



Bureau d'Etudes Eau et Environnement

Étude préalable à l'aménagement de rivière : diagnostic et propositions d'aménagements

Cas de l'Yerres et du ru du Paradis

Etude de la mise en place de zone tampon en Europe

RAPPORT TECHNIQUE

**Rapport de stage pour l'obtention du DESS Ingénierie des Hydrosystèmes
Continentaux en Europe (IHCE)**

Cédric MORENO

Année 2003/2004

Maître de stage : Véronique LEVASSOR

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| SOMMAIRE | 1 |
| RESUME..... | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| INTRODUCTION | 10 |
| PRESENTATION DE L'ENTREPRISE | 12 |
| 1ère PARTIE : ETAT DES LIEUX – LE CAS DE L'YERRES..... | 15 |
| 1. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE | 16 |
| 2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE..... | 17 |
| 3. PRESENTATION GENERALE DE L'YERRES ET DE LA ZONE D'ETUDE | 18 |
| 3.1. Présentation de l'Yerres | 18 |
| 3.1.1. Situation géographique..... | 18 |
| 3.1.2. Aire d'étude : le territoire du SIARV | 18 |
| 3.2. Réseau hydrographique | 19 |
| 3.2.1. L'Yerres | 19 |
| 3.2.2. Le Réveillon | 20 |
| 3.3. Topographie | 20 |
| 3.4. Climat | 21 |
| 3.5. Géologie | 21 |
| 3.6. Hydrogéologie..... | 21 |
| 3.6.1. La nappe de Champigny..... | 22 |
| 3.6.2. L'alimentation de la nappe..... | 22 |
| 3.6.3. Les zones de résurgence..... | 22 |
| 3.6.4. Le niveau de la nappe..... | 22 |
| 3.7. Géomorphologie..... | 23 |
| 3.8. Occupation du sol..... | 24 |
| 3.8.1. Le mode d'occupation du sol | 24 |
| 3.8.2. La population du SIARV | 25 |
| 3.9. Conclusion..... | 25 |
| 4. ETUDE HYDROLOGIQUE..... | 26 |
| 4.1. Étude des apports pluviaux | 26 |
| 4.1.1. Débits apportés..... | 26 |
| 4.1.2. Localisation des rejets | 26 |
| 4.2. Débits caractéristiques..... | 27 |
| 4.3. Régime hydrologique | 27 |
| 4.4. Crues de l'Yerres et inondations | 28 |
| 4.4.1. Les zones d'inondations | 28 |
| 4.4.2. Dispositif de gestion des crues | 29 |
| 4.5. Conclusion..... | 30 |
| 5. QUALITE DE L'EAU | 31 |
| 5.1. Méthodologie | 31 |
| 5.1.1. Origine des données | 31 |
| 5.1.2. Stations de suivi | 32 |
| 5.2. Analyses physico-chimiques | 32 |
| 5.2.1. Généralités..... | 32 |
| 5.2.2. Physico-chimie des eaux de l'Yerres | 32 |
| 5.2.3. Physico-chimie des eaux du Réveillon..... | 34 |
| 5.2.4. Qualité bactériologique : altérations par les micro-organismes | 35 |

| | |
|--|----|
| 5.3. Analyses hydrobiologiques | 35 |
| 5.3.1. Généralités..... | 35 |
| 5.3.2. Analyse des peuplements de diatomées | 36 |
| 5.3.3. Analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques | 37 |
| 5.3.4. Analyse des peuplements piscicoles | 38 |
| 5.4. Conclusion..... | 40 |
| 6. INVENTAIRE DES RISQUES DE POLLUTION..... | 41 |
| 6.1. Qualité des sédiments..... | 41 |
| 6.1.1. Paramètres | 42 |
| 6.1.2. Résultats | 42 |
| 6.2. Rejets des eaux pluviales..... | 42 |
| 6.2.1. L'assainissement pluvial sur le territoire du SIARV | 42 |
| 6.2.2. La qualité des rejets..... | 43 |
| 6.2.3. Les ouvrages de dépollution..... | 44 |
| 6.3. Pollution récurrentes | 45 |
| 6.4. Conclusion..... | 45 |
| 7. ETUDE HYDRAULIQUE..... | 46 |
| 7.1. Profil en long..... | 46 |
| 7.2. Les ouvrages hydrauliques | 46 |
| 7.2.1. Les moulins | 47 |
| 7.2.2. Les barrages..... | 48 |
| 8. ETAT DES BERGES ET DU LIT | 49 |
| 8.1. Le lit mineur | 49 |
| 8.1.1. Nature des fonds..... | 49 |
| 8.1.2. Erosion, envasement..... | 49 |
| 8.2. État des berges..... | 50 |
| 8.2.1. Nature des berges | 51 |
| 8.2.2. Végétation riveraine | 53 |
| 9. PATRIMOINE NATUREL..... | 56 |
| 9.1. Zones protégées..... | 56 |
| 9.1.1. Les ZNIEFF..... | 56 |
| 9.1.2. Les Espaces Naturels Sensibles..... | 56 |
| 9.2. Valeur floristique..... | 56 |
| 9.2.1. Les habitats naturels de la vallée de l'Yerres | 57 |
| 9.2.2. Valeur patrimoniale..... | 58 |
| 9.2.3. La régression des milieux humides | 58 |
| 9.3. Valeur faunistique | 59 |
| 9.3.1. Les odonates..... | 59 |
| 9.3.2. Amphibiens | 59 |
| 9.3.3. Reptiles..... | 60 |
| 9.3.4. Oiseaux..... | 60 |
| 9.3.5. Les mammifères | 61 |
| 9.4. Conclusion : les secteurs « clés » | 62 |
| 10. PATRIMOINE CULTUREL ET TOURISTIQUE | 63 |
| 10.1. La liaison verte | 63 |
| 10.2. Patrimoine culturel | 64 |
| 10.2.1. Le patrimoine architectural de l'Yerres | 64 |
| 10.2.2. Monuments et sites classés..... | 64 |
| 11. CONCLUSION | 65 |

| | |
|---|------------|
| 2ème PARTIE : PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS – LE CAS DU RU DE PARADIS | 68 |
| 1. PREAMBULE..... | 69 |
| 2. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE | 69 |
| 2.1. Objet de l'étude | 69 |
| 2.2. Présentation de la zone d'étude | 70 |
| 3. RAPPELS DES ELEMENTS DE PHASE 1 | 71 |
| 3.1. Méthodologie | 71 |
| 3.1.1. Enquêtes de terrain | 71 |
| 3.1.2. Découpage en tronçons | 72 |
| 3.1.3. Les ouvrages..... | 72 |
| 3.2. Éléments de diagnostic..... | 73 |
| 3.2.1. Analyse de la nature et de l'état des berges | 73 |
| 3.2.2. Analyse des composantes morphodynamiques | 73 |
| 3.2.3. Analyse de la végétation riveraine | 74 |
| 3.2.4. Dysfonctionnements et problèmes rencontrés..... | 76 |
| 4. PROPOSITIONS DE TRAVAUX ET D' ACTIONS | 77 |
| 4.1. Gestion du risque inondation..... | 77 |
| 4.1.1. Enlèvement d'obstacles à l'écoulement | 77 |
| 4.2. Amélioration de la qualité de l'eau | 79 |
| 4.2.1. Mise en place de zones tampons en bordure de cours d'eau..... | 79 |
| 4.2.2. Nettoyage du lit et des berges | 80 |
| 4.3. Gestion et restauration du milieu aquatique | 81 |
| 4.3.1. Gestion de la végétation herbacée | 81 |
| 4.3.2. Gestion de la Renouée du Japon | 82 |
| 4.3.3. Entretien de la ripisylve..... | 83 |
| 4.3.4. Stabilisation des berges dégradées par retalutage et plantations en pied de berge | 84 |
| 4.3.5. Plantation d'arbres et d'arbustes | 86 |
| 4.3.6. Pérennité des Aménagements..... | 88 |
| 5. CONCLUSION | 88 |
| 3ème PARTIE : MISE EN PLACE DE ZONE TAMPON EN EUROPE..... | 90 |
| 1. INTRODUCTION..... | 91 |
| 2. GENERALITES..... | 92 |
| 2.1. Le trio ruissellement – érosion – pollution..... | 92 |
| 2.2. Le rôle des zones tampons | 92 |
| 3. LE CAS DES BANDES ENHERBEES..... | 93 |
| 3.1. Fonctionnement..... | 93 |
| 3.2. Efficacité | 93 |
| 4. LES ZONES TAMPONS EN EUROPE | 95 |
| 4.1. La France..... | 95 |
| 4.2. La Suisse | 96 |
| 4.3. L'Allemagne..... | 96 |
| 4.4. La Pologne..... | 97 |
| 5. CONCLUSION | 98 |
| CONCLUSION GENERALE | 99 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 100 |
| TABLE DES MATIERES | 103 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS..... | 106 |
| LISTE DES ANNEXES | 108 |

RESUME

Deux études de rivières ont été réalisées au cours de ce stage. Elles ont permis d'aborder deux différentes problématiques de gestion et d'aménagement : celle de l'Yerres aval affluent de la Seine et celle du ru de Paradis, petit ruisseau du bassin versant de l'Yvette.

L'étude diagnostic de l'Yerres aval vise à dresser un bilan actuel de la rivière destiné à établir un plan global d'aménagement. Cette synthèse des connaissances de l'état et du fonctionnement de la rivière a permis de faire ressortir les principaux problèmes.

Le bassin versant de l'Yerres aval est fortement urbanisé et par conséquent sensible aux épisodes de crues de la rivière. Les divers aménagements réalisés pour lutter contre les inondations ont modifié la dynamique naturelle de l'Yerres. Cela a contribué à déconnecter la plaine alluviale et à perturber les transports sédimentaires. Dans le même temps, les apports massifs de polluants provenant du ruissellement et de la pollution agricole du bassin amont provoquent des problèmes d'eutrophisation.

Une étude écomorphologique permettrait de justifier la préconisation ou non de travaux d'entretien et/ ou de restauration de la rivière.

Le ru de Paradis est un petit cours d'eau traversant un environnement assez agricole. Le diagnostic de l'état des berges et du lit a permis de soulever certains problèmes de gestion et d'entretien de la végétation. Il en résulte d'une part, une augmentation du ruissellement et des apports de polluants agricoles, et d'autre part, un appauvrissement de l'écosystème. Des solutions techniques et financières ont donc été proposées pour résoudre ces dysfonctionnements.

| |
|---|
| <p><u>Mots clés</u> : états des lieux, diagnostic, dysfonctionnements, restauration, préconisation, aménagements.</p> |
|---|

ABSTRACT

Introduction

During my training period, I realized two different studies on rivers: the first one is about the downriver “Yerres” and the second one, the brook “Paradis” They allowed to approach two various problems of river management and organization.

The purpose of the first study is to draw up an initial inventory of the downriver Yerres, most complete possible, in order to obtain a diagnosis of the current state. The required objectives are:

- The fight against river floods in order to minimizing their impact on the goods and the people.
- The preservation and improvement of superficial and underground water quality
- Restoration of the minor bed and banks to better the biodiversity
- Protection and development of the natural heritage

The establishment of the diagnosis has to be used for the development of interventions and management of river. My work consisted in making a synthesis of various documents as it will be explained in the next part.

The second study concerns the brook called “Paradis”, one of the tributaries of the “Yvette” river. It consisted in the making of a global scheme for the stream water management. The required objectives are:

- Streaming regulation
- The fight against river floods particularly for the “Yvette” river
- Restoration of the aquatic environment

I had the mission of establishing the current state of the minor bed and banks in morphodynamic and ecological ways. Then, I had to propose technical and financial solutions to resolve the different identified problems.

Methods

The river “Yerres”

The method used in the first study is a synthesis of various documents and data existing on the river all provided by the customer: vegetation card, physicochemical analysis, biological analysis, other studies...

My mission thus was to achieve this synthesis to identify the existing problems on Yerres and its tributaries.

This synthesis is based on seven major subjects:

- Hydrology
- Hydraulics
- Water quality
- Risks of pollution
- State of banks and bed
- Vegetation analysis
- Natural and cultural heritage

The orientation of my works concerned more particularly the thematic " Quality of the water " and " State of banks and bed ". They required a big work of data analysis notably in physico-chemistry and in hydrobiology.

The brook “Paradis”

To Establish the diagnosis of the brook “Paradis”, the methodology consisted in walking along the river « ru du Paradis » and its tributaries to prospect technical data:

- Végétation (nature, state, dominant species...)
- Banks (stability, erosions, dimensions...)
- Minor bed (morphodynamic components, nature of sediments,...)
- Major bed occupation (forest, field, house)
- Works (nature, dimensions, state and evolution)
- Wet zones existing

Results

The river "Yerres"

At the conclusion of the first study, the main stakes (hydrological, hydraulic, ecological) of the downstream Yerres were identified thanks to a reflection led on the initial state of the stream.

At the hydrological level, the study of the flow brought by the rainy discharges shows that the waterproofing of grounds in the valley increases the streaming, what has for consequence an increase of the floods both in frequency and in intensity.

At the qualitative level, the physico-chemical analyses reveal that waters of Yerres are very degraded, notably by pollutants of agricultural origin (nitrates, phosphates) what provokes phenomena of waters dystrophisation. Even if the quality of the water improved since a dozen year, enormous progress remains to make. The biologic analyses confirm the physico-chemical results. The biologic variety sharply improved but the analyses of populations structures reveal a very disrupted middle.

At the ecological level, the different hydraulic works realized to fight against the floods contribute to dry progressively the wet middles.

The influence of the human activities thus causes damages to the ecosystems. The consequence is a reduction of a biodiversity.

This synthesis allowed to put in evidence certain problems and dysfunctions of " the hydrosystem Yerres ". However, this study revealed some gaps concerning the knowledge of the state and the functioning of the river. Indeed, the ecological quality of a stream is strongly connected to its morphodynamic functioning. It is necessary to carry out an ecomorphological diagnosis on to propose some of those priority actions:

- the restoration of the waterside vegetation
- diversify fish habitats

The brook “Paradis”

The ecomorphological diagnosis of the brook of the Paradise and its tributaries thus allowed to identify the features and the various problems in presence by homogeneous sections. The problems noticed on the brook of the Paradise are attributable to bad agricultural practices and especially a management of the river vegetation. To remedy these problems, propositions of actions were elaborated: implementation of buffer zones (especially buffer strips), plan of management of the river vegetation, removal of obstacles to the flow... These actions represent effective solutions to improve the quality of the water and the general quality of the ecosystem.

However, the application of these propositions impose an awareness of all the actors (as well local residents, municipalities as administrators) in order that the brook “Paradis” is not only showed any more as an agricultural ditch but as a real stream. Now, it is necessary to pass in a more global river management.

The “Yvette” river system is very developed and composed of numerous brooks and wet zone. It is by the consideration of all these small tributaries and wet zones among which many are considered as ditches that we can really attend the restoration of the quality of the Yvette.

European Subject

At the same time as these studies, I was in charge of assessing knowledge on the efficiency of the buffer zones and on their implementation in Europe.

Buffer zones play a role determining in the control and the diminution of the environmental impacts of numerous pollutants, notably those of agricultural origin (nitrogen, phosphor, pesticides). Buffer zones can be wooded spaces, the wet zones or grassed buffer strips. All these elements of the landscape are capable of slowing down and of purifying waters of steaming before they reach waters of surface.

In the not drained sectors, the protection or the implementation of buffer zones turn out interesting measures to fight against the diffuse pollution of agricultural origin.

In spite of variable results, the numerous researches proved the efficiency of these devices in the reduction of the streaming and the reduction of pollutants to the aquatic environment. The efficiency is estimated between 60 and 80 % for the nitrogen and approximately 60 % for the phosphor. Furthermore, the action of degradation of pesticides is widely demonstrated.

The mastery of the pollution diffuse of agricultural origin represents a stake today mattering in the restoration of the quality of the aquatic middles. At the European level; countries adopted different techniques. In France, the implementation of grassed buffer strips is widely encouraged. Other countries as Poland prefer buffer zones constituted by trees or by shrubs.

Conclusion

This training within the research department B3E, allowed me to follow various stages of elaboration of preliminary studies in the management of rivers. I was able judge the important role which play the structures of studies to assist the administrators, as the associations of communes, in their decision-taking of management and organization of the aquatic middles. These decisions have to ensue from preliminary studies pushed on the long-term efficiency of the envisaged actions and on their consequences.

The diagnosis is the fundamental base of any study of organization of river. He has to appeal to different disciplines: hydraulics, hydrology, hydrogeology, ecology, geomorphology, hydrobiology who have to allow to end in a global approach of the state and the functioning of the stream. The reconnaissance of the river is particularly important. Indeed, this phase to identify zones with problems or with strong potentialities by homogeneous sections.

The phase of definitions of the orientations of management and organizations bases itself on the conclusions of this diagnosis.

INTRODUCTION

La gestion de l'eau en France a longtemps mis en avant la satisfaction des usages : les actions d'aménagements et de gestion des cours d'eau étaient réalisées de façon à satisfaire un usage de l'eau jugé prioritaire, au détriment de tous les autres (navigation, hydroélectricité,...). Les problèmes aigus de gestion de l'eau (augmentation des besoins, altérations de la qualité, problèmes de partage de la ressource,...) ont remis en cause cette gestion sectorielle et ont contribué à l'émergence et à la construction d'un nouveau concept : celui de gestion intégrée. La loi sur l'eau de 1992 est l'aboutissement de cette réflexion. Elle pose comme principe de base la reconnaissance de l'eau comme patrimoine commun de la nation, confère à la préservation ou à la restauration des milieux naturels un caractère d'intérêt général et met en avant l'importance d'une gestion équilibrée entre protection des milieux aquatiques et satisfaction des usages.

Cette loi renforce le rôle et les responsabilités des collectivités locales en matière de gestion de l'eau, en complétant leurs attributions dans le domaine de l'assainissement et en leur confiant de nouvelles compétences pour l'entretien et la restauration des rivières. Aujourd'hui, ces collectivités et plus particulièrement les syndicats intercommunaux, sont le plus souvent responsables de la gestion et l'aménagement des rivières (d'après la littérature, 80% des travaux d'aménagements et d'entretien des rivières non domaniales seraient réalisés par des syndicats intercommunaux).

Cependant, par manque de savoir-faire et/ou de compétences scientifiques et techniques, les collectivités font fréquemment appel aux bureaux d'études pour la réalisation des études préalables aux opérations d'aménagements. Le but est d'assister le maître d'ouvrage en élaborant des programmes d'actions et de travaux selon les objectifs poursuivis. La mise en place de tels programmes nécessite plusieurs phases de réalisation. Dans le cadre de mon stage au sein du bureau d'études B3E, j'ai eu l'occasion de participer à deux études différentes qui m'ont permis de suivre les deux premières étapes de réalisation de ces programmes : le diagnostic et les propositions d'actions.

Le diagnostic détaillé dans la première partie de ce rapport concerne la rivière Yerres. Gérer convenablement un cours d'eau nécessite de construire avant tout un diagnostic de son état et de son fonctionnement. Or, la qualité d'un système aussi complexe qu'une rivière est obligatoirement multidimensionnelle. Les études à réaliser pour construire une appréciation de la qualité de l'état et du fonctionnement de la rivière relèvent par conséquent de nombreuses disciplines : hydraulique, hydrologie, hydrobiologie, morphodynamique, écologie... Cette première partie représente une synthèse des connaissances existantes sur l'Yerres. Après une présentation générale de la zone d'étude, il sera développé les différents thèmes à prendre en compte pour avoir une approche cohérente et globale du cours d'eau.

La deuxième étude sur laquelle j'ai travaillé est le Schéma Directeur de gestion des eaux de ruissellement du bassin versant du ru de Paradis. J'ai eu pour mission d'effectuer un diagnostic écomorphologique suivi de propositions chiffrées d'aménagements. Dans la deuxième partie de ce rapport, j'ai donc choisi de développer cette étape. Après avoir resitué l'étude dans son contexte, je présenterais dans un premier temps la méthodologie utilisée et une synthèse des résultats obtenus. Puis, dans un deuxième temps, il sera détaillé les travaux et actions préconisées pour améliorer les dysfonctionnements observés. Une des actions proposées est la mise en place de zones tampon. Les zones tampons sont des barrières de végétation préconisées dans les zones cultivées pour limiter le ruissellement sur un bassin versant et améliorer la qualité de l'eau.

Parallèlement à cette étude, j'ai été chargé de faire un bilan des connaissances sur l'efficacité de ces zones tampon et sur leur mise en place en Europe. Dans une dernière partie, je présenterai les modes d'action de ces dispositifs et les résultats des recherches effectuées en France sur leur efficacité. Puis, nous verrons les techniques employées dans d'autres pays européens.

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

STATUT JURIDIQUE

Mon entreprise d'accueil **B3E**, « Bureau d'Etudes Eau et Environnement », a été créée en août 1994 par Manuel BOUVET, ingénieur en Hydraulique urbaine, grâce à l'appui technique de la société B.E.R.Est (5 M€ de CA - 65 salariés), un bureau d'études implanté en Alsace.

B3E débute ses activités sous forme d'une S.A.R.L, « Société A Responsabilité Limitée » avec l'apport d'un capital privé de 38 K€.

COMPOSITION ET LOCALISATION

Le siège social de B3E est basé à Rueil-Malmaison (92) et possède également deux agences annexes : une en Bretagne à Douarnenez (29) et l'autre à Reims (51). Ce fonctionnement permet de diversifier ses zones géographiques de travail et de mieux se faire connaître. B3E compte actuellement 22 personnes salariées dont :

- | | |
|--|--------------------------|
| - 1 directeur de société | - 6 techniciens |
| - 2 chefs d'agence (Bretagne et Aisne) | - 1 dessinateur d'études |
| - 2 responsables de service | - 1 comptable |
| - 8 ingénieurs | - 1 secrétaire |

L'organigramme de l'entreprise est présenté en annexe.

ACTIVITES

La société effectue des études concernant l'environnement, l'eau, l'assainissement, l'alimentation en eau potable et le traitement des eaux en vue de leurs utilisations pour tous usages domestiques, agricoles et industriels.

Cette entreprise s'est ainsi développée autour de 3 services :

- un service **Hydraulique Urbaine**, activité première de l'entreprise
- un service **Environnement**, créée en 1996
- un service **Voirie Réseaux Divers (VRD) – Maîtrise d'œuvre**, créée en 1998

Le service Hydraulique Urbaine est le plus développé (figure 1), il compte 14 personnes contre 4 dans le service VRD et 2 dans le service Environnement.

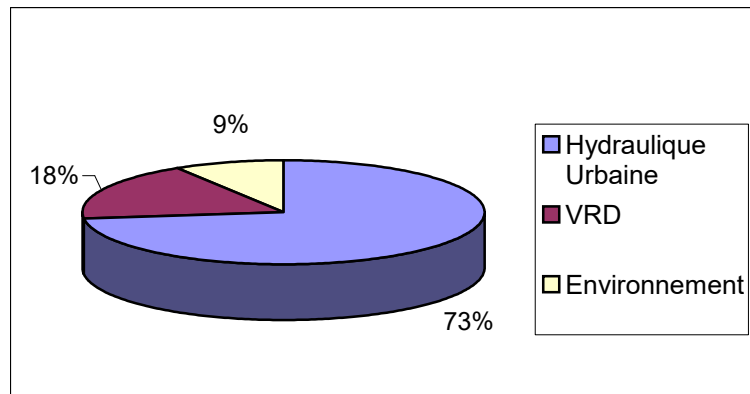


Figure 1 : Proportion d'études réalisées par chaque service (par rapport au nombre d'études totales)

Depuis sa création en 1994, le bureau d'études, B3E, a toujours cherché à valoriser la qualité des prestations livrées à ses clients. En conséquence, la société s'est engagée dans une démarche qualité afin d'aboutir à la certification ISO 9001. B3E est certifié ISO 9001 version 2000 depuis le 9 mars 2004. Cette certification permet :

- de répondre aux impératifs de sécurité et de fiabilité exigés pour les ouvrages et installations concernés par les prestations,
- de satisfaire à tous les règlements, codes et normes applicables.

LE SERVICE ENVIRONNEMENT

Les domaines d'intervention du service Environnement sont l'étude et l'aménagement des milieux naturels.

Évaluation des impacts environnementaux

La société est sollicitée pour évaluer l'impact de travaux sur l'environnement et en particulier sur les milieux aquatiques. Ces prestations s'intègrent généralement dans un cadre réglementaire nécessitant des dossiers administratifs et techniques (études d'impact, dossiers d'autorisation et de déclaration). B3E est notamment spécialisée dans la rédaction de dossiers relatifs à la « Loi sur l'eau » s'inscrivant dans le cadre de différents projets :

- projet d'aménagement ou d'urbanisme
- autorisation de rejets
- opération de curage
- construction de station d'épuration

Diagnostic de milieux aquatiques

Le service Environnement procède également à des expertises et des suivis de milieux aquatiques à différentes échelles.

- Études de suivi de rivières
- Études globale de bassins versants (SAGE, contrat de rivière...)
- État initial avant aménagement

LE SERVICE HYDRAULIQUE URBAINE

Ce service effectue principalement quatre types d'études :

1. Diagnostic de réseaux d'assainissement,
2. Étude de schémas directeurs d'assainissement et d'eau potable,
3. Étude parcellaire,
4. Etude hydraulique

Ses missions concernent à 90% le domaine des eaux usées, à 5% les milieux aquatiques (rivières) et l'alimentation en eau potable.

LE SERVICE MAÎTRISE D'ŒUVRE VOIRIE RESEAUX DIVERS

Ce service effectue plusieurs types d'études :

- Maîtrise d'œuvre complète de STEP, de bassins de dépollution, de réseaux d'eaux pluviales, de réseaux d'assainissement,...
- Ordonnancement, pilotage et coordination de travaux,
- État des lieux et diagnostics d'ouvrages : postes de relevage, déversoirs d'orage, STEP, lagunage,
- Missions de voirie (études de stationnement, aménagement et sécurisation de parkings, enfouissement des réseaux...).

SITUATION PERSONNELLE AU SEIN DE L'ENTREPRISE

B3E travaille régulièrement avec de nombreux stagiaires formés tout au long de l'année. Ceux-ci sont répartis dans les services suivant leurs formations et les besoins de l'entreprise. Pour ma part, j'ai été affecté au service Environnement, au siège de la société à Rueil-Malmaison. Ce service regroupe deux ingénieurs : Valérie POULAIN, responsable du service qui s'occupe principalement de l'activité commerciale, et Véronique LEVASSOR, ingénieur écologue chargée d'études qui a encadré mon travail pendant les 5 mois de stage

1ERE PARTIE : ETAT DES LIEUX – LE CAS DE L'YERRES

1. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

Dans le cadre de son Contrat de Bassin 2001-2005, le S.I.A.R.V (Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement de la Région de Villeneuve-Saint-Georges) développe des actions destinées à parfaire sa connaissance de l'Yerres et de ses affluents dont elle a la gestion et l'entretien sur la partie aval. L'Étude Préalable à l'Aménagement Global des Rivières (EPAGR) est un dispositif mis en place par le Conseil Général de l'Essonne permettant de développer de telles actions.

La société B3E a été missionnée par le SIARV pour réaliser l'EPAGR de l'Yerres.

L'EPAGR se déroule en plusieurs étapes. La première phase de l'étude, objet de cette première partie, a pour but de réaliser le diagnostic de l'état et du fonctionnement actuel de l'Yerres. Ce diagnostic permettra ensuite d'élaborer un plan global d'aménagement qui vise à résoudre les problèmes existants. Les axes de recherches définis par le SIARV sont :

- La préservation et l'amélioration de la qualité des eaux superficielles et souterraines
- la lutte contre les inondations
- la restauration et l'entretien du lit et des berges pour améliorer la qualité écologique
- la protection et la valorisation du patrimoine naturel et architectural de la rivière

2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

L'élaboration d'un état des lieux représente généralement l'étape la plus longue des études d'aménagement. De nombreuses données doivent être collectées, triées, ordonnées puis synthétisées. Cette étape comprend fréquemment :

- la collecte de données auprès des organismes et administrations concernés,
- la recherche et la synthèse des études bibliographiques déjà menées,
- des enquêtes auprès des communes et riverains,
- des reconnaissances détaillées de terrain.

Le SIARV a, depuis sa création, collecté de nombreuses données et effectué de multiples études dans le but d'améliorer sa connaissance de l'hydrosystème « Yerres ». Aucune enquête de terrain n'a donc été prévue dans le cahier des charges puisque le SIARV s'est engagé à fournir la totalité des données nécessaires à l'élaboration de cette première phase.

Ma mission a donc été de mener à bien cette synthèse afin de dégager les problèmes existants sur l'Yerres et le Réveillon.

Cette synthèse s'articule autour de sept thèmes majeurs :

- | | |
|--|--------------------------------------|
| - Hydrologie | - État des berges et du lit |
| - Hydraulique | - Patrimoine naturel |
| - Qualité de l'eau | - Patrimoine culturel et touristique |
| - Inventaires des risques de pollution | |

L'orientation de mes travaux a concerné plus particulièrement les thématiques « Qualité de l'eau » et « État des berges et du lit ». En effet, ces deux volets nécessitaient un gros travail d'analyse de données notamment en physico-chimie et en hydrobiologie.

Je vous présenterai donc, dans cette partie, les principaux résultats des différentes thématiques développées dans cette étude, en insistant plus particulièrement sur les volets précédemment cités.

La liste des ouvrages et des sources d'information qui ont été utilisés pour mener à bien cette étude est présentée dans la bibliographie.

3. PRESENTATION GENERALE DE L'YERRES ET DE LA ZONE D'ETUDE

3.1. PRESENTATION DE L'YERRES

3.1.1. Situation géographique

L'Yerres, rivière non domaniale, est un affluent de la Seine. Elle prend sa source en Seine-et-Marne (77) aux Etangs de Guerlande, sur la commune de Hautefeuille. Elle traverse 32 communes dont dans deux départements : la Seine-et-Marne (77) et de l'Essonne (91). Après un parcours long de 83 kilomètres, orientée nord-sud dans un premier temps puis d'est-ouest dans un deuxième temps, elle se jette dans la Seine au niveau de Villeneuve St Georges. La dénivellation est de 79 m et la pente moyenne de 0,09 % (SAFEGE, 1992).

3.1.2. Aire d'étude : le territoire du SIARV

L'EPAGR concerne les 14 communes riveraines de l'Yerres et du Réveillon, son principal affluent, situées dans le périmètre du SIARV (*Carte 1, Tableau I*).

Les communes¹ membres du Syndicat sont :

Tableau I : Liste des communes membres du SIARV

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| BOUSSY-SAINT-ANTOINE (91) | QUINCY-SOUS-SENART (91) |
| BRUNOY (91) | SANTENY (94) |
| CROSNE (91) | VALENTON (94) |
| DRAVEIL (91) | VARENNES-JARCY (91) |
| EPINAY-SOUS-SENART (91) | VIGNEUX-SUR-SEINE (91) |
| MANDRES-LES-ROSES (94) | VILLECRESNES (94) |
| MAROLLES-EN-BRIE (94) | VILLENEUVE-SAINT-GEORGES (94) |
| MONTGERON (91) | YERRES (91) |
| PERIGNY-SUR-YERRES (94) | |

¹ Draveil, Valenton et Vigneux font partie du SIARV mais ne sont traversées ni par l'Yerres, ni par le Réveillon.

3.2. RESEAU HYDROGRAPHIQUE

3.2.1. L'Yerres

Les principaux affluents de l'Yerres sont, d'amont en aval : la Visandre (RG), le ru de la Tessonnière (RG), l'Yvron (RG), le Bréon (RD), la Marsange (RD), le ru d'Avron (RG) et le Réveillon (RD), principal affluent de l'Yerres sur le territoire du syndicat.

Outre le Réveillon, l'Yerres possède trois autres affluents dans sa partie aval :

- Le **ru d'Oly** : il prend sa source dans la forêt de Sénart puis traverse les communes de Vigneux sur Seine, Montgeron et Villeneuve-St-Georges avant de se jeter dans l'Yerres peu avant la confluence avec la Seine. Ce ru est largement canalisé dans sa partie urbaine et est plus considéré comme un collecteur pluvial que comme un cours d'eau naturel.
- Le **ru du fossé de l'étang** traverse Périgny-sur-Yerres où il draine en majorité des terrains agricoles.
- Le **Fossé Daniel** qui prend sa source dans la forêt de Sénart avant de se jeter dans l'Yerres à Epinay-sous-Sénart.

Le réseau hydrographique de l'Yerres aval est présenté *carte 1*.

La structure géométrique du réseau hydrographique est essentielle dans la compréhension du régime hydrologique. C'est un des facteurs principaux qui déterminent la réaction du système face à des épisodes de crues. Le réseau hydrographique de l'Yerres se caractérise par une sa forme allongée de type « peuplier » mais présente aussi une zone de confluence multiples. En effet, l'Yerres reçoit les apports de 3 affluents successifs : le Bréon, la Marsange et le ru d'Avron sur une distance de 6,4 km.

Cette structure mixte a pour conséquence la genèse d'épisodes de crue de type « intermédiaire » : la crue se caractérisera à la fois par un pic ponctuel de forte amplitude résultant de la triple confluence ru d'Avron/Bréon/Marsange et par une longue durée en relation avec les apports successifs des autres affluents (voir le chapitre 4).

3.2.2. Le Réveillon

La surface totale du bassin versant du Réveillon est de 97 km² (dont 64 km² en Seine et Marne et 33 km² dans le Val de Marne). La partie amont du bassin versant est plutôt agricole et l'environnement devient de plus en plus urbanisé vers l'aval. La densité de population y est assez élevée.

L'alimentation du réseau hydrographique du Réveillon provient :

- en majeure partie d'une multitude de chenaux de drainage forestier probablement alimentées des eaux de résurgence de la nappe calcaire de Brie,
- des collecteurs d'eaux pluviales,
- des eaux de ruissellement liées à l'imperméabilisation des surfaces dans les zones urbaines,
- et des rejets d'eau traitées par les stations d'épuration (Lésigny et les Clos).

Le Réveillon possède 8 affluents dont deux sont situés dans le territoire du SIARV :

- le ru de la Fontaine du camp prend sa source à Villecresnes et recevait anciennement les eaux de trop plein de pièces d'eaux privées
- le ru du Bois St-Leu draine des eaux provenant des terrains cultivés sur Mandres-les-Roses et Villecresnes sans avoir de source permanente

On trouve tout le long du Réveillon de nombreux plans d'eau qui sont en relation directe avec la rivière. Ils constituent des zones de décantation et conservent pour certains une fonction d'écrêteur de crues. Néanmoins, la qualité y est fortement dégradée due à une forte eutrophisation.

3.3. TOPOGRAPHIE

Le bassin versant de l'Yerres est constitué de plateaux légèrement incliné vers le S-SW, aux surfaces relativement planes et entaillés par les vallées de l'Yerres et de ses affluents. Les altitudes pour les plateaux du bassin versant varient entre 175 m et 75 m d'amont en aval. L'encaissement de la vallée varie entre 30 et 50 m, le maximum étant obtenu à la confluence de l'Yerres avec la Seine (voir figure 2, page ci-contre).

3.4. CLIMAT

Le bassin versant de l'Yerres possède un climat océanique, tempéré et humide. Les pluies sont réparties uniformément sur l'année avec une pointe automnale (*figure 3*). Il tombe en moyenne 600 à 700 mm par an et le nombre de jours de pluie par an varie de 160 à 180. Les valeurs de températures moyennes mensuelles fluctuent entre un minimum de 4°C en hiver et un maximum de 20°C l'été.

3.5. GEOLOGIE

La géologie du bassin versant de l'Yerres correspond au plateau sédimentaire de la Brie et se caractérise par une alternance de couches dures calcaires (Calcaires de Brie) et des couches tendres sableuses, argileuses ou limoneuses. Ainsi les terrains durs composent les surfaces tabulaires ou les plateaux, alors que les vallées sont incisées dans des terrains plus tendres.

La vallée présente, de part la présence des calcaires, une tendance à la karstification, qui explique l'existence de la nappe puissante de Champigny.

Le territoire du SIARV est caractérisé par un substratum composé de treize formations affleurantes ou subaffleurantes sous un recouvrement limono-argileux.

Sept horizons principaux peuvent être distingués sur le bassin versant de l'Yerres (*Carte 2*).

3.6. HYDROGEOLOGIE

Deux aquifères d'extension régionale affleurent dans le bassin de l'Yerres, au niveau des calcaires de Brie et de Champigny (*figure 4*). L'aquifère de Brie est peu étendu et de faible épaisseur. Il concerne la zone des plateaux et repose sur les Argiles vertes. Cette nappe est surtout utilisée pour l'agriculture.

Le deuxième aquifère est celui des calcaires de Champigny. Il s'agit de la nappe la plus importante de la région que nous allons détailler dans la partie suivante. Cette nappe est très exploitée, d'une part, pour l'alimentation en eau potable mais aussi pour l'industrie et l'agriculture.

3.6.1. La nappe de Champigny

La nappe des Calcaires de Champigny se présente comme un réservoir de type multicouche, c'est à dire un ensemble de couches superposées perméables et semi-perméables.

L'Yerres a entaillé profondément les Calcaires de Brie jusqu'aux Calcaires de Champigny si bien que le niveau piézométrique de la nappe dépasse celui de la rivière. Par conséquent, les relations entre la nappe et la rivière sont importantes et à double sens : il existe une alimentation de la nappe par la rivière, mais aussi une alimentation de la rivière par la nappe.

3.6.2. L'alimentation de la nappe

Les infiltrations s'effectuent à peu près partout dans le réseau hydrographique par l'intermédiaire des pertes s'effectuant à travers le lit des rivières (figure 5). Il en résulte des pertes de débit notamment dans les affluents.

La nappe de Champigny est donc alimentée par :

- Les pertes des rivières (85%), par alimentation hivernale principalement,
- Les zones d'infiltrations (par des petites dépressions fermées, les mardelles, ou les gouffres dans lesquels des ruisseaux disparaissent),
- La drainance de la Brie qui est constante de l'été à l'hiver.

3.6.3. Les zones de résurgence

En contrepartie des zones d'infiltrations, des zones de résurgences existent dans la basse vallée de l'Yerres. Ces zones de résurgences permettent à leur tour de soutenir les débits des rivières lorsque le niveau de la nappe le permet. Elles servent notamment à maintenir les débits d'étiage (les résurgences les plus prononcées se situent en période estivale) et à assurer les débits moyens.

3.6.4. Le niveau de la nappe

Ces résurgences étaient quasi-inexistantes jusqu'en 1991 (SAFEGE d'après une modélisation mathématique des débits moyens mensuels des résurgences). La remontée des niveaux piézométriques depuis 1994 pourrait s'accompagner d'un retour des résurgences. Les niveaux piézométriques enregistrés au point de captage de Férolles-atilly sont présentés en *annexe 1*. Les variations de la nappe de Champigny ont donc des conséquences relativement importantes sur les débits de l'Yerres en partie aval.

3.7. GEOMORPHOLOGIE

Le relief général du bassin versant de l'Yerres résulte de l'incision du cours d'eau dans le Calcaire de Brie puis dans le calcaire de Champigny.

Les fonds de vallée sont recouverts de dépôts fluviatiles anciens : alluvions caillouteuses et sablo-caillouteuses des hautes et basses terrasses respectivement. La présence des terrasses successives reflète une dynamique progressive d'encaissement de la rivière. La composition granulométrique des terrasses se caractérise par une baisse de la taille des matériaux transportés des terrasses anciennes aux terrasses les plus récentes.

Le style fluvial de l'Yerres se caractérise par une augmentation de la stabilité relative d'amont en aval avec le passage progressif d'un chenal rectiligne vers un chenal en méandres. On observe une augmentation de l'indice de sinuosité et de la longueur d'onde des méandres d'amont en aval sauf pour la dernière section avant la confluence : les boucles de Brunoy et de Yerres connaissent des amplitudes plus réduites (GOIX E., 1999). Les méandres les mieux dessinés se trouvent donc dans le cours moyen et aval , après que l'Yerres ait reçu ses principaux affluents. A l'entrée dans le territoire du SIARV, le cours d'eau présentent de nombreux bras secondaires (environ 7,5 km) en plus des 22 km du chenal principal. Ils possèdent pour l'essentiel une origine naturelle mais certains sont anthropiques (créés pour alimenter de façon régulière des moulins, voir § 3.2.2).

La plaine alluviale de l'Yerres, sous tendue par les alluvions anciennes et modernes, fait en moyenne 150 à 400 m de large à la sortie de la boucle de Boussy. Sa largeur augmente notablement (600 m en moyenne, le long de la boucle de Brunoy) jusqu'à l'entrée de la plaine de Chalandray où elle est maximale (900 m environ).

3.8. OCCUPATION DU SOL

3.8.1. Le mode d'occupation du sol

Le bassin versant de l'Yerres est occupée à 60% par des grandes cultures. Elles se situent principalement dans la partie amont du cours d'eau. Les forêts (Crécy, Armanvillers, Notre-Dame, Sénart) et les zones boisées recouvrent 23% de la surface. La partie urbanisée, ne représente que 6% du territoire. L'urbanisation se densifie de l'amont vers l'aval, proportionnellement aux équipements et aux transports.

Le territoire du S.I.A.R.V. correspond à la zone la plus urbanisée du bassin versant de l'Yerres. Les zones urbanisées représentent presque la moitié de sa surface. Les cultures n'occupent que 11%. Les espaces naturels s'étendent sur 31% du territoire (*Tableau II*).

Tableau II : Mode d'occupation du sol du S.I.A.R.V (d'après données du SIARV)

| Catégorie | Surface | Coefficient de ruissellement |
|------------------|---------|------------------------------|
| Espaces naturels | 31% | $0.01 < C < 0.08$ |
| Surface agricole | 11% | $0.06 < C < 0.10$ |
| Parcs et jardins | 8% | $0.05 < C < 0.25$ |
| Eau | 3% | |
| Espaces vacants | 3% | $0.05 < C < 0.25$ |
| Habitat | 44% | $0.30 < C < 0.95$ |

Les communes de la partie amont du territoire sont les moins urbanisées : Varennes, Périgny, Mandres, Boussy, Epinay, Marolles et Santeny.

Le tissu urbain est composé principalement de pavillons individuels et d'immeubles de petite taille. De nombreuses zones du lit majeur ont été remblayée, afin de permettre diverses constructions ce qui modifie la dynamique naturelle de la rivière. Il subsiste néanmoins quelques espaces verts dans les centres villes.

Au niveau des lits majeurs de l'Yerres et du Réveillon, on observe le plus souvent des espaces verts, plus ou moins entretenus, des prairies, des bois. Ces zones sont le plus souvent inondables et non constructibles. Ces terrains bénéficient pour la plupart de mesures de protections.

La surface imperméabilisée de l'ensemble du Syndicat s'élève à environ 1830 ha (SAFEGE, 1994).

3.8.2. La population du SIARV

La densité de la population du S.I.A.R.V. est de 2014 habitants au km². Les communes les plus importantes sont Brunoy, Crosne, Épinay et Yerres, le long de l'Yerres. Les moins importantes sont Santeny, Périgny et Varennes (*Carte 3, figure 6*).

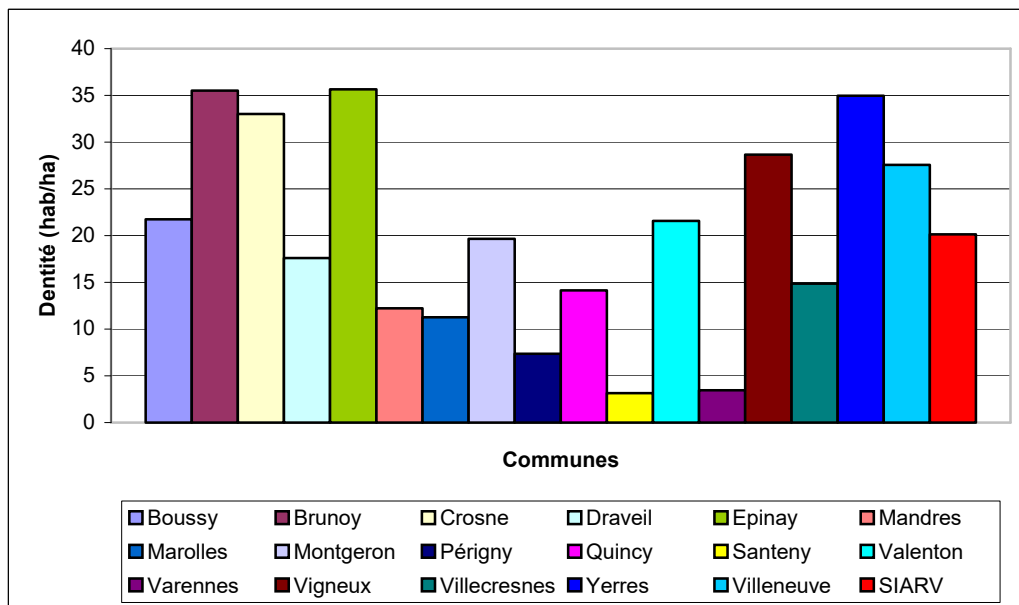


Figure 6 : Densité de la population (d'après données du SIARV)

La répartition de la population et la localisation des zones les plus peuplées constituent un paramètre important dans la gestion des crues. Ils déterminent les zones particulièrement sensibles et donc à protéger en priorité.

3.9. CONCLUSION

L'Yerres est un cours d'eau de plaine profondément marqué par l'Homme. La partie aval constitue un espace fortement urbanisé qu'il est important de prendre en considération dans le volet consacré à l'hydrologie. L'implantation de l'homme dans la vallée (aménagements, protection contre les inondations, usages de l'eau) modifie la dynamique naturelle de la rivière. Au niveau de la genèse des crues, d'une part, les écoulements seront modifiés de par l'imperméabilisation des surfaces ; d'autre part, les enjeux économiques et humains vont déterminer la gestion du problème des inondations (zones à inonder préférentiellement et celle à protéger en priorité). Le problème devra donc être appréhendé à l'échelle du bassin versant.

4. ETUDE HYDROLOGIQUE

4.1. ÉTUDE DES APPORTS PLUVIAUX

Les communes du territoire du SIARV couvrent une surface globale de 10 000 ha dont 5 400 sont urbanisés. La surface imperméabilisée totale du Syndicat est importante puisqu'elle s'élève à environ 1 900 ha.

Ceci a pour conséquence un renforcement du ruissellement le long des versants et multiplie ainsi le risque des crues dans la vallée de l'Yerres aval lors de fortes averses. D'une part, le volume d'eau ruisselée est supérieur à ce qu'il serait naturellement et, d'autre part, l'écoulement en collecteur est rapide, ce qui conduit à un accroissement brutal du débit de pointe.

4.1.1. Débits apportés

Dans le cadre du schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales, l'ensemble des zones urbanisées de quinze communes du SIARV (les communes de Servon et Santeny ne faisaient pas encore partie du syndicat) a été décomposé en bassins versants élémentaires. Ce découpage est présenté en *annexe 2*.

Une modélisation hydrologique et hydraulique a ensuite été effectuée afin d'évaluer les apports de chaque bassin versant au milieu récepteur. Les pluies de projet utilisées dans cette étude correspondent à des événements pluvieux de période de retour d'un mois, d'un an et 10 ans. Ainsi, les débits de pointe et les volumes écoulés des 120 points de rejets les plus importants sont présentés en *annexe 4*.

4.1.2. Localisation des rejets

Le système d'assainissement pluvial du SIARV est caractérisé par un nombre important de rejets. L'opération de recensement des rejets dans l'Yerres entreprise en 1991 par le syndicat a permis de dénombrer 650 points de rejets dans l'Yerres et 60 points de rejets dans le Réveillon. La carte en *annexe 3* présente la densité des rejets le long de l'Yerres et du Réveillon. Les plus forte densités de rejets s'observent au niveau des communes les plus urbanisées (à l'aval) et qui possèdent par conséquent plus de surfaces imperméabilisées.

4.2. DEBITS CARACTERISTIQUES

La caractérisation du régime hydrologique d'un cours d'eau passe par l'étude des débits caractéristiques. Le débit annuel moyen de l'Yerres à Courtomer est de $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (DIREN IDF, 1967-2004) mais en période d'étiage, le débit chute à $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$. D'autre part, l'utilisation des débits permet de caractériser des épisodes de crues et de déterminer leur période de retour. Les débits maximaux instantanés (observés ou calculés) pour différentes crues sur l'Yerres et le Réveillon sont présentés dans le *Tableau III*.

4.3. REGIME HYDROLOGIQUE

Le régime hydrologique de l'Yerres est caractérisé par :

- une double saison : les crues subites surviennent en hiver ou au début du printemps (d'octobre à mars) ; en période d'étiage, les écoulements sont très réduits du fait des infiltrations dans la nappe de Champigny qui affectent une bonne partie du cours de l'Yerres. Le lit de la rivière est partiellement asséché, en particulier entre Soignolles-en-Brie et Grégy-sur-Yerres.
- une variabilité inter-annuelle très marquée : en période hivernale, les épisodes de crues sont fréquents mais très irréguliers selon les années.

Les crues annuelles de l'Yerres se caractérisent par de fortes montées de niveau d'eau, accompagnées de débordements sans conséquences économiques majeures. Leur genèse résulte de la combinaison complexe des caractères physiques globaux du bassin versant auxquels s'ajoutent le contexte particulier de la crue. Les facteurs intervenant sont donc multiples mais une approche climatologique a permis de mettre en évidence la prépondérance du facteur pluviométrique dans la genèse des crues sur le bassin versant de l'Yerres (LEFORT S., 1998). Les paramètres favorables à la formation des crues de l'Yerres sont présentés dans le *tableau IV*.

Le temps de réponse de la rivière face à un épisode pluvieux intense est assez rapide (de 1 à 3 j), d'où des crues subites. Le temps de propagation des crues entre l'amont et l'aval oscille entre 6 heures et une journée. Ce temps est calculé à partir des débits maximums observés à Courtomer (amont) et ceux observés à l'entrée du département de l'Essonne au niveau du Pont Massat à Boussy Saint Antoine (aval).

4.4. CRUES DE L'YERRES ET INONDATIONS

La crue de mars 1978 constitue l'événement hydrologique le plus intense qu'ait connu l'Yerres ces dernières décennies. D'une période de retour de 35 ans, elle constitue la crue de référence. Deux ondes de crue se sont succédées. La première, d'une amplitude de 30,9 m³/s à Courtomer, a été atteinte le 17 mars 1978 et a été suivie quatre jours plus tard, par une seconde onde, plus importante, d'un débit de 62,5 m³/s.

L'Yerres est régulièrement soumise à des épisodes de crues : en moyenne 3 par an mais la majorité sont de faibles importance, de période de retour annuelle.

De multiples facteurs sont à prendre en considération (voir § 4.3) pour expliquer l'importance des crues, des inondations et leur extension. Cependant, les inondations les plus dommageables résultent de la concordance entre les crues de l'Yerres et celles de la Seine, particulièrement en période hivernale (comme ce fut le cas en mars 1978). En effet, dès la station de Courtomer, les crues sont déjà bien formées. Celles-ci vont se propager vers l'aval et recevoir quelques affluents importants qui vont venir grossir le débit. Bien que les débordements soient fréquents sur tout le cours de l'Yerres, les inondations sont très courantes et quasi générales dans le bassin aval où elles prennent une importance grave du fait de l'urbanisation importante. Les sols sont très imperméabilisés et la basse vallée est sensible aux remontées des niveaux d'eau de la Seine.

4.4.1. Les zones d'inondations

Lors des crues les plus importantes, le débordement de la rivière affecte l'ensemble de la vallée, mais de façon inégale quant à son ampleur et ses conséquences (opposition amont/aval de l'occupation du sol).

Les débordements les plus importants se situent dans les zones les plus larges de la vallée : vaste plaine d'inondation à topographie plane et dépourvue d'obstacle.

Dans la zone amont du bassin versant, les débordements affectent les zones cultivées sur la plupart du cours. Les principaux secteurs d'expansion naturelle des crues ont été recensés pour *l'Etude préliminaire à l'aménagement intégré de la rivière Yerres et de ses affluents* (SAFEGE, 1992). Certains ont été retenus comme sites potentiels de retenues temporaires des eaux lors de périodes de crue (voir § 4.4.2).

En aval, ces inondations apparaissent notamment au niveau des lobes des méandres.

4.4.2. Dispositif de gestion des crues

Différentes études ont été menées afin de définir les stratégies les mieux adaptées pour lutter contre les inondations. Une première solution consistait à favoriser l'écoulement du flux vers l'aval dans le but de réduire les surfaces urbanisées inondées. La concomitance des crues de la Seine et de l'Yerres ne permettait pas de choisir cette solution, l'écoulement de la rivière étant bloqué par celui du fleuve. La stratégie de régulation des écoulements la plus adaptée semblait donc être la rétention en amont.

Le débit de crue quinquennale à l'entrée du territoire du SIARV est de $60\text{m}^3/\text{s}$. Cependant, l'objectif du SIARV afin de protéger le cours aval de l'Yerres, est de limiter le débit de crue cinquantennale à $60\text{m}^3/\text{s}$. Dans cette optique, l'étude menée par SAFEGE (1992) propose la mise en place deux types d'ouvrages sur la **partie amont de l'Yerres** :

- des clapets mobiles : en plus des 8 barrages à clapets mobiles déjà en place sur le territoire du SIARV, l'aménagement de 7 ouvrages supplémentaires a été envisagé. Afin de limiter l'impact morphodynamique, les sites sont choisis de façon à installer les nouveaux clapets sur des seuils fixes préexistants. Ces barrages ne seraient néanmoins efficaces que pour des crues inférieures à la crue vicennale.
- et des zones d'expansion des crues : pour les crues les plus importantes, il a été projeté d'exploiter les zones d'expansion naturelle des crues. 17 sites potentiels ont été recensés.

Aucun des aménagements proposés n'a encore été réalisé. Les sites potentiels sont listés et localisés en *annexe 5*.

4.4.2.1. Système de télégestion

Le SIARV a construit huit barrages à clapets mobiles afin de réduire les risques d'inondation. Ces ouvrages ainsi que 43 autres postes (des stations de mesures, des postes anti-crues, des dépollueurs, des bassins d'eaux pluviales...) sont télégérés. Ils indiquent en temps réel, les niveaux d'eau de chaque bief, ce qui permet un gain de temps considérable dans la gestion des épisodes de crues. Le principe de télégestion est présentée en *annexe 6*.

Les ouvrages sont reliés au service "Télégestion et Maintenance" du S.I.A.R.V, situé à Montgeron (91). Les premiers ouvrages télégérés ont été mis en service en 1999. De nouveaux ouvrages sont en cours de raccordements.

4.4.2.2. *Le SIRYAC*

En complément du système de télégestion, le Système d'Information des Riverains de l'Yerres pour l'Alerte de Crue (SIRYAC) a été créé. Le SIRYAC est une avancée dans le dispositif de lutte contre les inondations et de leurs effets. Un serveur envoie par fax un bulletin d'alerte de crue aux services de secours, aux Préfets et aux Communes. D'autre part les riverains sont prévenus du risque par téléphone. Ces messages sont délivrés à un rythme plus ou moins soutenu en fonction de l'évolution de la situation.

Ainsi, il s'intègre naturellement au sein des dispositifs mis en place par les pouvoirs publics en cas de crise et devrait être étendu aux riverains du Réveillon, notamment sur les communes de Santeny et Marolles.

Le système de télégestion et le SYRIAC devraient être étendus sur la partie amont de l'Yerres.

4.5. CONCLUSION

Le régime hydrologique de l'Yerres est complexe et les épisodes de crues dépendent de la combinaison de facteurs très divers qui composent le bassin-versant.

Le régime assez régulier s'explique, d'une part par la répartition des précipitations et, d'autre part, par la présence de la craie qui réserve et restitue l'eau tout au long de l'année. Cependant, les crues de l'Yerres sont fréquentes (en moyenne 3 par an) et les étiages sévères. La majorité des crues sont de faible importance (de période de retour annuelle).

Les fortes crues sont plus rares mais ont des conséquences économiques très importantes. Les fortes influences humaines (multiplicité des seuils, enrochement, endiguement, imperméabilisation des sols...) surtout sur l'aval du cours perturbent les écoulements et viennent amplifier le phénomène dans le sens d'un accroissement de l'intensité et de la fréquence des inondations.

Les conséquences de la pression anthropique dans la vallée sont également perceptibles au niveau de la qualité de l'eau comme nous allons l'aborder dans le chapitre suivant.

5. QUALITE DE L'EAU

Le S.I.A.R.V. a pour priorité la diminution des apports polluants au milieu naturel. Le suivi de la qualité de l'Yerres et du Réveillon est donc essentiel pour mesurer l'impact des efforts et des travaux d'assainissement entrepris. Le suivi de la qualité est effectif depuis 1994.

L'objectif de qualité de l'Yerres et du Réveillon selon SDAGE du bassin Seine-Normandie est passable (jaune). Cependant, le S.I.A.R.V. s'est fixé lors du contrat Yerres Belle Rivière, un objectif plus ambitieux, une qualité bonne (vert).

Ces objectifs ont pour but d'assurer :

- la protection de la qualité de la Seine aux endroits des prises d'eau pour la région Parisienne.
- la protection des eaux souterraines et tout particulièrement la nappe de Champigny.
- la préservation de la vocation piscicole
- la garantie d'une rivière de bonne qualité dans un environnement urbain

5.1. METHODOLOGIE

Les méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau relèvent de deux approches différentes mais complémentaires :

- La démarche physico-chimique qui consiste à caractériser les perturbations par leurs causes et, en l'occurrence, la présence d'éléments polluants.
- La démarche biocénotique qui vise à caractériser les perturbations par leurs effets sur les communautés en place.

5.1.1. Origine des données

Depuis la création de son laboratoire en 1994, le SIARV réalise des campagnes de mesures. Ces campagnes concernent les analyses suivantes :

- Analyse physico-chimique et bactériologique de la qualité de l'eau : 5 campagnes effectuées par an, en mars, juin, juillet, août, septembre et décembre.
- Analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques (IBGN) : une campagne effectuée par an, le plus souvent à l'étiage (entre juin et septembre), lorsque les conditions hydrologiques sont les moins contraignantes.

En complément de ces campagnes de mesures, le SIARV confie depuis 1999 le suivi des peuplements de diatomées au bureau d'études AQUASCOP. Quatre campagnes d'analyses sont effectuées en mars, juin, octobre et décembre.

De plus, le Conseil Supérieur de la pêche réalise depuis 1996 des inventaires des peuplements piscicoles de l'Yerres et du Réveillon.

J'ai été chargé d'analyser les résultats des campagnes physico-chimiques et des campagnes IBGN. Mon travail a également consisté à réaliser une synthèse des études menées sur les peuplements diatomiques et piscicoles.

5.1.2. Stations de suivi

Les analyses sont effectuées sur 13 stations différentes. Huit sont réparties sur le cours aval de l'Yerres et cinq sont situées sur le Réveillon. La liste des stations de suivi est présentée dans le *tableau V*.

5.2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

5.2.1. Généralités

La qualité physico-chimique des rivières est estimée par la méthode du SEQ-Eau. Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau, élaboré par les Agences de l'eau est fondé sur la notion d'altération. Il distingue 15 altérations de la qualité de l'eau, chacune regroupant des paramètres de même nature ou de même effet. Pour chaque altération, la qualité de l'eau est décrite avec un indice et 5 classes de qualité utilisant la représentation classique à 5 couleurs. Ces classes de qualité sont déterminés à partir des différentes aptitudes de l'eau : biologique, production d'eau potable, loisirs et sports aquatiques, considérés comme les usages principaux.

Les différentes altérations et les paramètres associés ainsi que les règles de calcul utilisées (filtrage sur incertitude analytique, méthode d'évaluation de la qualité sur une période...) sont présentées en *annexe 7*.

5.2.2. Physico-chimie des eaux de l'Yerres

Les classes et indices de qualité ont été déterminés pour chaque paramètres et altérations (période 1994-1998, période 1998-2002, et 2003) et sont présentés en *annexe 7*.

5.2.2.1. Qualité en 2003

Les phénomènes de résurgences de la nappe de Champigny (notamment en période estivale) explique certaines caractéristiques de l'eau de l'Yerres. C'est un cours d'eau bien minéralisé (conductivité comprise entre 412 et 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lors des campagnes de 2003) et le pH, légèrement basique, traduit une situation normale pour un bassin versant calcaire (Tableau VI).

L'Yerres présente des concentrations en ammoniacque relativement faible (qualité « bonne ») qui varie de 0 (valeur normale en rivière) à 0,43 mgNH_4^+/l . En revanche, l'Yerres est perturbée dès son entrée dans le territoire du SIARV par des concentrations très fortes en nitrates et en phosphates atteignant respectivement 31,2 mgNO_3^-/l et 1,38 $\text{mgPO}_4^{3-}/\text{l}$ sur la station de Combs-la-ville, ce qui constitue une forte pollution et contribue à déclasser l'eau de l'Yerres en qualité « mauvaise ». Compte-tenu de l'absence de rejets polluants d'origine domestique (confirmé par les faibles valeurs en ammoniacque observées dans l'eau), le phosphore analysé proviendrait (comme pour les nitrates) des activités agricoles.

Ces apports en nutriments provoquent des phénomènes de dystrophisation des eaux se traduisant en période estivale par un développement important de la végétation aquatique (voir §) qui consomment ces éléments. Parallèlement, cette masse végétale conduit lorsqu'elle se décompose à une augmentation de la charge naturelle de l'écosystème en matières organiques biodégradables. Les bactéries aérobies qui s'en nourrissent prolifèrent à leur tour provoquant une baisse de la concentration en oxygène dissous dans l'eau. Les teneurs en azote et en phosphore retrouvent des valeurs élevées dès la fin de l'été.

Cependant, la qualité des eaux s'améliorent progressivement vers l'aval (qualité « passable » lorsque celles-ci rejoignent les eaux de la Seine) grâce au pouvoir auto-épurateur du cours d'eau : les matières organiques et oxydables gagnent deux classes de qualité passant de « mauvaise » à « bonne ». Les concentrations en nitrates et en phosphates diminuent également (gain d'une classe de qualité), mais ces paramètres restent néanmoins les plus déclassants pour la qualité générale de l'Yerres aval.

5.2.2.2. Évolution de la qualité depuis 1994

Pendant la période 1994-1998, les eaux entrant sur le territoire du SIARV sont très dégradées (qualité « très mauvaise »). Sur la station de Combs-la-ville, les concentrations en phosphates atteignent **4 mg/l** et les teneurs en azote sont extrêmement fortes (plus de **50 mgNO₃⁻/l** et jusqu'à **5,2 mgNH₄⁺/l** et **3,2 mgNO₂⁻/l**, composé toxique pour les organismes aquatiques) constituant une pollution importante par eutrophisation. Malgré l'amélioration de certains paramètres vers l'aval, la qualité globale de l'eau reste « très mauvaise » jusqu'à la confluence avec la Seine. Les paramètres les plus déclassants sont les nitrites et les phosphates.

Pendant la période 1999-2002, la qualité de l'eau est « mauvaise ». Il y a assez peu d'évolution vers l'aval, la qualité de l'eau reste « mauvaise » jusqu'à la confluence avec la Seine à cause des fortes teneurs en nitrates. Cependant, on voit clairement une amélioration de la qualité de l'eau par rapport à la période précédente sur l'ensemble des stations. Les matières organiques et oxydables, les matières azotées et les matières phosphorées gagnent une à deux classes de qualité sur presque toutes les stations de suivi.

5.2.3. Physico-chimie des eaux du Réveillon

Les classes et indices de qualité ont été déterminés pour chaque paramètre et altérations (période 1994-1998, période 1998-2002, et 2003) et sont présentés en *annexe 7*.

Bilan 94-98

Qualité « très mauvaise » sur tout le cours du Réveillon entre 1994 et 1998 pour trois altérations (matières organiques et oxydables, matières azotées et matières phosphorées).

Bilan 99-02

- Amélioration des concentrations en oxygène et en ammonium d'amont en aval (gain de 4 classes de qualité passant de « très mauvaise » à « très bonne »)
- Déclassements récurrents pour l'altération nitrates, plus marqués vers l'aval (qualité « mauvaise »)
- Altération par les matières phosphorées toujours déclassante pour la qualité générale du Réveillon (qualité « très mauvaise »)

Bilan 2003 (Tableau VII)

- Nette amélioration des concentrations en matières phosphorées d'amont en aval (qualité « passable »)
- Pic de nitrites sur la station de Villecresnes (qualité « très mauvaise »)
- Déclassements par les matières organiques et oxydables sur toutes les stations (qualité « mauvaise »)

5.2.4. Qualité bactériologique : altérations par les micro-organismes

Les classes et indices de qualité ont été déterminés pour chaque paramètres et altérations (période 1994-1998, période 1998-2002, et 2003) et sont présentés en *annexe 7*.

La bactériologie est un paramètre très pénalisant pour la qualité des eaux de l'Yerres mais aussi du Réveillon. Depuis 1994, ces cours d'eau sont classés "inapte" dans le cadre des loisirs et des sports aquatiques et aucune amélioration n'est visible. Ainsi, l'objectif de qualité passable dans le cadre de l'« aptitude aux loisirs et sports aquatiques » sera difficilement réalisable ces prochaines années.

5.3. ANALYSES HYDROBIOLOGIQUES

5.3.1. Généralités

L'évaluation de la qualité des eaux basée sur les résultats de simples analyses physico-chimiques n'est pas suffisante pour apprécier et surveiller l'intégrité globale de l'écosystème. En effet, elles ne peuvent que traduire les conditions du milieu au moment des prélèvements. Les critères physico-chimiques jouent un rôle essentiel mais doivent être utilisés en corollaire avec la démarche biocénotique. Cette dernière vise à caractériser les perturbations par leurs effets sur les communautés en place. Elle est la seule valable pour l'appréciation globale de la qualité des systèmes d'eau courante et des effets des perturbations.

De nombreux organismes appartenant à différents niveaux trophiques peuvent être utilisés comme bio-indicateurs de la qualité de l'eau (algues, macrophytes, macro-invertébrés ou poissons).

5.3.2. Analyse des peuplements de diatomées

5.3.2.1. Généralités

Les diatomées sont des algues microscopiques brunes unicellulaires constituées d'un squelette siliceux. Elles sont une composante majeure du peuplement algal des cours d'eau et des plans d'eau. Elles sont très diversifiées (plus de mille espèces) et colonisent tous les supports existants même les moins accueillants. Les diatomées sont aussi considérées comme les algues les plus sensibles aux conditions environnementales. Elles sont connues pour réagir aux pollutions organiques, nutritives (azote, phosphore), salines, acides et thermiques. Toutes ces propriétés font des diatomées des organismes particulièrement utile comme bio-indicateurs. Ainsi, de nombreux indices biologiques basés sur les diatomées ont vu le jour. L'IPS (Indice de Pollusensibilité Spécifique) a été utilisé ici pour caractériser la qualité du milieu.

5.3.2.2. Résultats

Les résultats sont présentés sur la *figure 7* (page ci-contre).

Les échantillonnages de diatomées n'ont commencé que depuis 1999, soit un recul de quatre années. Cependant, le suivi des peuplements de diatomées de l'Yerres et du Réveillon durant cette période met en évidence :

- Une pollution globalement moyenne à forte de l'eau de ces deux rivières,
- Une relative stabilité des notes indicelles (IPS) obtenues dans l'Yerres au cours des campagnes de 2003,
- Une qualité apparente toujours inférieure sur la station de Céravennes, au niveau de la confluence avec le Réveillon,
- Peu d'évolution de la qualité depuis 1999, les espèces dominantes lors d'une même période de l'année étant souvent les mêmes d'une année sur l'autre.

5.3.3. Analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques

5.3.3.1. Méthodologie

L'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) est un indice basé sur les communautés de macroinvertébrés aquatiques vivant sur les fonds. Les invertébrés sont facilement exploitables et constituent de bons intégrateurs de la qualité globale de l'écosystème car il traduisent à la fois les caractéristiques de l'eau et du substrat.

Cependant, l'IBGN est une note indicielle qui prend toute sa valeur avec l'interprétation indispensable qui en est faite. L'appréciation de l'intégrité globale de l'écosystème au moyen de la seule note IBGN restant délicate, une série de paramètres liés à la structure des peuplements macrobenthiques ont été calculés afin d'affiner le diagnostic. Les méthodes de calcul et les résultats sont présentés en *annexes 8*.

Les différents paramètres analysés sont les suivants :

- **L'abondance** : c'est le nombre total d'individus présents dans l'échantillon.
- La mesure de la **diversité** permet de comparer des peuplements différents (analyse synchronique) ou l'état d'un même peuplement à des moments différents (analyse diachronique). On utilise pour cela l'indice de diversité de Shannon et Weaver (1949). Les valeurs que prennent les indices de diversité dépendent à la fois de la richesse spécifique et de la répartition des effectifs entre les diverses espèces. Des peuplements de physionomie différente peuvent avoir la même diversité. C'est pourquoi, on calcule une diversité relative ou « **équitabilité** » (E) en rapportant la diversité mesurée à la diversité maximale (H'max) que puisse atteindre le peuplement.
- Un **coefficient d'aptitude biogène** ou **Cb2** (Verneaux, 1982) a également été calculé. Le Cb2 est un indice basé sur la polluosensibilité, l'euryecie et le préferendum typologique de 92 taxons indicateurs. Il se compose de deux indices : un indice nature « In », indicateur de la qualité de l'eau et un indice variété « Iv » mesurant plutôt la qualité de l'habitat.

5.3.3.2. Résultats

Les notes IBGN sont en nette augmentation depuis une dizaine d'années que ce soit sur l'Yerres ou le Réveillon. La qualité hydrobiologique de ces cours d'eau s'améliore progressivement depuis 1995. Cependant, la note IBGN ne reflète pas totalement l'état de santé de l'écosystème. Certains paramètres biologiques témoignent d'une charge organique encore très élevée sur ces cours d'eau :

- L'abondance : les prélèvements effectués sont identiques et réalisés suivant le même mode opératoire. Pourtant, les abondances observées en 2000 et 2001 sont jusqu'à 50 fois supérieures que celles des campagnes précédentes.
- La domination des organismes saprobes : la part importante de ces taxons (il peuvent représenter jusqu'à 80% du peuplement) témoignent de la surcharge organique des eaux.
- Les indices de diversité et d'équitabilité : ces indices réagissent bien aux pollutions (notamment de type organique) car il tiennent compte de l'abondance des différents taxons. En l'occurrence, la comparaison interannuelle de ces indices confirme la charge organique et nutritionnelle importante de l'Yerres et du Réveillon.

5.3.4. Analyse des peuplements piscicoles

5.3.4.1. Généralités

Les poissons présentent de nombreux avantages les rendant particulièrement bien adaptés à l'évaluation de la dégradation des milieux:

- Ils sont présents dans la majorité des cours d'eau.
- Ils sont sensibles à de nombreuses dégradations (affectant aussi bien la qualité physico-chimique du cours d'eau que ses caractéristiques morphodynamiques).
- Les poissons sont relativement aisés à déterminer sur le terrain.
- De par leur place variée, jusqu'à la plus élevée au sein de la chaîne trophique, ils intègrent toutes les composantes de l'écosystème.

Les éléments disponibles pour apprécier les peuplements piscicoles proviennent des inventaires réalisés par le Conseil supérieur de la pêche. Le rapport sur la qualité piscicole, réalisé en 2002 par le CSP pour le S.I.A.R.V., prenait en compte les valeurs de l'indice poisson FBI (Fish Biotic Index, OBERDORFF & al., 2002). Le principe et la méthodologie de cet indice sont présentés en *annexe 8*.

5.3.4.2. Résultats

Au total, **25 espèces** ont été échantillonnées sur l'ensemble des stations prospectées sur l'Yerres. Cet ensemble est essentiellement dominé par les espèces typiquement dulcicoles (qui fréquentent uniquement les eaux douces) puisque l'**anguille** est la seule espèce migratrice capturée. Les espèces les plus fréquemment rencontrées sont l'**ablette**, le **goujon**, le **chevaine**, le **gardon**, la **tanche**, la **loche franche** et la **perche**. A l'inverse, trois espèces (la carpe, le hotu et le sandre) n'ont été capturées que dans un échantillon. Il n'existe pas d'évolution nette amont-aval de la qualité des peuplements piscicoles.

Du point de vue de la composition des peuplements, les résultats des échantillonnages soulignent là encore le **fort degré d'altération du milieu**. En effet, toutes les stations présentent des peuplements plus ou moins déséquilibrés avec une dominance d'espèces peu exigeantes telles que le gardon, le goujon et la loche franche.

Cette faible diversité piscicole observée sur l'Yerres est le résultat des diverses interventions humaines sur l'écosystème. La présence des nombreux barrages et seuils sur l'Yerres modifient profondément les faciès d'écoulement : la vitesse du courant entre les seuils est diminuée ce qui implique une modification de la granulométrie du substrat. Les espèces les plus rhéophiles affectionnant les fonds caillouteux, pierreux disparaissent et sont remplacées par des espèces d'eau stagnante affectionnant les fonds vaseux à végétation aquatique importante. Ces nombreux aménagements sont également des obstacles à la libre circulation des poissons : les deux passes à poissons aménagées sur le barrage de Céravenne et le Barrage des Vannes rouges ont été mal conçues et ne sont donc pas fonctionnelles (observations personnelles). De plus, la mauvaise qualité des eaux favorise les espèces les plus tolérantes au détriment des espèces les plus sensibles (essentiellement rhéophiles).

5.4. CONCLUSION

Par ses actions, le S.I.A.R.V. a su améliorer progressivement la qualité de l'Yerres et de l'un de ses affluents : le Réveillon. Des progrès importants ont été réalisés ces dix dernières années pour améliorer la qualité physico-chimique de ces cours d'eau, notamment en ce qui concerne les matières azotées et les matières organiques et oxydables.

Ainsi, nous pouvons constater une évolution de la qualité de l'Yerres avec le passage de la qualité « inapte » à la qualité « mauvaise ». En ce qui concerne le Réveillon, des efforts ont certes été faits pour améliorer la qualité des eaux mais cela reste encore insuffisant. La qualité générale de la rivière reste « très mauvaise ».

La classe de qualité « bonne », objectif de qualité fixé par le S.I.A.R.V., reste difficile à réaliser dans la mesure où une grande partie des pollutions qui dégradent ces rivières dépendent autant des actions sur le secteur du syndicat que des actions sur les bassins versants amont. En effet, les eaux rentrant sur le territoire du SIARV sont très dégradées. Les nitrates et les phosphates provenant principalement des apports agricoles sont les paramètres les plus déclassants pour la qualité physico-chimique de l'Yerres et du Réveillon. Cette forte pollution nutritive provoque une dystrophisation de l'écosystème. Néanmoins, les progrès réalisés pour diminuer les rejets polluants au milieu naturel permettent d'observer une part d'autoépuration (amélioration entre l'amont et l'aval).

Les analyses hydrobiologiques confirment globalement les résultats physico-chimiques. Les notes IBGN sont en constante progression depuis une dizaine d'années et traduisent aujourd'hui la qualité « passable » de l'Yerres et du Réveillon. Cependant, l'évolution de plusieurs paramètres biologiques témoignent d'une charge organique encore anormalement élevée. L'étude des peuplements diatomique et piscicole vont dans le même sens et témoignent du fort degré d'altération du milieu. La qualité de l'eau est inévitablement responsable de la faible diversité biologique de l'hydrosystème mais les perturbations physiques jouent également un rôle important comme nous allons le voir par la suite.

C'est par une meilleure intégration des techniques douces pour l'entretien des cours d'eau, par la défense et l'amélioration de la qualité et la diversité des habitats aquatiques, par la lutte contre les pollutions de toutes natures que nous pourrions assister à la mise en place d'écosystèmes au peuplement équilibré et à la recolonisation de nos rivières par les espèces emblématiques qui les ont désertées.

6. INVENTAIRE DES RISQUES DE POLLUTION

L'objectif principal de ce chapitre est de quantifier les apports potentiels de pollution au milieu naturel dont dépendent les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau. Ces apports proviennent pour la plupart :

- des rejets d'eaux usées (domestiques et industrielles),
- des apports agricoles,
- des eaux de ruissellement,
- mais aussi du relargage de polluants par les sédiments.

L'assainissement des communes est assuré par un réseau de type séparatif. Un réseau est donc réservé à l'évacuation des eaux usées et, sous certaines réserves, de certains effluents industriels. L'ensemble des eaux usées du SIARV est évacué vers la station d'épuration de Valenton dont l'exutoire est la Seine. Aucun rejet de station d'épuration n'est donc présent dans l'Yerres et le Réveillon (sur le territoire du SIARV). L'étude des sources potentielles de pollution concernent donc les eaux pluviales et les sédiments ; les apports agricoles étant difficilement quantifiables.

6.1. QUALITE DES SEDIMENTS

Les sédiments présents dans les faciès lenticles, sont les récepteurs de toutes les contaminations existantes, stockés sous formes toxiques ou non, et susceptibles d'être relargués ensuite. En conséquence, ils intègrent bien avant les autres habitats physiques, notamment ceux qui se trouvent dans les zones de courant, l'incidence des pollutions que subit le milieu récepteur. Ils constituent de véritables « bombes à retardement » pour l'écosystème.

L'analyse physico-chimique du sédiment permet de mettre en évidence certains éléments comme les métaux lourds qui ne sont présents dans l'eau qu'en quantité très faible ou de façon ponctuelle. Ces éléments toxiques peuvent avoir des effets immédiats en cas de pollution importante mais également des effets à long terme par leur possibilité d'accumulation dans les tissus des organismes vivants.

6.1.1. Paramètres

Le suivi de la qualité des sédiments de l'Yerres et du Réveillon est réalisé depuis 1995. Les paramètres analysés sont présentés dans le *tableau VIII*.

Tableau VIII : Paramètres analysés pour la qualité des sédiments dans l'Yerres et le Réveillon

| | | |
|--------------------|----------------------|-----------|
| Siccité | Rapport C/N | Chrome |
| Fraction organique | Calcium total | Cuivre |
| pH | Magnésium total | Mercure |
| Conductivité | Potassium total | Manganèse |
| Azote ammoniacal | Soufre total | Nickel |
| Azote nitrique | COT | Plomb |
| Azote Kjeldahl | Hydrocarbures totaux | Sélénium |
| Phosphore total | Cadmium | Zinc |

6.1.2. Résultats

Les sédiments de l'Yerres et du Réveillon sont faiblement contaminés par les éléments métalliques. Les concentrations en métaux depuis 7 ans sont nettement inférieures aux seuils définis par l'arrêté du 8 janvier 1998, relatif aux concentrations limites en métaux dans les boues de STEP valorisées en agriculture. De ce fait, l'ensemble des sédiments de l'Yerres et du Réveillon extraits lors des curages peut être valorisé en agriculture.

6.2. REJETS DES EAUX PLUVIALES

6.2.1. L'assainissement pluvial sur le territoire du SIARV

Depuis, le 2 mars 1993, le SIARV est le Maître d'ouvrage des travaux d'assainissement intercommunaux et communaux et de la réalisation et du contrôle des branchements. Le rôle du SIARV est donc primordial dans le domaine de l'assainissement et de la reconquête du milieu naturel. C'est pourquoi, il a lancé en 1995, un Schéma directeur pour l'assainissement des eaux pluviales.

L'assainissement des communes constituant le SIARV est assuré par un réseau de type séparatif conformément au règlement d'assainissement. Les quelques réseaux encore unitaires seront remplacés par un réseau séparatif d'ici la fin du contrat de bassin en 2005.

6.2.2. La qualité des rejets

Les rejets d'eaux pluviales provenant du lessivage des surfaces imperméabilisées urbaines sont susceptibles d'entraîner une modification considérable de la qualité des milieux récepteurs.

On distingue trois modes d'impacts de ces rejets :

- Les effets cumulatifs concernent les polluants difficilement dégradables et qui peuvent être très toxiques (métaux lourds, hydrocarbures,...). Les masses rejetées sur de longues durées sont caractéristiques de ces effets cumulatifs ;
- Les effets de choc, provoqués par des arrivées brutales et massives de pollution dans un milieu particulièrement sensibles. Les masses rejetées à l'occasion des événements de temps de retour important sont caractéristiques de ces effets.
- Les effets de stress dus à une répétition de rejets.

Les effets de la pollution se traduiront par une dégradation de l'écosystème considéré, dégradation à long terme pour les effets cumulatifs, dégradation rapide pour les effets de choc (brusque et massive mortalité piscicole par exemple), et difficulté de récupération du milieu récepteur pour les effets de stress.

Dans le cadre du schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales (SAFEGE, 1995), les charges polluantes déversées par l'intermédiaire du réseau d'eaux pluviales au milieu naturel ont été calculées pour l'ensemble du Syndicat (tableau IX). Celles-ci sont considérables tant en charges annuelles déversées qu'en charges déversées lors d'événements pluvieux isolés.

Pour les paramètres MES et DCO, la pollution annuelle amenée au milieu récepteur par les eaux de ruissellement correspond à une charge polluante d'une population de l'ordre de 10 000 habitants (charge ramenée à la durée des jours pluvieux). Lors d'une pluie décennale la pollution rejetée en quelques heures est équivalente à celle produite par 215 000 habitants en 11 jours.

De telles pollutions ont un impact important sur la qualité du milieu récepteur, aussi bien à court terme qu'à long terme. Il est donc essentiel de prévoir des aménagements destinés à retenir une part de ces pollutions d'origine pluviale. Cependant, l'ensemble de ces rejets ne participe pas de façon égale à la dégradation du milieu récepteur. Ainsi, sur les 120 points de rejets pris en compte dans le schéma directeur des eaux pluviales, 20 apportent 65% de la charge polluante.

La *carte 3* présente la localisation des rejets les plus polluants sur le territoire du SIARV.

6.2.3. Les ouvrages de dépollution

En réseau séparatif, toutes les eaux pluviales sont directement évacuées vers le milieu naturel. Pour atteindre et conserver le niveau de qualité des cours d'eau souhaité par le SIARV, il est indispensable de traiter cette pollution. C'est pourquoi, le syndicat a engagé la réalisation d'ouvrages permettant d'abattre la pollution des eaux de ruissellement. La mise en place d'ouvrage de dépollution sur l'ensemble des rejets n'est pas financièrement envisageable. C'est pourquoi, seuls les rejets les plus polluants sont concernés. Les rejets déjà équipés de dispositifs de dépollution des eaux pluviales sont listés en *annexe 9*.

Ces ouvrages sont de trois types :

- Bassin de stockage-décantation à ciel ouvert
- Bassin de stockage-décantation enterré
- Décanteur lamellaires éventuellement associés à un bassin de stockage enterré.

Des chambres de dessablement sont également implantées sur les réseaux d'eaux pluviales communaux, syndicaux et départementaux mais leur rôle n'est pas de dépolluer mais plutôt de limiter l'ensablement des collecteurs.

L'ensemble de ces dispositifs intercepte près de 20% des eaux de ruissellement du syndicat, mais le rendement de cette dépollution reste difficile à évaluer. Ces ouvrages ont tous été dimensionnés pour de petite pluies (période de retour 1 à 3 mois) et ont pour objectifs de lutter contre les impacts à long terme (effets cumulatifs) des rejets d'eaux pluviales en réduisant les charges annuelles déversées dans le milieu naturel.

Le SIARV poursuit ses actions déjà engagées afin de préserver et d'améliorer la qualité du milieu naturel et prévoit d'équiper certains rejets de dispositifs de dépollution. Les rejets concernés sont localisés sur la *carte 3*.

6.3. POLLUTION RECURRENTES

Afin d'améliorer la qualité des eaux drainées sur le bassin-versant de l'Yerres, le SIARV a dressé une liste des points de rejets susceptibles de représenter une pollution chronique importante (*annexe 10*).

Des analyses physico-chimiques ont également été réalisées sur certains rejets coulant par temps sec. Ainsi, entre 2000 et 2003, 79 rejets ont fait l'objet d'analyses sur l'Yerres et le Réveillon. Les résultats de ces analyses sont présentées en *annexe 10*. Elles mettent en évidence la pollution importante déversées dans le milieu naturel par certains rejets. Ainsi sur les 54 rejets déversés dans l'Yerres, 14 présentent une pollution forte à très forte et plus de la moitié des rejets analysés sur le Réveillon présentent des pollutions très fortes. Les causes probables de ces pollutions sont les suivantes :

- Les restes du réseau pluvial unitaire
- Les branchements non conformes
- Les déversements illicites
- Les zones industrielles

6.4. CONCLUSION

Les analyses physico-chimiques menées par temps sec sur certains rejets d'eaux pluviales révèlent la présence de certains dysfonctionnements qu'il est indispensable de résoudre si le syndicat souhaite atteindre les objectifs de qualité qu'il s'est fixé. Le SIARV doit poursuivre ces actions afin de supprimer définitivement tout rejet direct d'eaux usées par l'intermédiaire du réseau d'eaux pluviales. Ceci comprend la suppression du réseau pluvial unitaire encore en place, la mise en conformité des branchements et une recherche systématique des causes d'une pollution.

7. ETUDE HYDRAULIQUE

Depuis la création du SIARV, de nombreuses études hydrauliques ont été menées (MERLIN, SAFEGE, COGERAT, POUSSIN) dans le but de lutter contre les inondations.

7.1. PROFIL EN LONG

Le profil en long d'un cours d'eau représente un équilibre entre la capacité de transport d'une part, le volume et le calibre de la charge d'autre part. Par l'ajustement de son profil longitudinal, la rivière tend ainsi vers son profil d'équilibre, c'est à dire la pente assurant, avec le minimum de travail, l'écoulement des eaux et le transport sédimentaire.

Le profil en long présenté *figure 8* a été établi par STOUDER (1999) à partir d'une base de données de 294 profils en travers localisés entre le pk 9,8 et 81,8 de l'Yerres et provenant d'études hydrauliques antérieures. Chaque profil en travers fournit, au point kilométrique fixé, la cote maximale que peut atteindre la ligne d'eau avant de se propager dans la plaine d'inondation. Le profil en long a donc été associé aux débit de pleins bord.

La pente moyenne est de 0.9%. Cependant, à partir du point kilométrique 44 (Soignolles-en-Brie), le profil longitudinal est marqué par une succession de ruptures de pentes en forme de marches d'escalier. Ce profil irrégulier à partir est en grande partie la conséquence des divers aménagements hydrauliques (seuils pour alimenter les moulins, barrages télégérés). Leur implantation a principalement entraîné une sédimentation en amont des ouvrages.

7.2. LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Sur de nombreux cours d'eau français, les propriétaires privés de seuils, par manque de moyens, ont peu à peu abandonné l'usage et l'entretien de leurs installations. Face à une telle situation, la collectivité peut décider de prendre les mesures propres à éviter qu'une dégradation généralisée d'un parc d'ouvrage n'ait de conséquences dommageables pour la rivière et les activités riveraines qui s'y sont développées. Une restauration de tous les seuils n'est pas financièrement envisageables. Il faut donc distinguer ceux qui présentent un intérêt particulier, à partir de l'importance et de la multiplicité des fonctions assurées pour chacun d'entre eux. La disparition ou la dégradation des seuils est susceptible de perturber l'équilibre

géomorphodynamique, le niveau des nappes phréatiques, les zones de débordements ainsi que la végétation des berges. Les fonctions historiques patrimoniales et éventuellement économiques de ces ouvrages sont à prendre en compte.

La liste des ouvrages hydrauliques de l'Yerres aval est présentée en *annexe 11*. Ils sont localisés sur la *carte en annexe 11*. Les principaux ouvrages présents dans ce secteur sont des ponts, des moulins ou des barrages destinés à contrôler les écoulements en temps de crue.

7.2.1. Les moulins

On dénombre 13 moulins sur le territoire du SIARV auxquels il faut associer des annexes autrefois destinées à assurer leur fonctionnement régulier. Une partie du cours principal est déviée dans un bras secondaire en direction du moulin grâce à deux seuils qui provoquent des débordements au cours de petites crues. Du fait de leur nombre et de leur ancienneté, cet ensemble d'ouvrage constitue l'un des éléments les plus perturbateurs de la morphodynamique fluviale dans la partie aval de l'Yerres. Leur présence conditionne aujourd'hui le profil en marche d'escalier de la pente du cours aval. Ils ont ainsi perturbé les processus sédimentaire du fond du lit (exhaussement et incision du plancher alluvial de part et d'autre des seuils), mais les interventions nécessaires à leur bon fonctionnement comme la chenalisation locale de la rivière ont également participé à la modification de la morphodynamique.

L'étude menée par ALLAOUI (2000), à partir de cartes anciennes, a permis de recenser les moulins les plus anciens et de reconstituer l'évolution du lit, notamment le réseau de fossés et de chenaux secondaires.

L'étude met en évidence les points suivants :

- la majeure partie des moulins et des ruines aujourd'hui inventoriées étaient déjà présents en 1736.
- l'Yerres comptait, à cette époque, bien plus de chenaux annexes qu'aujourd'hui. Ils semblent que certains d'entre eux aient été des bras secondaires naturels se distinguant des fossés au tracé relativement rectiligne.
- l'évolution du réseau s'est traduite par la disparition de nombreux fossés et de quelques bras secondaires naturels, et par la création de nouveaux bras artificiels au cours du 19^{ème} et 20^{ème} siècle.

7.2.2. Les barrages

Les barrages à clapets mobiles sont au nombre de huit, installés entre 1982 et 1995 au niveau d'anciens seuils fixes préexistant (à l'exception du barrage des Vannes Rouges). Mis en place suite à la crue de 1978, ces ouvrages sont destinés à limiter l'impact des crues (jusqu'à 60 m³/s correspondant à la crue cinquantennale de 1978). L'ouvrage maintient un niveau d'eau relativement constant à l'amont, proche des débordements lors de petites crues. En périodes d'étiage les barrages servent à maintenir un minimum d'eau sur chaque bief. A l'inverse en période de crue, le clapet est plus ou moins abaissé afin de limiter au maximum les perturbations des écoulements (voir *Annexe 6*). Le SIARV tente ainsi d'écarter les crues en gérant la propagation de l'onde de crue et en amortissant l'amplitude des niveaux d'eau entre les biefs.

Des fiches techniques ont été créées (voir *Annexe 6*) pour présenter les caractéristiques des huit barrages télégraphés par le SIARV sur l'Yerres.

8. ETAT DES BERGES ET DU LIT

La vallée aval de l'Yerres constitue un espace fortement urbanisé. Les divers aménagements réalisés pour lutter contre les inondations ou contre l'érosion des berges et du fond du lit, modifient les conditions hydrauliques et de ce fait, la dynamique sédimentaire naturelle de la rivière. Ainsi, ils provoquent des bouleversements tant physiques qu'écologiques qui se font ressentir aussi bien au niveau des berges qu'au niveau du lit.

8.1. LE LIT MINEUR

8.1.1. Nature des fonds

La matrice du lit est généralement sableuse. Dans les secteurs où les écoulements sont les plus turbulents, le substrat est sableux à sablo-limoneux. Pour des conditions plus perturbées, on observe des bandes de vase héritée. La matrice peut-être par endroit plus grossière : composée de sables, cailloutis, graviers et de blocs dont la taille peut atteindre 30×30×20 cm. Ceux-ci correspondent à des blocs en place et ne sont actuellement pas charriés par la rivière. Ils proviennent soit des pavages du lit créés à proximité des installations hydrauliques, soit à des écroulements de mur sur berge ou encore au démantèlement de structure de consolidation de berge (PROLOG, 2002).

8.1.2. Erosion, envasement

Les aménagements de seuil et le reprofilage de la ligne d'eau en marches d'escalier modifient les variables hydrodynamiques : ils provoquent des variations de la capacité de transport du cours d'eau.

En effet, le franchissement des seuils (anciens moulins, barrages de régulation...) constitue des zones d'accélération des écoulements et par conséquent une augmentation de la force tractrice de la rivière à l'aval immédiat de ces ouvrages. Cette augmentation de la pente locale est à l'origine de reprises d'érosion ou de déstabilisation des berges puisqu'elle entraîne l'augmentation de la capacité de transport de la rivière et de la capacité d'érosion du lit.

A l'inverse, la valeur de la pente locale entre deux seuils est quasi nulle, la puissance et la force tractrice de l'Yerres seront faibles. Cette diminution de la pente locale constituera une zone de dépôt et d'envasement potentiels par la diminution de la capacité de transport et d'érosion.

De même, le bétonnage des berges ou localement de la section mouillée empêche tout réajustement du profil de la rivière, ce qui augmente localement la puissance du cours d'eau et entraîne des répercussions directes d'érosion du lit (et des berges) sur la zone aval non fixée.

Une étude détaillée de la dynamique sédimentaire portant sur l'ensemble du cours aval de l'Yerres a été réalisée par la société PROLOG (2002). A partir d'une approche par modélisation et d'une approche hydrogéomorphologique, les zones d'envasement du lit ont été répertoriées (*Annexe 12*).

La majorité des secteurs envasés sont situés à proximité des moulins et des barrages (Vannes rouges), dans les bras secondaires de l'Yerres (Bras de Céravennes, bras de la clinique, voir photo), dans des zones à l'abri de l'écoulement (renforcement de berges, piles de pont) ou dans des zones de variations de flux (confluence). Ces zones sont localisées en *annexe 12*.

Les interventions de curages sur ces zones envasées restent en nombre relativement limité. Une législation très stricte de janvier 1992 impose le traitement des boues des curages avant leur stockage en décharge. Ces interventions sont par conséquent considérées comme des actions à caractère exceptionnel.

Les curages du chenal du moulin de Senlis et du Lavoir d'Yerres ont été effectués respectivement en 2003 et 2004.

8.2. ÉTAT DES BERGES

Une prospection de terrain a été réalisée en 1997 par l'équipe technique du SIARV. Elle a permis d'établir une carte de la nature des berges (*carte 4*). Une visite de terrain complémentaire a été menée par nos soins le 01/07/04.

8.2.1. Nature des berges

L'élément le plus remarquable est l'artificialisation des berges, conséquence de l'urbanisation importante sur ce secteur de l'Yerres.

On distingue plusieurs types de **berges artificielles** : des berges en béton, en fer (palplanches), en bois (tunage) ou en pierres (enrochement). Elles présentent généralement un profil abrupt proche de la verticale. La végétation y est peu développée, le plus souvent de type arbustif. Entre les pk 60,8 et 77 (soit 45,9 km de berges), 22% des berges sont artificielles (principalement en béton et en pierre). Le phénomène s'intensifie dans la partie aval. Entre les pk 77 et 83 (environ 16 km de linéaire de berges), 43 % des berges sont artificielles dont 80% sont bétonnées.

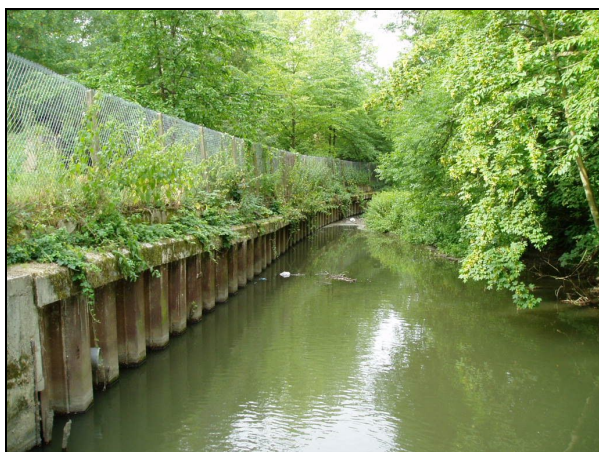


Photo 1 : Protection de berge en palplanches, bras de la clinique au niveau de l'île des Prévost

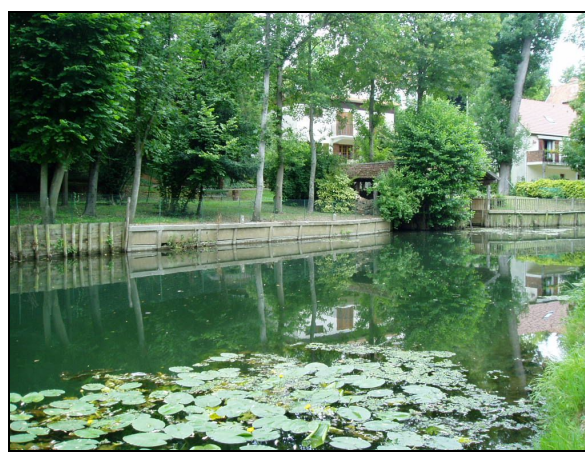


Photo 2 : Protection de berge en béton en très mauvais état risquant de s'effondrer (rive droite dans la plaine d'Epinay en aval du barrage de Rochopt)

Sur le territoire syndical, on compte une partie importante de berges privées. Dans ces secteurs, les aménagements des rives sont très divers et laissent parfois quelques surprises. Certains propriétaires n'hésitent pas à réaliser eux mêmes de la maçonnerie ou des tunages en bois pour protéger leur terrains de l'érosion. Ces aménagements, souvent peu entretenus ou mal réalisés, risquent de s'effondrer dans le lit.

L'artificialisation des berges ou localement du périmètre mouillé empêche tout réajustement latéral du cours d'eau, qui répercute les effets de l'érosion sur les secteurs aval non stabilisés. De plus, les rythmes de la sédimentation rivulaire sont perturbés.

Les **berges naturelles** sont principalement formées de sédiments sablo-limoneux enrichis localement par de nombreux débris coquilliers (limnées et gastéropodes terrestres). Leur profil généralement abrupt plonge brutalement dans le chenal et ne favorise pas le développement de la végétation. La prédominance des berges abruptes est déterminée par la nature cohésive des sédiments limoneux. Mais au cours de la période hivernale, les oscillations fréquentes de la ligne d'eau qui surviennent durant les opérations de régulation des écoulements entre les biefs augmentent l'effet de cisaillement par les eaux. En effet, au cours de ces épisodes dits « transparents » par les techniciens du SIARV, c'est-à-dire sans débordement, les débits entre les biefs sont proches du débit de pleins bord. L'érosion rivulaire doit donc être assez active au cours de ces périodes.

Les berges ne présentent pas de bourrelet significatif. Ceci peut-être dû à la limitation de la fréquence des débordements. Les bordures du cours d'eau sont par ailleurs souvent longées par des chemins de promenade fréquentés et, l'on peut raisonnablement supposer que le tassement anthropique des sédiments contribue à l'atténuation du bombement de bourrelets de rive. Le long de ces chemins piétonniers on peut apercevoir de nombreux ragondins qui semblent être nourris de façon régulière par les promeneurs. La présence de cette espèce exogène d'Amérique du Sud est continue le long de l'Yerres et peut-être nuisible d'une part pour des raisons sanitaires : car elle véhicule des maladies comme la leptospirose, mais elle provoque également de graves dommages aux berges et aux ouvrages (creusement de terriers, grattage des berges).



Photo 3 : Nombreux ragondins aperçus sur les berges de l'Yerres en amont du barrage de Suzanne



Photo 4 : Dégâts causés par les ragondins dans la berge rive gauche en amont du barrage de Suzanne

La majorité des berges de l'Yerres (qu'elle soit naturelle ou artificielle) sur ce secteur aval est donc assez abrupte et présente des potentialités hydroécologiques assez faibles. Elles offrent peu de zones d'abri ou de reproduction pour la faune piscicole. Il existe néanmoins quelques **berges en pente douce** (20-30%) au niveau des rives convexes, zones d'amorti de courant ou l'accumulation prédomine. Ce type de berge est intéressant car une végétation particulière s'y développe (voir § suivant).

8.2.2. Végétation riveraine

Situées à l'interface entre le milieu aquatique et le milieu terrestre adjacent et fortement influencées par la dynamique fluviale, les formations végétales riveraines possèdent, à l'état naturel, une grande diversité végétale et animale. La végétation rivulaire, véritable mosaïque complexe de formations herbacées, arbustives et arborées est un élément structurel de l'hydrosystème et possède des fonctions multiples :

- Apport de matières organiques,
- Filtre lumineux : réduction des proliférations algales (contrôle de l'eutrophisation),
- Effet filtre pour les eaux de ruissellement,
- Participation à la création de zones de ralentissement du courant favorables à la dénitrification,
- Contrôle des phénomènes d'érosion des berges,
- Orientation des écoulements et contrôle de la vitesse de crue,
- Abri pour les organismes vivants,
- Effet lisière (ou écotone) à biodiversité élevée comprenant des espèces spécialisées,
- Rôle de corridor biologique,
- Structuration du paysage...

La végétation riveraine de l'Yerres (voir aussi § 9.2.1 « les habitats naturels de la vallée de l'Yerres »), quand elle existe encore, est le plus souvent réduite à une mince ripisylve (boisement de berges). L'urbanisation croissante de la vallée a contribué à la disparition d'une véritable forêt alluviale comme il en subsiste encore sur certains cours d'eau français. Bien que souvent limitée en pied de berges, la ripisylve est relativement bien représentée le long de l'Yerres, particulièrement dans la partie amont, la moins urbanisée.

Elle est essentiellement composée d'essence à bois tendre comme le saule, l'aulne et le peuplier.

Les saules sont des espèces pionnières exigeant beaucoup de lumière, des sols nu et humides. Ainsi, les saules blancs affectionnent les stations régulièrement inondées (il tolère plus de 170 jours d'inondation par an). Ce sont des espèces particulièrement bien adaptée à ce type de milieu dont l'enracinement traçant et profond assurent une bonne protection des berges. Dans certains secteurs, on peut encore apercevoir quelques saules têtards. Ceux-ci sont assez vieux et en mauvais état. De plus, ils sont l'objet d'actes de vandalisme : de nombreux saules têtards ont été brûlés. Pourtant, ces vieux arbres souvent excavés abritent une faune et une flore très diversifiées qu'il est intéressant de conserver dans la vallée de l'Yerres.



Photo 5 : Saule têtard en rive gauche de l'Yerres au niveau de la plaine d'Epinay.

Les aulnes et les peupliers sont des espèces pionnières de pleine lumière. Leur enracinement profond et étendu assure également une bonne protection contre l'érosion.

Ces trois espèces de ligneux sont bien représentées sur les strates dominantes le long des berges mais sont quasi inexistantes dans les strates inférieures. Les essences de bois tendres sont remplacées par des essences de bois dur comme les frênes, les érables ou les charmes. Cette évolution de la végétation reflète les perturbations que subit l'hydrosystème. Les aménagements réalisés pour lutter contre les crues induisent une diminution de la fréquence et de l'intensité des inondations qui conduisent à la disparition des groupements forestiers de bois blancs au détriment des peuplements de bois dur.

Sur les talus et les crêtes de berges, la végétation herbacée prédominante est composée d'espèces nitrophiles comme l'Ortie ou le Gaillet mais on peut observer encore quelques des groupements d'hélophytes de milieux humides comme la Salicaire, la Scrophulaire aquatique, l'Eupatoire ou la Consoude.

Sur les plages en pente douce deux types de végétation se développent. Une végétation hygrophile herbacée dont la présence accentue au cours des crues le dépôt des sédiments par effet de peigne. Ces dépôts favorisent ainsi le développement de ces plages herbeuses riches et très productives mais qui restent cependant très rares. On peut également observer le maintien de quelques zones humides dominées par de grands hélophytes : roselières, cariçaies et mégaphorbiaies. La tendance naturelle de ces zones humides à se combler est accentuée par la diminution des inondations du lit majeur et la rudéralisation des biotopes.

La végétation hydrophytique de l'Yerres est majoritairement composée de Nénuphars jaunes, de Cératophylle épineux, de Potamot et de Rubanier. Dans les secteurs où l'écoulement est faible, comme à l'amont des barrages, la végétation aquatique est très développée.



Photo 6 : Développement de nénuphar jaune sur l'Yerres



Photo 7 : Développement de lentille d'eau sur le Ru du Gord au niveau du stade de Boussy-Saint-Antoine favorisé par la coupe de la végétation des berges, vue amont.

Dans certains secteurs de l'Yerres et certaines annexes hydrauliques (photo 7) où l'écoulement est très faible et l'éclairement important se développent des colonies importantes de lentilles d'eau (*Lemna minor*).

9. PATRIMOINE NATUREL

9.1. ZONES PROTEGEES

9.1.1. Les ZNIEFF

D'après l'inventaire des ZNIEFF, la vallée de l'Yerres est concernée par les deux types de ZNIEFF°:

- les zones de type 2 qui sont de grandes entités écologiques remarquables au niveau régional ou départemental
- les zones de type 1 : qui sont des ensembles inclus dans les précédents, correspondant à des sites locaux d'intérêt écologique faunistique et floristique.

Sur l'ensemble de la vallée de l'Yerres sont recensées **quatre ZNIEFF de type 2 et deux ZNIEFF de type 1**. Les périmètres de ces différentes ZNIEFF sont présentés sur la *carte 5*.

9.1.2. Les Espaces Naturels Sensibles

Il existe, sur le territoire syndical, trois types d'espaces naturels sensibles : les espaces boisés et agricoles dont la totalité est située sur la commune de Varennes-Jarcy et les milieux humides répartis le long de la vallée de l'Yerres et dans la partie aval du Réveillon (*carte 5*).

9.2. VALEUR FLORISTIQUE

Un inventaire de la végétation de la vallée de l'Yerres aval de Varennes-Jarcy jusqu'à la confluence à Villeneuve-St-Georges a été réalisé en 1999 (Feuillas D.). Cette étude a été suivie en 2002 de celle de la végétation du Réveillon depuis Santeny jusqu'à sa confluence avec l'Yerres (Feuillas D.).

9.2.1. Les habitats naturels de la vallée de l'Yerres

Les inventaires effectués ont permis de répertorier 230 espèces dans la vallée de l'Yerres aval et 142 espèces sur le Réveillon aval. Parmi ces espèces, on dénombre environ 10% d'espèces introduites : qu'elles soient naturalisées, subspontanées, d'origine horticole ou exotiques, aucune d'entre-elles ne présentent de caractère invasif susceptible de menacer la flore locale. En revanche, l'analyse des listes d'espèces recensées dans les vallées de l'Yerres et du Réveillon montre la très forte présence de certaines espèces (présentes dans plus d'un relevé sur cinq). Il s'agit notamment de la Grande Ortie, de l'Erable Sycomore, ou du Frêne commun, espèces locales par excellence, mais qui représentent un plus grand danger pour la diversité végétale de la vallée car elles sont favorisées par les apports excessifs de nitrate d'origine humaine.

Parmi ces espèces présentes dans plus d'un relevé sur 5, très peu sont inféodées aux milieux humides : Salicaire, Consoude, Aulne, Iris des marais, Lycoperon et Reine des prés. En revanche, les espèces plutôt forestières et/ou appartenant à des groupements associés (fruticées, coupes, lisières...) sont assez nombreuses.

D'une façon générale, la flore des zones humides est assez mal représentée dans un site qui ne devrait être (qui n'a été) que zones humides.



Photo 8 : Développement d'une végétation nitrophile (Grande Ortie) sur un secteur envasé dans le bras secondaire de la clinique en aval du moulin de Crosnes

Les habitats naturels identifiés ont été cartographiés (*carte 6*).

9.2.2. Valeur patrimoniale

En l'état actuel des connaissances, il n'y a pas d'espèce officiellement protégée en Ile-de-France (3 étoiles), ni en France (4 étoiles) dans la flore de la vallée de l'Yerres et celle du Réveillon.

9.2.3. La régression des milieux humides

L'analyse de la végétation de la vallée aval de l'Yerres permet de mettre en évidence les dysfonctionnements profonds de « l'hydro-écosystème Yerres » dus à la forte pression anthropique. La conséquence est une réduction du nombre d'espèces au profit des plus banales et des plus résistantes. La banalisation est également la conséquence du morcellement (correspondant à l'isolement et à la réduction des surfaces d'un même milieu). Ceci est particulièrement vrai pour les roselières et les cariçaies mais l'est également pour les boisements, même si les apparences laissent à penser que la couverture arborée de la vallée est de plus en plus dense et que le paysage se referme. Le morcellement favorise les espèces généralistes (Grande ortie, Erable sycomore par exemple ici), par définition souvent très communes, voire envahissantes, au détriment des espèces spécialisées, par définition souvent plus rares et discrètes qui nécessitent des surfaces importantes pour s'installer.

En parallèle de la rudéralisation et de la banalisation des biotopes, on observe un assèchement des milieux humides. La responsabilité majeure de l'assèchement incombe à la lutte contre les inondations qui viennent de moins en moins fréquemment occuper le lit majeur. La dégradation des zones humides, elles-mêmes souvent créées par l'homme, est aussi le fait de l'abandon des entretiens traditionnels (plantations de peupliers au profit des pâtures dans les zones inondables).

La véritable forêt alluviale d'Aulnes et de Saules disparaît peu à peu. L'If, le Houx et le Petit houx poussent au bord de la rivière alors que l'Aulne et le Saule ne régénèrent plus dans les formations où il dominant encore. La saulaie et l'aulnaie-saulaie hygrophile ont disparues et ont été remplacées par des aulnaies-frênaies ou des frênaies(-saulaies) mésophiles. Les prairies ne sont plus "humides" et les zones humides s'assèchent. Dans le même temps, les systèmes à grands hélophytes se rudéralisent, la richesse naturelle des sols favorisent la banalisation au profit de l'Ortie dans tous les biotopes et du Sycomore dans les formations boisées.

9.3. VALEUR FAUNISTIQUE

La valeur faunistique du lit majeur de l'Yerres et du Réveillon ainsi que leurs annexes hydrauliques a été étudiée respectivement en 1997 par Stéphane ROSSI et en 2003 par B3E. Les Odonates, Reptiles, Amphibiens, Mammifères et Oiseaux ont été recensés lors de ces études. Les listes complètes des espèces inventoriées ainsi que leur statut de protection sont présentées en *Annexe 13*.

9.3.1. Les odonates

Les odonates fréquentent un important éventail de milieux humides : des marais de plaine aux tourbières d'altitude, des larges fleuves aux ruisseaux ensoleillés. Ils sont également présents sur les moindres points d'eau tels que les suintements ou encore les fossés.

Onze espèces ont été contactées sur le cours d'Yerres et dix-sept sur celui du Réveillon. Ces cours d'eau ainsi que leurs annexes hydrauliques accueillent une assez grande variété d'espèces. Cependant, seuls l'agrion élégant et le caloptéryx vierge, espèces relativement résistantes à la pollution, ont été observés en grande quantité. La plupart des espèces présentes sont assez commune.

Deux espèces protégées au niveau régional, ont été inventoriées :

- l'**Agrion nain** (*Ischnura pumilio*) capturé au niveau de l'étang de Villecresnes le long du Réveillon
- la **Grande aeshne** (*Aeshna grandis*) aperçue à la confluence du Réveillon avec l'Yerres et de nombreuses fois à Varennes-Jarcy.

9.3.2. Amphibiens

Le rôle joué par les amphibiens au sein des écosystèmes est clairement identifié. Notamment, les larves jouent un rôle dans le recyclage et l'exportation des matières organiques. Les adultes participent à la régulation des population d'insectes. La destruction des zones humides propices à leur reproduction se traduit par la régression de nombreuses espèces de batraciens. Des mesures de protection s'imposent donc aujourd'hui.

Seules trois espèces communes ou assez communes ont été inventoriées sur le cours de l'Yerres et du Réveillon :

- la Grenouille verte,
- la Grenouille rousse,
- et le Crapaud commun.

9.3.3. Reptiles

Les espèces contactées le long de l'Yerres sont les suivantes :

- Le lézard des murailles, très commun mais malheureusement soumis à la prédation féline et à la destruction progressive de son habitat lors de la restauration des vieux murs, il tend à se raréfier dans la région.
- L'orvet fragile
- La couleuvre à collier
- La vipère aspic

La couleuvre à collier et la vipère aspic sont des espèces menacées du fait de la diminution de leur aire de répartition. Elles sont donc à surveiller.

La **tortue de Floride** est également présente sur l'Yerres et le Réveillon, particulièrement au niveau des annexes hydrauliques. Cette tortue exotique, relâchée en grand nombre dans la nature, est robuste, opportuniste et capable d'hiverner. Cette espèce carnivore entre en concurrence avec de nombreuses espèces.

9.3.4. Oiseaux

Le long de l'Yerres et du Réveillon, les plus fortes richesses spécifiques sont rencontrées principalement sur les sites "non entretenus" où la diversité d'habitats est accrue. Dans ces milieux plus densément boisés se déclinent milieux aquatiques et friches en bordure de ripisylve.

En revanche, les plus faibles richesses spécifiques sont caractéristiques des sites "très entretenus", essentiellement des parcs constitués d'étendue d'herbe rase et de bosquets isolés délimités par des champs ou des jardins entretenus. Ces sites offrent des habitats peu diversifiés qui constituent principalement un lieu de passage ou d'alimentation.

Seules quelques espèces inventoriées sont dépendantes des cours d'eau eux-même :

- la Poule d'eau, le Foulque macroule, le Canard colvert,
- la *Bergeronnette grise* est assez courante tandis que les *Bergeronnettes des ruisseaux et printanière* ont été observées que très rarement.
- le *Héron cendré* a été vu a plusieurs reprises, principalement à la Queue de poêle, à Santeny, et à la confluence de l'Yerres. Cet oiseau vient se nourrir sur ces sites où le profondeur de l'eau est faible et où les berges en pente douce laissent apparaître quelques bancs de vase.
- le *Martin pêcheur*, observé lui aussi assez régulièrement tout au long de l'Yerres et du Réveillon, semble y nicher ou tout au moins s'y nourrir régulièrement. En effet, il a besoin de berges assez hautes pour creuser des galeries qui ne seront pas inonder lors des montées d'eau. Cette espèces est protégée au niveau européen par le directive "Oiseaux"².

La plupart des espèces d'oiseaux rencontrées le long du Réveillon sont protégées au niveau national par l'arrêté du 17/04/81 qui fixe la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire³.

9.3.5. Les mammifères

Les espèces de mammifères inventoriées le long de l'Yerres et du Réveillon sont assez communes. Si la majeure partie sont davantage inféodées au sol sec, quelques espèces fréquentent voir colonisent les abords de cours d'eau. On peut citer notamment :

| Groupes | Espèces |
|-------------|---|
| Insectivore | La musaraigne pygmée La musaraigne aquatique |
| Carnivore | La martre La belette L'hermine |
| Rongeur | Le campagnol amphibie Le campagnol amphibie Le campagnol des champs Le ragondin Le rat musqué |

² Directive "Oiseaux" n°79/409/CEE du conseil du 02/04/79 concernant la conservation des oiseaux sauvages.

Annexe I : Espèces faisant l'objet de mesures spéciales de conservation en particulier en ce qui concerne leur habitat.

³ Article 1 modifié : Sont interdits en tout temps et sur tout le territoire métropolitain pour les spécimens vivants, la destruction ou l'enlèvement des œufs et des nids, la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la naturalisation ; pour les spécimens vivants ou morts, le transport, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat.

9.4. CONCLUSION : LES SECTEURS « CLES »

L'ensemble de la vallée de l'Yerres demeure intéressant surtout dans le contexte de la petite couronne de l'Ile-de-France. Malgré la forte pression urbaine les secteurs "clés" suivants ont pu être définis :

Sur l'Yerres :

1. La zone inondable en amont et en aval du moulin de Varennes : prairie à hautes herbes
2. La boucle du Moulin Neuf à Boussy-st-Antoine et en particulier les prairies abandonnées recouverte de grandes guimauves
3. Les prairies humides et boisement du Gord jusqu'au moulin de Rochopt à Boussy-st-Antoine et Epinay-sous-Sénart.
4. La frayère de Brunoy et le site de dépôt de vase.
5. La plaine de Chalandray à Montgeron

Sur le Réveillon :

1. L'étang de la Queue de Poêle à Santeny
2. La mare en face du golf de Marolles
3. La friche entre Ligne TGV et RN19
4. L'étang de Villecresnes
5. Friche de la propriété Hoffmann à Yerres
6. La friche à la confluence avec le Réveillon

Ces secteurs sont localisés sur la *carte 6 bis*.

10. PATRIMOINE CULTUREL ET TOURISTIQUE

10.1. LA LIAISON VERTE

Les vallées de l'Yerres et du Réveillon constitue un élément structurant à travers les communes très urbanisées de l'Essonne et du Val de Marne. Les berges végétalisées forment un fil vert préférentiel pour la mise en place de liaisons douces.

La liaison verte doit permettre d'établir une continuité tout au long de l'Yerres et du Réveillon en reliant leurs différents pôles d'intérêts (monuments historiques, patrimoine lié à l'eau, espaces naturels). Le cheminement ainsi tracé respecte l'harmonie des promenades de chaque commune avec la rivière. Il doit permettre l'accès des berges aux promeneurs, cyclistes et pêcheurs ainsi que le franchissent de la rivière.

Ce plan d'aménagement respecte les orientations définies dans "La vallée de l'Yerres" élaboré par l'Agence des Espaces Verts et l'AURIF qui propose une politique de protection et de mise en valeur des espaces naturels et de loisirs. Il constitue, comme le Plan Vert Régional, pour l'aménagement des grandes vallées et de la ceinture verte de Paris, un élément majeur de l'aménagement de l'Ile de France pour les dix prochaines années.

Depuis 1997, date de lancement du projet "Liaison verte", le SIARV a réalisé presque 3000 mètres linéaires de promenade le long de l'Yerres, créé 6 ouvrages de franchissement et confortés 7 autre passerelles. De plus, il a restauré 1 moulin et 2 lavoirs.

L'objectif 2007 est de réaliser un tracé continu entre la mairie de Crosne et le moulin du Breuil et de lier la liaison verte des berges de Seine à Villeneuve-Saint-Georges.

Il est prévu :

- la création de 16 km de promenade et la réhabilitation de 5 km.
- la création de 24 ouvrages de franchissement et la réhabilitation de 12 ouvrages.

10.2. PATRIMOINE CULTUREL

10.2.1. Le patrimoine architectural de l'Yerres

La vallée de l'Yerres est caractérisée par la présence d'un nombre important d'éléments architecturaux très divers par leur fonction, leur importance, leur état, et leur position par rapport à la rivière.

Certains d'entre eux sont protégés par leur classement ou leur inscription à l'inventaire des monuments historiques. Différents types d'éléments architecturaux sont en rapport avec l'eau et avec le paysage de la rivière, tels que les lavoirs, les moulins et les ponts.

D'autres éléments architecturaux viennent s'ajouter, sans être directement liés à la présence de la rivière :

- de nombreux châteaux, toujours situés sur les coteaux, dominant la rivière.
- les églises, généralement éloignées du cours de la rivière, se trouvent soit au sein des villages, soit en retrait.
- quelques grandes fermes traditionnelles briardes, caractérisée par de nombreux bâtiments entourant une grande cour intérieure sont proches de la rivière.

Les bords de l'Yerres bénéficient d'un patrimoine architectural assez diversifié avec de nombreux villages ayant gardé un caractère traditionnel (surtout sur la partie amont) et une certaine homogénéité en dépit de la construction de lotissements.

L'*annexe 14* liste les monuments constituant le patrimoine architectural de l'Yerres.

10.2.2. Monuments et sites classés

Trois sites classés et trois sites inscrits sont situés dans la partie aval de la vallée. Il s'agit :

- De sections des rives de l'Yerres à Crosnes, à Montgeron, à Yerres
- Des centres anciens à Périgny et de Villeneuve-St-Georges,
- Des propriétés à Yerres et à Montgeron

Dans la partie urbaine, les ponts de Soullins et de Perronet à Brunoy, de la Reine Blanche à Boussy-St-Antoine, le moulin de Senlis et l'ancienne abbaye d'Yerres sont classés (*annexe 14*). Des sites préhistoriques ont également été répertoriés en Seine-et-Marne et dans l'Essonne : menhirs, sites néolithiques, paléolithiques... Certains, situés dans les communes de Boussy-St-Antoine et Brunoy sont classés monuments historiques.

11. CONCLUSION

A l'issue de cette étude, les principaux enjeux (hydrologique, hydraulique, écologique...) de l'Yerres aval ont été dégagés grâce à une réflexion menée sur l'état initial du cours d'eau.

Au niveau hydrologique, l'étude des débits apportés par les rejets pluviaux montre que l'imperméabilisation des sols dans la vallée augmente le ruissellement, ce qui a pour conséquence une augmentation des inondations tant en fréquence qu'en intensité.

Au niveau qualitatif, les analyses physico-chimiques révèlent que les eaux de l'Yerres sont très dégradées, notamment par les polluants d'origine agricole (nitrates, phosphates) ce qui provoque des phénomènes de dystrophisation des eaux. Même si la qualité de l'eau s'est améliorée depuis une dizaine d'année, d'énormes progrès restent à faire. Les analyses biologiques confirment les résultats physico-chimiques. La diversité biologique s'est nettement améliorée mais l'analyse des différents peuplements révèle un milieu très perturbé.

Au niveau écologique, les divers aménagements réalisés pour lutter contre les inondations contribuent à l'assèchement progressif des milieux humides. La forêt alluviale de bois tendre évolue vers des essences de bois dur. Les roselières, cariçaie et mégaphorbiaie se comblent peu à peu et les prairies humides disparaissent. L'influence des activités humaines occasionne donc des dégradations aux écosystèmes. La conséquence est une réduction du nombre d'espèces au profit des plus banales et des plus résistantes. La banalisation est également dû au morcellement des milieux qui favorisent les espèces généralistes (Grande ortie, érable sycomore...) au détriment des espèces spécialisées qui nécessitent des surfaces importantes pour s'installer.

Au niveau faunistique, le constat est identique. Le nombre d'espèces inféodées au milieu aquatique est très faible.

Cette synthèse a permis de mettre en évidence certains problèmes et dysfonctionnements de « l'hydrosystème Yerres ». Cependant, cette étude a révélé quelques lacunes concernant la connaissance de l'état et du fonctionnement de la rivière. En effet, la qualité écologique d'un cours d'eau est fortement liée à son fonctionnement morphodynamique. Or, il n'a été mené aucun diagnostic écomorphologique sur l'Yerres ou le Réveillon car il n'était pas prévu dans le cahier des charges.

Une première version de la phase 1 de l'EPAGR a donc été rendue au SIARV fin juillet 2004. Cette première version met en évidence les données et les études complémentaires qu'il faudrait réaliser. En raison des congés, la réunion de présentation de la Phase 1 a été décalée et devrait avoir lieu fin septembre. Au cours de cette réunion, il sera proposé au SIARV la réalisation d'un diagnostic écomorphologique nécessaire pour effectuer ensuite des propositions d'aménagements.

Ce diagnostic est essentiel car il permet d'aboutir à une sectorisation morpho-écologique de la rivière afin de distinguer les secteurs présentant de fortes potentialités écologiques des secteurs perturbés. Cette sectorisation en tronçons permet de raisonner par unités homogènes de taille réduite tout en conservant une vue d'ensemble du cours d'eau et de son continuum amont-aval.

Ce diagnostic nécessite un gros travail de reconnaissance de terrain. Les cours d'eau doivent être parcourus à pied ou en bateau (selon les zones accessibles). Ce parcours doit permettre de relever :

- les caractéristiques morphodynamiques de la rivière (faciès d'écoulement, nature et granulométrie du substrat),
- l'état des berges (profils, hauteurs, stabilité, érosions),
- l'état de la végétation riveraine,
- l'état des ouvrages,
- la présence d'encombres dans le lit, etc.

Ce travail d'analyse permettra de répondre aux questions que soulèvent le fonctionnement actuel de la rivière pour proposer les actions prioritaires suivantes :

- L'entretien et/ou la restauration de la végétation riveraine
- Diversifier les habitats piscicoles
- Le relèvement du débit réservé
- La suppression des seuils : mesure théorique et probablement non réalisable sur une rivière qui semble avoir été domestiqué depuis si longtemps
- Le relèvement du fond de l'eau (s'il y a des incisions)

- La réalimentation de la nappe phréatique par des bassins d'infiltration, par les crues et par des zones d'expansion de crues ouvertes latéralement
- Redonner à certains terrains (prairies, pâtures, cultures, peupleraies, etc...) leur véritable fonction d'épandage des crues qui restaurera le fonctionnement naturel des inondations.
- Reprofiler les berges pour obtenir des pentes douces permettant l'installation d'une véritable végétation de zones humides à base d'hélophytes.

Les facultés auto-épuratrices des systèmes naturels agiront en synergie avec les efforts déployés par le SIARV pour épurer les eaux.

La gestion des crues s'en trouvera également améliorée, ainsi que la gestion des curages.

La mise en œuvre de ces propositions impose le passage à une conception plus globale de l'hydrosystème Yerres, complexe et multiple, longtemps perçue du strict point de vue hydraulique.

Mais plus qu'une gestion globale, il est important de passer à une gestion intégrée de la rivière. Ce concept nécessite la coordination de tous les acteurs à l'échelle du cours d'eau et de son bassin versant afin que les opérations sectorielles puissent s'inscrire dans une planification globale. Comment améliorer la qualité de l'eau à l'aval lorsque celle-ci dépend des actions entreprises sur le secteur amont ? Comment proposer des zones d'expansion de crues à l'amont du territoire du SIARV lorsque l'ensemble des acteurs n'a pas été concerté ?

C'est dans cette optique que le SAGE de l'Yerres est en train d'être mis en place. Le SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) est un document élaboré au niveau du bassin versant. Il fixe les objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur et de protection des ressources en eaux superficielles, souterraines et des zones humides.

L'EPAGR pourra servir à la phase d'élaboration du SAGE de l'Yerres.

2EME PARTIE : PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS – LE CAS DU RU DE PARADIS

1. PREAMBULE

Les circonstances du déroulement de l'EPAGR de l'Yerres ne m'ont pas permis de suivre l'étape de formulation de propositions chiffrées d'aménagements. Cependant, j'ai eu l'occasion de travailler sur une autre étude pour laquelle j'ai participé à cette deuxième étape. Il s'agit du schéma directeur de gestion des eaux de ruissellement du bassin versant du ru du Paradis. Le ru du Paradis est un petit affluent de l'Yvette, rivière qui connaît des problèmes d'inondations.

L'objectif de cette deuxième partie est donc de présenter des exemples de solutions techniques et financières qui peuvent être proposées dans le cadre d'études préliminaires à l'aménagement de rivières. Dans un premier temps, il sera décrit le contexte général de l'étude. Je présenterais la méthodologie de l'étude et une synthèse des résultats obtenus. Puis dans un deuxième temps, il sera détaillé les travaux et actions préconisées pour améliorer les dysfonctionnement observés.

2. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

2.1. OBJET DE L'ETUDE

Le Syndicat Intercommunal pour l'Aménagement Hydraulique de la Vallée de l'Yvette (S.I.A.H.V.Y) a confié à B3E la réalisation d'un Schéma directeur de gestion des eaux de ruissellement sur l'ensemble du bassin versant du ru du Paradis. Les objectifs prioritaires de l'étude sont :

- La régulation des eaux de ruissellement,
- La lutte contre les inondations sur le ru de Paradis et ses affluents mais également sur l'Yvette qui connaît de graves problèmes d'inondations,
- L'amélioration de la qualité des milieux aquatiques.

Le programme d'étude comprend quatre phases distinctes :

- *Phase 1* : Diagnostic de la situation actuelle : recueil des données, visites de terrain, inventaire des rejets, analyse critique et diagnostic ;
- *Phase 2* : Synthèse et solutions techniques : définition des objectifs, propositions de stratégies d'aménagements cohérentes, détermination des zones de crues, inventaires des zones potentielles de stockage, définition des opérations envisageables ;
- *Phase 3* : Mise en forme d'un programme pluriannuel : élaboration du schéma directeur ;
- *Phase 4* : Tranche conditionnelle – documents d'autorisation.

La réalisation de ce schéma directeur est pris en charge par le service Hydraulique Urbaine. J'ai participé aux deux premières phases de cette étude. Dans le cadre de la première phase, il m'a été demandé de réaliser un diagnostic de l'état des berges et du lit du ru du Paradis et de ses affluents. Suite à ce diagnostic, j'ai été chargé de proposer des solutions visant à améliorer la situation actuelle en vue des objectifs prioritaires de l'étude.

2.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le ru du Paradis s'étend sur une longueur d'environ 4 kilomètres (*carte 8*), son bassin versant couvre une partie des communes de Saulx les Chartreux, Villebon sur Yvette et Villejust dans le département de l'Essonne (91). Ces communes se situent à 20 kilomètres au Sud de Paris. Elles sont bordées à l'Ouest par la Route Nationale 118 et à l'Est par la Nationale 20.

Le ru du Paradis un affluent de l'Yvette qui se rejette elle-même dans l'Orge puis dans la Seine. Il prend sa source dans la forêt des rochers de Saulx dont l'altitude maximale est de 160 mètres NGF. Il s'écoule d'Ouest en Est avant de se jeter dans l'Yvette au niveau du bassin de retenue de Saulx les Chartreux à une altitude de 45 mètres NGF. Le ru de Paradis et ses affluents, le ru de Crétel et le ru de la Cressonnière, entaillent le plateau de Brie.

Le bassin versant du ru du Paradis couvre une superficie de 308 ha. L'agriculture occupe une place prépondérante dans l'aire d'étude (54%). On distingue principalement et dans l'ordre d'importance les cultures céréalières, maraîchères et de colza. De nombreux drains agricoles sont présents au niveau des zones cultivées. La surface imperméabilisée est estimée à environ 34 ha soit 11% du bassin versant.

3. RAPPELS DES ELEMENTS DE PHASE 1

3.1. METHODOLOGIE

3.1.1. Enquêtes de terrain

Une partie du travail nécessaire à la réalisation de ce diagnostic a consisté en une campagne de terrain. L'intégralité du ru du Paradis et de ses affluents a été parcourus à pied à partir des rives.

Les observations ont fait l'objet de relevés portant sur :

- Occupation du lit majeur : urbain, agricole, forêt ou autres,
- Les composantes morphodynamiques du cours d'eau : faciès d'écoulement, nature et granulométrie du substrat du fond, chenaux d'écoulement, dynamique transversale et verticale...,
- État des berges : profils et hauteurs, stabilité, origine et importance des érosions,
- La végétation rivulaire : nature, composition et état de la ripisylve, espèces dominantes, stratification, espèces invasives ou indérissables...,
- État du lit : encaissement, largeur, atterrissements et embâcles, végétation...,
- Les ouvrages : nature et rôle, état et entretien...,
- Les zones humides et milieux connexes,

La prospection de terrain a également servi à relever certaines données nécessaires à la modélisation hydraulique :

- les divers écoulements (lit mineur, champ d'inondation),
- l'encombrement du lit majeur qui est soit le siège du courant, soit une zone de stockage,
- les coefficients de Manning Strickler, K_s , qui sont fonction du substrat dans le lit mineur et de l'occupation du sol dans le lit majeur. Ces coefficients diminuent avec la rugosité. Quelques valeurs de K_s sont données pour référence :

Lit mineur :

- sable : $K=40$
- Fonds divers : $K=30$
- Fossé enherbé, petite rivière : $K=25$

Lit artificiel :

- Béton : $K=70$
- PVC : $K=120$

Lit majeur :

- Prairie nue : $K=25$
- Prairie + obstacles (haies, arbustes) : $5 < K < 25$
- Bois, forêt dense : $K=5$
- Culture : (maïs) : $K=10$

3.1.2. Découpage en tronçons

L'intérêt d'un découpage du réseau hydrographique en tronçons est de faire ressortir les homogénéités et les hétérogénéités qui existent lorsque l'on observe les cours d'eau de l'amont vers l'aval et de délimiter les zones à problèmes ou à fortes potentialités.

Le découpage du linéaire en différents tronçons permet :

- d'avoir une vision plus précise dans un contexte particulier (ex : ru du Paradis amont, en zone boisée),
- de regrouper des zones aux problématiques similaires.

Le découpage est basé sur quatre critères :

- un critère morphologique,
- un critère phyto-écologique,
- un critère hydraulique (ouvrages, confluences),
- un critère occupation du sol.

Chaque tronçon a fait l'objet d'une fiche descriptive. 15 fiches tronçons ont été réalisées sur le ru de Paradis et ses affluents. Une fiche type est présentée en *annexe 15*.

3.1.3. Les ouvrages

On entend par ouvrages l'ensemble des constructions, de génie civil principalement, situées sur les cours d'eau eux-mêmes ou sur leurs bords et modifiant, de quelque manière que ce soit, les écoulements de la rivière le gabarit de la section d'écoulement, ou tout autre paramètre naturel des rivières.

Les 17 ouvrages recensés sur le ru du Paradis et ses affluents ont fait l'objet d'une fiche de synthèse. Chaque « fiche ouvrage » comprend :

- La nature de l'ouvrage : seuil, ouvrage de franchissement, de décharge...
- Un descriptif de l'ouvrage
- L'état général de l'ouvrage
- Les impacts liés à l'ouvrage : sédimentation, érosion de berge, incision du lit...
- Le dimensionnement de l'ouvrage : schéma coté réalisé par un géomètre
- Des photos de l'ouvrage

Une fiche type est consignée en *annexe 16*.

3.2. ÉLÉMENTS DE DIAGNOSTIC

3.2.1. Analyse de la nature et de l'état des berges

La partie amont du ru de Paradis se situe dans un environnement boisé. La couverture végétale est donc importante, elle assure un fort ombrage qui empêche le développement de la végétation aquatique. Le lit est assez étroit et encaissé du fait des fortes pentes et la granulométrie est grossière. On peut observer de nombreux sapements de berges.

Plus en aval, le ru traverse des zones cultivées et est relativement homogène. Les berges sont globalement assez hautes (1 à 1,5 m) et abruptes.

Sur certains tronçons, la hauteur des berges peut atteindre 2,5 à 3 m avec des pentes très fortes. La végétation herbacée a du mal à se développer et ne permet pas de fixer et stabiliser le talus. On observe donc sur ces secteurs de nombreux points d'érosion. De plus, le passage des engins agricoles au ras des berges amplifie l'instabilité et les phénomènes d'atterrissements. Un enrochement d'une longueur de 20 mètres a notamment été réalisé pour protéger la berge en rive droite. Cet aménagement démesuré n'a pas lieu d'être sur un cours d'eau de cette nature (photos 9 et 10).

3.2.2. Analyse des composantes morphodynamiques

Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement sont relativement homogène sur l'ensemble des rus. Compte-tenu de la petite taille de ces cours d'eau, il n'est pas possible de définir des faciès d'écoulement. On observe néanmoins une augmentation de la granulométrie du substrat d'amont en aval. Le substrat est composé majoritairement de pierres et de graviers grossiers dans la partie amont du ru. Plus en aval, le substrat devient sablo-limoneux puis limono-argileux.

3.2.3. Analyse de la végétation riveraine

3.2.3.1. Végétation herbacée

La végétation herbacée (terrestre et semi-aquatiques) des berges joue un rôle particulièrement important dans :

- la **dissipation de l'énergie hydraulique**, grâce aux parties aériennes souples des végétaux qui opposent une résistance efficace au courant lors des crues, sans provoquer de turbulences,
- le **maintien des berges et la protection efficace contre l'érosion**, par un enchevêtrement dense des réseaux racinaires,
- la **filtration et fixation des polluants** venant du bassin versant et du lit (pouvoir auto-épurateur),
- et le maintien d'une diversité tant faunistique que floristique d'une grande valeur patrimoniale.

La végétation des berges des rus est très homogène. Les formations végétales de type friche-mégaphorbiaies (formations végétales de hautes herbes se développant sur des sols humides et riches) sont majoritaires. Elles ont un impact écologique fort. Les principales espèces rencontrées sont : cresson de fontaines (*Nasturtium officinalis*), carex (*Carex sp.*), salicaire (*Lythrum salicaria*), menthe aquatique (*Mentha aquatica*), myosotis (*Myosotis palustris*), scrofulaire (*Scrophularia aquatica*), morelle douce amère (*Solanum dulcamara*), épilobe hérissé (*Epilobium hirsutum*), iris (*Iris pseudacorus*)....

Les hélophytes sont localisées dans les secteurs dépourvus de boisements ligneux. Ces formations sont moins développées en présence d'une végétation rivulaire arborée et buissonnante. Dans certains secteurs, les lits du ru de Paradis et du ru de Crétel, un affluent, sont envahis par le Cresson de fontaine (*Nasturtium officinalis*). Cette prolifération végétale est due à un éclaircissement trop important.

L'augmentation de l'éclaircissement dans le lit est accentuée par le fauchage des berges qui est actuellement effectué sur les rus. Ce fauchage profite aux végétaux les plus résistants à la coupe et aux plantes pionnières appréciant les espaces dégagées comme la Renouée du Japon ou la Grande Ortie. Cette dernière, espèce nitrophile commune déjà très présente sur les bords des rus est largement favorisée en bordures des zones cultivées.

La Renouée du Japon, bien que très localisée, est également présente. Cette plante herbacée exotique sévit depuis plusieurs années en bordure des cours d'eau où elle se propage de manière très importante, depuis son introduction en France au début du siècle.

Les désagréments qu'elle engendre sont du même ordre que ceux occasionnés par les bandes d'orties. Elle forme des peuplements denses monospécifiques qui réduisent la diversité biologique, rendent difficile l'accès au cours d'eau et fragilisent les berges.

3.2.3.2. *Ripisylve*

A l'heure actuelle, les rus sont très pauvres, voire quasiment dépourvus de végétation arborée et arbustive. La ripisylve est souvent réduite à la présence de quelques arbres et arbustes isolés. Les espèces végétales rencontrées, typiques des boisements rivulaires sont : saules (*Salix* sp.), sureau noir (*Sambucus nigra*), frêne (*Fraxinus excelsior*)...

Cette végétation, bien que rare, souffre parfois d'un manque d'entretien qui peut nuire aux conditions d'écoulements en hautes eaux.

Les peuplements d'arbres et d'arbustes qui colonisent les berges, constituant *la ripisylve*, ont comme fonctions :

- la stabilisation des berges et la lutte contre l'érosion (*figure 9*)
- la filtration et fixation des polluants venant du bassin versant et du lit (pouvoir auto-épurateur),
- la création de zones de refuges et d'abris pour la faune aquatique.

Mais la couverture arborée apporte également une régulation thermique et lumineuse, par l'ombrage apporté au cours d'eau, limitant ainsi la croissance des végétaux aquatiques ou semi-aquatiques. L'utilisation de l'ombrage procède à un véritable « faucardage écologique ».

Remarque : Des arbres à enracinement superficiel (peupliers, épicéas) très hauts et très proches du lit, peuvent, lors de grands vents, provoquer un effet de bras de levier sur la berge conduisant au déchaussement de la souche et l'arrachement d'une partie de la berge (*figure 10*).

3.2.3.3. Milieux naturels et zones humides

Les investigations de terrain ont permis de recenser quelques zones humides à proximité des rus. Il s'agit pour l'essentiel de petites mares creusées à la suite de la sécheresse de 1976 et servant pour l'irrigation des cultures.

Les formations végétales rencontrées sont des friches mégaphorbiaie, cariçaies, jonçaies et roselières (*photo 11*). Elles offrent de nombreuses caches pour la faune, notamment pour les batraciens et la faune avicole.

3.2.4. Dysfonctionnements et problèmes rencontrés

Ce diagnostic a permis de mettre en évidence les problèmes suivants sur le bassin versant :

- Défaut d'entretien de certains ouvrages hydrauliques et de leurs abords entraînant des embâcles et donc des risques d'obstruction au moment des crues et une amplification des inondations.
- Mauvaises pratiques agricoles entraînant une augmentation du ruissellement.
- Présence de déchet dans le lit mineur.
- Absence de zones tampons non cultivées en bordure de cours d'eau, situation qui augmente le ruissellement, favorise la déstabilisation des berges et le transfert rapide des engrais et pesticides vers les cours d'eau.
- Problèmes de gestion et d'entretien de la végétation des berges à l'origine de multiples dysfonctionnements :
 5. déstabilisation des berges quand l'entretien a été trop brutal
 6. génération d'embâcles faisant obstacles à l'écoulement des eaux
 7. déséquilibre et appauvrissement de l'hydrosystème
 8. rudéralisation des biotopes
 9. augmentation du débit et des vitesses de courant
 10. augmentation du ruissellement
 11. augmentation des apports de polluants au cours d'eau

Face à ce constat, il est nécessaire, dans l'optique d'une meilleure gestion du ru de Paradis et de ses affluents, d'apporter des solutions visant à réguler les problèmes soulevés. L'objectif de ma mission est la définition des actions à mettre en place afin de résoudre les dysfonctionnements constatés en élaborant plusieurs solutions.

4. PROPOSITIONS DE TRAVAUX ET D'ACTIONS

L'objectif du schéma directeur est de savoir ce qu'il faut faire, où, pourquoi, et en employant quelles méthodes. Ce doit être un document pragmatique de lecture facile. Cette phase doit faire apparaître un ensemble de propositions d'actions qui doivent être ordonnées et hiérarchisées.

Les propositions de travaux et d'actions sont présentées ici en trois volets consécutifs, relatifs aux trois thématiques majeures de l'étude à savoir :

- Gestion du risque inondation
- Amélioration de la qualité de l'eau
- Gestion et restauration du milieu aquatique

Une série de fiches techniques a été élaborée afin de servir de fil directeur et de support à la compréhension des différentes solutions proposées et leur future mise en œuvre. Elles sont présentées dans le catalogue des fiches techniques en *annexe 17*.

Pour l'élaboration de ce document, j'ai travaillé en collaboration avec plusieurs personnes en charge de l'aspect hydraulique et hydrologique. Un diagnostic hydraulique a d'ailleurs été réalisé grâce à une modélisation. Les principaux problèmes d'écoulements des eaux ont été identifiés. Une série de mesures a donc été également proposée sur le bassin versant pour réduire le ruissellement, lutter contre les crues et améliorer la qualité de l'eau. Cependant, je ne présenterais ici que le travail que j'ai réalisé concernant les berges et le lit du cours d'eau.

4.1. GESTION DU RISQUE INONDATION

4.1.1. Enlèvement d'obstacles à l'écoulement

Cette opération s'apparente à une restauration des capacités d'écoulement initiales du lit mineur des rus et des ouvrages hydrauliques.

Les obstacles à l'écoulement peuvent-être végétaux (arbres, souches, etc...), minéraux, ou d'origine anthropique (détritus divers). Après s'être assuré que certains éléments ne constituent pas un intérêt essentiel pour d'autres aspects que l'écoulement de l'eau (voir la

fiche technique en annexe « L'enlèvement d'embâcles »), l'action consiste à enlever par à l'aide de moyens humains ou mécaniques (selon l'importance de l'obstacle), ces objets du lit mineur des rus.

L'absence d'entretien des ouvrages d'art est néfaste au maintien de l'hydraulicité de l'ouvrage. Elle se traduit, à terme, par une accumulation d'embâcles ou détritiques divers au droit de celui-ci et un envasement du fond de l'ouvrage qui réduisent la section d'écoulement, augmentent le risque d'obstruction, donc de débordement et favorisent la détérioration de l'ouvrage.

Au cours des investigations sur le terrain, peu de problèmes ont été rencontrés sur les rus. Aucun embâcle important n'a été observé et les ouvrages d'art sont relativement bien dégagés. Cependant quelques accumulations de débris végétaux issus du fauchage des berges ont été observés au droit de quelques ouvrages (photo 12).

Il faudra donc à l'avenir, veiller à bien évacuer les produits de fauche qui peuvent représenter des réels problèmes d'obstruction au niveau des ouvrages d'art. De plus, l'évacuation des produits de fauche représente un intérêt écologique. Cette action permet, d'une part de ne pas contribuer à l'enrichissement du milieu et d'autre part, d'éviter la rudéralisation des biotopes.

Deux actions conjointes sont proposées pour améliorer la capacité hydraulique des ouvrages et protéger les abords immédiats d'inondations induites par une insuffisance hydraulique liée à la présence d'embâcles. :

- Enlèvement des embâcles et restauration d'un état initial correct
- Entretien annuel des ouvrages

Ces interventions pourront être menées en même temps que l'entretien des berges (voir § 4.3.1).

4.2. AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'EAU

4.2.1. Mise en place de zones tampons en bordure de cours d'eau

4.2.1.1. Préambule

Cette action est rendue obligatoire pour l'obtention des aides PAC (Politique Agricole Commune) dès la campagne agricole 2004/2005 par une note récente du Ministère de l'Agriculture publiée le 28 juillet 2004. Les modalités d'application de cette note sont détaillées dans la fiche technique n°4 en annexe.

4.2.1.2. Description

Cette action est préconisée dans les secteurs où les rus sont bordés par des cultures non drainées. Les zones tampons sont constituées d'une barrière de végétation qui peut-être soit arbustive soit herbacée.

Les zones tampons herbacées sont les pratiques les plus courantes et sont appelées bandes enherbées. Ces bandes enherbées remplissent plusieurs fonctions :

- Elles permettent de limiter les apports d'eau au ru tant en volume qu'en débit. En effet, la rugosité de la surface de la bande enherbée ralentit la vitesse du ruissellement et permet l'infiltration. Sous la végétation herbacée, le sol constituant un milieu homogène sans macro-porosité, permet une infiltration lente des volumes interceptés.
- Elles jouent un rôle déterminant dans le contrôle et l'atténuation des impacts environnementaux de nombreux polluants, notamment ceux d'origine agricole (azote, phosphore, pesticides). Des travaux scientifiques ont montré l'efficacité des bandes enherbées, tant sur les volumes et les concentrations des flux de polluants, que le transfert des matières en suspension et dans une moindre mesure le transfert des minéraux.

4.2.1.3. Définition des travaux

L'efficacité du processus est corrélée à la largeur des bandes enherbées. Ainsi, des bandes enherbées de seulement 6 mètres de large permettent la réduction de 70 % des concentrations en produits phytosanitaires.

Compte-tenu de la taille des rus, il est préconisé de créer ces zones tampons sur les zones bordées par des cultures **sur une largeur minimum de 5 mètres**.

L'enherbement est assuré en semant une graminée résistant bien au déchaussement, à une densité plus élevée que pour un herbage (environ 40 kg/ha). Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des variétés à gazon (mélange de Ray-Grass anglais et de Fétuque rouge traçante et semi-traçante).

4.2.1.4. Coût estimatif

Cette action ne peut-être engagée qu'à l'initiative des riverains. Les communes devront veiller à la mise en œuvre des zones tampons par les agriculteurs. Cette opération ne nécessite pas de budget. De plus, ils existent des aides financières et techniques pour leur mise en place.

Les tronçons des rus concernés par ces aménagements sont présentés dans le tableau.

Pour information, la mise en place de bandes enherbées est estimée à **2 € / m²**.

Tableau X : Tronçons concernés par la mise en place de zone tampon en bordure de ru.

| Tronçons | Nature des travaux | Quantités | Priorité | Maître d'ouvrage |
|----------|--|--|----------|------------------|
| PARA 2 | Mise en place de zone tampon sur berge | 180 m en RG | 1 | Agriculteur |
| PARA 3 | Mise en place de zone tampon sur berge | 300 m en RG et 200 m en RD | 1 | Agriculteur |
| PARA 5 | Mise en place de zone tampon sur berge | 400 m sur 2 berges | 1 | Agriculteur |
| PARA 6 | Mise en place de zone tampon sur berge | 400 m sur 2 berges après le coude | 1 | Agriculteur |
| PARA 7 | Mise en place de zone tampon sur berge | 275 m en RG | 1 | Agriculteur |
| PARA 9 | Mise en place de zone tampon sur berge | 150 m en RG et les 50 derniers mètres RD | 1 | Agriculteur |
| CRET 2 | Mise en place de zone tampon sur berge | 200 m RG | 1 | Agriculteur |
| CRET 3 | Mise en place de zone tampon sur berge | 200 m en RD avant le coude et 200 m en RG après le coude | 1 | Agriculteur |

4.2.2. Nettoyage du lit et des berges

Cette action consiste à parcourir les cours d'eau et à procéder à l'enlèvement de tous les débris et déchets d'origine diverses qui peuvent se trouver au niveau du lit ou des berges.

Cette action peut-être menée lors de l'entretien des berges (voir § 4.3.1)

4.3. GESTION ET RESTAURATION DU MILIEU AQUATIQUE

4.3.1. Gestion de la végétation herbacée

Lors d'une visite sur le terrain au mois de juillet 2004, nous avons pu remarquer qu'un fauchage des berges du ru de Paradis avait été effectué. Cette opération est utile **mais ne doit jamais être envisagée à grande échelle. Elle doit être programmée par secteurs limités et prioritaires** notamment à proximité des ouvrages hydrauliques, des équipements techniques et du mobilier urbain.

Le fauchage des berges est, à l'origine, effectué pour faciliter l'écoulement des eaux et donc limiter les inondations. Cependant, lorsqu'il est effectué de manière intensive et systématique, il conduit à l'inverse de l'effet recherché. En effet, l'absence de végétation sur les berges provoque l'augmentation d'une part, du ruissellement induisant l'amplification des inondations et, d'autre part, de l'énergie hydraulique contribuant à la fragilisation et l'érosion des berges.

De plus, les tontes d'été :

- empêchent le fleurissement et la reproduction des plantes,
- profitent aux végétaux les plus résistants à la coupe et aux plantes pionnières appréciant les espaces dégagées (comme les orties ou la Renouée du Japon, voir § 4.3.2 suivant),
- et nuisent gravement à la survie et à la reproduction d'un grand nombre d'animaux (invertébrés et vertébrés).

Il faut donc proscrire ce fauchage agressif des berges de cours d'eau et procéder à une tonte sélective. Lorsque certains secteurs de berge ne sont pas tondus, cela permet :

- aux plantes d'assurer tout leur cycle de vie, fructification comprise,
- de maintenir les sols plus humides et de favoriser le maintien des végétaux des milieux humides,
- d'accueillir et de nourrir un grand nombre d'invertébrés,
- de protéger la nidification des oiseaux et d'accueillir les batraciens et les reptiles.

Laisser fructifier les plantes installées au bord de rivière est donc la première étapes vers la gestion différenciée des espaces, opposée à l'entretien systématique actuellement pratiqué, et vers l'augmentation de la richesse spécifique dans la vallée de l'Yvette. Cette façon de procéder nécessite un peu de réflexion, de responsabilité et une utilisation plus appropriée de la tondeuse.

4.3.2. Gestion de la Renouée du Japon

La prospection de terrain a permis de mettre en évidence la présence d'une plante envahissante sur les berges du ru de Paradis : **la Renouée du Japon**.

Cette plante herbacée exotique sévit depuis plusieurs années en bordure des cours d'eau où elle se propage de manière très importante, depuis son introduction en France au début du siècle.

Les désagréments qu'elle engendre sont du même ordre que ceux occasionnés par les bandes d'orties. Elle forme des peuplements denses monospécifiques qui réduisent la diversité biologique, rendent difficile l'accès au cours d'eau et fragilisent les berges. Toutefois, compte tenu de la très forte prolifération de cette espèce, il est illusoire d'envisager de s'en débarrasser complètement.

Actuellement, le seul moyen de limiter, voire d'éliminer la présence de la renouée, est de reconstituer une ripisylve diversifiée, composée d'espèces autochtones adaptées au cours d'eau, tout en reconstituant une diversité biologique favorable au fonctionnement du cours d'eau (voir la fiche technique en annexe). Cette opération accompagnée pendant deux à trois ans d'une fauche des repousses, permet à terme aux jeunes plants ligneux d'émerger des massifs de renouée et d'assurer naturellement la régénération des plantations.

En effet, la pertinence d'un traitement chimique reste limitée, dans la mesure où les produits phytosanitaires généralement utilisés ne sont pas du tout sélectifs et conduisent finalement à l'inverse de l'effet recherché.

La présence de la Renouée est à l'heure actuelle réduite à la partie aval du ru de Paradis sur le tronçon PARA 9. Elle n'est recensée que sur une cinquantaine de mètres en rive droite ; son développement est limité par la présence de la ripisylve. Cependant, il est nécessaire d'intervenir rapidement pour maîtriser son expansion.

Coût estimatif

| Tronçons | Nature des travaux | Montant (H.T.) | Priorité | Maître d'ouvrage |
|----------|---|----------------|----------|------------------|
| PARA 9 | Fauchage de la renouée du Japon et plantation d'arbustes* | 2 500 € HT. | 1 | SIAHVY |

*voir § 3.3.5 et la fiche technique « plantation de ligneux » en annexe

4.3.3. Entretien de la ripisylve

A l'heure actuelle, les rus sont très pauvres voire quasiment dépourvus de végétation arborée et arbustive. La ripisylve est souvent réduite à la présence de quelques saules et arbustes isolés. Cette végétation, bien que rare, souffre parfois d'un manque d'entretien qui peut nuire aux conditions d'écoulements en hautes eaux.

Cependant, dans une logique de gestion globale des cours d'eau, il est important de considérer les berges comme une interface entre lit mineur et lit majeur. Cette interface est un milieu naturel qui mérite un entretien raisonné. Il s'agit donc procéder à un entretien réfléchi de la végétation ripicole en faisant appel à plusieurs techniques forestières :

- La coupe sélective des arbres
- L'élagage
- Le recépage
- Le débroussaillage

Les différentes techniques citées ci-avant sont décrites en détail en annexe 1 sous forme de fiches spécifiques.

Les interventions effectuées sur la végétation ripicole des rus sont :

- l'élagage des branches basses des saules implantés en pied de berge,
- l'enlèvement des taillis et des broussailles qui encombrent la rive

4.3.3.1. Coût

Le coût de travaux d'entretien de berges est chiffré au mètre linéaire de cours d'eau (2 berges) et correspond à un coût moyen (la densité du travail varie d'un tronçon à l'autre). Pour une opération d'entretien léger comme c'est le cas sur les rus (végétation herbacée récemment fauchée et ripisylve quasiment inexistante), le coût des travaux précités est estimé entre **5 et 10 €/ml (H.T.)**.

4.3.4. Stabilisation des berges dégradées par retalutage et plantations en pied de berge

4.3.4.1. Objectif

Certains tronçons des rus présentent des berges très abruptes et dégradées. Compte tenu, de la petite taille des rus, seules des techniques douces de stabilisation des berges sont à envisager. La technique préconisée consiste à donner à la berge un profil plus doux pour assurer une meilleure stabilité au talus, à la protéger par ancrage d'un géotextile et par ensemencement du talus (voir les fiches techniques « Retalutage et pose d'un géotextile » et « Ensemencement » dans le catalogue des fiches techniques présenté en annexe).

Le reprofilage des berges permet également de remédier à la relative pauvreté en espèces des groupements des bords des cours d'eau. La tonte raisonnée des berges est une réponse à l'entretien mais elle montre rapidement ses limites face à la rudéralisation des biotopes.

En effet, la richesse spécifique des berges a peu de chance d'augmenter par cette seule pratique dans les années à venir. La zone d'interface eau-terre-air des berges actuelles est extrêmement réduite du fait du profil très abruptes des berges des rus. L'étirement de cette zone est fondamental pour l'installation d'une flore de rivière riche et diversifiée.

Le reprofilage du talus de la berge sur la base d'une pente plus douce impose un recul du sommet de la berge, ce qui n'est pas réalisable partout. Ce profil de berge n'est pas non plus souhaitable partout. **Du point de vue écologique, il est primordial de ne jamais uniformiser et systématiser les interventions.**

Le retalutage en pente douce s'accompagne de plantations de saules arbustifs en pied de berge, d'une part pour assurer la stabilité du talus mais également pour réduire l'éclairement et empêcher le développement excessif de la végétation herbacée.

4.3.4.2. Définition des travaux

Les secteurs concernés par cette intervention sont les berges de 2-3 m de haut pour une pente supérieure à 45°.

Les travaux comprennent :

- le retalutage de la berge, localement, afin d'obtenir un profil plus doux et une pente d'environ 2h/1v, y compris le nettoyage et débroussaillage éventuel du site de plantation.
- la fourniture et la pose d'un géotextile biodégradable ancré par des fers en béton.
- la fourniture de boutures vivantes d'espèces de Saules différentes.
- la pose de boutures (3 boutures /ml)
- la protection des boutures (anti-rongeurs type « Protectronc »)
- l'ensemencement à sec du site retaluté avec fourniture et pose d'un mélange de Ray-Grass et Fétuque (30gr/m²)
- l'arrosage du site (environ 1l/m²)
- le suivi du chantier et garantie de reprise et de vivacité sur 2 années végétatives des boutures et de l'engazonnement.

4.3.4.3. Coût estimatif

Le coût de la stabilisation des berges dégradées par cette technique peut-être approximativement décomposé en :

- | | |
|---|----------------|
| ➤ préparation du chantier et retalutage (2 à 5 m ³ /ml de berge) | 38,00 €/ml HT. |
| ➤ fourniture géotextile biodégradable (4 m /ml de berge) | 12,50 €/ml HT. |
| ➤ pose, fixation 3 agrafes (fer béton 6 mm), fourniture agrafes, main d'œuvre | 1,90 €/ml HT. |
| ➤ fourniture, pose et protection des bouture de saules (3unité/ml)..... | 9,60 €/ml HT. |
| ➤ ensemencement du site retaluté (4 m ² /ml de berge) | 3,00 €/ml HT. |
| ➤ entretien du semis et des plantations | 2.20 €/ml HT. |

SOUS-TOTAL 70,00 €/ml HT.

Maîtrise d'œuvre, divers et imprévus (25%) 17,50 €/ml HT.

COUT TOTAL ESTIMATIF 87,50 €/ml HT.

Tableau XI : Tronçons concernés par les travaux de talutage des berges.

| Tronçons | Nature des travaux | Qtés | Unités | Coût unitaire | Montant (H.T.) | Priorité | Maître d'ouvrage |
|--------------|---|------|--------|---------------|-----------------|----------|------------------|
| PARA 3 | Retalutage des berges en RD, pose d'un géotextile, plantation de boutures de saules et ensemencement. | 150 | ml | 87,50 € | 13 125 € | 3 | SIAHVVY |
| PARA 4 | Stabilisation des berges par retalutage, pose d'un géotextile, plantations de boutures de saules et ensemencement (2 rives). | 600 | ml | 87,50 € | 52 500 € | 1 | SIAHVVY |
| PARA 4 | Stabilisation des berges par retalutage, pose d'un géotextile, plantations de boutures de saules et ensemencement (2 rives), après l'ouvrage 9. | 50 | ml | 87,50 € | 4 375 € | 2 | SIAHVVY |
| TOTAL | | | | | 70 000 € | | |

N.B : les prix indiqués ne comprennent pas les éventuelles acquisitions foncières .

4.3.5. Plantation d'arbres et d'arbustes

4.3.5.1. Objectif

Ces plantations concernent les tronçons de cours d'eau en milieu rural actuellement dépourvus ou très pauvres en végétation arborée et, ou arbustive. Les conséquences sont les suivantes :

- ensoleillement excessif favorable à un développement important de la végétation aquatique ou semi-aquatique dans le lit,
- faible intérêt écologique général,
- faible intérêt paysager.

Ces plantations ont donc pour objectif l'amélioration de la qualité de l'eau et de la qualité générale de l'écosystème.

4.3.5.2. Définition des travaux

Les travaux comprennent :

- la préparation du sol,
- la fourniture, la plantation de plants d'essences variées et adaptées,
- la protection des plants,
- l'entretien pendant la première année (suivi de la reprise effective des plants).

Le détail des travaux est exposé dans le catalogue des fiches techniques en annexe (fiche technique « plantation de ligneux »)

Les plantations seront effectuées sur les deux berges sur une emprise de 1 à 5 m mais de façon non homogène, en bosquet, afin de maintenir des alternances ombre-lumière et de ne pas générer un aspect banalisé (voir figure). Les bosquets occuperont 70% du linéaire à traiter.

4.3.5.3. Coût estimatif

Le coût de la plantation des bosquets d'arbres et d'arbustes à raison d'un plant par m², sur une bande de largeur moyenne de 2,5 m est estimée à 37,50 € /m². Cette plantation est proposée sur les 2 berges sur 70 % du linéaire à traiter, soit un coût au ml de rivière de 52,50 €/ml (soit environ 26,00 € /ml de berge).

Ce coût comprend l'ensemble des travaux :

- préparation du sol,
- fourniture, plantation,
- suivi de la reprise.

Il a été calculé sur la base de 15,00 €/plant (voir le détail dans la fiche technique « plantations de ligneux » en annexe). Il comprend la mise en place d'un paillage et d'une protection des jeunes plants contre la faune qui entraînent un important surcoût.

Ce coût pourra être réduit par l'utilisation de boutures de saules obtenues à partir de la taille des arbres situés à proximité.

Tableau XII : Tronçons concernés par les travaux de revégétalisation des berges

| Tronçons | Nature des travaux | Qtés | Unités | Coût unitaire | Montant (H.T.) | Priorité | Maître d'ouvrage |
|--------------|---|------|--------|---------------|-----------------|----------|------------------|
| PARA 3 | Plantations d'arbres et d'arbustes en RG | 200 | ml | 37,50 | 7 500 € | 3 | SIAHVY |
| PARA 5 | Plantations d'arbres et d'arbustes sur 2 berges | 200 | ml | 37,50 | 7 500 € | 3 | SIAHVY |
| TOTAL | | | | | 15 000 € | | |

4.3.6. Pérennité des Aménagements

Après réalisation des travaux précités, il conviendra d'assurer un entretien régulier de l'ensemble des rus.

Ces travaux d'entretien ont pour finalité d'assurer la pérennité des aménagements dans le temps. Classiquement, il faut envisager un passage tous les 3 à 5 ans. Les travaux sont du même type que ceux préconisés dans le § 4.3.1. Ces travaux sont à programmer par tranches annuelles.

Une carte de localisation des aménagements proposés a été créée. Elle est présentée sur la page ci-contre

5. CONCLUSION

Le diagnostic écomorphologique du ru du Paradis et de ses affluents a donc permis d'identifier les particularités et les différents problèmes en présence par tronçons homogènes.

Les problèmes constatés sur le ru du Paradis sont attribuables à des mauvaises pratiques agricoles et surtout une mauvaise gestion de la végétation rivulaire. Pour remédier à ces problèmes, des propositions d'actions ont été élaborées : mise en place de zones tampons, plan de gestion de la végétation rivulaire, enlèvement d'obstacles à l'écoulement...

Ces actions sont relativement simples à mettre en oeuvre et permettraient de lutter efficacement contre les problèmes de ruissellement et d'inondations sur le bassin versant du ru du Paradis. De plus, ces actions représentent des solutions efficaces pour améliorer la qualité de l'eau et la qualité générale de l'écosystème.

Cependant, la mise en œuvre de ces propositions imposent une prise de conscience de tous les acteurs (aussi bien des riverains, des communes que des gestionnaires) afin que le ru du Paradis ne soit plus uniquement perçu comme un fossé agricole mais comme un véritable cours d'eau. Si la gestion du bassin versant du ru de Paradis et plus généralement de la vallée de l'Yvette a été axée depuis de nombreuses années sur la lutte contre les inondations, il faut aujourd'hui passer à une gestion plus globale de ces cours d'eau.

L'Yvette présente, en effet, un chevelu hydrographique très développé composé de nombreux ruisseaux, d'étangs et de rigoles. C'est par la prise en compte de tous ces petits affluents et zones humides dont beaucoup sont considérés comme des fossés (rejets de drainage agricole, rejets privés) et des exutoires (rejets de STEP, rejets de collecteurs pluviaux) que nous pourrions véritablement assister à la reconquête de la qualité de l'Yvette.

Le travail que j'ai effectué et notamment les propositions de travaux et d'actions élaborées à la suite du diagnostic ont été intégrées au Schéma Directeur de Gestion des Eaux de Ruissellement sur le bassin versant du ru de Paradis.

Le travail réalisé par l'équipe chargée de l'aspect hydraulique a permis d'aboutir aux propositions suivantes :

- Création ou aménagements de zones d'expansion de crue
- Création de bassins de rétention au niveau des collecteurs d'eaux pluviales
- Mise en place de techniques alternatives sur le bassin versant (cuves enterrées, noues , chaussées réservoir,...)
- Destruction ou restructuration d'ouvrages d'art

Plusieurs scénarios ont été élaborés sur la base de ces propositions. Ils seront présentés au Comité Technique le 12 Octobre 2004 qui devra choisir des solutions parmi les différentes alternatives envisagées. Elles constitueront la base d'un travail de mise en forme d'un programme global, pluriannuel d'actions hiérarchisées (priorités, phasages des travaux importants et des actions de gestion et d'entretien). Le rapport final comprendra donc des propositions validées par le Comité Technique, avec un échéancier de réalisation. Les problèmes seront analysés en tenant compte des données techniques, des implications foncières, des mesures juridiques à prendre, des structures administratives à mettre en place, des coûts financiers des aménagements et de leur suivi.

3^{EME} PARTIE : MISE EN PLACE DE ZONE TAMPON EN EUROPE

1. INTRODUCTION

Comme nous l'avons vu dans les deux études précédentes, les cours d'eau subissent des pressions anthropiques importantes. L'espace nécessaire au bon fonctionnement des rivières diminue peu à peu par l'urbanisation comme c'est le cas pour l'Yerres aval, ou par les espaces utilisés pour l'agriculture comme c'est le cas pour le ru du Paradis. La réduction de ces espaces naturels s'accompagne d'un apport massif de pollutions provenant des activités humaines. Les pratiques agricoles intensives représentent l'apport majoritaire de la pollution diffuse. En France, 19 millions d'hectares, soit 35% de la superficie totale du territoire, sont traités par des fertilisants et des produits phytosanitaires (*photo 21*). A cela s'ajoute les 100 000 tonnes de pesticides épandus chaque année dans les champs (INRA). Mais ce problème n'est pas spécifique à la France. De nombreux pays européens doivent faire face depuis la deuxième moitié du vingtième siècle à la pollution de leurs milieux aquatiques. La récente directive cadre sur l'eau impose aux pays de l'Union européenne d'avoir un bon état écologique des eaux d'ici 2015. Ceci impose donc la maîtrise des pollutions diffuses d'origine agricole.

Face à ces problèmes, la mise en place de zone tampon s'avère une solution intéressante. Les zones tampons jouent un rôle déterminant dans le contrôle et l'atténuation des impacts environnementaux de nombreux polluants, notamment ceux d'origine agricole (azote, phosphore, pesticides). Les zones tampons peuvent-être des espaces boisés tels que les haies, des bosquets et des boisements au bord du cours d'eau, des zones humides ou bien des bandes de végétation herbacée appelées aussi bandes enherbées. Tous ces éléments du paysage sont capables de freiner et d'épurer les eaux d'écoulement avant qu'elles n'atteignent les eaux de surface. Les bandes enherbées représentent les dispositifs les plus utilisés à l'heure actuelle car il sont simple à mettre en œuvre et leur coût est faible.

Dans une première partie il sera présenté le fonctionnement et l'efficacité des zones tampons et plus particulièrement des dispositifs enherbés. Puis, nous aborderons leur mise en place dans différents pays européens.

2. GENERALITES

2.1. LE TRIO RUISSELLEMENT – EROSION – POLLUTION

Les parcelles cultivées sont rarement complètement planes et horizontales. Plus ou moins pentues, elles subissent le ruissellement des eaux de pluies qui va d'abord être diffus sur une surface homogène puis il va se concentrer progressivement vers les points bas du bassin versant pour atteindre les eaux superficielles. L'action de la pluie peut décrocher des particules du sol puis les entraîner par ruissellement vers les fossés et cours d'eau. Cette érosion hydrique emporte également de nombreux éléments fixés à ces particules en particulier une fraction des fertilisants ou des produits phytosanitaires appliqués sur les parcelles agricoles. Ces pollutions d'origine agricole représentent aujourd'hui la principale cause de perturbation des milieux aquatiques.

2.2. LE ROLE DES ZONES TAMPONS

Les zones tampons jouent un rôle déterminant dans le transfert de ces polluants en interceptant une part du ruissellement (*figure 12*). Il peut s'agir de haies, de talus, de prairies, de forêts riveraines, de zones humides ou de bandes enherbées. Elles permettent de ralentir, de filtrer et d'épurer les eaux de ruissellement. Cependant, elles ne présentent pas les mêmes efficacités. De nombreux travaux ont démontré l'efficacité des zones humides, haies et ripisylves en terme de limitation du transfert des particules solides et des fertilisants. Les bandes enherbées sont particulièrement intéressantes car elles présentent les avantages d'être peu coûteuses, faciles et rapides à mettre en œuvre. De plus, ces dispositifs seraient plus efficaces pour limiter le ruissellement.

3. LE CAS DES BANDES ENHERBÉES

3.1. FONCTIONNEMENT

De nombreuses études ont été menées pour comprendre le fonctionnement des bandes enherbées. Les résultats de ces recherches ont permis de mettre en évidence différents mécanismes intervenant dans la limitation du transfert des particules solides, des fertilisants et des produits phytosanitaires transportés par ruissellement :

- La sédimentation et la filtration des particules : le ruissellement est d'abord ralenti par la rugosité de la surface de la bande enherbée. Le ralentissement de l'écoulement favorise la filtration dans le sol puis la sédimentation des particules.
- La rétention des substances sur la surface enherbée : les résidus végétaux et la matière organique peu décomposée présente en surface permettent de fixer les molécules solubilisées, notamment les pesticides. Cette matière organique a une capacité d'adsorption très importante.
- L'infiltration : sous la végétation herbacée, le sol constituant grâce à son système racinaire un milieu homogène sans macro-porosité permet une infiltration lente des volumes interceptés.
- La biodégradation : les résidus de produits phytosanitaires sont dégradés dans la couche superficielle du sol. La présence des racines et de matière organique constitue un milieu aérobie favorable à l'activité microbienne.

3.2. EFFICACITE

L'efficacité des bandes enherbées dépend de leur longueur et plus particulièrement du rapport entre la surface enherbée et la zone contributive au ruissellement. De nombreuses études ont été menées en Europe et surtout aux États-Unis pour évaluer l'efficacité des bandes enherbées.

En France, en 1997, dans le cadre d'une thèse menée en collaboration entre l'ITCF (Institut technique des céréales et des fourrages), le Cemagref (Centre d'étude du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts), le ministère chargé de l'Agriculture (DERF) et Rhône-Poulenc Agro, des essais ont été conduits avec différentes largeurs de bandes enherbées et

différents produits phytosanitaires utilisés en grande culture (d'après *Les Études de l'Agence de l'Eau N°63*).

Les résultats montrent que le transfert d'eau diminue de 43 à 87% avec une bande de 6 mètres de large, et de 85 à 99% lorsque la largeur est portée à 18 mètres. Les matières en suspension sont également piégées, jusqu'à plus de 99% dans certains essais.

En ce qui concerne les nutriments, les études expérimentales traduisent une forte variabilité. Cependant, il a été montré que des bandes enherbées d'une longueur de 18 mètres permettaient de réduire d'environ 70 % les flux de nitrates et de 60% les flux de phosphore soluble.

Malgré des efficacités hétérogènes, les bandes enherbées constituent des filtres intéressants concernant les minéraux.

De plus, il a été montré que ces dispositifs étaient capables de réduire de façon importante les concentrations et les flux de produits phytosanitaires et ceci quelles que soit les propriétés physico-chimiques des produits étudiés. Ainsi, l'efficacité moyenne sur les concentrations de phytosanitaires est de 71% pour une bande de 6 mètres et jusqu'à 91% pour 18 m.

Néanmoins, un certain nombre de facteurs interviennent sur l'efficacité de ces zones tampons.

On peut citer notamment :

- Les paramètres pluviométriques,
- La nature du sol,
- L'humidité du sol,
- La pente et la forme du bassin versant,
- Le débit du ruissellement,
- L'emplacement du dispositif dans la parcelle (figure 13),
- La présence de drains dans les champs...

4. LES ZONES TAMPONS EN EUROPE

A l'heure actuelle, la sauvegarde ou l'implantation de zones tampons est partie intégrante des projets d'aménagements et des dispositifs proposés pour la préservation des ressources en eau. Nous avons vu le cas particulier des bandes enherbées qui représentent des dispositifs simples et rapides à mettre en place. Cependant, les pays européens adoptent des techniques différentes pour lutter contre les pollutions d'origine agricoles. Ce chapitre s'intéresse donc à faire un tour d'horizon de la mise en place de zones tampon dans différents pays européens.

4.1. LA FRANCE

Depuis un vingtaine d'années, de nombreuses études ont été menées sur les zones tampons et particulièrement sur les bandes enherbées. De plus, des dispositions réglementaires prévoient l'implantation de ces dispositifs.

La directive nitrate (91/676/CEE) est transposée en droit français par le décret relatif aux programmes d'actions à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre les nitrates d'origine agricole. Ainsi, les départements peuvent, par arrêté préfectoral proposer ou même imposer la mise en place de bandes enherbées. En Bretagne, cette mesure est devenue obligatoire depuis 1993.

Le régime de soutien communautaire aux producteurs de cultures arables conditionne le versement des aides au gel d'un pourcentage de la surface emblavée en céréales et oléoprotagineux (SCOP). Le taux de gel imposé était de 10%, mais une note du Ministère de l'Agriculture publié le 28 juillet 2004 assouplit **les conditionnalités des aides PAC** qui s'applique dès 2004/2005. Elle précise les règles d'application des critères de « Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales ». Ainsi, la mise en place d'un couvert dit « environnemental » correspondant à 3% de la surface en céréales, oléagineux, li, chanvre, et gel de l'exploitation sous forme de bandes enherbées le long des cours d'eau est obligatoire dès la campagne agricole 2004/2005. Ces bandes enherbées auront une largeur comprise entre 5 et 10 mètres. Les couverts autorisés sont définis au niveau départemental, en référence aux couverts autorisés pour le gel. Les herbicides et fertilisants sont interdits sur ces surfaces.

4.2. LA SUISSE

Depuis 1992, la Loi fédérale sur l'agriculture permet de subventionner les mesures qui soutiennent la diversité biologique : méthodes de production intégrées, culture biologique ou restauration des agro-écosystèmes et des milieux naturels. Il s'agit essentiellement d'encourager des méthodes de production durables et la création de milieux semi-naturels, appelées **surfaces de compensations écologiques (SCE)**. Ces **surfaces** relient les zones agricoles ou urbanisées et forment des corridors **écologiques** que ce soit par des haies, des lisières ou des prairies extensives. Un certain nombre de critères doivent être respectés pour obtenir ces subventions. Ainsi, la part requise de SCE de l'exploitation doit représenter au moins 3,5% de la surface agricole utile. Une des conditions requises est la mise en place d'une bande herbeuse extensive d'une largeur minimale de 3 mètres le long des cours d'eau, des haies, des bosquets, des berges boisées et des lisières de forêt. Les bandes herbeuses extensives sont définies comme des bandes couvertes par une végétation herbacée, visible sur toute la largeur minimale requise et reconnaissable toute l'année.

4.3. L'ALLEMAGNE

En Allemagne, l'agriculture est responsable d'environ 50 à 60 % des apports en nitrates et d'environ 40 à 50 % des apports en phosphore (Tomas Menzel, comm. pers.) De plus, la législation fédérale allemande impose un entretien régulier du lit et des berges des voies navigables : ceci comprend des dragages réguliers et l'élimination totale de la ripisylve (pour une meilleure visibilité, voir *photo 22*). Ces cours d'eau sont donc très sensibles au problème de pollution par ruissellement puisqu'il n'y a aucune zone de rupture de transfert. La mise en place de bandes enherbées en bordure des voies navigables représenterait une solution intéressante car elle permettrait d'intercepter le ruissellement et les polluants qu'il véhicule sans gêner la visibilité. En Allemagne, il existe comme en Suisse ou en France, des compensations financières pour la mise en place de dispositifs enherbés. Cependant, cette mesure est peu suivie dans ce pays. D'après les exploitants agricoles, les aides financières ne permettraient pas de compenser les pertes engendrées.

En revanche, d'autres mesures sont prises. Elles visent à former les agriculteurs à adapter l'apport d'engrais à leur site, à diminuer l'emploi de phytosanitaires et à soutenir l'agriculture biologique.

4.4. LA POLOGNE

Les problèmes de pollution sont différents dans les anciens pays du bloc communiste. En effet, dans les années 80, les cours d'eau de ces pays ont subi surtout des dégradations provenant des rejets d'industries non traités. Malgré des pratiques agricoles moins intensives qu'en Europe de l'Ouest, la pollution organique des milieux aquatique est existante. Ainsi ; des recherches sont effectuées par l'équipe du professeur Zalewski de l'Université de Lodz pour réduire les apports de nutriments dans le réservoir de Sulejow provenant de la rivière Pilica située en amont. Ce réservoir constitue la principale réserve en eau potable de la région.

Cependant, il présente des phénomènes d'eutrophisation se caractérisant par des prolifération de cyanobactéries toxiques. Des zones tampons arbustives d'une largeur de 7 mètres constituées d'une espèce de saule (*Salix viminalis*) ont été installées autour du réservoir (soit 9 km et plus de 120 000 saules, *photo 23*). Les résultats montrent que ces zones tampons permettent de capter plus de 80% d'azote et 60% de phosphore. Différentes espèces ont été testées, il s'est avéré que *Salix viminalis* montrait les meilleurs taux d'abattement des nutriments. Ces zones tampons présentent également un intérêt paysager mais aussi un intérêt économique. Après coupe, le bois est utilisé en bioénergie (bois de chauffage), ce qui permet l'exportation des nutriments hors de la plaine alluviale.



Photo 23 : Zone tampon de *Salix viminalis* en bordure du réservoir de Sulejow (Pologne)

5. CONCLUSION

Dans les secteurs non drainés, la sauvegarde ou la mise en place de zones tampons s'avèrent des mesures intéressantes pour lutter contre la pollution diffuse d'origine agricole. Malgré des résultats variables, les nombreuses recherches ont prouvé l'efficacité de ces dispositifs dans la réduction du ruissellement et des apports de polluants aux milieux aquatiques. L'efficacité de rétention est estimée entre 60 et 80% pour l'azote et environ 60% pour le phosphore. De plus, l'action de dégradation des produits phytosanitaires comme les pesticides est largement démontrée.

La maîtrise de la pollution diffuse d'origine agricole représente aujourd'hui un enjeu important dans la reconquête de la qualité des milieux aquatiques. Au niveau européen ; les pays ont adoptés des techniques différentes. En France, la mise en place des bandes enherbées est largement encouragée. D'autres pays comme la Pologne préfèrent des zones tampons constituées d'arbres ou d'arbustes. La Suisse, quant à elle, préconise le maintien d'une ripisylve doublée de bandes enherbées ce qui permettrait de meilleurs résultats. En ce qui concerne l'Allemagne, il est difficile de promouvoir la mise en place de zone tampon quand de l'autre la législation fédérale impose la coupe régulière de toute végétation en bordure des cours d'eau navigables. Néanmoins, l'Allemagne développe une politique judicieuse de réduction des apports à la source en formant directement les Agriculteurs.

Les zones tampons ne sont donc pas des « solutions miracles ». Elles permettent d'améliorer la qualité des eaux mais elles doivent être accompagnées de mesures de réduction des apports dans les champs et de tout un ensemble de bonnes pratiques agricoles : choix pertinent des produits à appliquer, époque de traitement, techniques culturales, techniques de lutte non chimique contre les mauvaises herbes (rotations, travail du sol...), contre les insectes (lutte biologique...), contre les maladies cryptogamiques (variétés résistantes, rotations, travail du sol, mode de semis...), ... Il s'agit de rompre avec le productivisme agricole afin d'assurer des productions de qualité tout en préservant l'environnement.

CONCLUSION GENERALE

Ce stage au sein du bureau d'études B3E, m'a permis de suivre différentes étapes d'élaboration d'études préalables à l'aménagement de rivières. J'ai pu appréhender le rôle important que jouent les structures d'études et de conseil pour assister les gestionnaires, comme les syndicats intercommunaux, dans leur prise de décision de gestion et d'aménagement des milieux aquatiques. Ces décisions doivent découler d'études préalables poussées sur l'efficacité à long terme des actions envisagées et sur leurs conséquences.

Le diagnostic est la base fondamentale de toute étude d'aménagement de rivière. Il doit faire appel à diverses disciplines : hydraulique, hydrologie, hydrogéologie, écologie, géomorphologie, hydrobiologie...qui doivent permettre d'aboutir à une approche globale de l'état et du fonctionnement du cours d'eau. La reconnaissance détaillée de la rivière est particulièrement importante. En effet, cette phase de terrain permet de dégager les zones à problèmes ou à fortes potentialités par tronçons homogènes. La phase de définitions des orientations de gestion et d'aménagements se base sur les conclusions de ce diagnostic.

Or, pendant longtemps, les actions d'aménagements et de gestion des cours d'eau n'émergeaient pas d'une approche globale des problèmes. Ainsi, les dysfonctionnements observés sur l'Yerres proviennent pour la plupart du fait que la rivière a longtemps été perçue du strict point de vue hydraulique. L'aménagement des barrages a modifié la dynamique naturelle de la rivière provoquant de multiples perturbations : envasement, assèchement des milieux humides, banalisation des biotopes, etc. Il en est de même pour le ru du Paradis qui est encore géré comme un fossé agricole et non comme un véritable cours d'eau (fauchage des berges, pompage abusif, modification de tracé...).

Il s'agit aujourd'hui de construire des stratégies de gestion et des projets en tirant profit des mécanismes de régulation naturelles plutôt qu'en accentuant l'artificialisation. La loi sur l'eau de 1992 vise à enrayer l'utilisation et l'artificialisation « anarchiques » des milieux aquatiques. Cependant, de nombreux progrès restent à faire pour modifier la perception et la gestion de nos rivières par les différents acteurs et c'est en partie le rôle que doivent jouer les structures de conseil et d'expertise comme les bureaux d'études.

BIBLIOGRAPHIE

L'YERRES

Documents fournis par le SIARV :

- ALAOUI K., 2000. Les modifications hydro-morphodynamiques dans la plaine alluviale aval de l'Yerres sous l'influence de l'anthropisation. Mémoire de DEA de Géomorphologie. Université Paris 7.
- AQUASCOP, 2003. Étude hydrobiologique du bassin versant de l'Yerres à l'aide des indices diatomées.
- ARCHITECTE DES BATIMENTS DE FRANCE, 1995. Étude d'inventaire et de diagnostic du patrimoine architectural réparti le long de l'Yerres entre Villeneuve Saint Georges et Varennes Jarcy.
- B3E, 2002. Expertise écologique préalable au curage de six tronçons en bordure de l'Yerres et du Réveillon.
- COYNE & BELLIER, 1983. Étude de faisabilité de bassins de retenue de l'Yerres amont.
- D.D.A.F., 1995. Étude paysagère et foncière des berges de l'Yerres et du Réveillon.
- GOIX. E, 1999. Modalités et facteurs des apports latéraux à l'échelle du bassin-versant - études des vallées de l'Yerres et de l'Avon. Mémoire de maîtrise en Géographie Physique, 234 p.
- FEUILLAS D., 1999. La végétation du lit majeur de l'Yerres de Varennes-Jarcy à Villeneuve-Saint-Georges.
- IAURIF, 1996. La vallée de l'Yerres.
- INSTITUT DE STRATEGIES PATRIMONIALES, INRA, 1997. Adaptation de la politique de protection contre les inondations menée dans le cadre du contrat de plan par évaluation stratégique de la gestion de la sécurité par rapport aux inondations dans le bassin de l'Yerres.
- LEBEL B., 2001. L'aménagement des berges de l'Yerres. Mémoire de maîtrise, Université Paris XII Val de marne.
- LEFORT S., 1998. Les réponses hydrologiques de l'Yerres face aux épisodes pluvieux. Mémoire de maîtrise, Université Paris 7.
- LEGER S., 1999. Éléments de Géologie pour l'aptitude des sols à l'infiltration.
- LYONNAISE DES EAUX, 1995. Suivi de la qualité de l'Yerres et du Réveillon.
- PROLOG, 1997. Sécurité des ouvrages de régulation de l'Yerres et mise en place d'un système de télégestion pour le SIARV.
- PROLOG, 2002. Impact hydraulique du curage et des aménagements du lit mineur le l'Yerres protégés par le SIARV au droit des barrages de régulation.
- PROLOG, 2003. Étude hydraulique préalable à la réhabilitation d'un bras mort de l'Yerres.
- SAFEGE, 1992. Étude préliminaire à l'aménagement intégré de l'Yerres et de ses affluents.
- SAFEGE, 1994. Schéma directeur pour l'assainissement des eaux pluviales.
- SIARV, 1991. Inventaire des rejets d'eaux pluviales dans l'Yerres.

- SIARV, 1997. Schéma d'aménagement général de la liaison verte de l'Yerres et du Réveillon. Mis à jour en 2003.
- SIARV, campagnes de mesures trimestrielles de la qualité de l'eau.
- SOGREAH. Études des crues de l'Yerres dans son cours aval et des solutions à envisager.
- STOUDER L., 1999. Dynamiques fluviales de l'Yerres. Mémoire de Maîtrise de Géographie physique, Université Paris 7.
- VIEIRA D., 2002. Recueil d'information géographiques sur les communes de Marolles-en-Brie et Santeny sur le Réveillon.

LE RU DU PARADIS

- AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE, 2000. Guide de gestion de la végétation des bords de cours d'eau.
- AGENCE DE L'EAU RMC, 1998. La gestion des boisements de rivières.
- AGENCES DE L'EAU, 2000. La gestion de la Renouée du Japon en bordure des cours d'eau.
- AMOROS C. & PETTS G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Masson, Paris, 300 pp.
- AQUASCOP, HYDRATEC, 1995. Étude préliminaire à l'aménagement de la rivière la Juine et de ses affluents.
- B3E, 1996. Schéma d'Aménagement et d'Assainissement du bassin versant du ru du Réveillon.
- CARRIERE P., 2000. Présentation du schéma d'Aménagement de l'Argent-Double. Mémoire de DESU, Université de Montpellier II.
- CHAÏB J., 1996. *Les études d'impact*. Éditions Sang de la terre et Foncier Conseil, Paris, 1996.149 pp.
- DESS IHCE, 2004. Compte-rendu du voyage d'étude en Europe.
- G.R.A.I.E (Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures de l'Eau), 1996. Aménagement et gestion des rivières.
- DIREN Bretagne, 2001. Restauration et entretien des cours d'eau en Bretagne, Guide technique. 103 pp.
- LACHAT B., 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau par techniques végétales.
- LES ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°64, 1997. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau.
- LES ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°63, 1998. Etude de l'efficacité des dispositifs enherbés, 65 pp.
- LES ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°68, 1997. Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France.
- LES ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°80, 2002. Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines.
- MARIDET L., 1995. Rôle des formations végétales riveraines. Cemagref.

RÉFÉRENCES INTERNET

<http://www.inra.fr/>

http://www.agriculture.gouv.fr/spip/article.php3?id_article=3645

<http://www.cemagref.fr/Informations/Ex-rechr/systemes-aqua/gril/gril-exemple.htm>

<http://www.arehn.asso.fr/soleteau/p3b.htm#dispoenherb>

<http://www.legifrance.gouv.fr>

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| SOMMAIRE | 1 |
| RESUME..... | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| INTRODUCTION..... | 10 |
| PRESENTATION DE L'ENTREPRISE | 12 |
| 1ère PARTIE : ETAT DES LIEUX – LE CAS DE L'YERRES..... | 15 |
| 1. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE | 16 |
| 2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE..... | 17 |
| 3. PRESENTATION GENERALE DE L'YERRES ET DE LA ZONE D'ETUDE | 18 |
| 3.1. Présentation de l'Yerres | 18 |
| 3.1.1. Situation géographique..... | 18 |
| 3.1.2. Aire d'étude : le territoire du SIARV | 18 |
| 3.2. Réseau hydrographique | 19 |
| 3.2.1. L'Yerres | 19 |
| 3.2.2. Le Réveillon | 20 |
| 3.3. Topographie | 20 |
| 3.4. Climat | 21 |
| 3.5. Géologie | 21 |
| 3.6. Hydrogéologie..... | 21 |
| 3.6.1. La nappe de Champigny..... | 22 |
| 3.6.2. L'alimentation de la nappe..... | 22 |
| 3.6.3. Les zones de résurgence..... | 22 |
| 3.6.4. Le niveau de la nappe..... | 22 |
| 3.7. Géomorphologie..... | 23 |
| 3.8. Occupation du sol..... | 24 |
| 3.8.1. Le mode d'occupation du sol | 24 |
| 3.8.2. La population du SIARV..... | 25 |
| 3.9. Conclusion..... | 25 |
| 4. ETUDE HYDROLOGIQUE..... | 26 |
| 4.1. Étude des apports pluviaux | 26 |
| 4.1.1. Débits apportés..... | 26 |
| 4.1.2. Localisation des rejets | 26 |
| 4.2. Débits caractéristiques..... | 27 |
| 4.3. Régime hydrologique | 27 |
| 4.4. Crues de l'Yerres et inondations | 28 |
| 4.4.1. Les zones d'inondations | 28 |
| 4.4.2. Dispositif de gestion des crues | 29 |
| 4.5. Conclusion..... | 30 |
| 5. QUALITE DE L'EAU | 31 |
| 5.1. Méthodologie | 31 |
| 5.1.1. Origine des données | 31 |
| 5.1.2. Stations de suivi | 32 |
| 5.2. Analyses physico-chimiques | 32 |
| 5.2.1. Généralités..... | 32 |
| 5.2.2. Physico-chimie des eaux de l'Yerres | 32 |
| 5.2.3. Physico-chimie des eaux du Réveillon..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 5.2.4. Qualité bactériologique : altérations par les micro-organismes | 35 |
| 5.3. Analyses hydrobiologiques | 35 |
| 5.3.1. Généralités..... | 35 |
| 5.3.2. Analyse des peuplements de diatomées | 36 |
| 5.3.3. Analyse des peuplements de macro-invertébrés benthiques | 37 |
| 5.3.4. Analyse des peuplements piscicoles | 38 |
| 5.4. Conclusion..... | 40 |
| 6. INVENTAIRE DES RISQUES DE POLLUTION..... | 41 |
| 6.1. Qualité des sédiments..... | 41 |
| 6.1.1. Paramètres | 42 |
| 6.1.2. Résultats | 42 |
| 6.2. Rejets des eaux pluviales..... | 42 |
| 6.2.1. L'assainissement pluvial sur le territoire du SIARV | 42 |
| 6.2.2. La qualité des rejets..... | 43 |
| 6.2.3. Les ouvrages de dépollution..... | 44 |
| 6.3. Pollution récurrentes | 45 |
| 6.4. Conclusion..... | 45 |
| 7. ETUDE HYDRAULIQUE..... | 46 |
| 7.1. Profil en long | 46 |
| 7.2. Les ouvrages hydrauliques | 46 |
| 7.2.1. Les moulins | 47 |
| 7.2.2. Les barrages..... | 48 |
| 8. ETAT DES BERGES ET DU LIT | 49 |
| 8.1. Le lit mineur | 49 |
| 8.1.1. Nature des fonds..... | 49 |
| 8.1.2. Erosion, envasement..... | 49 |
| 8.2. État des berges..... | 50 |
| 8.2.1. Nature des berges | 51 |
| 8.2.2. Végétation riveraine | 53 |
| 9. PATRIMOINE NATUREL..... | 56 |
| 9.1. Zones protégées..... | 56 |
| 9.1.1. Les ZNIEFF..... | 56 |
| 9.1.2. Les Espaces Naturels Sensibles..... | 56 |
| 9.2. Valeur floristique..... | 56 |
| 9.2.1. Les habitats naturels de la vallée de l'Yerres | 57 |
| 9.2.2. Valeur patrimoniale..... | 58 |
| 9.2.3. La régression des milieux humides | 58 |
| 9.3. Valeur faunistique | 59 |
| 9.3.1. Les odonates..... | 59 |
| 9.3.2. Amphibiens | 59 |
| 9.3.3. Reptiles..... | 60 |
| 9.3.4. Oiseaux..... | 60 |
| 9.3.5. Les mammifères | 61 |
| 9.4. Conclusion : les secteurs « clés » | 62 |
| 10. PATRIMOINE CULTUREL ET TOURISTIQUE | 63 |
| 10.1. La liaison verte | 63 |
| 10.2. Patrimoine culturel | 64 |
| 10.2.1. Le patrimoine architectural de l'Yerres | 64 |
| 10.2.2. Monuments et sites classés..... | 64 |
| 11. CONCLUSION | 65 |

| | |
|---|------------|
| 2ème PARTIE : PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS – LE CAS DU RU DE PARADIS | 68 |
| 1. PREAMBULE..... | 69 |
| 2. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE | 69 |
| 2.1. Objet de l'étude | 69 |
| 2.2. Présentation de la zone d'étude | 70 |
| 3. RAPPELS DES ELEMENTS DE PHASE 1 | 71 |
| 3.1. Méthodologie | 71 |
| 3.1.1. Enquêtes de terrain | 71 |
| 3.1.2. Découpage en tronçons | 72 |
| 3.1.3. Les ouvrages..... | 72 |
| 3.2. Éléments de diagnostic..... | 73 |
| 3.2.1. Analyse de la nature et de l'état des berges | 73 |
| 3.2.2. Analyse des composantes morphodynamiques | 73 |
| 3.2.3. Analyse de la végétation riveraine | 74 |
| 3.2.4. Dysfonctionnements et problèmes rencontrés..... | 76 |
| 4. PROPOSITIONS DE TRAVAUX ET D' ACTIONS | 77 |
| 4.1. Gestion du risque inondation..... | 77 |
| 4.1.1. Enlèvement d'obstacles à l'écoulement | 77 |
| 4.2. Amélioration de la qualité de l'eau | 79 |
| 4.2.1. Mise en place de zones tampons en bordure de cours d'eau..... | 79 |
| 4.2.2. Nettoyage du lit et des berges | 80 |
| 4.3. Gestion et restauration du milieu aquatique | 81 |
| 4.3.1. Gestion de la végétation herbacée | 81 |
| 4.3.2. Gestion de la Renouée du Japon | 82 |
| 4.3.3. Entretien de la ripisylve..... | 83 |
| 4.3.4. Stabilisation des berges dégradées par retalutage et plantations en pied de berge | 84 |
| 4.3.5. Plantation d'arbres et d'arbustes | 86 |
| 4.3.6. Pérennité des Aménagements..... | 88 |
| 5. CONCLUSION | 88 |
| 3ème PARTIE : MISE EN PLACE DE ZONE TAMPON EN EUROPE..... | 90 |
| 1. INTRODUCTION..... | 91 |
| 2. GENERALITES..... | 92 |
| 2.1. Le trio ruissellement – érosion – pollution..... | 92 |
| 2.2. Le rôle des zones tampons | 92 |
| 3. LE CAS DES BANDES ENHERBEES..... | 93 |
| 3.1. Fonctionnement..... | 93 |
| 3.2. Efficacité | 93 |
| 4. LES ZONES TAMPONS EN EUROPE | 95 |
| 4.1. La France..... | 95 |
| 4.2. La Suisse | 96 |
| 4.3. L'Allemagne..... | 96 |
| 4.4. La Pologne..... | 97 |
| 5. CONCLUSION | 98 |
| CONCLUSION GENERALE | 99 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 100 |
| TABLE DES MATIERES | 103 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS..... | 106 |
| LISTE DES ANNEXES | 108 |

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTES DES PHOTOS

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Protection de berge en palplanches, bras de la clinique au niveau de l'île des Prévost .. | 51 |
| Photo 2 : Protection de berge en béton en très mauvais état risquant de s'effondrer (rive droite dans la plaine d'Epinay en aval du barrage de Rochopt) | 51 |
| Photo 3 : Nombreux ragondins aperçus sur les berges de l'Yerres en amont du barrage de Suzanne | 52 |
| Photo 4 : Dégâts causés par les ragondins dans la berge rive gauche en amont du barrage de Suzanne | 52 |
| Photo 5 : Saule têtard en rive gauche de l'Yerres au niveau de la plaine d'Epinay | 54 |
| Photo 6 : Développement de nénuphar jaune sur l'Yerres | 55 |
| Photo 7 : Développement de lentille d'eau sur le Ru du Gord au niveau du stade de Boussy-Saint-Antoine favorisé par la coupe de la végétation des berges, vue amont. | 55 |
| Photo 8 : Développement d'une végétation nitrophile (Grande Ortie) sur un secteur envasé dans le bras secondaire de la clinique en aval du moulin de Crosnes | 57 |
| Photo 9 : Enrochement réalisé en rive droite du ru du Paradis (vue de face) | 73 |
| Photo 10 : Enrochement réalisé en rive droite du ru du Paradis (vue aval) | 73 |
| Photo 11 : Roselière au bord d'une mare | 76 |
| Photo 12 : Ouvrage d'art obstrué par des produits de fauche sur le ru de Paradis | 78 |
| Photo 13 : Déchets observés dans le lit mineur du ru du Paradis | 80 |
| Photo 14 : Déchets observés dans le lit mineur du ru de la Cressonnière | 80 |
| Photo 15 : Fauchage des berges du ru du Paradis | 81 |
| Photo 16 : Fauchage des berges du ru du Paradis | 81 |
| Photo 17 et Photo 18 : Développement de la Renouée du Japon en RD sur le tronçon PARA 9 du ru de Paradis | 82 |
| Photo 19 : Les branches basses des saules peuvent gêner les écoulements en période de hautes eaux, elles doivent être élaguées. | 83 |
| Photo 20 : Érosions de berge importante en rive droite du ru du Paradis | 84 |
| Photo 21 : Pulvérisation de produits phytosanitaires en champs | 91 |
| Photo 22 : Photo de la Kinzig | 96 |
| Photo 23 : Zone tampon de <i>Salix viminalis</i> en bordure du réservoir de Sulejow (Pologne) | 97 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau I : Liste des communes membres du SIARV..... | 18 |
| Tableau II : Mode d'occupation du sol du S.I.A.R.V (d'après données du SIARV) | 24 |
| Tableau III : Les débits caractéristiques de l'Yerres et du Réveillon..... | 27 |
| Tableau IV : Les conditions de formations des crues de l'Yerres..... | 27 |
| Tableau V : Liste des stations de suivi | 32 |
| Tableau VI : Qualité physico-chimiques des eaux de l'Yerres en 2003 | 33 |
| Tableau VII : Qualité physico-chimique des eaux du Réveillon en 2003..... | 34 |
| Tableau VIII : Paramètres analysés pour la qualité des sédiments dans l'Yerres et le Réveillon.. | 42 |
| Tableau IX : Charges polluantes rejetées dans l'Yerres et le Réveillon par l'intermédiaire du réseau d'eaux pluviales..... | 43 |
| Tableau X : Tronçons concernés par la mise en place de zone tampon en bordure de ru. | 80 |
| Tableau XI : Tronçons concernés par les travaux de talutage des berges. | 86 |
| Tableau XII : Tronçons concernés par les travaux de revégétalisation des berges..... | 87 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Proportion d'études réalisées par chaque service (par rapport au nombre d'études totales)..... | 13 |
| Figure 2 : Coupes transversales de la vallée de l'Yerres au niveau du territoire du SIARV (d'après STOUDER, 1999) | 21 |
| Figure 3 : Diagramme ombrothermique..... | 21 |
| Figure 4 : Schéma hydrogéologique simplifié du bassin versant de l'Yerres | 21 |
| Figure 5 : Bilan hydraulique de la nappe des Calcaires de Champigny. | 22 |
| Figure 6 : Densité de la population (d'après données du SIARV) | 25 |
| Figure 7 : Évolution de l'IPS pour l'Yerres et du Réveillon depuis 1999 | 36 |
| Figure 8 : Profil en long de l'Yerres (ligne d'eau et fond du lit)..... | 46 |
| Figure 9 : Branches de saules formant un « peigne » | 75 |
| Figure 10: Deux types d'enracinement au bord de berge. | 75 |
| Figure 11 : Schéma de principe de plantations d'arbres et d'arbustes en bosquet..... | 87 |
| Figure 12 : Mode d'actions des bandes enherbées..... | 93 |
| Figure 13 : Emplacement des dispositifs enherbés sur la parcelle | 94 |

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Niveaux piezométriques de la nappe de Champigny
- Annexe 2 : Decoupage en bassin versant élémentaire
- Annexe 3 : Localisation des rejets
- Annexe 4 : Estimation des débits de pointe et des volumes écoulés des 120 rejets les plus importants
- Annexe 5 : Liste et localisation des sites potentiels de gestion des crues
- Annexe 6 : Principe de télégestion
- Annexe 7 : Analyses physico-chimiques
- Annexe 8 : Analyses Hydrobiologiques
- Annexe 9 : Rejets équipés de dispositif de dépollution
- Annexe 10 : Liste et analyses des rejets polluants
- Annexe 11 : Liste et localisation des ouvrages hydrauliques
- Annexe 12 : Localisation des zones d'envasement du lit de l'Yerres
- Annexe 13 : Inventaire faunistique
- Annexe 14 : Liste du patrimoine architectural de l'Yerres
- Annexe 15 : Fiche « tronçon » type
- Annexe 16 : Fiche « ouvrage » type
- Annexe 17 : Catalogue des fiches techniques

ANNEXES

ANNEXE 1 :

**NIVEAUX PIEZOMETRIQUES DE LA
NAPPE DE CHAMPIGNY**

ANNEXE 2 :

**DECOUPAGE EN BASSIN VERSANT
ELEMENTAIRE**

ANNEXE 3 :

LOCALISATION DES REJETS

ANNEXE 4 :

ESTIMATION DES DEBITS DE POINTE ET DES VOLUMES ECOULES DES 120 REJETS LES PLUS IMPORTANTS

ANNEXE 5 :

LISTE ET LOCALISATION DES SITES POTENTIELS DE GESTION DES CRUES

ANNEXE 6 :

PRINCIPE DE TELEGESTION

ANNEXE 7 :

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

ANNEXE 8 :

ANALYSES HYDROBIOLOGIQUES

ANNEXE 9 :

**REJETS EQUIPES DE DISPOSITIF DE
DEPOLLUTION**

ANNEXE 10 :

**LISTE ET ANALYSES DES REJETS
POLLUANTS**

ANNEXE 11 :

LISTE ET LOCALISATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

ANNEXE 12 :

**LOCALISATION DES ZONES
D'ENVASEMENT DU LIT DE L'YERRES**

| |
|--|
| <p>ANNEXE 13 :</p> <p>INVENTAIRE FAUNISTIQUE</p> |
|--|

ANNEXE 14 :

**LISTE DU PATRIMOINE
ARCHITECTURAL DE L'YERRES**

ANNEXE 15 :

FICHE « TRONÇON » TYPE

ANNEXE 16 :

FICHE « OUVRAGE » TYPE

| |
|---|
| <p>ANNEXE 17 :</p> <p>CATALOGUE DES FICHES TECHNIQUES</p> |
|---|