

**Centre
de
Montpellier**

DISPOSITIF DE MESURE
AUTOMATIQUE
DE L'ÉVAPORATION
SUR BAC

Jacques CALLÈDE
Robert RANDON
Guy-Jacques DUBOIS
Eugénio RABBIA

Document ORSTOM Montpellier, 1991, n° 3

Jacques CALLÈDE
Robert RANDON
Guy-Jacques DUBOIS
Eugénio RABBIA

DISPOSITIF DE MESURE AUTOMATIQUE DE L'ÉVAPORATION SUR BAC

**Les opinions exprimées dans ce document
n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs**

Ce dispositif, simple et peu coûteux, peut s'adapter tant sur bac COLORADO que sur bac "Classe A" et être associé à un système de télétransmission.

Il donnera de bons résultats pour un pas de temps mensuel, voire décadaire, mais il risque de donner des résultats erronés sur le suivi de l'évolution de l'évaporation d'un jour sur l'autre.

S'agissant de mesures volumétriques, ce dispositif est totalement impropre à la détermination de l'évaporation horaire, à cause de la dilatation (et de la contraction) de l'eau du bac lors du cycle thermique journalier

1-HISTORIQUE

L'étude et la réalisation de ce matériel sont le fruit d'une coopération, au sein de l'ORSTOM, entre les Océanographes et le Laboratoire d'Hydrologie.

En Janvier 1987, dans le cadre du programme international de recherches océanographiques TOGA 2, et à la demande des Océanographes de l'ORSTOM (Alain MORLIERE) nous avons installé une balise ARGOS sur le Rocher St-Pierre et St-Paul, en plein Océan Atlantique. Cette balise télétransmet la valeur de la pluie journalière. Les résultats étant satisfaisants, il m'a été demandé de voir comment télétransmettre aussi les paramètres nécessaires à la détermination de l'évaporation de l'eau de mer au droit du Rocher, de façon à pouvoir calculer directement le bilan énergétique à l'interface air-mer.

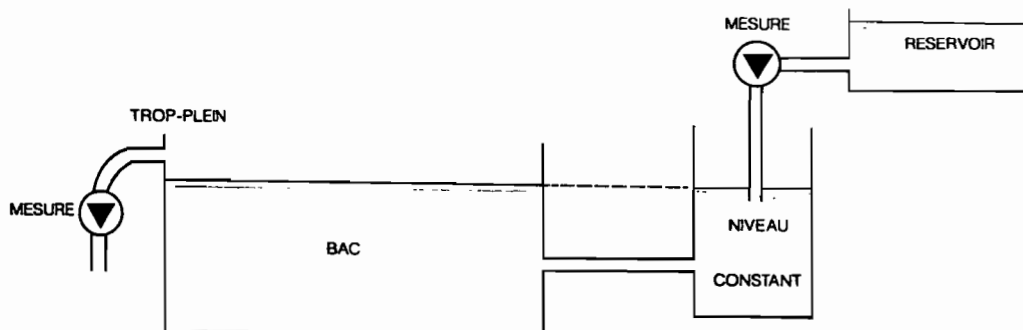
Une méthode classique consiste à utiliser la formule de PENMAN, ce qui implique de connaître la température et l'humidité de l'air, le rayonnement solaire global et le vent moyen au sol. Il existe actuellement, sur le marché, des stations automatiques fiables qu'il suffirait d'adapter à notre problème.

A l'issue de discussions avec M.ELDIN, bioclimatologue, il est apparu que la mesure de l'évaporation sur bac donnerait de bons résultats, la petitesse du Rocher y rendant l'effet d'oasis pratiquement négligeable. Cette méthode nous convenait parfaitement, ayant depuis longtemps adopté le principe qu'une mauvaise mesure est toujours préférable à un beau calcul.

Il restait donc à imaginer un système robuste, fiable et peu gourmand en énergie électrique, capable de fonctionner un an sans défaillance sur un site désertique uniquement peuplé de crabes et d'oiseaux.

2-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Un dispositif à niveau constant assure l'alimentation du bac à partir d'un réservoir. La quantité d'eau entrant dans le bac est mesurée ainsi que la quantité d'eau s'écoulant du bac par un trop-plein, en cas de forte pluie. Cette mesure s'effectue avec un très classique auget basculeur, qui ne consomme aucune énergie.



3-REALISATION ET INSTALLATION DU PROTOTYPE

Un premier prototype a été réalisé à MONTPELLIER début 1990, à partir de nos dessins, par un industriel spécialiste dans le travail du PVC.

Il a été installé sur le bassin représentatif de la JASSE, à une trentaine de kilomètres au Nord de MONTPELLIER et les mesures ont commencé en février 1990. Le bac utilisé est un COLORADO type ORSTOM, de 1 m² de superficie, qui existait déjà dans la station climatologique du bassin.

Les travaux de génie civil ont consisté à :

- réaliser un socle en béton (40x40 cm) pour y sceller le dispositif de mesure des débordements
- réaliser un socle en béton (60x45 cm) pour y sceller le dispositif de niveau constant
- installer le déversoir sur le bac
- relier, par un tuyau, le bac au dispositif de niveau constant
- relier, par un tuyau, le déversoir au dispositif de mesure
- installer un réservoir (250 litres environ) et le relier au dispositif de niveau constant

De Février à Juin 1990, les totaux des basculements ont été télétransmis, à titre expérimental, par la balise ARGOS n° 50, disponible au Laboratoire d'Hydrologie. Cette balise, qui a été utilisée par le Laboratoire de 1978 à 1982, a beaucoup voyagé (Sénégal, Canada, Brésil) mais elle fonctionne toujours parfaitement.

L'entrée de cette balise avait été prévue pour 2 capteurs de 16 bits. Dans ces conditions, un petit interface a été construit: chaque auget basculeur attaque un circuit anti-rebond (CMOS 4047) qui, lui-même, actionne un compteur 12 bits (CMOS 4040). La forme du message est:

4 bits à 0, 12 bits de comptage du remplissage, 4 bits à 0 et 12 bits de comptage du déversement.

A partir de Juin, la télétransmission a été supprimée et les basculements sont enregistrés désormais par deux compteurs d'impulsion électromécaniques. Les valeurs de ces compteurs sont relevées à chaque tournée de contrôle sur le bassin versant.

4-RESULTATS

Ils sont très satisfaisants. Les seules défaillances ont été provoquées par l'alimentation en énergie électrique et, en Décembre, par le gel de l'eau du bac.

La précision des augets basculeurs est bien suffisante: 1 mm d'évaporation sur ce bac de 1m² correspond, en volume, à 1 litre d'eau à remplacer, c'est à dire à 50 basculements de l'auget qui, rappelons-le, a un volume de 20 cm³.

L'erreur à craindre est celle du maintien du niveau constant, qui peut être estimée de l'ordre de 2 mm. Mais cette erreur n'intervient qu'entre le niveau de début et celui de fin de la période de mesure. Si la période est de 10 jours, l'erreur est de 2 mm. Si la période est de 1 mois, l'erreur n'est toujours que de 2 mm pour cette période.

Les résultats mensuels sont donnés en annexe. Une petite imprécision provient du fait qu'il n'existe pas de pluviomètre à proximité immédiate du bac: il n'est possible que d'utiliser un appareil automatique situé à une centaine de mètres de là.

La télétransmission, avec sa dizaine de collectes par jour, a mis en évidence la dilatation de l'eau du bac car le remplissage du bac est important durant la nuit. L'eau se contracte car la température baisse et le niveau descend. Le phénomène, que nous connaissons depuis longtemps, rend illusoire l'emploi de la mesure volumétrique pour déterminer l'évaporation à l'échelle horaire: seule la mesure par pesée est utilisable. Le tableau page suivante donne les relevés du compteur de remplissage (il n'a pas plu durant la période) entre les 11 et 13 Mai, avec comme résultats:

Journée du 11: remplissage 2,06 litres
Nuit du 11 au 12: 2,66 litres

Journée du 12: remplissage 1,54 litre
Nuit du 12 au 13: 2,50 litres

5-UTILISATION DES DONNEES. CALCUL DE L'EVAPORATION DU BAC

Le calcul s'effectue en utilisant 3 données:

- cell du compteur de remplissage
- celle du compteur de déversement (en cas de pluie)
- la pluviométrie mesurée à proximité immédiate du bac (normalement, il faudrait un capteur situé au même niveau que l'eau du bac)

Nous chercherons à déterminer l'évaporation sur une période considérée, qui peut, par exemple, être celle comprise entre 2 relevés des compteurs.

Opérations préliminaires:

- avec les relevés pluviométriques, calculer la pluie tombée dans le bac durant la période considérée
- les compteurs donnant des valeurs cumulées, il faut d'abord calculer les valeurs partielles (nombre de basculements) durant la période considérée
- sachant que l'auge a un volume de 20 cm³ et le bac une superficie de 1 m², la transformation des basculements en lame d'eau équivalente (en mm) se fera en utilisant la relation:

$$H \text{ mm} = n \times 0,02$$

(pour un bac "classe A" ou des auges de volume autre que 20 cm³, le coefficient 0,02 n'est plus valable. Soit S la superficie du bac (en m²) et v le volume de l'auge (en cm³); le coefficient est alors égal à v/1000S)

MESURE DE L'EVAPORATION DU 11 AU 13 MAI 1991

Pluie durant cette période: 0

Date	Heure	Compteur	Basc.	Remplissage (litres)	Evaporation
11	06.14	124			
			12	0,24	
11	07.51	136			
			37	0,74	
11	14.23	173			
			12	0,24	
11	15.43	185			
			16	0,32	
11	17.17	201			
			26	0,52	total diurne:
11	19.15	227			2,06 l
			73	1,46	
12	01.03	300			
			18	0,36	
12	02.39	318			
			29	0,58	
12	05.36	347			
			1	0,02	
12	06.03	348			
			12	0,24	total nocturne:
12	07.31	360			2,66 l
			27	0,54	
12	12.34	387			
			17	0,34	
12	15.31	404			
			33	0,66	total diurne:
12	18.51	437			1,54 l
			67	1,34	
13	00.52	504			
			16	0,32	
13	02.27	520			
			12	0,24	
13	03.47	532			
			30	0,60	total nocturne:
13	07.22	562			2,50 l

Appelons R la lame d'eau de remplissage, V la lame d'eau déversée et P la pluviométrie.

Trois cas peuvent se produire.

5.1 Pluviométrie nulle

$$\text{Evaporation} = R$$

5.2 Pluviométrie non nulle mais $V = 0$

Dans ce cas de figure, la pluie n'a été qu'un appoint au remplissage, mais trop faible pour occasionner un débordement.

$$\text{Evaporation} = R + P$$

5.3 Pluviométrie et déversements non nuls

Dans ce cas, la pluie a été suffisamment importante pour que l'eau atteigne le niveau du déversoir et qu'il y ait eu déversement d'une partie de la pluie.

$$\text{Evaporation} = R + P - V \quad (\text{formule générale})$$

Remarque

Dans certains cas, l'apport de la pluie peut occasionner une erreur de calcul, en appliquant strictement les relations ci-dessus. En effet la pluie, en élevant le niveau de l'eau du bac, va faire cesser le remplissage, puisque le niveau constant sera en dessous du niveau du bac. Le remplissage recommencera quand l'évaporation ayant consommé l'apport pluviométrique, le niveau du bac sera à nouveau celui du niveau constant théorique.

Dans le cas d'une télétransmission type ARGOS, il faudra choisir le début et la fin de la période de calcul à des jours où il y a effectivement remplissage.

Dans le cas où il n'existe que des compteurs relevés périodiquement, il faudra mesurer au réglet le niveau de l'eau du bac au moment du relevé, le comparer avec le niveau constant théorique et faire les corrections en conséquence.

6-CONCLUSIONS

Ce dispositif paraît bien adapté à la mesure automatique de l'évaporation mensuelle ou même décadaire, tant sur bac COLORADO que sur bac "classe A".

Son emploi se justifie dans une station climatologique automatique destinée à la détermination de l'évaporation ou de l'évapotranspiration potentielle. L'alimentation en eau peut même être effectuée par une citerne recueillant l'eau de pluie (ce qui avait été prévu pour le Rocher St-Pierre et St-Paul).

Cette réalisation a reçu l'aval du Service de la Valorisation de l'ORSTOM et, déjà, la Société PRECIS-MECANIQUE en envisage sa commercialisation.

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Février 1990

	REPLISSAGE		VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)	
	Compteur	n R(mm)	Compteur	n V(mm)				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23	Mise en route (télétransmission)							
24								
25								
26	38							
27	38	0 0	0	0	0	0	0	
28	59	21 0,4	0	0	0	0	0,4	

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Mars 1990

	REPLISSAGE			VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n	R(mm)	Compteur	n	V(mm)		
1	114	55	1,1	0	0	0	0	1,1
2	270	156	3,1	0	0	0	0	3,1
3	646	376	7,5	0	0	0	0	7,5
4	863	217	4,3	0	0	0	0	4,3
5	998	135	2,7	0	0	0	0	2,7
6	1108	110	2,2	0	0	0	0	2,2
7	1171	63	1,2	0	0	0	0	1,2
8	1207	36	0,7	0	0	0	0	0,7
9	1440	233	4,7	371	371	7,4	11,9	(9,2)
10	1440	0	0	415	44	0,9	4,6	(3,7)
11	1441	1	0	415	0	0	0	du 9 au 15 Evaporation: 14,3 mm soit 2,0 mm/j
12	1446	5	0,1	415	0	0	0	
13	1452	6	0,1	415	0	0	0	
14	1466	14	0,3	415	0	0	0	
15	1510	44	0,9	415	0	0	0	
16	1598	88	1,8	415	0	0	0	1,8
17	1665	67	1,3	415	0	0	0	1,3
18	1749	84	1,7	415	0	0	0	1,7
19	1842	93	1,9	415	0	0	0	1,9
20	1912	70	1,4	415	0	0	0	1,4
21	1946	34	0,7	415	0	0	0	0,7
22	2230	284	5,7	416	1	0	0	5,7
23	2341	111	2,2	416	0	0	0	2,2
24	Panne d'alimentation en énergie électrique							
25	de l'interface ARGOS							
26	Evaporation du 1 au 23 Mars: 53,8 mm							
27								
28	soit 2,3 mm/jour							
29								
30								
31								

Evaporation mensuelle estimée: 71 mm

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois d'Avril 1990

	REPLISSAGE			VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n	R(mm)	Compteur	n	V(mm)		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13	5			Remise en route				
14	115	110	2,2	0	0	0	0	2,2
15	203	88	1,8	0	0	0	0	1,8
16	380	177	3,5	0	0	0	0	3,5
17	561	181	3,6	0	0	0	2,0	5,6
18	681	120	2,4	0	0	0	0	2,4
19	834	153	3,1	0	0	0	0	3,1
20	1066	232	4,6	0	0	0	0	4,6
21	1261	195	3,9	0	0	0	0	3,9
22	1383	122	2,4	0	0	0	18,5	(20,9)
23	1383	0	0	0	0	0	0	
24	1383	0	0	0	0	0	0	du 22 au 27:
25	1383	0	0	0	0	0	0	Evaporation:
								20,9 mm
26	1383	0	0	0	0	0	0	soit 3,5 mm/j
27	1385	0	0	0	0	0	0	
28	1564	179	3,6	0	0	0	0	3,6
29	1767	203	4,1	0	0	0	0	4,1
30	1990	223	4,5	0	0	0	0	4,5

du 13 au 30: évaporation: 60,2 mm soit 3,5 mm/jour
 Evaporation mensuelle estimée: 105 mm

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Mai 1990

	REPLISSAGE			VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n	R(mm)	Compteur	n	V(mm)		
1	2237	247	4,9	0	0	0	0	4,9
2	2461	224	4,5	0	0	0	0	4,5
3	2711	250	5,0	0	0	0	0	5,0
4	2924	213	4,3	0	0	0	0	4,3
5	3169	245	4,9	0	0	0	0	4,9
6	3453	284	5,7	0	0	0	0	5,7
7	3660	207	4,1	0	0	0	1,0	5,1
8	3786	126	2,5	0	0	0	0	2,5
9	3895	109	2,2	0	0	0	0	2,2
10	4029	134	2,7	0	0	0	0	2,7
(retour à 0 après 4095)								
11	137	203	4,1	0	0	0	0	4,1
12	360	223	4,5	0	0	0	0	4,5
13	574	214	4,3	0	0	0	0	4,3
14	590	16	0,3	0	0	0	18,5	(18,8)
15	590	0	0	0	0	0	0	du 14 au 17: Evaporation: 18,9 mm soit 4,7 mm/jour
16	590	0	0	0	0	0	0	
17	597	7	0,1	0	0	0	0	
18	724	127	2,5	Essais: 6	0	0	0,5	3,0
19	964	240	4,8	6	0	0	0	4,8
20	1227	263	5,3	6	0	0	0	5,3
21	1409	182	3,6	6	0	0	2,0	5,6
22	1509	100	2,0	6	0	0	1,0	3,0
23	1528	19	0,4	6	0	0	0	0,4
24	1528	0	0	131	125	2,5	0	(-2,5)
25	1528	0	0	186	55	1,1	0	(-1,1)
26	1528	0	0	186	0	0	0	Période du 24 au 29 douteuse
27	1532	4	0,1	186	0	0	0	
28	1562	30	0,6	186	0	0	0	Du 1 au 23: 95,7mm
29	1562	0	0	186	0	0	0	
30	1640	78	1,6	186	0	0	0	1,6
31	(pas de réception de message)							

Evaporation mensuelle: 127 mm soit 4,1 mm/jour

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Juin 1990

	REPLISSAGE			VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n	R(mm)	Compteur	n	V(mm)		
1	(pas de réception des messages)							
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8	du 30 Mai au 13 Juin:							
9	Evaporation: 59,9 mm							
10	soit 4,6 mm/jour							
11								
12								
13	540	2995		186	0	0	0	
14								
15	916	376	(7,5)	186	0	0	0	2 jours:7,5 mm
16	1168	252	5,0	186	0	0	0	5,0
17								
18	1666	498	(10,0)	186	0	0	0	2 jours:10,0 mm
19	1924	258	5,2	186	0	0	0	5,2
20	2006	82	1,6	186	0	0	0	1,6
21	208	2	0	186	0	0	0	0
22	2009	1	0	186	0	0	0	0
23	2010	1	0	186	0	0	0	0
24	2285	275	5,5	186	0	0	0	5,5
25	2574	289	5,8	186	0	0	0	5,8
26	2904	330	6,6	186	0	0	0	6,6
27	3249	345	6,9	186	0	0	0	6,9
28	3509	260	5,2	186	0	0	0	5,2
29	3900	391	7,8	186	0	0	0	7,8
30	17	212	4,2	186	0	0	0	4,2

Evaporation mensuelle: 127 mm soit 4,2 mm/jour

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Juillet 1990

	REPLISSAGE			VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n	R(mm)	Compteur	n	V(mm)		
1	288	271	5,4	186	0	0	0	5,4
2	702	414	8,3	186	0	0	0	8,3
3	1065	363	7,3	186	0	0	0	7,3
4	1411	346	6,9	186	0	0	0	6,9
5	0			0				
6	Arrêt de la télétransmission le 4 Juillet							
7	Début de l'utilisation des compteurs d'impulsions							
8	le 4 Juillet							
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19	5408	5408	108,2	0	0	0	4,0	112,2
20								
21								
22								
23								
24								
25	7187	1779	35,6	0	0	0	6,0	41,6
26								
27								
28								
29								
30								
31	8197	1010	20,2	207	207	4,1	32,0	48,1

Evaporation mensuelle: 230 mm soit 7,4 mm/jour

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois d'Août 1990

	REPLISSAGE		VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)	
	Compteur	n R(mm)	Compteur	n	V(mm)			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17	2963	4766	95,3	207	0	0	2,0	97,3
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24	5772	2809	56,2	207	0	0	0	56,2
25								
26								
27								
28								
29								
30	6261	489	9,8	207	0	0	35,0	44,8
31				valeur moyenne du 30/8 au 07/9				(2,3)

Evaporation mensuelle: 201 mm soit 6,5 mm/jour

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Septembre 1990

	REPLISSAGE			VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)	
	Compteur	n	R(mm)	Compteur	n	V(mm)			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7	7183	922	18,4	215	8	0,2	0	16,3	
8									
9									
10									
11									
12									
13	8903	1720	34,4	215	0	0	0	34,4	
14									
15									
16									
17	8975	72	1,4	215	0	0	3,5	4,9	
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29	du 17/9 au 16/10: Evaporation: 144,4 mm soit 5,0 mm/jour								
30	Evaporation du 17 au 30/9:								64,7

Evaporation mensuelle: 120 mm soit 4,0 mm/jour

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois d'Octobre 1990

	REPLISSAGE		VIDANGE		PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n R(mm)	Compteur	n V(mm)		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7	du 1 au 16 Octobre: évaporation= 79,7 mm					
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16	1145	2170 43,4	254	39 0,8	101,8	144,4
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26	Evaporation estimée du 17 au 31: 2,3 mm/jour					
27	soit 34,5 mm pour la période					
28						
29						
30	du 17 Octobre au 2 Novembre: panne électrique dans					
31	l'alimentation des compteurs d'impulsions					
	Evaporation mensuelle estimée: 114 mm soit 3,7 mm/jour					

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Novembre 1990

	REPLISSAGE			VIDANGE			PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n	R(mm)	Compteur	n	V(mm)		
1								(2,3)
2	1145	0	0	255	0	0	0	0
3	(remise en route)			.				
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15	du 2 au 21: évaporation = 0,5 mm/jour							
16								
17								
18								
19								
20								
21	1603	458	9,2	273	18	0,4	0	8,8
22								
23								
24								
25								
26								
27	du 21 Novembre au 14 Décembre:							
28	Evaporation: 25,3 mm soit 1,1 mm/jour							
29	du 21 au 30: 9,9 mm							
30								

Evaporation mensuelle: 21 mm soit 0,7 mm/jour

EVAPORATION SUR LE BASSIN DE LA JASSE

=====

Mois de Décembre 1990

	REPLISSAGE		VIDANGE		PLUIE (mm)	EVAPORATION (mm)
	Compteur	n R(mm)	Compteur	n V(mm)		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14	1605	2 0	538	265 5,3	30,6	25,3
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

du 1 au 14: évaporation = 15,4 mm

du 14 Décembre au 25 Janvier 1991: évaporation = 17,4 mm
soit 7,0 mm du 14 au 31 Décembre

Valeurs probablement erronées : bac gelé à partir du 14

Evaporation mensuelle: 22 mm soit 0,7 mm/jour

DISPOSITIF DE MESURE AUTOMATIQUE DE L'EVAPORATION SUR BAC
=====

Vue d'ensemble du dispositif en cours d'installation sur
le Bassin de la JASSE (Hérault)



Réservoir d'eau

Niveau constant

Bac COLORARO

Mesure de la vidange