

APPORTS AU LEMAN PAR DEPOSITION ATMOSPHERIQUE

Campagne 1988

PAR

FRANÇOIS CUPELIN

SERVICE CANTONAL D'ECOTOXICOLOGIE, GENEVE

PAUL BLANC

INSTITUT DE LIMNOLOGIE (INRA), THONON-LES-BAINS

RESUME

En 1988, une campagne de mesure des apports atmosphériques par déposition dans le lac Léman a été effectuée. Le calcul de l'estimation des apports a été réalisé par la moyenne de six postes de prélèvement répartis autour du lac.

En 1988, environ 570 tonnes d'azote minéral, 32 tonnes de phosphore total et 390 tonnes de chlorures ont abouti dans le lac par déposition atmosphérique.

1. INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, des campagnes de mesure des apports atmosphériques directs au Léman sont entreprises.

A la fin de chaque campagne annuelle, les participants à cette étude, soit :

- . Service cantonal d'écotoxicologie, Genève
- . Laboratoire du Service des eaux et de la protection de l'environnement, Epalinges (Vaud)
- . Institut de limnologie INRA, Thonon-les-Bains

proposent des améliorations de la méthodologie dans le but d'augmenter la précision des estimations. En 1987, des changements importants dans celle-ci ont perturbé les campagnes de prélèvements et l'insuffisance quantitative des relevés ne nous a pas permis d'établir un bilan annuel. Ce présent rapport traite des mesures effectuées en 1988.

2. METHODOLOGIE

Les jauges de prélèvement sont constituées d'un entonnoir en polyéthylène protégé par une ceinture de "plume" en téflon, de manière à éviter le stationnement des oiseaux. L'eau est récoltée dans un flacon en polyéthylène à l'abri de la lumière. Un tampon de laine de quartz est placé au fond de l'entonnoir de manière à empêcher que les insectes tombent dans le flacon.

Les jauges sont relevées chaque mois, ou plus fréquemment selon les besoins, et leur contenu analysé selon les méthodes standards retenues par la CIPEL. Par ailleurs, les méthodes d'analyses sont testées par des contrôles interlaboratoires réguliers.

Le phosphore total et l'azote total sont mesurés sur l'eau brute. Les autres paramètres sont mesurés sur l'eau filtrée sur membrane de 0.45 µm de porosité.

Les coordonnées des emplacements de prélèvement sont données dans le tableau 1 et situées sur la figure 1.

Tableau 1 - Emplacement des jauges de prélèvements

Poste	Responsab.	Coordonnées STF	Distance du lac	Remarque
Anières	Genève	506.750/126.550	30 m	propriété privée, SI
Pâquis	Genève	501.100/118.400	0 m	jetée des Pâquis - phare
Chessel	Vaud	558.100/133.280	2 km	propriété privée
Cully	Vaud	546.100/149.060	200 m	STEP
Rolle	Vaud	515.340/145.100	0 m	jetée
Villeneuve	Vaud	557.680/138.420	0 m	jetée Grand-Canal
Thonon	France	524.700/135.900	10 m	port de l'INRA

Genève = Service cantonal d'écotoxicologie, Genève
 Vaud = Service de la protection des eaux et de l'environnement, Epalinges
 France = Institut de Limnologie INRA, Thonon-les-Bains

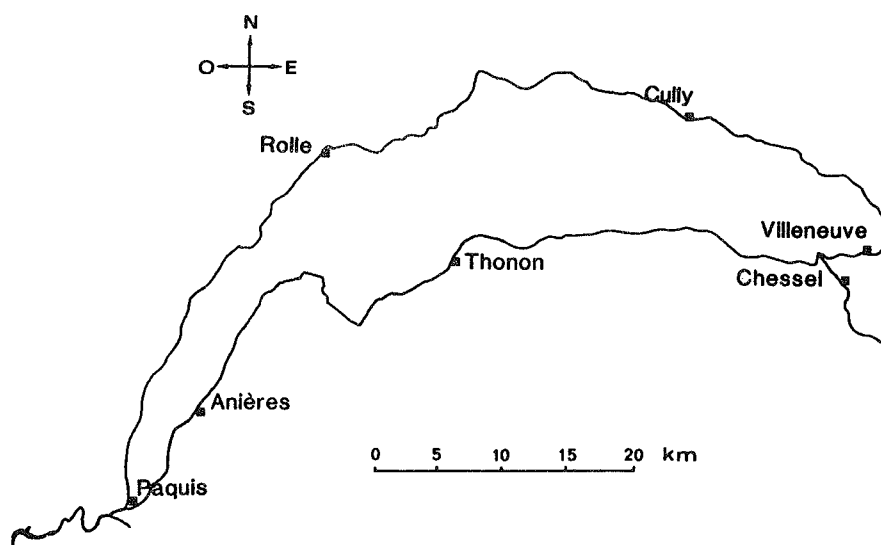


FIGURE 1 : SITUATION DES JAUGES DE PRELEVEMENT

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les tableaux 2 à 8 donnent l'ensemble des résultats mensuels, soit la pluviométrie et les apports en chlorures, nitrates, nitrites, ammoniacque, azote minéral total (somme nitrites, nitrates, ammoniacque), azote total, orthophosphates, phosphore total et sulfates exprimés en unité de flux.

Pour chaque station, les valeurs mensuelles manquantes sont remplacées par la moyenne des autres valeurs mesurées.

Les hauteurs d'eau mesurées sont en accord avec les observations climatologiques publiées dans la littérature (BOUET, 1972) qui mettent en évidence des précipitations légèrement supérieures dans la zone du Grand Lac. Pour les apports, les variations entre les différentes stations sont plus grandes que celles concernant la pluviométrie. Elles restent cependant dans des limites acceptables.

Après examen critique de ces résultats, nous avons décidé de ne pas tenir compte, pour le calcul de la déposition extrapolée à la surface du Léman, de la jauge des Pâquis. En effet, on constate que le dépôt est considérablement plus élevé que pour les autres jauges. Par conséquent, on majorerait inconsidérément les apports sur l'ensemble du lac parce que la zone d'influence de la jauge des Pâquis, implantée certes sur le lac mais en zone urbaine, ne concerne que la rade de Genève, qui située à l'émissaire, influence peu les bilans du lac.

La figure 2 donne la représentation graphique du dépôt annuel pour l'ensemble des jauges. Ces résultats sont utilisés pour calculer les apports sur le lac Léman.

Le tableau 9 donne la récapitulation des dépositions annuelles pour toutes les stations ainsi que les apports sur le lac Léman calculés en se basant sur la moyenne de toutes les stations sauf de celle des Pâquis. La surface prise en considération est de 582 km². Le coefficient de variation (écart-type x 100/moyenne) pour les six stations prises en compte est de 48 % pour le phosphore total, de 25 % pour l'azote minéral et de 26 % pour les chlorures.

Le tableau 10 donne l'estimation des apports atmosphériques au Léman de 1976 à 1988. Pour les chlorures, seule la campagne 1988 peut être prise en compte car, au cours des années antérieures, les retombées en chlorures n'étaient pas mesurées sur l'ensemble des stations.

4. CONCLUSIONS

En 1988, la pluviométrie moyenne a atteint 1'081 mm d'eau, ce qui correspond à la valeur moyenne des années étudiées. Environ 570 tonnes d'azote minéral total, 32 tonnes de phosphore total et 390 tonnes de chlorures ont été apportées au lac par déposition atmosphérique directe.

A notre avis, l'expérience acquise au cours de ces années permet d'affirmer que la méthodologie actuelle donne une meilleure précision que celle utilisée les années précédentes. Pour remplacer la station des Pâquis nous proposons pour les prochaines campagnes un emplacement situé sur la rive droite du Petit Lac en amont de la zone urbaine.

BIBLIOGRAPHIE

BOUET, M. (1972) : Climat et météorologie de la suisse romande Ed. Payot, Lausanne.

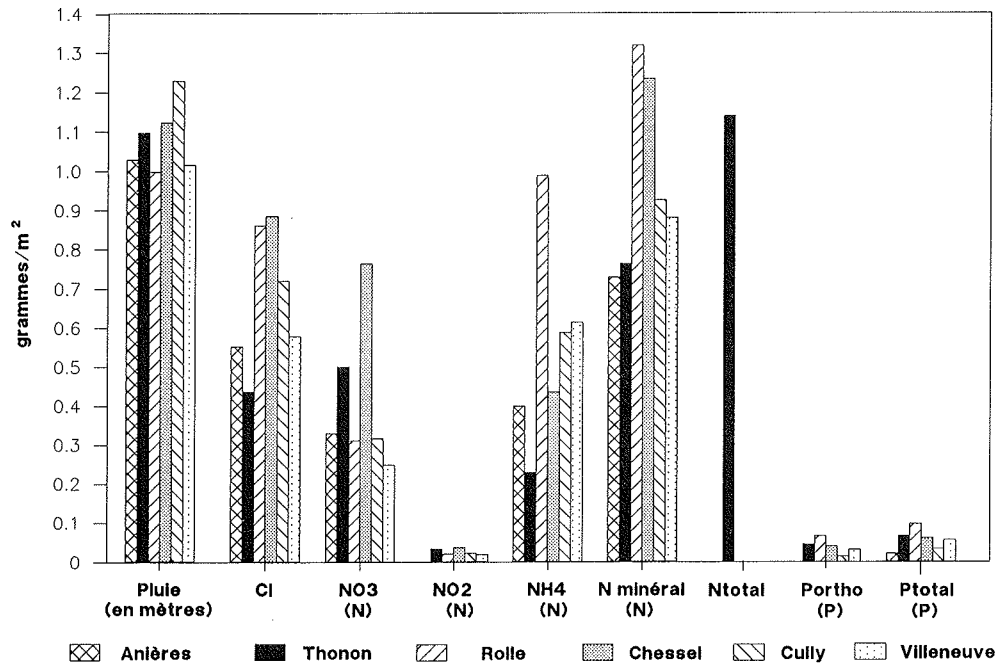


FIGURE 2 : DEPOSITIONS ANNUELLES SUR LE LEMAN EN 1988

TABLEAU 2 - Retombées atmosphériques en 1988 (Pâquis)

	Pluie mm	Cl mg/m ²	NO ₃ mgN/m ²	NO ₂ mgN/m ²	NH ₄ mgN/m ²	N minéral mgN/m ²	Portho mgP/m ²	Ptotal mgP/m ²	SO ₄ mg/m ²
1 Janvier	69.9	105.9	34.4		28.5	62.9		0.77	327.0
2 Février	48.4	62.0	26.3		14.3	40.6		1.55	197.8
3 Mars	69.9	154.4	68.2		37.7	105.9		1.33	471.8
4 Avril	52.6	48.4	71.1		98.8	169.9		4.10	374.0
5 Mai	95.1	76.8	194.2		112.5	306.7		18.92	580.4
6 Juin	37.1	155.5	75.4		93.6	169.0		24.12	295.0
7 Juillet	56.0	129.0	172.0		1.1	173.1		17.30	693.3
8 Août	51.8								
9 Septembre	147.0	159.3	129.7		127.2	256.9		17.50	970.0
10 Octobre	75.3	20.9	33.5		14.2	47.7		4.00	209.6
11 Novembre	32.5	22.9	43.8		32.5	76.3		2.56	190.1
12 Décembre	49.8	42.1	48.5		25.8	74.3		1.80	223.2
Moyenne mensuelle	65.5	88.8	81.6		53.3	134.8		8.54	412.0
Total mesuré	785.4	977.2	897.1		586.2	1483.3		93.95	4532.2
Total estimé	785.4	1066.0	978.7		639.5	1618.1		102.49	4944.2

TABLEAU 3 - Retombées atmosphériques en 1988 (Anières)

	Pluie mm	Cl mg/m ²	NO ₃ mgN/m ²	NO ₂ mgN/m ²	NH ₄ mgN/m ²	N minéral mgN/m ²	Portho mgP/m ²	Ptotal mgP/m ²	SO ₄ mg/m ²
1 Janvier	88.0	74.2	18.3		13.8	32.1		0.88	235.8
2 Février	80.4	42.9	23.9		14.3	38.2		0.80	175.7
3 Mars	129.0	112.9	63.7		43.2	106.9		1.29	302.0
4 Avril	72.5	22.0	53.0		53.8	106.8		0.73	315.9
5 Mai	110.1	33.5	41.5		58.1	99.6		2.09	337.7
6 Juin	39.1	18.8	19.0		58.3	77.3		3.68	139.7
7 Juillet	73.9	72.7	27.1		1.5	28.6		2.36	226.2
8 Août	73.9	37.4	31.5		46.7	78.2		3.25	248.2
9 Septembre	147.0	55.9	22.8		40.0	62.8		1.09	364.4
10 Octobre	90.3	14.2	9.9		17.9	27.8		1.54	191.7
11 Novembre	39.6	30.0	4.4		24.4	28.8		1.41	171.9
12 Décembre	83.5	36.9	14.2		26.9	41.1		1.11	283.6
Moyenne mensuelle	85.6	46.0	27.4		33.2	60.7		1.69	249.4
Total mesuré	1027.3	551.4	329.3		398.9	728.2		20.23	2992.8
Total estimé	1027.3	551.4	329.3		398.9	728.2		20.23	2992.8

TABLEAU 4 - Retombées atmosphériques en 1988 (Thonon)

- Thonon	Pluie mm	Cl mg/m ²	NO ₂ mgN/m ²	NO _x mgN/m ²	NH ₄ mgN/m ²	N minéral mgN/m ²	Ntotal mgN/m ²	Portho mgP/m ²	Ptotal mgP/m ²	SO ₄ mg/m ²	
Janvier	1	115.5	74.8	29.4	4.3	22.6	56.3	96.3	7.73	10.15	877.0
Février	2	86.5	30.8	19.9	1.2	6.4	27.5	37.4	3.46	4.09	606.0
Mars	3	127.0	87.4	63.0	2.8	34.4	100.2	120.1	4.01	5.38	1006.0
Avril	4	42.5	18.8	46.2	1.4	20.0	67.6	94.6	0.99	2.60	439.0
Mai	5	114.5	32.0	61.3	3.8	36.1	101.2	133.6	2.91	6.53	589.0
Juin	6	55.0	26.7	45.9	2.6	16.1	64.6	87.1	1.92	3.71	263.0
Juillet	7	97.0	55.2	55.9	3.8	19.6	79.3	133.2	4.34	6.94	464.0
Août	8	102.0	41.5	41.7	3.5	26.2	71.4	127.4	3.34	5.12	548.0
Septembre	9	95.5	31.2	43.0	2.9	10.6	56.5	102.3	3.42	5.06	616.0
Octobre	10	164.5	13.5	58.0	2.9	22.4	83.3	114.0	7.98	10.69	1165.0
Novembre	11	37.5	10.7	17.7	2.3	6.1	26.1	32.9	0.34	0.46	323.0
Décembre	12	59.5	14.0	18.1	2.2	8.4	28.7	62.3	4.72	5.43	403.0
Moyenne mensuelle		91.4	36.4	41.7	2.8	19.1	63.6	95.1	3.76	5.51	608.3
Total mesuré		1097.0	436.6	500.1	33.7	228.9	762.7	1141.2	45.16	66.16	7299.0
Total estimé		1097.0	436.6	500.1	33.7	228.9	762.7	1141.2	45.16	66.16	7299.0

TABLEAU 5 - Retombées atmosphériques en 1988 (Rolle)

- Rolle	Pluie mm	Cl mg/m ²	NO ₂ mgN/m ²	NO _x mgN/m ²	NH ₄ mgN/m ²	N minéral mgN/m ²	Ntotal mgN/m ²	Portho mgP/m ²	Ptotal mgP/m ²	SO ₄ mg/m ²	
Janvier	1	156.0	106.2	2.2	1.6	26.2	30.0		0.50	3.20	
Février	2	29.0		0.3	0.3	8.9	9.5		0.00	0.80	
Mars	3	61.0	64.1	6.1	0.6	59.2	65.9		0.40	1.80	
Avril	4	109.4	98.2	11.4	2.0	99.0	112.4		3.30	6.90	
Mai	5	56.4	41.2	4.5	1.1	130.3	135.9		13.50	17.10	
Juin	6	125.2	83.2	12.8	2.4	266.4	281.6				
Juillet	7	28.0	36.4	14.8	2.0	58.5	75.3		15.50	21.00	
Août	8	140.5	110.0	81.8	2.3	128.2	212.3		15.90	17.60	
Septembre	9	27.1	16.8	33.1	0.5	33.5	67.1		2.00	3.30	
Octobre	10	165.5	133.9	117.4	6.2	139.1	262.7		9.27	14.42	
Novembre	11	15.4	17.2	3.1	0.5	23.2	26.8		0.40	1.20	
Décembre	12	83.4	81.7	23.4	0.8	15.5	39.7		0.20	1.00	
Moyenne mensuelle		83.1	71.7	25.9	1.7	82.3	109.9		5.54	8.03	
Total mesuré		996.9	788.9	310.9	20.3	988.0	1319.2		60.97	88.32	
Total estimé		996.9	788.9	310.9	20.3	988.0	1319.2		60.97	88.32	

TABLEAU 6 - Retombées atmosphériques en 1988 (Chessel)

- Chessel		Pluie	Cl	NO ₃	NO ₂	NH ₄	N minéral	Ntotal	Portho	Ptotal	SO ₄
		mm	mg/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgP/m ²	mgP/m ²	mg/m ²
Janvier	1	178.2	196.8	12.7	7.0	67.7	87.4		0.80	4.50	
Février	2	49.6		28.8	1.5	19.1	49.4		0.40	2.80	
Mars	3	97.6	62.5	23.4	2.0	48.8	74.2		1.10	2.70	
Avril	4	106.1	110.4	68.3	4.0	126.5	198.8		8.30	12.60	
Mai	5	46.9	24.4	55.3	4.2	18.6	78.1		0.80	1.90	
Juin	6	112.5	74.4	82.6	7.9	28.1	118.6		3.10	4.20	
Juillet	7	48.0	25.9	69.1	0.5	6.5	76.1		4.30	5.10	
Août	8	135.6	98.2	162.8	3.3	56.4	222.5		16.40	17.20	
Septembre	9	37.4	23.2	65.1	1.1	10.0	76.2		1.90	3.70	
Octobre	10	172.4	121.9	118.3	3.2	18.3	139.8		2.10	2.60	
Novembre	11	34.2	29.1	28.4	0.7	8.9	38.0		0.50	1.10	
Décembre	12	102.8	45.2	48.3	1.0	24.9	74.2		0.70	2.50	
Moyenne mensuelle		93.4	73.8	63.6	3.0	36.2	102.8		3.37	5.08	
Total mesuré		1121.3	812.0	763.1	36.4	433.8	1233.3		40.40	60.90	
Total estimé		1121.3	885.8	763.1	36.4	433.8	1233.3		40.40	60.90	

TABLEAU 7 - Retombées atmosphériques en 1988 (Cully)

- Cully		Pluie	Cl	NO ₃	NO ₂	NH ₄	N minéral	Ntotal	Portho	Ptotal	SO ₄
		mm	mg/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgN/m ²	mgP/m ²	mgP/m ²	mg/m ²
Janvier	1	194.8	107.9	3.2	2.0	33.7	38.9		0.70	2.40	
Février	2	38.8		7.0	0.4	24.1	31.5		0.00	1.20	
Mars	3	81.5	58.7	8.2	0.8	48.9	57.9		0.30	1.10	
Avril	4	106.2	91.8	23.8	1.4	94.0	119.2		0.40	2.80	
Mai	5	66.8	26.1	12.0	1.3	48.6	61.9		0.30	1.50	
Juin	6	163.4	61.5	21.1	2.3	81.1	104.5		3.30	5.50	
Juillet	7	68.5	17.8	15.8	1.4	29.1	46.3		0.10	1.00	
Août	8	157.0	79.5	85.8	2.6	76.7	165.1		2.10	3.60	
Septembre	9	64.7	40.1	41.4	1.3	26.5	69.2		0.50	1.40	
Octobre	10	162.5	90.4	58.8	5.2	67.0	131.0		3.70	5.60	
Novembre	11	33.5	44.2	27.5	2.7	33.8	64.0		2.00	4.10	
Décembre	12	90.0	41.4	11.7	1.8	23.1	36.6		0.20	1.90	
Moyenne mensuelle		102.3	59.9	26.4	1.9	48.9	77.2		1.13	2.68	
Total mesuré		1227.7	659.4	316.3	23.2	586.6	926.1		13.60	32.10	
Total estimé		1227.7	719.3	316.3	23.2	586.6	926.1		13.60	32.10	

TABLEAU 8 - Retombées atmosphériques en 1988 (Villeneuve)

	Pluie mm	Cl mg/m ²	NO ₂ mgN/m ²	NO _x mgN/m ²	NH ₄ mgN/m ²	N minéral mgN/m ²	Portho mgP/m ²	Ptotal mgP/m ²	SO ₄ mg/m ²
Janvier	1	119.9	57.1	1.4	1.2	17.2	19.8	0.40	2.10
Février	2	35.5	13.5	0.4	0.4	34.6	48.5	0.60	1.80
Mars	3	87.5	41.1	6.9	0.9	52.3	60.1	6.20	9.10
Avril	4	101.3	48.0	14.1	2.0	93.8	109.9	1.00	3.90
Mai	5	64.3	27.6	0.6	1.3	32.9	34.8	0.30	1.70
Juin	6	93.4	56.0	14.2	1.4	77.0	92.6	6.30	9.40
Juillet	7	68.1	26.5	5.4	1.4	54.4	61.2	4.80	7.30
Août	8	163.6	100.7	92.8	2.2	76.6	171.6	2.40	4.70
Septembre	9	43.0	26.7	34.4	0.9	39.5	74.8	1.50	2.90
Octobre	10	161.5	98.4	61.7	4.8	71.6	138.1	2.40	3.50
Novembre	11	24.0	27.1	2.4	1.4	18.8	22.6	0.10	2.80
Décembre	12	52.7	20.6	1.1	1.1	44.5	46.7	5.20	6.60
Moyenne mensuelle		84.6	48.2	20.7	1.6	51.1	73.4	2.60	4.65
Total mesuré		1014.8	529.8	248.5	19.0	613.2	880.7	31.20	55.80
Total estimé			578.0	248.5	19.0	613.2	880.7	31.20	55.80

TABLEAU 9 - Récapitulation des dépositions annuelles pour toutes les stations

	Pluie mm	Cl mg/m ²	NO ₂ mgN/m ²	NO _x mgN/m ²	NH ₄ mgN/m ²	N minéral mgN/m ²	Portho mgP/m ²	Ptotal mgP/m ²	SO ₄ mg/m ²
Pâquis		785.4	1066.0	978.7	639.5	1618.1		102.5	4944.2
Anières		1027.3	551.4	329.3	398.9	728.2		20.2	2992.8
Thonon		1097.0	436.6	500.1	33.7	228.9	762.7	1141.2	66.2
Rolle		996.9	860.6	310.9	20.3	988.0	1319.2	66.5	96.4
Chessel		1121.3	885.8	763.1	36.4	433.8	1233.3	40.4	60.9
Cully		1227.7	719.3	316.3	23.2	586.6	926.1	13.6	32.1
Villeneuve		1014.8	578.0	248.5	19.0	613.2	880.7	31.2	55.8
Moyenne générale		1038.6	728.3	492.4	28.4*	555.5	1066.9	1141.2*	62.0
Moy. sans Pâquis		1080.8	672.0	411.4	28.4*	541.6	975.0	1141.2*	55.3
Tonnes/an sans Pâquis			391.3	239.6	16.5*	315.4	567.9	664.7*	32.2

* Valeurs calculées avec les seules données disponibles

TABLEAU 10 - Estimation des apports atmosphériques au Léman de 1976 à 1988

Année	Pluviométrie moyenne	NH ₄ en N tonnes	NO ₂ en N tonnes	NO _x en N tonnes	NO ₂ en N tonnes	N min.tot tonnes	P ortho tonnes	P total tonnes	SO ₂ tonnes
1976 A	851	1'333	265	41	1'638	61	106	5'241	
1977 B	1'206	223	67	5	296	7	20	3'740	
1978 C	1'014	226	83	30	338	24	44	6'070	
1979 C	1'054	592	195	17	804	34	65	5'280	
1980 C	1'250	538	200	33	771	24	70	6'535	
1982 C	1'123	499	185	-	685	22	45	-	
1988 D	1'081	315	240	-	568	-	32	-	

A = moyennes Genève Hôtel-de-Ville, Pully, Chessel, Thonon-CRG

B = moyennes Genève Hôtel-de-Ville, Thonon-CRG

C = moyennes canton de Genève (Hôtel de Ville, Bellevue, Anières), Pully, Chessel, Thonon-CRG

D = moyennes GE : Anières; VD : Chessel, Rolle, Cully, Villeneuve; F : Thonon