

**Réhabilitation du Vistre en aval de Nîmes :
Mise en place de traitement tertiaire d'eaux usées
par la technique de Taillis à Très Courte Rotation de saules**



NERGUISIAN Noémie

Stage pour l'obtention de la Licence IUP IMACOF

29 mai – 29 juillet 2006

Maître de stage : M. Ludovic GRONVOLD

Correcteurs : M. Heri ANDRIAMAHEFA et M. Michel BACCHI

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Ludovic Gronvold pour m'avoir accueilli au sein du bureau d'études GREN, et pour m'avoir soutenu dans mon travail pendant toute la durée de mon stage. Je souhaite également remercier toute l'équipe de GREN pour son accueil, son aide et sa sympathie.

Je remercie également M.Bonhomme, responsable assainissement de l'entreprise Ardecosm / Melvitacosc pour m'avoir fait visiter le laboratoire et pour avoir répondu à mes questions.

Enfin, je remercie toutes les personnes contactées lors de mes recherches pour leurs renseignements et leur courtoisie.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ / ABSTRACT.....	3
SIGLES.....	4
INTRODUCTION.....	5
PARTIE 1 : PRÉSENTATION DU CONTEXTE ~ ETAT DES LIEUX.....	7
I. Présentation de l'organisme d'accueil	8
II. Présentation du bassin versant du Vistre.....	9
1. Situation géographique et administrative	9
2. Climatologie	9
3. Occupation des sols et activités	9
4. Géologie simplifiée.....	10
5. Hydrogéologie.....	10
6. Hydraulique : débits moyens d'étiage et débits de crues.....	11
7. Documents réglementaires de référence sur le Vistre.....	11
a) Le SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse.....	11
b) Le SAGE « Bassin versant du Vistre et nappes de la Vistrenque et des Costières »	12
c) Le Plan de Prévention du Risque inondation « Moyen Vistre »	12
III. Etat des lieux du cours d'eau du Vistre et préconisations pour les futurs aménagements de réhabilitation	13
1. Résumé de l'état des lieux.....	13
a) Flore et Faune	14
b) Qualité de l'eau.....	15
c) Usages de l'eau.....	16
2. Préconisations pour les propositions d'aménagements	16
PARTIE 2 : MÉTHODE POUR LA PROPOSITION D'AMÉNAGEMENTS DE RÉHABILITATION DU VISTRE.....	18
I. Présentation du site.....	19
II. Caractéristiques du site et localisation des contraintes	20
III. Acquisition de données et choix de l'aménagement	21
PARTIE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	24
I. Caractérisation des contraintes	25
1. Projet ligne TGV de contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier	25
2. Canal Philippe Lamour	25

3. Conduites de gaz GDF	26
4. Etude sur la relation entre la nappe de la Vistrenque et le Vistre.....	26
5. Caractéristiques du rejet d'eaux usées issu de la station d'épuration de l'industrie Perrier.....	29
II. Mise en place de traitement tertiaire d'eaux usées par la technique du TTCR de saules.....	31
1. Description de la technique du TTCR de saule	31
a) Introduction	31
b) Choix du site	31
c) Le déroulement de la plantation	32
d) Le recépage	33
e) Le désherbage	34
f) Fertilisation.....	34
g) Maladies et ravageurs	34
h) Déroulement de la récolte	35
i) Rendements.....	36
j) Application de la technique à l'épuration des eaux usées.....	37
k) Avantages agronomiques et environnementaux.....	38
l) Inconvénients	40
2. Exemple de mise en place du système de TTCR par le laboratoire Ardecosm / Melvitacosc, fabricant de cosmétiques et savons	41
a) Le choix de la technique de TTCR	41
b) Mise en place du système	41
c) Etat actuel de la culture de TTCR.....	45
d) Inconvénients et avantages	46
3. Application envisageable de la technique de TTCR pour le projet de réhabilitation du Vistre.....	47
4. Estimation des coûts.....	49
a) Plantation et récolte	49
b) Irrigation	50
5. Recherche de filières de valorisation de bois de saules après récolte	51
a) Compostage.....	51
b) Pâte à papier	51
c) Mise en déchetterie.....	52
d) Génie végétal.....	52
e) Chaudières	52
III. Discussion	54
1. Evolution de la demande.....	54
2. Mise en place de traitement tertiaire de TTCR de saules	54
CONCLUSION.....	58

RÉSUMÉ

Le Vistre est un cours d'eau côtier situé au Nord-Est de Nîmes dans le département du Gard. Il s'écoule sur 45 km drainant un bassin versant fortement agricole et urbanisé d'une superficie de 580 km². C'est dans ce contexte que le groupement de bureaux d'études GREN / BURGEAP est chargé de la mise en œuvre du projet de réhabilitation du bassin versant du Vistre. La renaturation environnementale du cours d'eau consiste notamment en la création de zones humides et d'aménagements visant d'une part la réintroduction d'espèces patrimoniales et d'autre part l'amélioration de la qualité du milieu. L'étude suivante recherche d'abord les possibilités d'aménagements en fonction des caractéristiques d'un site particulier localisé sur la commune de Vestric-et-Candiac. Puis elle propose la mise en place de traitement tertiaire d'eaux usées basé sur un système d'épuration naturel à base de taillis à très courte rotation de saules, l'objectif étant de diminuer l'impact des rejets de stations d'épuration dans le Vistre et par conséquent d'améliorer la qualité du cours d'eau.

Mots clés : renaturation, rejet, épuration, saule, taillis à très courte rotation.

ABSTRACT

Vistre is a coastal river located at the north-east of Nîmes in the department of Gard. It flows on 45 km draining a strongly agricultural and urbanized catchment, with a surface of 580 km². It is in this context that the grouping of engineering and design department GREN / BURGEAP must implement the Vistre rehabilitation project. The environmental renaturation of this river consists in particular of the creation of wetlands and installations aiming on the one hand the reintroduction of patrimonial species and on the other hand the improvement of the natural environment quality. The following study seeks initially the possibilities of installations according to the characteristics of a particular site localised on the commune of Vestric-and-Candiac. Then it proposes the installation of waste water tertiary treatment, based on a natural system of purification containing coppice with very short rotation of willows, the objective being to decrease the impact of waste water discharges in Vistre and consequently, to improve river quality.

Key words : renaturation, discharges, willow, very short rotation coppice.

SIGLES

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AILE : Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement
BERGA Sud : Bureau d'Etudes et de Recherches Géologiques Appliquées
BRL : Compagnie Bas Rhône Languedoc
CLE : Commission Locale de l'Eau
DCO : Demande Chimique en Oxygène
DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DDE : Direction Départementale de l'Equipeement
DICT : Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
DIREN : Direction Régionale de l'Environnement
DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
E.H : Equivalent Habitants
EHTP : Entreprise Hydraulique et Travaux Publics
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GDF : Gaz de France
GREN : Gestion des Rivières et des Espaces Naturels
IBGN : Indice Biologique Global Normalisé
RFF : Réseau Ferré de France
MS : Matière Sèche
PPRI : Plan de Prévention du Risque inondation
SAGE : Schéma de Gestion et d'Aménagement des Eaux
SAUR : Société d'Aménagement Urbain et Rural
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDEI : Société de Distribution d'Eau Intercommunale
SEERC : Société d'Entretien et d'Equipements des Réseaux Communaux
SIVU : Syndicat Intercommunal à Vocation Unique
SINT : Société d'Ingénierie Nature et Technique
SMBVV : Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vistre
SMEGNV : Syndicat Mixte d'Etude et de Gestion de la Nappe de la Vistrenque
STEP : Station d'Epuration
TC : Tranche Conditionnelle
TF : Tranche Ferme
TN : Terrain Naturel
TTCR : Taillis à Très Courte Rotation
UCL – ECOP : Université Catholique de Louvain - Unité d'Ecologie des Prairies et Grandes Cultures

INTRODUCTION

Le Vistre est un cours d'eau côtier situé dans le département du Gard. Il prend sa source au Nord-Est de Nîmes sur la commune de Bézouce, et conflue avec le canal du Rhône à Sète. Le cours d'eau, à faible pente, s'écoule sur 45 km drainant un bassin versant agricole et urbanisé d'une superficie de 580 km².

Le bassin versant du Vistre a été marqué au cours du temps par le développement de l'agriculture, notamment par le remembrement et le drainage des terres agricoles, puis par l'essor de zones urbaines à proximité de la ville de Nîmes. Ces phénomènes ont fortement contribué à augmenter les pollutions, à imperméabiliser les surfaces, et à favoriser le transit des eaux ruisselées en grande quantité, accentuant les risques d'inondation. Dans ce contexte, le Vistre et ses affluents ont donc été rectifiés et recalibrés successivement entre 1947 et 1951 puis entre 1975 et 1981. Cependant, le Vistre fonctionnant comme un canal évacuateur d'eau, les crues restent dévastatrices en aval. Il est donc indispensable de prendre conscience que tout aménagement dans le bassin versant a des conséquences en aval et qu'une gestion globale doit prévaloir sur une gestion locale, privilégiée jusqu'à maintenant. C'est dans ce but que le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vistre (SMBVV) a été créé en 1998, regroupant 34 communes et des Syndicats Intercommunaux d'Assainissement des terres agricoles.

Trois principaux objectifs de gestion et d'aménagement pour la restauration du bassin versant ont été définis et validés par le Syndicat en 1999 : réduire les apports en crue, réduire les apports en pollution directe et diffuse, redonner au cours d'eau une morphologie qui permette un fonctionnement naturel satisfaisant.

Par ailleurs, la remise aux normes de la station d'épuration de « Nîmes Ouest » prévoit au titre des mesures compensatoires que le maître d'ouvrage - la Communauté d'Agglomération de Nîmes - participe au financement d'une opération de réhabilitation du Vistre sur sa partie aval. Ce secteur a été choisi prioritairement puisque le cours d'eau reçoit la totalité des effluents de l'agglomération ; le linéaire étant de 12 km environ. La Communauté d'Agglomération a délégué la maîtrise d'ouvrage de ce projet au SMBVV, avec pour même préoccupation, une gestion globale du bassin versant du Vistre.

Le groupement de bureaux d'études GREN / BURGEAP a donc été chargé par le SMBVV de réaliser l'étude de réhabilitation du Vistre à l'aval de Nîmes.

Après une analyse détaillée du bassin versant du Vistre constituant la phase I de l'étude, la phase II doit définir des aménagements et des mesures de gestion pour la renaturation physique et environnementale du Vistre. Actuellement en cours d'élaboration, cette phase est celle sur laquelle le travail de stage s'effectue. Elle prévoit notamment la création de zones humides, le traitement tertiaire des effluents de stations d'épuration visant à améliorer la qualité du milieu, et le développement de petits aménagements.

Le secteur d'étude est découpé en quatre tranches : deux Tranches Fermes nommées TF1 et TF2, et deux Tranches Conditionnelles nommées TC1 et TC2. Les Tranches Fermes sont obligatoirement réalisées, tandis que les Tranches Conditionnelles le seront, mais sous certaines conditions, ici, majoritairement d'ordre financier.

L'étude suivante cherche d'abord les possibilités d'aménagements de réhabilitation du Vistre sur un site particulier localisé sur la commune de Vestric-et-Candiac, en extrême aval de la Tranche Conditionnelle 2.

Les recherches ont consisté principalement en une caractérisation des contraintes (infrastructures, biens à protéger) présentes sur le site. Puis, le travail a évolué vers une recherche sur les possibilités de mise en place de traitement tertiaire d'eaux usées issues de stations d'épuration, notamment par la technique de Taillis à Très Courte Rotation (TTCR) de saules, dans un but d'amélioration de la qualité des eaux.

En premier lieu, une description de la technique de TTCR de saules puis la présentation d'un exemple de sa mise en oeuvre sont exposées. Les éventuelles applications de ce système au projet de réhabilitation du Vistre sont ensuite étudiées. Enfin, une estimation des coûts de mise en place de ce type de traitement, ainsi que la recherche de filières de valorisation de bois de saule sont proposées.



PARTIE 1 :

Présentation du contexte

~

Etat des lieux



I. Présentation de l'organisme d'accueil

Le bureau d'études **GREN** (Gestion des Rivières et des Espaces Naturels) créé il y a une dizaine d'années, est basé à Sisteron dans le département des Alpes-de-Haute-Provence.



Spécialiste de l'aménagement des cours d'eau, il réalise des études et des projets, possède les compétences de maîtrise d'œuvre et de conception, et s'investit également dans des opérations de formation, d'information et de sensibilisation auprès du public.

De nombreuses études peuvent être réalisées :

- Schémas d'Aménagement en rivière,
- Etudes hydrauliques et hydrologiques,
- Diagnostics de végétation rivulaire,
- Mises en pratique d'Indices de la Qualité Biologique Générale,
- Etudes sur la ressource en eau et ses usages agricoles,
- Etudes sur la qualité de l'eau...

Les projets sont variés et peuvent porter sur :

- Des protections de berges en génie végétal, mixte ou civil,
- Des ouvrages de franchissement ou de gestion des inondations,
- Des aménagements piscicoles, de plans d'eau, de retenues,
- La réhabilitation de sites dégradés tels que des carrières, décharges,
- La renaturation de cours d'eau et zones humides...

La maîtrise d'œuvre correspond à une assistance technique et administrative de la naissance du projet à la fin du programme de travaux.

Le bureau d'études est également compétent pour la rédaction de dossiers administratifs et réglementaires (Dossier de Déclaration d'Intérêt Général, Dossier de Déclaration d'Utilité Publique, Dossier d'Autorisation et de Déclaration au titre de la Loi sur l'Eau) et pour la réalisation d'Etudes d'Impacts.

Ses principaux clients sont les DDE, les DDAF, Agences de l'eau, Conseils Régionaux et Généraux, structures intercommunales, communes..., localisés pour la plupart en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes.

Le bureau d'étude dispose de moyens matériels importants dont du matériel informatique et des logiciels, du matériel de terrain (topographie, matériel de pêche électrique et IBGN, drone télécommandé pour la photographie, canoë...) et du matériel de photographie et de projection.

L'équipe de GREN est composée de dix salariés dont un directeur, une secrétaire, une comptable et sept employés, dont quatre ingénieurs (spécialisés chacun en hydraulique, hydrobiologie et pisciculture, paysages, agronomie...) et trois techniciennes (spécialisées en agriculture, cartographie, maîtrise d'œuvre...).

II. Présentation du bassin versant du Vistre

1. Situation géographique et administrative

Le Vistre prend sa source sur la commune de Bézouze, en piémont de garrigue, au Nord-Est de Nîmes. Il s'écoule dans la vallée de la Vistrenque du Nord-Est au Sud-Ouest, puis atteint la Petite Camargue Gardoise où il se jette dans le Canal du Rhône à Sète (*Cf. Annexe 1 : Localisation du bassin versant du Vistre*). Le cours d'eau à faible pente (en moyenne 1‰) s'écoule sur 45 km drainant un bassin versant agricole et urbanisé d'une superficie de 580 km².

Le réseau hydrographique actuel est relativement complexe de par sa constitution naturelle et de par les aménagements qui ont été réalisés par le passé et qui ont fortement modifié les formations naturelles. Le cours d'eau possède onze affluents en rive droite et cinq en rive gauche.

Le Vistre ayant été détourné par le passé de son tracé d'origine, il subsiste des affluents, défluent, ou bras morts constituant l'ancien cours d'eau. Par ailleurs, la compagnie BRL a réalisé des aménagements pour développer l'irrigation : le canal Philippe Lamour traverse la plaine du Vistre au niveau de Vestric.

(Source : Cedrat Développement. 2001. *Etude morphologique du bassin du Vistre*)

2. Climatologie

Le climat du bassin versant du Vistre est de type méditerranéen, caractérisé par un étiage marqué en été et des hauteurs maximales au printemps-automne. Par ailleurs, l'influence des reliefs cévenols situés dans la partie Nord du bassin versant est non négligeable.

Les précipitations varient entre 690 mm (Vestric) et 800 mm (Nîmes).

La température moyenne annuelle est de 10-11°C. Les minima sont compris entre 3 et 5°C, tandis que les maxima sont proches de 30°C sur les deux mois estivaux (juillet, août).

(*Cf. Annexe 2 : Climat du département du Gard*)

Ainsi, le bassin versant est caractérisé par de grosses amplitudes thermiques et hydriques, de même que par une sécheresse estivale (juillet et août) et la possibilité de pluies exceptionnelles s'abattant rapidement pouvant provoquer des crues importantes et des inondations.

(Source : Cedrat Développement. 2001. *Etude morphologique du bassin du Vistre*)

3. Occupation des sols et activités

L'occupation principale de la plaine du Vistre est l'agriculture, représentant 63% de la surface totale. Elle est assez diversifiée, mais la culture céréalière intensive est majoritaire. La part de prairies est également importante avec des élevages équin et bovin. La vigne est assez peu présente à proximité du Vistre.

Les zones urbanisées représentent une part non négligeable de l'occupation du sol, en particulier l'agglomération de Nîmes. Au total, le bassin versant abrite 42 communes, soit environ 250 000 habitants, correspondant à 14% de la surface totale. Les activités humaines sont très variées : agriculture, agro-alimentaire, industries diverses (dont les sources Perrier à Vergèze), services (aéroports, tourisme, télécommunications, informatiques...).

On note également la présence de forêt et de garrigue, mais à moindre échelle.

(Source : Cedrat Développement. 2001. *Etude morphologique du bassin du Vistre*)

4. Géologie simplifiée

Le bassin versant du Vistre se décompose en cinq entités géologiques (*Cf. Annexe 3 : Coupe géologique simplifiée du bassin du Vistre*) :

Le domaine des garrigues est situé en bordure Nord du bassin du Vistre, d'une altitude variant de 80 à 210 m. Il est constitué de plateaux calcaires karstifiés, d'âge crétacé. On observe une alternance de bancs calcaires et de couches marneuses imperméables.

Le piémont des garrigues est situé le long de la frange Sud du plateau des garrigues. Il a vu l'installation de nombreuses agglomérations (dont Nîmes, Milhaud, Uchaud, Vergèze...). Ce piémont est constitué de limons à niveaux caillouteux apportés par les différents ruisseaux et constituant leur cône de déjection, avant d'atteindre la plaine de la Vistrenque.

La plaine de la Vistrenque constitue la large vallée du Vistre, à fond plat et très étendue d'amont en aval. Elle est formée par des niveaux détritiques du quaternaire dont les plus récents sont des alluvions limono-argileuses hydromorphes situées dans les zones les plus basses constituant les plaines d'inondation du Vistre. La Vistrenque se distingue du plateau et du piémont des garrigues par la faille dite de Nîmes, d'orientation S-O/N-E, d'âge oligocène.

Le plateau des Costières situé au Sud de la Vistrenque, correspond à un ancien fossé tectonique comblé par de puissantes formations sédimentaires. Le plateau des Costières et la Vistrenque sont séparés par la faille de Vauvert, de direction S-O/N-E, d'âge plioquaternaire.

Les formations fluviatiles sédimentaires sont représentées par des alluvions récentes et modernes en bordure du Vistre. La surface de ces alluvions présente des sols pédologiques peu évolués.

(Source : Berga Sud. 2001. *Rapport hydrogéologique, Etude des relations entre la nappe de la Vistrenque et la rivière Vistre*)

5. Hydrogéologie

Le bassin versant est situé sur deux nappes phréatiques : la nappe des Costières au Nord et celle de la Vistrenque au Sud. Ces deux nappes sont en continuité, la première topographiquement plus haute s'écoule dans la seconde. L'ensemble de ces deux nappes a une superficie approximative de 390 km² et évolue à une profondeur comprise entre 5 et 50 m.

Deux types d'aquifères sont distingués dans le bassin versant : les Garrigues d'une part, et le binôme Costières-Vistrenque d'autre part.

En ce qui concerne la relation de la nappe de la Vistrenque avec la rivière du Vistre, elle sera précisée dans la suite du rapport.

(Source : *Berga Sud. 2001. Rapport hydrogéologique, Etude des relations entre la nappe de la Vistrenque et la rivière Vistre*)

6. Hydraulique : débits moyens d'étiage et débits de crues

Globalement, les débits naturels du Vistre sont faibles. En aval de la station d'épuration de Nîmes (début de l'étude), le module (débit moyen interannuel) est de $1,615 \text{ m}^3/\text{s}$ alors que le débit d'étiage (QMNA₅ ou débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans) est de $0,166 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le fait le plus marquant est que ces débits sont fortement influencés par les débits de rejets de stations d'épuration. En effet, le module influencé est de $2,249 \text{ m}^3/\text{s}$ (correspond au débit naturel du Vistre auquel les débits de rejets de STEP ont été rajoutés), et le QMNA₅ influencé de $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les débits de crues, entre le secteur en aval de la STEP de Nîmes et celui en aval du pont de Vestric) sont : Q₁₀ : varie de 85 à $90 \text{ m}^3/\text{s}$,

Q₁₀₀ : varie de 150 à $190 \text{ m}^3/\text{s}$.

(Source : *BURGEAP / GREN. 2005. Réhabilitation du Vistre en aval de Nîmes, Etude de faisabilité*)

7. Documents réglementaires de référence sur le Vistre

a) Le SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse

Le SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse, adopté par la Comité de Bassin et approuvé par le Préfet Coordonnateur de Bassin le 20 décembre 1996 a fixé dix orientations principales :

- Poursuivre toujours et encore la lutte contre la pollution,
- Garantir une qualité d'eau à la hauteur des exigences des usages,
- Réaffirmer l'importance stratégique et la fragilité des eaux souterraines,
- Mieux gérer avant d'investir,
- Respecter le fonctionnement naturel des milieux,
- Restaurer ou préserver les milieux aquatiques remarquables,
- Restaurer d'urgence les milieux particulièrement dégradés,
- S'investir plus efficacement dans la gestion des risques,
- Penser la gestion de l'eau en terme d'aménagement du territoire,
- Renforcer la gestion locale et concertée.

Concernant le Vistre :

- ↳ Aspect général : rivière prioritaire vis-à-vis des procédures Agence de l'Eau.
- ↳ Aspect qualité : cours d'eau prioritaire vis-à-vis de l'eutrophisation.

- ↳ Aspect Eaux Souterraines : - Nappe alluviale de la Vistrenque atteinte par les nitrates,
- Zone vulnérable au titre de la Directive « nitrates ».
 - ↳ Aspect hydraulique : crues torrentielles dominantes, dispositif d'annonce de crue.
 - ↳ Aspect morphologie : aménagements (recalibrages, digues).
- (Source : Agence de l'eau RMC, 1996)

b) Le SAGE « Bassin versant du Vistre et nappes de la Vistrenque et des Costières »

Un projet de SAGE est en cours d'élaboration. Initialement, le SAGE devait concerner uniquement la nappe de la Vistrenque, mais son périmètre s'est étendu : d'une part aux eaux superficielles du Vistre puisque les territoires sont communs, et d'autre part à la nappe des Costières, cette dernière s'écoulant vers la nappe de la Vistrenque en continuité. Ainsi, les enjeux sont proches et les responsables locaux identiques.

Le périmètre du SAGE a été défini et validé en octobre 2005 par arrêté préfectoral.

Les objectifs du SAGE sont d'assurer une gestion en bien commun des nappes d'eaux souterraines afin de permettre leur préservation et leur utilisation pérenne, avec pour usage privilégié l'alimentation en eau potable, et prévenir les éventuels conflits d'avenir. Le SAGE a également pour but de lutter contre les inondations et améliorer la qualité des eaux superficielles en redonnant aux cours d'eau une morphologie permettant un fonctionnement naturel et l'accueil d'une vie écologique satisfaisante. Enfin, le SAGE doit favoriser la réappropriation du bassin versant par la population.

(Source : SMBVV)

c) Le Plan de Prévention du Risque inondation « Moyen Vistre »

Le PPRi « Moyen Vistre » a été approuvé le 31 octobre 1994. Le périmètre est délimité au Nord, par la limite communale de Nîmes avec Marguerittes, au Sud par la RD104 sur la commune du Cailar, et de part et d'autres du Vistre par la ligne de crue centennale, crue servant de référence.

Les constructions à l'intérieur de ce périmètre sont donc soumises à des conditions spéciales suivant différentes zones (Cf. Annexe 4 : PPRi « Moyen Vistre ») :

Les zones de grand écoulement (hauteur d'eau > à 1,5 m lors d'une crue centennale) ➔ les conditions d'écoulement ne doivent pas être aggravées, les constructions nouvelles sont interdites.

Les zones naturelles (hauteur d'eau < à 1,5 m lors d'une crue centennale) ➔ la vocation agricole est à conforter, l'aménagement et l'extension des constructions doivent être limités.

Les zones urbanisées (espaces urbanisés recouvert lors d'une crue centennale par une hauteur d'eau < à 1,5 m) ➔ les constructions sont autorisées sous réserve de l'observation de dispositions diverses. Le bas de l'agglomération de Vestric et Candiac est une zone urbanisée.

(Source : Règlement du PPRi, conditions spéciales et arrêté préfectoral d'approbation, 1994)

III. Etat des lieux du cours d'eau du Vistre et préconisations pour les futurs aménagements de réhabilitation

L'étude diagnostique du projet de réhabilitation du Vistre (Phase I) comporte une analyse de l'état initial de la rivière et de son bassin versant. Elle est décomposée principalement en une analyse environnementale (flore, faune, usages de l'eau, qualité de l'eau, qualité physique du milieu aquatique) et en une analyse socio-économique, foncière et culturelle.

Cet état des lieux a donc permis d'établir des conclusions et des préconisations à prendre en compte pour la recherche puis la proposition d'aménagements lors de la phase II de l'étude appelée « Définition des aménagements et mesures de gestion ».

1. Résumé de l'état des lieux

Le Vistre est un cours d'eau profond, encaissé entre des berges hautes et raides, réduisant les accès possibles à la faune amphibie et inféodée au cours d'eau (oiseaux, reptiles, batraciens et mammifères).



Photographie 1 : Berges hautes et raides du Vistre



Photographie 2 : Le Vistre recalibré

Le type de faciès très homogène est dû aux recalibrages et rectifications successives, entraînant une qualité d'habitat relativement mauvaise sur la majeure partie du secteur d'étude. Les substrats de fond de lit sont colmatés par des particules fines de matières organiques.

De part la présence de cinq rejets de stations d'épuration communales, et par l'activité agricole importante exercée sur le bassin versant, les eaux superficielles du Vistre sont de mauvaise qualité.



Photographie 3 : Rejet de station d'épuration dans le Vistre

a) Flore et Faune

La ripisylve est étroite et peu dense. Elle est largement contrainte par les activités rivulaires (agriculture céréalière intensive), discontinue et déconnectée du lit encaissé.

Pourtant, la présence de certaines essences d'arbres permettrait une régénération naturelle de la ripisylve (Frêne, Peuplier blanc, Aulne, Saule blanc, Orme champêtre). Les hélophytes sont très peu nombreuses et la végétation hydrophyte peu diversifiée (Renoncule aquatique majoritairement). On note la présence d'espèces invasives comme la Canne de Provence.

Par ailleurs, la faune liée au Vistre est largement pénalisée par la qualité de l'eau et des habitats. Ces derniers étant très homogènes, la diversification des espèces est faible. Les habitats terrestres sont également peu nombreux et fortement dégradés par les activités humaines.

Le manque d'accès au cours d'eau lié à la configuration des berges et l'absence de plages basses à proximité immédiate de l'eau sont des facteurs très limitants pour les batraciens et les reptiles, mais également pour les mammifères et les oiseaux...

Quelques espèces patrimoniales susceptibles de fréquenter le bassin du Vistre sont toutefois à signaler :

- Avifaune inféodée à l'eau : le Rollier d'Europe (*Coracias garrulus*) et le Bihoreau gris (*Nycticorax Nycticorax*) ; protégés au niveau national et inscrits à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux.

- Avifaune de plaine : l'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) ; menacée d'extinction en France, classée au niveau européen en tant que prioritaire à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux, en annexe 2 de la Convention de Berne et en annexe 2 de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore menacées d'extinction.



Photographie 4 : Outarde canepetière mâle (Source : GREN)

- Insecte : la Diane, papillon protégé au niveau national et considéré comme vulnérable.

- Batraciens et reptiles : Triton palmé (*Triturus helveticus*), Pélodyte ponctué (*Pelodytes punctatus*), Crapaud commun (*Bufo bufo*), Crapaud calamite (*Bufo calamita*), Grenouille rieuse (*Rana ridibunda*), Rainette méridionale (*Hyla meridionalis*), Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), lézards, couleuvres...



Photographie 5 : Rainette méridionale (Source : GREN)

b) Qualité de l'eau

L'analyse de la qualité de l'eau du Vistre s'est déroulée sur deux campagnes :

- une campagne à l'étiage effectuée le 7 juillet 2005 ;
- une campagne post-crue effectuée le 17 octobre 2005.

Des analyses physico-chimiques « classiques » ont été effectuées sur six stations de mesures correspondant à tous les secteurs d'études. A titre d'exemple, seuls les résultats de l'analyse de la station de mesure au niveau du méandre en aval du pont de Vestric-et-Candiac seront exprimés, soit la Tranche Conditionnelle 2.

La qualité globale du Vistre est définie d'après les grilles d'évaluation du SEQ-Eau. (Cf. *Annexe 5 : Méthode d'analyse des données SEQ-Eau*). Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Aval TC2	07/07/2005	17/10/2005
Matières organiques et oxydables	2	48
Matières azotées hors nitrates	0	10
Nitrates	56	47
Matières phosphorées	12	46
Particules en suspension	62	72
Température	84	97
Minéralisation	100	100
Acidification	100	100
Phytoplancton	41	81

Tableau 1 : Synthèse des résultats d'analyse avec indice d'aptitude (chiffre) et classe de qualité (couleur), pour le secteur « aval TC2 », période juillet et octobre 2005 (Source : BURGEAP / GREN)

La qualité de l'eau du Vistre est classée :

- de « **très mauvaise** » à « **passable** » en ce qui concerne les paramètres : MOOX, Matières azotées hors nitrates, Nitrates, Matières phosphorées.
- « **bonne** » pour le paramètre Particules en suspension.
- « **très bonne** » pour les paramètres Température, Minéralisation, Acidification, Phytoplancton (« **passable** » en période d'étiage).

Les concentrations élevées en matières azotées et en matières phosphorées sont dues principalement à une pollution d'origine urbaine issue des rejets de stations d'épuration qui ne présentent pas de traitement tertiaire. En excès, elles peuvent contribuer à l'eutrophisation des cours d'eau et à la production de nitrates par minéralisation. Les matières phosphorées peuvent également provenir de l'érosion des sols agricoles.

Les MOOX prennent en compte la présence de matières organiques carbonées ou azotées susceptibles de consommer l'oxygène du cours d'eau. Leur forte concentration est néfaste pour la vie biologique, notamment pour les poissons et est due aux rejets d'eaux usées d'origine urbaine.

Les fortes valeurs en nitrates résultent principalement d'un passé agricole sur le bassin versant, couplé à une activité encore très agricole actuellement. L'accroissement des teneurs en nitrates provoque des proliférations végétales et algales, conséquences de l'eutrophisation.

Les paramètres température, particules en suspension, minéralisation et acidification sont favorables au développement de la vie biologique.

La qualité de l'eau au niveau du phytoplancton est assez bonne, malgré une forte valeur en chlorophylle a et en phéopigment déclassant le cours d'eau en période d'étiage. Des marques d'eutrophisation et d'algues ont donc pu être observées lors des campagnes de mesures.

Le Vistre peut donc être classé comme un cours d'eau de mauvaise voire même, de très mauvaise qualité. Ceci est dû à la fois aux pollutions issues de l'activité agricole prépondérante sur le bassin versant, mais également aux nombreux rejets de stations d'épurations (5 STEP rejetant les eaux usées d'environ 110 000 équivalents habitants, et la réhabilitation et l'extension de la STEP de Nîmes prévoit en plus une capacité de 220 000 E.H), qui ne disposent pas de traitement tertiaire de l'azote et du phosphore.

c) Usages de l'eau

Le territoire est principalement occupé par l'agriculture et notamment la céréaliculture.

Les usages proprement liés au Vistre sont inexistant. Son seul rôle est celui d'exutoire des réseaux de traitement d'eaux usées. La nappe phréatique est toutefois utilisée pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation agricole.

Le réseau de canalisation (irrigation, gaz, téléphone, électricité) est dense et induit des contraintes en terme d'aménagement de l'espace.

Le réseau routier est également très dense et les ouvrages de franchissement nombreux.

2. Préconisations pour les propositions d'aménagements

Premièrement, une modification des profils en travers est une condition fondamentale pour le retour d'une flore et d'une faune riche et diversifiée autour du Vistre. Il a donc été préconisé l'affaissement des berges permettant le retour d'une végétation arbustive et arborée, et la création de plages basses exondées en pied de berge colonisables par les hélophytes. Ainsi, les zones d'habitats et les accès au cours d'eau seraient plus propices aux populations animales.

De plus, la création de sous-berges, de faciès d'écoulement variés et de caches artificielles profiteraient aux populations piscicoles, très fortement perturbées.

La conservation du patrimoine naturel existant est une nécessité absolue car il représente les dernières zones de refuge pour la faune. De même, la remise en eau de chenaux ou bras secondaires serait très favorable au développement de populations comme les batraciens.

En ce qui concerne l'amélioration de la qualité du Vistre, la replantation d'arbres pour reconstituer une ripisylve et la mise en place de bandes enherbées pour mettre à distance les cultures du cours d'eau permettraient à la végétation de jouer le rôle de zone tampon ou encore de filtre interceptant les pollutions et retenant l'eau lors des crues. Des traitements tertiaires à la sortie de stations d'épuration rejetant leurs eaux dans le Vistre ou ses affluents permettraient également une amélioration considérable de la qualité du cours d'eau.

La mise en place de zones annexes à proximité du cours d'eau, comme par exemple la création de zones humides, permettrait une recolonisation des espèces patrimoniales et éventuellement une amélioration de la qualité de l'eau redonnant à la plaine alluviale sa capacité auto-épuratrice.

Les aménagements projetés devront également intégrer et analyser plus localement les contraintes liées à la présence de réseaux notamment des traversées de canalisations (gaz, irrigation), et d'infrastructures (voies ferrées, routes...).

En prenant en compte les préconisations de l'étude diagnostique, des scénarios d'aménagements ont été imaginés pour chaque tranche (TF1, TF2, TC1 et TC2) par le bureau d'études, en préliminaire de la phase II de l'étude de réhabilitation du Vistre (*Cf. Annexe 6 : Scénario d'aménagement de la TC2*).

La phase II de l'étude de réhabilitation du Vistre porte sur sa renaturation physique et environnementale avec la création de zones humides, le traitement tertiaire des eaux de stations d'épuration, et le développement de petits aménagements.

L'étude suivante recherche d'abord les caractéristiques d'un site précis localisé sur la commune de Vestric-et-Candiac en extrême aval de la TC2. En fonction de la configuration du site lié aux contraintes existantes, il sera alors possible de conclure sur d'éventuels aménagements de réhabilitation.



PARTIE 2 :

Méthode pour la proposition
d'aménagements de réhabilitation
du Vistre



I. Présentation du site

Le site étudié est localisé sur la commune de Vestric-et-Candiac au Sud-Est de Nîmes, dans la partie médiane du Vistre. Il correspond à la partie extrême aval de la Tranche Conditionnelle 2 du projet de réhabilitation du Vistre. (Cf. *Annexe 7 : Localisation de la Tranche Conditionnelle 2 et du secteur en projet d'aménagement*)

Dans ce secteur, le Vistre s'écoule dans un chenal profond, encaissé entre des berges hautes et raides. En effet, le lit actuel a été complètement recréé suite aux recalibrages et aux rectifications de 1947-1951 et 1975-1981. L'ancien bras du Vistre est connecté avec le cours d'eau en amont de la zone en projet d'aménagement.

Ce secteur est également fortement aménagé. Le lit est endigué quasi systématiquement. On note aussi la présence du canal d'irrigation Philippe Lamour traversant la vallée du Vistre. L'étang de Vestric situé plus en amont est une ancienne gravière d'extraction de granulats réaménagée en étang pour la pêche. Enfin, de nombreux secteurs, dont le site étudié pour le projet d'aménagement, ont été remblayés. Ceux-ci l'ont été en raison de l'exploitation des gravières et de la construction de la canalisation enterrée traversant la plaine du Vistre et reliant les eaux du canal d'irrigation.



Photographie 6 : Parcelle en amont du pont de la D139 (Source : N.Nerguisian)

Les parcelles constituent des prairies, pâturées généralement par des élevages de taureaux. Le pont de la D139 a été reconstruit récemment suite à la crue de septembre 2005, avec la création d'ouvrages de décharge dans le but d'assurer la transparence hydraulique.

Le site à aménager est réparti principalement en deux parcelles situées de part et d'autre du pont de la D139, en rive droite du Vistre.



Photographie 7 : Parcelle en aval du pont de la D139 (Source : N.Nerguisian)

Le travail à effectuer porte donc sur la recherche d'aménagements sur cette zone spécifique, avec pour principal but la renaturation physique et environnementale du Vistre. Ils pourront porter sur la création de zone humide, le traitement tertiaire, ou le développement de petits aménagements, selon les caractéristiques du secteur d'étude et les possibilités de réhabilitation en découlant.

L'objectif de la création de ces aménagements n'a en aucun cas un caractère hydraulique, car favoriser les écoulements dans cette zone ne reporterait que les problèmes d'inondations lors des crues vers l'aval. Au contraire, l'objectif est d'améliorer la rétention d'eau lors des crues en partie médiane, quitte à inonder des terres agricoles. Ce secteur constituant une sorte de « verrou », le fait de favoriser l'inondabilité de la plaine en amont de ce resserrement permettra de limiter et ralentir les écoulements en aval lors des grosses crues. En ce qui concerne la commune de Vestric-et-Candiac, seule zone urbanisée en partie médiane inondée régulièrement et fortement, il est prévu la création d'une digue autour du village, de manière à éviter les inondations malgré une submersion des terres agricoles de la plaine proches.

II. Caractéristiques du site et localisation des contraintes

En premier lieu, une visite de terrain et la synthèse de données bibliographiques ont permis de se familiariser avec les particularités du secteur en projet d'aménagement. Rapidement, des contraintes ou des conditions limitantes à la faisabilité d'un tel projet dans ce secteur ont pu être établies. (*Cf. Annexe 8 : Localisation des contraintes sur le secteur en projet d'aménagement*)

Le secteur fait l'objet de projets d'infrastructures de transport :

- Le projet de la ligne TGV reliant Nîmes à Montpellier, dont le tracé devrait passer en amont proche du site étudié ;
- Le projet de déviation de la route départementale D139 dont le tracé est encore étudié.

Le secteur est très marqué par un réseau de canalisations denses :

- Présence de deux conduites de gaz Haute Pression traversant les deux parcelles ;
- Canal d'irrigation Philippe Lamour, situé de part et d'autres du Vistre, et traversant la parcelle en aval immédiat du pont par une canalisation enterrée.



Photographie 8 : Canal d'irrigation
Philippe Lamour (Source : N.Nerguisian)

De même, la nappe de la Vistrenque constituant une réserve d'Alimentation en Eau Potable majeure, est un élément devant être pris en compte dans les projets d'aménagements. La mise en relation de la nappe avec le cours d'eau du Vistre est encore mal définie mais doit être étudiée à l'aide de données bibliographiques. Le but est d'assurer sa protection malgré les aménagements.

Enfin, l'élément majeur constituant vraisemblablement la principale contrainte sur ce site est la présence d'un rejet d'eaux usées issu de la station d'épuration de l'industrie Perrier ; ce rejet s'effectuant dans le Vistre en amont immédiat du pont de la D139.



Photographie 9 : Canalisation d'eaux usées issues de la STEP Perrier en amont du pont de la D139, aperçu des regards sur la canalisation (Source : N.Nerguisian)



Photographie 10 : Rejet dans le Vistre (Source : GREN)

(Source : BURGEAP / GREN. 2005. *Réhabilitation du Vistre en aval de Nîmes, Etude de faisabilité*)

L'objectif est donc de prendre en compte tous ces éléments, et de les confronter avec la possibilité d'un aménagement. Les contraintes sur le site sont visiblement fortes, et il est nécessaire de les caractériser précisément afin de répondre à l'éventualité d'un projet d'aménagement sur ce secteur.

III. Acquisition de données et choix de l'aménagement

Le premier travail a été de contacter les différents organismes susceptibles d'aider à répondre à l'éventualité du projet, en fonction des différentes contraintes existantes sur ce secteur. Suite à la définition précise de ces contraintes, il sera alors possible de statuer en faveur d'aménagements pour la réintroduction d'espèces patrimoniales (type zones humides) ou de trouver d'autres alternatives avec des équipements ayant des objectifs différents.

Pour chaque contrainte répertoriée, les organismes suivants ont donc été sollicités :

- Projet de la ligne TGV Nîmes – Montpellier : Réseau Ferré de France,
- Conduites de gaz : Compagnie GDF Transport Réseau Sud,
- Canal Philippe Lamour : Compagnie BRL Exploitation,
- Nappe de la Vistrenque : Syndicat Mixte d'Etude et de Gestion de la Nappe de la Vistrenque,
- Rejet d'eaux usées dans le Vistre : DRIRE Languedoc-Roussillon.

Le rejet d'eaux usées de l'industrie Perrier s'avère très conséquent en terme de volume rejeté quotidiennement dans le Vistre. Un aménagement dans le but de diminuer son impact sur la cours d'eau semble donc être une priorité et permettrait d'améliorer considérablement la qualité du milieu. Il s'agira donc de mettre en place un traitement tertiaire d'eaux usées approprié.

Les techniques d'épuration par traitement naturel permettront d'une part, de réaliser un traitement tertiaire des eaux issues de l'industrie Perrier et d'autre part, de mettre en place une sorte de « zone humide » annexe à proximité du cours d'eau.

Plusieurs techniques de traitement naturel d'épuration des eaux usées peuvent être envisagées. Le travail se penchera sur la technique d'épuration par filtres plantés de roseaux et sur le système de TTCR (Taillis à Très Courte Rotation).

Le bureau d'études S.I.N.T, spécialisé dans le traitement des eaux usées par filtres plantés de roseaux, a été contacté dans le but d'obtenir des renseignements sur ces types de procédés. Il a donc été possible de conclure que ces systèmes d'épuration sont appliqués essentiellement au traitement secondaire des collectivités rurales de moins de 2000 E.H, au traitement des boues de station d'épuration, ainsi qu'à celui des eaux pluviales. Le traitement des eaux d'origine industrielle est envisageable mais dépend de la qualité des effluents à traiter (biodégradabilité, toxicité,...), des conditions naturelles du site où doit se faire le traitement (surface disponible, dénivelée, topographie, perméabilité,...) et de la qualité requise au point de rejet. Actuellement, le traitement d'effluents industriels par filtre plantés de roseaux est peu réalisé en France et ne peut pas être effectué pour de grands volumes d'eaux usées. Il est donc peu envisageable de mettre en place ce type de traitement sur le site en projet d'aménagement.

Le deuxième traitement naturel d'épuration d'eaux usées étudié est la technique de TTCR (Taillis à Très Courte Rotation). Ce système est basé sur la culture d'une espèce ligneuse à très forte densité de tiges, le saule, récolté périodiquement et rejetant de souche, permettant le renouvellement de la récolte.

Une recherche bibliographique sur la technique de TTCR permet de constater qu'actuellement, le TTCR de saule est bien développé en Suède, mais est utilisé principalement pour la production de bois-énergie.

Cependant, des études expérimentales réalisées en Belgique dans la province de Namur (station d'épuration communale) et en Bretagne (station d'épuration d'une entreprise agro-alimentaire), ont mis en place le procédé de TTCR dans un but d'amélioration de la qualité de l'eau. L'objectif est de préciser le rôle épurateur que pourrait jouer les TTCR de saules. L'efficacité de la technique en tant que filtre épurateur d'eaux usées reste donc à prouver par le retour d'expérience de ces essais, mais démontre la possibilité de mettre en place ce système pour un traitement d'effluents industriels.

La technique de TTCR a donc été retenue pour le projet de réhabilitation du Vistre sur le secteur de Vestric-et-Candiac, avec pour objectif le traitement tertiaire des eaux usées issues de la station d'épuration de l'industrie Perrier.

La technique de TTCR est encore peu réalisée en France mais un bureau d'études, Bionis Environnement, est spécialisé dans la mise en place de ce type de traitement.

Cette entreprise a donc été sollicitée pour la réalisation d'une étude sommaire de faisabilité de la technique sur le secteur en projet d'aménagement. Il a vite été facile de comprendre la difficulté de mise en place d'un tel projet pour l'épuration du rejet de l'industrie Perrier. En effet, le volume d'eaux usées rejeté quotidiennement (environ 10 000 m³/j) nécessiterait la mise en place de surfaces de TTCR bien trop importantes (environ 250 Ha).

L'aménagement des parcelles initialement prévues pour la mise en place d'un traitement tertiaire des eaux usées de l'industrie Perrier n'est donc pas envisageable car les surfaces sont bien trop faibles comparativement au volume d'eau à épurer.

La possibilité de mise en place d'un traitement tertiaire basé sur la technique de TTCR a donc été élargie aux stations d'épuration communales présentes sur le bassin versant, dont les eaux usées se rejettent toutes dans le Vistre ou ses affluents. La faisabilité de ce projet a ainsi été étudiée pour chaque STEP.

En parallèle, des recherches sur les modalités de plantation, d'entretien et de récolte sont effectuées. De même, les filières de valorisation de bois de saules envisageables après chaque récolte sont prospectées.

D'autre part, une visite de terrain où la culture de TTCR est mise en place permet d'améliorer les connaissances concernant la technique de TTCR. L'entreprise visitée, Ardecosm / Melvitacosm, est un laboratoire fabricant de cosmétiques et de savons, basé à Lagorce dans le Sud de l'Ardèche.

L'étude aboutit donc à des conclusions sur les possibilités de mise en place de traitement tertiaire basé sur la technique de TTCR de saules appliqué au projet de réhabilitation du Vistre.



PARTIE 3 :

Résultats et Discussion



I. Caractérisation des contraintes

1. Projet ligne TGV de contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier

D'après l'étude d'impact, la ligne ferroviaire devrait traverser le Vistre en amont proche du secteur en projet d'aménagement. Il est prévu la réalisation d'un ouvrage de franchissement de 95 m environ (viaduc et ouvrage de décharge), devant obligatoirement assurer la transparence hydraulique.



Photographie 11 : Ouvrage de décharge assurant la transparence hydraulique (Source : RFF)

La société RFF ne possède encore pas plus de précisions concernant l'ouvrage de franchissement du Vistre prévu, le profil en travers n'ayant encore pas été réalisé.

D'après GREN, un calcul de l'emprise au sol du projet peut être fait sommairement en fonction de la hauteur de l'ouvrage prévu (donnée issue du profil en long fourni avec l'étude d'impact). A ce premier calcul, il faut ajouter la largeur des fossés annexes. L'emprise au sol est donc d'environ 50 m.

Le projet de la ligne TGV n'empiète donc pas sur les parcelles aménageables (*Cf. Annexe 8 : Localisation des contraintes*). Il faudra tout de même surveiller les avancements de ce projet, le bureau d'études devant être renseigné au fur et à mesure de l'évolution de l'étude.

2. Canal Philippe Lamour

La compagnie BRL Exploitation informe que la position des ouvrages appartenant à BRL situés sur la zone d'aménagement est approximative.

Ainsi, les travaux ne devront commencer qu'après établissement d'un procès-verbal de repérage, aux frais du maître d'œuvre. Ce procès sera établi par un agent de BRL Exploitation en présence du maître d'œuvre ou de son représentant. A ce titre, le bureau d'études devra contacter la Section Gestion Technique, bureau des D.I.C.T, afin de pouvoir fixer un rendez-vous pour le repérage de l'ouvrage.

Par ailleurs, les caractéristiques de la canalisation sont : diamètre 100 cm en fonte.

Le projet devra donc éviter de prévoir des aménagements sur la zone où la canalisation reliant les eaux du canal Philippe Lamour de part et d'autres du Vistre est présente. La parcelle située en aval immédiat du pont de la D139 a donc une superficie aménageable limitée.

3. Conduites de gaz GDF

Normalement, le déplacement de ces conduites ne devrait pas poser de problème (s'il est nécessaire au vu des aménagements prévus), notamment du fait de la prévision de Déclaration d'Intérêt Général de tout le projet de réhabilitation du Vistre, qui « oblige » l'entreprise à déplacer ses conduites, ou à trouver d'autres alternatives (Source : GREN).

D'après GDF, deux conduites de transport de gaz naturel Haute Pression sont présentes sur les parcelles aménageables de part et d'autres du pont de la D139 :

➔ DN 400 Artère du Languedoc,

➔ DN 150 Artère Vestric/Montpellier.



Photographie 12 : Conduite GDF sur la parcelle amont (Source : N.Nerguisian)

Les canalisations sont enterrées entre 0,9 et 1,20 m de profondeur en partant du TN d'origine. Dans ce secteur, les parcelles ont fortement été remblayées (environ 1 m), le TN d'origine se situe donc en pied de remblais puisque ceux-ci ont été mis en place plus récemment que les conduites.

Une bande de servitude de 6 m (pour le DN 150) et 8 m (pour le DN 400) s'applique sur les canalisations. La surface aménageable de la parcelle en amont du pont est donc limitée. Les ouvrages en acier sont exploités à une pression maximale de service de 67,7 bar.

GDF ne connaît pas l'emplacement exact des canalisations et n'est pas en possession de profils en long de ces réseaux. Cependant, il est possible pour le bureau d'études de les solliciter de nouveau pour effectuer un repérage et un piquetage précis de ces conduites, en vue de futurs travaux d'aménagements.

4. Etude sur la relation entre la nappe de la Vistrenque et le Vistre

Toutes les données sont issues du *Rapport Hydrogéologique concernant l'étude des relations entre la nappe de la Vistrenque et la rivière Vistre* (Berga sud, 2001).

Le but de cette étude, était, compte tenu de la mauvaise qualité des eaux du Vistre, de déterminer son impact potentiel sur la qualité des eaux de la Vistrenque, et à partir de là, définir l'incidence des aménagements qui pourraient être proposés.

Lors de l'étude, l'acquisition de données nouvelles concernant le Vistre et la nappe de la Vistrenque a été nécessaire.

❶ Campagne de jaugeage mesurant l'évolution du débit du Vistre d'amont en aval

La campagne de jaugeage effectuée de 2 au 6 août 1999 a permis une mesure de l'évolution du débit du Vistre d'amont en aval. Les objectifs de cette mission étaient d'établir un profil en long des débits du Vistre et de quantifier les apports latéraux (affluents et rejets).

En conclusion de l'étude, « il apparaît au final que le Vistre, sur son cours amont et moyen, est une rivière sous totale perfusion hydraulique en situation de basses eaux. Les rejets directs ou indirects des stations d'épuration représentent, à Bernis, plus de 80% des débits circulants. Dans ces conditions, les échanges avec la nappe se révèlent globalement réduits et sans réel impact sur l'hydraulicité du cours d'eau ».

❷ **Suivi piézométrique de la nappe de la Vistrenque et suivi des niveaux du Vistre**, réalisés sur quatre stations de mesures en partie médiane du Vistre (communes de Milhaud, Vestric, Vauvert et Le Cailar)

La station représentative du secteur en projet d'aménagement est celle située sur la commune de Vestric, au lieu-dit « Sarelle ». Les anciennes gravières situées à proximité en rive droite permettent d'observer que la nappe est libre dans ce secteur avec une très faible couverture limoneuse (*Cf. Annexe 9 : Localisation des points de suivi de la nappe de la Vistrenque et de la rivière Vistre*).

➔ Courbes de hauteurs Vistre – nappe (10/08/99 au 7/01/00) (*Cf. Annexe 10 : Piézométries observées sur le site de Vestric*)

« L'allure générale des deux courbes est quasiment identique. Les niveaux de l'eau sont pratiquement équivalents avec cependant une hauteur d'eau plus importante dans l'aquifère en période de hautes eaux. »

« Les niveaux d'eau dans l'aquifère et dans le Vistre évoluent de façon similaire, ce qui indique que des échanges hydrauliques sont probablement effectifs dans ce secteur. »

« Les niveaux d'eau lors des crues sont pratiquement identiques dans la nappe et dans le Vistre (ce qui va dans le sens d'une relation hydraulique marquée). »

➔ Calcul du volume des échanges

« Sur la période du 19/08/99 au 24/02/00, le Vistre draine la nappe par un apport moyen de 46 m³/j et par mètre linéaire de berge. » Les relations se font donc dans le sens nappe – Vistre.

↳ L'aquifère est libre et les niveaux des plans d'eau sont très voisins :

FORTE DEPENDANCE entre aquifère et nappe.

Les échanges sont donc possibles dans le secteur de Vestric où la couche de limons est très faible tout comme le colmatage naturel, et où la nappe est libre. Ces échanges se font dans le sens nappe – rivière pendant la majeure partie de l'année. Un aménagement du lit risque donc encore plus de favoriser les échanges.

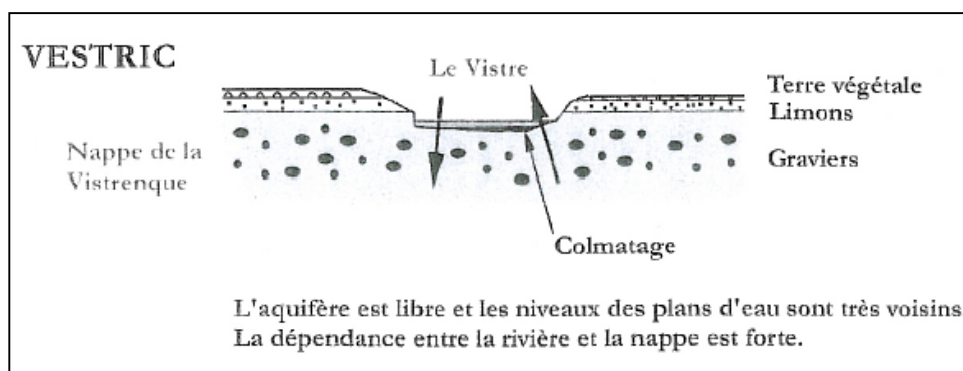


Figure 1 : Schéma simplifié du fonctionnement Vistre – Vistrenque sur le secteur de Vestric
(Source : Berga Sud)

En ce qui concerne les autres secteurs, l'aquifère et la rivière sont généralement indépendants (aquifère captif sous les formations limoneuses) ou faiblement dépendants (aquifère libre mais lit du Vistre très colmaté, ou aquifère captif mais couche limoneuse peu épaisse). Seul le site de Vestric présente donc une dépendance entre nappe et rivière.

Par ailleurs, la nappe de la Vistrenque est gérée actuellement par le SMEGNV en partenariat avec la DIREN Languedoc-Roussillon. Ces derniers sont responsables du réseau de suivi piézométrique mis en place avec des stations d'enregistrement en continu. Les niveaux d'eau de la nappe de la Vistrenque peuvent être analysés à partir des données issues de chacune des stations de mesure équipées d'un piézomètre. La station de mesure n°61403 est celle prise en compte car elle est la plus proche du secteur d'étude (Cf. Annexe 9 : Localisation des points de suivi de la nappe de la Vistrenque et de la rivière Vistre).

D'après les relevés piézométriques effectués de janvier 1993 à août 2005 sur ce point, le niveau de la nappe est de environ 7 m NGF. Son niveau en basses eaux est approximativement de 5 m NGF (août 1993 et septembre 2003). Son niveau en hautes eaux se situe à environ 9 m (atteint une fois, en décembre 2003).

Par ailleurs, au cours de l'étude de faisabilité (Phase I), des relevés topographiques ont été effectués par le bureau d'études GREN. Des profils en travers ont été réalisés à l'issue de ce travail de terrain sur tout le linéaire d'étude.

Ainsi, sur le secteur en projet d'aménagement, la côte de fond du lit du Vistre est à 8,66 m NGF. Le point bas des parcelles aménageables est situé à 11,75 m NGF.

➔ En recoupant ces données, le niveau de la nappe s'avère très proche de celui de la rivière, ce qui confirme les conclusions de l'*Etude Hydrogéologique* réalisée par Berga Sud en 2001. Le TN des parcelles aménageables est plus élevé (à noter que ce secteur est fortement remblayé), mais la vulnérabilité de la nappe et sa forte dépendance avec le Vistre obligeront à prendre des précautions lors de l'aménagement de ce secteur, en évitant notamment de trop affouiller la zone, et en imperméabilisant certains aménagements si nécessaire.

5. Caractéristiques du rejet d'eaux usées issu de la station d'épuration de l'industrie Perrier

L'industrie Perrier appartenant au groupe Nestlé Waters France est située sur la commune de Vergèze. C'est une installation classée au titre de la protection de l'environnement, soumise à autorisation.

D'après la DRIRE, la station d'épuration interne de l'industrie Perrier est une station biologique. Son seul point de rejet se situe dans le Vistre, en amont immédiat du pont de la D139, avec un débit de 10 000 m³/j.

Le processus de fabrication des eaux de Perrier consiste en un prélèvement d'eau en nappe à une profondeur de 800 m, puis à l'extraction du CO₂ contenu dans ces eaux. Ces dernières sont ensuite traitées en station d'épuration puis rejetées dans le Vistre. Par ailleurs, un savon spécifique est utilisé pour le rinçage des bouteilles.

Les pollutions issues du process de fabrication sont donc limitées. A cela viennent s'ajouter les eaux usées domestiques en quantité non négligeable puisque l'usine accueille chaque jour 1975 employés.

La DRIRE effectue une surveillance régulière des rejets de la station d'épuration, concernant les paramètres tels que le volume rejeté par jour, la température, le pH, la DBO₅ et la DCO.

Ces résultats ont été fournis à partir de l'année 1993 et jusqu'en début 2006. (Cf. Annexe 11 : Caractéristiques des rejets d'eaux usées de l'industrie Perrier de 1993 à début 2006)

2005							
NORMES A.P.	REJET	pH	T°C	DBO ₅	DBO ₅	DCO	DCO
	m ³ /jour			mg/l	kg/j	mg/l	kg/j
	10000	5.5/8.50	30	30	135	90	405
JANVIER	6597	7,7	17,7	42,5	302,7	48,0	299,1
FEVRIER	6735	7,8	18,7	25,0	751,1	22,0	148,4
MARS	6414	7,7	20,9	26,3	168,3	24,0	149,6
AVRIL	6683	7,6	22,1	35,0	233,9	43,0	277,2
MAI	6139	8,0	23,6	38,8	244,0	73,0	437,2
JUIN	6746	8,1	26,0	13,3	87,6	108,0	654,9
JUILLET	6718	7,8	26,7	24,3	172,8	69,0	396,1
AOUT	5640	7,8	26,0	9,6	56,3	58,0	206,2
SEPTEMBRE	8068	7,7	23,8	8,3	89,0	34,0	215,3
OCTOBRE	8914	7,9	22,3	3,0	36,5	8,0	48,3
NOVEMBRE	10932	7,8	19,5	4,1	41,2	65,0	120,4
DECEMBRE	9198	7,8	18,5	3,8	40,7	48,0	13,1
MOYENNE	7399	7,8	22,2	19,5	185,3	50,0	247,2

Tableau 2 : Caractéristiques du rejet d'eaux usées de la station d'épuration de l'industrie Perrier en 2005 (Source : DRIRE)

Par ailleurs, une analyse complémentaire a été réalisée par la DRIRE le 2 septembre 2003 et concerne les paramètres phosphore et azote :

Azote kjeldhal : 1.9 mg/l

Phosphore : 0.3 mg/l

Une recherche complémentaire sur Internet a permis de compléter les résultats avec une valeur pour le paramètre MES :

MES : 117 kg/j

Conclusion

Le site étudié pour la mise en place d'aménagements de réhabilitation du Vistre est donc caractérisé par la présence de nombreuses contraintes physiques et par des enjeux à prendre en compte afin d'en assurer leur protection.

Tout d'abord, le tracé de la ligne TGV en projet passe à proximité immédiate du site étudié, mais ne franchit cependant pas les parcelles aménageables. Néanmoins, les nuisances engendrées par le passage régulier de TGV ne permettraient pas la réintroduction durable de certaines espèces patrimoniales, notamment des oiseaux, batraciens et mammifères.

De plus, le réseau de canalisation est dense (gaz, canalisation enterrée reliant les eaux du canal d'irrigation de part et d'autre du Vistre), et limite ainsi les possibilités d'aménagements en terme de surface disponible.

La relation entre la nappe de la Vistrenque et le cours d'eau du Vistre est significative sur ce secteur. Les aménagements à réaliser doivent donc prendre en compte cet enjeu, en évitant notamment de creuser trop en profondeur et en imperméabilisant le fond.

Enfin, le rejet de l'industrie Perrier dans le Vistre s'avère très conséquent en terme de volume rejeté (10 000 m³/j).

Le site étudié pour le projet de réhabilitation du Vistre semble donc être difficile à aménager. De par la présence d'infrastructures de transport, de réseaux de canalisations, et d'un rejet conséquent d'eaux usées, les possibilités de mise en place de zones humides dans un but de réintroduction d'espèces patrimoniales sont limitées.

Un aménagement avec pour objectif la diminution de l'impact du rejet de l'industrie Perrier sur le cours d'eau semble être une priorité et permettrait d'améliorer considérablement la qualité du milieu. Il s'agira donc de mettre en place un traitement tertiaire d'eaux usées approprié.

La technique de TTCR a donc été retenue pour le projet de réhabilitation du Vistre sur le secteur de Vestric-et-Candiac, avec pour objectif premier le traitement tertiaire des eaux usées issues de la station d'épuration de l'industrie Perrier.

II. Mise en place de traitement tertiaire d'eaux usées par la technique du TTCR de saules

1. Description de la technique du TTCR de saule

a) Introduction

Le principe du Taillis à Très Courte Rotation (TTCR) consiste à planter une espèce ligneuse à très forte densité, pour pouvoir récolter rapidement (au bout de 3 ans) une quantité importante de biomasse. Le saule est l'espèce ligneuse la plus adaptée à ce système.

Le TTCR de saule est pratiqué non seulement pour produire de la biomasse à des fins énergétiques, mais également pour un traitement épuratoire par l'absorption des polluants du sol et de l'eau.

Le TTCR de saule est une culture pérenne se récoltant tous les 2-3 ans, sur une période de 20-25 ans. Cette culture est très développée en Suède où elle occupe près de 20 000 hectares. Dans ce pays, elle est utilisée principalement pour la production de biomasse en vue d'une production énergétique, grâce à une politique très forte de développement des énergies renouvelables.

En Europe, d'autres pays tels que le Danemark, l'Angleterre et la Belgique ont également développé cette culture mais dans une moindre mesure et en mettant en avant la fonction épuratrice des taillis de saules.

En France, l'association AILE a lancé un programme expérimental en Bretagne, utilisant la technique de TTCR dans un but d'amélioration de la qualité de l'eau et de production de bois - énergie.

Actuellement, le TTCR est utilisé majoritairement en tant que biocombustible. Des études sont en cours pour préciser le rôle épurateur que pourrait jouer les TTCR de saules, notamment dans le cas d'épandages d'eaux usées ou de boues de stations d'épuration, ou dans le cas de dépollution de friches industrielles.

b) Choix du site

Le choix du site d'implantation pour la culture du taillis doit tenir compte de facteurs opérationnels (facilité d'accès, localisation, forme du terrain,...) et des propriétés du sol qui doivent être compatibles avec les exigences du saule.

Le saule peut être cultivé sur tous les types de sol agricole : plus la terre est fertile, plus le rendement sera élevé. Toutes les textures de sol peuvent convenir si l'aération du sol est suffisante.

Par contre, des sols trop riches en eau (à cause de la présence d'un plan d'eau trop près de la surface par exemple) ne conviennent pas. En effet, l'asphyxie des racines diminue la productivité et le système racinaire risque d'être endommagé par la circulation des lourds engins de récolte (terrain peu portant).

Les clones utilisés pour le taillis sont peu exigeants en ce qui concerne le pH, mais on évitera cependant les valeurs extrêmes (inférieures à 5 ou supérieures à 8,5).

La proximité de la forêt avec un gibier abondant n'est pas souhaitable, à moins d'installer une clôture.

A cause de sa hauteur (jusqu'à 7-8 m en année 3), le taillis peut modifier les perspectives paysagères. Le choix du lieu d'implantation doit donc tenir compte de l'aménagement du territoire. De même, le taillis peut avoir des effets sur les cultures voisines (surtout sur une distance équivalente à une fois la hauteur des saules).

La disponibilité en eau est un facteur primordial pour le saule qui est une espèce hygrocline à hygrophile (qui aime les sols humides à très humides).

Les sols riches en métaux lourds n'ont pas d'incidence sur sa croissance.

c) Le déroulement de la plantation

Le saule est l'espèce qui convient le mieux à la culture du TTCR. Les systèmes de taillis à courte rotation consistent principalement en clones et hybrides de *Salix viminalis*, *S. dasyclados* et *S. schwerinii*. Sa culture peut être entièrement mécanisée, depuis la plantation jusqu'à la récolte.

- Préparation du sol

Elle est identique à celle des grandes cultures traditionnelles. La terre est labourée avant ou après l'hiver. Au printemps, la terre est retravaillée pour fournir un lit de germination de texture fine, et profond de 5 à 8 cm. Les cailloux doivent être enlevés pour ne pas endommager le matériel de récolte.

Rappelons que le taillis est mis en place pour une durée de 20 ans. Le coût important de la plantation incitera à soigner particulièrement la préparation du sol de manière à mettre les jeunes boutures dans les meilleures conditions.

- Plantation

Elle s'effectue au printemps. En moyenne, quelques 15 000 boutures de 20 cm de long et d'environ 1 cm de diamètre peuvent être plantées par hectare en doubles rangées, pour permettre la circulation des machines et faciliter le sarclage, l'application éventuelle de fertilisants et la récolte. Les boutures doivent être enfoncées dans le sol pour ne dépasser que de 2 cm environ.

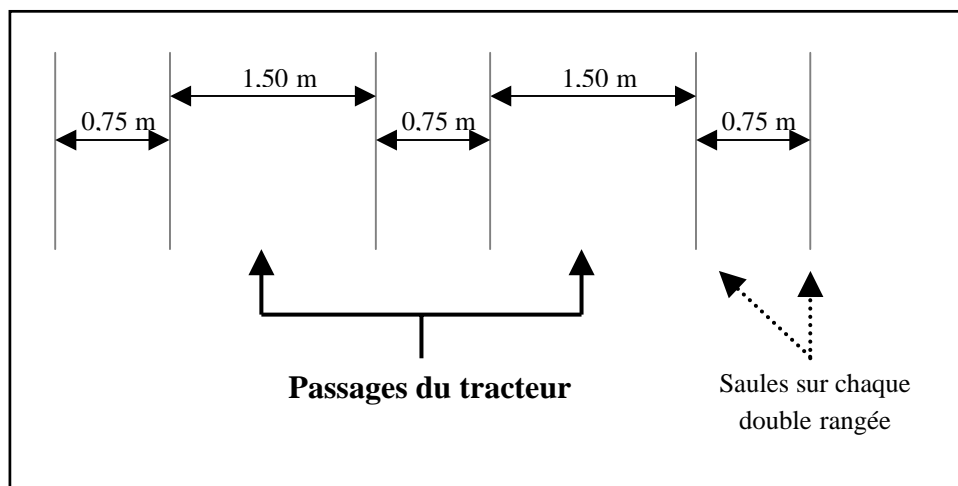


Figure 2 : Schéma de plantation le plus utilisé (Source : Etude Agrice)

Des machines horticoles peuvent convenir pour cette plantation. Cependant, une planteuse spécifique développée en Suède peut être utilisée : elle coupe les tiges de saules tout les 20 cm puis les enfonce.



Photographie 13 : Planteuse suédoise en fonctionnement (Source : AILE)

d) Le recépage

L'hiver suivant la plantation, une coupe de recépage doit être réalisée pour permettre aux saules de développer plusieurs tiges par pied. Pour cela, ils doivent être coupés à une dizaine de centimètres du sol, avec du matériel agricole.

Ainsi, l'année suivante, cette opération favorise l'apparition de nombreux rejets garantissant de bonnes récoltes ultérieures.

Cependant, des essais réalisés en Belgique sur l'opportunité de cette coupe ont montré qu'elle n'était pas nécessaire, voire néfaste sur le rendement futur (baisse de rendement de 25%).



Photographie 14 : TTCR 1 mois après recépage (Source : Etude Agrice)

e) Le désherbage

Un désherbage efficace est essentiel pour permettre un bon développement des saules les deux premières années car la concurrence des adventices ou "mauvaises herbes" constitue le principal danger pour la culture de TTCR. Après deux ans, le taillis capte toute la lumière disponible, la végétation est dense, la croissance des adventices est alors empêchée.

Le désherbage peut être mécanique et/ou chimique.

La lutte mécanique se réalise par binage, hersage ou passage au cultivateur rotatif entre les lignes. Cette opération doit se réaliser plusieurs fois lorsque les adventices sont encore petits.

La lutte chimique peut être généralisée ou localisée (en bandes, entre les lignes). La lutte généralisée est possible la première année et après chaque récolte. Plusieurs herbicides sélectifs et rémanents sont adaptés au TTCR et doivent être choisis en fonction de la flore présente. La lutte localisée se fait à l'aide de pulvérisateurs munis, soit de « caches » afin de ne pas toucher les plantes cultivées, soit de bandes ou rouleaux sur lesquels est enduit l'herbicide total.

En pratique, il est conseillé de ne pas sous-estimer le désherbage et de traiter en généralisé avec un ou des herbicides très rémanents et de compléter si nécessaire avec un traitement mécanique. La lutte localisée est possible en rattrapage.

f) Fertilisation

On parle de fertilisation seulement dans les conditions où les TTCR sont mis en place pour la production de bois – énergie. Dans le cas de ce projet, les TTCR sont utilisés à des fins épuratoires, les eaux usées et boues d'épuration irriguant la culture servent donc de fertilisants.

g) Maladies et ravageurs

Le saule peut être atteint d'une série de maladies fongique ou bactérienne. Cependant, aucune application d'insecticide ni de fongicide n'est nécessaire pendant toute la durée de la culture (20 à 30 ans).

Peu après la plantation, surtout après prairie, il peut y avoir des attaques d'insectes du sol, tels que les larves de tipule, qui sectionnent la tige et occasionnent la mort de la plantule. Il est nécessaire de faire attention à ces prédateurs car la diminution de densité est définitive pour toute la durée de vie de la plantation.

La principale maladie fongique est la rouille (*Melampsora spp.*) qui peut causer des défoliations assez sévères et une perte de rendement. Elle est favorisée par des plantations d'une seule variété de saule et des densités élevées. Il est donc conseillé de choisir des variétés tolérantes et de les mélanger.

La chrisomèle (*Phyllodecta spp.*) est l'insecte défoliateur principal du saule. L'effet sur le rendement est toutefois très limité, même en cas de défoliation sévère. Un insecticide sur le bord de la plantation peut se justifier dans de rares cas pour éviter une contamination secondaire.

Les lapins peuvent également faire des dégâts considérables en mangeant les jeunes pousses au printemps lors de l'année d'établissement, empêchant le développement de la plante qui s'épuise petit à petit. Dans les endroits sensibles, une clôture est nécessaire, mécanique ou électrique. Des chevreuils peuvent également se nourrir dans la plantation et casser les jeunes tiges, mais il est difficile de les en empêcher.

h) Déroulement de la récolte

La récolte peut s'effectuer tous les trois ans en moyenne selon le développement de la culture. En conditions irriguées, les TTCR de saules se récoltent tous les deux ans.



Photographie 15 : TTCR de 1 an (Source : Etude Agrice)



Photographie 16 : TTCR de 2 ans (Source : Etude Agrice)

Elle a lieu en hiver, lorsque les feuilles sont tombées et que le sol est porteur pour préserver la structure du sol. La culture est pérenne et tous les dommages au sol tels que ornières ou tassements sont irrécupérables.

La récolte peut se faire de deux manières différentes :

- soit les tiges entières sont coupées et broyées en copeaux sur champ en un seul passage, à l'aide par exemple, d'une ensileuse à maïs équipée d'une tête de coupe spécifique. Cette méthode peut poser des problèmes de portance de sol et de stockage de produit, des caissons sont nécessaires pendant la récolte. Cette technique est toutefois la moins onéreuse.



Photographie 17 : Récolte avec une ensileuse
(Source : Etude Agrice)



*Photographie 18 : Récolte en fagots
(Source : Etude Agrice)*

- soit les tiges sont coupées et stockées entières pour profiter d'un séchage naturel, puis broyées avant utilisation. Le matériel de récolte est spécifique, pouvant ou pas fagoter les tiges. Le stockage du produit est plus aisé (en bord de champs).

Le produit du taillis est donc mis en copeaux sur place sous forme de « chips », puis valorisé en étant brûlé directement dans des installations de chauffage et d'électricité, ou composté...

i) Rendements

Le rendement du TTCR varie de 6 à 16 tonnes de matière sèche par hectare et par an. Un rendement naturel est de l'ordre de 3-5 t MS / Ha / an. Quand le TTCR de saule est mal implanté (sur des terres à faible potentiel), les rendements moyens observés sont beaucoup plus faibles. Lorsqu'il est irrigué (avec des eaux usées, des boues), le rendement est multiplié par 2 à 3.

Généralement, le rendement varie en fonction :

- ➔ De l'âge de la plantation : plus la plantation est âgée, plus on peut s'attendre à ce que la productivité annuelle soit élevée, car les réserves accumulées dans les racines sont plus importantes.
- ➔ Du type de sol et de sa fertilité : les facteurs déterminants le rendement sont la teneur en minéraux, le pH, la texture (qui influence la capacité de rétention d'eau), la profondeur de la nappe phréatique, la profondeur de sol.
- ➔ De la conduite de la culture : un mauvais désherbage peut jouer un rôle prépondérant sur le rendement, de même que la date de la récolte qui peut avoir une influence sur la teneur en humidité du bois (reste stable du début à la fin de l'hiver, mais peut augmenter de 3 à 5% en cas de récolte tardive au printemps) ; la densité de boutures plantées ; la longueur de la rotation. En effet, l'intervalle entre récoltes successives (« rotation ») peut être variable, avec toutefois un minimum de un an si on ne veut pas récolter les feuilles. Des rotations très courtes donnent des rendements très bas, car la plante doit refaire plus souvent des tiges, ce qui retarde la mise en place de la surface foliaire. Lorsque la rotation est plus longue, la mortalité des souches augmente, et la reprise est moindre sur les souches plus âgées. Il faut donc trouver un juste milieu, généralement les rotations sont comprises entre 3 et 6 ans (plus souvent 3 ans).

➔ Des facteurs externes comme les attaques de ravageurs (lapins...), les maladies.

La durée de vie de la culture est estimée à 25 ans, soit une année d'établissement et huit récoltes espacées de trois ans. Cette durée peut toutefois être raccourcie, si l'on souhaite revenir à des cultures agricoles traditionnelles. Les souches de saules peuvent facilement être broyées avec du matériel classique (rotavator).

j) Application de la technique à l'épuration des eaux usées

L'essentiel des essais et réalisations menés sur les TTCR de saules l'ont été à des fins énergétiques, notamment dans les pays scandinaves, qui ont largement développé cette culture comme l'une des alternatives à la production nucléaire d'électricité. La Suède est le seul pays européen à avoir développé une filière dans sa globalité, intégrant la production et la commercialisation des plants, les filières de valorisation énergétique, la mise au point des machines de plantation et de récolte.

Depuis quelques années, avec la montée en puissance des problèmes de qualité des eaux, plusieurs pays européens ont mis en place des essais expérimentaux pour tester la fonction épuratoire du TTCR de saule. Les résultats étant encore récents (par rapport à la durée de vie de la culture), et fragmentaires, ils poussent les acteurs de la filière à poursuivre les essais. Cependant, une conclusion est certaine, les résultats sont indissociables du contexte pédo-climatique dans lequel les essais sont menés.

Actuellement, la majeure partie des stations d'épuration sont dotées d'un traitement primaire (physique et/ou chimique) et d'un traitement secondaire (biologique), mais elles ne sont généralement pas pourvues d'un système d'épuration tertiaire dont l'une des fonctions est l'élimination des nitrates et des phosphates responsables des phénomènes d'eutrophisation des cours d'eau.

Ces éléments étant la base de la nutrition végétale, il s'est avéré intéressant d'étudier l'effet « épurateur tertiaire » d'un système sol - plante. La technique de TTCR de saule a donc vu le jour.

Le processus est alors le suivant : le sol filtre et fixe les éléments en solution dans l'eau à traiter et les micro-organismes du sol transforment ces éléments en éléments directement assimilables par la plante. Les saules absorbent ensuite ces différents éléments minéraux et les utilisent pour leur croissance. L'énorme capacité d'absorption d'eau du saule et sa croissance rapide font de lui la plante idéale pour un tel système. Il réduit le volume d'eau du sol par évapotranspiration et en maintient la capacité de filtration. La récolte périodique (tous les deux ou trois ans) des végétaux ayant bénéficiés de ces effluents exporte ainsi une partie des éléments minéraux.

L'irrigation commence à partir de la deuxième année, et est surtout efficace pendant la période estivale (mai à octobre). Généralement, les plantations de saules sont dotées de système d'irrigation au goutte à goutte, plutôt que de systèmes d'aspersion.

Le système d'irrigation au goutte à goutte présente plusieurs avantages : absence de vandalisme, pas de nuisances olfactives, pas de développement de germes pathogènes, irrigation possible en période de gel modéré (*Source : Bionis Environnement*).

k) Avantages agronomiques et environnementaux

Le TTCR constitue un couvert pérenne qui présente de nombreux avantages agronomiques et environnementaux :

➔ L'épuration des effluents est très efficace notamment pour l'azote et le phosphore.

En effet, le taillis est une excellente pompe à nitrates qui permet de diminuer sensiblement l'azote minéral dans le sol et ainsi le risque de lessivage d'azote en profondeur. On pourrait donc compter sur le taillis pour protéger des nappes phréatiques ou des zones de captage d'eau souterraine.

Le TTCR a aussi la capacité de prélever une quantité non négligeable d'autres éléments polluants, en particulier les métaux lourds comme le cadmium et le zinc (études en cours).
(Source : Laboratoire UCL – ECOP)

➔ La fertilisation est peu importante et l'application de pesticides est très limitée, voire nulle.

➔ La technique de TTCR ne génère pas de boues.

➔ Le TTCR permet une exportation périodique d'une production (le bois) n'entrant pas dans la chaîne alimentaire.

La technique produit une énergie renouvelable peu polluante utilisable dans les chaufferies automatisées. D'autres débouchés existent : compostage boues/bois, litières pour l'élevage de volailles.

➔ La mise en place de ce système participe à la réduction de l'effet de serre.

Le CO₂ émis par l'utilisation énergétique finale du bois a été préalablement fixé par la plante, fermant ainsi le cycle du carbone et réduisant à zéro les émissions de CO₂ de la filière (cela n'est pas tout à fait vrai car il faut prendre en compte la consommation d'énergie fossile pour cultiver les saules, les transporter,...). Dès lors que le bois - énergie remplace une énergie fossile, on économise le CO₂ qui aurait été émis par cette dernière. Une étude a calculé que cette économie est de l'ordre de 20 tonnes de CO₂ par hectare et par an (Source : Laboratoire UCL – ECOP).

➔ Une implantation raisonnée du TTCR peut embellir et diversifier le paysage, notamment dans les zones de grandes cultures.

➔ Le taillis permet de limiter l'érosion des sols par une couverture importante (15 000 saules/Ha en moyenne).

➔ Le taillis permet d'augmenter la biodiversité par rapport aux grandes cultures. En effet, c'est une culture pérenne qui nécessite aucun voire relativement peu d'intrants culturaux (engrais, phytosanitaires...) et son cycle de récolte est plus long (2 à 5 ans) que les cultures agricoles conventionnelles.

Il constitue donc un habitat potentiellement favorable à l'implantation de la flore et de la faune sauvage.

Le saule est connu pour abriter de nombreuses espèces d'insectes qui contribuent à la biodiversité de la plantation en attirant les oiseaux nichant à proximité.

La diversité de la micro-faune est 140 fois plus élevée dans une culture de TTCR que dans une culture agricole normale (*Source : Etude Agrice*).

Notons que l'effet négatif que peuvent avoir les insectes sur le rendement de TTCR est négligeable et que l'emploi d'insecticides est inutile.

Le TTCR constitue donc un biotope favorable à certains animaux, en particulier les oiseaux. Ces derniers trouvent dans le taillis un couvert protecteur et riche en aliments. Des études menées en Angleterre ont enregistré plus de 30 espèces différentes habitant le TTCR ou fréquentant celui-ci depuis les zones boisées adjacentes. En effet, le caractère pérenne du taillis assure aux espèces résidentes (grives, mésanges, pinsons,...) un garde-manger durant l'hiver, une aire de repos pour les oiseaux migrateurs ainsi qu'un endroit de nidification (*Source : Laboratoire UCL - ECOP*). Toujours en Angleterre, ainsi qu'au Danemark et en Belgique, le TTCR est fort apprécié par les chasseurs qui y trouvent de nombreux faisans et autres gibiers.

Cultivé en bande, le taillis forme une zone tampon entre d'une part des cultures traditionnelles annuelles et d'autre part des zones d'intérêt biologique (cours d'eau, forêt,...).

Le TTCR peut participer au maillage écologique et créer des liens ou « passages » entre les zones de conservation de la nature.

Le TTCR est donc très prometteur pour la biodiversité, mais ne doit toutefois pas être implanté dans des zones (sensibles et d'intérêt en biodiversité) protégées à haute valeur écologique. Le risque pour la biodiversité dans ces zones est d'autant plus grand que ce sont justement celles qui pourraient convenir au TTCR (humidité, rentabilité agricole moindre).

Il faut également noter que le TTCR reste une culture monospécifique qui présente moins d'avantages pour la biodiversité qu'une haie diversifiée ou qu'une forêt. Toutefois, il s'agit pour le taillis d'une alternative agricole qui doit donc se comparer avec les cultures agricoles substituées et non avec une forêt.

Dans l'étude de faisabilité (Phase I) réalisée par le groupement de bureaux d'études BURGEAP / GREN, l'avifaune potentiellement présente sur le bassin versant du Vistre, et celle rencontrée lors de visites de terrain sont énumérées.

D'après les habitats et les conditions de nidification de ces espèces, le taillis de saule s'avèrerait positif pour leur réintroduction : Rossignol philomèle, Grive mauvis, Bouscarle de Cetti, Hypolaïs polyglotte, Pouillot fitis, Mésange charbonnière, Phragmite des joncs, Pinson des arbres, Héron gardeboeufs, Sarcelle d'hiver, Faisan de Colchide.

(*Cf. Annexe 12 : Description des oiseaux susceptibles de fréquenter les taillis de saules*)

➔ La culture de TTCR propose une alternative pour le monde agricole. Il peut se substituer à la production des cultures alimentaires et contribuer à réduire leurs excédents. Une directive européenne permet l'implantation du taillis sur les terres mises en jachère non rotationnelle.

1) Inconvénients

➔ Les dangers écologiques éventuels pouvant découler de ces applications, comme le lessivage de l'azote et les émissions d'oxyde nitreux (N₂O) dans l'atmosphère, sont surveillés ; les résultats ont indiqué jusqu'ici que les risques liés à l'application des eaux usées sont minimaux.

➔ La durée de vie de ce système est de 25 ans.

➔ Les surfaces consacrées à la culture de saules peuvent obliger à se doter de matériel spécifique en provenance de Suède quand elles sont trop importantes.

D'autres matériels peuvent être utilisés comme par exemple une planteuse à choux pour la plantation, mais les rendements horaires sont faibles.

➔ Le TTCR de saule impose des contraintes pédologiques et climatiques (cf. b) Choix du site).

➔ Si les plantations sont mal réalisées, elles peuvent réduire la biodiversité en n'offrant qu'une seule espèce végétale sur une trop grande surface.

➔ Il y a peu de retour d'expérience concernant l'efficacité de la technique en tant que filtre épurateur d'eaux usées.

A RETENIR : - Peu exigeant vis-à-vis du sol

- Préfère les sols bien pourvus en eau
- Préparation du sol nécessaire
- Désherbage efficace pour un bon démarrage de la culture
- Production : 6 à 16 t MS/Ha/an, 2 à 3 fois plus en conditions irriguées
- Valorisation du bois : biocombustible, compostage
- Pérennité : 25 ans
- Technique épuratrice d'eaux usées mais son efficacité reste encore à prouver

2. Exemple de mise en place du système de TTCR par le laboratoire Ardecosm / Melvitacosc, fabricant de cosmétiques et savons

Le laboratoire Ardecosm est basé sur la commune de Lagorce en Ardèche, à environ 10 km de Vallon-Pont-d'Arc. Il est spécialisé dans la fabrication et le conditionnement de savons et de cosmétiques (shampoings, crèmes, eaux de toilette...). L'entreprise emploie environ 180 personnes, dont 150 qui travaillent directement sur le site. Les eaux à traiter sont des eaux de lavage : eaux de lavage des machines entrant dans le process de fabrication (bidons, fûts) et eaux de lavage des sols. La pollution à éliminer est en quasi-totalité de type organique.

a) Le choix de la technique de TTCR

Jusqu'en 2005, les eaux de lavage utilisées par le laboratoire étaient traitées par une petite station d'épuration dotée d'un système d'osmose inverse, l'entreprise n'étant pas raccordée au réseau communal. Cependant, ce procédé épuratoire posait de nombreux problèmes dont le principal était le colmatage trop fréquent du système. La station devenait progressivement sous dimensionnée, l'activité de l'entreprise se développant et obligeant l'utilisation croissante d'eaux de lavage. L'entreprise a donc réfléchi à la mise en place d'un nouveau système d'épuration. C'est le traitement naturel épuratoire basé sur la technique de TTCR qui a été choisi, confortant l'image de l'entreprise spécialisée notamment dans la fabrication de produits « bio ».

b) Mise en place du système

Le bureau d'études Bionis Environnement a été chargé par l'entreprise de la mise en place du système d'épuration à base de TTCR de saules. Après un échantillonnage des eaux de lavage et une analyse du sol (argilo-calcaire), un stade pilote a été établi, épurant 1 m³/h d'eaux usées. Les analyses ont prouvé que le système permet un très bon abattement de DBO₅.

Le projet a donc été lancé en juin 2005. Il est prévu l'épandage de 8 m³/j d'eaux usées sur une surface de 7000 m² de culture de TTCR de saules.

Une préparation du sol, effectuée par un agriculteur local, a consisté en un labourage puis un hersage de la terre.

La plantation a été réalisée à l'aide d'une machine spécifique fournie par Bionis Environnement : cette machine effectue à la fois la plantation des boutures de saules espacées de 20 cm environ et l'enterrement des canalisations d'irrigation.

La mise en place des boutures s'est faite un peu tard dans l'année (juin), celle-ci devant être effectuée normalement au printemps. Il a en plus, suivi un été très sec. Pourtant, les plants ont globalement survécu.

Le recépage des saules a été réalisé l'hiver suivant la plantation. Il a permis une bonne reprise des plants de saules.

Aucun entretien n'est appliqué à la culture de TTCR de saules, ni désherbage, ni fertilisation, ni apport d'herbicides ou fongicides. En effet, ceci a été une des conditions nécessaires pour que l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse accepte de soutenir le projet de mise en place de TTCR. Malgré une réponse très tardive, l'Agence finance le projet à hauteur de 20% du prix total de coût de revient.

La plantation de TTCR de saules est irriguée 1h par jour, puisque 8 m³ d'eaux de lavage doivent être épurées, à un débit de 8m³/h. L'irrigation fonctionne 80% de l'année.

Le volume d'eaux usées épandu est filtré dans sa globalité. Le rejet au milieu récepteur, affluent de l'Ardèche, est donc nul.

La figure ci-après précise le transit des eaux de lavage, depuis leur utilisation jusqu'à leur épandage sur les cultures de TTCR de saules.

Eaux de lavage



Dégrillage



Réseau gravitaire de canalisation

Bâche tampon

*(Réserve pour irrigation de 100 m³,
stockage minimum de 15 jours à assurer)*



*Photographie 19 : Bâche tampon
(Source : N.Nerguisian)*



*Pompe en surpression
et réseau de canalisation*



*Photographie 20 : Pompe en surpression en
sortie de bâche (Source : N.Nerguisian)*

Déshuileur / Dégraisseur

*(Fonctionne par raclage en surface de la cuve – 1 m³ d'huiles
et de graisses éliminées par mois et valorisées en cimenterie)*



*Photographie 21 : Sortie des huiles et graisses raclées par
le déshuileur / dégraisseur (Source : N.Nerguisian)*

(Suite de la figure page suivante)

*Récupération des eaux déshuilées
et dégraissées*



Photographie 22 : Regard sur les eaux déshuilées et dégraissées (Source : N.Nerguisian)

Filtres

(3 modules – 100 μ m –, autonettoyants en programmation)



*Photographie 23 : Trois modules de filtres
(Source : N.Nerguisian)*

*Vanne (programmation des caractéristiques de
l'irrigation – temps et débit –) et réseau gravitaire de
canalisation*



*Photographie 24 : Vanne en sortie
de filtres (Source : N.Nerguisian)*

Culture de TTCR de saules

(Système de micro-irrigation)

Figure 3 : Système de traitement des eaux usées de lavage

c) Etat actuel de la culture de TTCR

Les photographies suivantes permettent de visualiser l'état actuel de la plantation de TTCR de saules. Elles ont été prises lors de la visite du 24 juillet 2006.



*Photographie 25 : Culture de TTCR de saules
(Source : N.Nerguisian)*



*Photographies 26, 27, 28 : Détail des cultures de
TTCR de saules (Source : N.Nerguisian)*

d) Inconvénients et avantages

➔ Maladies

Aucun problème vis-à-vis des maladies ou des ravageurs n'a été recensé. Pourtant, aucune protection particulière n'a été mise en œuvre (pas d'application d'herbicides ou de fongicides, pas de clôture).

➔ Système d'irrigation

Le système mis en place est fiable. La vanne en début de réseau est nécessaire pour réguler le débit d'irrigation. En effet, si celui-ci est trop élevé, les canalisations de micro-irrigation risquent d'être endommagées. Le seul problème intervenu la semaine du 17 juillet 2006, concerne un dysfonctionnement de la vanne nécessitant son remplacement.

Le gel n'endommage pas le système d'irrigation enterré.

L'irrigation est programmée une seule fois par le gérant du système. Elle ne nécessite alors plus d'autres manipulations.

➔ Suivis

Des analyses du sol et des eaux sont effectuées chaque trimestre. Elles ont révélé un manque d'azote dans le sol où sont plantés les saules. Le laboratoire réfléchit à une éventuelle fertilisation applicable en hiver.

Le laboratoire est pour le moment très satisfait du système de TTCR, en comparaison avec l'ancienne station d'épuration fonctionnant en osmose inverse.

➔ Biodiversité

La culture de saules accueille surtout du gibier, entre autres des lièvres, lapins et sangliers.

➔ Valorisation du bois de saule

Le laboratoire n'a pas réfléchi aux filières possibles de valorisation de bois de saule. La surface de culture étant faible et la localisation du site enclavée, le responsable pense qu'une valorisation sera difficilement rentable, en considérant les frais de transport. L'entreprise pense tout de même broyer le saule sur place avec leur propre broyeur et va réfléchir aux moyens d'évacuation envisageables du bois.

Conclusion

Le laboratoire Ardecosm / Melvitacosc est satisfait du traitement épuratoire des eaux usées par la technique de TTCR de saules. Le volume d'eau à traiter est faible, d'où une surface de culture de saules limitée. Il n'y a pas eu de contraintes techniques particulières, mise à part la vanne en amont du système de micro - irrigation qui a cédé récemment et qui nécessite d'être changée. Le coût global de mise en place de ce système est de 80 000 €

3. Application envisageable de la technique de TTCR pour le projet de réhabilitation du Vistre

Initialement, la définition d'aménagements et de mesures de gestion doit porter sur un site précis localisé sur la commune de Vestric-et-Candiac. Ce secteur est réparti principalement en deux parcelles situées en amont et aval immédiat du pont de la D139, en rive droite du Vistre. Il est marqué par la présence d'un rejet conséquent d'eaux usées issues de la station d'épuration de l'industrie Perrier. L'objectif est donc de créer un aménagement dans le but de diminuer l'impact du rejet sur le cours d'eau et par conséquent, d'améliorer la qualité du milieu. Il s'agira donc de mettre en place un traitement tertiaire d'eaux usées approprié.

Plusieurs techniques de traitements naturels d'épuration des eaux usées ont été envisagées (filtres plantés de roseaux, TTCR). Cependant, c'est la technique d'épuration basée sur le TTCR qui est retenue et étudiée pour être mise en place.

Avec l'aide du bureau d'études Bionis Environnement, spécialiste du TTCR, il a été facile de comprendre la difficulté de mise en place d'un tel projet pour l'épuration du rejet de l'industrie Perrier. En effet, le volume d'eaux usées rejeté quotidiennement (environ 10 000 m³/j) nécessiterait la mise en place de surfaces de TTCR bien trop importantes (environ 250 Ha).

Le tableau suivant indique les volumes pouvant être traités sur une surface de 4 Ha de culture de TTCR de saules (surface correspondant au projet initial d'aménagement des deux parcelles situées en amont et aval du pont de la D139) :

	Volume épardable par jour en m³	Volume épardable par mois en m³
janvier	27	846
février	51	1435
mars	105	3242
avril	141	4234
mai	179	5534
juin	233	6980
juillet	248	7682
août	204	6328
septembre	127	3805
octobre	65	2018
novembre	34	1033
décembre	26	820
TOTAL		43957

Tableau 3 : Volumes d'eaux usées épandables sur une surface de 4 Ha de TTCR de saules au cours d'une année

La possibilité de mise en place d'un traitement tertiaire basé sur la technique de TTCR a donc été élargie aux stations d'épuration communales présentes sur le bassin versant, dont les eaux usées se rejettent toutes dans le Vistre ou ses affluents. La faisabilité de ce projet a ainsi été étudiée pour chaque STEP.

A partir de photographies aériennes, il a été possible d'évaluer les surfaces situées à proximité de chaque STEP, où la culture de saules est envisageable. Pour cela, il a été nécessaire de prendre en compte les contraintes topographiques et les bras secondaires du Vistre ou infrastructures de transport constituant les limites de parcelles (*Cf. Annexe 13 et 14 : Surfaces envisageables pour la culture de TTCR de saules - zone amont - zone aval -*).

Par ailleurs, l'étude de faisabilité (Phase I) réalisée par le groupement de bureaux d'études BURGEAP / GREN fournit les informations en ce qui concerne le débit d'eaux usées rejeté par chaque STEP au milieu récepteur, correspondant au volume à épandre sur une culture de TTCR dans le but d'un traitement tertiaire.

A l'aide du tableau fourni par Bionis Environnement donnant une idée du volume épandable par jour pour chaque mois de l'année sur une surface donnée, il a été possible de déduire un pourcentage de volume d'eaux usées qu'il est envisageable d'épurer par la technique de TTCR, par rapport au volume total d'eaux usées rejeté.

Pour les stations d'épuration où le pourcentage est supérieur ou égal à 100 pour plusieurs mois de l'année, il est donc intéressant de mettre en place la technique de TTCR (*Cf. Annexe 15 : Efficacité du traitement tertiaire d'eaux usées issues de STEP communales par la technique de TTCR*).

La mise en place d'un traitement tertiaire basé sur la technique de TTCR de saules s'avère donc envisageable pour les stations d'épuration de Milhaud, Bernis/Aubord et Vestric-et-Candiac. En effet, le pourcentage de débit qu'il est possible d'épurer par rapport au débit total rejeté par la station est supérieur à 100 pour 3 ou 4 mois de l'année (correspondant à la période estivale). Il est donc possible d'épurer la totalité des rejets au cours de ces périodes. Le reste de l'année, les pourcentages sont plus faibles mais dépassent tout de même 60 % pour 7 des 12 mois.

4. Estimation des coûts

a) Plantation et récolte

La mise en place d'une culture de TTCR de saules nécessite la plantation de 15 000 boutures par hectare environ. D'après les prix fournis par des entreprises de génie végétal, une bouture coûte en moyenne 2.40 € l'unité. Ce travail peut être effectué par une entreprise locale, paysagiste ou de génie végétal. Le prix de revient de la plantation de boutures est donc de 36 000 €/ Ha environ.

Tout comme le laboratoire Ardecosm / Melvitacosc, il est aussi possible de faire appel à un bureau d'études spécialisé pour la mise en œuvre de ce type de projet.

Par exemple, Bionis Environnement peut prendre en charge à la fois la plantation et l'enterrement des canalisations de micro – irrigation à l'aide d'une machine spécifique.

L'installation de la culture de TTCR de saules nécessite une préparation préalable du sol. Elle consiste en un labourage de la terre avant ou après l'hiver, et à un travail du sol au printemps. De même, une coupe de recépage doit être effectuée un an après la plantation et un désherbage efficace doit être mis en place pour permettre le bon démarrage de la plantation et lutter contre les mauvaises herbes.

Il a été décidé la mise en place d'un système de rotation pour la récolte de saules. Plutôt que de récolter la totalité de la culture de saules en une seule fois, les prélèvements vont se faire par tiers ou par moitié.

- Dans le cas de prélèvements par tiers, la première récolte concernera le tiers de l'exploitation de saules d'âge 2 ans ; puis l'année suivante, le tiers de l'exploitation de saules d'âge 3 ans et enfin, l'année d'après, le dernier tiers de saules d'âge 4 ans.

- Dans le cas de prélèvement par moitié, la moitié de la récolte de saules sera prélevée à l'âge de 2 ans, puis l'autre moitié à l'âge de 3 ans.

Ainsi, la mise en place d'un système de rotation assurera une couverture permanente du sol, et permettra à la faune présente dans les cultures de saules de ne pas être perturbée et de s'y installer durablement. Cependant, la période de récolte peut engendrer un stress pour la faune présente.

La préparation du sol, l'entretien de l'exploitation et la récolte des taillis de saules peuvent être réalisés par l'équipe d'entretien du SMBVV, composée actuellement de trois personnes, dont un chef d'équipe.

L'équipe est capable de réaliser la taille, la coupe (à la tronçonneuse ou mécaniquement lorsque les saules ont un faible diamètre), le broyage et l'évacuation des taillis de saule. Le temps de travail total estimé est de 9 jours homme par hectare.

Le chef d'équipe propose de modifier le schéma de plantation habituel, pour permettre le passage du camion broyeur de l'équipe d'entretien : planter plusieurs rangées doubles de saules sur 4 m de large environ, et laisser une déserte de 2,50 m (*Cf. Annexe 16 : Schéma de plantation de TTCR de saules envisagé pour le projet de réhabilitation du Vistre*).

Il est également nécessaire d'intégrer ce travail dans le plan de gestion prévu par l'équipe d'entretien du Vistre. Le chef d'équipe, responsable de la rédaction de ce plan, doit donc être prévenu dans l'année en cours si le projet voit le jour l'année suivante.

Le chef d'équipe précise également la nécessité d'un chemin d'exploitation qui facilitera le passage des engins de l'équipe d'entretien et réduira le temps lié à l'accès au « chantier ».

b) Irrigation

La mise en place du système d'irrigation est une étape primordiale lors de l'implantation du système d'épuration à base de TTCR de saules. Plusieurs solutions sont envisageables :

➔ Comme le laboratoire Ardecosm, il est possible de faire appel à un bureau d'études spécialisé (Bionis Environnement), possédant une machine spécifique réalisant à la fois la plantation de boutures de saules et l'enterrement des tuyaux d'irrigation.

➔ Comme la mairie de Chorges (Hautes-Alpes), le système peut être installé par un paysagiste local. Celui-ci a mis en place des canalisations d'irrigation par micro-asperseurs. Dans les deux cas, il est nécessaire d'installer un procédé de filtration préalable des eaux usées et une vanne régulant le débit et le temps d'irrigation.

Le réseau d'irrigation suit le même schéma de plantation de TTCR de saules envisagé pour le projet de réhabilitation du Vistre.

5. Recherche de filières de valorisation de bois de saules après récolte

Tous les organismes contactés et ayant abouti à des solutions pour la valorisation de bois de saules ont été répertoriés sous forme de fiches, consultables en *Annexe 17 : Recherche de filières de valorisation de bois de saule*.

a) Compostage

Le compost est un mélange fermenté en présence d'oxygène, de résidus organiques et minéraux, utilisé pour l'amendement des terres agricoles. Le compostage correspond donc à la préparation du compost, consistant à laisser fermenter des résidus agricoles ou urbains (boues de station d'épuration) mélangés ou non à des déchets verts. Le bois de saule peut donc être utilisé pour la fabrication de compost. Des entreprises sont spécialisées dans ce genre d'activité, et possèdent des plateformes de compostage.

Plusieurs sociétés sont susceptibles de prendre en charge la récolte de saules et de l'utiliser pour la réalisation de compost.

L'entreprise TERRA SOL située sur la commune de Sommières dans le Gard est la plus proche des sites en projet de réhabilitation, à environ 20 km. Le saule arriverait donc sous forme de broyat à la plateforme de compostage (broyage réalisé sur site par l'équipe d'entretien du SMBVV). La prestation est payante, à savoir 20 €/ tonne de déchet vert environ.

D'autre part, la Communauté d'Agglomération de Nîmes, en partenariat avec la SAUR Centre Gard Lozère met en place du compostage de boues issues de stations d'épuration associées à des déchets verts.

Le compost est ensuite utilisé dans un but de valorisation agricole par épandage. Trois plateformes de compostage sont recensées : Nîmes, Bellegarde, Manosque. La SAUR est donc susceptible d'accueillir du déchet vert de taillis de saule. Le broyage et le transport doivent être assurés par le maître d'ouvrage. La prise en charge des bois de saule est néanmoins gratuite.

b) Pâte à papier

L'industrie TEMBEC basée à Tarascon (Bouches du Rhône) est spécialisée dans la fabrication et l'importation de pâte à papier. D'après le responsable de l'Approvisionnement Bois, la fabrication de pâte à papier se fait uniquement à base de bois de résineux. L'utilisation de saule pour la fabrication de pâte à papier est encore à l'étude. Cette filière de valorisation n'est donc pas encore exploitable.

c) Mise en déchetterie

La mise en déchetterie du bois de saule n'est pas une filière de valorisation à proprement parler. Cependant, les déchets verts réceptionnés en déchetterie vont, pour la plupart, être valorisés par la suite via des plateformes de compostage privées. La mise en déchetterie confère plusieurs avantages : d'abord, la proximité immédiate de la déchetterie de Vestric-et-Candiac par rapport aux sites en projet d'aménagement permet des coûts de transport très limités. D'autre part, la déchetterie étant gérée par la Communauté de Communes Rhône – Vistre – Vidourle, une demande du président du SMBVV au président de la Communauté peut être faite pour demander la gratuité des opérations. La mise en déchetterie a donc le principal avantage de ne pratiquement rien coûter.

d) Génie végétal

Des entreprises spécialisées dans des travaux utilisant la technique de génie végétal ont été contactées. Elles ont été sollicitées pour remplir un petit questionnaire portant principalement sur leurs éventuels besoins en bois de saule.

L'entreprise E.H.T.P basée à Tarascon est intéressée par l'achat de saule sous forme de branches (diamètre 2-4 cm, longueur 2.5 m) ou de pieux vivants (diamètre 7-10 cm, longueur 1 m), pour un coût respectivement de 0.05 €/l'unité et de 2 €/l'unité.

L'entreprise Rodriguez Environnement basée à Manosque est intéressée par l'achat de saule sous forme de bouture, plançon ou fagot ; le prix restant à négocier.

Etant donné le système de rotation adopté pour la récolte, les saules seront prélevés chaque année à des âges différents et donc à des dimensions variables. Il sera donc nécessaire d'adapter le type de bois récolté aux besoins de l'entreprise. Par exemple, l'entreprise pourra utiliser les branches de saules de la première récolte (plus faibles diamètres et hauteurs), tandis que les récoltes suivantes pourront aboutir au conditionnement de saules sous forme de pieux.

e) Chaudières

D'après M. Richard, chargé de mission Gard Lozère / délégation bois – énergie Languedoc-Roussillon, il est difficile de mettre au point des filières de valorisation de bois pour un projet qui verra le jour dans quelques années. En effet, avec les montées spectaculaires du prix du pétrole, les débouchés ne cessent d'évoluer et de nombreuses chaufferies risquent donc de voir le jour en France, et notamment dans le département du Gard.

Par ailleurs, le bois de saule, par sa forte teneur en humidité, est peu énergétique. Son utilisation en tant que biocombustible doit nécessiter un stockage préalable, à l'abri de la pluie, au minimum pendant trois mois. De cette manière, le produit dépourvu d'eau devient beaucoup plus intéressant du point de vue énergétique.

L'entreprise Nîmes Roses située sur la commune de Bouillargues dans le Gard, produit des roses en fleurs coupées. Elle possède une chaudière à bois pour permettre le chauffage des serres. Actuellement, des noyaux de pêche sont utilisés comme combustible.

Le broyat de saules peut être utilisé en tant que biocombustible mais nécessite un stockage préalable, environ un an avant son utilisation, de manière à le sécher. Le stockage peut être pris en charge par l'entreprise qui a déjà les possibilités d'entreposer les noyaux de pêche.

Cette filière de valorisation peut permettre un retour d'argent pour le maître d'ouvrage fournissant le bois de saule. Actuellement, il est difficile de déterminer précisément le gain possible ; pour donner un ordre d'idée, la société achète les noyaux de pêches à 15€/tonne.

Conclusion

Plusieurs filières de valorisation de bois de saule sont envisageables : le compostage, la mise en déchetterie, l'utilisation du saule en génie végétal et le bois – énergie.

Le compostage du bois de saule peut être réalisé par deux organismes tout deux situés relativement proche des sites en projet d'aménagement. Il en résulte donc un coût de transport limité. Le bois de saule peut être composté gracieusement par la Communauté d'Agglomération de Nîmes en partenariat avec la SAUR Centre Gard Lozère. Par ailleurs, l'entreprise Terra Sol située à Sommières et spécialisée dans la fabrication de compost peut réceptionner le broyat de saules pour un coût de 20 €/la tonne.

La mise en déchetterie du broyat de saule n'est pas une filière de valorisation à proprement parler. Cependant, la proximité immédiate de la déchetterie de Vestric-et-Candiac ainsi que la possibilité de gratuité de l'opération font que ce débouché ne coûte pratiquement rien.

Deux entreprises spécialisées dans des travaux de génie végétal, E.H.T.P et Rodriguez Environnement, sont intéressées par l'achat de bois de saule sous forme de bouture, branche, fagot ou pieu. Le prix reste à négocier mais cette filière peut permettre un gain financier.

L'entreprise Nîmes Roses située à Bouillargues possède une chaudière à bois. L'achat de broyat de saules en tant que biocombustible est envisageable, à condition que le matériel soit séché préalablement. Cette filière peut donc également permettre un gain financier.

III. Discussion

1. Evolution de la demande

Le travail initial a d'abord porté sur un site précis localisé sur la commune de Vestric-et-Candiac. L'objectif consistait à définir et proposer des aménagements pour la réhabilitation du Vistre.

D'après la définition des contraintes présentes sur le site - infrastructures, réseaux, nappe, rejet - il a été conclu que la création d'aménagements sur ce secteur serait délicate. En effet, les surfaces disponibles sont limitées (bandes de servitude de part et d'autres des réseaux de gaz et d'irrigation). De même, la nappe de la Vistrenque, de par sa relation avec le cours d'eau du Vistre, doit être préservée ; les aménagements devront donc éviter de trop affouiller la zone. De plus, le projet de passage d'une ligne TGV à proximité immédiate engendrera des nuisances, rendant l'installation durable d'espèces animales difficile.

La présence d'un rejet considérable issu de la station d'épuration de l'industrie Perrier et s'écoulant dans le Vistre, a poussé les recherches dans le sens d'un aménagement visant à réduire les impacts de ce rejet sur le milieu, et ainsi favoriser l'amélioration de la qualité.

Un traitement tertiaire basé sur un système d'épuration « naturel » a donc été envisagé. Un tel système a été choisi car il présente un compromis entre l'épuration des eaux usées en sortie de station, et la mise en place d'une sorte de zone humide à proximité du Vistre. En concertation avec le bureau d'études, le système d'épuration basé sur la technique de TTCR de saules a donc été étudié.

2. Mise en place de traitement tertiaire de TTCR de saules

La mise en place d'un traitement tertiaire d'eaux usées à partir du système de TTCR de saules est limitée par plusieurs facteurs.

D'une part, la surface de culture de saules nécessaire pour l'épuration d'un volume d'eaux usées donné est non négligeable. Ce facteur a d'ailleurs empêché la possibilité de mise en place d'un tel traitement pour les eaux usées issues de la station d'épuration de l'industrie Perrier. En effet, le volume rejeté quotidiennement dans le Vistre - et par conséquent, le volume à épandre sur une culture de TTCR de saules en vue de son épuration -, est de 10 000 m³/j. La surface de TTCR de saules appropriée serait d'environ 250 Ha. L'acquisition d'une telle superficie serait quasi impossible, de même que la mise en place, l'entretien, et la récolte de la culture nécessiteraient des investissements trop coûteux. Par ailleurs, les perspectives de diversification de paysage par la mise en place de culture de saules seraient limitées, rendant le paysage plutôt homogène.

Les possibilités de mise en place de traitement tertiaire à base de taillis de saules ont donc été élargies aux eaux usées issues des stations communales rejetant leurs eaux dans le Vistre ou ses affluents.

La recherche cartographique de surfaces à proximité de stations d'épuration communales où la culture de TTCR de saules est envisageable reste approximative.

En effet, les possibilités de mise en place d'une culture de saules ne se résument pas aux seules contraintes physiques (infrastructures, cours d'eau,...) présentes sur le terrain. Il faut également prendre en compte le contexte pédologique et climatique, en effectuant notamment des analyses de sols (perméabilité, texture,...). Il est donc conseillé de réaliser un stade pilote de traitement épuratoire ; par exemple, épandre un certain volume d'eaux usées sur 1 Ha de TTCR de saules. Il sera ainsi possible de voir si le système semble efficace, pour pouvoir le reproduire à grande échelle en étant quasi sûr de sa réussite.

Par ailleurs, la problématique de l'acquisition foncière reste à résoudre. Les parcelles sont généralement privées, appartenant à des particuliers ou au Groupe Nestlé Waters France (Perrier). Le prix à payer pour l'achat de ces parcelles doit être pris en compte dans l'estimation du coût global de mise en place d'un traitement tertiaire à base de TTCR de saules. Les surfaces nécessaires sont de l'ordre de 5 à 20 Ha pour chaque rejet de STEP.

Concernant l'entretien et la récolte de la culture de TTCR de saules, l'équipe d'entretien est d'accord pour s'en charger. Il est possible de réaliser la coupe des saules manuellement à la tronçonneuse, ou avec un broyeur lorsque les diamètres des tiges sont encore assez faibles. Cependant, plus le projet sera de grande ampleur, plus les moyens à mobiliser seront nombreux. L'effectif actuel de l'équipe ne sera peut être pas suffisant pour assurer cette tâche supplémentaire, si le projet envisage des surfaces de saules trop grandes. Le Syndicat du Vistre devra donc peut être envisager la possibilité d'employer une nouvelle personne. De trop grandes surfaces de saules nécessiteront tôt ou tard l'investissement de machines pour réaliser la récolte mécaniquement.

Il existe plusieurs opportunités de valorisation du bois de saule mais les évolutions sont possibles, avec notamment la montée en puissance du prix du pétrole. L'utilisation du bois comme biocombustible risque de se banaliser, avec la création de nouvelles chaufferies. Les possibilités de valorisation du bois de saule en tant que biocombustibles sont réelles. Malgré les difficultés que cela engendre (séchage obligatoire du bois), la récolte en grande quantité de bois de saules permettrait sans aucun doute un retour d'argent.

Peu de données concernant l'efficacité épuratoire du taillis de saule à proprement parler existent. On sait cependant qu'une culture de TTCR de saule fonctionne comme un filtre épurateur d'eaux usées selon quatre procédés réalisés conjointement :

- l'évapotranspiration de l'eau par le saule ;
- la filtration par le sol, dépendant de sa nature (perméabilité) ;
- l'autoépuration du sol (action des micro-organismes) ;
- la fixation des éléments minéraux (azote, phosphore, métaux) par le bois de saule. Les quantités fixées sont variables selon le rendement de la culture et déterminent partiellement le rendement épuratoire du système.

Actuellement, il est possible d'évaluer l'évapotranspiration, paramètre dépendant de nombreux facteurs dont le climat et les caractéristiques du végétal.

La capacité de filtration et d'épuration du sol peut également être estimée en effectuant des analyses précises (coefficient de perméabilité).

Les rendements épuratoires des TTCR de saules en terme de fixation sont encore peu connus car les retours d'expériences en matière de traitement d'eaux usées par la technique de TTCR sont faibles. Cependant, un rapport issu du projet BIOMEPUR réalisé par le laboratoire UCL-ECOP en Belgique permet de tirer les premières conclusions.

Le projet BIOMEPUR a pour objectif d'étudier l'utilisation du TTCR de saule comme filtre végétal pour l'épuration d'eaux usées. A cet effet, un hectare de saules (*Salix viminalis*) a été implanté au printemps 1998 à côté d'une station d'épuration dans la Province de Namur en Belgique, et dotée d'un système d'irrigation au goutte à goutte.

Quatre traitements sont appliqués sur les parcelles de saules :

- un traitement témoin non irrigué,
- un traitement irrigué à l'eau de ville,
- un traitement irrigué avec les eaux sortant du traitement secondaire de la station,
- un traitement irrigué avec les eaux d'entrée de la station (traitement abandonné rapidement car colmatage du système d'irrigation par les eaux brutes de la station).

Les différentes analyses effectuées permettront de comprendre et de tester l'effet épurateur du TTCR de saule. Elles concernent : les eaux utilisées pour l'irrigation (eau secondaire, eau de ville) ; l'eau du sol à 60 cm de profondeur ; le matériel végétal (bois de saule exporté) ; et le sol à deux profondeurs : 0-30 cm et 30-60 cm.

Les quantités d'eaux irriguées sont de l'ordre de 10 000 à 12 000 m³/Ha/an soit 5 à 20 mm/jour en moyenne selon la saison, en plus des précipitations. Les parcelles ont été irriguées jusqu'à saturation du sol. Contrairement à ce qu'il a pu être écrit précédemment dans la description de la technique du TTCR de saule, il n'y a pas de rendement décroissant avec l'augmentation des doses d'irrigation dans le cas de ce projet. On peut donc pouvoir espérer irriguer des quantités maximales d'eau, sans voir le rendement de la culture de saules diminuer.

➔ Les analyses des eaux d'irrigation issues du traitement secondaire de la station montrent qu'au cours de la saison, il a été irrigué :

- 50 à 130 mg/L d'azote (norme de potabilité : 1 mg/L),
- environ 15 mg/L de phosphore (norme de potabilité : 1090 µg/L),
- de 15 à 100 mg/L de potassium (norme de potabilité : 12 mg/L).

Les analyses concernant la solution du sol à 60 cm de profondeur (après irrigation) montrent que :

- N : la teneur en azote contenu dans la solution du sol est inférieure à la norme.
- P : la teneur en phosphore contenu dans la solution du sol est bien inférieure à la norme avec un maximum de 400 µg/L.
- K : la teneur en potassium contenu dans la solution du sol est inférieure à la norme.

La culture de TTCR permet donc l'épuration des eaux usées épandues puisque l'analyse de la solution du sol prouve qu'elle devient aux normes de potabilité pour les paramètres N, P, K. Cependant, ces propos doivent être nuancés en sachant que les eaux d'irrigation étaient initialement peu chargées en éléments minéraux. Il faut également préciser que ces analyses ne permettent pas d'évaluer les quantités d'éléments minéraux épurés par les TTCR de saules, mais seulement de conclure en une amélioration de la qualité des eaux épandues, celles-ci devenant potables.

➔ Les analyses du matériel végétal (bois de saule) montrent que, pour une période de 3 ans ont été exportés :

- 270 kg/Ha d'azote. Les exportations comptent pour environ 2/3 de l'azote apporté, laissant donc l'autre partie pour le lessivage (limité) et la dénitrification.
- 44 kg/Ha de phosphore. La quantité de phosphore exportée est supérieure à celle apportée, du fait de la contribution par le sol dans lequel la réserve est importante.
- 80 kg/Ha de potassium. La quantité de potassium exportée est moindre que celle apportée, cet élément est donc lessivé en partie.

D'après les conclusions du rapport BIOMEPUR, la technique de TTCR de saules s'avère efficace pour le traitement des eaux issues de stations d'épuration. L'azote et le phosphore sont en partie fixés et ainsi exportés par le bois de saule. Les eaux épandues sont épurées par le système sol-saule puisqu'elles deviennent potables à 60 cm de profondeur. Le rapport ne permet cependant pas de conclure quant aux quantités exactes d'éléments minéraux épurés.

Des recherches complémentaires sur les paramètres intervenant pour l'épuration des eaux usées (évapotranspiration, filtration et autoépuration du sol, fixation des éléments par la plante) permettront de conclure sur l'efficacité certaine et globale de l'implantation d'une culture de TTCR de saules pour l'épuration d'eaux secondaires issues de stations d'épuration. Ainsi, ces données supplémentaires permettront d'argumenter encore plus en faveur de la mise en place de la technique de TTCR de saule, notamment auprès des élus concernés par le projet.

CONCLUSION

Le projet de réhabilitation du Vistre en aval de Nîmes prévoit en Phase II, la définition d'aménagements et de mesures de gestion pour la renaturation physique et environnementale du Vistre. Dans ce contexte, la mise en place de traitement tertiaire d'eaux usées avant rejet dans le milieu permettrait une amélioration considérable de la qualité du Vistre.

La mise en place d'un traitement tertiaire basé sur le système de Taillis à Très Courte Rotation de saules est envisageable pour l'épuration des eaux usées issues des stations d'épuration de Milhaud, Bernis / Aubord et Vestric-et-Candiac.

L'installation d'une culture de TTCR de saules nécessite plusieurs étapes dont les principales sont : la plantation, avec en parallèle la mise en place du réseau d'irrigation ; l'entretien de la culture ; la récolte du bois de saule et éventuellement son broyage ; le transport ; et l'entrée du matériel végétal dans une filière de valorisation telle que le compostage, la mise en déchetterie, l'utilisation en génie végétal ou le bois-énergie. Le choix d'une filière se fera en fonction du coût de transport du bois de saule, de l'éventuel coût de prise en charge ou du gain financier qu'il est possible de percevoir.

La mise en place d'un tel traitement suscite des investissements pour sa réalisation. Des aides à l'échelle nationale et européenne peuvent être attribuées, notamment par l'Agence de l'Eau et l'ADEME. Par ailleurs, la valorisation du bois de saule peut éventuellement aboutir à un bénéfice financier, compensant éventuellement les frais de transport ou d'entretien de la culture de TTCR de saules.

Le système de TTCR de saules en tant qu'épurateur d'eaux usées est encore peu connu en France. Les organismes ayant décidé la mise en place de ce type de culture semblent être pour le moment, satisfaits de l'efficacité et de la rentabilité du traitement. De plus en plus de projets pour l'épuration d'eaux usées à l'aide de ce système voient donc le jour et confirmeront la capacité épuratoire des TTCR de saules.

BIBLIOGRAPHIE

📖 Groupement de bureau d'études BURGEAP / GREN. 2005. *Réhabilitation du Vistre en aval de Nîmes, Etude de faisabilité*. Réalisé à la demande du Syndicat Mixte du bassin versant du Vistre.

📖 BERGA Sud (Bureau d'Etudes et de Recherches Géologiques Appliquées). 2001. *Rapport Hydrogéologique : Etude des relations entre la nappe de la Vistrenque et la rivière Vistre*. Réalisé à la demande de l'Agence Rhône Méditerranée Corse.

📖 CEDRAT Développement. 2001. *Etude morphologique du bassin du Vistre*. Réalisé à la demande de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et du Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vistre.

📖 SCETAUROUTE / BCEOM. 2003. *Etude d'impact – Ligne Nouvelle Languedoc Roussillon, Contournement Nîmes Montpellier*. Réalisé à la demande de RFF (Réseau Ferré de France), Mission Ligne Nouvelle Languedoc-Roussillon.

📖 Lars Svensson, Killian Mullarney, Dan Zetterström, Peter J. Grant. 1999, 2000. *Le Guide Ornitho, les 848 espèces d'Europe en 4000 dessins (Edition française)*. Delachaux et Niestlé S.A. 399 pages.

Liens Internet :

@ DRIRE Languedoc-Roussillon : www.languedoc-roussillon.drire.gouv.fr

@ Registre français des émissions polluantes : www.irep.ecologie.gouv.fr

@ www.legifrance.gouv.fr

@ www.eaufrance.fr

@ SMBVV : www.syndicat-vistre.fr

➔ Technique TTCR :

@ Bureau d'études BIONIS Environnement : www.bionis-environnement.com

@ Laboratoire UCL ECOP (Belgique) : www.ecop.ucl.ac.be

@ Association AILE : www.association.aile.fr

@ FAO (TTCR en Suède) : www.fao.org

@ Etude Agrice / ADEME : www.ademe.fr

➔ Technique filtres plantés de roseaux :

@ Bureau d'études S.I.N.T : www.sint.fr

TABLES DES FIGURES

Tableau 1 : Synthèse des résultats d'analyse avec indice d'aptitude (chiffre) et classe de qualité (couleur), pour le secteur « aval TC2 », période juillet et octobre 2005.....	15
Tableau 2 : Caractéristiques du rejet d'eaux usées de la station d'épuration de l'industrie Perrier en 2005.....	29
Tableau 3 : Volumes d'eaux usées épandables sur une surface de 4 Ha de TTCR de saules au cours d'une année.....	47
Photographie 1 : Berges hautes et raides du Vistre.....	13
Photographie 2 : Le Vistre recalibré.....	13
Photographie 3 : Rejet de station d'épuration dans le Vistre.....	13
Photographie 4 : Outarde canepetière mâle (Source : GREN).....	14
Photographie 5 : Rainette méridionale (Source : GREN).....	14
Photographie 6 : Parcelle en amont immédiat du pont de la D139 (Source : N.Nerguisian)....	19
Photographie 7 : Parcelle en aval immédiat du pont de la D139 (Source : N.Nerguisian)....	19
Photographie 8 : Canal d'irrigation Philippe Lamour (Source : N.Nerguisian).....	20
Photographie 9 : Canalisation d'eaux usées issues de la STEP Perrier en amont du pont de la D139, aperçu des regards sur la canalisation (Source :N.Nerguisian).....	21
Photographie 10 : Rejet dans le Vistre (Source : GREN).....	21
Photographie 11 : Ouvrage de décharge assurant la transparence hydraulique (Source : RFF).....	25
Photographie 12 : Conduite GDF sur la parcelle amont (Source : N.Nerguisian).....	26
Photographie 13 : Planteuse suédoise en fonctionnement (Source : AILE).....	33
Photographie 14 : TTCR 1 mois après recépage (Source : Etude Agrice).....	33
Photographie 15 : TTCR de 1 an (Source : Etude Agrice).....	35
Photographie 16 : TTCR de 2 ans (Source : Etude Agrice).....	35
Photographie 17 : Récolte avec une ensileuse (Source : Etude Agrice).....	35
Photographie 18 : Récolte en fagots (Source : Etude Agrice).....	36
Photographie 19 : Bâche tampon (Source : N.Nerguisian).....	43
Photographie 20 : Pompe en surpression en sortie de bâche (Source : N.Nerguisian).....	43
Photographie 21 : Sortie des huiles et graisses raclées par le déshuileur / dégraisseur (Source : N.Nerguisian).....	43
Photographie 22 : Regard sur les eaux déshuilées et dégraissées (Source : N.Nerguisian)....	44
Photographie 23 : Trois modules de filtres (Source : N.Nerguisian).....	44
Photographie 24 : Vanne en sortie de filtres (Source : N.Nerguisian).....	44
Photographie 25 : Culture de TTCR de saules (Source : N.Nerguisian).....	45
Photographies 26, 27, 28 : Détail des cultures de TTCR de saules (Source : N.Nerguisian)...	45
Figure 1 : Schéma simplifié du fonctionnement Vistre – Vistrenque sur le secteur de Vestric (Source : Berga Sud).....	28
Figure 2 : Schéma de plantation le plus utilisé (Source : Etude Agrice).....	33
Figure 3 : Système de traitement des eaux usées de lavage.....	44