

CARTOGRAPHIE DE L'ÉCOULEMENT MOYEN INTERANNUEL

(Les ressources hydriques superficielles)

M. LADJEL
Université de Sétif

RÉSUMÉ

L'écoulement moyen interannuel (EMI) est climatique. Il représente la ressource hydrique superficielle de la région limitée quantitativement. Son estimation est encore problématique pour nos oueds maghrébins et pour tous les cours d'eau du bassin méditerranéen. Elle est d'une importance capitale pour tout aménagement au niveau des petits et moyens bassins. L'EMI des grands bassins versants dépend des principales composantes climatiques. Les autres facteurs intrazonaux influent sur la valeur de l'écoulement moyen à travers les valeurs de précipitations et de l'évaporation de la surface du bassin. Dans les petits et moyens bassins, l'EMI est soumis à l'influence prédominante des facteurs physico-géographiques locaux. Le relief est l'un des facteurs les plus déterminants de l'écoulement. La répartition spatiale de l'écoulement imite fidèlement celle des précipitations et bien sûr celle du relief. L'exploitation rationnelle de la ressource hydrique n'est possible que sur la base d'une estimation vraisemblable de l'EMI. Il est donc impératif de chercher un outil efficace permettant l'estimation de l'EMI en tout point d'un paysage donné. La présente communication a pour objet la contribution à la méthode de cartographie du coefficient de l'écoulement moyen interannuel.

MOTS CLÉS

bassin versant • écoulement, pluie, évaporation • climat • cartographie.

1. Introduction

La cartographie des principales caractéristiques représente un outil de travail efficace pour l'ingénieur surtout quand il s'agit de valoriser les réserves en eau à tel ou tel endroit dépourvu des stations hydro-climatiques. L'EMI est la valeur moyenne, calculée sur une longue période, comprenant un nombre entier de cycles hydrologiques [6,9,10]. C'est une caractéristique hydro-climatique stable au niveau d'une région donnée. Elle représente le potentiel de la ressource hydrique de la région donnée où les conditions du paysage géographique et le niveau de l'activité humaine dans le bassin versant sont considérées constantes. L'estimation de l'EMI est un outil capital dans tous les calculs hydrologiques et dans les calculs de régularisation de l'écoulement fluvial surtout pour les petits et moyens bassins pour lesquels l'EMI diffère de l'écoulement climatique [3,10,12]. Vu le développement intensif dans le domaine de l'aménagement du territoire, les cartes des différentes caractéristiques hydrologiques doivent faire l'objet d'une analyse et corrigées épisodiquement.

2. Les règles conventionnelles de la cartographie de l'EMI

Les mesures hydrométriques journalières et l'évaluation de l'écoulement journalier sont réalisées sur les principaux bassins de référence d'une certaine surface, mais rarement sur les petits bassins pour qui les apports sont estimés par les méthodes indirectes. Parmi lesquelles figure la méthode de cartographie et la méthode de l'analogie hydrologique, etc... Dans la pratique hydrologique, la construction des cartes de l'écoulement moyen interannuel est fondée sur le fait que ce dernier dépend, en premier lieu, des facteurs climatiques qui sont répartis d'une façon zonale [7,12,14]. Bien sûr, ceci est valable pour les grands bassins fermés pour lesquels l'EMI est exprimé par :

$$E_o = E_{o,sup} + E_{o,sout} = P_o - E_{v_o} \quad (1)$$

où :

E_o - l'écoulement moyen interannuel (EMI) ;
 $E_{o,sup}$ - la composante superficielle de

l'EMI ; $E_{o,sout}$ - la composante souterraine de l'EMI ; P_o - les précipitations moyennes interannuelles (PMI) sur le bassin ; E_{v_o} - l'évaporation moyenne interannuelle (E_{vMI}) du bassin.

C'est-à-dire que l'EMI, pour ces cours d'eau, est considéré climatique et représente une caractéristique intégrale et moyenne des bassins versants. Pour la construction de ces cartes, on n'utilise pas les données d'observation des petits cours d'eau dont l'EMI dépend fortement de la taille du bassin. Aussi, sont exclues les données de très grands bassins versants ($S > 50.000 \text{ km}^2$) qui traversent quelques zones géographiques [6]. La précision de la valeur de l'EMI tirée d'une carte dépend des erreurs des données hydrométriques utilisées, de la taille des séries d'observations utilisées, du coefficient de variation de l'écoulement annuel, de la densité du réseau de stations hydrologiques, de la régularité du relief dans une région donnée et de l'erreur due au choix du centre de gravité du bassin au cours de la construction de la carte ainsi que lors de son utilisation [6, 10]. Le choix de la limite inférieure de la superficie des grands bassins versants dont les données peuvent être utilisées dans la cartographie doit faire l'objet d'une analyse graphique de la relation entre les valeurs de l'EMI et les superficies correspondantes, soit $E_o = f(S)$ [6, 10]. C'est à partir d'une certaine valeur de la superficie S_{cr} que le champ des points devient parallèle à l'axe des abscisses avec une relative dispersion. Alors, seuls les bassins dont la superficie S est supérieure à la valeur critique S_{cr} seront pris en considération dans la construction de la carte de l'EMI.

3. Les principaux facteurs influents sur l'EMI

Dans une région géographique donnée, la valeur de l'EMI des grands bassins versants dépend essentiellement des facteurs climatiques. Les facteurs de surface influent aussi sur la valeur de l'EMI à travers les valeurs des précipitations et

Tableau 1 : Les données morphométriques et hydro-climatiques des sous bassins étudiés.

n°	S/bassin	Station	Code	S, km²	H, m	P,	E ₀	α	C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Boussellam	Fermatou	150601	105	1205	490	110	0,224	277
2	Boussellam	Ain Zada	150701	1800	1050	330	10,2	0,031	32,8
3	Boussellam	Magraoua	150702	3350	1000	350	6,6	0,019	19,1
4	Boussellam	Boubirek	150703	2960	940	410	30,4	0,074	70,9
5	Boussellam	Sidi Yahia	150901	4050	960	510	41,8	0,082	80,4
6	Oued Ekdous	Ain Tasta	150114	190	930	475	69,8	0,147	141
7	Oued Ziâne	El asnam	150204	800	848	400	22,1	0,055	47,9
8	Arou	Porte de fer	150401	605	880	370	16,9	0,046	41,0
9	Soummam	Sidi Aïch	151001	8420	860	420	48,8	0,116	101
10	Diss	Freha	21605	100	476	950	332	0,349	177
11	Sebaou	Beloua	21803	1490	665	1000	369	0,369	258
12	El hammam	Zaouia	21905	71	464	830	182	0,219	108
13	K'sob	Medjez	50901	1330	1080	370	23,1	0,063	68,3
14	Loughmane	Ced Fagues	50801	334	961	440	22,1	0,050	49,5
15	Isser	Lakharia	90501	3615	710	470	57,5	0,122	89,1
16	Melah	Beni Slimane	90305	273	940	440	56,0	0,127	122
17	Seybousse	M. Rechefort	140202	1710	885	350	25,8	0,074	66,2
18	Seybousse	Mediz Amr	140301	1105	785	577	103,9	0,180	146
19	Seybousse	Sabath	140302	304	826	547	48,2	0,088	75,3
20	Seybousse	Bouchegouf	140501	550	641	735	226	0,307	206
21	Seybousse	Merebek	140601	5950	822	608	82,3	0,135	114
22	Seybousse	Ain Berda	140602	102	305	629	174,2	0,277	89,9
23	El Kebir	Demar Tassadane	100109	960	955	565	106	0,188	184
24	El Kebir	K Tendart	100208	142	945	389	68,9	0,177	171
25	El Kebir	O Armania	100301	1130	900	318	9,02	0,028	25,8
26	El Kebir	Ain Smara	100403	2200	?	323	9,52	0,029	?
27	El Kebir	El Khroub	100501	1630	?	402	7,6	0,019	?
28	El Kebir	Graem	100601	5320	?	439	32,9	0,075	?
29	El Kebir	Boustaiba	100702	465	386	939	359	0,382	366
30	El Kebir	El Ancer	100701	8740	872	564	90,7	0,161	143
31	Kebir (est)	Ain Assel	31601	680	398	832	352	0,423	178
32	Cotiers Bounamousa	Cheffia	31501	570	562	658	270	0,410	241
33	Guebli	Guenitra	30701	202	466	648	211	0,325	160
34	Guebli	Sidi Mezghich	30702	100	379	628	112	0,178	71,6
35	Guebli	Zerdezaz	30901	322	628	703	158	0,224	147
36	Kebir (ouest)	Ain Cherchar	31101	1130	278	662	135	0,204	60,1
37	Kebir (ouest)	Zai Emba	31102	485	376	652	138	0,211	84,0
38	Cotiers Jijel	El M'kaceb	30310	18	167	1059	455	0,429	78,9
39	Cotiers Jijel	Chedia	30334	41	437	854	580	0,679	317
40	Djenien	Oued Missa	30408	448	882	1132	501	0,442	411
41	Agroutan	Ighit Fmdn	-----	657	1000	642	278	0,433	447
42	Djenien	Erraguen	-----	132	915	1217	1027	0,844	818

de l'évaporation de la surface du bassin. L'EMI des moyens et petits bassins est soumis à l'influence prédominante des facteurs physico-géographiques locaux (la couverture végétale, la couverture pédologique, les conditions géologiques, les lacs, les marécages, le pente des versants, le relief, etc...) [3, 10].

L'influence du relief sur l'écoulement est importante, puisque l'écoulement, comme les précipitations, augmente avec l'augmentation de l'altitude jusqu'à une hauteur donnée. Par contre l'évaporation est plus importante dans la partie basse et diminue avec l'augmentation de l'altitude suite à la baisse de la température et à la diminution du bilan de radiation. En réalité, la variation des précipitations et de l'évaporation est plus complexe sous l'influence de la forme du relief, l'exposition des versants par rapport à la direction des courants chargés en humidité et leur éloignement de la mer. Par conséquent, les dépendances empiriques entre l'EMI et l'altitude moyenne du bassin versant $E_0=f(H)$ restent locales [3, 6]. La diminution de la pente du bassin versant favorise l'augmentation des pertes par évaporation.

Donc l'augmentation de la pente provoque l'augmentation de l'EMI. Les sols perméables absorbent rapidement une partie des précipitations, ils sont moins soumis à l'évaporation. Alors que sur les sols imperméables, les précipitations sont retenues à la surface et elles sont bien exposées à l'évaporation. Ainsi l'influence du sol est reflétée sur l'EMI à travers la valeur de l'évaporation [1, 8, 9].

4. Collecte des données hydro-climatiques

On examine un échantillon de 42 sous-bassins de la partie nord-est de l'Algérie. Les données hydro-pluviométriques traitées sont saisies dans les documents de l'A.N.R.H, pour les sous-bassins 15, 02, 05 et 09 [1]. Alors que pour les sous-bassins 14, 10, 03 et autres, les données traitées utilisées sont tirées des Cahiers de l'Agence de bassin hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellègue [2]. Les données utilisées sont la superficie S du bassin,

l'altitude moyenne du bassin H, la pluie moyenne interannuelle sur le bassin P₀ et l'EMI E₀ (Tableau 1).

5. Analyse graphique de la dépendance E₀ = f(S)

L'analyse du graphique E₀=f(S) montre clairement que les valeurs de l'écoulement pour les trente trois (33) sous-bassins dont la superficie est inférieure à 2000 km² sont soumises à une importante dispersion alors que les écoulements des neufs (09) plus grands bassins restants suivent une faible tendance (Figure 1) [8]. Malgré ça, on peut constater, pour le Boussellam à Magraoua, à Boubirek et à Sidi Yahia et aussi pour la Soummam à Sidi Aïch que l'écoulement augmente avec l'augmentation de la superficie. La même observation est valable pour El Kébir à Ain Smara, à Graem et à El Ancer.

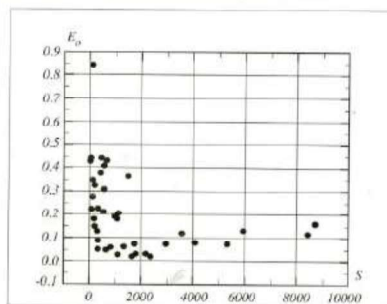
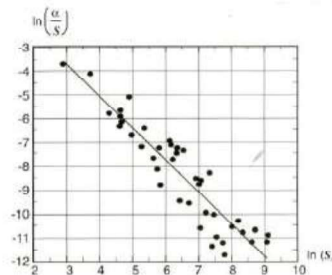


Figure 1 : Graphique de la dépendance E₀ = f(S)

Figure 3 : Graphique de la dépendance $\ln(\alpha/S) = f[\ln(S)]$



A cet effet, il s'avère difficile voire incorrecte de cartographier directement les valeurs de l'EMI E_o pour l'amplitude des surfaces examinées où l'écoulement E_o ne représente pas encore la totalité des eaux drainées par les deux voies superficielle et souterraine. A noter que l'analyse de la dépendance du coefficient de l'EMI avec la superficie du bassin $\alpha = f(S)$ a exprimé la même tendance que celle de $E_o = f(S)$ (Figure 2) et a permis de tirer les mêmes conclusions [8].

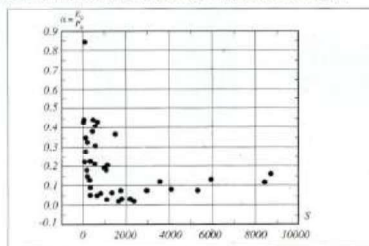


Figure 2 : Graphique de la dépendance $\alpha = f(S)$

6. Mise en évidence d'autres dépendances

Pour plus de commodité, on a préféré l'utilisation des valeurs du coefficient de l'EMI α à la place des valeurs de l'EMI E_o . Les recherches ont permis de découvrir l'existence d'une forte dépendance entre le coefficient de l'EMI spécifique α/S et la superficie de bassin S , avec un très fort coefficient de corrélation $r = 0.922$. La relative dispersion des points autour de la droite montre bien l'existence d'autres facteurs locaux influents sur l'EMI (Figure 3). Et puisque nous disposons des données sur les altitudes moyennes H et les précipitations moyennes sur le bassin versant P_o , la construction des graphes des dépendances : $\ln(\alpha/H)$.

(Figure 4 et 5) a été réalisé pour 27 sous-bassins seulement et a montré l'existence de dépendance, mais moins étroite que celle avec la superficie S .

$$\ln\left(\frac{\alpha}{H}\right) = f[\ln(H)] \quad \text{et} \quad \ln\left(\frac{\alpha}{P_o}\right) = f[\ln(P_o)]$$

L'analyse de la dépendance avec d'autres facteurs intrazonaux peut argumenter davantage

Figure 4 : Graphique de la dépendance $\ln(\alpha/H) = f[\ln(H)]$.

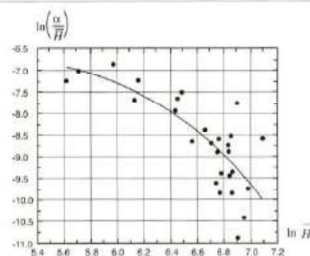
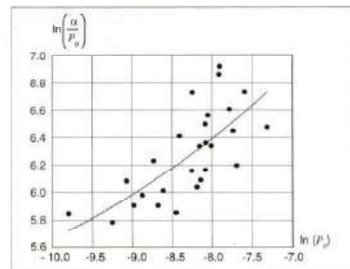


Figure 5 : Graphique de la dépendance $\ln(\alpha/P_o) = f[\ln(P_o)]$.



l'identification de la nature génétique du coefficient de l'EMI des facteurs climatiques et physico-géographiques, sous la forme :

$$\alpha = C_\alpha \prod_{i=1}^N \Phi_i^{m_i} \quad (2)$$

où :

α - coefficient de l'EMI ; Φ_i - facteur zonal donné ; N - nombre de facteurs ; C_α - paramètre climatique intégrant l'influence non identifiée des autres facteurs zonaux.

Par la méthode de régression multiple, on a pu réaliser la relation (2) en tenant compte uniquement des superficies S , des altitudes moyennes H interannuelles et de précipitations moyennes interannuelles P_o . On remarque l'importante valeur du coefficient de la régression multiple $\alpha = 0.09999$. Et on exprime cette dépendance par :

$$\alpha = C_\alpha \frac{S^{0.00288}}{H^{-0.97963} P_o^{0.02979}} \quad (3)$$

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Annuaire hydrologique de l'Algérie, Année 1993-1994*, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
- [2] *Cahiers de l'agence de bassin hydrographique constantinois-seybousse-Mellegue*, Ministère des ressources en eau 1999.
- [3] L. K. Davidov "L'hydraulicité des rivières de l'URSS, sa variation et influence sur lui des facteurs physico-géographiques" *Guidrométéoizdat*, 1947.
- [4] E.D. Goptcheko et A.V. Gouchlia : "Hydrologie d'amélioration agricole", *Guidrométéoizdat*, 1989.
- [5] A.V. Gouchlia et V.C. Meztesev : "Recherches du bilan hydrique" *Vicha Chkola*, 1982, Kiev.
- [6] I.F. Guerochkov : "Les calculs hydrologiques", *Guidrométéoizdat*, 1979.
- [7] M. Ladjel : "Les méthodes de détermination des caractéristiques hydrologiques des petits bassins versants", *Communication, Séminaire National sur les retenues. Collinaires, Séfif-1986*.
- [8] M. Ladjel : "Estimation de la ressource hydrique superficielle", *1er Séminaire national sur "les ressources en eau" C.U. Mustafa istanbouli, 23 et 24 novembre 1999, Mascara*.
- [9] Ia.F. Plechkov : "Régularisation de l'écoulement fluvial", *Guidrométéoizdat* 1975.

n	Bassin	Station	S, km ²	H	P	E _a	α	n	n°	Bassin	Station	S, km ²	H	P	E _a	α
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	R. Boromisa-Belovo		1 092 000	710	312	0,483			40	Bay Obino		357 000		723	306	0,472
2	Bassin Belgique		610 000	725	258	0,338			41	Pezoma		322 000		720	410	0,468
3	Bassin Noir d'Azov		1 347 000	660	118	0,178			42	Neva		281 000		534	284	0,384
4	Bassin Caspien		2 977 000	492	102	0,208			43	Oral		237 000		407	47	0,115
5	Arctique et Haut-Arctique		2 438 000	299	31	0,177			44	Rhon		254 000		1100	608	0,370
6	Bassin de la mer Caspienne		6 579 000	553	201	0,363			45	Volga		190 000		753	306	0,225
7	R. Laptev-Bebrin O. Tchoukotka		5 048 000	432	505	0,486			46	Dniestr		72 000		651	129	0,198
8	H. Huzugov Obouk et Japon		3 269 000	870	272	0,418			47	Kouhka		38 000		976	121	0,177
9	Amou-Daria		6 915 000	2 150	1 010	0,469			48	Levski		43 000		716	192	0,204
10	Longo		1 824 000	1 350	170	0,438			49	Kami	Molotov	167 800		623	315	0,505
11	Mikassoumi		3 220 000	875	180	0,265			50	Don	Larka	69 150		502	114	0,227
12	Don		3 986 000	843	130	0,198			51	Vishnegrada	Sakharov	67 600		493	190	0,366
13	Pirani		2 970 000	1 240	244	0,196			52	Ural	Kolomoj	54 910		550	169	0,307
14	Nil		2 870 000	730	25	0,034			53	Kami	Prima	168 000		633	307	0,493
15	Elbrou		2 580 000	560	212	0,423			54	Bouche-Oussatch (lac Khanka)		104		703	88	0,113
16	Lena		2 490 000	465	214	0,463			55	Komoukhi (lac Khanka)		2 310		877	147	0,125
17	Ngou		2 060 000	788	130	0,167			56	Mo-tac (lac Khanka)		3 510		709	188	0,138
18	Amour		1 835 000	606	191	0,315			57	Le-lou (lac Khanka)		5 470		716	144	0,201
19	Milouan		1 378 000	600	80	0,099			58	Saoukha (lac Khanka)		1 260		703	168	0,210
20	Volga		1 360 000	657	178	0,267			59	San-oung-doung (lac Khanka)		2 520		638	12	0,051
21	Zaoubi		1 310 000	990	80	0,080			60	Lag-Froussatchev		0,36		653	246	0,377
22	En-Lazaria		1 266 000	1038	540	0,428			61	Lag-Orouchtsevsky		0,45		641	129	0,173
23	Makouza		1 040 000	480	194	0,404			62	Lag-Toum		0,45		760	121	0,143
24	Nelou		1 070 000	566	81	0,141			63	Tous les bassins de l'ex URSS		12 013 000		5,80	200	0,177
25	Nourou		1 037 000	217	10	0,019			64	avant la terre ferme		149 000 000		1100	714	0,285
26	Longo		1 020 000	367	13	0,040			65	Karabakh	poste 8 gde	127,2	1200	986	272	0,276
27	Oronou		1 000 000	1600	914	0,646			66	Karabakh	poste 012	77,0	980	217	331	0,461
28	Nakou		852 000	308	243	0,281			67	Karabakh	poste 90,0	99,0	890	833	298	0,489
29	Oronou		817 000	863	248	0,285			68	Karabakh	poste 106	151	824	585	122	0,208
30	Mekong		810 000	1570	630	0,401			69	Ngou	poste 06	125	1200	987	234	0,148
31	Droung		750 000	410	23	0,046			70	Bouche	poste 07	178	1060	786	237	0,301
32	Koussoukhol		745 000	258	32	0,147			71	Baïkhal	poste 013	33,8	1580	1040	876	0,400
33	Chang		550 000	484	3	0,004			72	Baïkhal	poste 05	150	1280	1028	882	0,271
34	Colchida		655 000	777	36	0,095			73	Baïkhal	poste 06	114	1140	898	277	0,311
35	San Francisco		600 000	1050	157	0,149			74	Roussou-Touctou	avant le mont de Toubou	14,4	1170	1016	164	0,161
36	Rio-Blanc del Nord		570 000	406	13	0,029			75	Roussou-Belouctou	avant le mont de Toubou	55,8	1360	1128	281	0,249
37	Elouze		504 000	660	104	0,157			76	Jarbakantou	poste 04	60,9	1050	786	191	0,233
38	Lampouza		440 000	580	59	0,101			77	Elouze	poste 1 gde	81,8	1170	901	206	0,117
39	Tou		422 000	575	66	0,114			78	Elouze	poste 2 gde	95,9	1170	847	300	0,154

Tableau 2 : Données morphométriques et hydro-climatiques des bassins versants internationaux.

Les valeurs du paramètre climatique C_{α} figurant dans la colonne 10 du tableau 1 sont utilisées dans la cartographie. Pour chaque sous-bassin, on porte en son centre de gravité la valeur du paramètre climatique C_{α} . Le traçage des isolignes se fait selon le principe d'interpolation linéaire.

7. Exploitation de la carte de l'EMI

L'utilisation de la carte de l'EMI exprimée à travers les courbes isolignes du paramètre climatique C_{α} consiste tout d'abord à tracer clairement la limite du bassin objet de l'étude, définir le centre de gravité du dit bassin et par interpolation linéaire déterminer la valeur du paramètre C_{α} . Connaissant les valeurs de la superficie S, de l'altitude moyenne du bassin H et les précipitations moyennes interannuelles P_{α} , en utilisant l'expression (3) on estime la valeur de l'EMI.

8. Vérification des relations pour des cours d'eau internationaux

Les recherches bibliographiques ont permis de collecter une certaine information hydropluviométrique fort précieuse concernant un certain nombre de cours d'eau situés dans différentes zones climatiques du globe et dont la superficie varie de 0,36 km² jusqu'à la superficie totale de la terre ferme qui est égale à 149.000.000 km² [4, 5, 10, 11, 13]. Le graphique de la dépendance $\ln \alpha/S = f[\ln(S)]$. Pour les 42 bassins algériens et les 79 bassins des quatre continents, se caractérise par une forte corrélation ($r = 0,9823$). Ceci montre que cette dépendance est universelle, elle permettrait d'approfondir l'analyse et mieux comprendre la répartition de l'EMI dans les différentes régions.

9. Conclusion

L'estimation de l'EMI, pour les petits et moyens bassins versants, reste problématique et est indispensable dans tous les calculs hydrologiques et

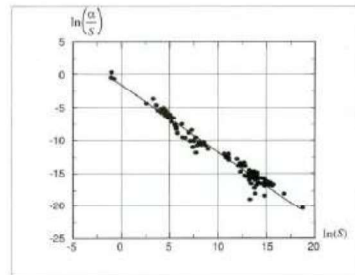


Figure 6 : Graphique de la dépendance $\alpha/S = f[\ln(S)]$ pour des cours d'eau internationaux.

de régularisation de l'écoulement. La cartographie de l'EMI permet aux utilisateurs d'évaluer les réserves en eau à endroit même là où les stations hydro-climatiques font défaut. Dans une zone climatique donnée, les isolignes de l'EMI, comme celles des facteurs climatiques, sont réparties d'une façon harmonieuse. De même pour le coefficient de l'EMI, cette dépendance est analogue. Les recherches ont permis de mettre en évidence une forte dépendance entre le coefficient spécifique de l'EMI et la superficie de bassin. Cette dépendance s'est vérifiée pour les altitudes moyennes et pour les précipitations moyennes sur le bassin versant. Ceci a permis d'établir une relation analytique, exprimant la dépendance entre le coefficient de l'EMI et les facteurs zonaux-climatiques et physico-géographiques, qui comprend un seul paramètre climatique. Ce paramètre peut-être cartographié. L'analyse graphique d'un nombre suffisamment représentatif de bassins versants situés dans d'autres zones climatiques a confirmé l'universalité de la dépendance entre le coefficient spécifique de l'EMI et la superficie de bassin ■

[10] D.L.Sokolovzky : "L'écoulement fluvial". Guïdrométéoizdat 1959.

[11] M.GuVaskovsky : "A propos de calcul du bilan hydrique du lac Khanka". Les questions des prévision et des calculs de l'écoulement des rivières, travaux de l'institut des recherches scientifiques hydrométéorologiques, n°31 Guïdrométéoizdat, 1970.

[12] M.A.Velikanov et D.L.Sokolovsky : "Les principales caractéristiques climatiques du coefficient de l'écoulement fluvial moyen interannuel. Journal de GGT n°21, 1928.

[13] U.B.Voltsoun et K.U.Smirnov : "Estimation des ressources en eau superficielles et souterraines dans les conditions d'exploitation des mines". Guïdrométéoizdat, 1974.

[14] K.P.Voskresensky : "L'écoulement des rivières et des cours d'eau temporaires du territoire steppiques et de la zone steppique de la partie européenne de l'URSS. Travaux de GGI édition 29 (83) 1951.