

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'ammoniaque 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.A.), 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 ammoniacale ($\mu\text{g.l}^{-1}$ 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.
PH	n	0	10	8	196	12	5	14	0	0	30	20
V	n	0	4	81	205	0	6	5	7	50	31	26
N	n	3	36	358	177	0	n	n	n	n	n	n
NP	n	214	144	519	436	161	0	177	154	87	511	240
OP	n	20	17	0	83	20	0	0	5	126	48	18
OT	n	42	28	135	187	32	22	47	32	20	65	24
PD	n	34	0	17	50	16	32	5	10	40	83	52
PM	n	36	25	14	15	4	7	10	27	305	32	32
PG	n	67	7	12	12	12	0	7	2	10	11	10
GS	09	19	25	77	48	182	44	120	50	155	63	81
G	n	70	5	5	14	0	13	11	10	18	10	10
L	n	0	1	1	5	2	0	13	4	0	0	0
MG	n	0	16	24	0	53	31	20	30	30	75	54
B	n	7	6	84	4	70	7	6	79	61	151	12
NP	021	37	66	228	174	220	400	456	571	579	680	165

2													
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	
1	5	7	2,1	2,1	1,1	0,0	1,4	1,7	0	2,3	1,3	2,5	
2	0,9	1,5	2,5	0,0	7	0,0	0,0	1,5	5	0	0,0	0	
3	18,5	1,7	18,5	6,2	2,4	1,5	n	n	n	n	n	n	
4	17,2	0,0	13,7	11,0	7,2	206,0	16,6	12,1	46,0	20,5	82,4	61,2	
5	7,0	3,0	8,4	2,5	2,7	11,7	5,0	6,0	4,0	10,0	2,6	2,1	
6	2,0	3,0	18,5	2,1	4,2	10,0	12,1	7,0	8,0	21,7	12,1	15,4	
7	19,0	5,6	9,2	3,0	5,5	10,3	12,0	11,6	16,0	20,1	30,0	24,3	
8	9,0	4,0	14,7	6,4	1,0	6,4	7,0	8,6	5,5	15,2	22,0	5,3	
9	2,0	0	0,0	5,0	1,7	5,0	5,0	2,5	3,2	12,0	2,3	3,4	
10	23,4	4,5	10,0	7,5	2,4	0,0	40,1	10,7	12,4	21,0	21,1	13,7	
11	0,0	3,0	2,5	1,6	1,3	3	0,0	1,2	3	0	0	0	
12	0,0	1,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	
13	18,0	4,0	17,0	3,4	4,0	5,4	1,4	12,1	16,1	15,1	37,0	4,3	
14	21,2	15,0	14,0	19,4	16,1	13,1	29,2	25,7	25,0	79,0	20,0	10,5	2,1
15	195,0	14,0	62,0	28,0	180,0	16,1	62,4	29,0	179,0	137,0	160,0	101,0	

3												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
PH	1050	2554	2500	1303	3174	2532	3600	3000	3800	4405	4636	4363
V	1853	1230	1182	1223	1283	1248	756	1052	800	849	1011	931
N	3227	1800	209	441	174	311	n	n	n	n	n	n
NP	2676	1326	1305	1413	1520	1670	1169	1315	1200	1100	2021	1487
OP	1510	813	820	1033	300	850	341	719	712	570	670	552
OT	1000	959	937	1352	1314	608	718	601	622	1154	1080	1311
PD	1451	1356	1356	1495	1366	1130	890	960	321	533	1270	1750
PM	1837	1396	1326	1250	1262	1293	630	863	780	690	1616	610
PG	1271	1314	154	864	651	671	620	440	730	632	560	837
GS	2080	1550	1410	1810	1444	364	329	505	577	553	1445	900
G	605	304	358	530	451	372	471	374	355	435	641	740
L	16	0	0	610	561	561	492	243	295	415	437	200
MG	1500	1611	1164	1191	1072	1072	495	621	700	1070	1014	824
B	2863	3576	3444	3020	2740	1925	2245	1814	1824	1852	1755	1805
NP	2200	2276	1762	1856	1856	1866	812	950	1364	1812	2681	1257

4												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
1	11,0	14,0	15,0	18,4	18,2	4,3	3,6	17,4	22,2	5,4	11,5	18,0
2	13,5	12,7	10,5	7,5	0,7	4,4	0,2	13,4	13,2	5,0	6,4	6,4
3	27,6	1,0	30,5	7,6	1,1	1	n	n	n	n	n	n
4	100,3	25,5	31,1	85,4	81,4	30,2	106,0	235,0	252,7	206,0	230,0	211,0
5	61,3	64,9	18,0	14,3	20,4	14,2	7,0	18,5	37,0	8,2	47,5	46,6
6	45,4	26,1	21,0	20,4	25,1	25,2	70,0	51,5	82,3	211,0	181,1	227,4
7	112,6	36,4	36,0	30,2	30,1	34,0	57,2	32,1	125,0	191,0	190,0	190,0
8	137,4	27,7	40,2	25,1	25,1	27,6	12,6	31,0	51,3	125,3	80,0	142,0
9	1,4	4,7	10,0	10,6	2,0	1,3	4	7	1,4	2,1	1,1	3,0
10	221,5	61,0	71,3	60,0	67,0	67,4	79,3	41,5	153,7	246,0	124,0	177,0
11	2,0	1,1	5	2,0	2,3	5	0	4,2	2,3	1,6	1,8	4,2
12	2,0	2,0	2,2	3	0,0	2	1,9	7	1,1	1,4	2,5	2,5
13	85,1	26,5	30,6	29,0	40,0	30,0	11,1	53,4	67,4	55,0	88,3	40,2
14	47,5	62,6	85,6	127,7	126,5	125,2	425,6	305,5	679,4	704,4	712,4	602,2
15	235,5	83,5	106,0	102,0	120,0	154,0	310,0	229,0	420,0	715,0	301,4	577,5

5												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
PH	18,3	21,5	16,4	28,6	10,2	6,0	8,5	12,0	9,5	18,0	16,5	13,7
V	47,2	13,0	39,3	26,4	18,7	10,3	7,1	17,1	15,4	10,7	12,7	12,1
N	125,5	7,4	71,2	22,0	4,4	2,3	4	4	0	0	0	0
NP	118,1	120,2	133,0	140,0	140,0	144,0	140,0	133,0	214,0	205,0	245,0	334,0
OP	51,4	26,1	22,3	38,4	31,1	17,0	22,5	17,0	24,0	25,7	60,3	70,6
OT	80,2	106,0	61,7	36,5	39,7	23,6	39,0	52,3	54,2	23,9	184,0	205,0
PD	1201,5	41,4	46,0	75,4	47,2	41,0	54,3	26,0	130,0	137,0	132,0	149,0
PM	112,5	76,2	65,3	24,4	31,4	29,0	28,0	48,7	55,0	54,9	114,7	142,2
PG	18,0	16,3	40,2	3,3	3,6	4,3	3,3	10,7	4,4	12,0	11,0	11,6
GS	132,0	132,0	145,5	11,0	73,4	140,0	135,0	81,7	247,0	330,0	350,0	351,0
G	12,1	16,3	17,6	5,7	5,0	3,2	3,7	5,5	7,2	11,7	8,2	10,0
L	0,0	1,7	3,0	3,0	6,0	5,4	7,0	2,2	6,3	7,0	6,3	5,4
MG	77,1	20,5	32,0	78,4	80,3	11,1	24,4	75,0	47,4	7,0	112,4	93,5
B	141,5	52,7	65,7	179,0	145,6	141,0	610,0	825,0	841,0	740,0	495,0	495,0
NP	187,0	154,0	134,4	144,6	140,3	150,3	130,0	137,0	191,0	247,0	427,0	727,0

6												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
PH	11,0	11,5	8,5	30,0	10,0	4,1	7,3	32	9	16	7	10
V	640	514	294	634	640	470	180	330	327	41	74	33
N	1531	300	276	250	531	231	0	0	0	0	0	0
NP	1150	1050	870	1210	1070	700	500	500	800	1100	1100	1050
OP	1100	950	730	1100	870	370	450	275	320	130	20	10
OT	1100	950	730	1100	870	370	450	275	320	130	20	10
PD	2100	1610	1610	2710	1950	750	1050	525	510	390	100	100
PM	2500	2500	2600	4000	5100	1400	1800	1800	345	1000	600	1000
PG	2000	1900	2000	2200	2370	1470	1470	1470	420	420	361	261
GS	2100	2100	1670	4700	6210	6370	1610	1610	1610	1400	1400	1400
G	0	20	20	30	150	4	25	25	27	5	4	4
L	73	260	220	170								

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).

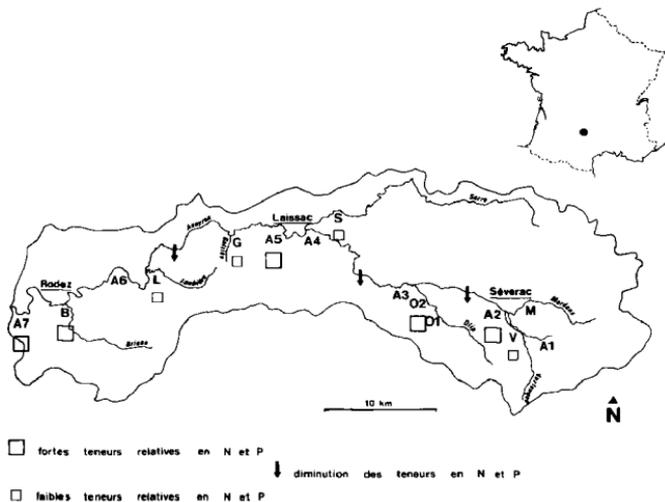


Fig. 1. Carte du haut-bassin de l'Aveyron indiquant l'importance relative des teneurs en azote et en phosphore aux différentes stations étudiées.

A1 l'Aveyron à sa source ; V la Verlanque ; M le Merdans ; A2 l'Aveyron à l'aval de Séverac ; o1 l'Olip à Recoules ; o2 l'olip à Varès ; A3 l'Aveyron à Bézonnnes ; 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'ammoniac (O : valeur manquante ; concentrations en ordonnée et débits en abscisse sont exprimés en valeur relative du maximum pour chaque station).

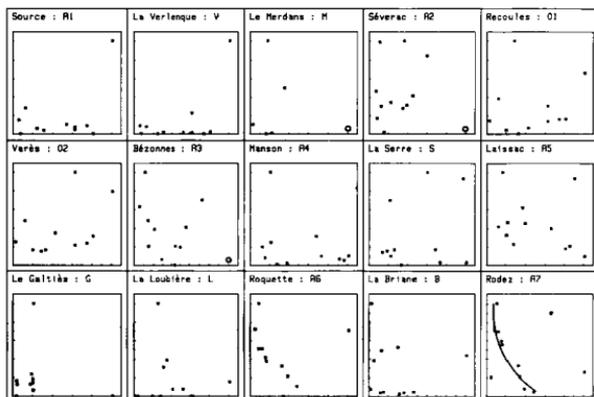
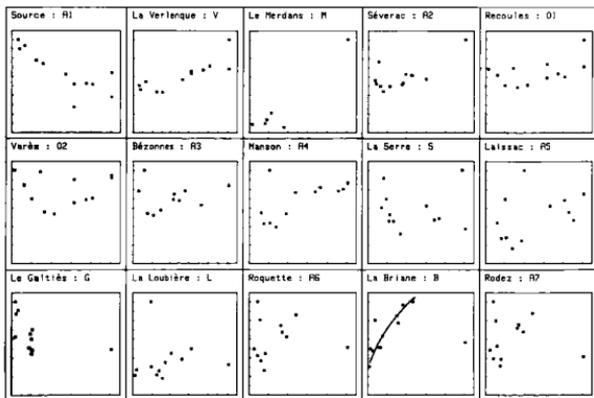


Fig. 3. Relations concentration-débit pour les nitrates (concentrations en ordonnée et débits en abscisse sont exprimés en valeur relative).



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).

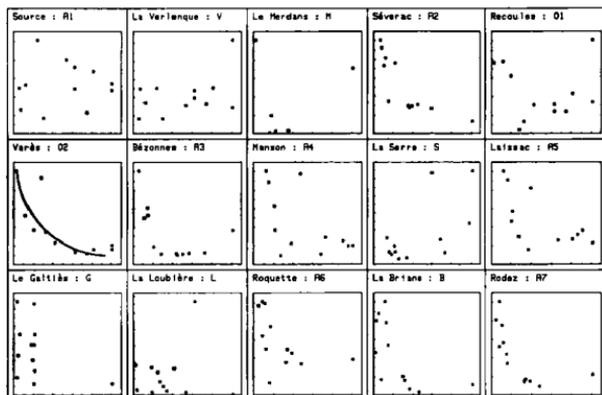
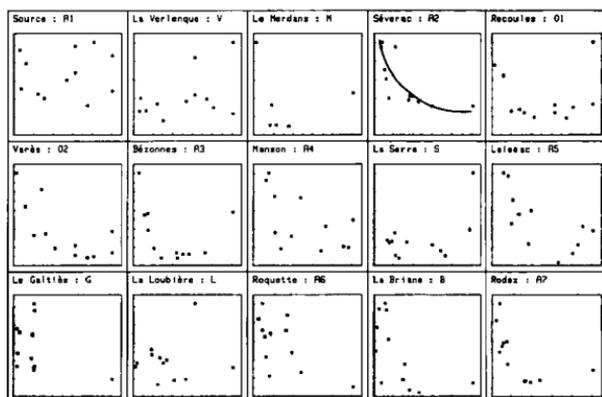


Fig. 5. Relations concentration-débit pour le phosphore total dissous (concentrations en ordonnée et débits en abscisse sont exprimés en valeur relative).



- 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).

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

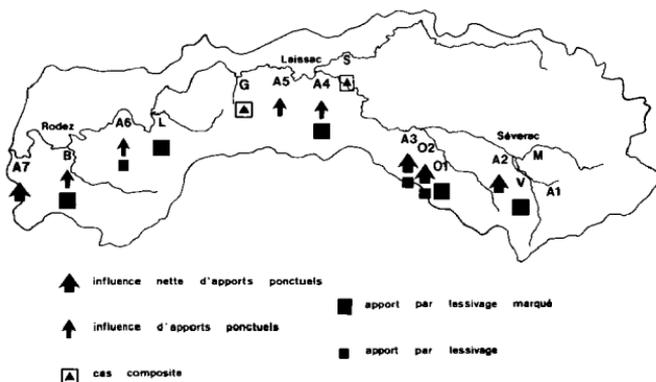


Fig. 6. Représentation schématique des types d'apports.

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 : Ammoniacque (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.	Feb.	Mars	Avril	Mai	Jun.	Juillet.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mars	Avril	Mai	Jun.	Juillet.	Sept.			
10	0	0	5	130	12	2	10	3	0	0	1	254	763	218	118	438	864	158	238	123	48	24	21		
11	0	0	15	2020	0	0	0	0	0	0	12	1126	184	446	812	912	187	156	255	129	25	21	21		
12	0	0	10	324	0	0	0	0	0	0	0	450	212	0	114	92	0	0	0	0	0	0	0		
13	0	2410	1242	2435	2021	1592	17	904	450	164	1300	371	555	851	519	580	955	731	143	156	152	189	379		
14	0	2461	1275	1175	621	1256	30	591	462	165	1200	304	1520	1861	1200	2330	1533	444	736	706	264	500	108		
15	0	339	212	985	1262	278	0	270	50	84	95	7	1427	854	61	941	1385	765	263	234	100	440	140		
16	0	-2146	-1400	-9300	-6200	-1375	120	-1163	-422	-25	-1000	-257	-2579	112	180	-4	-790	-243	-25	-21	-100	-181	0		
17	0	214	0	291	1272	210	240	53	85	200	324	94	1462	2048	2522	2127	2943	2176	627	1800	445	472	240		
18	0	1212	1341	3612	-418	617	-183	80	802	12	3545	130	2352	421	3163	2251	2145	4410	227	633	476	30	1859	285	
19	0	1530	134	4003	1162	982	57	125	101	216	3002	932	3003	2465	5064	4480	4700	6350	481	1300	745	114	1712		
20	0	1312	41	864	164	62	0	71	21	216	3002	932	3172	2792	1497	910	181	32	530	242	267	347	218		
21	0	-1823	678	-1258	1510	1003	733	239	343	1005	-1013	282	2362	1180	2180	518	104	-1258	-165	-610	-111	-143	-0		
22	0	1115	2055	3639	2446	1150	851	3130	1325	2273	161	5046	11260	8274	6174	740	2333	437	1231	440	440	603	700		
23	0	2	2	4	0	1	3	2	5	1	0	0	11	11	15	15	2	10	12	13	2	0	0		
24	0	0	2	2	0	0	13	5	0	0	0	118	200	156	123	75	210	36	36	46	3	7	7		
25	0	-847	-720	-2015	-2455	-386	1400	-1820	-442	-1610	-227	-207	-2025	2147	5115	3624	1815	1458	1656	1506	725	105	-145		
26	0	932	1203	1613	0	11680	652	556	520	619	1223	414	3311	16754	9661	5737	1115	21704	1571	2001	1653	1244	3061		
27	0	47	37	162	18	1042	15	18	142	37	40	1	381	2407	1812	1300	1240	7563	473	252	330	187	34		
28	0	3218	4445	17002	13703	30330	12614	15408	13704	30320	1348	1146	4081	3550	2700	4761	394	726	430	1563	274	1155	701		
29	0	8033	4287	5225	1937	1547	43000	1641	1642	1646	5735	14075	4736	25206	15423	12325	15178	25820	2765	2007	2546	1718	1161		

3													4												
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mars	Avril	Mai	Jun.	Juillet.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mars	Avril	Mai	Jun.	Juillet.	Sept.			
10	16	12	8	4	5	8	13	5	1	1	1	25	14	12	18	14	7	3	5	3	3	3	1		
11	178	63	50	41	40	41	0	20	20	5	7	302	21	155	10	60	86	13	58	24	0	5	4		
12	423	3	10	20	0	0	0	0	0	0	0	492	24	19	39	34	17	0	0	0	0	0	0		
13	430	6002	733	216	2178	647	353	3776	733	537	495	2027	2322	923	2123	1262	1025	515	1809	610	622	652	530		
14	320	1001	1001	607	716	2745	893	403	1316	758	540	2063	1451	1170	1170	1000	1465	520	1870	642	171	641	525		
15	521	531	234	287	414	218	200	752	187	107	154	1260	126	450	450	400	300	261	210	740	220	50	0		
16	2512	656	451	451	457	400	257	1220	-78	451	158	5000	817	627	-157	653	415	-182	165	454	127	10	0		
17	4256	176	582	410	1033	630	434	1100	856	734	803	7620	860	758	416	1270	777	482	294	600	1800	740	630		
18	8621	713	382	455	655	770	255	207	41	320	293	4000	1007	1271	440	254	425	478	52	478	52	478	52		
19	1425	1400	1344	541	1033	1400	179	814	550	332	952	2013	4077	2500	476	1253	1520	700	140	600	1154	1216	853		
20	0	92	211	127	30	10	3	5	9	4	0	32	310	837	112	30	63	17	19	61	40	30			
21	2700	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	2450	3013	5550	1552	462	1110	2205	1000	400	400	400	400			
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5057	3604	2619	537	4007	3024	3773	2103	3717	2002	2250	2484		
23	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	5	5	2	1	5	0	2	2	3	1			
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	7	1	10	43	4	2	0	0	0			
25	4340	-2516	-1817	-1220	-2203	0	-1177	1100	7946	-1820	-582	-1513	-4273	-6750	1760	5000	2213	-7203	-2393	400	-2500	-2550	-10		
26	1872	2804	3300	3077	3000	3716	321	310	10051	107	1612	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000		
27	145	150	252	330	410	417	1000	1257	1219	470	41	12	251	145	701	1563	2000	1200	1000	1672	305	185	48		
28	8300	1141	5039	5739	27539	5014	5000	-1004	10719	4174	1078	8300	18207	7120	440	274	5400	8705	8300	10273	12243	5000	5300		
29	17205	7204	9255	7624	9150	36172	10571	4920	14076	12004	5004	11104	11005	11002	10700	11470	12420	10000	11110	13442	11100	7007	8100		

Ces pertes peuvent provenir soit d'une autotéparation 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'un 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

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

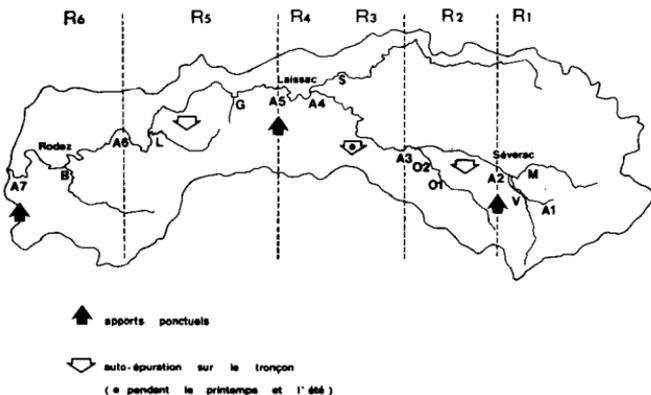


Fig. 7. Localisation des apports essentiels et des phénomènes d'autoépuration.

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.J. 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).