques) en partie issues du métabolisme des algues planctoniques. Par

suite, les eaux du Lot sont constamment bien oxygénées avec des teneurs en O_2 proches de la saturation. Une stratification chimique, avec des déficits prononcés en O_2 dissous peut toutefois s'installer dans les zones profondes des biefs du Lot moyen et inférieur lors des faibles débits d'été. Cette stratification est analogue à celle observée dans les lacs. Le débit critique au-dessous duquel une stratification se met en place paraît être situé entre 30 et 40 m^3/s (Casanova-Batut 1977). Ce phénomène est cependant toujours instable, une modification subite du débit de quelques dizaines de m^3 pouvant perturber pendant quelques jours le régime antérieur.

Remerciements. — Nous remercions bien vivement M^{lle} Claude Mur qui a effectué la plus grande partie des analyses chimiques qui constituent la base de ce travail.

TRAVAUX CITES

- BENEDETTI-CROUZET (E.) et MEYBECK (M.). 1971. — Le lac d'Annecy et son bassin versant. Premières données climatologiques, hydrologiques, chimiques et sédimentologiques. *Arch. Sc. Genève*, 24 : 437-486.
- BORDES (J.-M.), LUCHETTA (J.-C.) et ROCHARD (M.). 1973. — Etude d'un écosystème d'eau courante : le Lot. *Thèse 3^e cycle, Toulouse*. 152 p.
- CAPBLANCQ (J.) et DAUTA (A.). 1978. — Phytoplancton et production primaire de la rivière Lot. *Annls Limnol.*, 14 :
- CASANOVA-BATUT (Th.). 1977. — Etude préliminaire en vue de la modélisation de l'écosystème Lot. *Thèse 3^e cycle, Toulouse*. 109 p.
- C.T.G.R.E.F. 1975. — Etude des caractères physico-chimiques des eaux du Lot en 1975. *Rapport n° 13 (non publié)*.
- DAUTA (A.). 1975. — Etude du phytoplancton du Lot. *Thèse 3^e cycle, Toulouse*. 107 p.
- D.D.A. Lot. 1975. — La physico-chimie du Lot à Cahors au cours d'un cycle annuel. *Rapport non publié*.
- DÉCAMPS (H.) et CASANOVA-BATUT (Th.). 1978. — Les matières en suspension et la turbidité de l'eau dans la rivière Lot. *Annls Limnol.*, 14 : 59-84.
- DÉCAMPS (H.), MASSIO (J.-C.) et DARCOS (J.-C.). 1976. — Variation des teneurs en matières minérales et organiques transportées dans une rivière canalisée, le Lot. *Annls Limnol.*, 12 : 215-237.
- DENAT (D.). 1977. — Etude de la production primaire dans le réservoir de Cajarc. *Thèse 3^e cycle, Toulouse*. 94 p.
- GIBBS (R. J.). 1970. — Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170 : 1088-1090.
- LANGELIER (W. F.). 1936. — The analytical control of anticorrosion water treatment. *Am. Water Works Assoc. Jour.*, 28 : 1500-1521.
- MACIOLEK (J. A.). 1962. — Limnological organic analyses by quantitative dichromate oxidation. *Res. report nr. 60 of Bur. sport fish and wildlife, U.S. Fish and wildlife service*.
- MASSIO (J.-C.). 1976. — Facteurs d'évolution des matières en suspension minérales et organiques dans les eaux du Lot. *Thèse 3^e cycle, Toulouse*. 146 p.
- MEYBECK (M.). 1972. — Bilan hydrochimique et géochimique du lac Léman. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 18 : 442-453.

- MEYBECK (M.). 1976. — Total mineral dissolved transport by world major rivers. *Hydrol. Sci. Bull.*, 21 : 265-284.
- S.O.G.R.E.A.H. 1975. — Etiages du Lot moyen. Etudes sur modèle mathématique de l'exploitation des usines. *Document n° 11792 (non publié)*. Grenoble.
- TOURENQ (J. N.), CAPBLANCO (J.) et CASANOVA (H.). 1978. — Bassin versant et hydrologie de la rivière Lot. *Annls Limnol.*, 14 : 9-23.
- VOLLENWEIDER (R. A.). 1968. — Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. *Rapport O.C.D.E. D.A.S./C.S.I.* 68-27 : 128 p.