



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 9634

To link to this article : doi: 10.1051/limn/1983006
URL : <http://dx.doi.org/10.1051/limn/1983006>

To cite this version : Chauvet, Eric and Prat, Marc and Tourenq, Jean-Noël [Dynamique des apports en nutriments azotés et phosphorés à la rivière Aveyron](#). (1983) Annales de Limnologie - International Journal of Limnology, vol. 19 (n° 1). pp. 51-58. ISSN 0003-4088

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Dynamique des apports en nutriments azotés et phosphorés à la rivière Aveyron

E. Chauvet¹

M. Prat²

J.N. Tourenq³

A partir de données physico-chimiques acquises sur le cours supérieur de l'Aveyron (octobre 79 à septembre 80), la nature des apports en nutriments azotés et phosphorés, leur localisation et le rôle auto-épurateur de certains tronçons sont mis en évidence.

Dynamics of contributions of nitrogen and phosphorus to the river Aveyron.

From the start of the acquisition of physical-chemical data from the upper reaches of the Aveyron (October 1979 - September 1980), the nature of contributions of nitrogen and phosphorus nutrients, their location and the self-purifying role of certain sections are described.

Le cours supérieur de l'Aveyron (amont de Rodez) présente des signes manifestes d'eutrophisation. Si, même dans les zones lotiques, le phytoplancton est peu concerné par ce phénomène, le périphyton (essentiellement des Diatomées benthiques) et les macrophytes aquatiques traduisent, par leur important développement, une évolution en liaison avec l'apport de nutriments (Chauvet 1981).

Nous nous sommes efforcés dans ce travail de localiser et définir la nature des apports en nutriments le long du Haut-Aveyron et de ses affluents au cours d'un cycle annuel.

1. — Rivière étudiée

L'Aveyron est un affluent rive droite du Tarn. La région étudiée correspond au bassin supérieur de son cours, en amont de Rodez. Quinze stations de

mesure ont été choisies sur le cours principal et les affluents (figure 1).

Les affluents de la rive droite (le Merdans, la Serre) présentent une résistivité faible, un pH élevé, une alcalinité et une dureté calcique fortes et peu de silice. Ils s'opposent aux affluents de la rive gauche (la Verlenque, l'Olip, le Galtiès, la Loubière et la Briane) dont la résistivité est élevée, le pH plus faible, l'alcalinité et la dureté calcique faibles et la teneur en silice importante ; une teneur en silice et une résistivité beaucoup plus élevées caractérisent les stations O1, O2, G et surtout L. Ces différences sont dues à la nature géologique des sous-bassins versants drainés par ces affluents : globalement, le sud (affluents rive gauche) est un massif cristallin, alors que le nord (affluents rive droite) est constitué de causses calcaires.

2. — Méthodes

Les méthodes de dosage d'azote et de phosphore sont celles utilisées pour mettre en évidence dans les eaux, de faibles quantités de nutriments.

L'ammoniac a été dosé selon la méthode au bleu-indophénol (de Dora Sheiner) avec une préci-

1. Centre d'Ecologie des Ressources Renouvelables (C.N.R.S.), 29, rue J. Marvig, 31055 Toulouse Cedex.

2. Institut de Mécanique des Fluides (I.M.F.), 2 rue Camichel, 31071 Toulouse Cedex.

3. Laboratoire d'Hydrobiologie, E.R.A. 702 du C.N.R.S., Université Paul Sabatier, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex.

sion de 2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ d'azote ammoniacal ; les nitrites, dosés selon la méthode de Griess, ont été décelés avec une précision de 0,2 à 2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ d'azote nitreux ; les nitrates ont été dosés selon la méthode au salicylate de sodium avec une précision de 2 à 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$ d'azote nitrique. Les orthophosphates et le phosphore total dissous (après minéralisation en milieu

acide) ont été dosés selon la méthode de Stephens, avec une précision allant de 0,1 à 2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de phosphore.

Ces dosages d'azote et de phosphore, et les mesures de débit instantané correspondantes ont été effectuées mensuellement au niveau de chaque station (tableau I).

Tableau I. Mesures physico-chimiques réalisées aux 15 stations d'octobre 1979 à novembre 1980.

- 1 : concentration en ammoniacque ($\mu\text{g.l}^{-1}$ N-NH₄) ;
- 2 : concentration en nitrites ($\mu\text{g.l}^{-1}$ N-NO₂) ;
- 3 : concentration en nitrates ($\mu\text{g.l}^{-1}$ N-NO₃) ;
- 4 : concentration en orthophosphates ($\mu\text{g.l}^{-1}$ P-PO₄) ;
- 5 : concentration en phosphore total dissous ($\mu\text{g.l}^{-1}$ P) ;
- 6 : débit instantané (l.s⁻¹).

1												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOût	Sept.
R1	n	0	18	6	136	12	5	14	0	0	38	20
V	n	0	4	09	399	0	6	5	1	2	31	35
M	n	3	36	350	177	0	n	n	n	n	n	n
R2	n	214	144	519	436	161	0	177	154	87	511	240
O1	n	20	17	38	03	20	0	0	5	126	40	18
O2	n	42	26	135	107	32	22	47	22	20	05	34
R3	n	34	0	17	50	16	32	5	17	40	03	52
R4	n	36	35	114	24	15	4	7	90	29	365	72
S	n	67	2	72	12	2	12	0	7	50	11	10
R5	09	19	35	77	40	102	44	120	90	195	63	01
G	n	78	5	5	14	0	13	11	10	10	10	0
L	n	0	1	1	5	2	0	13	4	0	0	0
R6	n	0	16	24	0	53	31	20	30	30	75	54
B	n	7	6	04	4	70	7	6	79	61	161	12
R7	021	37	66	260	174	205	400	456	571	579	605	165

2												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOût	Sept.
	.5	.7	2.1	.3	1.1	0.0	1.4	1.7	.9	2.9	1.3	2.5
	2.9	.5	2.5	0.0	.7	0.0	0.0	1.5	.5	.6	0.0	.0
	10.5	1.7	10.9	6.2	2.4	1.5	n	n	n	n	n	n
	17.2	0.0	13.7	11.0	7.2	206.0	16.6	12.1	46.0	20.5	62.4	61.2
	7.0	3.0	0.4	2.5	2.7	11.7	5.0	6.0	4.0	12.0	2.6	2.1
	7.0	3.0	10.5	3.1	4.2	10.0	12.1	7.0	5.0	21.7	12.1	15.4
	19.0	5.6	9.2	3.9	5.5	10.3	13.3	11.6	16.6	20.1	35.0	24.3
	9.0	4.6	14.7	6.4	2.7	0.6	7.0	9.6	9.5	15.7	22.6	5.3
	3.0	.0	0.0	.9	1.7	.9	2.6	3.2	3.5	2.3	3.4	1.7
	23.4	4.5	10.0	7.5	2.4	0.0	42.1	10.7	12.4	21.0	21.1	13.7
	0.0	3.0	2.6	1.6	1.3	.3	0.0	1.2	.3	.0	0.0	.2
	0.0	1.0	0.0	0.0	.6	0.0	0.0	0.0	.1	0.0	.1	.1
	10.6	4.9	17.0	3.4	4.6	5.4	6.4	12.1	16.1	15.1	37.0	4.9
	21.2	15.0	14.0	19.4	16.1	13.3	29.7	23.9	79.9	20.9	101.5	2.1
	145.0	14.0	62.0	29.5	102.5	16.1	42.4	29.9	178.2	137.6	126.6	101.2

3												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOût	Sept.
R1	1050	2554	2560	1363	3174	2592	3660	3000	3050	4465	4635	4363
V	1063	1330	1102	1223	1269	1240	796	1062	000	049	1011	931
M	3227	600	209	441	174	311	n	n	n	n	n	n
R2	2676	1636	1365	1413	1520	1670	1169	1315	1320	1309	2023	1407
O1	1410	043	026	039	030	050	001	710	712	976	070	062
O2	1209	099	037	1152	1174	000	710	601	032	1250	1000	1201
R3	1451	1356	1190	1295	1006	1170	096	990	931	933	1723	1350
R4	1237	1306	1326	1250	1262	1293	630	063	702	690	1616	000
S	1271	1394	514	064	651	673	632	440	730	632	966	037
R5	2002	1590	1410	1009	1144	064	329	509	577	559	1445	005
G	600	364	360	530	451	372	471	334	305	495	661	760
L	1614	000	610	724	561	521	406	343	205	415	437	340
R6	1505	1611	1164	1397	1252	950	491	035	603	700	1070	924
B	2063	3576	3444	3020	2740	1995	2245	1024	1024	1692	1775	1095
R7	2060	2276	1752	1050	1956	1066	012	950	1364	1012	2601	1257

4												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOût	Sept.
	11.0	14.0	15.0	10.6	10.2	4.9	3.6	17.6	22.2	5.6	11.5	10.0
	27.0	13.5	12.7	10.5	7.5	0.7	4.4	0.2	13.4	13.2	9.0	4.4
	27.6	1.0	39.5	7.6	1.1	.1	n	n	n	n	n	n
	40.3	94.5	31.1	05.4	01.4	00.2	106.0	235.0	252.7	206.0	226.0	311.0
	61.3	25.9	10.0	14.3	20.4	14.2	7.0	10.5	37.0	2.3	47.5	46.6
	45.4	35.1	32.0	20.4	35.1	25.2	70.0	51.5	03.2	211.0	110.1	227.4
	112.6	36.6	36.0	30.2	30.1	34.0	57.9	33.2	165.0	191.0	154.7	315.9
	137.4	27.7	40.2	15.1	35.1	27.6	12.6	31.0	51.3	125.3	00.0	142.0
	1.4	4.7	10.0	10.6	2.0	1.3	.6	.7	1.4	2.1	1.1	3.0
	221.5	61.0	71.9	60.9	04.7	07.6	70.9	41.5	153.7	246.0	124.0	271.0
	2.0	1.1	.5	2.0	2.3	.5	.0	4.2	2.3	1.6	1.0	4.3
	2.3	7.0	.2	2.2	.3	0.0	.2	1.9	.7	1.1	.4	2.5
	05.1	20.5	30.6	29.0	42.0	32.0	11.1	63.6	47.4	55.0	06.6	03.2
	147.0	23.6	55.6	177.7	139.5	95.2	470.0	095.0	694.0	704.0	712.4	405.2
	535.0	65.6	106.0	103.0	120.9	154.0	310.0	239.0	401.0	715.0	366.4	577.6

5												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOût	Sept.
R1	10.3	21.5	14.4	20.6	10.2	6.0	0.5	12.0	9.5	10.0	16.5	19.7
V	47.2	13.0	39.3	20.4	10.7	10.3	7.1	17.1	15.0	10.7	12.2	12.1
M	32.5	7.4	71.3	22.9	6.4	7.3	n	n	n	n	n	n
R2	110.1	126.2	133.0	140.9	105.0	140.0	140.0	335.0	214.0	353.0	246.6	334.4
O1	04.1	20.1	22.5	30.4	31.1	17.0	22.5	17.0	24.0	25.7	60.3	70.5
O2	106.0	26.5	61.7	30.5	39.7	23.6	99.0	53.3	94.2	237.0	104.0	209.0
R3	201.6	41.4	46.0	26.4	47.2	41.0	64.3	20.0	133.0	137.0	192.0	349.0
R4	112.5	76.2	05.3	24.4	31.6	29.0	20.0	40.7	55.0	154.9	114.7	142.2
S	10.4	16.3	42.2	9.3	6.6	4.3	3.3	10.7	4.4	14.9	11.0	11.6
R5	200.6	132.2	44.5	11.0	77.4	140.0	195.0	01.2	247.0	339.0	159.0	351.0
G	12.1	16.3	17.6	5.7	5.0	3.2	5.7	5.5	7.2	11.7	0.2	12.0
L	0.9	17.6	3.2	3.0	6.9	5.4	7.9	2.2	6.3	7.3	5.3	5.6
R6	72.1	20.5	52.9	79.4	90.3	11.1	24.4	75.0	47.4	73.0	112.4	03.5
B	141.5	37.3	65.7	170.0	345.6	141.0	610.0	1001.0	029.0	041.0	740.0	409.0
R7	402.0	154.0	134.4	144.6	140.3	253.0	020.0	300.0	017.0	094.0	427.0	727.0

6												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOût	Sept.
	130	111	05	05	130	102	41	73	32	9	16	7
	540	514	394	394	640	470	109	337	149	41	74	33
	1534	320	26	250	531	231	0	0	0	0	0	0
	2600	1150	006	920	1530	990	300	560	300	190	260	160
	1100	950	730	730	1100	070	370	490	225	320	130	20
	1100	950	730	730	1100	070	370	490	225	320	130	20
	3700	2100	1610	1650	2710	1060	750	1050	525	510	390	100
	2500	5350	3040	3590	4040	5100	1420	1900	1090	745	1000	000
	300	1960	2030	1200	1370	1470	515	660	479	423	361	261
	2000	7210	5070	4790	6210	6570	1935	2615	1505	1145	1421	016
	0	30	29	30	29	150	4	29	25	27	5	4
	73	260	220	170	140	420	75	100	125	110	12	5
	2200	10400	03									

3. — Résultats et discussion

a) Etude comparative des concentrations.

En A2, A5 et surtout A7, on observe de fortes concentrations en NH_4 , NO_2 et ortho- PO_4 (plus de $100 \mu\text{g.l}^{-1}$ P). En A3, A4 et A6, on remarque une très nette diminution des teneurs par rapport aux stations précédentes, en particulier pour NO_2 , ortho- PO_4 et P total dissous. Les concentrations sont sen-

siblement plus élevées en O_2 qu'en O_1 . Les teneurs en azote et phosphore de la Serre (S), du Galtiès (G) et de la Loubière (L) sont très faibles. La Briane (B) présente de fortes concentrations en NH_4 , NO_2 , NO_3 ainsi que les plus fortes teneurs en phosphore du bassin.

A l'issue de cette analyse, on peut tracer une carte indiquant l'importance relative des teneurs en azote et en phosphore aux différentes stations d'étude (fig. 1).

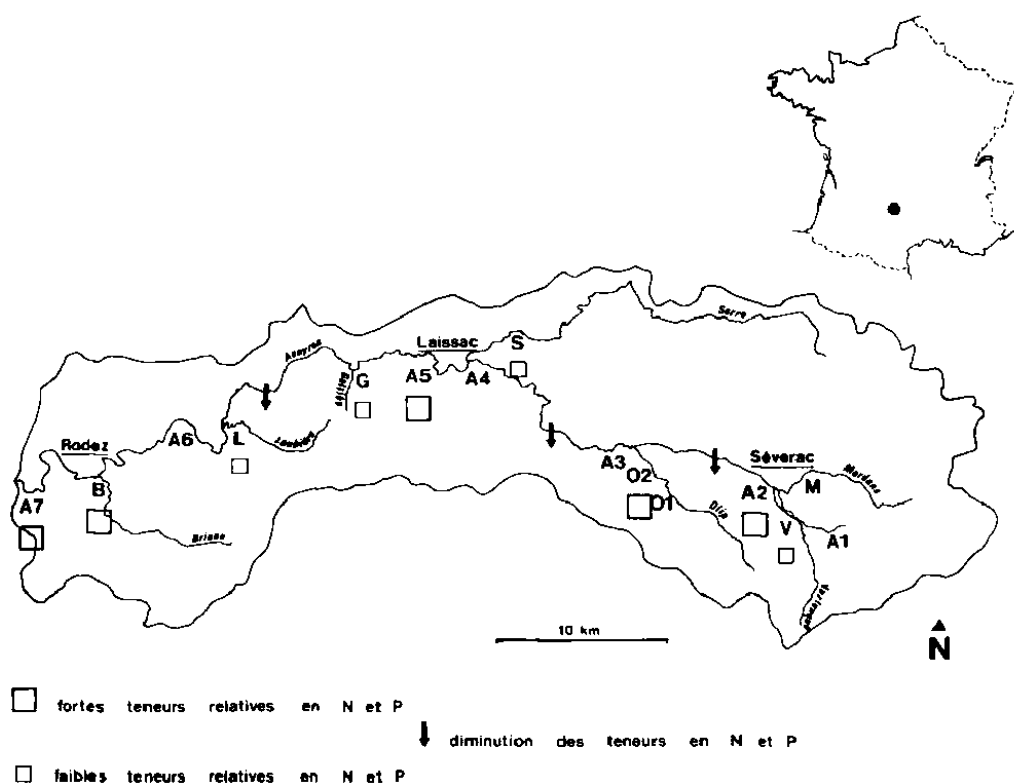


Fig. 1. Carte du haut-bassin de l'Aveyron indiquant l'importance relative des teneurs en azote et en phosphore aux différentes stations étudiées.

A1 l'Aveyron à sa source ; V la Verlanque ; M le Merdand ; A2 l'Aveyron à l'aval de Séverac ; o1 l'Olip à Recoules ; o2 l'Olip à Varès ; A3 l'Aveyron à Bézonnes ; A4 l'Aveyron à Manson ; S la Serre à Coussergues ; A5 l'Aveyron à Laissac ; G le Galtiès ; L la Loubière ; A6 l'Aveyron à Roquette ; B la Briane au Monastère ; A7 l'Aveyron en aval de Rodez.

b) Etude des relations concentrations-débits.

D'après Manczak et Florczyk (1971) et Hall (1970), on peut résumer à trois cas simples les différents types de pollution d'une rivière (Belamie, 1978) :

- cours d'eau principalement pollué par les rejets ponctuels et constants proches de la station de

mesure ; la fonction $C = f(Q)$ (avec, C : concentration et Q : débit) est décroissante et de type hyperbolique ;

- cours d'eau où le lessivage est prépondérant ; la fonction $C = f(Q)$ est croissante et de divers types : linéaire, exponentielle, logarithmique ;

- cours d'eau moyennement pollué ; la fonction $C = f(Q)$ est composite. L'apport en éléments fertilisants occasionné par les rejets (principal facteur de pollution pour les faibles débits) tend à être masqué par les apports dus au lessivage lorsque les débits augmentent.

Les figures 2, 3, 4 et 5 donnent une représentation graphique des relations concentration-débit pour NH_4 , NO_3 , ortho- PO_4 et P total dissous (les concentrations en ordonnée et les débits en abscisse sont exprimées en valeur relative).

Fig. 2. Relations concentration-débit pour l'ammoniaque (O : valeur manquante ; concentrations en ordonnée et débits en abscisse sont exprimés en valeur relative du maximum pour chaque station).

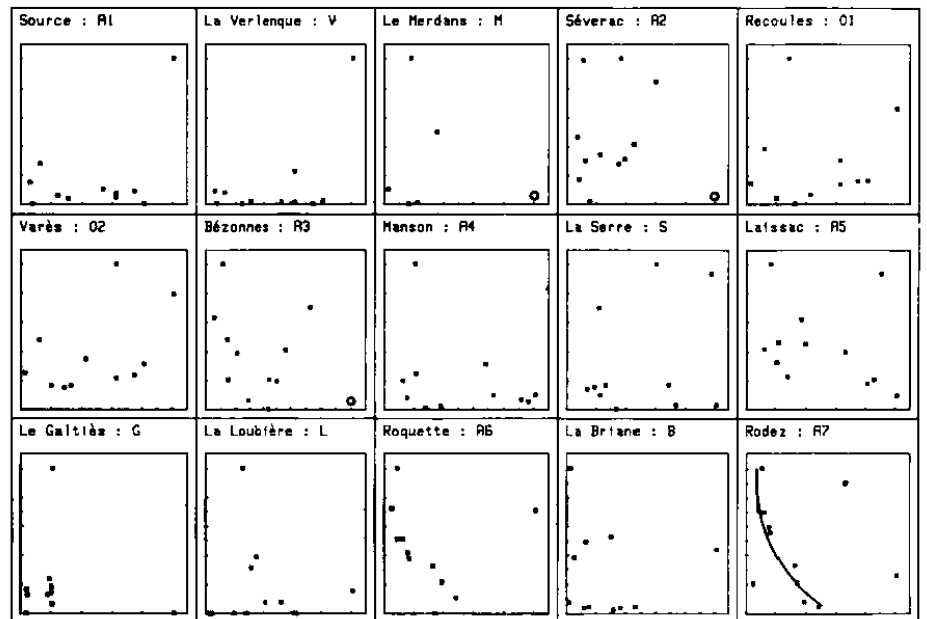
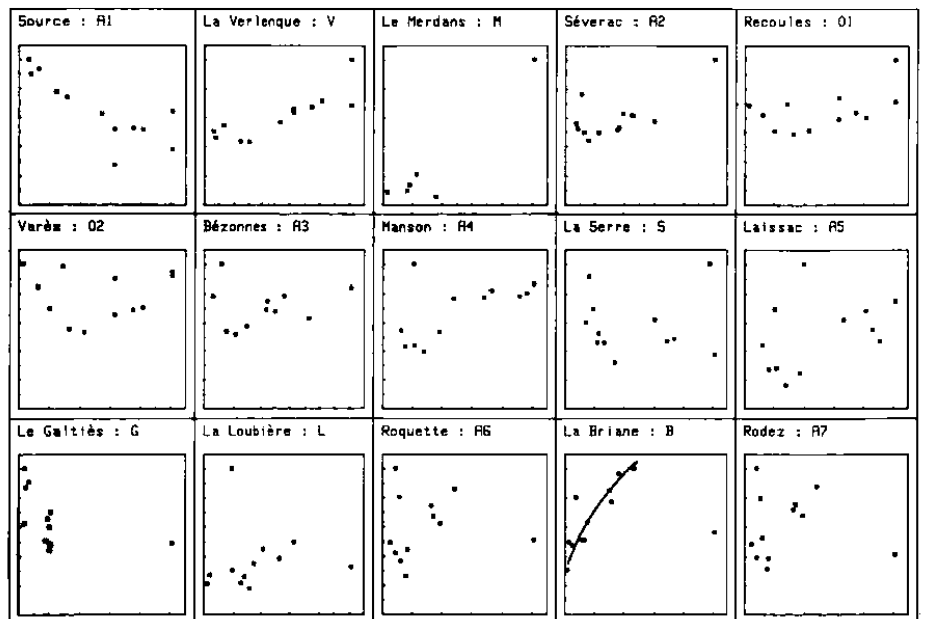


Fig. 3. Relations concentration-débit pour les nitrates (concentrations en ordonnée et débits en abscisse sont exprimés en valeur relative).



Rejets ponctuels :

L'examen des représentations graphiques de ces relations pour NH_4 , ortho- PO_4 et P total dissous montre que :

- les stations A2, O2, A3 et A7 sont de façon très nette sous l'influence de rejets ponctuels. Ceci est particulièrement évident à la station A7 pour NH_4 et aux stations A2 et O2 pour ortho- PO_4 et P total dissous, par exemple ;

Fig. 4. Relations concentration-débit pour les orthophosphates (concentrations en ordonnée et débit en abscisse sont exprimés en valeur relative).

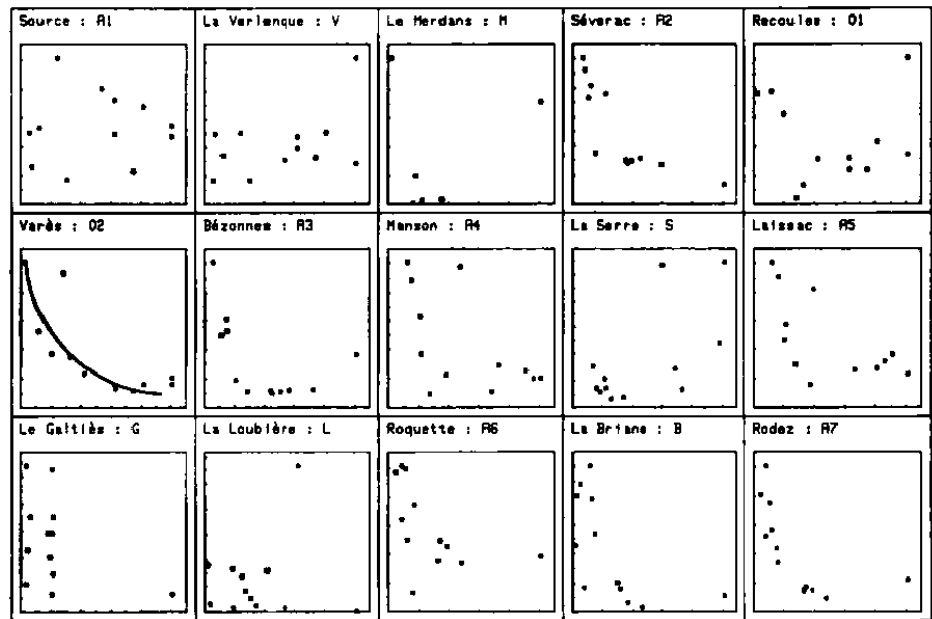
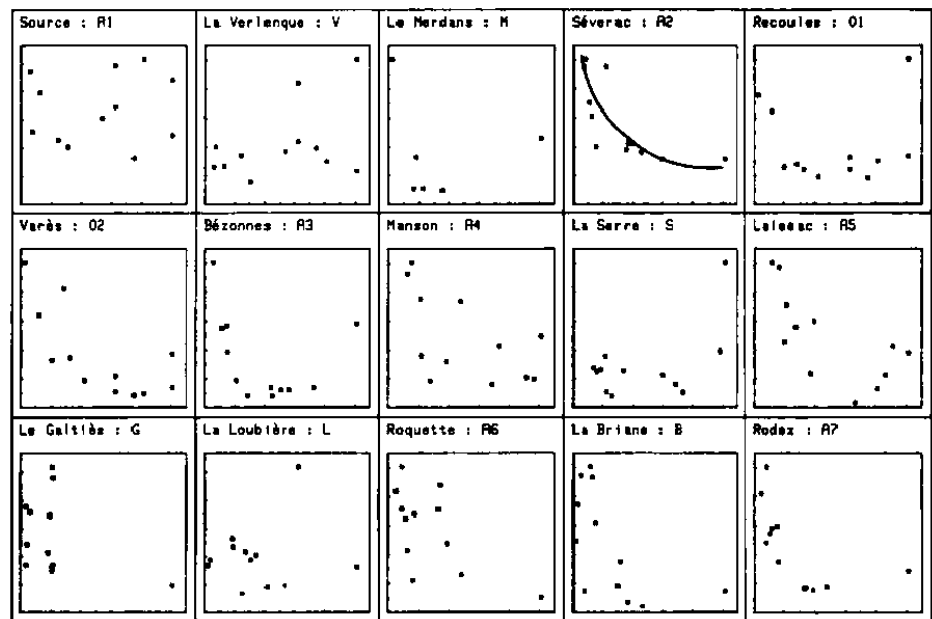


Fig. 5. Relations concentration-débit pour le phosphore total dissous (concentrations en ordonnée et débits en abscisse sont exprimés en valeur relative).



- les rejets ponctuels jouent un rôle important pour les stations A6, A5, A4 et B.

Rejets diffus :

L'examen visuel des relations concentration-débit pour NO_3 montre que l'apport par lessivage est marqué pour les stations V, O1, A4, L et surtout B, et que ce mécanisme joue un rôle assez important pour les stations O2, A3 et A6.

Cas complexe :

La Serre, à la station S, est un exemple de rivière où la fonction $C = f(Q)$ est composite. L'examen visuel de la relation $(\text{NO}_3)\text{-}Q$ montre une grande dispersion des points, de même que la relation $(\text{ortho-PO}_4)\text{-}Q$. Il est donc impossible de distinguer un effet de dilution (rejet ponctuel) d'un effet de lessivage (rejet diffus).

A l'issue de cette deuxième analyse, on peut tracer une carte indiquant l'origine des apports (fig. 6).

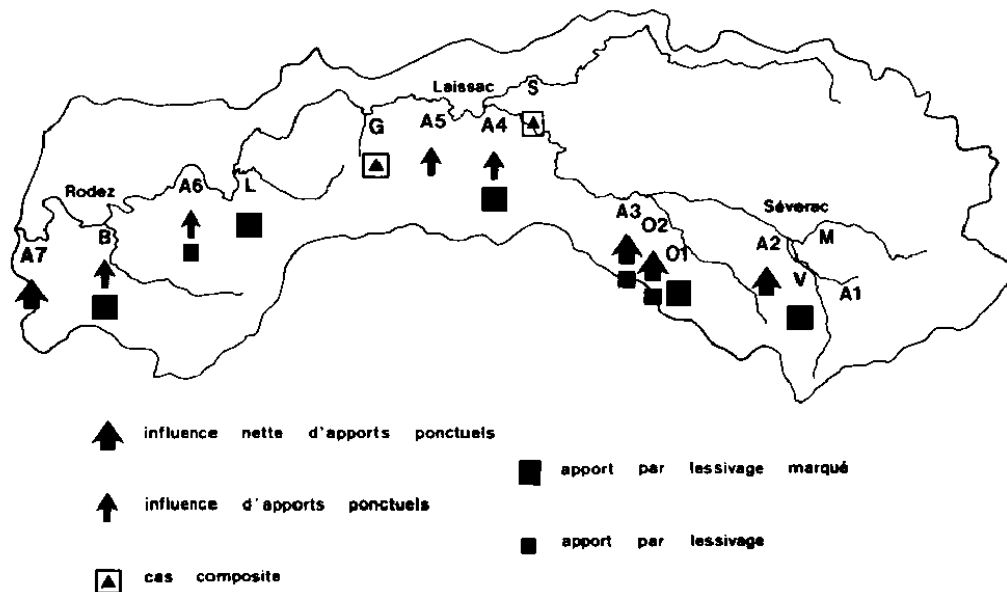


Fig. 6. Représentation schématique des types d'apports.

c) Calcul des flux mensuels.

Les flux globaux ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) parvenant à chaque station et dans chaque tronçon ont été calculés pour NH_4 , NO_3 , ortho- PO_4 et P total dissous, chaque mois et dans l'hypothèse d'un régime permanent (tableau II).

Pour chaque station, on calcule donc les quantités :

$$\Phi_x^\alpha = Q_x \times C_x^\alpha$$

avec : Φ_x^α = flux en constituant α à la station x ;

Q_x = débit à la station x ;

C_x^α = concentration en constituant α à la station x

Pour chaque tronçon, on calcule la quantité R , différence entre deux flux consécutifs (si R est positif, il y a apport ; si R est négatif, il y a perte).

$$R_i^\alpha = \Phi_{i+1}^\alpha - \Phi_i^\alpha - \sum_{j=1}^n \Phi_j^\alpha = Q_{i+1} \times C_{i+1}^\alpha - Q_i \times C_i^\alpha - \sum_{j=1}^n \Phi_j^\alpha$$

Les stations i (amont) et $i+1$ (aval) sont situées sur l'Aveyron, les n stations j sont situées sur les affluents entre i et $i+1$.

Ces calculs permettent l'étude de l'évolution spatiale et saisonnière de ces flux résiduels et leur comparaison avec les flux arrivant aux stations. D'une

manière générale, on constate une opposition entre les six premiers et les six derniers mois de l'étude ; les flux sont nettement plus faibles au printemps et en été, particulièrement ceux de nitrates, élément pour lequel les concentrations fortes sont associées aux débits élevés (hiver).

- R1 et R6 sont positifs pour les quatre éléments considérés et fortement corrélés, respectivement avec A2 et avec A7 ;
- R2 est presque toujours négatif pour les quatre éléments ;
- R3 est positif pour NH_4 et NO_3 ; pour le phosphore, R3 est positif de novembre à mars et négatif ou très faible d'avril à septembre ;
- R4 est positif pour ortho- PO_4 et P total dissous ; pour NO_3 , R4 est négatif au printemps et en été et positif en automne et en hiver ;
- R5 est positif pour NO_3 , négatif pour les autres éléments.

Ceci confirme le caractère ponctuel des apports de nutriments au niveau des stations A2 (Séverac), A5 (Laissac) et A7 (Rodez). Par ailleurs, un phénomène de « perte » de nutriments est mis en évidence sur certains tronçons : en particulier, les flux d'azote et de phosphore se révèlent négatifs tout au long de l'année sur R2, sur R5 (ammoniaque, phosphore), et au printemps et en été sur R3 (phosphore) et R4 (nitrates).

Tableau II. Flux de nutriment correspondant à chaque station et à chaque tronçon.
 1 : Ammoniaque (x 0,1 mg.s⁻¹ N) ;
 2 : Nitrates (mg.s⁻¹ N) ;
 3 : Orthophosphates (x 0,1 mg.s⁻¹ P) ;
 4 : Phosphore total dissous (x 0,1 mg.s⁻¹ P).

1													2												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	
R3	0	0	5	5	100	12	2	10	3	0	6	1	256	203	210	116	438	264	150	226	123	40	74	35	
V	0	41	16	351	2520	0	11	17	1	1	23	12	1192	684	466	482	612	587	150	355	119	35	75	31	
N	0	10	9	924	940	0	0	0	0	0	0	0	4950	223	9	114	92	72	0	0	0	0	0	0	
R2	0	2410	1242	3495	3015	1502	17	904	450	164	1300	371	559	651	519	500	595	731	143	156	153	109	379	172	
OE	0	2461	1278	4775	6671	1534	30	993	462	165	1329	304	6350	1001	1209	1300	2320	1653	444	796	396	264	520	230	
OE	0	399	212	506	1263	270	81	230	50	64	85	7	1427	854	611	841	1305	765	263	324	201	483	140	26	
R2	0	-2146	-1400	-5400	-6362	-1576	120	-1163	-423	-25	-1000	-297	-2659	112	100	-4	-700	-243	-35	-31	-100	-191	6	-21	
R2	0	714	0	201	1572	290	240	52	00	204	324	94	5405	2040	1923	2137	2943	2176	672	1040	460	476	674	240	
R2	0	1212	1344	3012	-410	671	-103	06	902	12	3545	330	-2382	4621	3169	2351	3165	4419	223	663	276	30	1039	205	
R2	0	1826	1344	4093	1162	969	57	135	901	216	3069	432	3093	7465	5852	4400	6120	6594	895	1306	765	514	1713	320	
R	0	1313	41	864	164	25	62	0	31	212	40	26	381	2732	1243	1237	952	503	327	294	320	267	349	210	
R4	0	-1023	670	-1260	1150	10059	733	2999	343	1005	-3013	203	2362	1100	2100	650	124	-1252	-193	-610	-217	-141	-9	-0	
R4	2471	1316	2055	3690	2404	11957	051	3120	1355	2233	895	661	5046	11309	9324	6174	2124	6323	637	1331	600	640	2053	700	
G	0	23	1	2	4	0	1	3	3	5	1	0	6	11	11	16	13	50	2	13	13	13	3	2	
L	0	0	2	2	7	0	0	10	5	0	0	0	110	200	150	123	70	215	30	34	36	46	3	2	
RS	0	-907	-730	-2019	-2495	-306	140	-2100	-442	-1610	327	-207	-2050	5147	1191	3424	1915	14460	866	1506	735	595	557	33	
RS	0	932	1320	1673	0	11660	932	956	520	019	1223	454	3211	16754	9661	9737	9115	21076	1573	2001	1653	1244	3061	774	
B	0	47	32	363	10	1042	15	10	142	37	40	1	201	2407	1012	1300	1240	2565	471	292	320	102	11	11	
RS	0	3210	4466	17002	13439	35300	15634	15406	13704	9129	8916	548	1146	6041	3550	2700	4766	594	226	430	1565	324	1155	291	
W2	10003	4097	5025	19037	13457	49000	16641	16402	14046	9705	10079	1463	4730	25200	15463	12753	15120	25030	2765	3603	2546	1710	1305	1060	

3													4												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	
R1	16	16	13	9	14	5	1	13	7	1	2	1	25	24	12	10	14	7	3	3	3	1	3	1	
V	170	60	50	41	40	41	0	20	20	5	7	1	302	21	155	00	60	06	13	58	24	0	9	4	
N	423	3	10	20	6	0	0	0	0	0	0	0	493	24	19	53	34	17	0	0	0	0	0	0	
R1	430	1002	733	716	1170	047	353	1276	731	537	579	495	2037	1332	993	1213	1503	1355	515	1000	615	662	620	530	
R2	1040	1001	007	706	1245	093	403	1316	750	643	500	490	2063	1451	1170	1370	1600	1465	532	1076	642	671	641	535	
O2	536	333	234	207	414	215	200	252	107	675	154	45	1250	256	450	223	460	205	366	261	212	750	230	50	
R2	2673	-656	-459	-495	-027	-400	-257	-1220	-70	-245	-130	26	3500	-037	-079	-1157	-069	-093	-416	-1043	-156	-424	-132	37	
RS	4256	769	502	490	1033	632	434	349	066	974	003	563	7620	069	756	436	1279	777	402	294	600	1000	740	630	
R3	001	713	362	44	666	775	-255	265	-107	-41	329	203	-000	3007	1751	440	250	742	-05	670	-99	149	467	224	
R4	3435	1402	1544	542	1699	1400	170	614	559	933	933	052	2013	4077	2500	076	1520	1520	390	064	600	1154	1216	053	
S	4	92	219	127	30	19	3	5	6	9	4	0	32	310	057	112	90	63	17	71	19	63	40	30	
R4	2700	2005	2450	2631	3523	4906	1345	467	1740	1074	037	1352	3013	5260	-752	-461	3107	0141	3350	1000	3000	2665	1004	1001	
G	0220	4455	4221	3300	5260	6412	1527	1005	2313	2017	1773	2211	0557	9664	2612	527	4007	9724	3773	2123	3717	3002	2250	2064	
G	0	1	5	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	5	0	1	5	0	2	2	2	3	0	1	
L	2	21	0	4	0	0	0	2	1	1	0	0	6	46	7	5	10	23	6	2	0	0	1	0	
RS	-4340	-1516	-1017	-1220	-2203	003	-1172	1100	7946	-1922	-362	-1513	-4270	-6750	1766	5000	2330	-7300	-2390	400	-2500	-2592	-420	-2000	
RS	1072	2064	3204	2077	3050	7216	355	2194	10261	097	1412	609	1500	2964	4391	5534	7156	2442	701	2615	1147	1301	1032	705	
B	145	150	292	760	634	1412	1000	1432	1249	470	170	41	130	251	346	760	1560	2000	1200	1000	1672	505	105	49	
RS	10000	4141	5050	4770	5650	27530	9216	5000	-1004	10717	4474	4170	0300	13037	7126	4400	2744	54000	15926	6000	10623	13243	5000	5345	
W2	12305	7064	9356	7024	9350	36172	10571	0626	10426	12004	6004	4910	11104	17052	11062	10703	11470	55425	10005	11110	13442	15100	7067	6100	

Ces pertes peuvent provenir soit d'une autoépuration par assimilation végétale (macrophytes et périphyton) soit, en ce qui concerne l'azote, d'un phénomène de dénitrification bactérienne. L'utilisation de l'azote par les plantes supérieures dans les eaux n'explique généralement qu'un très faible pourcentage des pertes (Casey 1977). Un calcul simple montre que dans l'hypothèse d'une densité de périphyton correspondant au maximum rencontré dans l'Aveyron (80 g.m⁻² de matières sèches pour 14 g.m⁻² de matière organique), la croissance de ces algues ne peut expliquer qu'au maximum 1% des pertes de nitrates. En fait, de nombreux auteurs s'accordent à reconnaître l'importance majeure des phénomènes de dénitrification au niveau des sédiments, par réduction bactérienne des nitrates en azote gazeux N₂ et oxyde nitreux N₂O (Kaushik et al. 1981). Ce phénomène estival et printanier enregistré sur de nombreux cours d'eau comparables au Haut-Aveyron peut conduire à des pertes annuelles de plusieurs centaines de kg d'azote sur certains tronçons (Robin-

son et al. 1979) ; ces pertes peuvent représenter 50 % de l'apport en azote et 75 % de l'apport en nitrates (Hill 1979).

En conclusion de cette troisième analyse, on peut tracer une carte montrant les apports essentiels et les secteurs marqués par des phénomènes d'assimilation végétale et essentiellement de dénitrification bactérienne (fig. 7).

3. — Conclusion

La méthode suivie a permis de mettre en évidence plusieurs caractéristiques du réseau hydrographique du Haut-Aveyron. (1) La chimie de l'eau, avec des taux généralement élevés d'azote et de phosphore, favorise le développement de la végétation aquatique ; par ailleurs, les plus fortes concentrations sont atteintes pour les faibles débits, au printemps et en été. (2) Les quantités de nutriments issues des bassins forestiers sont très faibles (cas des

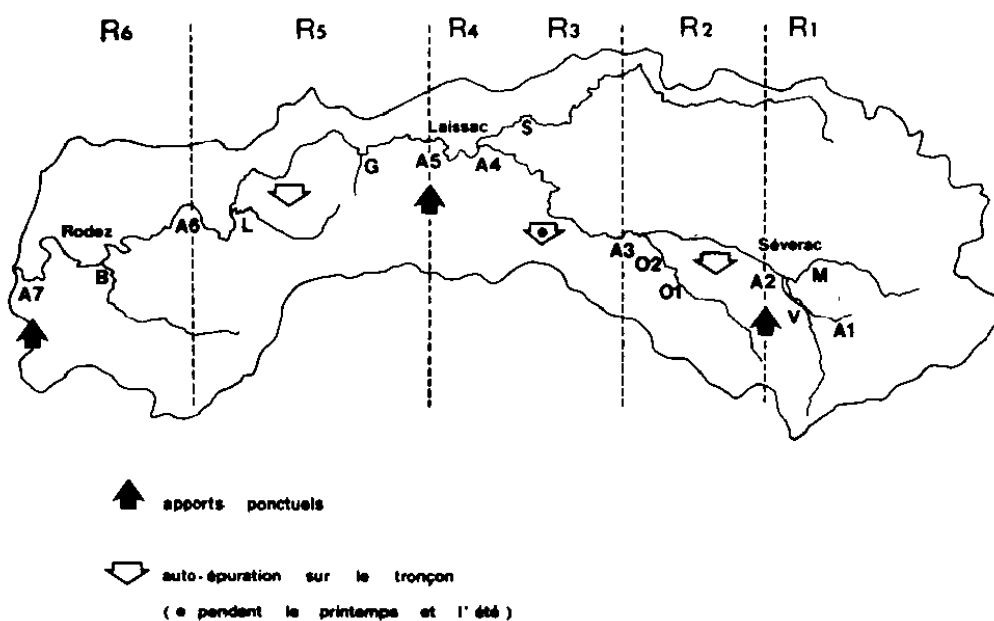


Fig. 7. Localisation des apports essentiels et des phénomènes d'autoépuration.

affluents la Verlenque, le Galtiès, la Loubière). (3) L'effet des zones cultivées sur la charge en nutriments se manifeste sur la Briane ; cet effet se trouve cependant partiellement masqué par l'existence de rejets ponctuels. (4) Certains tronçons de l'Aveyron et de quelques affluents (la Serre) ont un rôle auto-épurateur (phénomènes de dénitrification bactérienne). (5) Les trois localités les plus importantes du bassin versant (Séverac, Laissac et surtout Rodez) sont à l'origine d'importantes pollutions ponctuelles.

Travaux cités

Belamie (R.). 1978. — Transfert des fertilisants vers les eaux de surface dans un petit bassin versant agricole. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20 : 1503-1508.

- Casey (H.). 1977. — Origin and variation of nitrate-nitrogen in the chalk springs, streams and rivers in Dorset, and its utilisation by higher plants. *Prog. Wat. Tech.*, 8 (4/5) : 225-235.
- Chauvet (E.). 1981. — Eutrophisation du Haut-Aveyron. *Thèse de 3^e cycle. Univ. Toulouse* : 97 p.
- Hall (R.). 1970. — Dissolved solids discharge relationships 1 - mixing models - *Wat. Res. Research*, 6 (3) : 845-850.
- Hill (A.R.). 1979. — Denitrification in the nitrogen budget of a river ecosystem. *Nature*, 281 : 291-292.
- Kaushik (N.K.), Robinson (J.B.), Stammers (W.N.) & Whiteley (H.R.). 1981. — Aspects of nitrogen transport and transformation in headwater streams. In : *Perspectives in Running Water Ecology*, Lock M.A. & Williams D.D. (eds), *Plenum Press, New York* : 113-139.
- Manczak (H.) & Florczyk (H.). 1971. — Interpretation of results from studies of pollution of surface flowing water. *Water Research*, 5 (8) : 575-584.
- Robinson (J.B.), Whiteley (H.R.), Stammers (W.N.), Kaushik (N.K.) & Sain (P.). 1979. — The fate of nitrate in small streams and its management implications. In : *Best management practices for agriculture and silviculture. Proceedings of the 10th Annual Cornell Agricultural Waste Management Conference*. R.C. Loehr, D.A. Haith, M.F. Walter and C.S. Martin (eds), 1978. Ann Arbor Sci. Publishers Inc., Ann Arbor, M.I.

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un programme P.I.R.E.N. financé par l'Agence Financière de Bassin Adour-Garonne (convention n° E/09/79).