

L'ORE ET L'EAU



SOMMAIRE



Page

- ② FLASH-RESSOURCES
 - Des restrictions probables...
- ③ Le Bras de la Plaine : de l'étiage au module
- ④ L'initiation d'un réseau qualité des eaux souterraines
- ⑤ Une application du code de calcul Modflow
- ⑥ Sot'e la mer : Sécheresse exceptionnelle en Guadeloupe
- ⑦ Le coin de l'expert : Modélisation du fonctionnement hydrogéologique du massif du Piton de la Fournaise
- ⑧ HYDRO 2000 : l'annuaire hydrologique
 - En bref en vrac

Les missions de service public de l'ORE sont financées en l'an 2001 par :

l'Etat



DIRECTION REGIONALE DE
L'ENVIRONNEMENT
REUNION

le Département



DÉPARTEMENT
DE LA
Réunion

la Région



REGION REUNION
YVES ROUSSEAU AGRICULTEUR



Au 1er juin 2001

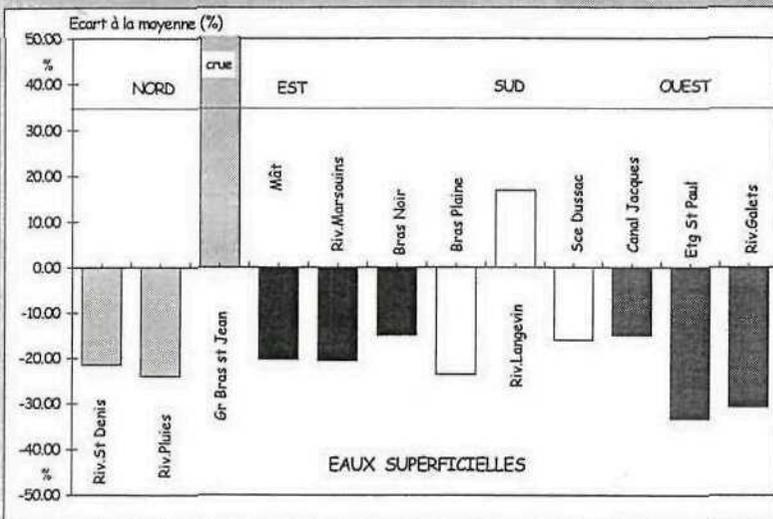
DEFICIT QUASI GENERAL !

Fait nouveau : le tarissement de nos ressources en eau s'accroît sur le Nord et gagne même l'Est. De valeur statistique, cette tendance n'engendre pas (encore) de pénurie notable hormis sur la bordure Nord-Ouest (le Dos d'Ane) et sur la plaine haute de St-Denis, Ste-Marie.

Sur l'Ouest, et de façon quasi chronique, l'absence de précipitations est préjudiciable aux petites retenues d'eau, alors qu'en termes d'usages notamment agricoles, c'est grâce à l'eau transférée depuis Mafate que les besoins de l'Antenne 4 et Grand Fond sont assurés.

Attention toutefois au tarissement rapide des ressources premières : 0,90 m³/s cumulés aux 2 sites de prise, soit -30 % de la normale (cf. ci-contre).

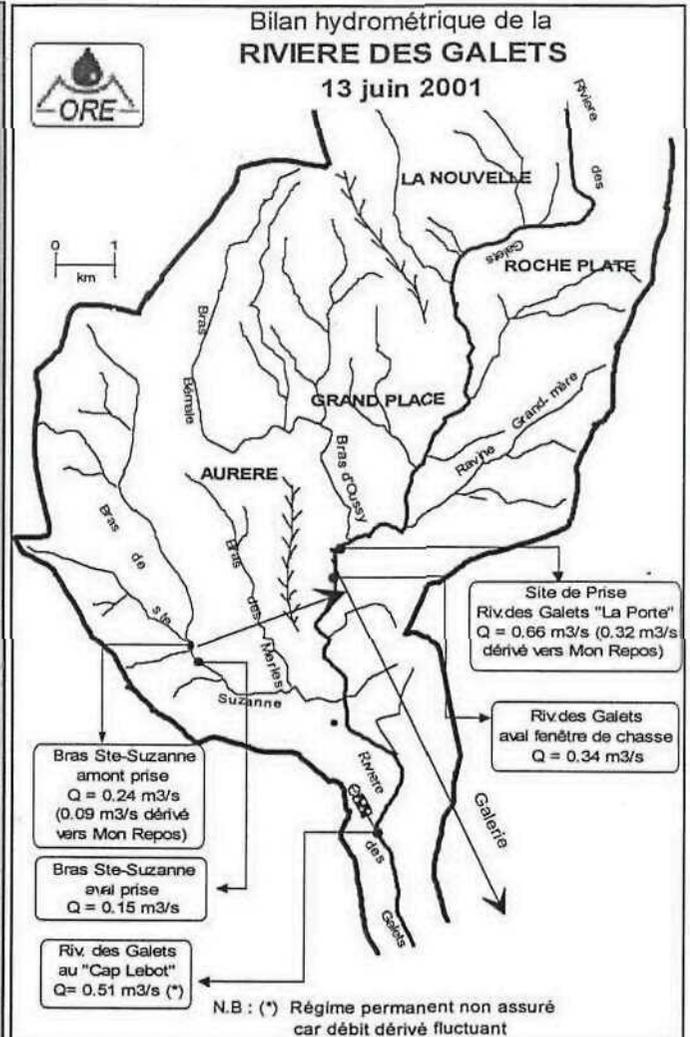
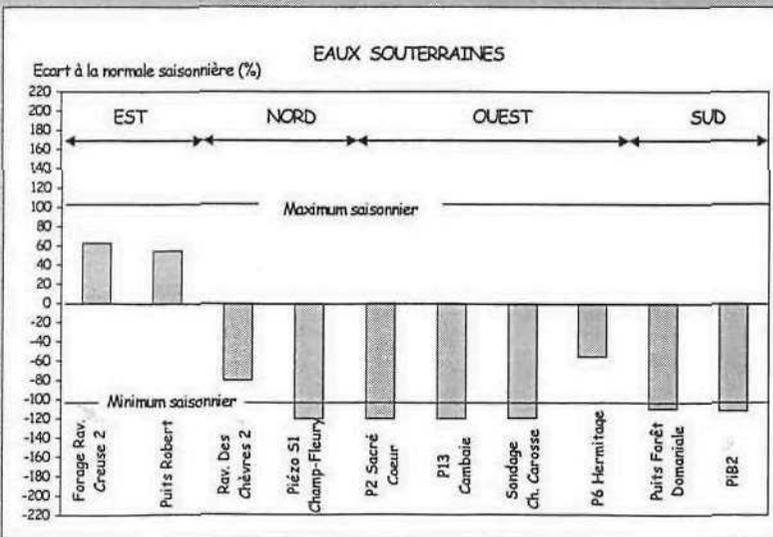
Dans le Sud, la situation de pénurie au 1er mars s'améliore sensiblement sous l'effet de fortes averses à la mi-avril et à la fin mai (1,87 m³/s sur la Rivière Langevin contre 1,25 le 28/02).



En ce qui concerne les eaux souterraines, le tarissement engagé au cours du mois de mars se poursuit pour l'ensemble des contextes hydrogéologiques excepté pour les nappes profondes du secteur sud et la nappe superficielle de la plaine des Galets qui poursuivent leur phase de recharge.

La situation déficitaire constatée en début d'année se confirme dans les secteurs Ouest et Sud du département. Cette tendance s'accroît en particulier dans le Nord. Seul l'Est reste épargné avec une amélioration relative de l'état de la ressource et des niveaux d'eaux souterraines qui sont globalement supérieurs aux normales saisonnières.

ore@stor.fr



Le 13 juin 2001, 2 brigades d'hydrométrie ont effectué des mesures de débits sur le bassin versant de la Rivière des Galets, principalement autour des captages d'irrigation à l'amont et à l'aval des prises, ainsi qu'à la station limnigraphique du Cap Lebot (débit résiduel).

Analyse des résultats et prévisions

Les mesures réalisées à l'amont des prises (0,90 m³/s au total) sont similaires à celles de 1991 (0,91 m³/s), année de référence sèche sur ce secteur (plus de 10 ans d'enregistrement en continu au Cap Lebot).

Le débit dérivé actuellement vers les périmètres d'irrigation Ouest (Antenne 4 et Grand Fond) s'élève à 0,41 m³/s et à l'étiage (base 2000), à 0,50 m³/s.

En conséquence, si ces besoins restent les mêmes en novembre 2001, on peut prévoir par analogie avec 1991 qu'ils ne pourront être satisfaits (tableau ci-dessous).

	Débit amont prises (m ³ /s)	Maxi captable	Débit capté	Production totale (*)	Satisfait des besoins
Jun 2001	0,90	0,60	0,41	0,51	Oui 0,51 - 0,41 = 0,10
Prévision nov. 2001 par analogie nov. 91	0,62	0,32	(0,32)	0,42	Non 0,42 - 0,50 = - 0,08

Rappel : débit réservé = 0,30 m³/s

(*) Apports galeries # 0,1 m³/s

Ce constat est d'autant plus alarmant que la station de traitement de Pichette qui desservira prochainement les communes du Port et de la Possession en eau potable, devrait mobiliser dans un premier temps 0,09 m³/s, d'où un solde négatif, hors restrictions éventuelles, de -0,17 m³/s.

ugironcelle@stor.fr
fbocquee@stor.fr

Le Bras de la Plaine est un cours d'eau singulier dont «l'écoulement de base» est à dominante de résurgences profondes de forte inertie. Sur leur débit à décroissance lente corrélée aux pluies de l'année en cours mais également de l'année antérieure (cf. L'OREOLE n° 2) viennent se greffer des crues dont la contribution dans le module varie de 6 % en année pluvieuse moyenne (1954 : 1 797 mm à la Plaine des Cafres) à 18 % en année humide (1959 : 3 362 mm).

Cette particularité peut être mise à profit pour une reconstitution statistique (non modélisée) des modules de ce cours d'eau à partir des étiages observés en galerie SAPHIR en condition courante de captage total à la prise d'irrigation.

La procédure se détaille comme suit :

1 - Etablissement des relations DCE (ou débit caractéristique d'étiage non dépassé 30 jours consécutifs dans l'année) - module de l'année à partir d'observations.

Les archives de l'ORSTOM et plus particulièrement des années 53-54 et 59-60 établies à la station de la Passerelle Entre Deux (station de mesures ponctuelles ORE) sont les seules à s'y prêter.

Année	Pluie Pdc mm	Module Pass. Entre 2	DCE Pass. Entre 2	Rapport DCE/Module	Remarque
1953	1 705	5,75	5,10	0,887	Année déficitaire légère
1954	1 797	5,03	4,05	0,805	
1959	3 362	7,44	5,40	0,726	Année excédentaire humide
1960	2 959	7,59	5,40	0,711	

La fourchette du rapport DCE/module, soit approximativement de 0,7 à 0,9 est assez étroite pour s'affranchir d'une recherche de précision plus grande, par prise en compte par exemple de caractéristiques des années antérieures ; au nombre ici trop limité.

On retiendra en définitive les coefficients DCE/module à la Passerelle Entre Deux :

Année sèche	0,86 - 0,82
Année moyenne	0,78
Année humide	0,74 - 0,70

2 - Quid de l'application/adaptation de ces coefficients à la prise SAPHIR ?

15 années d'observation (86 →) du débit journalier capté par la galerie SAPHIR sont disponibles à ce jour en complément de 10 années d'observations ponctuelles (1976 →). Les techniciens de la section hydrologie de la DAF/REDETAR, puis de l'ORE ont mesuré, dépouillé, critiqué et archivé ces données dans les annuaires hydrologiques successifs.

Cependant, quand bien même ces données sont de grand intérêt, elles relèvent du débit capté quasiment en totalité pendant les 8 mois qui succèdent à la saison cyclonique atténuée occasionnellement de laisse ou restitution en rivière (prise d'eau ou décanteurs).

L'année 1988, déficitaire (1 681 mm à la Plaine des Cafres) et donc faiblement «perturbée» par des crues, fait la part respective des paramètres naturels et associés à l'aménagement. Elle présente les caractéristiques suivantes :

- module capté mesuré en galerie : 4,25 m³/s (en tenant compte du captage partiel du 26/08 au 13/09 - cf. annuaire).
- résiduel 10 m aval prise d'eau : estimé à 50 l/s en moyenne annuelle (d'après les observations réalisées systématiquement depuis 1997 en année sèche 1999 et 2000).
- apports des crues :

a) par analogie aux volumes ruisselés spécifiques mesurés sur la Rivière Langevin, dont la géomorphologie présente certaines similitudes,

b) d'après leur contribution au module observé en 1954 (7 Mm³/159 Mm³ = 4,4 %).

On retiendra en définitive pour 1988 : 6 Mm³ soit 0,19 m³/s.

• captage du Pont du Diable : non opérationnel.

En résumé, le module de l'année 1988 s'établit à 4,25 + 0,05 + 0,19 = 4,49 m³/s et le rapport DCE/module à 3,7 (cf. annuaire) /4,49 = 0,824.

On déduit de ce résultat, conforme au rapport établi en année sèche pour la Passerelle de l'Entre Deux, que la relation DCE/module est applicable en première analyse à la prise SAPHIR !

3 - Reconstitution des modules à la prise SAPHIR

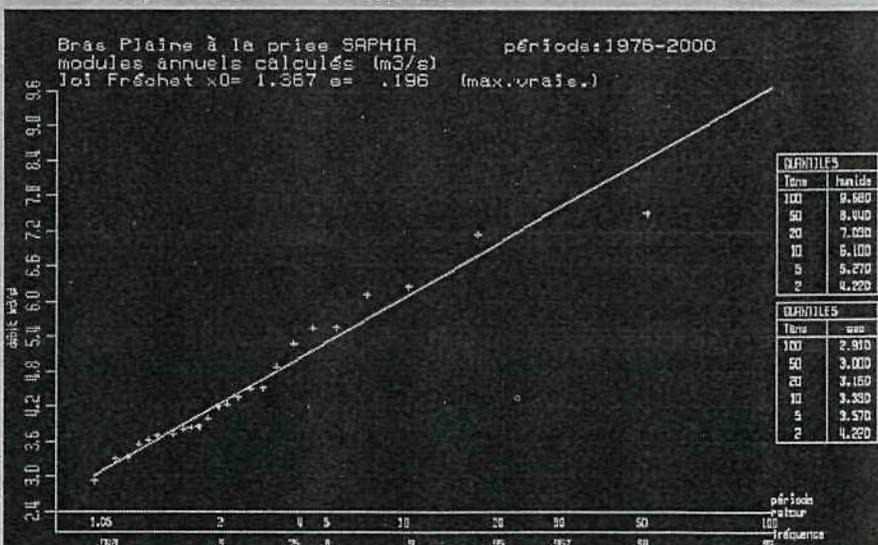
Année	DCE galerie SAPHIR (cf. annuaires) m³/s	Coefficient 1/ selon pluies	Module calculé m³/s	Année	DCE galerie SAPHIR (cf. annuaires) m³/s	Coefficient 1/ selon pluies	Module calculé m³/s
1976	3,2	0,84	3,81	1988	3,7	0,82	4,51
1977	4,4	0,72	6,11	1989	4,0	0,72	5,55
1978	3,15	0,82	3,84	1990	3,6 (*)	0,80	4,50
1979	3,4	0,78	4,36	1991	2,8	0,84	3,33
1980	5,0	0,70	7,14	1992	2,5	0,86	2,91
1981	3,9	0,80	4,88	1993	3,0	0,78	3,85
1982	4,5	0,72	6,25	1994	3,3	0,78	4,23
1983	3,6	0,86	4,19	1995	3,2	0,80	4,00
1984	3,1	0,84	3,69	1996	3,2	0,86	3,72
1985	3,9	0,74	5,27	1997	3,05	0,86	3,54
1986	4,1	0,74	5,54	1998	2,95	0,80	3,69
1987	5,4	0,72	7,50	1999	2,76	0,84	3,29
				2000	2,90	0,80	3,62

(*) ATTENTION : à compter de 1990, les valeurs ci-dessus tiennent compte du captage du Pont du Diable soit en moyenne 200 l/s au DCE : exemple : DCE 95 observé = 3,0 → brut d'avant captage = 3,2 m³/s.

L'ajustement des modules calculés à une loi de Fréchet fournit les quantiles suivants :

- module déficitaire (TR = -10 ans) = 3,33 m³/s,
- module médian = 4,22,
- module excédentaire (TR = +10 ans) = 6,1.

L'erreur relative méthodologique est estimée à + 7 %, soit + 0,30 m³/s sur le module médian reconstitué. Il convient de lui ajouter l'erreur de mesure (5 %) et d'adéquation (2 % dans la partie centrale de la loi), soit au total + 14 % (0,59 m³/s).



Le secteur qualité des eaux souterraines était jusqu'à récemment centré sur l'étude de l'invasion saline dans les nappes (mesures de conductivités, analyses du sodium et chlore), phénomène naturel qui peut être accentué par les pompages.

Mais les activités humaines (urbanisation, industrie, agriculture) peuvent également affecter la qualité des eaux souterraines même si celles-ci sont moins vulnérables que les eaux de surface.

En 1999 et 2000, l'ORE a été le coordinateur de l'opération «Point Zéro» d'évaluation de la qualité de l'eau du littoral ouest sur commande du Conseil Général. Cette étude s'inscrivait dans le cadre de la mise en place de l'irrigation des terres agricoles de l'Ouest par les eaux du transfert Est/Ouest.

Il s'agissait de réaliser un Etat de référence de la qualité des eaux superficielles, souterraines et lagunaires, par rapport aux impacts agricoles que pourraient engendrer l'irrigation sur le milieu naturel et sur l'eau potable.

Pour cela, de nombreux intervenants ont été nécessaires :

Milieux	Physico-chimie		Biologie
	Prélèvements	Analyses	Prélèvements et analyses
Eaux superficielles	ORE	Labo des Sciences de la Terre (université) Labo d'hygiène du Milieu du département Labo Répression des Fraudes	ORE ARDA
Eaux souterraines	ORE	Labo des Sciences de la Terre (université) Labo d'hygiène du Milieu du département Labo Répression des Fraudes Labo de Jussieu et de Paris VI	
Eaux lagunaires	Parc Marin Labo Ecomar	Labo Ecomar (université) Labo Répression des Fraudes	

Cette étude a fait l'objet d'une première publication en 2000 («Etat de référence qualitatif des eaux du littoral Ouest – Point Zéro 1999») et d'une seconde en cours de rédaction.

Après l'état de référence, il est nécessaire d'aborder la phase de suivi sur le long terme en adoptant une logique de réseau. Outre le littoral ouest, il s'est développé un besoin de connaissance et de surveillance plus général des aquifères («nappes») stratégiques de la Réunion.

Le Département a donc proposé, dans un cadre partenarial avec les services de l'Etat (DAF, DIREN, DRASS) ainsi que la Région-Réunion, d'initier un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines en accord avec les orientations du SDAGE et qui va s'adjoindre au réseau qualité des eaux superficielles existant depuis 1995.

Ce réseau est pour cette année réduit à 16 points répartis sur les zones les plus stratégiques de l'île et comprennent notamment 4 ouvrages issus du suivi «point zéro».

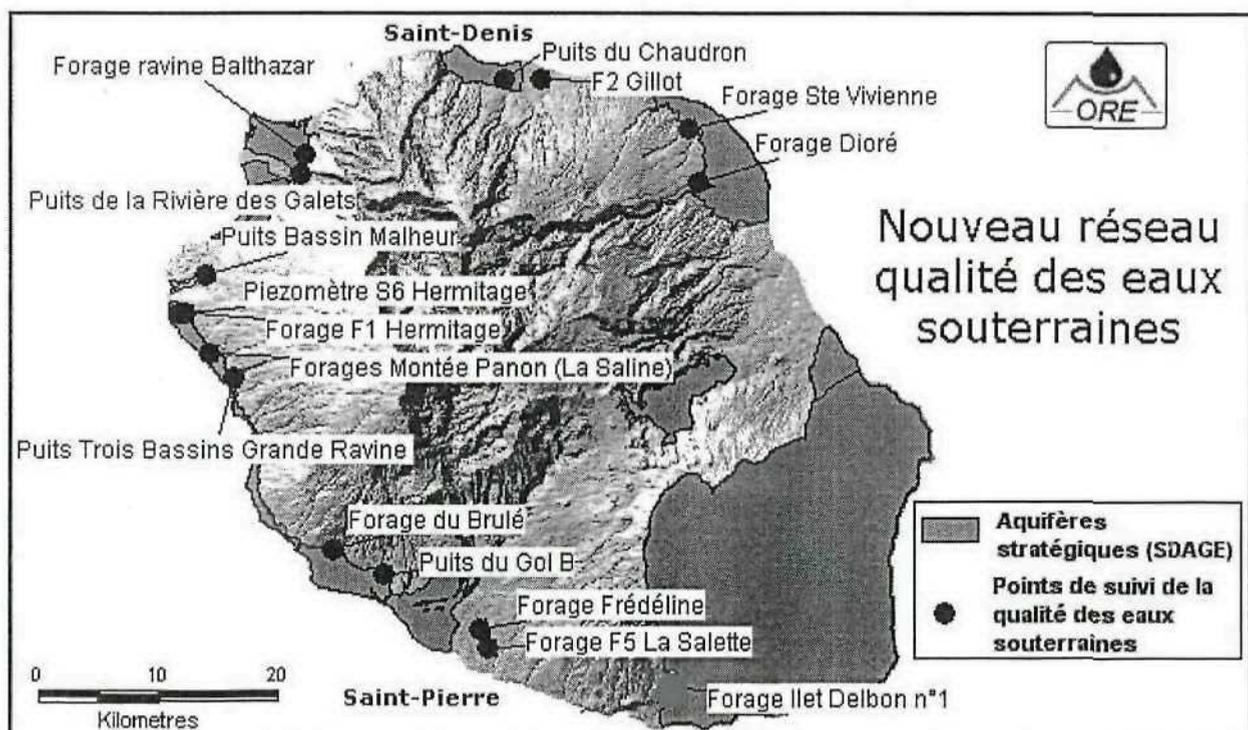
Les prélèvements sont réalisés en partenariat avec les services de la DRASS qui effectuent le contrôle sanitaire de l'eau potable sur les ouvrages de production avant traitement. En coordonnant nos interventions, nous obtenons une fréquence de 3 à 4 prélèvements par an et par ouvrage. Ces prélèvements seront associés aux mesures piézométriques de la zone.

Outre les paramètres physico-chimiques habituels de terrain (pH, température, conductivité, Oxygène dissous), différents types d'analyses sont réalisés :

- analyse classique des anions et cations majeurs, des matières organiques, azotées et phosphorées, ainsi que les bactéries (coliformes thermotolérants), sous-traitée au laboratoire d'hygiène du milieu du Département (LDEHM).
- analyse des pesticides sur 7 ouvrages, selon une liste de 11 molécules établies comme étant à rechercher en priorité dans l'eau, sous traitée au laboratoire de la Répression des Fraudes (LDCCRF).
- analyse de l'azote isotopique N14/N15 sur les points du littoral ouest permettant de déterminer l'origine organique (anthropique ou animale) ou minérale (engrais minéraux) des nitrates présents dans l'eau. Ces analyses sont réalisées par le laboratoire de biogéochimie isotopique de Jussieu.

Conjointement aux mesures sur les eaux souterraines, l'Ouest sera suivi de façon spécifique grâce à l'installation sur la Ravine St-Gilles d'une sonde d'acquisition en continu des paramètres physico-chimiques classiques de terrain (température, conductivité, pH, oxygène dissous, turbidité) mais également des nitrates.

smerlin@stor.fr



Suite à la description générale de GMS 3.1, le nouveau pré et post-processeur disponible à l'ORE, parue dans l'OREOLE n°35 (mars 2001), nous vous présentons une application théorique simple de cet outil de modélisation réalisée à l'aide du code de calcul Modflow.

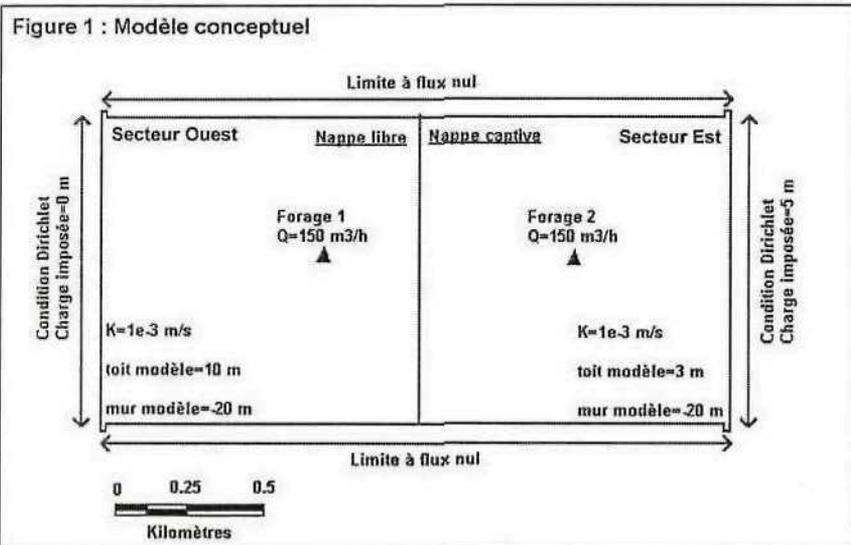
Modflow (version 1996) résout l'écoulement dans les trois dimensions, en différences finies, à l'aide de la très classique équation aux dérivées partielles suivante :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

avec : K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} la perméabilité dans les trois directions de l'espace, h le niveau hydrostatique, W le flux volumétrique par unité de volume, S_s le coefficient d'emmagasinement spécifique et t le temps.

Description du modèle conceptuel

Le secteur modélisé correspond à un rectangle de 2000 x 1000 m de coté (cf. fig.1). Au niveau des longueurs, les conditions aux limites imposées sont à flux nul. Les largeurs correspondent à des conditions de type Dirichlet avec une charge imposée à +0 m d'altitude sur la face Ouest et à +5 m sur la face Est. La direction générale d'écoulement est Est-Ouest.



Le mur du modèle est localisé à -20 m d'altitude sur l'ensemble du domaine. Le toit du système est à +3 m dans le secteur Est et à +10 m dans le secteur Ouest.

Cette configuration géométrique introduit des conditions différentes d'écoulement d'un domaine à l'autre. Captive dans le secteur Est avec une mise en charge de +2 m, la nappe devient progressivement libre lorsque l'on se dirige vers l'Ouest.

L'aquifère est considéré comme homogène et isotrope sur l'ensemble du domaine modélisé avec une perméabilité fixée à 1.10^{-3} m/s.

Deux forages ont été implantés dans chaque secteur. Ils sollicitent la nappe sur l'ensemble de son épaisseur (puits parfaits) à un débit de 150 m³/h (soit 41.7 l/s).

La géométrie du modèle est constituée par un maillage en 3D de 7920 cellules (66 lignes, 120 colonnes, 1 couche verticale), raffiné au droit des forages.

Le problème est résolu en régime permanent avec un critère de convergence de 1.10^{-4} m pour les charges hydrauliques et 1.10^{-6} m³/s pour les flux, atteint au bout de trois itérations.

Résultats de la modélisation

Trois paramètres classiques ont été calculés à l'aide de Modflow : les charges hydrauliques, les rabattements et les flux dans le domaine modélisé.

La figure 2 montre la distribution simulée des charges hydrauliques (lignes isopiézométriques) et des vitesses d'écoulement (vecteurs de flux) à l'intérieur du domaine.

Le passage d'une nappe captive à une nappe libre se traduit, dans ce cas précis, par une diminution des gradients hydrauliques. Ce phénomène correspond à une augmentation progressive de la transmissivité T au passage de la frontière entre les secteurs Est (T de l'ordre de $1.7 \cdot 10^{-2}$ m²/s) et Ouest (T de l'ordre de $2.1 \cdot 10^{-2}$ m²/s).

L'invagination des isopièzes, à proximité des forages, couplée aux lignes d'eau (données par les vecteurs) soulignent l'influence des pompages sur l'écoulement général dans le domaine. Ces deux informations permettent d'estimer le rayon et la zone d'influence des pompages sur les nappes.

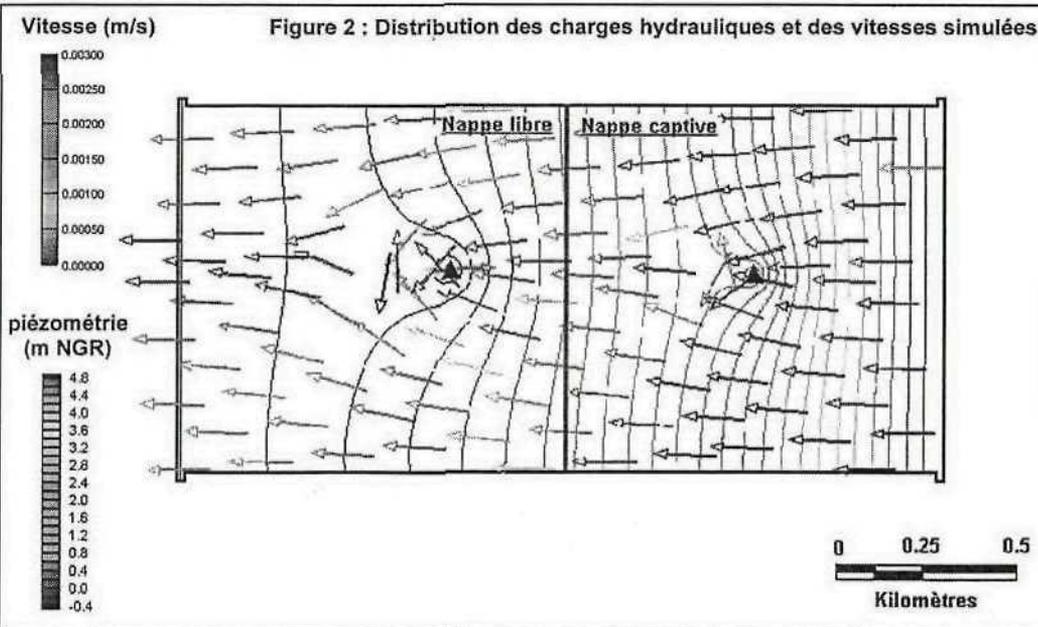
Il est rassurant de constater qu'en l'absence de recharge par les précipitations (non prises en compte dans cet exemple), la zone d'influence est plus étendue en nappe libre qu'en nappe captive

pour un même débit de prélèvement. Le pompage en nappe libre entraîne une diminution locale de la transmissivité induite par une désaturation progressive de l'aquifère par rabattements des niveaux d'eau.

Perspectives

Il est dorénavant envisageable d'utiliser cet outil convivial dans le cadre de modélisations opérationnelles pour des objectifs variés comme l'estimation de la ressource sur un secteur particulier ou la prévision de l'état de cette ressource au cours d'un cycle hydrologique.

Avec la possibilité de prise en compte de facteurs complexes (drainance, barrière hydraulique, conditions aux limites diverses, échange nappe-rivière) et de phases de calage semi automatique par modélisation inverse.





La Guadeloupe à l'heure du rationnement

Les coupures tournantes de 24 heures figurent au premier rang des mesures d'urgence arrêtées le 14 mars dernier par la cellule de crise sécheresse réunie à la sous-préfecture de Pointe à Pitre, et confirmées par un arrêté préfectoral du 19 mars. Les 9 châteaux d'eau de la Guadeloupe (Boisvin, Ilet Pérou, Petit Pérou, Fromager, Chauvel, Poucet, Duthau, Dubellay et Sergent) fermeront ainsi à tour de rôle. Le dispositif de rotation est entré en vigueur le 22 mars et devrait se poursuivre jusqu'au 8 avril, date théorique de fin du carême.

Les usages secondaires de l'eau, notamment pour l'arrosage des pelouses, le lavage des voitures ou le remplissage des piscines, sont interdits. Les nettoyages des caniveaux, trottoirs et voiries publiques devront, eux, être limités au strict nécessaires.

Où l'on reparle de projets de barrage

Le rationnement est aussi de rigueur pour l'utilisation de l'eau agricole. L'arrosage par aspersion (moins économe que le goutte à goutte) est limité entre 15 h et 20 h, tandis que le pompage dans les bassins de stockage de Gachet à Port-Louis et de Létaye au Moule, est autorisé seulement entre 11 heures et 20 heures. Quant à l'utilisation de surpresseurs directement branchés sur des bornes d'irrigation des réseaux publics, elle est formellement proscrite.

Outre ces dispositions d'urgence, les membres de la cellule sécheresse se sont également penchés sur les mesures à prendre à moyen et long terme pour se prémunir des effets du manque d'eau. Trois projets de barrage sont envisagés, à Dumanoir/Capesterre Belle-Eau, Moreau/Goyave et Trianon/Petit Bourg - ce dernier étant « alternatif » à celui, longtemps controversé, de la rivière Bras David. Un comité de pilotage de ces projets devrait voir le jour prochainement.

Enfin, il a été question d'un programme de réhabilitation des mares, à des fins d'abreuvement des animaux, de la mise en place de points d'eau collectifs, et de la création d'un groupe de réflexion qui serait chargé d'élaborer un programme de forages dans la nappe phréatique de la Grande Terre.

Depuis 1951, seules deux années - 1966 et 1995 - ont connu des mois de janvier plus secs

Après une année 2000 déjà fortement déficitaire en eau de pluie, notamment dans les zones de captages (côte au vent) et dans le Nord de Grande Terre (région où la consommation d'eau d'irrigation est importante), la sécheresse s'est poursuivie en janvier 2001. En Grande Terre comme sur la majeure partie de la Basse Terre, il n'est tombé que le tiers voire la moitié, dans certaines zones, des normales saisonnières. Avec une pluviométrie de 27 mm mesurée à la station Météo-France de Raizet, alors que la normale saisonnière se situe autour de 84 mm, le premier mois de l'année a été particulièrement sec. Depuis 1951, seules deux années - 1966 avec 17 mm d'eau et 1995 avec 19 mm - ont connu des mois de janvier plus arides.

La sécheresse a continué en février, confirmant la tendance. Ainsi au Raizet, où la moyenne à cette période s'élève à 64 mm les pluviomètres n'ont pas dépassé les 47 mm d'eau. Et au domaine de Duclos (INRA), lieu de captage et de transfert des eaux d'irrigation du conseil général, le déficit est de 55 % par rapport à la moyenne, soit 59 mm contre 107 mm. Dans les zones agricoles d'Anse Bertrand et du Moule, ces déficits sont respectivement de 48 % (Campêche) et 55 % (Sainte-Marguerite). De même, sur la commune de Capesterre Belle-Eau, lieu des principaux captages d'adduction d'eau potable, les rapports à la moyenne sont de l'ordre de 60 % en janvier et 70 % en février.

La distribution de l'eau perturbée

Les effets de cette sécheresse exceptionnelle n'ont donc pas tardé à se faire sentir dans les lieux de prélèvement des eaux de pluie, en l'occurrence les principales rivières de Basse Terre et les sources de la côte au vent. En moins d'un mois, les valeurs des débits des principaux cours d'eau ont diminué entre 35 % et 45 %, pendant que les besoins en eau d'irrigation augmentaient de 20 %.

Les premières difficultés pour l'approvisionnement en eau de consommation humaine et en eau d'irrigation sont apparues en janvier. La distribution d'eau potable assurée par le SIAEAG (Syndicat Inter-communal d'Alimentation en Eau et Assainissement de la Guadeloupe) pour l'ensemble des communes de la côte au vent et celles de la Grande Terre (y compris les Saintes et Désirade), connaît des perturbations importantes sur les points élevés des communes et dans les sections situées en bout de réseau. Les premières zones affectées par ces perturbations ont été le Nord Grande Terre, en particulier certaines sections d'Anse-Bertrand et de Port-Louis.

Trois unités de dessalement contre la sécheresse Premières mesures pour les agriculteurs

GUADELOUPE

Trois unités de dessalement de l'eau de mer et une unité de traitement d'eau douce sont actuellement en cours d'acheminement en direction de la Guadeloupe.

Cette décision, annoncée mardi à Paris par Christian Paul, le secrétaire d'Etat à l'Outre-mer, vise à faire face à la plus grave sécheresse qui affecte l'île depuis cinquante ans.

Parallèlement, 21 agents nécessaires au fonctionnement de ces quatre unités seront prochainement opérationnels sur l'île.

Christian Paul, qui s'exprimait à l'Assemblée nationale, a assuré que les premières mesures d'indemnités et de secours aux agriculteurs victimes de la sécheresse seront prochainement annoncées aux professionnels.

Un second train de mesures est prévu à l'automne pour répondre aux nouvelles estimations de pertes des filières agricoles. Selon le secrétaire d'Etat l'estimation définitive des dégâts « est aujourd'hui impossible ».



Une fois n'est pas coutume, c'est à un expert «de l'intérieur» qu'il revient de présenter cette rubrique. Félicitations donc à Jean Luc FOLIO, lauréat récent d'une thèse de doctorat intitulée : distribution de la perméabilité dans le massif du Piton de la Fournaise - Apport à la connaissance du fonctionnement hydrogéologique d'un volcan-bouclier dont un très bref résumé est présenté ci-dessous.

fbocquee@stor.fr

La diversité des modèles hydrogéologiques conceptuels proposés pour les milieux volcaniques insulaires traduit une méconnaissance des schémas d'écoulement au sein des édifices.

A la Réunion, le modèle généralement proposé fait état d'une déconnexion hydraulique entre le domaine littoral (nappe de base) et le domaine d'altitude.

Dès 1991, à l'issu d'investigations géologiques menées sur le Piton des Neiges, Join suggère une continuité hydraulique de la nappe de base sur l'ensemble du massif en relation avec une diminution supposée des caractéristiques hydrauliques des formations volcaniques au cœur de l'édifice.

Il est alors apparu la nécessité de mesurer la perméabilité des formations les plus anciennes et les plus profondes de l'île.

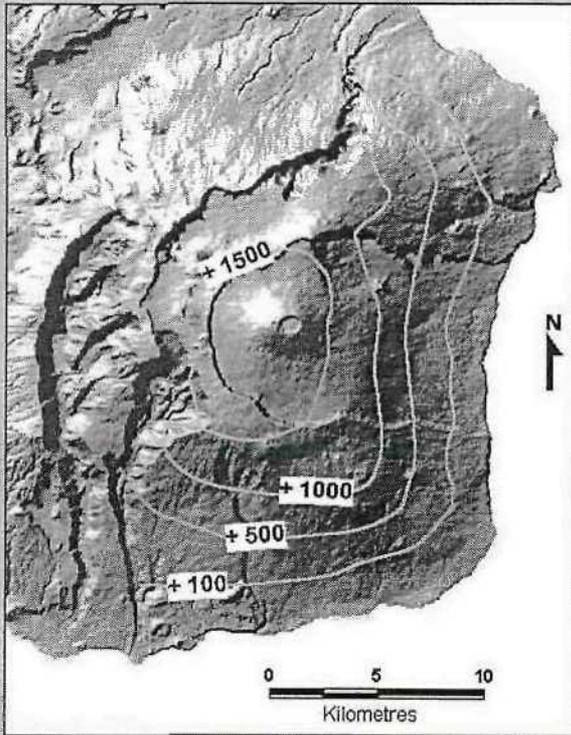


Fig. 1 : carte piézométrique du massif de la Fournaise obtenue par modélisation hydrodynamique en 3D

Ce travail a été mené sur les unités volcano-structurales les plus anciennes (phases I et II) du massif du Piton de la Fournaise. Ces unités sont constituées par des empilements monotones de coulées qui font apparaître deux types de perméabilité : une perméabilité de fissure pour les fractions laviques et une perméabilité d'interstice pour les fractions scoriacées.

Chacun de ces milieux a fait l'objet d'une investigation hydraulique particulière à l'échelle du Volume Élémentaire Représentatif (VER) caractéristique d'un milieu basaltique.

Un échantillonnage classique des caractéristiques géométriques des fissures (densité de fissuration, ouverture apparente des fissures) a permis de calculer une perméabilité moyenne pour les fractions laviques en utilisant l'approche «milieu poreux équivalent» proposée par Khafeel (1989). La perméabilité des fractions scoriacées a été estimée par injections d'air

comprimé en cavité cylindrique, en milieu non saturé, à l'aide d'un appareillage portable développé pour l'occasion.

A l'aide de ces estimations, une procédure de changement d'échelle (upscaling), valable pour les milieux stratifiés, a permis de proposer des valeurs de perméabilité pour les unités volcano-structurales. Ces valeurs montrent une diminution progressive de la perméabilité en fonction de la profondeur. Ce schéma d'évolution verticale de la perméabilité est similaire au modèle proposé par Custodio (1988) pour les îles Canaries.

La contribution des méthodes magnéto-telluriques (CSAMT et Mosnier), mises en œuvre au cours de ce travail, a été essentielle dans la définition du fonctionnement hydrodynamique du massif de la Fournaise.

Ces outils géophysiques ont permis de localiser un niveau de saturation régional, en l'absence d'ouvrages de reconnaissance sur la majeure partie de l'édifice volcanique. La signification de cette information piézométrique interprétative a été validée hydrauliquement lors d'une phase préliminaire de modélisation hydrodynamique.

Un deuxième apport de ces outils géophysiques est la définition d'un modèle volcano-structural conceptuel en 3D de la Fournaise. Ce canevas structural, contraint par les données géologiques disponibles, a permis de proposer une régionalisation effective de la perméabilité dans le massif de la Fournaise. Cette distribution a été validée hydrauliquement au moyen d'une modélisation inverse à l'aide de HPP-INV.

Ce résultat fondamental permet de reconsidérer le fonctionnement hydrodynamique des volcans-boucliers et de proposer un nouveau modèle conceptuel hydrogéologique pour le massif de la Fournaise. Il fait référence à un niveau de saturation régional et continu, qui remonte à hautes altitudes au centre du massif (cf. fig. 1).

Le fonctionnement hydrodynamique de ce système, obtenu par simulation en 3 dimensions à l'aide de FEMWATER, est caractérisé par des écoulements à forte composante verticale dans les parties sommitales et les flancs de la Fournaise. Les principales émergences localisées dans les grandes rivières sont hydrauliquement connectées au niveau de saturation régional (cf. fig. 2).

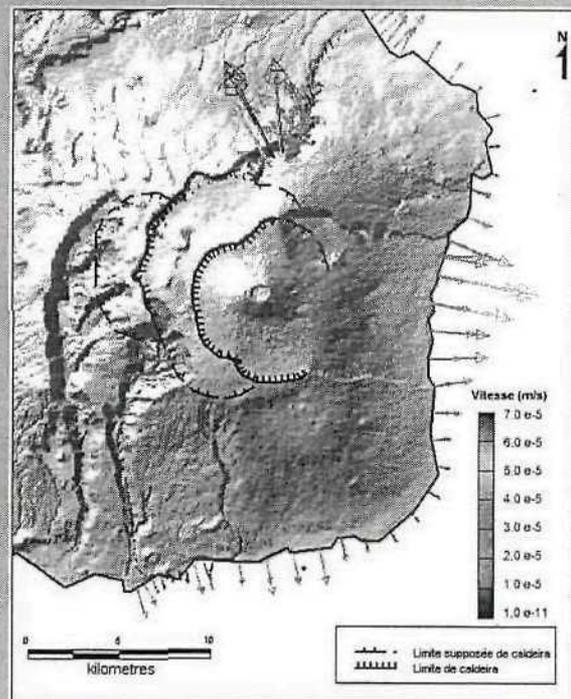


Fig. 2 : distribution des flux obtenus par modélisation hydrodynamique en 3D aux limites du massif de la Fournaise



Le nouvel annuaire hydrologique HYDRO 2000 est disponible.

Cette 4^{ème} édition sur CD-ROM vient compléter 20 années d'édition «classique» sur papier, ce qui en fait intrinsèquement une référence en DOM-TOM !

Disposant de nouvelles fonctionnalités et d'améliorations diverses, ce produit sera disponible fin juin pour PC/Windows/Internet/Explorer 5 aux prix (inchangé) de 360 F (Réunion) ou 380 F (Métropole).

De nouvelles fonctionnalités

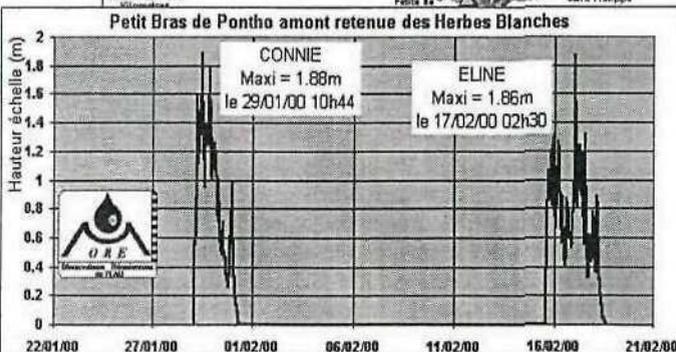
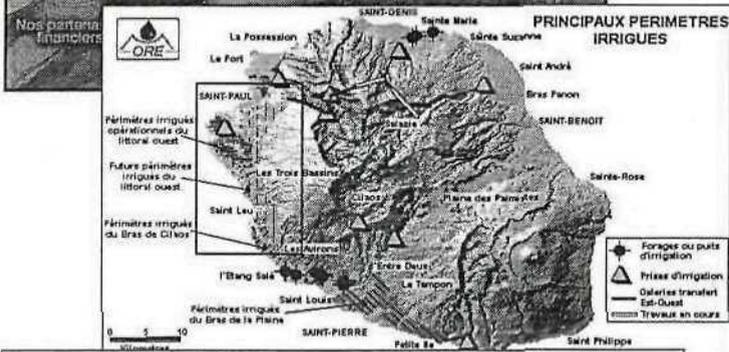
- Galerie photo des groupes faunistiques de macroinvertébrés,
- L'OREOLE : l'intégralité des 4 numéros de l'année 2000 au format PDF (lecteur fourni),
- Référencement visuel (couleurs/icônes) par type de points d'eau sur fond orthophotonumérique moins compressé et donc plus détaillé,
- Un état plus complet de la ressource en eau régionale (nouveaux bassins témoins) et des statistiques plus complètes (pluies, débits).

Des améliorations diverses

- 4 nouveaux clips vidéo thématiques plus performants, directement accessibles depuis les points d'eau concernés,
- Un plan du site aux labels interactifs,
- Une cartographie standardisée et plus lisible (à partir du modèle numérique de terrain IGN).

...et toujours, une simplicité d'emploi reconnue par les professionnels tels que le CEMAGREF, les agences de l'eau et les revues spécialisées.

Découvrez le à partir de notre site web : www.stor.fr/ore.



ore@stor.fr

CA et AG: Conseil d'Administration et Assemblée Générale de l'ORE les 6 mai et 1er juin dernier sous la présidence de Dr. THOLOZAN. Approbation du rapport d'activité, du rapport financier et du budget prévisionnel qui s'élève, hors mise à disposition du directeur et des locaux, à 4,2 MF.

Pluies : Heureuses et abondantes à la mi avril sur le Sud, Sud-Est. L'occasion de faire un clip vidéo du jaugeage de la Source Gabriel (les Lianes St-Joseph) et de le diffuser le lendemain même sur le web.

Sonde : Réception en mai d'une sonde de mesure multiparamètres physico-chimiques (température, pH, turbidité, oxygène dissous, conductivité et nitrates) qui sera prochainement implantée sur la Ravine St-Gilles au captage du «Verrou».

Colloques : Contribution de l'ORE à Espace et Société à l'Université en relation avec le Ministère de la Recherche, le CNES et l'IRD. Echange fructueux et spécifiques (station INMARSAT). Quelques jours plus tard, c'est au tour de : Préservation et valorisation de l'eau dans le domaine littoral (SERESUR) ou l'ORE présente ses réseaux d'observations.

35 heures + Euro : Lancement des réunions préparatoires au passage (en douceur) aux 35h au 01/01/2002. Notre comptabilité «basculer» à l'euro le 1er juillet.

Bébé : Bienvenue à Viviane CAMPIN née le 14/04/2001 sous le signe du Bélier.

A lire : • HYDROPLUS, le n° 111 de mars/avril traite de l'eau dans les îles... avec un clin d'œil à l'ORE.

- «La ruée vers l'eau» de Roger CANS (Le Monde - Folio actuel).
- Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques (SEDES) dont un chapitre du Professeur René ROBERT sur la Réunion.
- La thèse en hydrobiologie (Université Toulouse III) de Sabine BIELSA sur les relations trophiques du poisson d'eau douce Sicyopterus lagocephalus dont les larves sont nos fameux bichiques, dans différentes rivières de l'île de la Réunion.

A voir : • CD-ROM : «La quête de l'eau» (STRASS production).

- Vidéo : «c'est pas la mer à boire» du Collège Reydellet, récemment primé (collaboration des techniciens de l'ORE).

ore@stor.fr



Bulletin trimestriel gratuit de l'Observatoire Réunionnais de l'Eau, association de type loi de 1901 déclarée le 31 janvier 1992 à la préfecture de la Réunion (N° 3435 - JO du 11.03.92).

OBSERVATOIRE REUNIONNAIS DE L'EAU

Bd de la Providence - 97489 ST-DENIS CEDEX

Tél : 0 262 30 84 84 - FAX : 0 262 30 84 85

web : <http://www.stor.fr/ore>

E-mail : ore@stor.fr

SIRET : 384 704 227 00014 - APE : 913E

Directeur de la publication : F. BOCQUEE

Comité de rédaction et mise en page : F. BOCQUEE/J.L. FOLIO/S. MERLIN/U. GIRONCELLE/B. CAMPIN

Secrétariat/PAO : Y. MELADE

ISSN : 1244-5398

Ce bulletin tiré en 350 exemplaires est entièrement réalisé avec les moyens bureautiques de l'ORE. Toute reproduction est libre sous réserve de mention de l'ORE.