

SOMMAIRE

1 - RECAPITULATIF DU DEROULEMENT DE L'ETUDE	2
1 – Le diagnostic initial	2
2 - Les campagnes de mesures.....	2
3 - Les visites des sites non concernés par les campagnes de mesures	3
2 - PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS	4
1 - Les résultats des campagnes de mesures présentés par type de ZRI.....	4
2 - Les principaux avantages et inconvénients recensés par type de ZRI	10
3 - OBSERVATIONS ET PRECONISATIONS GENERALES	17
1 - Des points positifs.....	17
2 - Des limites.....	17
3 - Des préconisations valables pour l'ensemble des sites.....	18
4 - AUTRES TYPES DE ZONES DE REJETS INTERMEDIAIRES AU NIVEAU NATIONAL ...	21
1 - Bassin à macrophytes	21
2 - Taillis (très) Courte Rotation (TtCR).....	21
3 - Massifs filtrants végétalisés.....	22
4 - Infiltration aménagée.....	23
5 - METHODOLOGIE POUR CHOISIR AU MIEUX LE TYPE DE ZRI A REALISER	24
1 - La problématique principale du milieu récepteur doit être identifiée.....	24
2 - Les fonctions à remplir par la ZRI découleront de la problématique retenue.....	24
3 - La ZRI à concevoir devra remplir les fonctions identifiées.....	25
6 - CONCLUSION	26
ANNEXES.....	27



1 - RECAPITULATIF DU DEROULEMENT DE L'ETUDE

1 – Le diagnostic initial

Cette première phase de l'étude, a été menée du mois de juin au mois d'août 2009. Il s'agissait de dresser un diagnostic initial des Zones de Rejets Intermédiaires (ZRI) existantes au démarrage de l'étude sur l'ensemble du territoire du SABA. Ce diagnostic concerne également les stations d'épuration situées en amont de ces zones.

Les visites de sites systématiques

Chaque site équipé d'une Zone de Rejet Intermédiaire a fait l'objet d'une visite initiale :

- sur la ZRI en elle-même : vérification des données de conception par des mesures de terrain puis, identification des contraintes d'exploitation principales à partir de nos observations et des échanges avec les exploitants,
- sur la station d'épuration : évaluation du fonctionnement des ouvrages par des mesures de terrain et des échanges avec les exploitants,

Les documents produits

A la suite de ces visites conformément au cahier des charges, un premier rapport intermédiaire a été remis. Ce rapport présentait :

- le classement des zones par familles ainsi que le choix des sites d'études représentatifs de chaque famille identifiée. Ce sont sur ces sites d'étude qu'ont été menées 4 campagnes de mesure (une par saison),
- les fiches diagnostiques de fonctionnement des stations d'épuration et le descriptif technique de la Zone de Rejet Intermédiaire qui lui est associée.

2 - Les campagnes de mesures

Pour chacune des campagnes, en complément des mesures réalisées au niveau de la Zone de Rejet Intermédiaire, les mesures suivantes ont été effectuées sur le cours d'eau réceptionnant les eaux rejetées :

- le débit du cours d'eau, lorsque les conditions le permettaient (notamment si le débit n'était pas trop important) afin d'estimer la fraction représentée par le débit d'eau traitée,
- des mesures physico-chimiques en amont et en aval du rejet (oxygène dissous, température, conductivité).

Rappel : Conformément au cahier des charges, lorsque cela était possible, les résultats d'analyses et les débits d'entrée de la ZRI ont été récupérés à partir des données réglementaires de l'autosurveillance. Ceci ne concerne pas les analyses bactériologiques systématiquement réalisées par notre prestataire.

La campagne d'été

Cette première campagne de mesure a été menée du 11 au 13 août 2009. Conformément au cahier des charges, les mesures ont été réalisées durant 24 heures sur les 3 sites jugés représentatifs, à savoir les Zones de Rejets Intermédiaires de Cabriès-Callas (type lagune), Rousset (type fossé végétalisé) et Trets (type zone humide irriguée).

Les mesures suivantes ont été réalisées en entrée et en sortie de chaque Zone de Rejet Intermédiaire :

- un prélèvement automatique proportionnel au débit mesuré (lorsqu'il n'y a pas eu de mesure de débit, ce prélèvement était proportionnel au temps),
- une mesure de débit, ce qui a permis également de calculer un rendement « épuratoire » établi sur 24 heures. Seule la ZRI de Trets n'a pas fait l'objet d'une mesure de débit en sortie de zone faute d'équipement sur site et parce que le rejet s'effectue en plusieurs points de manière plus ou moins diffuse).

Les mesures de débits ont aussi permis d'estimer la fraction d'effluent infiltré, évaporé et évapotranspiré au sein de la ZRI avant rejet dans le ruisseau.

La campagne d'automne

Cette campagne de mesure a été menée les 9 au 18 et 26 novembre 2009. Conformément au cahier des charges, les prélèvements des eaux entrant et sortant des Zones de Rejets Intermédiaires ont été réalisés ponctuellement.

Les mesures concernant le site représentatif du type lagune ont été effectuées sur la ZRI de la station de Coudoux-Velaux-Ventabren car la lagune de Cabriès-Callas était by-passée à la date de la campagne de mesure (le maître d'ouvrage prévoyait de curer le bassin).

Pour cette station, il n'a été effectué ni de mesures de débit du cours d'eau recevant les eaux traitées, ni de mesures physico-chimiques sur le même cours d'eau puisque le rejet se fait dans le canal des arrosants qui rejoint quasi instantanément l'Arc. Aussi aucune mesure n'aurait réellement d'intérêt pour apprécier l'impact du rejet sur l'eau du canal ou sur l'Arc.

La campagne d'hiver

Cette campagne de mesure a été menée du 23 au 24 février 2010. Conformément au cahier des charges, les prélèvements des eaux entrant et sortant des Zones de Rejets Intermédiaires ont été réalisés ponctuellement.

Là encore, les mesures concernant les ZRI du type lagune ont été effectuées sur la station de Coudoux-Velaux-Ventabren car la lagune de Cabriès-Callas était toujours by-passée à la date des mesures.

Lors de cette campagne, le débit de l'Arc était trop important pour y réaliser une mesure de débit (pour des raisons de sécurité). Cette valeur est donc manquante pour Coudoux et Rousset.

La campagne de printemps

Cette campagne de mesure a été menée les 4 et le 25 mai 2010. Conformément au cahier des charges, les prélèvements des eaux entrant et sortant des Zones de Rejets Intermédiaires ont été réalisés ponctuellement.

Là encore, les mesures concernant les ZRI du type lagune ont été effectuées sur la station de Coudoux-Velaux-Ventabren car la lagune de Cabriès-Callas était toujours by-passée à la date des mesures.

De même, le débit de l'Arc était encore trop important pour y réaliser des mesures de débits. Cette valeur est donc manquante pour Coudoux et Rousset.

Les documents produits : les rapports minutes

Les rapports minutes faisant suite à chaque campagne ont été transmis par mail, présentés sous forme d'un classeur EXCEL qui présentait les différents types de résultats obtenus par site. Chaque type de résultat a fait l'objet d'un commentaire qui constituait une première interprétation.

Les résultats présentés :

- les bilans de pollution reprenant les résultats d'analyses des prélèvements 24h ou ponctuels réalisés en entrée et sortie des ZRI,
- les mesures réalisées sur les milieux récepteurs (débits des cours d'eau, paramètres physico-chimiques amont/aval du rejet),
- des graphiques représentant l'impact du rejet sur le cours d'eau, mais également, pour la campagne d'été, la répartition des phénomènes de dispersion des eaux au sein des ZRI (infiltration, évaporation et évapotranspiration) et l'histogramme des débits mesurés en entrée et sortie de zone,
- le bilan hydrique théorique et mesuré des 3 sites étudiés (uniquement pour la campagne d'été).

3 - Les visites des sites non concernés par les campagnes de mesures

Les Zones de Rejets Intermédiaires autres que celles identifiées comme étant représentatives d'un type de ZRI, ont fait l'objet d'une visite s'ajoutant à la visite initiale de la phase diagnostic.

Ces visites se sont déroulées les 23, 24 février et le 23 juin.

Ces visites ont alimenté la fiche de fonctionnement du site (cf annexe n° 1).



2 - PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

1 - Les résultats des campagnes de mesures présentés par type de ZRI

Le bilan hydrique réalisé en été a montré que la dispersion des eaux au sein de chaque zone était relativement faible (<11% pour les 3 zones étudiées) alors qu'il s'agit de la période de l'année où l'infiltration, l'évaporation et l'évapotranspiration des plantes sont les plus importantes.

Pour la suite de l'interprétation des résultats, nous négligerons donc le phénomène de concentration des polluants dans les eaux de sortie par évaporation au sein des Zones de Rejets Intermédiaires.

De même, lors des campagnes de mesures, aucune précipitation n'a été relevée et aucune remontée d'eau de nappe souterraine n'a été identifiée. Aussi, les eaux transitant dans les ZRI étudiées n'ont pas été diluées.

C'est pourquoi nous considérerons les débits d'entrée et de sortie égaux et même pour les campagnes dont les prélèvements n'ont été que ponctuels (ce qui ne tient pas compte des temps de séjour des eaux dans la ZRI), nous parlerons tout de même de « rendements » entre l'entrée et la sortie de la ZRI.

Ceci facilitera l'interprétation des résultats et permettra de mieux représenter l'impact des ZRI sur la qualité des eaux traitées par la station d'épuration.

En effet, nous avons adopté un code couleur représentant l'impact de la ZRI sur la qualité des eaux traitées par la station d'épuration. Le code couleur est lié au « rendement » calculé à partir des concentrations mesurées en entrée et sortie de zone :

Rendement (% ou ulog)	Couleur et interprétation
rendement >50% ou abattement des germes > 1ulog	Amélioration significative
10% < rendement < 50% ou 0,5 ulog < abattement des germes < 1 ulog	Légère amélioration
-50% < rendement < -10% ou 0,5 ulog < augmentation des germes < 1 ulog	Légère dégradation
-50% < rendement ou augmentation des germes > 1ulog	Dégradation significative

Ce code couleur sera utilisé dans le tableau récapitulatif des résultats des différentes campagnes. Nous avons réalisé un tableau récapitulatif pour chaque type de ZRI.

Remarque : Lorsque les valeurs mesurées étaient trop basses, nous n'avons pas tenu compte du code couleur car les variations réelles étaient finalement peu significatives compte tenu des incertitudes de mesures (exemple : sur la campagne 2 du type « Lagune », même si les rendements calculés étaient respectivement de 60% et 56%, nous avons considéré les variations des paramètres NO_3 et NO_2 comme étant non significatives car les concentrations mesurées étaient inférieures à 1 mg/l).

Pour les mesures physico-chimiques réalisées en entrée et sortie des ZRI ou sur les cours d'eau, nous avons utilisé le code couleur présenté plus haut. Cependant les critères employés pour représenter les impacts ne suivent plus les mêmes critères puisqu'on ne parle plus de rendement sur les paramètres étudiés. Nous avons donc jugé au cas par cas de l'impact de la ZRI pour chaque mesure et avons affecté la couleur correspondante.

▪ Le type LAGUNE (Cabriès-Callas puis Coudoux-Velaux-Ventabren)

a. Tableau récapitulatif des 4 campagnes : mesures réalisées en entrée et sortie de ZRI

La campagne d'été s'est déroulée sur la lagune de la station de Cabriès-Callas puis la zone a été mise à l'arrêt. Aussi, les 3 autres campagnes ont été réalisées sur celle de Coudoux-Velaux-Ventabren, avec l'accord du SABA.

	campagne été : lagune Cabriès		campagne automne : lagune Coudoux		campagne hiver : lagune Coudoux		campagne printemps lagune Coudoux	
	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI
DBO ₅ (mg/l O ₂)	3	5	3*	4,4	8	5,8	4,4	5,1
DCO (mg/l O ₂)	48	38	30*	30	53	19	22	28
MES (mg/l)	2	12	2	4	28	5	5	3
NTK (mg/l N)	2,82	3,1	3,3	2,6	3,4	2,7	2,2	2,5
Pt (mg/l P)	0,2	1,6	0,6	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5
NH ₄ (mg/l N)	1,2	0,71	2,83	1,59	0,577	1,14	0,544	0,961
NO ₃ (mg/l N)	1	0,97	0,885	0,353	0,404	0,403	0,356	0,355
NO ₂ (mg/l N)	0,1	0,034	0,164	0,072	0,088	0,105	0,012	0,024
Entérocoques Intestinaux (NPP/100ml)	9501	4631	20795	5035	85 200	20 700	16 000	6 200
Escherichia Coli (NPP/100ml)	55203	60784	34659	34659	202 000	200 800	49 400	37 500

**) résultats inférieurs aux limites de détection du laboratoire en charge des analyses*

Tableau présentant les résultats des 4 campagnes pour le type « Lagune »

	campagne été : lagune Cabriès		campagne automne : lagune Coudoux		campagne hiver : lagune Coudoux		campagne printemps lagune Coudoux	
	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI
pH			7,4	7,5	7,4	7,6	7	7,2
Température (°C)			18	17,5	11,8	12,2	17,7	18,1
Oxygène dissous (mg/l ou % de saturation)	6	2,5	4	4,5	4,5	3,8	3,9	4,1
	redox=340	redox=50	42,7%	47,0%	43,7%	36,7%	40,3%	42,9%
Conductivité (µS/cm ²)			995	996	1058	1059	998	1002

Tableau présentant les résultats des mesures physico-chimiques réalisées sur site pour le type « lagune »

b. Récapitulatif des mesures faites sur le Grand Vallat

Mesures physico-chimiques :

	campagne été : lagune Cabriès-Callas	
	amont rejet	aval rejet
pH	8,5	8,2
Température (°C)	20	22
Oxygène dissous (mg/l ou % de saturation)	8,95	7,9
	101%	96,50%
Conductivité (µS/cm ²)	926	1012

Tableau présentant les résultats des mesures physico-chimiques réalisées sur le Grand Vallat

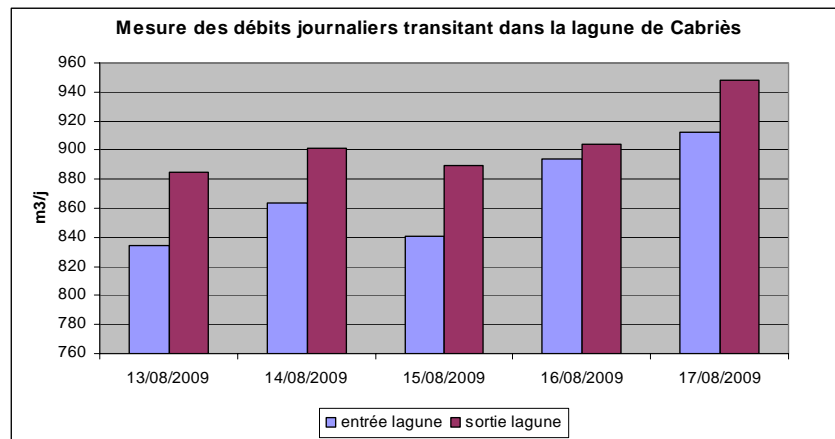
Mesure de débit du cours d'eau

Seule la première campagne a fait l'objet d'une mesure de débit du Grand Vallat. Les trois autres campagnes se sont déroulées à Coudoux et le débit de l'Arc était trop important pour pouvoir mesurer son débit en toute sécurité.

Pour mémoire, le débit rejeté par la station dans le cours d'eau représentait près de 90% du débit estival du Grand Vallat mesuré en amont du rejet. Autrement dit lors de notre mesure, le rejet de la station a augmenté de près de 50% le débit estival du Grand Vallat.

Toutefois, il faut utiliser ce chiffre avec précaution car la mesure de débit du cours d'eau a été réalisée de manière instantanée (et non sur 24 heures).

c. Bilan hydrique réalisé lors de la campagne d'été



Histogramme représentant les débits mesurés sur la ZRI de la station de Cabriès-Callas

d. Interprétations

Nous ne pouvons pas comparer les résultats obtenus tout au long de l'année sur un même site, mais les 2 sites étudiés ont permis d'obtenir des résultats intéressants.

En effet, nous pouvons constater que pour la lagune de la station de Cabriès-Callas :

- l'impact a été globalement négatif en raison d'une présence importante de boues stockées en fond de lagune. Ceci s'observe essentiellement par une augmentation de la teneur en matière en suspension (MES) et du phosphore (Pt). L'augmentation des teneurs en Pt est probablement due à un relargage des phosphates à partir des boues accumulées qui connaissent en leur sein des conditions anaérobies (absence d'oxygène),
- lors de la campagne d'été, le déversement des eaux ayant séjourné dans la lagune augmente significativement la température du Grand Vallat (+ 2°C). Il faut noter que le débit rejeté par la station représente une part importante du débit de la rivière.

Concernant les trois autres campagnes réalisées sur la lagune de la station de Coudoux-Veloux-Ventabren :

- l'impact de la lagune a été relativement limité pour les campagnes d'automne et de printemps où la qualité des eaux traitées par la station était bonne à très bonne,
- par contre, en hiver alors que le rejet de la station était un peu moins bon suite à de légers problèmes d'exploitation les jours précédents, le rôle de la lagune a été clairement bénéfique. Ceci s'observe surtout sur les MES qui ont été retenues significativement par la lagune, ce qui a contribué notamment à réduire considérablement la concentration en DCO,
- sur cette lagune où les dépôts de boues sont faibles, nous observons également baisse systématique de la teneur en germes témoins d'une contamination fécale. Toutefois étant donné les temps de séjour des eaux dans cet ouvrage (entre 3 et 10 heures suivant les débits), l'abattement reste limité puisque lorsqu'il est le plus significatif (pour les entérocoques intestinaux lors des campagnes d'automne et d'hiver), il ne dépasse pas 0,6 ulog.

▪ Le type FOSSE VEGETALISE (Rousset)

a. Tableau récapitulatif des 4 campagnes - mesures réalisées en entrée et sortie de ZRI

	campagne été		campagne automne		campagne hivers		campagne printemps	
	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI
DBO ₅ (mg/l O ₂)	3*	0,7	3*	3*	0,8	7	3*	1
DCO (mg/l O ₂)	30*	20	35	38	20*	21	40	21
MES (mg/l)	2	2	1	12	1*	34	2*	6
NTK (mg/l N)	1,5	1,2	5	6,4	0,5	2	4,6	0,5
Pt (mg/l P)	0,7	0,6	0,05	0,06	0,05*	0,2	0,3	0,7
NH ₄ (mg/l N)	1,29*	0,021	3,76	5,27	0,055	0,877	1*	0,039
NO ₃ (mg/l N)	8,41	2,09	2,46	1,33	0,534	0,775	1,6	1,56
NO ₂ (mg/l N)	0,066	0,099	0,044	0,098	0,002	0,064		0,011
Entérocoques Intestinaux (NPP/100ml)	78	334	< 15*	15	38*	29 200	40	< 40
Escherichia Coli (NPP/100ml)	119	803	15*	177	38*	113 300	120	80

*) résultats inférieurs aux limites de détection du laboratoire en charge des analyses

Tableau présentant les résultats des 4 campagnes pour le type « Fossé végétalisé »

	campagne été		campagne automne		campagne hiver		campagne printemps	
	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI
pH			7,3	6,7	7,7	7,9	7,6	7,9
Température (°C)			19	18	11	11,2	20,4	21,3
Oxygène dissout (mg/l ou % de saturation)	7,42	7,51	7,16	7,96	8,7	7,6	7	11,8
	81%	83,5%	78,7%	85,7%	84%	74%	79%	138%
Conductivité (µS/cm ²)			917	919	788	826	796	800

Tableau présentant les résultats des mesures physico-chimiques réalisées sur site pour le type « Fossé végétalisé »

b. Récapitulatif des mesures faites sur l'Arc

Mesures physico-chimiques :

	campagne été		campagne automne		campagne hiver		campagne printemps	
	amont rejet	aval rejet	amont rejet	aval rejet	amont rejet	aval rejet	amont rejet	aval rejet
pH	8	8	7,9	8	8,2	8,2	8,1	8,3
Température (°C)	23,2	23,5	16,3	16,3	9,7	9,7	18	18,1
Oxygène dissout (mg/l ou % de saturation)	6,9	7	8,1	7,9	11,1	11,02	9,5	9,7
	84,50%	85,4	85,9%	83,1%	102,8%	101,5%	103,2%	104,8%
Conductivité (µS/cm ²)	1598	1546	1419	1382	671	679	860	858

Tableau présentant les résultats des mesures physico-chimiques réalisées sur l'Arc

Mesure de débit du cours d'eau

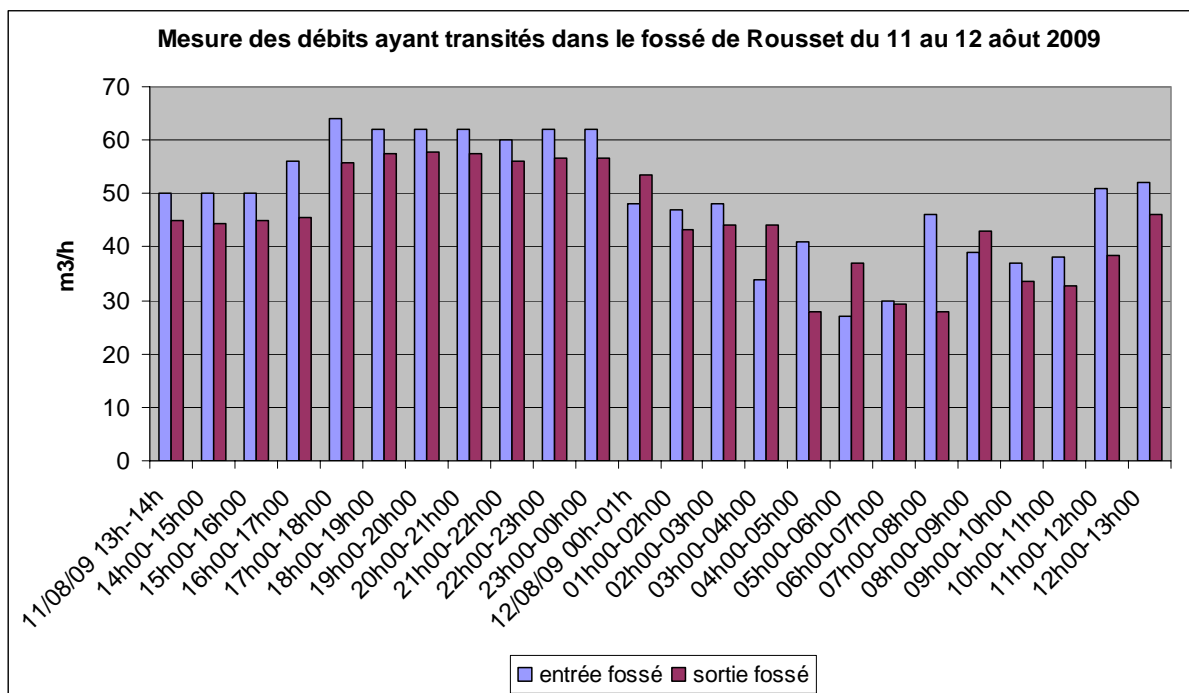
Seules les deux premières campagnes ont fait l'objet de mesures de débit de l'Arc. Pour les deux autres, le débit de l'Arc était trop important.

Pour mémoire :

- lors de la campagne d'été : le débit rejeté par la station dans le cours d'eau représentait environ 13% du débit de l'Arc mesuré en amont du rejet. Autrement dit lors de notre mesure, le rejet de la station a augmenté d'environ 10% le débit estival de l'Arc. Toutefois, il faut utiliser ce chiffre avec précaution car la mesure de débit du cours d'eau a été réalisée de manière instantanée (et non sur 24 heures),
- lors de la campagne d'automne: le débit rejeté par la station dans le cours d'eau a augmenté de moins de 3% le débit estival de l'Arc. Ici encore, il faut utiliser ce chiffre avec précaution puisque les mesures de débit du cours d'eau ont été réalisées en instantané.

A titre informatif, pour les campagnes d'hiver et de printemps, les débits journaliers de la station d'épuration étaient respectivement supérieurs de 833 m³/j et de 270 m³/j par rapport à la campagne d'automne où le débit de l'Arc en amont du rejet était de 107 l/s (Q_{STEP 23/02/09} = 1933 m³/j ; Q_{STEP 25/05/10} = 1370 m³/j). Le débit de l'Arc était également plus important en hiver qu'au printemps. Au regard de ces données, il est probable que pour ces deux campagnes, l'excédent de débit apporté par la station ne dépasse pas 10%.

c. Bilan hydrique réalisé lors de la campagne d'été



Histogramme représentant les débits mesurés sur la ZRI de la station de Rousset

d. Interprétations

Pour la campagne d'hiver, les analyses en sortie de fossé ont pu être partiellement faussées par des retours des eaux de l'Arc vers la ZRI. En effet, quelques jours avant notre visite, de fortes précipitations ont eu lieu ; le niveau de l'Arc était très haut, noyant presque complètement la buse évacuant les eaux sortant du fossé. L'Arc était fortement chargé en matières en suspension (couleur boue). Il faut également signaler que ce jour là, le débit nominal de la station était dépassé. Il est donc également possible que le débit important des eaux traitées transitant par le fossé ait provoqué des entraînements de matières en suspension supérieurs aux autres campagnes de mesure.

Dans l'ensemble, l'impact du fossé sur les eaux traitées par la station était :

- **plutôt positif** en été et au printemps surtout sur les teneurs globales en **azote**. De même, le fossé améliore **l'oxygénation** des eaux de manière plus ou moins significative tout au long de l'année (sauf en hiver où des retours de l'Arc ont pu se produire ; cf ci-dessus),
- généralement **peu significatif sur le paramètre phosphore**, voire plutôt négatif en hiver et au printemps,
- **toujours négatif sur la pollution bactériologique et les Matières en Suspension (MES)**. Il faut noter toutefois que les teneurs en germes et en MES des eaux traitées par la station sont particulièrement basses en raison de la technique employée (filtration membranaire). Aussi sauf en hiver (retour de l'Arc probable), la pollution bactériologique reste extrêmement faible et la concentration en MES correct. Par ailleurs, le fossé a tendance à réchauffer légèrement les eaux en période chaude,
- **limité vis-à-vis de la dispersion du rejet**. En effet, la perte d'eau au sein du fossé est comprise entre 2% et 8%. Les 2% ont été estimés sur une année à partir de données théoriques concernant l'infiltration, l'évaporation et l'évapotranspiration, 8% étant la valeur maximale mesurée en été. Cependant, cette valeur est à manipuler avec précaution car les incertitudes sur les mesures de débit entrée et sortie restent élevées (surtout en sortie ou il n'existe pas de canal normalisé).

Quant à l'impact du rejet final sur l'Arc :

- il reste réduit sur les paramètres mesurés in situ. Ceci s'explique par la bonne qualité des eaux rejetées, mais aussi et surtout par la faible fraction que représente le débit rejeté par rapport au débit de l'Arc. Nous avons pu constater également en été et au printemps qu'en amont du rejet, l'eau de l'Arc était trouble et moyennement oxygénée avec une légère présence de mousses éparses.

▪ Le type ZONE HUMIDE IRRIGUEE (Trets)

a. Tableau récapitulatif des 4 campagnes – mesures réalisées en entrée et sortie de ZRI

	campagne été		campagne automne		campagne hiver		campagne printemps	
	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI
DBO ₅ (mg/l O ₂)	3*	3	4	4,6	5,9	5,7	1,9	3
DCO (mg/l O ₂)	30*	22	51	21	21	37	22	28
MES (mg/l)	9	15	8	14	8	30	2	21
NTK (mg/l N)	1	1,9	2,5	2	8,3	8,7	0,5	0,6
Pt (mg/l P)	3,21	2,4	0,9	0,8	0,4	1	1,6	1,7
NH ₄ (mg/l N)	0,7*	0,125	1,8	0,842	6,79	6,7	0,107	0,155
NO ₃ (mg/l N)	0,1*	0,23	0,886	0,254	0,23	0,23	0,23	0,23
NO ₂ (mg/l N)	0,01*	0,1	0,033	0,081	0,027	0,079	0,008	0,015
Entérocoques Intestinaux (NPP/100ml)	9839	1327	13864	7101	19 600	12 800	23 700	10 800
Escherichia Coli (NPP/100ml)	116135	25467	34659	27726	106 000	33 200	90 900	31 000

*) résultats inférieurs aux limites de détection du laboratoire en charge des analyses

Tableau présentant les résultats des 4 campagnes pour le type « Zone humide irriguée »

	campagne été		campagne automne		campagne hiver		campagne printemps	
	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI	entrée ZRI	sortie ZRI
pH					7,8	7,8	7,4	7,5
Température (°C)					11,3	12,6	19,3	19,9
Oxygène dissous (mg/l ou % de saturation)	3,3 redox=320	2,3 redox=180	3,73	0,15 à 3,8 dans le courant	3,32 32%	5 49%	3,8 43%	3,3 37%
Conductivité (µS/cm ²)					936	937	883	887

Tableau présentant les résultats des mesures physico-chimiques réalisées sur site pour le type « zone humide irriguée »

b. Récapitulatif des mesures faites sur le ruisseau de la Gardi

Mesures physico-chimiques :

	campagne été		campagne automne		campagne hiver		campagne printemps	
	amont rejet	aval rejet	amont rejet	aval rejet	amont rejet	aval rejet	amont rejet	aval rejet
pH	7,9	8	8	7,8	8,3	8,3	8,1	8
Température (°C)	22	27	12,7	16,1	9,9	10,3	15	17
Oxygène dissous (mg/l ou % de saturation)	8,21	5,42	8,4	6,7	11,45	10,6	10	8,5
Conductivité (µS/cm ²)	99,5	70,8	80,9%	69,5%	106,7%	100,0%	102,0%	90,0%
	1043	832	1197	874	986	974	853	865

Tableau présentant les résultats des mesures physico-chimiques réalisées sur le ruisseau de la Gardi

Mesure de débit du cours d'eau

	débit du cours d'eau mesuré en amont du rejet (l/s)	débit du cours d'eau mesuré à l'aval du rejet (l/s)	Débit rejeté par rapport au débit amont de la Gardi (Qaval-Qamont)/Qamont
Campagne d'été	0,1	7	quasi-totalité
Campagne d'automne	10	19	90,0%
Campagne d'hiver	161	202	25,5%
Campagne de printemps	28	64	128,6%

Tableau présentant l'ensemble des mesures de débit réalisées sur le ruisseau de la Gardi

c. Bilan hydrique réalisé lors de la campagne d'été

Comme signalé précédemment, nous n'avons pas pu réaliser de mesure de débit en sortie de zone faute d'équipement sur site et en raison d'un rejet non ponctuel (le rejet dans le ruisseau s'effectue en plusieurs points de manière plus ou moins diffuse).

d. Interprétations

Dans l'ensemble, l'impact de la « Zone humide irriguée » sur les eaux traitées par la station était :

- **plutôt positif** tout au long de l'année (surtout en été) sur **l'abattement de la pollution bactériologique**, même si cet impact reste limité (< 1 ulog). De même, une légère diminution de la concentration en phosphore (Pt) a été mesurée en été et à l'automne. Les teneurs globales en azote et la DCO ont également diminué en automne ce qui n'est pas le cas pour les autres campagnes,
- **toujours négatif sur les teneurs en Matières en Suspension (MES) et presque toujours sur l'oxygénation des eaux** (sauf en hiver où nous avons mesuré une amélioration de la teneur en oxygène dissous). La teneur en oxygène peut être nulle dans les zones calmes de la ZRI. Cette valeur est plus élevée au niveau des écoulements rapides des eaux (passages préférentiels). Les dégradations des teneurs en MES et de l'oxygénation des eaux sont essentiellement dues au dépôt de boues important observé à chaque campagne (coude d'environ 30 cm). Par ailleurs, le réchauffement des eaux est réduit. Cependant, nous n'avons pas réalisé de mesure de température en été,
- **limité vis-à-vis de la dispersion du rejet**. En effet, la perte d'eau au sein de la zone a été estimée à environ 11% (valeur estimée sur une année à partir de données théoriques concernant l'infiltration, l'évaporation et l'évapotranspiration). Les phénomènes de dispersion sont plus importants en été. Les mesures réalisées sur le cours d'eau en cette période semble aller dans ce sens.

Quant à l'impact du rejet final sur le ruisseau de la Gardi :

- il est très important puisque la plupart du temps, la fraction que représente le débit rejeté par rapport au débit du ruisseau est très importante (en été, le rejet représente la quasi-totalité du débit). Le rejet impacte fortement les paramètres mesurés. Nous observons surtout une baisse importante de l'oxygénation des eaux et une augmentation de la température. En hiver, l'impact du rejet est beaucoup moins important, car le débit du ruisseau est beaucoup plus élevé.

2 - Les principaux avantages et inconvénients recensés par type de ZRI

A partir des observations faites sur les ZRI concernées par l'étude, nous avons repris ci-après :

- les principaux avantages et inconvénients de chaque type de ZRI,
- le comportement observé ou mesuré de chaque type vis-à-vis des objectifs principaux assignés à chaque zone (« objectifs pressentis »). Nous avons fait apparaître ces observations en les liant aux quatre fonctions principales des ZRI (« rétention des MES », « dispersion du rejet », « abattement complémentaire de la pollution dissoute » et « lissage hydraulique » (cf document édité par l'ARPE « *Les Zones de Rejets Intermédiaires : Des procédés naturels pour réduire l'impact du rejet des stations d'épuration sur les milieux aquatiques* », 2009).

Le type LAGUNE (sites existants : Cabriès et Coudoux)

	Avantages	Inconvénients
Conception	La réalisation des terrassements est relativement simple (dans une certaine limite de taille). Il n'y a peu ou pas d'équipements. L'intérêt paysager peut être réel.	Le terrain doit être adapté pour accueillir des terrassements pouvant être lourds (le niveau haut de la nappe doit être plus bas que le fond du (des) bassin(s), le terrain doit être stable...).
Exploitation	La consommation électrique et en réactif est nulle. L'exploitation ne nécessite pas de technicité particulière. Il y a peu d'entretien nécessaire en dehors des opérations de curage.	Le curage peut s'avérer être une opération lourde. Lorsque le curage nécessite la vidange complète de la lagune, il faut : évacuer l'eau sans provoquer de départs de boues, by-passer les ouvrages et donc obtenir une autorisation de la Police de l'eau. L'entretien des abords peut parfois présenter des risques (chutes, noyades...).

	Objectifs pressentis	Constats
Fonction « rétention des MES »	Une rétention efficace des MES.	L'efficacité sur la rétention de MES est réelle surtout pour retenir des dépôts de boues faisant suite à un dysfonctionnement de la station. Le piégeage d'une partie des MES résiduelles présentes dans l'eau traitée est également possible à condition que : <ul style="list-style-type: none"> - la concentration en MES de l'eau traitée ne soit pas trop faible, - la lagune soit suffisamment dimensionnée pour accepter des à coups hydrauliques, - le dépôt de boue en fond de bassin soit assez faible pour ne pas provoquer un relargage de MES.
Fonction « diffusion du rejet »	L'évaporation est favorisée par la présence d'un plan d'eau ouvert. L'infiltration est possible lorsque les bassins ne sont pas étanchés.	La diffusion du rejet mesurée et calculée sur les deux lagunes du territoire est faible, voir négligeable. <i>exemple : pour la lagune de Cabriès-Callas, la perte théorique d'eau par évaporation ne dépasse pas 2% et les mesures de débits ont montré que l'infiltration était négligeable</i>
Fonction « abattement complémentaire de la pollution dissoute »	Le traitement complémentaire de l'azote et du phosphore. L'élimination de germes témoins de la contamination fécale (pollution bactériologique).	Le traitement complémentaire de la pollution dissoute reste limité en raison d'un temps de séjour trop faible dans les bassins. Mais, à condition que : <ul style="list-style-type: none"> - les concentrations mesurées sur l'eau traitée ne soit pas trop faibles, - la lagune ne contienne pas trop de boues, alors : <ul style="list-style-type: none"> - une réduction plus ou moins sensible de l'azote a été observée, - les rendements positifs qui ont pu être mesurés sur les autres paramètres et notamment le phosphore, sont plutôt à lier à la rétention de MES alors que l'eau traitée était relativement chargée en MES résiduelles - un abattement de la pollution bactériologique limité a été mesuré (ne concernait que les entérocoques intestinaux et ne dépassait pas 0,6 ulog).
Fonction « lissage hydraulique »	Un écrêtage des pics de débit	Les temps de séjour de l'eau dans chacune des deux lagunes ne dépassent pas quelques heures. Ces bassins ne permettent donc pas de lisser sur plusieurs jours les forts débits reçus par les stations lors de fortes précipitations (réseaux de collecte sensibles aux eaux claires parasites d'origine pluviale sur les deux stations). Par contre, les deux lagunes permettent de contenir les petits à coups hydrauliques qui peuvent avoir lieu au cours de la journée (période de pointe,...).

Remarque : la lagune de Cabriès-Callas a fait l'objet d'une réflexion portant sur son intégration paysagère. Des plantations ont été réalisées sur ses berges et un îlot artificiel a été créé, ce qui a permis de conserver l'arbre qui se trouvait là. Il s'agit là d'une fonction complémentaire inhérente à la mise en œuvre d'une ZRI.

Le type FOSSE VEGETALISE (site existant : Rousset)

	Avantages	Inconvénients
Conception	La réalisation des terrassements est simple. Il n'y a peu ou pas d'équipements.	La réalisation d'un fossé trop profond n'en facilitera pas l'entretien.
Exploitation	La consommation électrique et en réactif est nulle. L'exploitation ne nécessite pas de technicité particulière. Il y a peu d'entretien nécessaire bien que suivant le type et le fonctionnement de la station en amont, un curage du fossé peut s'avérer nécessaire en cas d'accumulation importante de boues et/ou de végétaux morts.	Si la zone est bien conçue des végétaux vont se développer dans le fossé : il est préférable de réaliser régulièrement un faucardage et une exportation des végétaux coupés une fois que tout le lit du fossé est colonisé (idéalement fréquence annuelle).

	Objectifs pressentis	Constats
Fonction « rétention des MES »	Une rétention des MES par « filtration » au travers de l'enchevêtrement de la végétation	Dans le cadre de cette étude, la seule ZRI de ce type est celle située à Rousset. La technique épuratoire de la station permet de n'avoir que très peu de MES résiduelles et de ne pas craindre de départ de boue. Aussi les analyses ne montrent pas de rétention de MES (au contraire, il arrive que le fossé augmente la quantité de MES). Par contre, les by-pass de la station sont relativement fréquents en raison d'apport important d'eaux claires parasites d'origine pluviale. Les eaux brutes by-passées transitent également par le fossé qui dans ce cas, doit mieux retenir les MES. Lors de nos visites, aucun by-pass n'a été déploré ; nous n'avons donc pas pu le vérifier. de manière plus générale, nous constatons que la rétention des MES est plus efficace si : - la végétation est bien implantée - l'écoulement de l'eau est lent
Fonction « diffusion du rejet »	Un simple fossé semble moyennement adapté pour diffuser efficacement le rejet.	Le temps de contact de l'eau au sein du fossé est trop court pour permettre une évaporation et une évapotranspiration par les plantes significatives. Les mesures réalisées ont montré que la perte d'eau globale (incluant l'infiltration) était limitée à environ 8% en été. Le fossé végétalisé n'est donc pas le type de zone le mieux adapté pour garantir une dispersion efficace des eaux traitées.
Fonction « abattement complémentaire de la pollution dissoute »	Le traitement complémentaire de l'azote et du phosphore	Comme pour la fonction « rétention des MES », le peu de pollution résiduelle dans les eaux traitées de la station de Rousset limite la pertinence des observations faites sur les abattements observés ou non. Pour autant, nous avons tout de même pu constater une amélioration des concentrations en azote au printemps et en été.

		<p>A l'inverse, les teneurs en phosphore et en germes témoins sont tellement faibles dans les eaux sortant de la station qu'il ne ressort pas de variation significative pour ces paramètres qui pourrait être généralisée à ce type de ZRI.</p> <p>Par ailleurs, nous observons que l'oxygénation des eaux s'améliore alors que la température de l'eau augmente en période chaude.</p>
Fonction « lissage hydraulique »	Un simple fossé semble moyennement adapté pour lisser les à coups hydrauliques	<p>Il faut noter que de par son process, la station rejette un débit relativement stable. Il est donc difficile de juger de l'efficacité de ce type de zone quant à l'écrêtage des pics de débit.</p> <p>On peut penser toutefois qu'une vitesse d'écoulement lente permet de mieux tamponner des à coups hydraulique.</p> <p>Mais là encore, le type fossé n'est probablement pas le plus apte à remplir cette fonction.</p>

Remarque : Même si à la construction de ce type de zone sur le territoire du SABA il n'y a pas eu (ou très peu) de réflexions particulières menées en lien avec les fonctions complémentaires pouvant être inhérentes à l'aménagement d'une ZRI (intérêt paysager, gestion de la ripisylve, fonction éducative ou sociale...), le fossé s'intègre bien dans l'environnement et du foncier a été acquis en bordure de l'Arc (aux abords d'une promenade). Aucun aménagement paysager n'ayant été fait, le terrain s'apparente à une jachère.

Le type ZONE HUMIDE IRRIGUEE (sites existants : Fuveau et Trets)

	Avantages	Inconvénients
Conception	Il n'y a peu ou pas d'équipements (sauf s'il existe un ouvrage de répartition spécifique).	<p>Terrassement important et difficulté de concevoir une pente douce et homogène sur de grandes surfaces.</p> <p>Réalisation d'un système de répartition efficace relativement complexe.</p> <p>Obligation de concevoir un by-pass complet de la zone afin de pouvoir éventuellement y faire intervenir des engins.</p>
Exploitation	La consommation électrique et en réactif est nulle. L'exploitation ne nécessite pas de technicité particulière.	<p>Grandes surfaces difficiles à entretenir (faucardage et curage de dépôts éventuels).</p> <p>Sans aménagement spécifique, les dépôts à évacuer sont répartis sur l'ensemble de la surface.</p> <p>Grandes surfaces difficiles à assécher pour en faciliter l'accès aux personnes et aux engins (faucardage manuel ou mécanique, curage, reprise de la pente du terrain...).</p> <p>Entretien du système d'alimentation pouvant être lourd (évacuation des végétaux, curage éventuel...) et délicat (ajustage des débits pour une bonne répartition)</p>

	Objectifs pressentis	Constats
Fonction « rétention des MES »	Une rétention des MES par « filtration » au travers de l'enchevêtrement de la végétation suivie d'une minéralisation des MES déposées en fine couche sur une grande surface.	La rétention de MES suite à des dysfonctionnements est efficace. L'évacuation des dépôts issus des MES retenues ainsi que des végétaux morts peut être problématique (assèchement de la zone, dépôts répartis sur une grande surface...).
Fonction « diffusion du rejet »	Une infiltration, une évapotranspiration et une assimilation biologique favorisées par des surfaces importantes où l'eau, l'air, le sol et les plantes sont en contact.	De manière générale, les volumes évaporés et évapotranspirés calculés à partir de valeurs hautes théoriques restent négligeables en raison : - de débits importants malgré la surface des terrains en jeu, - de passages préférentiels limitant encore les temps de séjour de l'eau dans ces zones, - de coupes et d'extraction de végétaux non ou rarement réalisés, - d'une faible présence de végétaux à fort pouvoir évapotranspirant (saules, peuplier...). Le phénomène de dispersion principal est donc l'infiltration. Lorsque les zones ne sont soumises qu'à une alimentation estivale, l'infiltration est non négligeable. Par contre, il est probable qu'en l'absence de période de repos, le sol se colmate rapidement. Le ravinement des terrains lié à la formation d'écoulements préférentiels diminue d'autant l'infiltration des eaux.
Fonction « abattement complémentaire de la pollution dissoute »	Le traitement complémentaire de l'azote et du phosphore	Impact mesuré positif et limité sur la pollution bactériologique. Léger abattement saisonnier mesuré sur le phosphore. Impact mesuré plutôt négatif sur l'azote. Il faut toutefois préciser ces mesures ont été réalisées sur une zone « polluée » par un dépôt de boue important. Cette fonction serait certainement plus efficacement assurée par une zone sans dépôts et où les végétaux morts sont enlevés.
Fonction « lissage hydraulique »	L'écrêtage des à coups hydrauliques par dissipation au sein des surfaces importantes mises en jeu	La présence d'écoulements préférentiels limite cette fonction. Comme pour les lagunes, les temps de séjour de l'eau dans chacune des zones de ce type ne dépassent pas quelques heures. Ces bassins ne permettent donc pas de lisser sur plusieurs jours les forts débits reçus par les stations lors de fortes précipitations (réseaux de collecte sensibles aux eaux claires parasites d'origine pluviale sur les stations concernées). Par contre là encore, les Zones Humides Irriguées permettent de contenir les petits à coups hydrauliques qui peuvent avoir lieu au cours de la journée (période de pointe,...).

Remarque : Même si lors des constructions de ce type de zone sur le territoire du SABA, il n'y a pas eu (ou peu) de réflexions particulières menées en lien avec les fonctions complémentaires pouvant être inhérentes à l'aménagement d'une ZRI (intérêt paysager, gestion de la ripisylve, fonction éducative ou sociale...), ce type de ZRI apporte un atout paysager et permet d'acquérir du foncier en bordure des cours d'eau.

Le type INFILTRATION AMENAGEE (site existant : Beurecueil)

Même si ce type de zone n'a pas fait l'objet de campagne de mesure, nous présentons ici le même type d'expertise que pour les autres familles. Cette analyse se base sur les deux visites du seul site de ce type en service sur le territoire du SABA au moment du début de l'étude, mais également à partir de visites que nous avons pu réaliser sur d'autres sites dans le cadre du suivi que l'ARPE réalise depuis 2006.

	Avantages	Inconvénients
Conception		<p>Surface nécessaire généralement importante.</p> <p>Dimensionnement délicat devant tenir compte des caractéristiques du sol et du sous sol.</p> <p>Avis d'un hydrogéologue agréé réglementairement obligatoire.</p> <p>Technique qui, selon les procédés, nécessite l'installation d'équipements plus ou moins lourds (réservoir de bâchée, système de chasse, mode de répartition et d'alimentation, poste de refoulement éventuel...).</p> <p>En cas de risque de départ de boue de la station (si la dernière étape de traitement est un clarificateur et si le réseau est sensible aux intrusions d'eaux claires parasites d'origine pluviale par exemple), cette technique peut nécessiter la présence d'un filtre ou d'un préfiltre complémentaire limitant la présence de MES dans les eaux à infiltrer.</p>
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> - la consommation électrique est nulle si une alimentation gravitaire est possible, - l'exploitation ne nécessite pas de technicité particulière (sauf éventuellement pour le curage de drains d'alimentation) 	<p>Le débroussaillage de la zone d'infiltration peut être contraignant suivant les surfaces en jeu et le type d'alimentation.</p> <p>Scarification d'un éventuel dépôt de MES en surface du filtre pour éviter un colmatage de surface.</p> <p>L'entretien du système d'alimentation peut être lourd (curage éventuel, reconstitution éventuelle de raie d'alimentation...) et délicat (ajustage des débits pour une bonne répartition).</p> <p>Nettoyage de l'éventuel préfiltre amont.</p> <p>La permutation des zones alimentées est plus ou moins contraignante.</p>

	Objectifs pressentis	Constats
Fonction « rétention des MES »	Une rétention efficace des MES résiduelles contenues dans l'eau traitée	- l'infiltration aménagée n'est pas adaptée à l'acceptation d'effluents fortement chargés en MES (départ de boue). Le risque de colmatage serait important, - par contre, les MES résiduelles issues de l'eau traitée peuvent être retenues en surface de la zone d'infiltration dans une certaine limite
Fonction « diffusion du rejet »	Une diffusion complète de l'eau traitée par infiltration : pas de rejet de surface	En plus d'un dimensionnement adapté aux débits à infiltrer et au sol et au sous sol en place, il faut, pour que l'infiltration soit efficace et pérenne (cf « guide ARPE ») : <ul style="list-style-type: none"> - une alimentation par bâchée, - l'aménagement de périodes de repos du sol (disposer d'au moins deux zones distinctes) - une répartition efficace
Fonction « abattement complémentaire de la pollution dissoute »	L'affinage du traitement sur l'ensemble des paramètres par filtration et traitement par le sol en place	L'efficacité de l'affinage du traitement dépend des caractéristiques du sol mais également de la hauteur de sol dénoyé disponible. En effet, si une nappe est affleurante, la hauteur de filtration sera moindre. Cet aspect pourra être abordé lors de l'expertise de l'hydrogéologue agréé.
Fonction « lissage hydraulique »	Acceptation limitée de surcharges de débits temporaires	Ce type de zone est à déconseiller lorsque des coups hydrauliques importants sont à craindre.



3 - OBSERVATIONS ET PRECONISATIONS GENERALES

Des fiches propres à chaque site sont jointes en annexe. Elles présentent le fonctionnement de la ZRI et des propositions d'améliorations.

Ci après, nous avons listé les observations faites et les améliorations préconisées, valables pour l'ensemble des sites.

1 - Des points positifs

Une rétention des boues efficace

La fonction consistant à retenir les MES résultant d'un dysfonctionnement de la station (départ de boue ou by-pass de la station) est celle qui est remplie le plus efficacement sur l'ensemble des sites suivis.

La rétention des MES résiduelles contenues dans les eaux traitées alors que la station fonctionne correctement peut également être efficace à condition que :

- la concentration en MES des eaux traitées ne soit pas trop faible (comme c'est le cas sur la ZRI de Rousset),
- la ZRI ne stocke pas de boues issues de précédents dysfonctionnements de la station et/ou de la décomposition de végétaux morts (comme c'est le cas sur les ZRI de Cabriès-Callas et de Trets, qui sont saturées en boues).

Un lissage du débit rejeté sans doute bénéfique

Cette fonction est essentiellement assurée par les ZRI disposant de bassin(s) en eau (ex : lagunes). Pour autant, les autres types de zones permettent de tamponner les à coups hydrauliques pouvant se produire tout au long de la journée (période de pointe, mode de rejet de la station par bâchée...).

Cet écrêtage des pics de débits est moins efficace s'il existe des écoulements préférentiels au sein de la zone.

Cette fonction peut jouer un rôle important sur les portions de cours d'eau où les débits peuvent être relativement faibles par rapport au débit rejeté par la station d'épuration (affluents de l'Arc, en tête de bassin de l'Arc). En effet, il est préférable de rejeter un débit relativement stable pour l'ensemble de l'écosystème pour les raisons suivantes :

- cela permet l'implantation d'une microfaune aquatique adaptée au débit,
- un débit lissé limite les risques de lessivage du cours d'eau,
- les eaux usées traitées restent généralement assez chargées en MES ce qui peut être abrasif pour les branchies de poissons. Une forte vitesse d'écoulement est un effet aggravant.

Par contre, les dépassements des débits nominaux observés sur la plupart des stations du territoire étudié, sont généralement trop importants pour être réellement « amortis » par la zone.

2 - Des limites

Un abattement complémentaire de la pollution dissoute résiduelle

Même si les campagnes de mesures ont pu montrer des impacts positifs (surtout sur les germes témoins d'une contamination fécale), les abattements observés restent limités et assez irréguliers suivant la saison et la ZRI étudiée.

Il faut signaler que de meilleurs résultats sont envisageables pour certaines zones si les tâches d'exploitation étaient mieux définies et donc réalisées (exemple des Zones Humides Irriguées).

Pour autant, une Zone de Rejet Intermédiaire ne remplira jamais la même fonction qu'un traitement tertiaire et les phénomènes en jeu sont si peu maîtrisés qu'il sera toujours délicat d'exiger un rendement épuratoire sur tel ou tel paramètre. Car en effet, même si les préconisations liées au dimensionnement et à l'exploitation devraient être plus précises dans les années à venir, chaque zone restera un cas particulier dépendant de la qualité de l'eau traitée qu'elle reçoit, de la surface disponible du site, du type de sol et de sous sol en place, des végétaux qui s'y développeront...

Une dégradation possible de la qualité des eaux traitées

A l'inverse, nos campagnes de mesure ont également montré que la qualité de l'eau traitée par la station a pu être dégradée par la ZRI.

Cette augmentation de la teneur en polluants s'observe essentiellement dans deux cas de figure :

- soit le rejet de la station est d'excellente qualité,
- soit la matière organique éventuellement déposée dégrade la qualité du rejet.

D'où la nécessité d'adapter la ZRI au type de station construite en amont, mais également de ne pas laisser s'accumuler des dépôts au sein de la zone. En effet, la zone peut être bénéfique à un moment donné en cas de dysfonctionnement de la station, mais si les dépôts stockés ne sont pas évacués rapidement, la ZRI pourra altérer l'eau traitée. Le bénéfice lié à la rétention des boues est alors perdu.

3 - Des préconisations valables pour l'ensemble des sites

La responsabilité de l'exploitation doit être mieux définie

Le manque d'exploitation de certaines zones n'est souvent pas le fait d'une négligence de la part de l'exploitant.

Il s'agit plutôt d'un manque de clarté dans la définition des tâches d'exploitation et de la responsabilité de leur réalisation. C'est pourquoi, il apparaît important de préciser le type et la fréquence des interventions à prévoir, dans le cas d'une délégation de service, de l'inclure dans le contrat.

Les fiches par station annexées au présent document, proposent une liste de tâches d'exploitation à réaliser par ZRI.

Des études et aménagements à généraliser pour faciliter l'exploitation et limiter l'impact des rejets

- Des études préalables à prévoir

Avant la réalisation de tout aménagement, il est indispensable de prévoir *à minima* une étude de sol et de sous sol du terrain sur lequel la zone sera implantée. Les différents éléments à fournir sont les suivants :

- mesure de la vitesse d'infiltration du terrain,
- détermination des différents horizons du sol par sondages. Ceci permettra notamment d'identifier une couche souterraine imperméable pouvant être incompatible avec l'infiltration des eaux ou encore de détecter la présence d'une nappe souterraine, ce qui est susceptible de limiter la profondeur des terrassements à réaliser,
- en cas de nécessité d'infiltrer les eaux usées traitées, il faudra mener ces études plus loin. Pour cela, nous avons joint à titre indicatif en annexe, une liste d'éléments pouvant être utiles à une analyse hydrogéologique complète. Nous rappelons qu'en cas d'impossibilité de rejet dans les eaux superficielles, il peut être demandé d'infiltrer les eaux traitées dans le sol. Alors, l'avis d'un hydrogéologue agréé est nécessaire réglementairement pour déterminer l'impact des eaux infiltrées sur les eaux souterraines et dimensionner les surfaces à mettre en œuvre et les équipements à prévoir (article 10 de l'arrêté du 22 juin 2007).

- Une surprofondeur facilement curable à prévoir

Lorsque cela est possible, il est vivement conseillé de réaliser au niveau de l'arrivée des eaux traitées dans la ZRI, une zone plus profonde qui permettrait de **retenir par décantation la plus grande partie des MES d'un effluent fortement chargé** (bypass de la station, départ de boues).

Le temps de séjour des eaux dans cette zone doit être supérieur à 30 minutes au débit de pointe (en tenant compte des intrusions d'eaux de pluie). Un temps de séjour de 2h est préférable.

Cette zone doit être entièrement curable sans avoir besoin de la vider. Autrement dit, le tuyau d'aspiration d'un camion hydrocureur doit pouvoir accéder à l'ensemble du volume constitué par cet « ouvrage ». Ceci permettra d'intervenir rapidement suite à un départ accidentel de MES, sans avoir à mettre à sec l'ensemble de la ZRI.

- L'assèchement complet de la ZRI doit être possible

Afin de pouvoir intervenir sur la ZRI, il est indispensable d'avoir la possibilité d'assécher toute la zone quelque soit le type de ZRI.

Pour cela, les conditions suivante doivent être respectées :

- le by-pass complet de la zone doit être possible. Si la ZRI est constituée de plusieurs parties, il peut être intéressant de prévoir le by-pass de chacune de ces parties,
- pour les bassins en eau, il faudra prévoir une vidange qui devra être aménagée de manière à limiter le départ d'éventuels dépôts.

- Accepter le by-pass de la station lorsque cela est possible

Sauf dans le cas où l'infiltration est recherchée, il est intéressant de faire transiter par la ZRI les effluents qui n'ont pas été traités complètement par la station (déversoir en tête de station ou by-pass partiel d'une partie du traitement).

Si une alimentation gravitaire est impossible par exemple, et si la topographie du terrain le permet, ces effluents pourront transiter par un fossé à l'air libre (type fossé végétalisé) avant rejet final. Contrairement à une canalisation enterrée, ce fossé améliorera la qualité des eaux rejetées par rétention physique des Matières En Suspensions les plus grossières, voire des macro-déchets lorsque les by-pass sont peu ou pas dégrillés avant rejet.

L'exploitant devra alors surveiller l'envasement du fossé et intervenir si besoin (faucardage, curage,...).

Ce type d'aménagement peut se justifier en cas de by-pass fréquents.

Une alimentation exclusivement estivale ou une alimentation « dynamique »

Le mode de fonctionnement des ZRI de Bouc Bel Air et de Beaurecueil (pendant des années), montre qu'une **alimentation exclusivement estivale permet de favoriser l'infiltration des eaux traitées** et donc de réduire considérablement la fraction du débit rejeté dans les eaux superficielles. Ceci est valable pour les ZRI autres que les bassins en eau.

Cependant, une alimentation exclusivement estivale comporte également des inconvénients.

Nous avons listé de manière la plus exhaustive possible les avantages et inconvénients liés à ce type de fonctionnement :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - favorise l'infiltration en été, - réduit l'impact du rejet dans la période où les cours d'eau sont les plus sensibles, - limite le développement des macrophytes ce qui réduit : <ul style="list-style-type: none"> • le dépôt de végétaux morts • les contraintes d'exploitation (faucardage, évacuation des végétaux) 	<ul style="list-style-type: none"> - ne facilite pas l'implantation de macrophytes qui jouent plusieurs rôles positifs : <ul style="list-style-type: none"> • rétention des MES par l'enchevêtrement de la végétation, • minéralisation des dépôts accélérée, • légère évapotranspiration et légère participation à l'abattement complémentaire de la pollution dissoute - ne permet pas la sécurisation du traitement en automne et hiver où les pluies sont les plus fréquentes et peuvent provoquer des coups hydrauliques et donc une dégradation du traitement

Avantages et inconvénients d'une alimentation exclusivement estivale

Afin de s'affranchir des deux inconvénients majeurs, un **mode d'alimentation « dynamique »** peut être envisagé, à savoir que la ZRI pourrait être alimentée en continu en été. Le reste de l'année, l'exploitant alimenterait la zone temporairement, selon 2 cas de figure :

- si l'on souhaite conserver des macrophytes dans la ZRI :
 - l'exploitant alimenterait la zone lorsque les plantes souffrent d'un manque d'eau. On peut également imaginer de mettre en place un cycle régulier (alternance entre alimentation et repos hebdomadaire ou tous les 15 jours),
 - si la surface disponible le permet, une autre solution consiste également à scinder la zone en deux parties distinctes et de permuter l'alimentation créant ainsi pour chaque partie un cycle constitué d'une période d'alimentation et d'une autre de repos,
- afin de sécuriser le traitement de la station en cas de fortes précipitations : l'exploitant pourra remettre en service la zone à l'annonce d'un évènement pluvieux.

Même si ce mode de fonctionnement risque d'être moins favorable à l'infiltration qu'une alimentation exclusivement estivale, elle permettra tout de même d'aménager des périodes de repos du sol bénéfique à l'infiltration des eaux tout au long de l'année. **Ce mode d'alimentation « dynamique » impose cependant une exploitation plus suivie.**



4 - AUTRES TYPES DE ZONES DE REJETS INTERMÉDIAIRES AU NIVEAU NATIONAL

Nous listons ci-après les principaux types de Zones de Rejets Intermédiaires qui peuvent être rencontrés au niveau national. Pour obtenir un descriptif précis et des informations sur les contraintes d'exploitation, nous renvoyons au document édité par l'ARPE en 2009 « *Les Zones de Rejets Intermédiaires : Des procédés naturels pour réduire l'impact du rejet des stations d'épuration sur les milieux aquatiques* ».

1 - Bassin à macrophytes

Il s'agit d'un bassin dont la conception se rapproche de celle des lagunes à macrophytes peu profondes. Le bassin peut être rectangulaire ou aménagé en U en prévoyant une circulation en U des effluents autour d'une digue centrale carrossable. L'aménagement d'une vidange est souhaitable afin de faciliter l'entretien. Elle pourra être positionnée de manière à éviter l'entraînement d'éventuels dépôts.



Bassin rectangulaire



Bassin en U

2 - Taillis (très) Courte Rotation (TtCR)

Il s'agit de culture de végétaux à croissance rapide à fort pouvoir évapotranspirant (saules, peupliers, eucalyptus, bambous...).

L'appellation « Taillis (très) Courte Rotation » signifie qu'il faut couper régulièrement les repousses pour stimuler la croissance afin d'optimiser les quantités d'eau évapotranspirées et l'assimilation biologique de la pollution dissoute résiduelle.

La biomasse produite est éventuellement valorisable en chaudière collective mais pour que cela soit intéressant économiquement, il est préférable de disposer de grandes surfaces et d'un matériel agricole spécifique.



Récolte d'un TICR de saules



TICR type « sauleraie »

3 - Massifs filtrants végétalisés

Il s'agit de plusieurs zones planes plantées de roseaux sur sol en place, entourées par un talus planté de saules ou d'eucalyptus. Ces zones sont alimentées en alternance par bâchée. Le système de distribution est composé d'un ou plusieurs tuyau(x) souple(s) percé(s). La présence d'un bouchon dévissable en bout de tuyau permettra un nettoyage aisé. L'objectif est d'infiltrer complètement les effluents. Par sécurité, on pourra prévoir une surverse pour évacuer les eaux qui ne seraient pas infiltrées.

Cette technique est habituellement utilisée pour traiter les effluents d'élevage (données : Institut de l'Élevage).

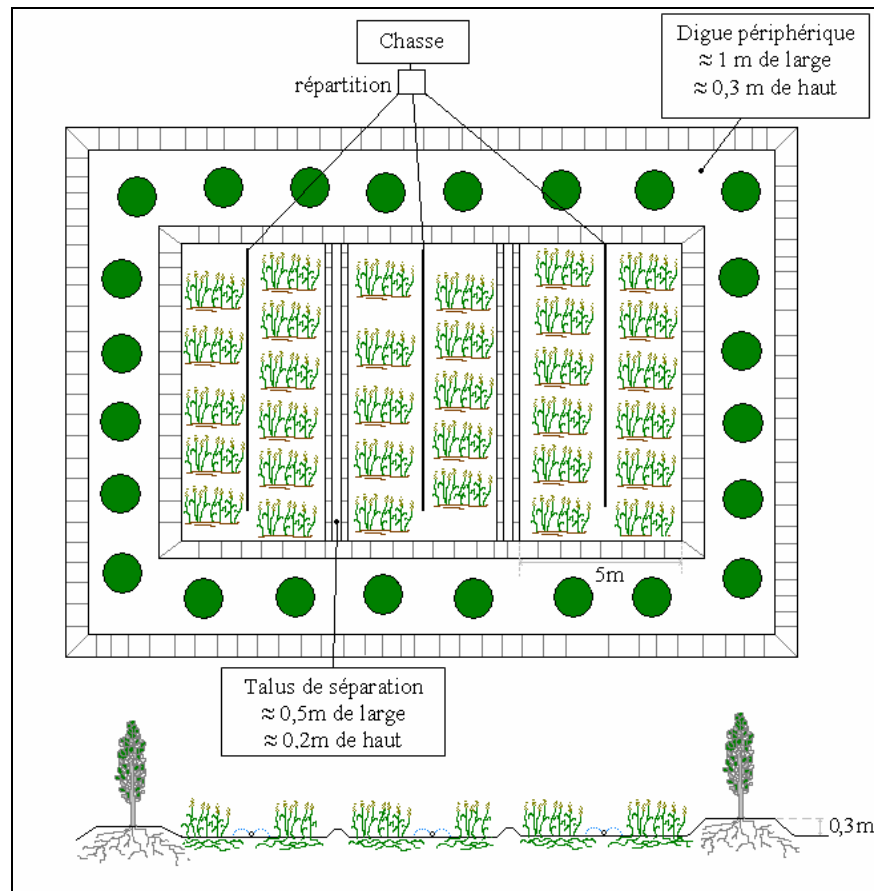


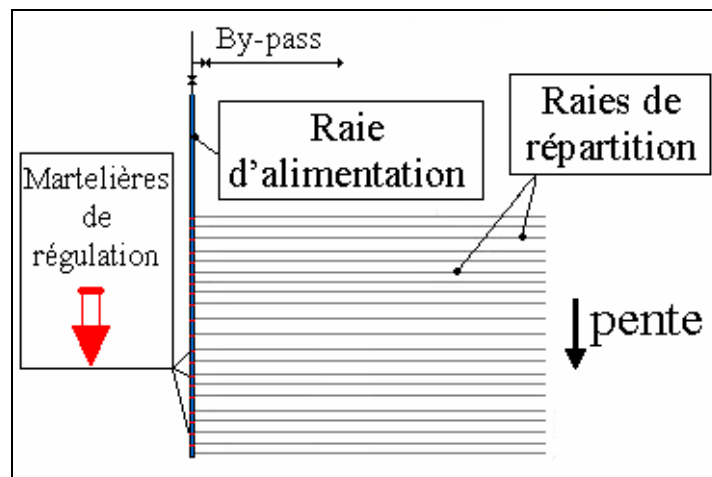
Schéma de principe d'un massif filtrant végétalisé

4 - Infiltration aménagée

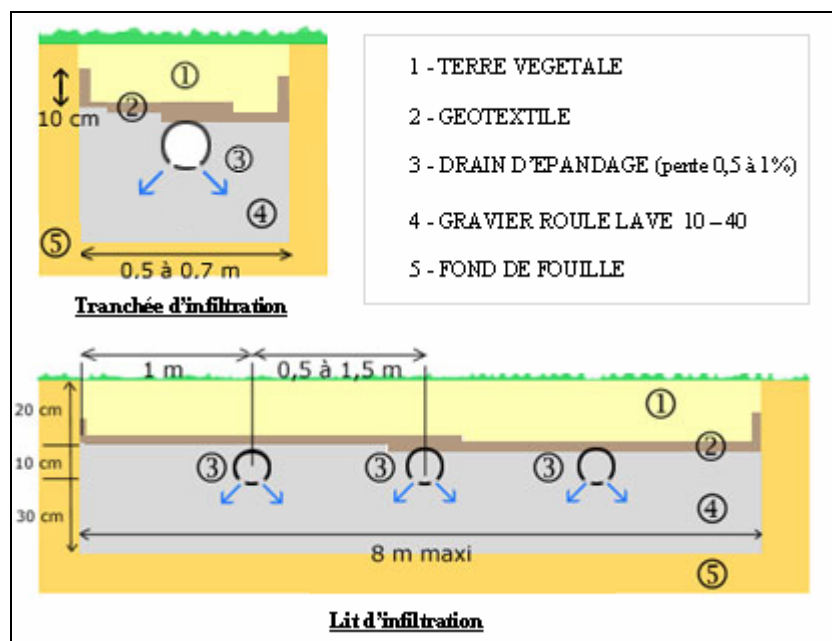
Il s'agit du même type de zone que la ZRI de Beaucueil. Cependant, il existe plusieurs types d'alimentation possible :

- **alimentation en surface** : par bâchée, sur sol en place ou sur une faible couche de sable et/ou de gravier lavé. Le système de répartition peut être constitué de raies couvrant la totalité de la surface d'épandage, d'un réseau superficiel de canalisations percées, d'un réseau de canaux bétons équipés de martelières ou encore de sprinklers,...
- **alimentation enterrée** : par bâchée à partir de drains d'alimentation enfouis dans une couche de galets lavés (tranchées ou lit d'infiltration : cf schéma). Si les tranchées sont difficiles à réaliser à cause d'un sol trop sableux, on aménagera des lits d'infiltration. Une mise à l'air à l'extrémité de chaque drain facilitera l'écoulement et le nettoyage. Une surverse peut être aménagée à l'amont du système d'alimentation en cas de colmatage de ce dernier.

Quelque soit le mode d'alimentation, il est impératif de disposer d'au moins deux zones distinctes d'une surface suffisante pour infiltrer le débit journalier maximum (en tenant compte des eaux claires parasites d'origine pluviale).



Exemple de répartition superficielle : irrigation à la raie



Exemple d'alimentation enterrée : tranchée et lit d'infiltration



5 - METHODOLOGIE POUR CHOISIR AU MIEUX LE TYPE DE ZRI A REALISER

1 - La problématique principale du milieu récepteur doit être identifiée

Jusqu'à présent, les Zones de Rejets Intermédiaires et leur impact étaient peu connus et, mis à part quelques cas, aucun objectif clair n'était énoncé.

Or, avant de concevoir une ZRI il est indispensable de connaître la problématique du milieu récepteur concerné.

Nous avons identifié trois problématiques majeures qui reviennent régulièrement dans notre région et notamment sur le territoire du SABA. Il s'agit :

- de l'eutrophisation du cours d'eau qui correspond à l'enrichissement des eaux en matières nutritives (essentiellement azote et phosphore) provoquant la perturbation de l'équilibre biologique des eaux (prolifération de végétaux aquatiques, baisse de l'oxygénation, mortalité de poissons...),
- des usages touristiques du cours d'eau,
- des étiages sévères subis par les cours d'eau (forte diminution du débit pendant des périodes plus ou moins longues).

Il est possible que d'autres problématiques apparaissent localement, il sera utile de les identifier et de continuer la réflexion exposée ici.

2 - Les fonctions à remplir par la ZRI découleront de la problématique retenue

Une fois que la (ou les) problématique(s) principale(s) du milieu récepteur a (ont) été identifiée(s), on pourra déterminer parmi les fonctions pouvant être assurées par les ZRI, la (ou les) fonction(s) susceptible(s) de répondre au mieux au contexte local.

Nous avons extrait les tableaux suivants du document édité par l'ARPE en 2009 « Les Zones de Rejets Intermédiaires : des procédés naturels pour réduire l'impact du rejet des stations d'épuration sur les milieux aquatiques ». Il permet d'identifier les fonctions les plus adaptées au regard de la problématique choisie :

Fonctions ZRI Problématiques du cours d'eau	Dispersion du rejet	Rétention des MES	Lissage hydraulique	Abattement complémentaire	
				Azote et Phosphore	Bactériologie
Eutrophisation					
Usages touristiques	à privilégier pour limiter un impact visuel (notamment coloration verte en sortie de lagunes au long temps de séjour)				
Période d'étiage sévère			si variation importante du débit rejeté par la station	à privilégier si volonté de soutien d'étiage avec les eaux traitées	

Tableau liant la problématique du cours d'eau aux fonctions susceptibles d'être remplies par les ZRI

A privilégier
Moyennement adapté
Effet nul

3 - La ZRI à concevoir devra remplir les fonctions identifiées

Après avoir identifié la (ou les) fonction(s) à remplir par la ZRI, il convient de se reporter au tableau suivant afin de définir le type de ZRI susceptible d'assurer au mieux cette (ou ces) fonction(s).

Objectifs à atteindre Type de ZRI	Dispersion du rejet			Rétention des MES	Lissage hydraulique	Abattement complémentaire	
	Evaporation	Evapo-Transpiration et/ou Assimilation biologique	Infiltration			Matières Organiques et nutriments	Bactériologie
Lagune			Si lagune non étanche			suivant le temps de séjours (attention à la formation de micro algues)	suivant le temps de séjour, le nombre de bassins (attention à la formation de micro algues)
Fossé végétalisé			mieux adapté si plusieurs fossés (repos du sol)	si végétation développée			
Bassin à macrophytes	possible suivant la surface utilisée	possible suivant la surface utilisée				adapté pour les nutriments si faucardage annuel	effet peu connu, mais efficacité liée au temps de séjour
Zone humide irriguée		en fonction de la végétation en place	si plusieurs parcelles (repos du sol)	évacuation des dépôts problématique	si répartition homogène	adapté pour les nutriments si bonne répartition et faucardage annuel	effet peu connu
Taillis (très) Courte Rotation		rejet zéro possible si surface suffisante		déconseillé suivant système d'irrigation		si faible risque de colmatage du système d'irrigation	effet peu connu
Massifs filtrants végétalisés				attention au risque de colmatage du système de distribution		suivant hauteur de sol utile et niveau de la nappe	suivant hauteur de sol utile et niveau de la nappe
Infiltration aménagée						suivant hauteur de sol utile et niveau de la nappe	suivant hauteur de sol utile et niveau de la nappe

Tableau liant les fonctions identifiées au type de ZRI susceptibles d'y répondre

Adapté
Moyennement adapté
Déconseillé

Si aucune zone ne répond à l'ensemble des attentes identifiées au préalable, une combinaison des différentes filières est envisageable.



6 - CONCLUSION

La mise en œuvre de Zones de Rejets Intermédiaires est globalement positive. Pour autant, des limites de fonctionnement ont été mises en évidence par cette étude. Les fiches en annexe détaillent, pour chaque site existant, les observations faites sur le fonctionnement et les améliorations proposées.

Pour les futures zones à réaliser, il paraît nécessaire de mieux définir :

- les objectifs initiaux avant la conception de la zone en tenant compte du type d'épuration mis en œuvre en amont, du terrain disponible, des caractéristiques de ce dernier (études du sol et du sous sol nécessaires) et bien sûr de la problématique principale du milieu récepteur,
- les différentes tâches d'entretien inhérentes au type de ZRI à réaliser. Il faudrait également préciser à qui incombe la responsabilité de l'exploitation.

Par ailleurs, le maître d'ouvrage de cette étude a sollicité notre avis peu avant la remise de ce rapport dans le cadre des ateliers « qualité » de la révision du SAGE de l'Arc afin de l'aider à réfléchir à des solutions permettant de réduire les quantités de nutriments rejetés directement dans l'Arc en période d'étiage.

Nous avons donc proposé en annexe 1 de ce rapport, une première estimation de la réduction possible des flux d'azote et de phosphore rejetés dans l'Arc durant cette période. Ces estimations ont été calculées pour les ZRI des stations de Trets, Rousset, Fuveau et Bouc Bel Air. En effet, ces stations sont les seules qui disposent d'une ZRI suffisamment grande pour pouvoir infiltrer les eaux traitées.

Nous laissons le SABA juger de l'impact que peut avoir une telle réduction des flux de nutriments sur la qualité de l'Arc et de l'intérêt d'envisager des aménagements.

ANNEXES

- Annexe 1 Dossiers des différents sites
- Annexe 2 Résultats d'analyses ARPE
- Annexe 3 Recommandations portant sur les éléments à fournir dans le cas d'une infiltration totale des eaux traitées

DOSSIERS DES DIFFERENTS SITES

- **BEAURECUEIL**
- **BOUC BEL AIR / SIMIANE-COLLONGUE**
- **CABRIES / CALAS**
- **COUDOUX / VELAUX / VENTABREN**
- **FUVEAU**
- **ROUSSET**
- **TRETS**

RESULTATS D'ANALYSES ARPE

**RECOMMANDATIONS PORTANT SUR LES ELEMENTS A FOURNIR
DANS LE CAS D'UNE INFILTRATION TOTALE DES EAUX TRAITEES**

GLOSSAIRE

Assimilation biologique : ici, ce sera le processus par lequel des éléments extérieurs à la plante seront transformés en éléments intérieurs à la structure biologique de la plante.

Déversoir d'orage : ouvrage utilisé sur les réseaux d'évacuation des eaux usées jouant le rôle de « trop plein ». Ils permettent de rejeter une partie des effluents avant qu'ils ne transitent par la station d'épuration.

Espèce envahissante : espèce vivante étrangère qui devient un agent de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi naturels parmi lesquels elle s'est établie.

Evapotranspiration : correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

Faucardage : désigne l'opération qui consiste à couper et exporter les roseaux et autres herbacées poussant sur des fossés, rivières, étangs et autres surfaces toujours en eau.

Hydrogéologie : science étudiant la distribution et de la circulation de l'eau souterraine en tenant compte de leurs interactions avec les conditions géologiques et l'eau de surface.

Irrigation à la raie : système d'irrigation gravitaire consistant à tracer des tranchées parallèles aux lignes de niveau du terrain (perpendiculaire à la pente) qui seront noyées à partir d'une tranchée nourricière ou d'un système alimentant indépendamment chaque raie.

Lissage hydraulique : fonction écrêtant les fortes variations des volumes d'eaux rejetées dans le milieu récepteur.

Macrophytes : grandes plantes aquatiques.

MES : Matières En Suspension.

Nutriments : appliqués aux végétaux, les nutriments sont des composants élémentaires absorbés et assimilés par les plantes pour couvrir leur différentes fonctions physiologiques : croissance, développement, reproduction... Parmi les éléments contenus dans les eaux usées, les nutriments visés ici seront essentiellement l'azote et le phosphore.

Perméabilité : capacité à laisser passer un fluide. Plus un milieu est perméable plus le fluide s'écoulera vite. La perméabilité k est une caractéristique intrinsèque du matériau fortement contrôlée par la porosité (elle s'exprime en Darcy, ce qui correspond à la dimension d'une surface).

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux : Document donnant les orientations réglementaires en terme d'aménagement et de gestion des eaux à l'échelle d'un bassin versant.

TtCR : Taillis très Courte Rotation.

ZRI : Zone de Rejet Intermédiaire : espace aménagé en sortie d'une station d'épuration par lequel transitent les eaux traitées avant de rejoindre le milieu récepteur.