



Mémoire de stage de fin d'étude pour l'obtention du DESS IHCE

**Contribution à l'évaluation de la pression polluante
liée aux pollutions diffuses au sein d'un petit bassin
versant viticole (Beaujolais) et impacts
correspondants sur la qualité des eaux de surface.
Intégration dans la DCE et autres exemples
européens**

Benoît PETAT
Maître de stage : Véronique GOUY

Cemagref, groupement de Lyon
3 Bis quai Chauveau, CP 220
69336 Lyon Cedex 09

OCTOBRE 2004

REMERCIEMENTS

Je tiens tout particulièrement à remercier Véronique GOUY, qui ni avare de son temps (ô combien précieux pourtant) et de ses conseils m'a permis de réaliser ce travail en m'aidant et surtout en me faisant confiance.

Merci à Pascal BOISTARD d'avoir accepté que j'effectue ce stage au sein de son équipe, Jean-Stéphane BAILLY de la maison de la télédétection de Montpellier pour m'avoir prêter et expliquer comment me servir du GPS.

Que mes remerciements aillent aussi à toute l'équipe « poll' diff' » qui m'a accueilli et aidé aux moments nécessaires ; et à tous ceux du Cemagref qui m'ont conseillé quand j'en avais besoin.

Par ailleurs je tiens beaucoup à remercier l'ensemble du corps professoral de mes années universitaires -même si peu d'entre eux liront ce rapport- qui m'a permis au cours de mon cursus d'acquérir les connaissances et le savoir nécessaire à la réalisation de ce rapport ! Merci tout particulièrement à ceux qui m'ont fait découvrir et apprécier l'hydrologie et tout ce qui y touche.

Merci aux ami(e)s qui m'ont sauvé la mise lors de problèmes techniques. Les échanges de mails furent intenses. J'en oublierais certainement mais je tiens à remercier encore plus Milie, Berengère, Prune, Guillaume, Matthieu, Jérémie, Eddy, Laurent

Enfin que Pierre et Jean-Jacques ainsi que les « satellites » de l'appartement me pardonnent mes sautes d'humeurs, et je vous remercie de m'avoir aidé et soutenu quand j'en avais besoin.

« Il nous faut donc aménager les continents, aménager la mer,
l'atmosphère qui nous entoure, cultiver notre jardin terrestre,
distribuer l'eau, régler les ambiances pour favoriser chaque
vie individuelle de toute plante, de tout animal, des humains,
prendre définitivement conscience de notre humanité solidaire. »

Élisé Reclus, 1905, « L'homme et la terre »

RÉSUMÉ

Les pollutions diverses sont de plus en plus mal perçues par l'opinion publique. La prise de conscience des populations comme des politiques est assez récente (début des années 1980), et le besoin d'agir rapidement se fait désormais sentir.

Le cas du bassin versant de la Morcille n'est qu'un exemple parmi tant d'autres : celui d'un cours d'eau pollué par l'activité humaine (ici la viticulture). Ce bassin viticole aux fortes pentes, a subi de profondes modifications du point de vue de la circulation de l'eau pour pallier aux contraintes du milieu physique (plantations particulières de vignes, importance du réseau de fossé).

Depuis presque 20 ans le Cemagref fait de nombreuses études sur ce site. Ce qui lui permet d'avoir une bonne connaissance de la zone d'étude pour essayer de mettre en relation les pressions du milieu (physique et agriculture) et la qualité du cours d'eau.

Les nouvelles technologies permettent d'aller un peu plus loin dans la compréhension des phénomènes et l'exploitation des informations. L'utilisation d'un SIG (système d'information géographique) avec la base de donnée qui lui est associée, couplé à des indicateurs de qualité du milieu (IBGN, analyse de l'eau, SPMD, biofilms...) permet de mieux appréhender les relations milieu physique/qualité de l'eau et donc de proposer des aménagements pour limiter les pollutions tout en conciliant pratiques culturelles et environnement.

MOTS CLÉS : Viticulture, pollution, SIG (système d'information géographique), fossés, indice de qualité du milieu, IBGN, aménagements

ABSTRACT

The different kinds of pollution are getting from bad to worse perceived by the public opinion. The population's and politic's awareness is quite recent (beginning of the 80's) and the necessity of a prompt action is getting more and more important.

The Morille's basin case is just an example among so many others : the one of a river polluted by human activity (here wine growing). This steep *agricultural* basin has been changed in terms of water circulation in order to compensate the physical environment's stress/constraint (specific plantation of vine, importance of the ditches' web).

For almost 20 years the Cemagref has been making many studies on this site. It gives it a good knowledge of the targeted area for trying to relate the environment's stress (physical and agricultural) and the water quality.

New technologies allow to go further in the understanding of the phenomenon and in the information's exploitation. Using a GIS (geographical information system) with the related data basis, combined with the quality indicators, gives the possibility of a better understanding of the relations environment/water quality and therefore to propose developments in order to contain the pollution and so to conciliate farming and environment.

KEYWORDS: Winegrowing, pollution, GIS, ditches, quality indicators, IBGN (a French water quality indicator) developments

SOMMAIRE

Remerciements.....	1
Résumé.....	3
Abstract.....	4
Table des figures.....	7
Présentation du CEMAGREF.....	8
Introduction.....	10
 I. Présentation du site d'étude et description du projet.....	12
A. Le site d'étude	12
1. Situation géographique	12
2. La topographie.....	14
3. Géologie et substrat	15
4. Occupation du sol, activité humaine.....	16
5. Données météorologiques et comportements hydrologiques.....	17
6. La spécificité due aux fossés	18
7. Les moyens mis en œuvre pour lutter contre la pollution.....	19
B. Le projet	20
1. Historique et définition des produits phytosanitaires	20
2. Constat de dégradation du milieu	21
3. La pollution par les phytosanitaires	22
4. Le contexte du projet	24
5. Insertion dans d'autres programmes	25
6. Objectif de ce travail.....	26
II. Méthodologie	27
A. Identification des processus en jeu	27
1. Dispersion des pesticides dans l'environnement.....	27
2. Transfert des produits vers le cours d'eau.....	28
B. Recensement des méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau et du milieu	31
1. Les macro-invertébrés.....	31
2. Les biofilms	37
3. L'analyse de l'eau par un laboratoire.....	37
4. Les diatomées	38
5. La SPMD (Semi Permeable Membrane Device).....	38
6. D'autres techniques de quantification de la pollution	40
C. Évaluation des pressions sur le milieu.....	41
1. Le mise à jour de la base de données existante	41
2. L'exploitation de ces données	43
III. Résultats, acquisition de nouvelles données	44
A. Résultats.....	44
1. Le croisement précipitation-débit-date d'application	44
2. Analyse Données de l'eau : un constat	44
3. Les biofilms	45
4. L'analyse des macro invertébrés	47
5. Utilisation du SIG.....	53
B. Réflexions sur les mesures existantes et acquisition de nouvelles données, de nouvelles connaissances.	55
1. Évaluation et connaissance des pressions sur le milieu environnant.....	55
2. Amélioration des méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau.....	58
IV. Proposition de pratiques et d'aménagement en vue de limiter la contamination.....	61

A.	En amont de l'application des produits.....	61
1.	La formation des viticulteurs.....	61
2.	Le contrôle du matériel	63
3.	Qualité de l'eau mise dans la cuve	63
4.	Mise en place de l'agriculture biologique	64
5.	Désherbage autre que chimique.....	64
6.	Confusion sexuelle.....	65
7.	Vérification des autres utilisateurs de produits phytosanitaires	66
B.	Limitier les transferts avant et dans les fossés	67
1.	L'enherbement des inter-rangs, chemins, talwegs, épandage de mulch	67
2.	« Interdiction » des exutoires directs	69
3.	Aménagement des fossés	70
C.	Aménagement sur le cours d'eau et le bassin versant	71
1.	Les bandes enherbées.....	71
2.	Un bassin de dérivation.....	72
3.	Un vignoble en terrasse : une solution utopique	73
	Conclusion.....	74
	Bibliographie.....	76
	Annexes	

TABLE DES FIGURES

FIGURES :

Figure 1 : Localisation de l'Ardières dans le département du Rhône.....	12
Figure 2 : Bassin versant de l'Ardières.....	13
Figure 3 : Présentation générale du site d'étude.....	13
Figure 4 : Altitude du bassin versant de la Morcille.....	14
Figure 5 : Profil en long de la Morcille.....	14
Figure 6 : Occupation du sol du bassin versant de la Morcille.....	16
Figure 7 : Hydrogramme d'une crue sur la Morcille.....	18
Figure 8 : Processus influençant le transfert de produits phytosanitaires.....	30
Figure 9 : La localisation des stations de prélèvement sur la Morcille.....	36
Figure 10 : Illustration du principe de la SPMD.....	40
Figure 11 : Productivité des biofilms.....	46
Figure 12 : Évolution spatio-temporelle de la note IBNG.....	49
Figure 13 : Évolution spatio-temporelle de l'indice de Shannon-Weaver.....	50
Figure 14 : Évolution spatio-temporelle de l'Indice du CB2.....	51
Figure 15 : Quantité de matière active sur le bassin versant et la quantité retrouvée dans le Nil.....	62-63

TABLEAUX :

Tableau 1 : Caractéristiques texturales d'après MUNOZ, 92.....	15
Tableau 2: Exemple de concentrations relevées en µg/L à l'exutoire du bassin versant de la Morcille.....	23
Tableau 3 : Résultats du CE50.....	46
Tableau 4 : Récapitulatif des données de JP Clemot été1990.....	47
Tableau 5 : Différents indices issus des prélèvements de macro invertébrés dans la Morcille.....	48
Tableau 6 : Récapitulatif de l' <i>In</i> sur la Morcille en 2004.....	52
Tableau 7 : L'occupation du sol en amont de chaque relevé IBGN.....	54

PRÉSENTATION DU CEMAGREF

Le CEMAGREF (centre d'étude du machinisme agricole du génie rural et des eaux et forêts) est un institut public de recherche appliqué pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement. Ses recherches aident à protéger et gérer les hydrosystèmes et les milieux terrestres, à dynamiser les activités qui les valorisent et à prévenir les risques qui leurs sont associés. Ses objets d'études sont donc le plus souvent des systèmes complexes, en relation avec des questions de société et sa démarche est presque toujours interdisciplinaire.

Outre la contribution au progrès des connaissances, le Cemagref diffuse des méthodes de diagnostic et de contrôle, il développe des outils de négociation et de gestion, il conçoit des technologies innovantes et apporte son expertise aux services publics et aux entreprises.

Ses quatre grandes orientations scientifiques concernent les secteurs suivants :

- le fonctionnement des hydrosystèmes
- le génie des équipements et service pour l'eau et les déchets
- la gestion des territoires à dominante rurale
- le génie des équipements dans les secteurs agricole et alimentaire.

Créé en 1981, le CEMAGREF est l'un des huit Établissement Public à caractère Scientifique et Technique (EPST), comme le CNRS (centre national de la recherche scientifique) et l'INRA (institut national des recherches agronomiques) par exemple. Il est placé sous la double tutelle des ministères de la Recherche et de l'Agriculture.

Avec dix implantations en France (neuf présentées sur la carte et celle en Martinique), le CEMAGREF rassemble environ mille personnes dont 450 ingénieurs et chercheurs. L'institut, entre autre dans un but d'enseignement, accueille en moyenne une centaine de thésard (dont une quinzaine à Lyon) et environ 500 stagiaires de longue durée. Le budget pour l'année 2004 est d'environ 70M€



L'antenne de Lyon compte une centaine d'agents répartis en quatre unités de recherche :

- Biologie des écosystèmes aquatique (BEA)
- Hydrologie hydraulique (HH)
- Gestion des services publics (GSP)
- Qualité des eaux et prévention des pollutions (QEPP).

Cette unité travaille :

- sur la connaissance des mécanismes de transformation et de transfert vers le milieu aquatique des produits phytosanitaires utilisés par l'agriculture,
- sur les procédés d'épuration des eaux résiduaires urbaines et des effluents d'élevage. Dans le domaine des effluents d'origine urbaine, elle s'intéresse à la fois aux procédés d'épuration extensifs, plutôt adaptés au traitement des eaux issues des petites collectivités, et aux procédés intensifs, généralement mis en œuvre dans les grosses collectivités.
- sur la contribution des communautés microbiennes (et en particulier bactériennes) au fonctionnement écologique des systèmes aquatiques soumis à des pressions anthropiques.

L'unité QEPP partage ses activités entre recherche, activités d'expertise et appui technique. Cette dernière est divisée en quatre équipes :

- Épuration des eaux usées
- Écologies microbiennes des milieux anthropisés
- Laboratoires d'analyses physico-chimiques des milieux aquatiques
- Pollution diffuse, équipe dans laquelle j'ai effectué mon stage.

L'équipe QEPP compte environs trente agents dont trois thésards.

INTRODUCTION

On a cru longtemps que l'eau était abondante, gratuite, inépuisable. Grave erreur, l'eau devient rare. Pour certains, les futurs conflits mondiaux seront très certainement dus au manque de cette ressource vitale.

L'eau douce suit inlassablement le même cycle : évaporation de l'eau de mer, formation de nuages, pluies, infiltration des eaux de pluies dans les nappes souterraines, alimentation des fleuves et rivières qui se jettent dans les océans...et ainsi de suite.

Si la consommation mondiale en eau augmente vite, trop vite, les ressources, elles restent quasiment toujours les mêmes. Ainsi la situation se dégrade. L'eau potable en plus de se raréfier, se dégrade. Nitrates, phosphates, pesticides, métaux lourds (tous drainés par l'érosion et le lessivage des sols), déchets industriels (direct ou indirect par les pluies acides) et eaux usées se déversent dans les rivières. Ces dernières sont à la fois une source d'eau potable et nos poubelles.

Depuis les années 1980, les pouvoirs publics s'efforcent de concilier les aspects contradictoires des politiques environnementales : protéger les ressources naturelles tout en préservant l'intérêt des populations locales.

Aujourd'hui, l'agriculture suscite d'énormes conflits par rapport à l'usage qu'elle peut avoir des ressources naturelles (eau, sol, air). Ainsi, les pollutions (en particulier celles de l'eau) sont de moins en moins acceptées par l'opinion publique qui souhaite donc des réglementations.

Pendant longtemps les recherches de pollution dans le monde agricole se sont limitées aux nitrates issus de l'élevage intensif (porcin principalement). Aujourd'hui les investigations se tournent aussi vers les engrais, les pesticides utilisés pour les cultures maraîchères, fruitières et viticoles.

Dès le début des années 1980, une importante pollution est constatée dans un bassin versant principalement viticole : celui de l'Ardières. Suite à ce constat, cette rivière du Beaujolais, affluent de la Saône, sera régulièrement suivie par le Cemagref de Lyon afin de mieux caractériser les modalités de la pollution et de proposer des solutions correctives

Dans notre cas, nous nous intéresserons à un sous bassin de cette rivière : celui de la Morcille. Cette zone d'étude est très particulière : presque exclusivement viticole, très pentue en amont, un réseau de fossés très développé, pas d'industrie....

Les relations entre le milieu physique et la qualité d'un cours d'eau ne sont pas encore parfaitement connues. Les processus en jeu sont multiples et complexes. Nous nous proposons dans ce rapport de mettre en place une méthodologie pour connaître un peu plus ces relations, en utilisant toutes les techniques modernes mise à notre disposition.

Une fois le site présenté, nous décrirons les données dont nous disposons et comment les exploiter. Puis nous mènerons une réflexion en vue d'améliorer les stratégies mises en œuvre à la fois au niveau de l'évaluation des pressions et de l'évaluation de la qualité des milieux aquatiques. Enfin nous proposerons des aménagements pour diminuer les pollutions et les risques de pollution sur ce site d'étude mais aussi d'une manière plus large et ainsi progresser dans le sens d'une agriculture durable.

I. Présentation du site d'étude et description du projet

A. Le site d'étude

1. Situation géographique

Le bassin versant de la Morcille, affluent de l'Ardières, est situé dans le Beaujolais. On met un « s » à Beaujolais car il y en a douze crus de Beaujolais, et le Beaujolais ne se résume pas qu'au célèbre « Beaujolais nouveau ». La vigne occupe une place prépondérante dans cette zone, tant dans l'histoire (on parle de culture de la vigne dès 957) que dans la géographie (le vignoble du Beaujolais s'étend sur 55Km du nord au sud)

Le bassin versant de la Morcille se situe dans le Haut-Beaujolais, au nord du département du Rhône, entre l'extrémité Ouest de la vallée de la Saône et la bordure orientale du Massif-central. Il est limité au sud par les monts du Beaujolais méridional et au nord par les monts du Mâconnais. L'Ardières se jette dans la Saône juste au nord de Belleville (**cf. figures 1 et 2**), environ aux coordonnées 46°6' Nord et 4°46' Est

Figure 1 : Localisation de l'Ardières dans le département du Rhône

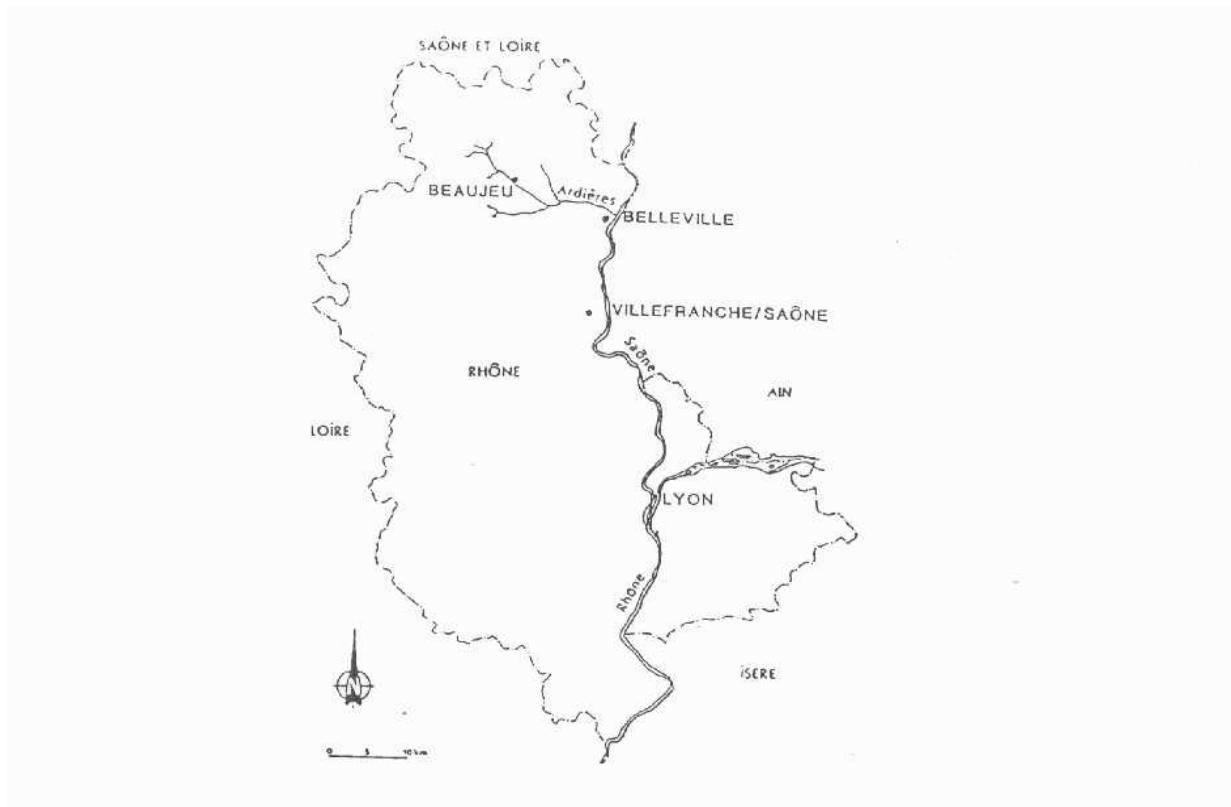
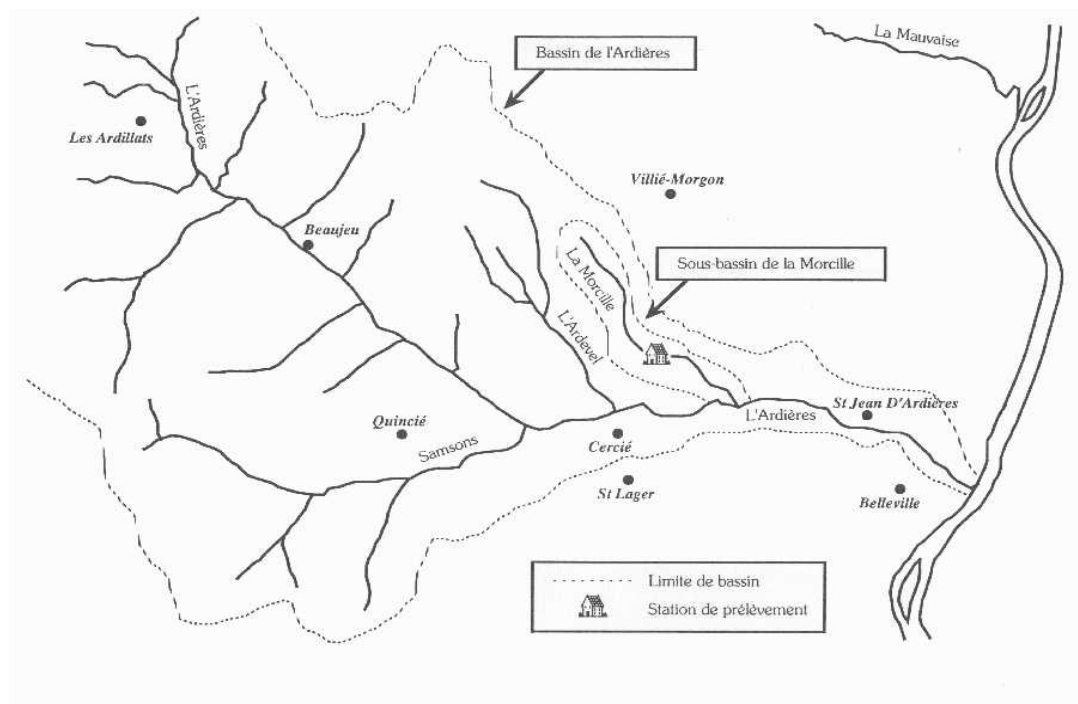


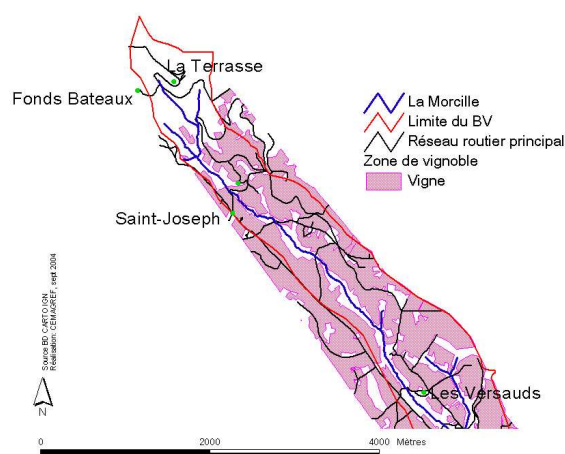
Figure 2 : Bassin versant de l'Ardières



La Morcille s'étire sur presque 10 km, du lieu-dit « Fonds Bateaux » (710 m d'altitude), à l'amont de la commune de Villié-Morgon jusqu'à la confluence avec l'Ardières à proximité du lieu-dit « le Champ Lévrier » sur la commune de Saint Jean d'Ardières (210 m d'altitude). Le sous bassin est orienté nord-ouest/sud-est (**cf. figure 3**). La confluence avec l'Ardières se situe aux coordonnées 46°8' Nord et 4°42' Est

Nous allons plus particulièrement étudier la partie amont de ce bassin. Celui-ci s'étire sur 4 Km, du lieu-dit "Fond Bateau" au lieu-dit "Les Versauds" (310 m d'altitude), ce dernier marquant l'extrémité aval du sous-bassin étudié (**cf. figure 3**), c'est à ce niveau que se situe la station de prélèvement automatique sur la Morcille.

Figure 3 : Présentation générale du site d'étude



2. La topographie

Le bassin de la Morcille présente un dénivelé de 510 m entre le lieu-dit « Fonds Bateaux » et la confluence avec l'Ardières, avec une pente moyenne de 5 % (cf. figure 4).

Les versants de la Morcille sont dans un premier temps raides et convexes, le lit est encaissé et sa largeur très réduite (entre 0,5 et 2 m).

Au-delà des « Versauds », le vallon s'élargit et le relief s'adoucit régulièrement jusqu'à la confluence avec l'Ardières. Dans cette partie, la pente moyenne est de l'ordre de 2 % et la largeur varie entre 5 et 35 mètres.

Figure 4 : Altitude du bassin versant de la Morcille

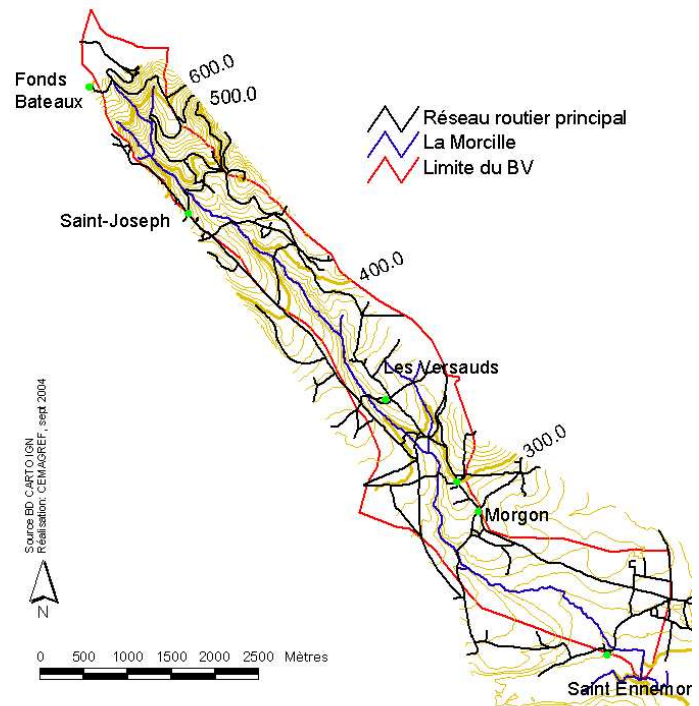
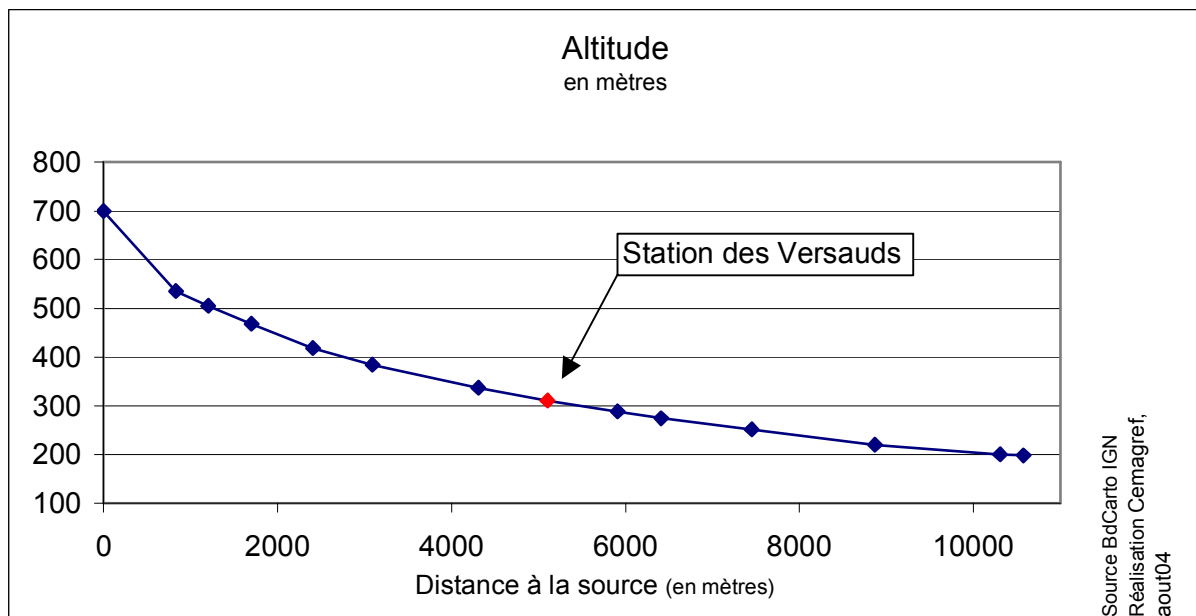


Figure 5 : Profil en long de la Morcille



3. Géologie et substrat

Le granite porphyroïde à biotite domine sur le bassin versant.

Le substrat est constitué d'un socle cristallin altéré, essentiellement granitique. Les sols sont majoritairement sableux (voire limoneux mais rarement argileux) et érodables (arènes), en général pauvres en matières organiques. Nous pouvons aussi noter la présence de formations d'altération à structure effacée sur substrat non identifié au nord du bassin (du Truges jusqu'à Vermont), et de colluvions en fond de bassin versant (particulièrement sur la rive droite de la Morcille entre "Les Vachats" et "Les Versauds").

Les caractéristiques texturales moyennes sont données dans le tableau 1.

Au regard de la nature du substrat et des fortes pentes des parcelles, il apparaît logique que le ruissellement soit à l'origine d'une érosion marquée dans les terres agricoles et de la formation de ravines.

La lutte contre l'érosion passe par la mise en place de paillage perpendiculairement aux pentes (**cf. photo en annexe II**) mais surtout en organisant l'écoulement des eaux par la mise en place d'un réseau de fossés dense et structuré (réseau qui sera plus précisément décrit ultérieurement).

**Tableau 1 : Caractéristiques texturales d'après
MUNOZ, 92**

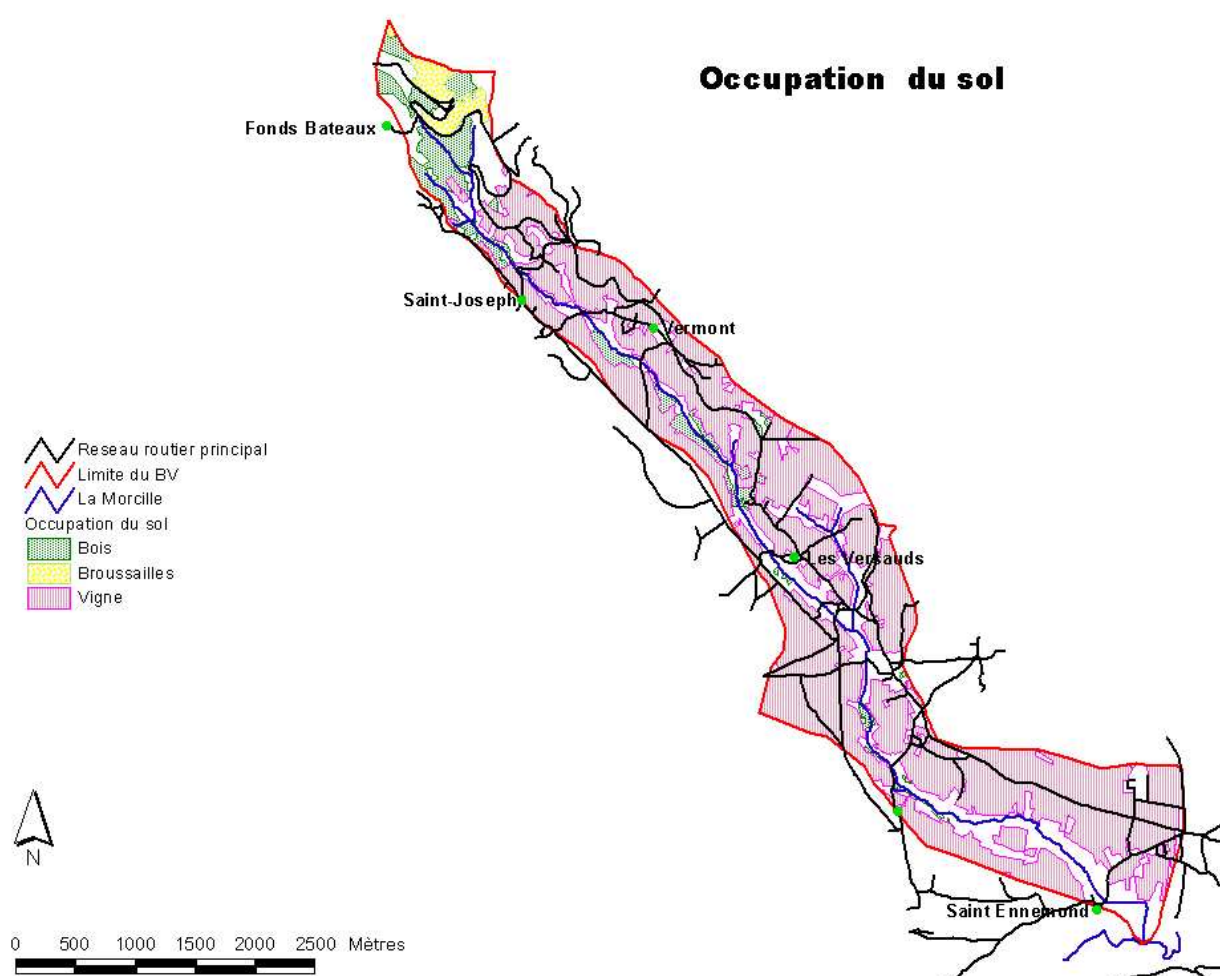
Type de sol	Vignoble rive droite	Vignoble rive gauche
Pourcentage d'humidité	11.9	10.6
Granulométrie sur fraction < 2 mm (%)		
Argile	2	2
Limon	7.5	11
Sable fin	4	3
Sable moyen	43	35
Sable grossier	43.5	49
Répartition des argiles (%)		
Illite	70	44

chorite chlorite-vermiculite	30	34
Smectite		22
Teneurs métalliques (mg/Kg de poids sec)		
As	45.1	52.9
Cu	115	135
Mn	478	517
Zn	52.6	63.3
Cr	73.3	76.3
Pb	47.1	48.9
Ni	27.8	27.5
Co	10.3	10.3
Cd	< 1	< 1
Hg	< 0.04	< 0.04

4. Occupation du sol, activité humaine

Le bassin de la Morcille ne présente aucune activité industrielle. D'après les données issues de l'IGN (Institut Géographique national, qui produit une base de données appelée BD CARTO) la vigne occupe plus de 60% du territoire (cf. troisième partie), le reste étant occupé par des forêts et un peu de broussailles en amont, et des prairies ou friches dans les fonds de vallon (cette surface restante recouvre des terres ne pouvant être converties à la viticulture : trop humides, trop accidentées, trop élevées en altitude, pas assez ensoleillées...).

Figure 6 : Occupation du sol du bassin versant de la Morcille



5. Données météorologiques et comportements hydrologiques

La région du Beaujolais bénéficie d'un climat tempéré. Cependant des saisons nettement contrastées se traduisent par des écarts de température assez importants entre l'été et l'hiver. Les températures moyennes annuelles observées à Lyon (situé à environ 50 Km au sud du site en question) sont : minimum 7°C et maximum 16°C.

La pluviométrie annuelle à Villié-Morgon est de 770 mm. Si la répartition des événements pluvieux est assez régulière l'hiver, il n'en va pas de même l'été où une pluie sur deux est orageuse. Le nombre moyen annuel de jours d'orage à Lyon est de 31 (orages surtout estivaux).

L'évapotranspiration moyenne annuelle (station de Chiroubles, situés à 2Km du site d'étude) avoisine les 615 mm.

Nous pouvons dire, au vu de la nature majoritairement sableuse du substrat (donc ayant une forte capacité d'infiltration), des pentes, de la présence du socle cristallin à faible profondeur, qu'il existe certainement un écoulement sub-surfacique important et que le ruissellement est essentiellement hortonien (dû au dépassement de la capacité d'infiltration). L'écoulement surfacique se produit donc lors d'un événement pluvieux de forte intensité (orages). Il contribue alors à la première partie du pic de crue.

Le maintien d'un débit de base est assuré par la nappe dite d'arène granitique (ou de socle) du bas de bassin versant. En effet, les sur-épaisseurs de sable (les arènes) constituent des « poches » susceptibles de renfermer de l'eau. Elles sont alimentées par l'écoulement sub-surfacique de versant.

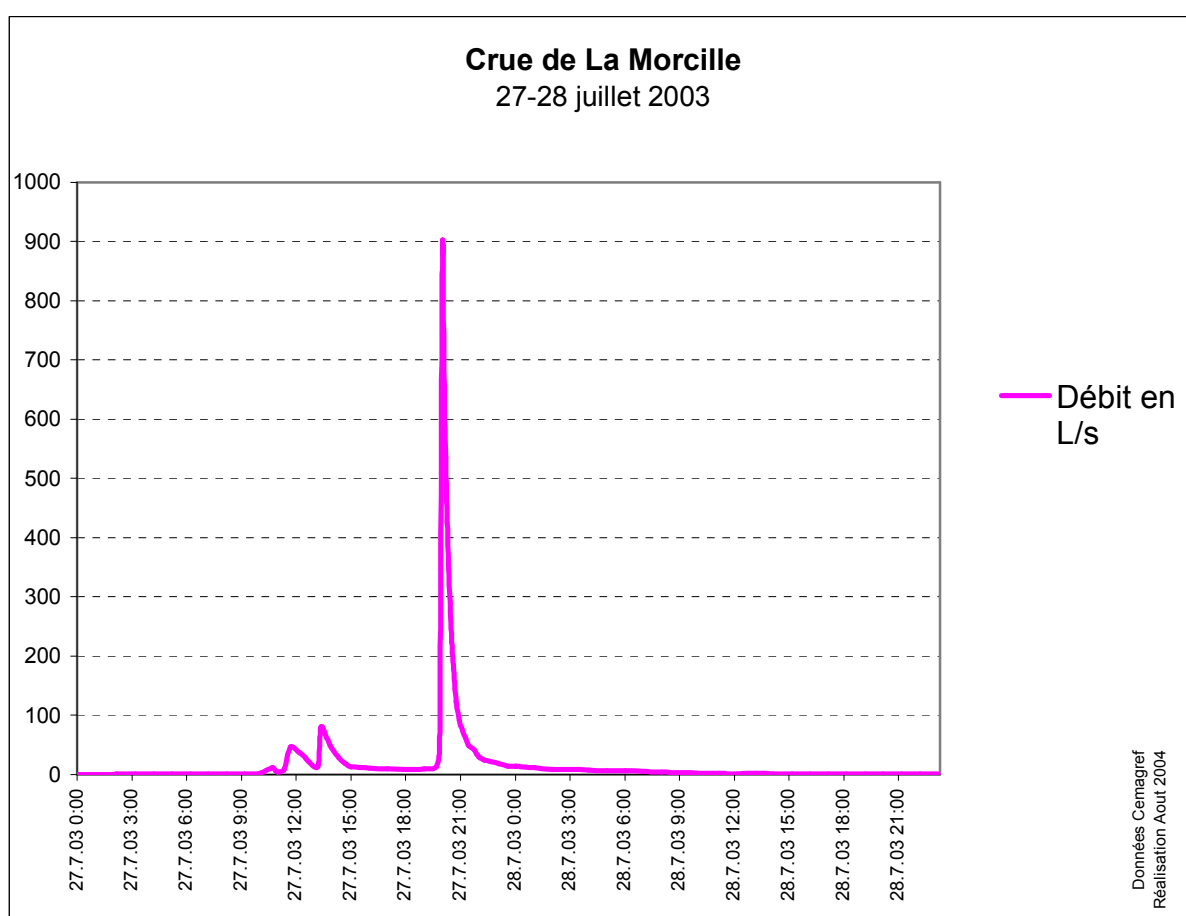
Il existe en outre de petites nappes perchées, peu étendues qui peuvent, localement, provoquer l'apparition de sources temporaires. Cependant, les débits sont très faibles et la part dans le débit des fossés et du cours d'eau paraît donc négligeable. La localisation de ces nappes n'est pas précisément connue.

Par ailleurs, sur ce bassin versant l'assainissement individuel de l'habitat dispersé est souvent directement raccordé aux fossés et donc contribue pour une part non négligeable au maintien d'un débit dans ceux-ci (particulièrement à l'étiage).

Dans la Morcille, l'écoulement estival est quasi permanent. Les débits enregistrés sont parfois minimes (un peu moins de 3L.s^{-1}) et les épisodes sans écoulement sont rares.

Au niveau de l'enregistreur automatique (situé au « Versauds ») les crues peuvent être très brutales (comme le montre l'exemple de la crue de 27 juillet 2003, cf. **figure 7**) le niveau d'eau monte alors très vite. Le débit peut être multiplié par 20 en l'espace d'un quart d'heure, et la hauteur d'eau passer du simple au double dans ce même laps de temps. Le débit maximum enregistré (entre 1992 et 2004) avoisine les $3\text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ en novembre 1993, vraisemblablement une crue de cette ampleur a eu lieu le 08 août 2004.

Figure 7 : Hydrogramme d'une crue sur la Morcille



6. La spécificité due aux fossés

Les fortes pentes du bassin versant de la Morcille ont amené les viticulteurs à avoir des pratiques culturales « peu » courantes (il n'est pas rare de voir l'ensemble des traitements fait à la main) et à développer diverses techniques pour lutter contre l'érosion. Outre le paillage il

existe sur l'ensemble des parcelles en vigne tout un réseau de fossés assez hiérarchisé ; les « collecteurs » quadrillant les parcelles amenant l'eau à des fossés plus importants et les « acheminant » qui amènent l'eau jusqu'au ruisseau.

Sur cette zone d'étude il existe plusieurs types de fossés (N.Domange, 2001)

- Les « rases » : généralement perpendiculaires à la pente, constituées par un talus d'une hauteur moyenne de 30cm. La plupart du temps de nature sableuse
- Les buses (d'un diamètre pouvant aller jusqu'à 800mm) : servant principalement à traverser les routes mais prolongées parfois jusqu'au ruisseau pour résoudre et non pas déplacer le problème (ne pas déverser dans une parcelle tout l'impluvium amont).
- Les demi-buses (d'un diamètre moyen de 400mm, mais variant de 250 à 500mm) : généralement en béton, principalement collecteurs.
- Les « fossés chemin » : la fonction de chemin prédomine sur celle de fossé. D'une largeur moyenne de 2.5m, ils facilitent la circulation des engins. Ils peuvent être enherbés, nus avec des pierres du sable, enrochés ou bétonnés (**cf. annexe II**).

Ce réseau limite donc les phénomènes d'érosion en obligeant l'eau à passer dans des chemins bien définis, contrôlés et entretenus. De plus ce réseau de fossés perpendiculaires ou presque à la pente, empêche l'eau d'aller trop vite et donc en limite la capacité érosive.

7. Les moyens mis en œuvre pour lutter contre la pollution

Le CDB (Comité de Développement du Beaujolais) qui existe depuis 1987 a permis d'acquérir des données et une connaissance globale sur les pratiques culturales dans le Beaujolais.

Le CBD n'a pas uniquement un rôle d'observateur mais aussi d'acteur. Composé principalement de viticulteurs de la région son efficacité n'est que plus grande. Ses actions passées et actuelles sont principalement autour de ses axes :

- 1987 à 1990 : la lutte raisonnée. Lutte qui passe principalement par l'emploi rationnel de produits phytosanitaires, en raisonnant le choix des produits, la dose, l'époque d'application, les techniques à mettre en oeuvre (AFNOR).

- 1990 à 1995 : la protection phytosanitaire raisonnée. La priorité est donnée aux méthodes de lutte écologiques, aux réductions des intrants et des pratiques agricoles qui génèrent des problèmes environnementaux, tout en assurant une viabilité économique de l'exploitation. Cependant cette démarche se limite à la protection de la plante. Cette étape s'est inscrite dans le cadre de la Charte pour la qualité, projet professionnel mobilisateur du début des années 1990.
- 1996 à 2000 : la production viticole raisonnée. La protection de la plante ne garantissant pas à elle seule la qualité du produit et le respect de l'environnement, la démarche a été étendue à l'ensemble des pratiques agricoles (plantation, mode de conduite, entretien des sols, fertilisation...). Ce système de production viticole essaye donc de prendre en compte la protection des ressources et du milieu, la rentabilité, la qualité et les exigences sociales
- Actuellement : Agriculture durable. Notion assez récente qui préconise une meilleure utilisation des ressources naturelles pour un équilibre homme-nature. Équilibre qui soit à la fois bénéfique à l'homme -et autres espèces animales ou végétales- et au milieu dans lequel ils évoluent.

En plus d'un rôle « d'éducation » le CDB travaille aussi directement sur le terrain en (La Tassée Beaujolaise, 2004):

- Aménageant des charrois afin de « faciliter l'infiltration des produits phytosanitaires dans le sol et de limiter le transfert vers la Morcille »
- Restaurer des zones tampons
- Créant des seuils en matière naturelle sur certains fossés

B. Le projet

1. Historique et définition des produits phytosanitaires

Nous pouvons considérer que l'utilisation de produits destinés à protéger les cultures a incontestablement pris son essor au cours du dix-neuvième siècle. Après la seconde guerre mondiale l'apparition de la « chimie moderne » et la capacité à produire en grande quantité à des coûts assez réduits amène une démocratisation de l'utilisation des produits phytosanitaires

A partir des années 1960, les inconvénients de l'usage de ces produits notamment par rapport à la santé humaine sont mis en évidence, d'où la recherche de molécules plus

spécifiques, efficaces à moindre dose et l'interdiction de « vieux » produits (par exemple le DDT et de nombreux organochlorés).

Depuis les années 80, les mises sur le marché de produits plus efficaces se succèdent et engendrent un renouvellement rapide des produits utilisés. Ceci entraîne un retard récurrent dans la mise au point des protocoles d'analyse des produits par les organismes de surveillance de la qualité de l'eau.

Un produit phytosanitaire (ou phytopharmaceutique) est par définition une substance utilisée pour lutter contre toutes les formes parasitaires.

Le terme produit phytosanitaire recouvre des substances très diverses: minérales (soufre par exemple), organiques naturelles (pyréthrine ou autres) ou organiques de synthèse (organochlorés ...).

Traditionnellement, les produits phytosanitaires sont classés d'après leur cible : insecticides, fongicides (contre les champignons), herbicides, acaricides, rodenticides (contre les rongeurs), mollusquicides, bactéricides...

Sur le site d'étude seuls des herbicides, fongicides et insecticides sont utilisés.

En 2002, la France se situe en tête des consommateurs mondiaux avec 906 matières actives homologuées qui entrent dans la composition de plus de 8763 spécialités commerciales (SILVY, 1995 cité par DOMANGE). Cependant, la ré-évaluation achevée en 2003 a largement réduit le nombre des substances actives autorisées (autour de 300 désormais). Parmi les cultures les plus concernées, la vigne, les céréales et le maïs représentent respectivement 51 %, 26 % et 13 % du total des quantités épandues (MUNOZ, 1992).

2. Constat de dégradation du milieu

Le site de la Morcille a été choisi par le CEMAGREF lors d'une campagne à l'automne 1986 afin d'étudier en détail le transfert des pesticides, les phénomènes d'érosion et les pratiques culturales. Ce choix s'explique principalement par :

- la dégradation révélée sur le bassin (SRAE, 1987)
- la faible superficie du bassin (9.5 km²)
- la part quasi exclusive de la vigne dans la S.A.U. (Surface Agricole Utile)
- la vulnérabilité du site au risque érosif.

- la proximité de bassin et ainsi la connaissance qui va avec.

Le bassin versant de La Morcille est donc suivi depuis plusieurs années par la Division Qualité des Eaux et Prévention des Pollutions du CEMAGREF (**cf. références bibliographiques**). Dès 1987 fut révélée la dégradation de l'édifice biologique (SRAE, 1987). Suite à ce constat, ont été réalisés :

- un inventaire des rejets polluants
- une évaluation de la qualité générale sur le bassin
- un bilan hydrobiologique
- une recherche de micro-polluants métalliques et organiques
- Un diagnostic des voies de circulation et des parcelles à risque (GOUY, 2001).

Ce bassin, bien connu, est désormais privilégié par le CEMAGREF pour essayer de mieux comprendre le phénomène des transferts des produits phytosanitaires des parcelles au réseau hydrographique.

3. La pollution par les phytosanitaires

Il existe deux types de pollution par les phytosanitaires bien distincts :

- la pollution ponctuelle
- la pollution diffuse

a) Les pollutions ponctuelles

Ces pollutions, parfois qualifiées d'accidentelles peuvent être liées à plusieurs facteurs : la rupture d'une cuve contenant un phytosanitaire quelconque, le nettoyage des cuves après traitements, les fonds de cuve quand la quantité de produit préparé dépasse les besoins lors de l'épandage, les produits phytosanitaires non utilisés (PPNU), la dérive de pulvérisation...

Ce type de pollution peut être violent, localisé, et ne dure pas toujours longtemps. Néanmoins l'eau de rinçage dans la cour d'une ferme d'une cuve peut rester sur place longtemps et être entraînée ensuite lors d'un épisode pluvieux, dans ce cas il est très difficile d'en discerner l'origine « ponctuelle ». Par contre comme elles sont accidentelles il est très

difficile de les prévoir et les « combattre », si ce n'est avant tout par l'information et la prévention.

b) Les pollutions diffuses

Contrairement aux pollutions ponctuelles se sont des pollutions qui sont dues à une utilisation « normale » des produits et se manifestent à l'occasion des pluies ou en lien avec la volatilisation et le transport aérien des produits depuis le sol ou la végétation.

Les produits vont ainsi être dispersés dans le sol, l'atmosphère, les milieux aquatiques, bien loin des lieux d'application où ils peuvent être à l'origine d'effets indésirables. Ce sont ces pollutions qui sont étudiées et contre lesquelles nous essayons de lutter.

c) La pollution sur la Morcille

La recherche de contaminants a permis de confirmer une part sensible des pratiques agricoles dans la toxicité des eaux de ruissellement et la contamination de la Morcille par des métaux et des pesticides lors d'épisodes pluvieux (CEMAGREF, 1988 cité par MUNOZ, 1992) (**cf. tableau 2**). Après des caractérisations générales du bassin versant et de problèmes tels que l'érosion (NORE, 1988), des voies d'amélioration ont été recherchées. Elles portent notamment sur de meilleures pratiques culturales (CHAUVIN, 1993 ; CHEVALIER, 1999). Dans une optique de diagnostic des causes et de proposition de pratiques plus respectueuses, des enquêtes ont ainsi été réalisées (DEMEILLEZ, 1994 ; SAVET, 2001).

Tableau 2: Exemple de concentrations fortes relevées en µg/L à l'exutoire du bassin versant de la Morcille (sur des échantillons bruts)

Date	Matières actives						
	Diuron	Simazine	Terbuthylazine	Terbuméton	Fénitrothion	Méthidathion	Bromopropylate
05/86 ¹	8.2	30	<1	-	-	-	-
06/86 ¹	50	252 (!)	62	-	-	-	-
07/86 ¹	-	1	1.3	-	-	-	-
88-89 ²	8.2	26	-	-	0.55	64.3	1.5
05/07/88 ³	3.42	-	-	-	-	10	14
16/08/88 ³	-	-	-	-	0.77	365	-
24/07/89 ³	8.17	10	-	-	0.55	35	1
19/07/94 ⁴	10.5	3	3	5.25	-	0.5	-
02/09/94 ⁴	9.3	2	1.3	4.5	-	<0,5	-
27/04/95 ⁴	7.2	2.4	4.7	1.5	-	<0,1	-
18/09/95 ⁴	7	4.2	2.5	-	-	-	-
28/07/2003 ⁵	4.68	0.14	0.88	0.02	0.04	0.04	-
27/04/2004 ⁵	0.85	0.03	0.62	-	-	-	-

D'après : ¹ Cemagref (1988 cité par MUNOZ, 1992) et SRAE, 1987 Concentrations après orage

² MUNOZ (1992) Concentrations hebdomadaires maximales

³ MUNOZ (1992) Concentrations observées au cours de crues piégées

⁴ ISMAP (1997) Concentrations observées au cours de crues piégées

⁵ LDA (2003) Concentrations observées au cours d'une crue piégée

NB : Compte tenu de l'avancée actuelle des techniques de détections de nombreuses substances actives, les seuils de quantification de celles-ci diminuent sans cesse. **Une absence de données ne signifie pas forcément une absence de produit.** Il faut donc être prudent lors d'une comparaison avec des résultats antérieurs.

D'autres moyens de limitation des transferts existent comme le montrent des études sur des sites de l'Ouest de la France qui s'appuient sur l'aménagement du territoire, à travers l'implantation de zones tampons (PATTY, 1997) ou l'étude de l'influence locale du réseau anthropique (les fossés) sur le devenir des produits phytosanitaires (CHARNAY, 1998 ; GARON-BOUCHER, 1998).

4. Le contexte du projet

Par ailleurs, une dynamique locale et régionale se met peu à peu en place sur le Beaujolais. La région du Beaujolais viticole (22 500 ha de surface AOC, 3 700 exploitations viticoles et 1 350 000 hL de production annuelle) par l'intermédiaire de la Chambre

d'Agriculture du Rhône, sous l'égide de la CROPPP (Cellule Régionale d'Observation et de Prévention de la Pollution par les Pesticides) et avec l'appui et le concours de la Chambre Régionale d'Agriculture, du SRPV, du CEMAGREF, de la FREDEC Rhône Alpes et de l'Agence de l'eau a décidé, à partir de fin 2000, de conduire une opération pour réduire l'impact des produits phytosanitaires sur le milieu.

Cette opération comporte 3 volets :

- caractérisation et suivi de la qualité des eaux en Beaujolais viticole,
- diagnostic des pratiques viticoles dans le bassin versant pilote de la Morcille et plan d'action,
- diagnostic des pratiques viticoles dans le vignoble Beaujolais et plan d'action.

Ce site fait aussi l'objet de programmes de recherche en vue de mieux cerner l'impact des pollutions sur les milieux aquatiques et la capacité de récupération du milieu suite à une amélioration des pratiques (projet soutenu par la Région Rhône-Alpes et le Ministère de la Recherche).

5. Insertion dans d'autres programmes

L'application de la directive cadre européenne 2000/60/CE sur l'eau implique la réalisation d'un diagnostic précis de l'état écologique des eaux de surface. De nouveaux outils d'évaluation de la qualité écologique des écosystèmes s'avèrent alors indispensables. En effet, les outils actuels ne permettent pas toujours un éventail de réponses en accord avec la diversité des réponses potentielles des biocénoses aux perturbations.

Relier les traits bio-écologiques des macro-invertébrés benthiques aux caractéristiques de l'habitat peut fournir des indications majeures sur la structure et le fonctionnement des communautés aquatiques et leur niveau d'altération, mais aussi permettre de discriminer différents types de perturbation.

Phyleau est un thème de recherche dont le libellé exact est « Transferts d'eau et de polluants au sein des bassins ruraux aménagés : processus, diagnostic, compensation ». Ce thème de recherche est centré sur « la production de connaissances relatives aux mécanismes déterminant les transferts d'eau et de polluants agricoles associés et à leur modélisation, dans le contexte spécifique de petits bassins versants ruraux fortement anthropisés où la ressource

en eau est particulièrement vulnérable (agriculture intensive sur des sols peu profonds ou à caractère hydromorphe, concentration d'aménagements hydro-agricoles, ressources en eau menacées...). » Ce thème de recherche a pour but de mieux comprendre les hydrosystèmes afin de proposer des solutions pour une meilleure gestion durable du territoire et des eaux et de permettre une meilleure protection des écosystèmes aquatiques.

C'est dans le cadre de ses projets que s'inscrit le travail réalisé.

6. Objectif de ce travail

L'objectif de ce stage est de mettre en relation les données physiques du milieu (pente, occupation du sol, présence de fossés, habitations....) et la qualité de l'eau (déterminé par différents moyens biologiques, physiques ou chimiques). Pour se faire nous devons utiliser une SIG (Système d'Information Géographiques) et les différentes techniques qu'il existe pour qualifier un cours d'eau.

Suite à une étude qui consiste principalement en un diagnostic hydrologique du bassin pour identifier les différentes voies de cheminement de l'eau et des produits associés depuis les parcelles jusqu'au cours d'eau, nous devons évaluer les pressions polluantes en lien avec la répartition spatiales des parcelles et des chemins de circulation puis réaliser une confrontation avec la qualité de l'eau et enfin, établir un plan d'aménagement du bassin (zones tampons et autres ...).

II. Méthodologie

A. *Identification des processus en jeu*

1. Dispersion des pesticides dans l'environnement

Le devenir des produits phytosanitaires dans l'environnement (air, eau, sol, organismes vivants...) après l'épandage sur les parcelles est très complexe et difficilement contrôlable. Les processus de dispersion et dégradation sont nombreux et de nature très différente :

- Des dégradations biotiques et abiotiques en surface, dans les sols et dans les milieux aquatiques
- Un ruissellement à la surface du sol
- Un lessivage dans le sol en compétition avec les mécanismes d'adsorption.

Deux types de phénomènes de dégradation coexistent : biotique et abiotique, dont l'importance dépend : des caractéristiques physico-chimiques de la molécule et du milieu environnant.

a) **Dégradation biotique (aérobie et anaérobie)**

Les pesticides sont dégradés par des micro-organismes, présents en grande quantité dans la couche superficielle du sol, et qui peuvent les utiliser comme source de carbone et d'énergie.

Le phénomène de dégradation semble aussi exister en milieu aquatique mais d'une manière beaucoup moins efficace que dans le sol.

b) Dégradation abiotique

Ce type de dégradation peut se réaliser à la surface du sol (cas de la photodécomposition), dans le sol par des réactions chimiques. Cependant le cas le plus général de dégradation est dû à la présence de matières organiques ou d'argile.

Les molécules de pesticides absorbent une partie du spectre de la lumière solaire. Ceci entraîne des réactions photochimiques telles que des hydroxylations, oxydations, déchlorinations, polymérisations....

Les réactions de photodécomposition sont importantes aussi bien dans l'atmosphère, dans l'eau qu'à la surface du sol et de la végétation (MARCHETERRE et Coll., 1988 cités par MUNOZ, 1992).

Par ailleurs il existe d'autres mécanismes de dégradation :

- les transformations chimiques, réaction d'hydrolyse surtout dans l'eau
- les dégradations par matières organiques, dont l'efficacité est liée au pH et à la température
- la dégradation par les argiles, grâce aux propriétés de catalyseurs de surface de l'argile (CALVET, 1977 cité par MUNOZ, 1992) qui permettent la décomposition des amines, l'hydrolyse des triazines...

Comme nous venons de le voir les produits phytosanitaires (PPS) sont donc présents dans l'ensemble des éléments constituant le milieu. Nous allons maintenant voir leur cheminement jusqu'au cours d'eau.

2. Transfert des produits vers le cours d'eau

Lors de l'application des produits (surtout des pesticides) une part est transportée par dérive aérienne. Cette pollution est non négligeable comme plusieurs études peuvent l'attester. Ainsi, DE SNOO et Al. (1998) donnent des taux de dérive de l'ordre de 2 et 7 % pour des vitesses de vent de, respectivement 3 et 5 m/s.

Mis à part ce phénomène, l'eau est le vecteur principal de transport des produits phytosanitaires vers les cours d'eau. Le transfert se fait soit dans les sols, soit en surface.

a) Transfert dans les sols :

C'est un aspect important surtout dans le risque de contamination des nappes phréatiques, cependant, dans le cas de sols peu profonds (comme c'est le cas de la Morcille) ou de rupture de perméabilité, l'eau infiltrée peut tout de même contribuer à la contamination des eaux de surface par écoulement latéral de sub-surface. Les transports dans les sols sont des phénomènes très complexes et dépendent de nombreux facteurs : porosité du sol (texture et structure du sol), régime hydrique, teneur en eau, propriétés physico-chimiques des constituants du sol (possibilité d'adsorption), présence de matière organique, propriétés physico-chimique des composés, pratiques culturales...

L'adsorption (phénomène de rétention à la surface d'un solide d'une substance en solution) a une influence majeure sur le transport et la rétention des molécules dans les sols. Les mécanismes de l'adsorption sont très complexes (gouvernés par de nombreux paramètres.) et les quantités adsorbées ainsi que la vitesse d'adsorption dépendent des caractères physico-chimiques des adsorbants, et des conditions du milieu.

Les mécanismes de désorption sont régis par les mêmes paramètres que l'adsorption mais leur incidence est inversée.

La complexité de ces deux phénomènes (adsorption et désorption) les rend difficilement compréhensibles et modélisables. Par contre nous ne pouvons négliger leur existence dans la compréhension et l'explication du transfert des solutés de la parcelle vers le cours d'eau.

b) A la surface du sol :

Le transport de produits phytosanitaires par ruissellement a fait l'objet de nombreuses recherches. Ces études ont permis d'apporter de nombreux éléments de compréhension sur ce phénomène.

Les études ont essentiellement porté sur deux niveaux :

- des suivis de bassin versant à long terme (dans lesquels on intègre la diversité pédoclimatique)
- les simulations de pluie sur parcelles (LECOMTE, 1999).

Ceci permet une compréhension globale du phénomène de transfert par ruissellement et apporte des éléments de caractérisation des paramètres essentiels dans les pertes par ruissellement.

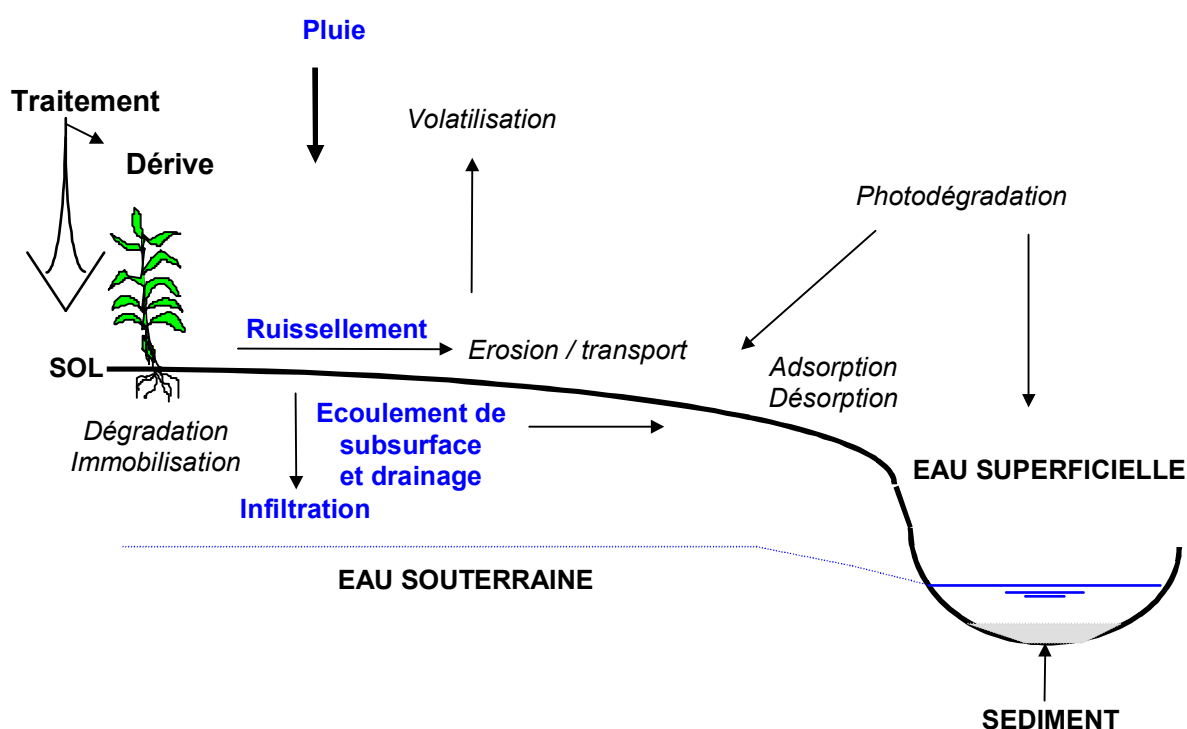
Il ressort que ces pertes dépendent de deux facteurs principaux :

- le régime de pluie (intensité et durée)
- le temps entre l'application du produit et l'événement pluvieux.

Les propriétés physico-chimiques des pesticides, les caractéristiques du sol, la pente du terrain, le travail et les aménagements du sol et les méthodes d'applications....apparaissent comme paramètres secondaires, contrairement à ce que nous pourrions peut être croire a priori.

Les différents processus susceptibles d'intervenir dans les transferts de produits phytosanitaires peuvent se synthétiser dans **la figure 8**.

Figure 8 : Processus influençant le transfert de produits phytosanitaires (d'après CORPEN)



Par ailleurs, sur le site d'étude de la Morcille, l'important réseau de fossés modifie considérablement les chemins utilisés par ces substances et la réaction du milieu.

B. Recensement des méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau et du milieu

Pour connaître et estimer la pollution dans un cours d'eau il existe désormais de plus en plus de techniques, de moyens, d'indices qui permettent un diagnostic précis de l'état du milieu et indirectement des conséquences des pollutions. Ceci permet aussi de quantifier et qualifier les pollutions et donc indirectement de comparer la qualité de différents cours d'eau.

Les quatre dernières techniques sont d'avantage recensées pour l'information générale que pour une réelle exploitation, car celles-ci n'ont pas encore été mises en œuvre sur le bassin de la Morcille.

1. Les macro-invertébrés

Les macro-invertébrés sont des animaux qui vivent dans la plupart des masses d'eau. S'ils sont aussi souvent étudiés c'est parce qu'ils semblent assez bien réagir aux pressions polluantes. Par ailleurs le prélèvement est assez simple, ne nécessite pas de gros moyens pour un petit cours d'eau comme la Morcille (un filet surber, des tamis de différentes mailles) et la détermination nécessite une loupe binoculaire, une clé de détermination (TACHET, 2000 par exemple) et beaucoup de patience, puisqu'il faut faire un dénombrement exhaustif des taxons prélevés dans les échantillons. Ces populations de taxons apportent une grande quantité d'informations sur la qualité du milieu.

Étudiés depuis de nombreuses années, ces populations ont permis de créer des indices qui permettent de comparer les tronçons de cours d'eau entre eux ou dans le temps.

Une fois la détermination des macro-invertébrés effectuée, nous pouvons calculer plusieurs indices (IBGN, Shannon-Weaver, CB2, dominance...) qui nous apportent des informations quant à la qualité de l'eau, du milieu, le niveau de pollution...

a) Le groupe indicateur (GI)

A chaque famille de macro-invertébré, la norme AFNOR associe une valeur. Plus l'espèce est « polluo-sensible » meilleure sera sa valeur au GI. Le « calcul » du GI se fait

simplement sur une condition de quantité. Il faut que le nombre d'individus soit supérieur à 3 (ou supérieur à 10 dans quelques cas) pour que l'ensemble de l'échantillon prenne la valeur de du taxon.

Ainsi les Chloroperlidae, les Perlidae, les Perlodidae et Taeniopterygidae qui sont très « polluo-sensibles » ont une valeur de 9 (valeur maximale) au GI, et il suffit de trouver au minimum trois individus d'une de ses familles pour que le GI de la station soit de 9.

b) L'indice biologique global normalisé (IBGN)

L'IBGN se calcule via un tableau à double entrée (**cf. annexes IV**) dans lequel il faut croiser le GI - précédemment décrit - et la variété taxonomique qui se calcule simplement en faisant la somme du nombre de familles différentes qui apparaissent sur la station.

L'IBGN est ensuite confirmé par la robustesse qui se calcule avec le même tableau que celui de l'IBGN, mais pour se faire nous enlevons de la liste faunistique le groupe taxonomique le plus « polluo-sensible » repéré dans la station.

Cette note permet « d'appuyer » l'IBGN. Si la différence entre les deux notes est inférieure à deux points, la note IBGN est dite robuste, par contre si cette différence est supérieure à deux points nous pouvons dire que la note IBGN est sur-estimée.

c) L'indice de Shannon-Weaver

Cet indice de diversité est celui qui est le plus couramment utilisé dans la littérature, il est basé sur :

$$H' = - \sum \left(\frac{N_i}{N} * \log_2 \frac{N_i}{N} \right)$$

N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus.

H' est minimal (avoisinant zéro) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce. H' est également très faible si dans un peuplement chaque espèce

est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces.

NB : Dans notre cas présent la détermination n'a pas été effectuée au niveau des espèces, comme c'est préconisé pour l'utilisation de Shannon, mais des familles ou sous-familles.

d) L'indice de Piélou ou d'équitabilité

Cet indice accompagne généralement l'indice de Shannon-Weaver, il est aussi appelé indice d'équi-répartition. Il représente le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H_{\max}).

$$H_{\max} = \log_2 S$$

S : nombre d'espèces différentes

$$I_{\text{pielou}} = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand toutes les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement, par contre il est minimal si une seule espèce domine tout le peuplement. On considère que si cet indice dépasse 0.8 le milieu est vraiment eutrophe.

Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour faire des comparaisons spatio-temporelles.

e) L'indice de dominance

Cet indice se calcule de la façon suivante :

$$I_{\text{dominance}} = \sum \left(\frac{N_i}{N} \right)^2$$

Plus l'indice est proche de un plus la population totale est dominée par une seule espèce, alors que si la valeur est faible la population est également répartie

f) Le CB2

Indice mis en place dans les années 1970 par Verneaux (VERNEAUX, 1967) en l'appliquant aux rivières du Jura, cette notation a rapidement été délaissée au profit d'autres indices alors qu'il avait l'avantage de donner, en plus d'une note générale, des indications sur la qualité du milieu et de l'eau.

$$\text{CB2} = In + Iv \pm 0.25$$

$$\text{Avec } In = 1.21 * \left[\left(\sum_{I=1}^{I=k} i \right) / k \right]$$

$$\text{et } Iv = 0.22 * N$$

N : est le nombre des taxons présents dans l'échantillon global

n : le nombre des taxons indicateurs représentés dans l'échantillon global par au moins 3 individus

k : les n/4 taxons présentant les indices « i » (**cf. annexe V**) les plus élevés ; k est approché à l'entier par excès

In : représente la qualité de l'eau

Iv : représente la qualité du milieu

g) D'autres indicateurs

Il existe beaucoup d'autres indicateurs permettant de connaître ou de percevoir la qualité du milieu en analysant les macro-invertébrés prélevés.

Nous pouvons rapidement citer :

- la diversité de Menhinick dont la formule simple est nombre de taxon différent/ racine de l'abondance.
- La constance : une espèce est dite « constante » si elle apparaît dans plus de 50% des relevés, « accessoires » entre 25 et 50%, « résiduelle » entre 25 et 50% des cas, et « absente » sinon.
- L'abondance (= nombre individus de l'unité taxonomique/ nombre total d'individus) une unité taxonomique est dite « dominante » si ce rapport dépasse 0.05, « sub-dominante » s'il dépasse 0.02, « résidante » s'il dépasse 0.01, « sub-résidante » sinon.

h) Méthodologie mise en œuvre sur la Morcille

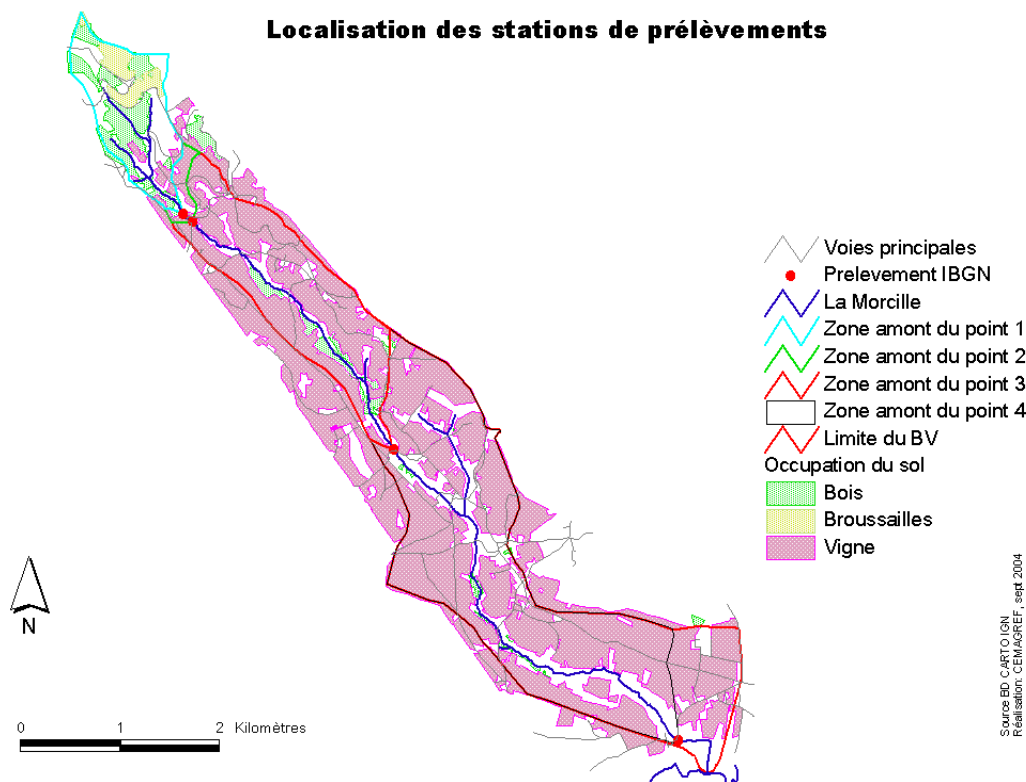
Afin de déterminer la note IBGN (Indice Biologique Global Normalisé), la norme AFNOR NF T 90-350 a été utilisée.

Les prélèvements de macro-invertébrés ont été réalisés le 10 février 2004 pour la campagne d'hiver et le 27 avril 2004 pour la campagne de printemps et le 21 juillet 2004 pour la campagne d'été (mais aucun résultat concernant cette dernière campagne n'était disponible à la rédaction de ce rapport).

Comme le préconise la norme, huit prélèvements ont été réalisés dans chaque station. Par la suite les notes et indices sont donnés pour l'ensemble de la station. Les conditions d'habitats sont comparables d'une station à l'autre en fonction du couple « vitesse de courant/granulométrie ». Le long de la Morcille quatre stations ont été choisies :

- La première très en amont (altitude 465m) sert de référence. Il n'y a presque pas de vigne en amont.
- La seconde à environ 150-200m de la première mais en aval de la route qui mène à St Joseph (altitude 458m)
- La troisième au site de prélèvement des Versauds (altitude 311m)
- La quatrième peu avant la confluence avec l'Ardières à l'aval du lieu dit de Saint-Ennemond (altitude 205m), réceptacle d'une zone assez anthropisée et fortement viticole.

Figure 9 : La localisation des stations de prélèvement sur la Morcille



Une surface totale de 0.4 m² a été prospectée avec un filet de maille 500 µm :

- Six échantillons de 1/20° m² grâce à un filet de type surber en faciès lotique.
- Deux échantillons de 1/20° m² à l'aide d'un troubleau en faciès lentique.

Sur le terrain, chaque prélèvement est fixé par addition de formol.

Au laboratoire, la faune est extraite de chaque prélèvement après filtration sur une colonne de trois tamis (de taille de maille : 2.5 mm, 1.25 mm, 0.5 mm). Chaque refus de tamis est alors trié après lavage.

Si les refus de tamis présentaient un trop grand nombre d'individus, des boîtes de sous-échantillonnage ont parfois été utilisées. Sur une boîte à fond quadrillé, le prélèvement a été étalé pour permettre le fractionnement de cette « population ».

Les macro-invertébrés sont déterminés à l'aide d'un ouvrage (TACHET, 2000) en utilisant une loupe binoculaire jusqu'au niveau du genre chaque fois que cela est possible (sauf pour les chironomes et les oligochètes difficilement identifiables).

2. Les biofilms

Le biofilm est la fine pellicule qui se crée sur un quelconque support laissé pendant un temps suffisant dans un milieu aquatique (cours d'eau, tuyaux, dentition...). Il est parfois appelé, de façon un peu abusive, le périphyton. C'est un mélange d'algues, de bactéries et de champignons. L'épaisseur de la couche peut varier de quelques centièmes de millimètre à plus d'un centimètre (en fonction du temps et du milieu dans lequel il se développe).

Actuellement l'avancement de la recherche ne permet pas d'en faire encore un indicateur (tel qu'on l'entend) de la qualité de l'eau et/ou du milieu, mais il apporte une réelle connaissance sur l'adaptabilité de ces organismes aux pollutions (adaptabilité spatio-temporelle), la présence ou non de métaux... Pour cela il faut étudier la faune et la flore qui se sont développées sur ces supports.

Pour cette expérience, huit supports ont été déposés dans la Morcille aux stations 1, 3 et 4. Constitués de pastilles d'un diamètre de 1.5cm (**cf. annexe VI**) collées sur une plaque de plexiglas, ces supports ont été « cloués » au fond du cours d'eau et laissés pendant deux mois. Suite à ce temps d'immersion, les biofilms ont été séchés puis analysés. Le nombre important de pastille rend possible le recours aux statistiques. Le temps nécessaire à la détermination des espèces présentes dans ces prélèvements est très long et les résultats n'ont pu être que partiellement présentés dans ce rapport.

3. L'analyse de l'eau par un laboratoire

Les techniques mises au point par les différents laboratoires sont complexes et coûteuses. Après un prélèvement sur des lieux précis, il faut conserver l'eau en chambre froide pour éviter que les PPS ne se dégradent aux cours du transport et avant d'être analysés. Ensuite l'analyse comprend une extraction dans un solvant organique, puis la purification de l'échantillon. La détection des produits ou la détermination des concentrations se réalise par une chromatographie liquide ou gazeuse.

Ces coûts de traitement en plus du temps nécessaire font qu'il faut bien réfléchir à quand faire des prélèvements et quels produits analyser (matières actives et métabolites...). Il faut les faire en fonction de l'hydrodynamique du cours d'eau et aux périodes à risque.

Sur la Morcille : une analyse « complète » par mois est réalisée depuis fin 2000.

Cette technique est celle utilisée par les réseaux de surveillance puisqu'elle permet de quantifier un peu plus de 300 molécules différentes (avec des seuils de concentration assez faible : entre 0.01 µg/l et 0.1µg/l pour la plupart des molécules et de l'ordre du mg/l pour la matière en suspensions, les sulfates et le soufre). Des échantillons « moyennés » sont réalisés sur quelques crues de printemps ou d'été.

4. Les diatomées

Cette technique est utilisée depuis le début des années 1970. L'indice biologique Diatomées (IBD) norme NF T 90 354 a été normalisé en juin 2000. Le principe est le même que pour beaucoup d'indices : un prélèvement selon un protocole plus ou moins établi est réalisé, ensuite une analyse des individus, de la diversité, de la richesse...

Un tableau de polluo-sensibilité des espèces est défini. En comparant la population prélevée à ce tableau, nous obtenons la qualité du milieu étudié.

L'IBD est un indice de qualité générale de l'eau intégrant de nombreux paramètres chimiques (DBO, DCO, NH₄, NO₃, NO₂, NTK, P, PO₄, chlorures) et physiques (pH, T°, conductivité, matières en suspension).

5. La SPMD (Semi Permeable Membrane Device)

Les prémices de cette technique datent des années 1980. Pour estimer les facteurs de bioconcentration (**cf. définitions en annexe VII**) des contaminants contenus dans des milieux aquatiques, des modèles utilisant les équilibres de distribution entre phases ont été appliqués. Sördergen utilise tout d'abord des sacs de dialyse hydrophiles remplis d'hexane pour simuler le phénomène de bioconcentration (SÖRDERGEN 1987, cité par DURAND 2003), cependant les résultats ne sont pas « probants » (les concentrations trouvées sont plus de cent fois

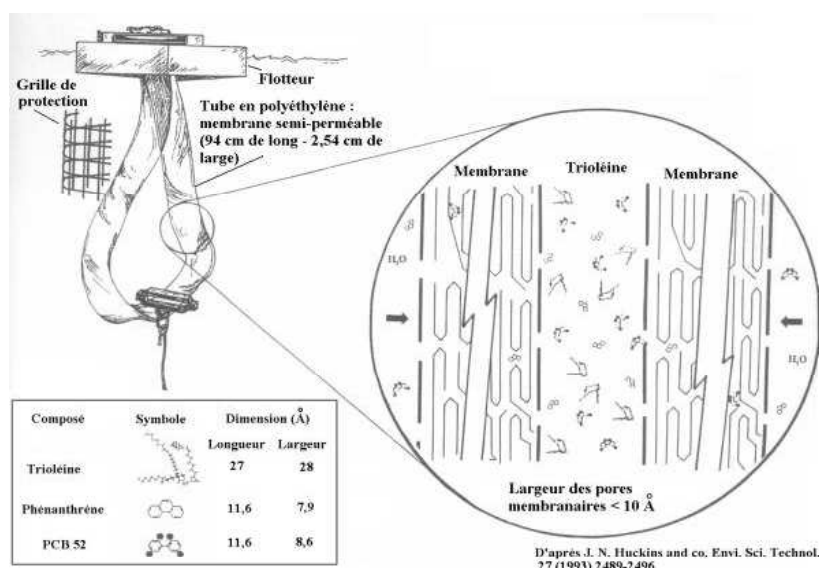
inférieures à celles trouvées dans des organismes biologiques). La technique se perfectionne petit à petit (les sacs de dialyse hydrophiles sont remplacés par des sacs hydrophobes moins poreux, pour lesquels différents solvants sont utilisés...) mais toujours avec des résultats bien inférieurs à ceux obtenus avec des organismes biologiques (HASSET et al. ,1989, cité par DURAND 2003)

Il faut attendre le début des années 1990 pour que Huckins et al. mettent au point la technique de la SPMD en mettant des membranes de dialyse synthétiques et des lipides comme milieu d'accumulation (au lieu de solvants organiques) (HUCKINS et al 1990, 1993 cités par DURAND 2003). Cette technique permet de mesurer la présence de pesticides hydrophobes (**cf. définitions en annexe VII**). Depuis sa mise au point cette technique à été appliquée vis à vis de polluant organiques hydrophobes divers (les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les HPA), les dioxines au sens large, les pesticides organochlorés, quelques pesticides préthroides et organochlorés, des produits chimiques industriels...(NESA, 2001).

Le dispositif de la SPMD est constitué d'un sac en forme de tube en polyéthylène (PET) contenant un mince film de lipide (ici la trioléine), (**cf. figure 10 ci-dessous**) il peut être assimilé à un organisme synthétique (qui présente l'avantage de ne pas subir de stress contrairement aux êtres vivants dans l'eau, les daphnies par exemple) qu'il faut immerger dans le milieu aquatique à analyser (temps d'immersion entre 1 jour et plusieurs semaines). Après ce temps d'immersion, le dispositif est sorti de milieu aqueux, la membrane est nettoyée (pour l'élimination des périphytons et matières particulières). Le dispositif SPMD subit une extraction par solvant, une purification et enfin une analyse chromatographique.

Cette analyse permet de trouver la quantité de polluants accumulée. Le processus d'accumulation est principalement un phénomène de diffusion passive, nous pouvons considérer que la fraction échantillonnée par la SPMD correspond à la fraction libre en HAP dans le milieu aquatique. Les contaminants bioaccumulés (**cf. définition en annexe VII**) ne sont pas métabolisés contrairement à ce qui se passe dans les organismes biologiques.

Figure 10 : Illustration du principe de la SPMD



Il existe le même type de technique mais cette fois-ci pour les pesticides hydrophiles. Basée sur les mêmes techniques celle-ci s'appelle la PO6. Nous ne faisons qu'évoquer pour information cette technique car elle est encore moins développée que la SPMD.

6. D'autres techniques de quantification de la pollution

Nous ne ferons ici qu'aborder ces techniques assez nouvelles et encore dans le domaine de la recherche. Tout d'abord il n'y a pas toujours de protocole d'échantillonnage fiable et par conséquent la technique n'est pas forcément exportable dans d'autres cours d'eau et les résultats ne sont pas forcément exploitables à cause du manque de recul dans ces domaines.

a) Les œufs de truites

Cette technique consiste à mettre dans une boîte facilitant les échanges avec le milieu, un certain nombre d'œufs de truites issus d'élevage. Ensuite ces boîtes sont mises dans un cours d'eau pendant un certain temps et nous comptons le pourcentage de survie au bout de différents laps de temps.

Puisque les œufs de truites sont assez polluo-sensibles ceci donne une bonne indication de la qualité du cours d'eau au moment de l'immersion de ces œufs.

b) L'activité d'enzymes

Certaines enzymes ont la particularité de réagir à la présence de pesticides. Leurs activités augmentent à ces contacts et libèrent un faible courant électrique. L'idée est de mesurer en continu ce courant électrique pour connaître la concentration en pesticide en temps réel dans le cours d'eau. Pour se faire, il serait nécessaire de mettre dans l'eau une sonde renfermant ces enzymes, sonde permettant la circulation de l'eau, et mesurer ce courant.

Cependant cette technique demande encore bien des améliorations pour les paramétrages, limiter le phénomène de biofouling...

Elle présente cependant l'énorme avantage, a priori, de pouvoir mesurer en temps réel ces concentrations. Celle-ci permettrait d'obtenir des informations sur les pollutions ponctuelles qui ne sont pas toujours associées à des événements pluvieux, sont rapides et importantes mais très mal connues quantitativement.

C. Évaluation des pressions sur le milieu

Comme nous l'avons vu dans la première partie, il existe une masse importante d'informations sur le site de la Morcille. Aussi il a été jugé intéressant, afin d'en faciliter l'exploitation, d'avoir recours à un logiciel de système d'information géographique. Il permet de croiser des données de différentes provenances, de différent type et d'avoir une vision globale de l'ensemble du bassin versant de la Morcille.

1. Le mise à jour de la base de données existante

Afin d'avoir des données numériques sur la zone d'étude, le CEMAGREF avait acheté en 2000 un extrait de la base de données BDCarto de l'institut géographique national (IGN), pour alimenter le SIG (ici le logiciel ArcView 3.0). En plus de ces quelques données (occupation du sol, réseau hydrologique, routes, bâtiments, altitude,...) un travail sur le terrain (DOMANGE, 2001) a été effectué pour repérer, de façon exhaustive, les fossés en amont des Versauds. Par ailleurs la digitalisation des parcelles cadastrales a permis de mieux connaître le terrain et ceci de manière très précise. Les données cadastrales datent de l'été 2000 ; en zone

viticole, nous avons considéré que les limites de parcelles n'ont pas évolué depuis cette année là.

Dans un premier temps notre travail a été de créer les meta-données totalement inexistantes afin d'améliorer la prise en main et l'exploitation de ces données. Pour cela nous avons effectué un inventaire des données, avec le producteur, la qualité, l'année de création... Ensuite nous avons réalisé une « notice d'utilisation » de ces données pour pouvoir plus rapidement les prendre en main et les exploiter.

Le travail effectué précédemment n'avait pas la même problématique, ainsi la « cohérence » du réseau importait moins que pour notre étude. Il a donc fallu que nous vérifiions le réseau de fossés, afin que:

- le réseau soit continu
- l'eau s'écoule dans le bon sens
- il y ait des exutoires aux fossés
- il n'y ait pas (ou pas trop) de fossés « orphelins » ...

Nous avons sans doute perdu en précision géographique et localisation mais gagné en « logique ».

Par ailleurs les limites fournies par l'IGN ne correspondaient pas exactement aux limites réelles du bassin versant (limites déterminées par un travail effectué sur carte au 1/25000 de l'IGN à savoir la 2929ET, et sur le terrain), nous avons complété, quand cela était possible, la base de données afin de posséder quelque chose de complet et cohérent.

Enfin pour mieux connaître les pentes et donc le rôle des fossés il est bon d'avoir un modèle numérique de terrain (MNT) le plus précis possible. Or les données d'altitude fournies par l'IGN n'étaient pas assez denses pour avoir une vision en 3D avec la précision nécessaire à notre étude. Les données gratuites disponibles sur Internet n'apportaient qu'un complément d'information minime, voire inintéressant vu notre échelle de travail.

Après concertation la densification de points paraissait nécessaire. L'utilisation d'un GPS à post-traitement ou différentiel semblait être une bonne solution. Nous avons donc utilisé un Leica GS 500 (GPS à post-traitement) pour densifier notre réseau de points. Une rapide campagne sur le terrain a permis d'acquérir environ 300 points d'une très grande précision en latitude et longitude, et d'une précision de l'ordre de plus ou moins cinq mètres en altitude. Ceci permettra de connaître plus précisément la pente de chaque fossé. Néanmoins les limites du logiciel utilisé étaient atteintes et il faudra attendre l'arrivée d'un logiciel plus

récent (ArcView 3.2 avec des extensions ou la version 8.0) pour réellement pouvoir exploiter ces données.

2. L'exploitation de ces données

La possession de ces données a permis d'effectuer différents croisements ; chacun apportant des informations qui permettent à terme de mieux comprendre le fonctionnement de cette zone d'étude et les potentialités de pollutions associées.

Le bassin de la Morcille peut être divisé en sous zones en séparant le rive droite de la rive gauche beaucoup plus irrégulière et découpée. Ceci permet de constater que la rive droite est beaucoup plus facile à « comprendre », puisque beaucoup plus régulière. C'est pour ces raisons que le travail de compréhension a essentiellement été effectué sur ce « demi » bassin versant dans le cadre de ce stage, étant estimé indispensable qu'une méthode soit d'abord testée et approuvée avant de l'appliquer à la rive gauche, beaucoup plus complexe.

Nous pouvons grâce aux analyses spatiales déterminer pour chaque fossé les parcelles cadastrales qui contribuent à l'écoulement dans ce fossé, et donc déduire une quantité théorique de produit susceptible de transiter par ce fossé. Pour perfectionner le système nous pensions mettre un buffer (une zone tampon) d'une largeur proportionnelle à la pente moyenne de la zone dans laquelle évolue le fossé. Nous partions de l'idée que plus la zone est pentue plus le fossé « drainera » des parcelles. Ceci aurait permis de rapidement identifier les fossés les plus importants dans le transfert des pesticides (les plus pentus, les plus drainant, les plus courts...). Cependant avec la version d'ArcView utilisée ne nous a pas permis d'effectuer ce travail.

L'utilisation du SIG permet de croiser des données de diverses natures, ainsi nous pouvons aisément répertorier le nombre de maisons en amont de points donnés (puis éventuellement en le croisant avec le taux d'occupation moyen des habitations avoir une pollution théorique) puisque comme nous le verrons plus tard l'influence des pollutions domestiques semble ne pas être négligeable.

Déterminer l'occupation du sol en amont des stations de prélèvements des macro-invertébrés, la densité de fossés de « drainage » en amonts de ces points n'est pas compliqué et permet donc d'émettre diverses hypothèses, divers scénarii.

III. Résultats, acquisition de nouvelles données

A. *Résultats*

Parmi les différents produits recherchés il y a une grande liste de produits phytosanitaires mais aussi des métaux. Nous nous sommes focalisés ici sur les phytosanitaires, la concentration en métaux relevée étant faible. Mais une analyse complète impliquerait de les considérer.

1. Le croisement précipitation-débit-date d'application

Dans une première approche le temps de réponse du bassin versant aux pluies avait été estimé à 6 heures (BELIN, 1990).

L'analyse des données montre que certaines fois une pluie de quelques millimètres va provoquer une faible augmentation du débit, alors que d'autres fois cela peut entraîner une « crue » importante (le 9 mai 2003, pluie de 6.6 millimètres amène une hausse du débit de 13L/s deux heures plus tard alors que le 6 juin 2003 les précipitations sont plus diffuses mais du même ordre et la hausse du débit est de 850 L/s...)

Aujourd'hui l'analyse de ces données ne permet donc pas de proposer une relation précipitation/débit simple, mis à part le fait que quand il pleut la réaction dans le cours d'eau est rapide (entre 30 minutes et 5 heures). La principale difficulté rencontrée est liée au fait que la réaction aux pluies dépend du passé pluviométrique récent, de la température au moment des précipitations mais aussi dans les jours précédents qui conditionne l'état du sol (le taux d'humidité du sol), l'intensité de pluie, de la localisation exacte des précipitations, la présence de nappes temporaires, du couvert végétal aux moments des pluies...

La connaissance des dates d'application doit permettre de mieux cibler les périodes à risque en lien avec la météo, ainsi que la nature des produits à rechercher.

2. Analyse des données de l'eau : un constat

De nombreuses analyses ont été effectuées pour déterminer la concentration d'un certain nombre de produits (plus de 320 aujourd'hui) dans l'eau depuis le milieu des années

1980 (les premières analyses datent de mai 1986). Ces mesures tout d'abord réalisées en interne (pour un nombre défini de molécules par rapport à leur comportement) sont confiées depuis 2001 au Laboratoire Départemental d'Analyse de la Drôme (le LDA) dans une perspective de « screening » (à savoir une analyse la plus complète de toutes les molécules phytosanitaires présentes)

Il faut être très prudent quant à l'interprétation de ces données car les techniques de détection des produits sont de plus en plus performantes ; ainsi les seuils de quantification sont abaissés. Une absence de données ne signifie donc pas toujours que le produit était effectivement absent dans l'échantillon mais qu'il n'a pas forcément été recherché ou n'a pas pu être détecté.

Nous pouvons néanmoins constater que des produits qui ont été interdits se retrouvent encore aujourd'hui dans les analyses ce qui montre bien le problème de leur persistance réelle dans le milieu et de leur restitution progressive (**cf. annexes**). Nous retrouvons aussi des molécules plus récentes qui risquent peu à peu de poser problème si leur usage se généralise. Sur la période fin 2003 – mi 2004 qui correspond à la mise en œuvre des suivis biologiques, les transferts ont été particulièrement limités (peu de crues au printemps cette année). Il est donc difficile d'établir un lien entre l'état chimique et biologique du site : cela doit être envisagé sur la durée. Par ailleurs l'échantillonnage ponctuel mis en œuvre peut (doit) être amélioré compte tenu à la fois de la dynamique très rapide du cours d'eau et des périodes « sensibles » des organismes suivis. Cela sera abordé un peu plus précisément dans la partie suivante (partie B).

3. Les biofilms

Les expériences pour cette technique ont été réalisées en trois points. Ces points se superposent avec ceux des prélèvements IBGN, néanmoins la station S2 des relevés IBGN (juste en aval de la route de St Joseph) n'a pas servi ici. Dans un souci de comparaison la station des Versauds sera nommée S3 et celle de Saint-Ennemond S4.

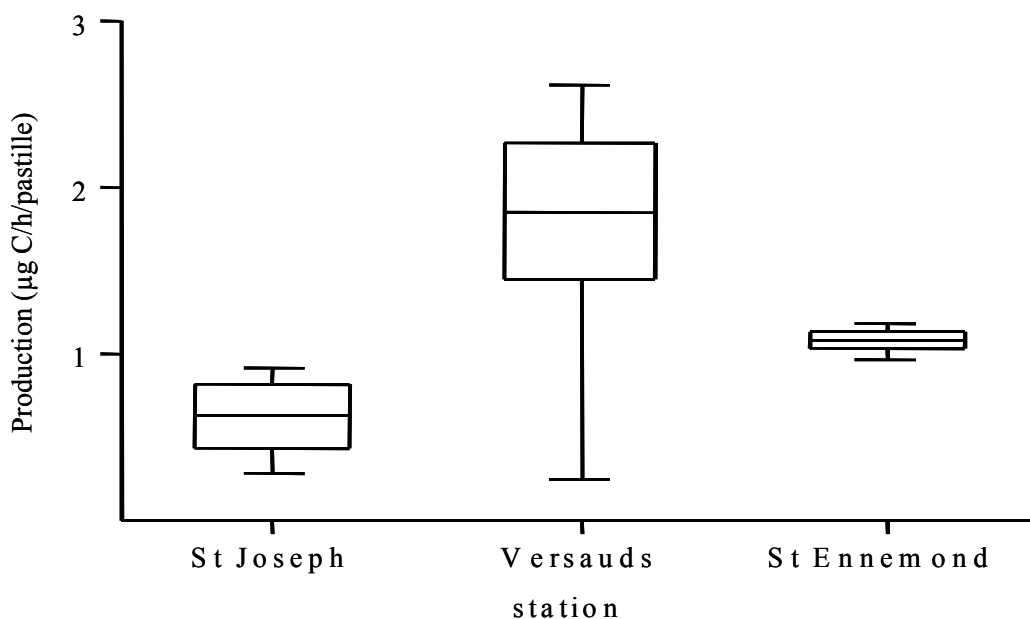


Figure 11 : Productivité photosynthétique des biofilms

Suite à un protocole expérimental très précis, en laboratoire la productivité de chaque prélèvement a pu être déterminé. La synthèse des résultats apparaît sur le graphique ci-contre.

Les activités microbiennes ne sont pas les mêmes entre l'amont et l'aval de la Morcille. Le site des Versauds est le site où la production moyenne et la variabilité sont maximums, plus en amont la production est la plus faible et les écarts assez restreints. La station S4 est celle qui présente la plus faible variabilité mais une production plus importante qu'en S1.

Il semblerait que ce soit en S3 (au Versauds) que les conditions soient les plus propices au développement du biofilm : de bonnes conditions environnementales (vitesse, courant, lumière, hauteur d'eau, nutriment....) et l'effet toxique est moins marqué qu'en S4.

En l'état actuel des connaissances nous pouvons simplement ici constater des phénomènes et émettre des hypothèses mais rien affirmer.

Le tableau suivant présente les résultats de la CE50, réalisée en laboratoire. La CE50 est la concentration en diuron nécessaire pour faire diminuer de 50% l'activité de photosynthèse.

Tableau 3 : Résultats du CE50

	Localisation		CE50	
Station 1	Amont St Joseph	0.39 <	0.56	< 0.77
Station 3	Les Versauds	1.04 <	1.57	< 2.2
Station 4	St Ennemond	1.39 <	1.89	< 2.57

Le constat est le suivant : plus les biofilms ont été prélevés en aval dans le cours d'eau plus le CE50 augmente, ce qui signifie que les algues sont plus résistantes à l'aval qu'à l'amont. Est-ce qu'il y a une adaptation des espèces à la pression polluante ? Est-ce que les espèces d'algues polluo-sensibles disparaissent au profit d'algues plus résistantes ? Là encore nous ne pouvons rien affirmer et devons nous limiter à une simple constatation.

4. L'analyse des macro invertébrés

En juillet 1990, JP Clemot avait réalisé des prélèvements de macro-invertébrés sur la Morcille et l'Ardières. L'IBGN n'existait pas encore, il a travaillé sur les indices biotiques (IB), les indices de qualité biologique globale (IQBG) et l'indice biologique global (IBG). Les stations utilisées pour ses prélèvements sont celles utilisées actuellement, à l'exception de la station 2. Voici le résumé de ses résultats :

Tableau 4 : Récapitulatif des données de JP Clemot été 1990

Station	S1	S3	S4
Somme de taxons par station	3416	1693	129
Nombre de taxons différents par station	28	16	8
IB	10;10	5;5	2;5
IQBG	17	6	3
IBG	16	7	4

NB : Pour l'IB il y a deux notes, la première correspond au faciès lentique, la seconde au faciès lotique

Déjà en 1990 nous notons que la qualité du cours d'eau se dégrade d'amont en aval. Cependant si nous pouvons constater un changement de population et de densité entre l'été 1990 et le printemps 2004 nous n'avons pas assez d'éléments pour pouvoir apporter une réelle conclusion quant aux raisons de ce changement de population. Le cycle de vie des taxons ne suffit pas à expliquer un tel changement mais nous ne pouvons pas dire si la qualité de l'eau s'est améliorée ou dégradée.

Tableau 5 : Différents indices issus des prélèvements de macro invertébrés dans la Morcille

Station :	HIVER 2004				PRINTEMPS 2004			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Distance à la 'source' en m :</i>	895	1018	4390	9135	895	1018	4390	9135
Abondance	2872	1986	2744	6281	7094	10289	5657	50152
Nb espèces différentes	46	34	19	11	39	32	21	15
Groupe Indicateur	9	9	2	1	9	9	3	3
IBGN	20	18	7	4	19	17	9	7
Indice de robustesse	20	16	7	4	18	15	8	6
Classe de variété	13	10	6	4	11	9	7	5
Indice Shannon sous famille	3.7	3.05	1.96	0.94	3.13	2.21	1.89	0.91
Diversité maximale	5.52	5.09	4.25	3.46	5.21	5	4.39	3.91
Diversité minimale	0.15	0.16	0.07	0.02	0.06	0.04	0.04	0.004
J' (ou Pielou ou équitabilité)	0.67	0.60	0.46	0.27	0.6	0.44	0.43	0.23
Indice de dominance	0.203	0.358	0.456	0.712	0.432	0.673	0.448	0.617
Calcul Cb2								
In:	10.12	7.48	4.18	2.42	8.14	7.04	4.62	3.3
Iv:	8.16	8.27	7.87	7.87	8.12	8.47	7.26	6.86
Cb2:	18.04	15.74	12.06	10.29	16.26	15.51	11.88	10.16
Nb esp. dominantes:	3	4	2	2	2	3	2	2
Nb esp. subdominante:	5	2	0	0	4	1	2	1
Nb esp. residantes:	8	5	1	0	2	1	0	0
Nb esp. subresidantes:	122	127	135	136	130	134	134	135
Nb esp. constante	11	10	4	2	13	7	5	4
Nb esp. accessoire	14	14	7	5	15	11	5	8
Nb esp. accidentelle	21	10	8	4	11	14	11	3
Nb esp. absente (de la liste)	93	105	120	128	100	107	118	124
Diversité de Menhinick	0.858	0.763	0.363	0.139	0.463	0.315	0.279	0.067

Comme nous le voyons dans le tableau précédent de nombreux indices permettent de qualifier la qualité d'un cours d'eau.

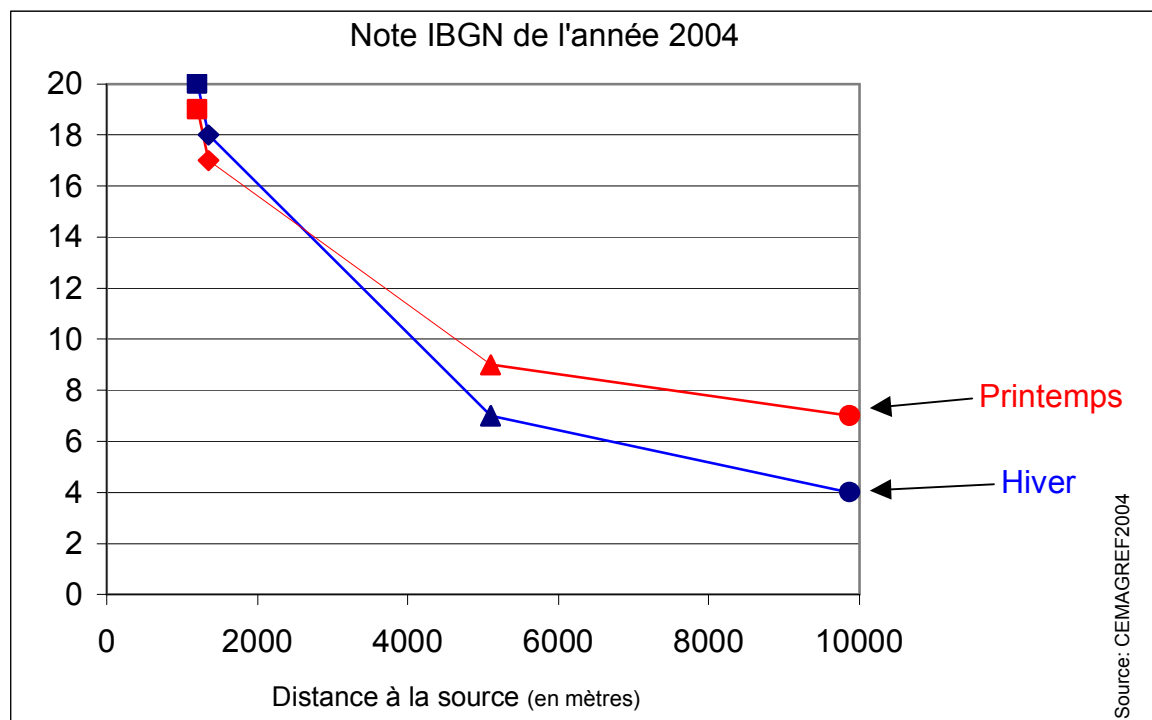
Nous n'étudierons plus en détails que trois de ces indices, les autres étant là pour information : la note IBGN, qui correspond à une norme AFNOR reconnue de tous, l'indice de Shannon-Weaver qui est très répandu dans la littérature française et anglo-saxonne, et le CB2 qui malgré son utilisation restreinte apporte un complément d'information très intéressant.

a) L'indice IBGN

Légende :

■ Station 1 ; ◆ Station 2; ▲ Station 3 ; ● Station 4

Figure 12 : Évolution spatio-temporelle de la note IBGN



NB : Dans les graphiques qui suivent, nous avons rajouté les traits entre les points de mesures par souci de lisibilité mais ceux-ci ne permettent pas une interpolation entre deux mesures.

On observe tout de suite une diminution des notes IBGN (**cf. figure 12**) (qui peuvent être dites robustes dans l'ensemble sauf pour la station 2 aussi bien en hiver qu'au printemps) de l'amont vers l'aval. La Morcille passe (d'après la norme AFNOR) de très bonne qualité à qualité très mauvaise (pour H4, qui correspond au prélèvement effectué en Hiver à la station 4) ou mauvaise (pour P4).

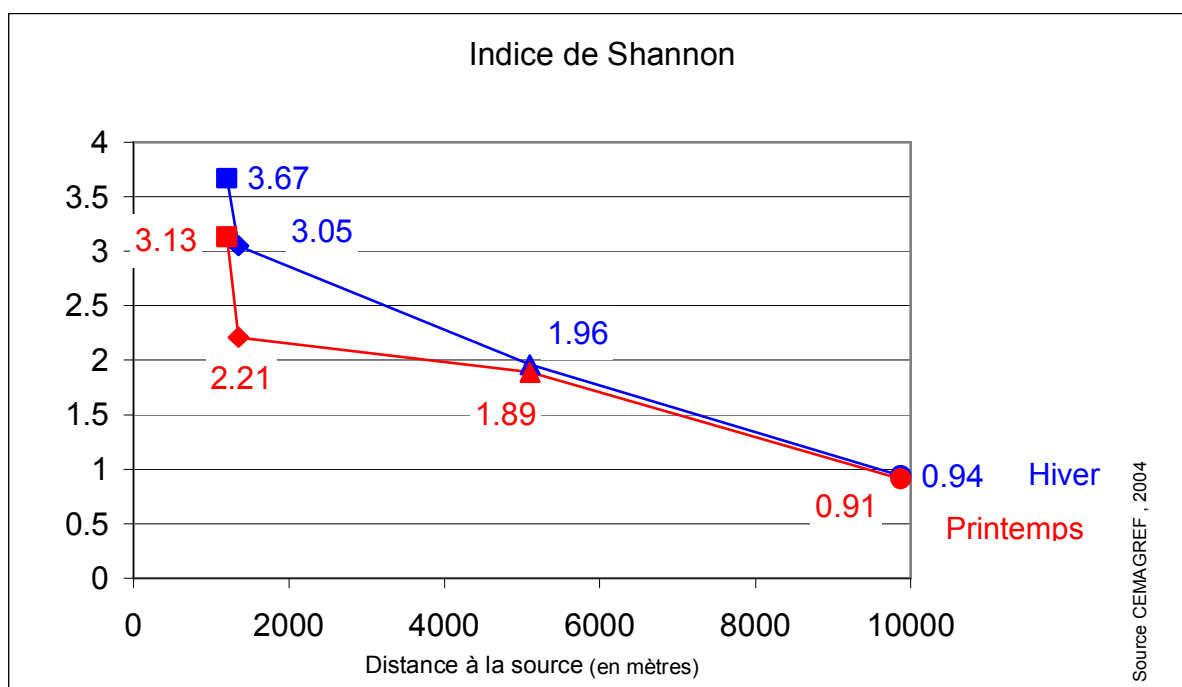
Si la différence spatiale est flagrante la différence temporelle est moins marquante. Les notes des deux stations amont (stations 1 et 2, que nous noterons S1 et S2) sont légèrement moins bonnes au printemps qu'en hiver alors que pour les stations aval (S3 et S4) le phénomène est inversé. Nous aurions pu penser a priori le contraire car les traitements phytosanitaires commencent peu avant. Cette légère augmentation est essentiellement due à l'apparition des *Ephemerella ignita* espèce estivale d'un groupe indicateur supérieur et ne reflète pas une réelle amélioration de la qualité biologique du milieu.

La richesse taxonomique diminue aussi de l'amont vers l'aval pour passer de 46 à 11 taxons différents en hiver et de 39 à 15 au printemps, cette diminution amont-aval s'explique par la dégradation de la qualité de l'eau au fil du cours d'eau. Par exemple l'absence totale de plécoptères, qui sont pour la plupart polluo-sensibles, aux stations 3 et 4 montre la présence d'une pollution. Le changement temporel s'explique essentiellement par les cycles saisonniers de certains taxons (comme *Rhithrogena* chez les éphéméroptères qui va quitter le milieu aquatique au printemps et la plupart des plécoptères se nymphosent et s'envolent également au cours de cette saison).

Si nous nous intéressons plus particulièrement aux oligochètes, nous constatons que la densité augmente très fortement de l'amont vers l'aval et qu'ils sont également plus présents au printemps qu'en hiver pour atteindre une quantité supérieure à 37000 pour 0.4 m². Il semblerait qu'il ne s'agisse que d'une seule espèce (*Nais linguis*) qui apprécie les milieux aux ressources trophiques importantes. Elle est très présente dans les milieux pollués, apprécie particulièrement les substrats sableux, a une reproduction sexuée qui s'effectue au printemps si les ressources sont suffisantes.

b) L'indice de Shannon-Weaver

Figure 13 :Évolution spatio-temporelle de l'indice de Shannon-Weaver



L'indice de Shannon confirme les informations de l'IBGN (cf. **figure 13**) sur la dégradation amont-aval du cours d'eau.

D'après Wilhm (1972) un indice de Shannon supérieur à 3 montre un cours d'eau de bonne qualité.

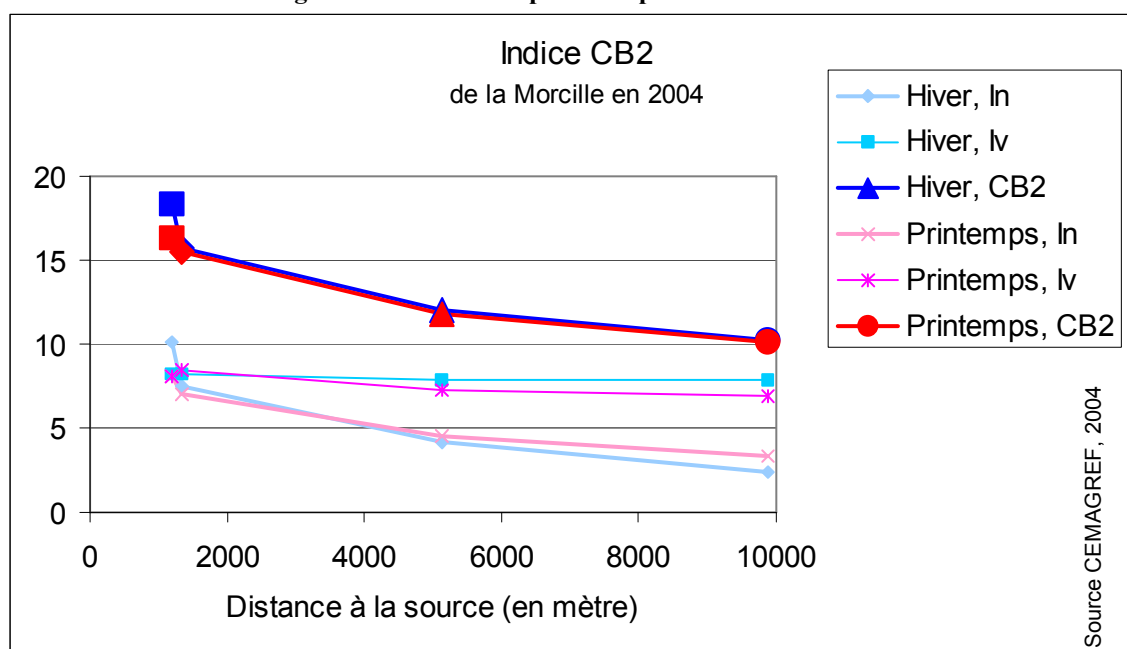
H1, H2 et P1 présentent ces caractéristiques. La valeur P2 est inférieure à 3, nous pouvons cependant considérer que le cours d'eau est d'assez bonne qualité. En effet, la note de 2.21 peut être expliquée par la forte augmentation du nombre de chironomes et d'oligochètes. Par contre comme pour l'IBGN nous notons une très forte diminution de cet indice entre S1 et S2, alors qu'il n'y a qu'une petite distance entre les deux stations. Cette dégradation s'explique par

- l'exutoire juste à l'amont de S2 de deux fossés, de plus de 13Km drainant une zone en vigne d'environ 17Ha
- la présence à proximité de la route reliant Saint-Joseph aux Gauthiers.

Les deux dernières stations ont des indices faibles ou très faibles (inférieurs à deux) montrant d'après Wilhm respectivement une pollution conséquente (S3) et une forte pollution (S4).

c) L'indice du CB2

Figure 14 : Évolution spatio-temporelle de l'Indice du CB2



Comme pour les autres indices celui-ci monte une dégradation d'amont en aval, cependant les différences obtenues entre les notes d'hiver et de printemps sont vraiment minimes.

Là où l'information apportée par cet indice est intéressante c'est qu'il montre une forte dégradation spatiale de In (représentatif de la qualité de l'eau) d'amont en aval, alors que Iv (indice de la qualité du milieu) ne diminue presque pas d'amont en aval ni même entre l'hiver et le printemps.

Tableau 6 : Récapitulatif de l'In sur la Morcille en 2004

Indice In	S1	S2	S3	S4
Hiver	10.12	7.48	4.18	2.42
Printemps	8.14	7.04	4.62	3.3

Nous constatons une très légère remontée de Iv entre P1 et P2, malheureusement nous ne pouvons pas dire à quoi cela est dû.

L'indice CB2 montre une modification temporelle de la qualité de l'ensemble (eau et milieu) entre les deux saisons, avec une diminution sur les stations amonts et un gain pour S3 et S4.

Le forte baisse de l'indice entre S1 et S2 (pour les deux campagnes) semble confirmer que la présence des deux exutoires (drainant plus de 13Km de fossés) participe activement à la dégradation du milieu.

d) Conclusions apportées par l'analyse du peuplement des macro-invertébrés

Comme nous venons de voir l'ensemble des indices utilisés mettent en évidence une forte dégradation sur la Morcille entre le point le plus amont et l'exutoire ainsi qu'un clivage entre S1 et S2 d'un part et S3 et S4 de l'autre.

Comme l'a démontré A.Bacher (2004) dans son rapport :

- les stations 1 et 2 présentent plus de taxons de stratégie **K** (cycle vital long, taux de reproduction plus faible et soins aux jeunes)
- les stations 3 et 4 ont plus de taxons de stratégie **r** (cycle vital court, fort taux de reproduction, reproduction par pontes libres)

Ces changements de stratégies et les résultats des différents indices caractérisent les effets de la pollution, qui semblerait être toxique, sur les invertébrés.

La Morcille n'ayant pas connu de phénomènes de crues durant le premier semestre 2004 et donc a priori pas de pics de pollution importants, il paraît surprenant qu'il n'y ait pas eu re-colonisation du milieu par les invertébrés... A moins que les concentrations chroniques soient un facteur limitant ? Quel peut être le rôle de compétition par rapport à la nourriture ? Dans quelle mesure jouent les rôles physiques (vitesse du courant, hauteur d'eau, type de sol, luminosité) ?

Des campagnes complémentaires en particulier en été en condition d'étiage et en automne après une série complète de traitement devront être effectuées pour affiner les résultats et mieux comprendre les phénomènes de recolonisation du cours d'eau par les macro invertébrés et les conséquences des pesticides sur ces populations.

Par ailleurs des études plus précises sont en cours. Elles portent sur certains organismes (en particulier les Oligochètes) afin d'établir les seuils de toxicité acceptés pour certains produits phare afin de concilier viticulture et protection du cours d'eau.

5. Utilisation du SIG

Les informations apportées par le SIG ne sont en rien « révolutionnaires », l'étude de cette zone depuis des années, les connaissances globale du terrain, les précédents rapports... avaient permis de déjà bien connaître le terrain.

Cependant le SIG permet d'apporter des valeurs chiffrées, de faire des statistiques, et d'avoir une vision sur l'ensemble de la zone d'étude. Il permet, en outre, un accès facilité aux informations disponibles, la réalisation rapide et facile de requête à partir des informations disponibles (longueur des fossés, surface drainée, densité de fossé, occupation du sol, altitude, pente...) ou à venir (traitements associés aux parcelles, réseau de fossés sur l'ensemble du bassin versant...)

Tableau 7 : L'occupation du sol en amont de chaque relevé IBGN

Point: Localisation:	1	2	3	4
	Amont route St Joseph	Aval route StJ.	Les Versauds	St Ennemond
Superficie totale amont (m²)	1 141 970	1 267 120	3 386 030	7 994 760
dont .. en vigne	76900	168560	1749420	5063910
dont .. en bois	421080	430610	603950	662130
dont .. en broussailles	184660	184660	184660	184660
Autres	459 330	483 290	848 000	2 084 060
Km de fossés amont au point (fossés répertoriés en tant que tel)	0.032	13.3	67.5ND, > 67.5	
En pourcentage				
dont .. en vigne	6.73	13.30	51.67	63.34
dont .. en bois	36.87	33.98	17.84	8.28
dont .. en broussailles	16.17	14.57	5.45	2.31
Autres	40.22	38.14	25.04	26.07
Nombre de bâtiment en amont	6	9	89	277

La station S1 peut effectivement servir de référence du fait qu'elle ne contient pas de fossé en amont. Par contre entre S1 et S2, nous notons l'arrivée d'un peu plus de 13Km de fossé, ce qui peut expliquer la nette dégradation entre S1 et S2 à la note IBGN. Ici en se contentant d'un travail de terrain, nous pouvons voir s'il y a l'exutoire et le localiser, mais nous ne pouvons pas connaître l'importance du réseau en amont de cet exutoire, alors qu'avec la base de données SIG nous avons cette information.

Comme nous le voyons le pourcentage de vigne dans l'occupation du sol augmente beaucoup entre S1 et S4, le nombre de bâtiments augmente aussi, beaucoup et très vite. Par contre nous n'avons pas avec la base de données actuelles l'utilisation de ces constructions ; est-ce une maison ? Un bâtiment agricole ? Un entrepôt ?... Ces informations seraient utiles pour évaluer le risque associé en terme de rejet.

Les données d'altitude acquises avec le GPS n'ont pas pu être exploitées ici car le logiciel utilisé ne permettait pas de travailler en trois dimensions. Elles permettront néanmoins d'avoir une idée précise des pentes rencontrées avec une version plus récente d'ArcView, de créer un MNT (modèle numérique de terrain) qui facilitera la compréhension du cheminement des eaux.

L'avantage du SIG, quand la base de données attenante est exploitable, renseignée, juste, et récente est de pouvoir donner en quelques clics un grand nombre d'information. Ici nous n'avons donné des renseignements que pour les points où des prélèvements ont été

effectués mais nous pourrions décider de fournir des « statistiques » tous les 500 mètres si besoin est.

B. Réflexions sur les mesures existantes et acquisition de nouvelles données, de nouvelles connaissances.

Vu la précision du travail souhaité, l'échelle du bassin versant semble parfois trop importante, du fait de la nécessité de disposer de données précises, fiables et localisées.

Les connaissances à acquérir ou perfectionner sont de deux ordres : la pression sur le cours d'eau et la qualité du cours d'eau.

Les données de qualité du milieu peuvent être d'ordre physique (température, ensoleillement, pH, conductivité, rôle des berges, de la ripisylve...), chimique (concentration en différents produits) ou biologique (nature de la faune et la flore dans le milieu aquatique). Nous nous intéresserons ici surtout à ces deux derniers, mais il est évident que l'influence du milieu physique est à considérer compte tenu de son influence certaine sur la biologie et éventuellement sur la dissipation des produits.

Il faut garder en mémoire que les idées proposées sont pour le bassin versant de la Morcille tout d'abord mais aussi dans l'expectative de l'application de cette méthode d'analyse à d'autres zones.

1. Évaluation et connaissance des pressions sur le milieu environnant

a) Travail sur les pollutions domestiques

Comme nous l'avons vu précédemment, même si la densité de maisons n'est pas aussi élevée dans cette zone qu'en milieu urbain, le nombre de maisons et donc d'habitants n'est pas négligeable. Un travail d'inspection permettrait de connaître la nature des bâtiments pour clairement identifier les maisons. Par ailleurs il serait bon de connaître le nombre de maisons n'étant reliées à aucun système d'épuration des eaux (système privatif ou collectif) et faisant du rejet « sauvage » car ces pollutions domestiques doivent influencer les populations de macro-invertébrés.

b) Connaissances sur les pollutions ponctuelles ou diffuses

De part leur définition, les pollutions ponctuelles ne sont pas faciles à déterminer, à piéger, à quantifier mais néanmoins elles semblent être très lourdes de conséquences dans la qualité de l'eau. Si au moment d'une pollution ponctuelle le débit est très faible, les pesticides ne vont pas être dilués et vont rester plus longtemps dans le cours d'eau, et donc au contact de la faune et la flore aquatique. Il serait intéressant d'avoir plus de données sur ces pollutions pour connaître leurs importances, leurs récurrences, leurs localisations.... mais il n'y a actuellement pas vraiment de moyens de les connaître (si ce n'est par la coopération des viticulteurs). Dans les flux totaux de pesticides quelle est la part attribuable aux pollutions ponctuelles ? Et quelles sont les conséquences ? Quelles sont les quantités libérées ? Les concentrations ?.... Les techniques de la SPMD de par son principe intégrateur et de l'immersion d'enzyme dans l'eau de par sa lecture « instantanée » permettraient certainement de pallier ce manque de connaissance. Mieux connaître ces pollutions n'en diminuerait pas les conséquences mais permettrait de savoir la part de la dégradation à attribuer aux pollutions ponctuelles ou diffuses pour y remédier et donc les actions à privilégier.

Par ailleurs à ce ne niveau de précision nous pourrions souhaiter acquérir d'autres connaissances comme les pollutions liées à la présence de routes (avec la fréquentation journalière de celles-ci), les produits autres que phytosanitaires pouvant être rejetés dans une cour de ferme (carburant, HAP, PCB), si les viticulteurs essayent de lutter contre ces pollutions.

c) Occupation du sol et organisation du paysage

c-1) Utilisation des données satellites

Un bon diagnostic passe par une bonne connaissance de la zone de travail. Si le bassin versant de la Morcille est très bien connu c'est essentiellement du à sa petite taille et au nombre d'études réalisées sur ce terrain. Cependant si nous voulons faire le même type d'étude sur d'autres bassins versants, il est inconcevable de passer autant de temps à l'acquisition des données. Il faudra donc passer par des moyens plus rapides.

La précision des images satellites actuelles (de 0.5 à 2.5 mètres par pixel) permet d'avoir rapidement une vision précise de l'occupation du sol d'une zone qui peut être très

grande, de l'organisation générale... Même si rien ne remplace du travail terrain pour vérification, cette alternative semble intéressante pour acquérir rapidement des données récentes (ce qui n'est pas forcément le cas avec d'autre base de données disponibles dans le commerce) et couvrant une zone de taille indéfinie.

Par ailleurs ce bassin versant présente la caractéristique d'être essentiellement recouvert de vigne. Or la culture de la vigne est pluriannuelle, et la valeur de ces terres fait qu'elles ne « bougent » pratiquement pas. Ce qui n'est pas le cas partout.

c-2)Le survol de la zone par un drone

Le rôle des fossés est primordial dans le transfert des pesticides sur le site de la Morcille, or les images satellitales ne permettent pas d'identifier ces structures. Il faut donc avoir recours à d'autres techniques.

Le survol d'un bassin versant par un drone, avec acquisition de photos est désormais possible et pourrait être intéressant. La précision alors obtenue est de l'ordre de 5 à 10 centimètres par pixel (tout dépend de la hauteur de vol de l'engin, entre 30 et 150 mètres) ce qui permet d'identifier beaucoup plus d'éléments. Le problème actuel est que ces données sont de types raster (à savoir une image qui n'est pas reliée à une base de données contrairement aux données de type vecteur) et qu'il n'y a pas encore de moyen d'automatiser l'occupation du sol. Néanmoins la grande précision de cette information permet d'aller beaucoup plus loin sur la connaissance du bassin et de façon plus rapide qu'un relevé terrain.

Nous avons donc ici un moyen d'obtenir plus facilement de l'information sur une moyenne étendue. Contrairement aux données satellitales, la zone ne doit pas dépasser environ 50 Km².

Sur le cas de la Morcille la zone réellement étudiée se situe essentiellement en amont de S3, ce qui ne représente donc que 50% du bassin versant. Or N. Domange (en 2001) pour répertorier et digitaliser les fossés sur cette sous-zone avait eu besoin de plus de trois semaines sur le terrain. La connaissance terrain en aval de ce point est donc beaucoup moins poussée. Pour répertorier l'ensemble des fossés sur le bassin versant en passant le moins de temps possible il faudra certainement utiliser d'autres techniques plus rapides que le relevé terrain. Cependant nous pouvons présumer que la densité de fossés est moindre dans la partie aval car les pentes sont beaucoup plus douces.

d) La connaissance des berges

Si le dispositif présenté permet de mettre en correspondance les populations de macro-invertébrés et la qualité du milieu et ou de l'eau, nous ne connaissons pas encore très bien le rôle de l'environnement physique sur ces populations. Quelles sont les conséquences de l'ensoleillement ? de la température ? du débit ? de l'apport de nourriture ? Est-ce que les pesticides ne s'accumulent pas dans les végétaux de la berge qui sont eux les principaux apport en matières organiques du cours d'eau ? La pollution ne se fait-elle pas en deux temps par le phénomène de l'accumulation des produits dans la chaîne alimentaire ?

Un travail de post-doc a été proposé par l'équipe EMHA au sein du CEMAGREF pour tenter d'élucider ces questions.

2. Amélioration des méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau

Il faut garder à l'esprit les questions suivantes : pour quoi acquérir de nouvelles données ? A quoi serviront-elles ? Quelle pérennité ?... S'il n'y a ni moyens techniques et temporels pour gérer et exploiter ces nouvelles informations est-ce vraiment la peine de les acquérir ?

Les données à prendre en compte sont celles du terrain dans lequel évolue le cours d'eau mais aussi des données sur l'eau elle-même.

Deux voies sont envisagées : l'amélioration des protocoles existants, la proposition de site d'acquisition complémentaire, ceci dans l'objectif d'une meilleure représentativité des mesures compte tenu des objectifs, tout en limitant les coûts.

a) Rajout d'un point de prélèvement

Comme nous l'avons constaté dans la partie précédente, la dégradation du milieu est très rapide, surtout entre les points S2 et S3. Il serait peut être bon d'insérer dans le programme un point d'échantillonnage « 2bis » placé entre les deux, au niveau du lieu dit « Vermont » par exemple. Ce point serait équidistant entre les stations S2 et S3 ; sur les 17 fossés identifiés en rive droite, en amont de S3, neuf couleraient en amont de S2bis et huit en aval de ce point.

Ceci permettrait donc d'améliorer les connaissances sur la dégradation spatiale du cours d'eau et donc de perfectionner les relations entre l'occupation du sol, la densité du réseau de fossés et la qualité de l'eau.

b) Amélioration de l'échantillonnage

L'analyse par un laboratoire de l'eau coûte cher (environ 750 euros) si les 320 produits sont recherchés. C'est pourquoi il faut justifier des analyses et éviter de les faire au hasard. Actuellement, dans la première semaine du mois, le laboratoire de Valence vient effectuer son prélèvement puis l'analyse.

Ainsi, si les connaissances générales sont assez précises, il manque de données sur les conséquences des crues (sauf prélèvement du 28 juillet 2003, qui suit la crue du 27, mais ceci reste assez rare).

Il faudrait donc coupler les échantillonnages avec le limnimètre pour ne faire que des relevés après une crue et éviter les prélèvements « en aveugle ». Cependant, nous ne savons pas comment se positionnent exactement les chroniques de concentration par rapport aux pics de débit lors des crues sur le bassin de la Morcille : les courbes de concentrations en pesticides suivent-elles exactement les courbes de crues, sont-elles décalées et de combien le sont-elles ? Pendant combien de temps la concentration en pesticides dépasse-t-elle une concentration de référence ? Combien de temps faut-il pour que la concentration retrouve la valeur d'avant la crue ?....

D'après de récents travaux menés par N.Domange (2004) sur une zone en Alsace, présentés au congrès du GFP 2004 (Groupe Français des Pesticides), le temps de réponse dépendrait du produit étudié. On peut faire l'hypothèse qu'il existe un lien avec la nature et la longueur des voies de transfert empruntées (surface stricte, sub-surface, ...). Il serait donc important de bien connaître cette dynamique avant de proposer une moyenne proportionnelle au débit, ou une sélection d'échantillons ponctuels permettant d'approcher les concentrations réelles au cours du temps.

c) Date des prélèvements

Au vu des dates de traitement dans le Beaujolais, nous pouvons nous demander si les prélèvements d'hiver sont désormais absolument nécessaires. Effectivement nous constatons un « bruit de fond » grâce aux relevés des années précédentes, mais quelle est son influence dans la qualité de l'eau ? Le prélèvement en vue d'un IBGN au cours de l'hiver 2004-2005 apportera un complément d'information important quant au rôle des PPS pendant cette période là de l'année. Sur les mois de novembre, décembre, janvier, février ne faire qu'une analyse (si possible juste avant les premiers traitements qui ont lieu début mars, d'après O. Savet, 2001) pour en faire plus en période de traitement maximum et après des épisodes pluvieux. Nous pouvons connaître les événements pluvieux grâce aux deux pluviomètres installés sur le terrain et les débits en temps réel grâce à la station des Versauds (S3).

d) La multiplication des biofilms

Le temps nécessaire à l'analyse précise des composants et fonctions d'un biofilm est très important, et cette dernière doit être limitée à quelques prélèvements annuels seulement. Cependant, nous pourrions proposer, en complément, de multiplier le nombre de biofilms (puisque comme nous l'avons vu la mise en œuvre n'est pas très compliquée) dans l'année et au long du cours d'eau afin d'en extraire la masse sèche (suivant un protocole à définir et toujours identique) ceci permettrait de mieux appréhender la variabilité spatio-temporelle de la Morcille au sein de la Morcille à moindre frais.

e) Création d'un canal bétonné

Un canal bétonné, ou en une autre matière imperméable, permettrait de se substituer au fond du lit et aux berges naturelles. Celui-ci permettrait d'étudier en conditions mieux contrôlées l'effet de la qualité de l'eau sur les biofilms ou d'autres organismes et d'envisager des translocations permettant d'évaluer si des organismes prélevés en milieu pollué sont capables de « récupérer » par eux-mêmes, et si oui dans quelle mesure.

L'étude visuelle de celui-ci permettra d'appréhender le développement du périphyton, de voir le déplacement des sédiments plus grossiers (même si ce n'est pas l'objet d'étude de l'équipe de recherche), de voir si les macro-invertébrés peuvent vivre dans ce milieu.

Au bout de quelques années une ou plusieurs ouverture(s) pourrait être creusée(s) et observée(s) pour voir quelle flore s’y développe, quelle faune y vit...

IV. Proposition de pratiques et d’aménagement en vue de limiter la contamination

Pour lutter contre une pollution nous pouvons agir en plusieurs points : éviter ou diminuer les émissions de polluants, modifier les produits nécessaires pour que ceux-ci soient plus respectueux de l’environnement, accélérer et favoriser la dégradation de ces produits, enlever ces produits de l’environnement après leur application.

La France est un très gros consommateur de produits phytosanitaires. Sur les centaines de tonnes utilisées chaque année, plus de 80% le sont par l’agriculture. Nous sommes en droit de nous demander si tous ces traitements sont absolument nécessaires, si certains traitements ne sont pas superflus...

A. En amont de l’application des produits

1. La formation des viticulteurs

Puisque les viticulteurs sont les premiers concernés, il semble logique qu’ils soient les plus sensibilisés, informés et sensibilisés. Le CDB (Comité de Développement du Beaujolais) joue un grand rôle dans cette optique là puisque depuis plus de dix ans il « forme » les viticulteurs.

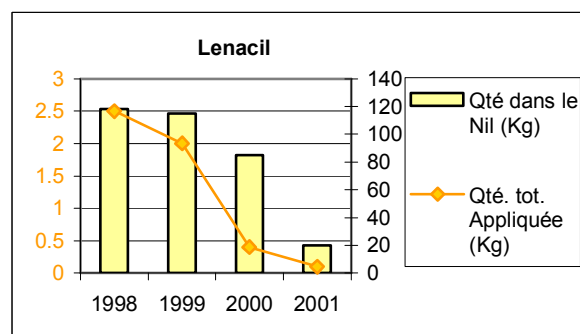
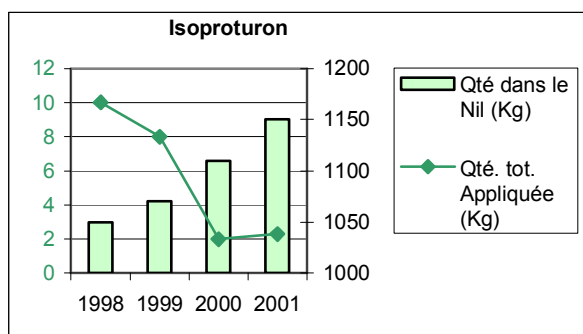
Cependant persistent encore des pratiques à améliorer. Par exemple, trop souvent les viticulteurs roulent plus vite qu’ils ne devraient en traitant : du coup il reste du produit dans les cuves (ce qui est un risque de pollution), et le traitement est moins efficace. Par ailleurs tous les traitements effectués ne sont pas forcément nécessaires.

Parallèlement, il faudrait sensibiliser les viticulteurs à prendre quelques précautions lors de la réalisation des traitements, à la fois pour leur propre santé (non détaillé ici) et celle de l'environnement :

- la non-utilisation d'un canon ou d'une turbine en bordure de cours d'eau et de fossés circulants afin de limiter les risques de pollutions par transferts atmosphériques
- le non-traitement sur quelques mètres des bordures de parcelles attenantes à un fossé

Par ailleurs les techniques culturales pratiquées (culture en gobelet) entraînent l'usage de ficelles synthétiques pour relever les branches de vignes. Ces dernières sont très résistantes et ne se dégradent pas au fil des années. Les ficelles qui ont été utilisées une année sont souvent regroupées sur un tas, et quand celui-ci devient trop important, il n'est pas rare de s'en débarrasser en le brûlant. Or la combustion de ces ficelles en plus de polluer l'atmosphère est susceptible de provoquer l'entraînement non négligeable de résidus de pétrole dans l'eau suite au ruissellement. Un autre mode d'élimination ou de recyclage serait indispensable à mettre en oeuvre.

Un exemple en Belgique de lutte contre les pollutions ponctuelles (attentions portées aux nettoyages des cuves après traitement ; repassage dans les champs) de concertation avec les agriculteurs, et leur sensibilisation au problème montre qu'avec peu de moyens les résultats peuvent être appréciables. Sur ce bassin versant (32Km²) une politique de sensibilisation et prévention a débuté début 2000 (**cf. figure 15**) (BEERNAERTS et al. 2002)



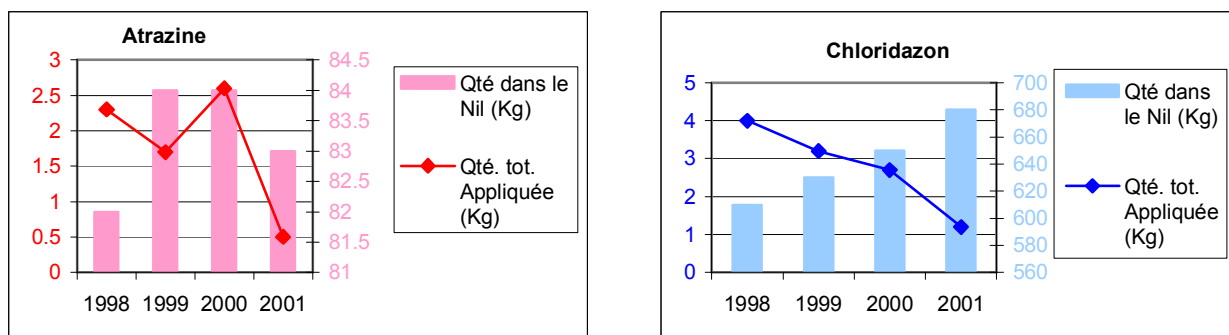


Figure 15 : Quantité de matière active sur le bassin versant (axe de droite en bâtonnet) et la quantité retrouvée dans le Nil (axe de gauche, ligne)

Comme nous le voyons sur les graphiques ci-dessus alors que la quantité de matière active utilisée n'a pas forcément diminué, les quantités retrouvée dans le Nil ont beaucoup diminué (jusqu'à 75% de diminution) suite à cette campagne de prévention.

2. Le contrôle du matériel

Comme le montrait O. Savet (2001) la vérification du matériel ne se fait que rarement, le parc est ancien et mal entretenu. Ainsi les réglages ne sont plus forcément aussi bons qu'en début de vie du matériel. Le CDB sensibilise les viticulteurs sur cet aspect.

En plus d'être plus efficace lors des traitements, avoir un matériel bien réglé diminue la quantité d'intrants nécessaire et donc le coût des traitements et limite donc le risque de pollution diffuse. Il faut vérifier la pression dans les diffuseurs, changer régulièrement les buses, le diamètre et l'usure des « gicleurs », etc.

3. Qualité de l'eau mise dans la cuve

Alors que beaucoup d'études sont réalisées sur l'eau qui sort des cuves peu de travaux parlent de la qualité de l'eau qui sert à diluer les pesticides. Or il semblerait qu'une eau légèrement plus acide améliore la durée de demi-vie des produits et donc l'efficacité des traitements d'où un besoin moindre de produits.

4. Mise en place de l'agriculture biologique

Pour limiter la quantité de produits appliquée, l'alternative biologique semble intéressante. Effectivement cette agriculture plus respectueuse de l'environnement conseille la diminution du nombre de traitements et en utilisant des molécules minérales ou organiques naturelles uniquement donc plus biodégradables. Cependant pour que cette démarche soit réellement efficace sur la qualité de l'eau d'un bassin versant, il faut qu'elle soit adoptée par un grand nombre d'agriculteurs.

Un exemple concret, en Allemagne, semble avoir porté ses fruits : le bassin versant en amont de München celui de Mangfall (bassin versant de 150 Km² environ) qui fournissait l'eau potable de la ville est désormais entièrement en culture biologique. La diminution de quantité d'intrants a baissé le coût de traitement des eaux pour la potabiliser, coût que ne pouvait plus supporter l'agglomération. L'économie ainsi réalisée a permis de subventionner l'agriculture biologique. Par ailleurs les agriculteurs, adhérant à cette politique en plus d'obtenir des subventions de l'agence de l'eau, sont assurés que leurs produits seront écoulés. Effectivement la municipalité de München garantie la vente de ses produits auprès des collectivités locales (établissements scolaires, hôpitaux, maison de retraites...)

Longue et compliquée à mettre en œuvre, puisqu'elle touche de nombreux domaines et nécessite beaucoup de consensus, cette politique semble néanmoins très efficace. Si elle n'est pas directement applicable sur notre zone d'étude, elle permet de proposer des méthodes alternatives en complément, voire remplacement, des méthodes plus classiques, lorsque le recours à la lutte chimique devient problématique (cas possible de parcelles directement connectées à des fossés bétonnés).

En France peu d'exemples semblables existent. Le groupe Vittel-Perrier a acheté quelques 2500 hectares de terres pour protéger ses sources et un label « bio » pour l'agriculture ne devrait pas tarder à arriver

5. Désherbage autre que chimique

a) Le désherbage mécanique

Cette pratique culturale assure la destruction des mauvaises herbes par une opération de travail mécanique du sol ne nécessitant pas l'emploi de désherbants chimiques. Elle a

l'avantage de permettre l'enfouissement de la matière organique et des engrais et de faciliter l'infiltration en diminuant l'imperméabilité de la surface. Cette méthode nécessite au minimum quatre passages par an, elle est donc coûteuse en main d'œuvre et en traction. De plus, lorsqu'elle est mal conduite cette pratique peut augmenter le risque d'érosion.

Sa mise en œuvre sur des parcelles du bassin versant de la Morcille est difficilement envisageable du fait des nombreuses contraintes rencontrées. En premier lieu, la zone, faite de coteaux à pentes parfois très fortes, ne permet pas toujours la mécanisation. Ainsi, pour certaines parcelles, elle serait impossible à mettre en œuvre. La présence de pentes et de sols à dominante sableuse, travaillés dans de mauvaises conditions, peut augmenter les phénomènes d'érosion qui sont déjà très présents. Un autre problème rencontré réside dans les caractéristiques de plantation du vignoble. Ce dernier présente des souches en gobelet avec un écartement inter rang aux alentours du mètre. Il est alors très difficile dans ces conditions de réaliser un travail du sol performant et régulier.

b) Le désherbage thermique

L'idée reste la même que pour le désherbage mécanique : ne pas utiliser de produits chimiques. Le désherbage thermique consiste à chauffer la partie aérienne des plantes pour les détruire. A partir de 80°C, la coagulation des protéines provoque la destruction des parties atteintes. Au-delà de cette température, des cellules éclatent, puis se dessèchent et enfin on assiste à une combustion si les températures sont élevées, mais il n'est pas nécessaire d'atteindre ce stade. Il existe deux types de désherbage thermique :

- celui à vapeur (surtout développé au Canada)
- celui à gaz (avec la technique de la flamme ou de la plaque en céramique chauffée pour dégager des infra-rouges) coût environ 40€/ha (hors amortissement de l'équipement)

6. Confusion sexuelle

La confusion sexuelle est une méthode de lutte biologique alternative à la lutte insecticide classique (surtout contre les tordeuses de la grappe). L'emploi de phéromones (substances naturelles émises par les femelles afin d'attirer les mâles) perturbe la phase de

rapprochement entre les papillons mâles et femelles et ainsi limite les accouplements, les pontes et les dégâts qui en résultent. Cette démarche est le résultat d'une analyse précise de chaque situation. Elle doit respecter un certain nombre de règles afin d'obtenir un maximum d'efficacité.

Sa mise en place au niveau de la Morcille risque d'être assez compliquée ; compte tenu de la surface minimum à conduire de la sorte et du parcellaire morcelé et de petite taille de la zone. Il sera nécessaire de sensibiliser un nombre important de viticulteurs. Ce point précis joue en défaveur de ce type de lutte car pour obtenir une efficacité certaine, tous les viticulteurs devront l'adopter sur la zone choisie. Par ailleurs cette technique reste encore très chère.

7. Vérification des autres utilisateurs de produits phytosanitaires

Si former les agriculteurs à une utilisation plus raisonnée (et donc plus respectueuse de l'environnement) est absolument nécessaire et réalisé depuis quelques temps, il faut désormais prendre en compte les autres utilisateurs de pesticides.

Même si elle est absente de la zone d'étude, la SNCF utilise une grande quantité d'herbicides pour traiter ses ballasts. Les différents services d'entretien (DDE, services municipaux...) sont de grands consommateurs de produits phytosanitaires. Par ailleurs vu le coût relativement faible de ces produits il semblerait qu'avec l'avènement des jardins personnels, les particuliers soient aussi de grands consommateurs peu informés, peu sensibilisés. Tous ces différents utilisateurs sont donc à prendre en compte lors des études sur la pollution d'un cours d'eau par des pesticides.

B. Limiter les transferts avant et dans les fossés

1. L'enherbement des inter-rangs, chemins, talwegs, épandage de mulch

a) L'enherbement permanent : Une solution à envisager pour de nouvelles plantations

Cet enherbement est obtenu par semis dans l'inter rang d'espèces de graminées et par désherbage chimique sous le rang. Cette technique culturale génère une meilleure perméabilité du sol en augmentant sa porosité. Le ruissellement et l'érosion sont ainsi limités. L'enherbement permanent présente un double avantage face aux risques de transfert de pesticides aux cours d'eau via les réseaux de fossés :

- Il limite les quantités de désherbants apportés puisque seuls les rangs sont traités. Notamment les désherbants de pré-levée (diuron, oryzalin, norflurazon, simazine, terbuthylazine). Or ce sont les matières actives de ces désherbants que l'on retrouve de manières chroniques dans les échantillons d'eau analysés sur la Morcille.
- Le couvert végétal installé présente une action de réduction des flux de produits transitant dans le ruissellement (CORPEN, 1997).

Outre son coût plus élevé que le désherbage chimique, son éventuelle installation sur des parcelles à risque présente des inconvénients : un phénomène de concurrence entre l'herbe et la vigne. De plus une tonte régulière est nécessaire, or l'étroitesse des plantations et les pentes, fortes par endroits, ne permettent pas toujours la mécanisation. Là encore la solution ne semble pas directement adaptée à l'ensemble de la Morcille mais au moins sur les zones moins pentues.

Dans le cas présent, si une implantation était envisagée pour certaines parcelles, il faudrait privilégier l'enherbement d'un rang sur deux afin de limiter la concurrence vigne-herbe. Cette pratique semble déjà avoir séduit un petit nombre de viticulteurs de la zone.

b) L'enherbement naturel maîtrisé (ENM) : une solution à efficacité limitée

Cette technique consiste à tolérer une végétation herbacée naturelle dans le vignoble pendant une partie de l'année, généralement en hiver. Ce recouvrement est détruit avant le

débourement grâce à l'utilisation d'herbicides de post-levée, qui peuvent éventuellement se retrouver dans les eaux de surface. En cours de saison, le sol est débarrassé du couvert végétal, puis les adventices sont maîtrisés à vue pour les maintenir à un niveau acceptable de concurrence pour la vigne. Cette technique présente quasiment les mêmes avantages que l'enherbement permanent (limiter l'érosion et le lessivage en période hivernale). Cependant, contrairement à l'enherbement permanent, l'efficacité de l'ENM se limite au désherbage puisque les traitements fongicides et insecticides ont lieu pendant une période où le sol est nu; ce qui ne facilite pas d'ailleurs la lutte contre l'érosion lors d'orages violents. Son installation sur les parcelles concernées risque d'être problématique dans certains cas. La présence de vigne basse et souvent non palissée gêne considérablement les passages du matériel nécessaire à un deuxième ou troisième désherbage. En outre pour que son installation soit efficace, il faut que le viticulteur ait une bonne maîtrise technique des types d'adventices et de leurs évolutions. Par ailleurs, l'élimination de l'enherbement est souvent réalisée à partir de désherbants foliaires (glyphosate, aminotriazole) que l'on retrouve désormais au sein des cours d'eau.

Cet aménagement pourrait être envisagé sur certaines parcelles présentant les caractéristiques nécessaires à son installation. Cependant il nécessite la formation des viticulteurs sur la flore et le mode de conduite associé.

Au cours des diverses visites sur le terrain, il a été constaté, que les chemins étaient, par endroits dépourvus de végétation (SAVET 2001). Cela peut s'expliquer dans certains cas par le désherbage des chemins et dans d'autres par la rémanence probable de certains désherbants. Ce manque de végétation entraîne, dans certains secteurs, des zones d'érosion qui gênent l'accessibilité aux parcelles par les engins agricoles. Il semble donc important de favoriser l'enherbement des chemins. Il est préférable que l'implantation se fasse à partir de fauche de parcelles en prairie plutôt que de gazon et cela pour des questions de coûts et d'adaptation de flore.

c) Le paillage ou le mulch

Cette technique alternative à l'enherbement permanent ou maîtrisé consiste à couvrir le sol par des matériaux fibreux pas ou peu compostés (écorces, pailles, ...). Les mulchs

participent à la maîtrise des adventices en permettant aussi de limiter l'érosion des vignobles en pente.

L'utilisation de paille, d'un coût moindre que les autres types de mulchs, semble être une bonne alternative. De nombreux viticulteurs de la Morcille l'utilisent déjà (**cf. photo en annexe**). Son emploi est trop limité en terme de surface intra parcellaire couverte et de parcelles concernées. La paille joue un rôle certain dans la limitation de l'érosion. En se décomposant, elle se transforme en matière organique, laquelle semble jouer un rôle prépondérant dans la dégradation des pesticides. Son utilisation ne doit peut être pas se limiter à des bandes de quelques mètres en travers de la pente ; elle pourrait l'être sur toute la surface d'une parcelle. Sa mise en place serait d'un coût plus élevé mais pourrait faire l'objet d'aides dans un cadre défini. Cependant elle génère deux inconvénients importants : un risque d'incendie élevé et un passage peu sûr pour les engins (risque de « glissades »)

L'emploi d'écorces fraîches peu compostées peut être envisagé car il permet de mieux cibler le désherbage du fait de l'action herbicide des tanins. Par contre les écorces trop compostées favorisent l'apport d'azote assimilable peu utile à la vigne et favorisent le développement du botrytis. Son utilisation éventuelle est fortement dépendante de son prix d'achat plus élevé que la paille. Cependant une activité de sylviculture existe en beaujolais et il serait peut être intéressant de réfléchir à la possibilité de mise en place d'une filière écorces de conifères à but agricole. Se poserait ensuite un autre problème : celui de son épandage sur les parcelles.

L'utilisation des bois de sarments ne semble pas être une solution idéale car même si son coût est nul, les quantités à disposition sont peu importantes et les risques de colmatages de fossés par accumulation existent. De plus le pourrissement des anciens sarments favorise le développement de certaines maladies (exemple l'eutypiose).

2. « Interdiction » des exutoires directs

Dans le cas d'un réseau de fossés à exutoire direct à la Morcille et drainant des quantités d'eau importantes et donc un ruissellement concentré, la stratégie la plus efficace pourrait être l'association de bandes enherbées et de retenues d'eau avec des banquettes d'absorption-diffusion (**cf. annexes**). La retenue d'eau jouerait le rôle de décanteur alors que la banquette et les bandes enherbées celui d'épurateur. Le positionnement des bandes et des

prairies devrait se faire sur l'ensemble du bassin versant élémentaire contribuant aux écoulements afin de limiter le ruissellement le plus tôt possible.

Il existe des cas où l'eau est dirigée dans un bac rempli de charbon actif (le pouvoir filtrant du sable n'étant pas suffisant) qui joue le rôle de filtre entre la sortie du fossé et le ruisseau. La capacité de filtrage du bac sera fonction de la zone drainée par le fossé (déterminable grâce au SIG). Il semblerait par exemple que cette technique ait été parfois appliquée pour des golfs, cependant son coût est rédhibitoire pour un usage en agriculture.

3. Aménagement des fossés

Puisque les fossés sont inévitables ici et qu'ils contribuent pour beaucoup aux pollutions diffuses (par l'accélération des transferts mais aussi par les produits qui tombent directement dedans lors des applications) il faudrait les aménager pour dégrader ou piéger au maximum les PPS avant leurs arrivées dans le cours d'eau tout en respectant les cultures et les pratiques attenantes. Il faut bien entendu pour qu'un aménagement soit concrètement réalisable qu'il ne soit pas trop onéreux, qu'il ne fasse pas perdre trop de temps aux viticulteurs, qu'il ne leur « complique pas trop la vie ».

Il faut garder à l'esprit que tous ces aménagements servent en temps normal mais en cas de forte pluie les fossés débordent, les aménagements potentiels arrivent à saturation. A moins de sur-dimensionner ces travaux, il faut bien être conscient que ceux-ci ne fonctionneront pas dans 100% des cas.

Toutes les propositions ci-dessous supposent une action préliminaire à l'amont au niveau des parcelles pour limiter les flux d'eau et de particules érodées.

a) Allongement du temps de séjour

La photo-dégradation détruit les PPS présents dans l'eau, donc pour détruire le plus de produit possible il faut favoriser ce phénomène, en augmentant le temps de séjour de l'eau dans les fossés. Si nous ne pouvons pas vraiment diminuer la pente des fossés déjà mis en place nous pouvons par contre augmenter la largeur (afin d'augmenter l'exposition),

augmenter la rugosité (soit par modification de la matière utilisée, soit en ajoutant des obstacles, des épis à 45° par rapport à la pente...) et donc ralentir les vitesses d'écoulement.

Il n'est cependant pas sûr que ceci soit efficace vu le peu de temps que les produits passent dans les fossés.

b) Création de petits barrages

La création de petits barrages (de l'ordre de quelques décimètres) en vue de re-végétaliser les fossés permettrait d'augmenter le temps de séjour dans un premier temps. Puis petit à petit ceux-ci se combleraient par le dépôt de matière en suspension ce qui permettrait le développement d'une végétation et des micro organismes associés. (cf. **photo en annexe X**)

c) Ouverture des fossés

Les fossés en béton sont imperméables et donc ne permettent pas l'infiltration de l'eau. Or la rapidité de transferts dans ces fossés est réellement néfaste. En plus lors de l'application des PPS, une certaine quantité de produit va se déposer sur ces chenaux. Or ceux-ci étant en béton le produit ne pourra pas s'infiltrer.

Nous nous proposons de les « ouvrir » (cf. **dessin en annexe XI**) en faisant des « jours » à 45° par rapport au sens d'écoulement. En plus de permettre l'infiltration de l'eau, cette technique vient en complément de l'idée de ralentir l'écoulement de l'eau. Elle implique bien sûr, comme évoqué en introduction de cette partie, une limitation des écoulements à l'amont afin de limiter les risques de ravinement dans les parcelles environnant l'ouverture du fossé.

C. Aménagement sur le cours d'eau et le bassin versant

1. Les bandes enherbées

Depuis plusieurs années le Cemagref s'intéresse à la capacité de rétention des produits phytosanitaires par les bandes enherbées. Les diverses études apportent diverses valeurs mais toutes s'accordent à dire que la technique est intéressante :

- JM. ASSIER (2001) avec une bande de 3 m de large constate des taux de rétention (sur les quantités totales) allant jusqu'à 50 % pour certaines molécules
- B. MICHALAK (2000) donne des valeurs maximales de, respectivement 70 % au niveau des concentrations et 84 % sur la quantité totale
- PATTY (cité par ASSIER, 2001), les bandes de 6 m peuvent réduire le transfert de plus de 99 % pour certains produits

Plus la bande est large, plus la capacité de celle-ci à retenir des pesticides est importante.

L'installation de ce type d'aménagements sur la Morcille est donc à privilégier. Il faut toutefois adapter ces bandes en fonction des conditions rencontrées sur le terrain. Lorsque la pente est faible à moyenne et que l'on observe de l'érosion associée à un ruissellement, la solution pourrait être l'association d'une bande enherbée et d'un talus boisé qu'il faut mettre le plus en amont possible (**cf. annexe** solutions proposées par SOLTNER, 2001).

Malgré les études montrant l'efficacité des bandes enherbées, il n'est pas simple à ce jour de proposer des règles de mise en oeuvre, ce qui serait pourtant bien utile. C'est pour avancer dans ce sens qu'une thèse a été initiée au Cemagref (JG LACAS, en cours). Ces essais permettront de fournir des éléments quantifiables de l'efficacité des aménagements par un suivi de la qualité de l'eau qui entre et sort d'une parcelle. Si l'efficacité de la méthode semble ne présenter aucun doute actuellement, ces études permettront de dégager des règles de dimensionnement et d'appuyer la communication sur ce sujet et de sensibiliser les viticulteurs. Il ne faut cependant pas oublier que dans certains cas limites (fort débit des fossés), ces zones tampons pourraient ne pas être suffisantes.

2. Un bassin de dérivation

En milieu urbain (ou sur les autoroutes) il a été constaté que ce sont les premiers ruissellements qui transportent le maximum de polluants par un phénomène de nettoyage des sols. C'est pourquoi ont été créés des bacs de stockage. Les premières eaux très chargées en polluants sont donc stockées, puis « purifiées » avant d'être rejetées dans la nature. Cette technique permet de diminuer notablement le transport des polluants.

Une telle solution nécessite : un bassin en parallèle du cours d'eau qui se remplirait lors d'évènements pluvieux avec les pics de « crue ». L'eau stockée serait donc plus longuement exposée au soleil (donc au phénomène de photo dégradation) et à l'action des

micro algues et de la micro faune ce qui permettrait de diminuer la concentration en produits phytosanitaires.

L'inconvénient majeur de cette technique est le coût des infrastructures (puisqu'il faut un bassin de grande capacité, et imperméable), et la maîtrise du terrain. Certaines parcelles sont collées au cours d'eau, il est donc « impossible » d'insérer de tels aménagements tout en respectant les pratiques culturales. Ce type de dispositif impliquerait de toute façon des actions de limitation des transferts à l'amont.

3. Un vignoble en terrasse : une solution utopique

La principale contrainte physique rencontrée sur ce bassin versant est la pente. Celle-ci, parfois très forte, a conditionné la conduite de la vigne dans cette partie du beaujolais. La non-mécanisation de certaines parcelles, une lutte très développée contre l'érosion sont les conséquences directes de la culture de la vigne en zones de coteaux. Une réponse à ces difficultés pourrait être l'édification d'un vignoble en terrasse.

Cet aménagement présente de nombreux avantages. Il permet en premier lieu une mécanisation totale des parcelles. Les modifications de conduites seraient alors réalisables et permettraient l'utilisation de pratiques et de matériels plus respectueux de l'environnement. Ensuite, l'installation de terrasses favoriserait l'infiltration des eaux de pluie ce qui limiterait l'érosion. Il y aurait ainsi une disparition de tous les aménagements anthropiques mis en place pour éliminer l'eau des parcelles. Les phénomènes de pollutions diffuses seraient a priori limités par la disparition de connections directes via fossés de parcelles à la Morcille.

Malgré des avantages notables, les inconvénients découlant de la mise en place de ces aménagements permettent de penser qu'un tel projet est voué à l'échec. Les travaux de terrassement nécessitent un matériel et des techniques particulières, il faut donc faire appel à des entreprises spécialisées et le coût engendré est trop important. Un autre inconvénient serait la mise en place d'un remembrement global de la zone avec perte de surface pour chaque exploitant concerné.

La mise en place de ce type d'aménagement ne peut donc être envisagé sur le bassin versant de la Morcille, mais il pourrait être adapté à d'autres zones.

CONCLUSION

S'il est clair que la qualité d'un cours d'eau dépend entre autre des pollutions qui l'atteignent, il est assez difficile de comprendre comment interfère le milieu dans lequel il coule, son influence pouvant ne pas être négligeable du tout (en terme de dissipation des polluants, mais aussi des effets sur la vie aquatique).

Dans ce rapport nous avons essayé d'avancer un peu plus dans la compréhension des relations qui unissent le milieu physique (pente, altitude, occupation du sol...) et la qualité de la Morcille. N. Domange (2001) avait montré l'importance des fossés sur ce bassin versant quant aux transferts des produits phytosanitaires. Ces derniers permettent, en effet, aux PPS de transiter rapidement d'une parcelle éloignée du cours d'eau à celui-ci sans être dégradés, ni infiltrés.

Cependant le fait qu'il n'y ait qu'une partie du réseau de fossés sur l'ensemble du bassin versant, dont le rôle soit bien identifié, limite les conclusions possibles sur l'impact en terme de qualité de l'eau en un point donné du cours d'eau. En outre, le peu de travaux réalisés sur ces structures ne permet pas de confronter, de comparer des résultats.

Par ailleurs, avant d'exporter cette méthode à d'autres zones d'études il faut la simplifier ; par exemple les deux mois nécessaires pour répertorier l'ensemble des fossés d'une zone de 9 Km², empêchent de transposer cette méthode ailleurs.

De plus, vu la précision recherchée, nous arrivons aux « limites » des indices et méthodes classiques (IBGN, analyse de l'eau) traduisant la qualité d'un cours d'eau.

En effet, les différents processus étudiés n'ont pas les mêmes temps de réponses. Il faut donc adapter les mesures et les échantillonnages aux objectifs. La recherche (et quantification) des pollutions chroniques n'utilise pas les mêmes techniques que la mise en évidence de pollutions aiguës. Les premières, qui sont les plus faciles à capter, sont mises en évidence par divers indicateurs biologiques, alors que les secondes doivent être piégées à un moment précis, ce qui n'est pas facile.

Par ailleurs l'IBGN ne permet pas toujours de faire la distinction entre les différents types de pollutions (organique, chimique, domestique...). Il faut donc attendre que les nouvelles technologies (SPMD, biofilms, activité des enzymes...) soient suffisamment développées pour connaître en temps quasi réel, les pollutions et leur nature (information qui pourrait apparemment être apportée en étudiant les traits biologiques de certains macro-

invertébrés). Ceci permettrait de mieux comprendre les relations entre les pratiques culturelles, les précipitations, les concentrations en polluants, la pente, les fossés...

Dans le cadre de la DCE (directive cadre européenne) qui demande « un bon état écologique des cours d'eau d'ici 2015 », des méthodes d'analyse des pressions sur les cours d'eau sont nécessaires.

Le couplage du SIG (qui apporte la connaissance du terrain) avec les diverses méthodes d'appréciation de la qualité d'un milieu permet de connaître plus précisément les relations entre un point et son impluvium. Ceci permet d'essayer d'expliquer le pourquoi d'une dégradation (exemple entre les stations S1 et S2), et donc à terme les moyens de les contrer.

De nombreux aménagements sont possibles pour limiter les pollutions, même si tous ne sont pas applicables au bassin de la Morcille comme la création de zones tampons enherbées qui permettrait de diminuer efficacement les conséquences des pollutions diffuses. Cependant une réelle information, prévention, sensibilisation des responsables des pollutions est souhaitable à tout point de vue (financier, conséquences sur l'environnement, développement durable...). De plus les aménagements possibles sont efficaces dans le cas de précipitations « classiques » ; en cas de grosses précipitations (de période de retour décennal ou plus) il y a un grand risque que ceux-ci soient complètement dépassés et donc complètement inefficaces.

Les essais faits sur la Morcille apportent déjà des éléments de réponse et des idées d'aménagements, cependant avec les connaissances acquises au cours des 20 ans d'investigations sur la Morcille, et malgré la quantité de données de divers ordres nous ne pouvons établir un lien direct entre pression et état du milieu.

Ceci met bien en évidence la complexité des phénomènes en jeu dès lors que l'on aborde des études in situ. Toutefois nous ne pouvons nous contenter des travaux en laboratoire. Bien qu'ils soient très utiles à la compréhension, ils ne reflètent pas les conditions réelles.

Un des conseils qui ressort de cette étude serait de mieux adapter les stratégies de mesures aux objectifs en considérant conjointement les questions qui se posent en terme physico-chimique, biologique, et physique.

BIBLIOGRAPHIE

ASSIER J.M., - *Étude du pouvoir des zones tampons à limiter la pollution des eaux par les produits phytosanitaires* - Mémoire de fin d'études : ENGEES, Strasbourg 2001 - 99 p

BACHER A. - *Caractérisation des effets des produits phytosanitaires sur les communautés d'invertébrés benthiques de la Morcille* - Rapport d'IUP : IUP génie de l'environnement, Université de Corse, juin 2004 - 25p. + annexes

BEERNAERTS S. et al. - *Projet pilote du Nil (Belgique). Quelles sont les sources des pollutions des eaux de surface par les produits phytosanitaires* - CERVA, 2002 - 7p.

BELIN E. - *Analyse de paramètres physico-chimiques concernant une rivière beaujolaise : La Morcille* - INAPG, juillet 1990 - 26p. + annexes

CARLUER N., GOUY V., GRIL J.J. - *Contamination des eaux par les produits phytosanitaires: apport de la modélisation.* - Ingénieries EAT, n°6, 1996- pp 3-15.

CELMOT J-P. - *Impact des micropolluants d'origine agricole sur la faune d'invertébrés aquatiques* - Institut d'Analyse des Systèmes Biologiques et Socio-économiques : Université Claude Bernard, octobre 1990 - 78p.

CHARNAY L. - *Étude de la capacité de rétention des produits phytosanitaires par les fossés. Rôle des sédiments* - mémoire de DEA « analyse physico-chimique/chimie analytique » : Université Claude Bernard de Lyon, 1998 - 54 p.

CHAUVIN J.P. - *Les données recueillies sur le bassin représentatif expérimental viticole de l'Ardières (Beaujolais). Diagnostic, propositions de méthodes de suivi de l'exploitation* - Rapport de stage de deuxième année, maîtrise de sciences et techniques de Geosciences et géotechniques : Université de Nice-Sophia Antipolis, juin 1993 - 51 p

CHEVALIER B. - *Vers une limitation du transfert des produits phytosanitaires par une modification des pratiques viticoles. Application à un bassin versant du Beaujolais.* - Maîtrise de Sciences et Techniques, Aménagements et Mise en Valeur des Régions: université de Rennes I., 1999 - 54 p.

CIGNA J. - *Effet d'un gradient de pression chimique sur les communautés microbienne d'un petit cours d'eau en zone viticole.* - Document CEMAGREF, 2004

COLLIN F., - *Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surfaces par les produits phytosanitaires cas de l'atrazine dans le bassin versant du Sousson (Gers, France)* - Thèse de troisième cycle, ENGREF Sciences de l'eau, octobre 2000 - 110p.

CORPEN - *Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés. État des connaissances et propositions de mise en œuvre* - CORPEN groupe « dispositifs enherbés », juillet 1997 - 88p.

CROPPP - *Protection des eaux en Beaujolais viticole caractérisation et suivi de la qualité de l'eau* - CROPPP Rhône-Alpes, janvier 2004 - 49p. + annexes

DE SNOO, GEERT R., DE WIT, PAUL J. - *Buffer zones for reducing pesticide drift ditches and risks to aquatic organisms* - Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 41, Issue 1, September 1998 - pp.112-118

DEMEILLEZ M. - *Enquête sur l'utilisation des produits phytosanitaires dans un bassin versant viticole du Beaujolais* – Institut Supérieur des Métiers de l'Environnement, Fév. 1994 – 35 p.

DOMANGE N. – *Diagnostic et possibilités d'aménagement d'un petit bassin versant viticole pour la lutte contre la contamination par les produits phytosanitaires* – Rapport de DEA : École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, juin 2001 – 75p.

DURAND S. – *Développement in situ de la technique d'échantillonnage des SPMD pour l'analyse des PCBs et des HAPs* – Rapport de projet de fin d'études : CPE Lyon, juillet 2003 – 42p. + annexes

GARON-BOUCHER C. - *Rétention des produits phytosanitaires par les végétaux des fossés : mises au point analytiques et expérimentations de terrain* - Rapport de DEA : Université Claude Bernard de Lyon, 1998 - 43 p.

GOUY V. – *Contribution de la modélisation à la simulation du transfert des produits phytosanitaires de la parcelle agricole vers les eaux superficielles* – Thèse de troisième cycle : Université Louis Pasteur de Strasbourg, ENITRTS, 1993 – 350 p.

GOUY V. – *Diagnostic des voies de circulation et des parcelles à risque* – 2001

GOUY V., GRIL J.-J., LAILLET B., GARON-BOUCHER C., DUBERNET J.-F., CANN C. – *Étude du transfert des produits phytosanitaires sur les bassins versants et modélisation* - Actes du Séminaire GIP Hydrosystèmes / Groupe Français des Pesticides, Nancy les 22-23 Mai 1996, 1997- pp. 89-103.

GRIL J.J, DEMEILLEZ M., GUIBOURDENCHE E., BADEL E. – *Protection des eaux de surface contre la pollution par les produits phytosanitaires dans un petit bassin versant agricole. Réflexions sur l'aménagement des écoulements de surface à partir d'une étude de cas : La Morcille (beaujolais)* - Ministère de l'agriculture, décembre 1994 – 19p.

IFEN – *Les pesticides dans les eaux*. - Bilan 1997-1998 – IFEN Orléans, 2000 – 16 p.

LACAS JG. – *Processus de dissipation des phytosanitaires dans les dispositifs enherbés ou boisés. Modélisation en vue de limiter la contamination des eaux de surface*. – Thèse de doctorat, en cours.

LECOMTE V. – *Transferts de produits phytosanitaires par le ruissellement et l'érosion de la parcelle au bassin versant. Processus, déterminisme et modélisation spatiale* – Thèse de doctorat, INGREF Sciences de l'eau, décembre 1999 - 212p

NAIGEON L. - *Diagnostic des risques de transfert des produits phytosanitaires sur un bassin versant* – mémoire pour l'obtention du titre d'ingénieur civil des Mines, Lyon, 1998 - 39 p. + annexes + cartographie

NESA C. – *Caractérisation de la fraction biodisponible des HAPs contenus dans un milieu aquatique. Mise au point et évaluation de la technique SPMD couplée à une analyse par chromatographie* – Mémoire de DESS « Instrumentation et méthodes physico-chimiques d'analyse » : Université Paris-Sud XI, septembre 2001 – 19p. + annexes.

NORE V. – *Caractérisation et évolution des activités humaines sur le bassin versant de l'Ardières (Beaujolais, Rhône). Érosion des sols, dynamique de l'écoulement et du ruissellement sur le sous-bassin versant de La Morcille (Villié-Morgon, Rhône)* – Mémoire DESS « Aménagement et développement rural » : Université Lyon II, 1988 - 52 p.

MUNOZ J.F. - *Méthodologie d'étude des produits phytosanitaires. Étude d'un bassin versant viticole : l'Ardières (Beaujolais). Mise au point de méthodes analytiques de pesticides* – Thèse de doctorat. Chimie et biologie moléculaire : Université Claude Bernard de Lyon, février 1992 – 175 p.

PAYRAUDEAU S. – *Recherche d'indicateurs spatiaux de la pollution diffuse d'origine agricole par les produits phytosanitaires à l'échelle départementale, Application au département du Gers* – Rapport de DEA : ENGREF, septembre 1998 – 75p

RAMADE F. – *Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Les polluants : de l'environnement à l'homme*- Ediscience International, 2000

SAVET O. - *Pollution des eaux par les produits phytosanitaires : Diagnostic des sources ponctuelles et diffuses aux niveaux des sièges d'exploitation et des parcelles sur un petit bassin versant viticole du Haut-Beaujolais* - ISARA, octobre 2001 - 88 p + annexes

SOLTNER D. - *Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers*.- Sainte-Gemmes-sur-Loire : Sciences et Techniques Agricoles, 2001 - 23 p

SRAE – *Bilan sur l'évolution de la qualité d'une rivière Beaujolaise : L'Ardières, affluent de la Saône (Rhône)* – Lyon, août 1987 - 27 p.

SILVY C. - *Quantifions le phytosanitaire II* – Le courrier de l'environnement de l'INRA n°25, septembre 1995 – 18 p.

TACHET H., RICHOUX P. et al. - *Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie* – CNRS Édition 2000 – 587p.

TOUTAN C. – *Diagnostic du risque de pollution des eaux superficielles par les produits phytosanitaires. Typologie des bassins versants du beaujolais viticole* – ENITA de Bordeaux, Villefranche sur Saône, 2001 - 65p.

Groupe de Développement Agricole Viticulture de Vaucluse – *Rapport final sur l'efficacité des bandes enherbées sur la qualité des eaux de ruissellement* – Chambre d'Agriculture du Vaucluse, mars 2000 – 28 p.

VERNEAUX J. - *Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales - Principales méthodes biologiques. La pollution des eaux continentales* – 1976

VERNEAUX J. & TUFFERY G. - *Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques* - Annales Scientifiques de l'Université Besançon, (Zoologie), 1967 - p.79-90.

WILHM J. - *Graphic and mathematical analysis of biotic communities in polluted streams* - Annual Review of Entomology, 17 : 223-252, 1972.

“La Tassée Beaujolaise”, numéro 136, Juillet 2004

SITE INTERNET :

<http://www.lyon.cemagref.fr/>
<http://etudesrurales.revues.org>
<http://www.cig.ensmp.fr/~hydro/THE/the.htm#T>
<http://www.graie.org/zabr/index.htm>
<http://www.inra.fr/>
<http://www.acta.asso.fr/>
<http://www.rnde.tm.fr/>
<http://www.riteau.org/index.asp>
http://www3.uqar.quebec.ca/jpellerin/seme/02_etude_cas/pollution_pesticides.htm
<http://www.inrp.fr/Acces/Biogeo/cooper/eau/html/docu.htm>
http://www.environnement.gouv.fr/rhone-alpes/bassin_rmc/rdbrmc/glossaire.html#F
<http://www.beaujolais.net/>
<http://geomatique.georezo.net/>
http://www.avignon.inra.fr/internet/unites/ecologie_des_invertebres/bloc_protection_integree/TexteBiodiversite.htm
<http://www.confederationpaysanne.fr/cs/138munich.html>
<http://www.vitisphere.com/dossier--23066-23069.htm>
<http://www.enpc.fr/cereve/francais/actu/bollaert.html>
<http://www.solagro.org/>