



26589 RM



# Impact de l'enherbement du vignoble Alsacien sur le transfert de nitrates

## Rapport de final

Convention de financement  
n° 98A67024

Caroline GREGOIRE  
ENGEES

Julien Tournebize  
CEMAGREF

Décembre 2001

26589

Située au cœur du Fossé rhénan, la nappe phréatique d'Alsace forme la partie française de la plus grande nappe alluviale d'Europe de l'Ouest. Véritable enjeu économique régional et richesse naturelle, la nappe d'Alsace fournit 80% des besoins en eau potable de la population alsacienne, plus de 50% des besoins en eau industrielle et la quasi-totalité de l'eau destinée à l'irrigation des cultures. Cette ressource en eau s'élève à 45 milliards de mètres cube d'eau, pour un prélèvement évalué par l'étude de Masson *et al.*, (2000) à un volume compris entre 624 et 717 millions de mètres cube en 1995, tous usages confondus. La dégradation de cette eau, naturellement potable sans traitement à l'origine, amène les pouvoirs publics (Région Alsace en tête, DIREN, Agence de l'Eau, ...) à définir des objectifs prioritaires dès 1991, visant à « Protéger et reconquérir la qualité des eaux souterraines, afin de garantir une eau potable sans traitement préalable pour les générations présentes et futures » (Région Alsace, 2001). Ces actions ont mis en évidence quatre principales causes de déclassement de la qualité de l'eau : La contamination généralisée par les nitrates et les produits phytosanitaires, essentiellement d'origine agricole, la pollution par les chlorures liée aux terrils et aux rejets des mines de potasse et la présence de solvants chlorés au droit des agglomérations et des zones industrielles.

Le problème de la pollution par les nitrates, thème central de ce travail, devient inquiétant en Alsace. Depuis les années 1970, les concentrations en nitrate des eaux souterraines ont nettement tendance à augmenter en Alsace. La concentration moyenne en nitrate de la nappe s'élève à 29 mg/l ; elle est supérieure à la valeur guide de 25 mg/l retenue dans la directive européenne de 1985, relative aux eaux destinées à la consommation humaine, la limite de qualité pour les eaux potables étant fixée à 50 mg/l.

Outre l'utilisation massive des engrais azotés en zones d'agriculture intensive de plaine qui explique les fortes concentrations en nitrates mesurées en plaine, les concentrations en nitrates sont également élevées dans les zones situées en bordure de l'aquifère, où l'épaisseur de la nappe est faible, et l'offre de dilution peu importante.

En analysant la carte des concentrations en nitrate (Figure 1), les zones rouges désignant des zones à forte concentration en nitrate sont localisées en bordure de nappe, proche des régions pour lesquelles l'activité

principale est la viticulture. Ce fait s'explique aisément par la particularité de la localisation du Piémont mais peut être amplifié par des pratiques plus ou moins polluantes des viticulteurs. Les facteurs, autres que viticoles, entraînant ces « langues » sont d'ordre historique, géographique et géologique : confluence des écoulements en bas de pente des bassins versants du Piémont, effet de dilution moindre par une épaisseur de nappe plus faible dans cette zone et regroupement des zones habitables sur les hauteurs du Piémont pour se protéger autrefois des inondations et se rapprocher des zones cultivées et forte pression démographique entraînant une pollution par rejet.

La réduction en nitrate des eaux de percolation s'impose alors comme une priorité pour préserver cette nappe.

à sur

La profession viticole est consciente de son rôle à jouer pour conserver une image de production de qualité tout en préservant l'environnement. Elle incite les viticulteurs par le biais des opérations FertiMieux, à adopter des pratiques agri-environnementales. Les objectifs quantitatifs d'hier nécessitaient des fertilisations abondantes. Aujourd'hui, la réduction des rendements et les nouveaux objectifs qualitatifs peuvent amener à une réduction des apports d'azote (**Sossi, 1997**).

La diminution des apports d'engrais découle des modifications des techniques culturales motorisées entraînant des changements dans les aspects socio-économiques de l'agriculture et de la viticulture. Ces nouvelles pratiques provoquent des perturbations durables de l'état structural du sol en augmentant les risques de pollution, et le ruissellement (**Ballif, 1999**).

Le risque nitrate est bien identifié sur la zone viticole ; la présence des sols nus en hiver est le facteur déterminant dans la migration des nitrates vers la nappe phréatique (**Sossi, 1996**).

Par deux constatations simples, « un sol nu relargue plus de nitrate qu'un sol en culture par la simple absence de prélèvement racinaire azoté » et que « sous sol nu, il peut être lessivé deux fois plus de nitrates que sous culture et neuf fois plus que sous prairie », (**Juergens-Gschwind, 1989**), la technique d'un piège à nitrate hivernal par couverture herbacée apparaît comme une solution idéale. « L'enherbement sous forme de pré constitue l'une des plus protectrices utilisations du sol vis à vis des transferts verticaux de nitrates », (**Juergens-Gschwind, 1989**). De plus il s'agit d'une idée très ancienne, puisque déjà préconisée par **Deherain, (1902)** « les pertes en nitrates que subissent les vignes sont considérables. Il est donc avantageux de semer des cultures dérobées aussi bien dans les vignes que dans les chaumes de blé ». Le concept fut pleinement développé dans les années 80 et 90.

Le travail engagé dans le cadre du programme de recherche interdisciplinaire Enherbement du Vignoble Alsacien (EVA), - programme associant des équipes universitaires et d'organismes de recherches publics (ENGEES/CEREG<sup>1</sup>, CNRS, INRA), des collectivités territoriales (Région Alsace, ARAA), ainsi que le Lycée Agricole et Viticole de Rouffach (LEGTA) - vise à quantifier l'effet de l'enherbement sur la rétention des nitrates sous vigne en période hivernale, pour limiter l'augmentation constatée des teneurs en nitrates de la nappe d'Alsace. Ce projet à but prédictif régional englobe la détermination de l'évolution du taux d'enherbement depuis 4 ans, la caractérisation des itinéraires techniques conduits au sein du vignoble et la quantification des flux de polluant aux différentes échelles pertinentes (**Grégoire-Himmler et Tournebize, 1997, 1999**).

Les objectifs de ce travail sont donc de plusieurs ordres :

- Connaître l'état actuel et l'évolution récente de l'enherbement du vignoble alsacien,
- Mettre en place un site de suivi expérimental en Alsace, afin de mieux approcher le problème et illustrer les processus mis en jeu,
- Evaluer quantitativement l'impact d'une technique agri-environnementale sur le bilan hydrique et le cycle de l'azote par une étude statistique des mesures recueillies sur le site et l'adaptation d'un modèle mécaniste de transfert eau/soluté appliqué à l'échelle de la parcelle et par la mise en œuvre d'indices de risque de transfert des nitrates à l'échelle du vignoble.
- Apporter des réponses et des recommandations quant à la faisabilité de l'enherbement selon le contexte pédo-climatique réel.

---

<sup>1</sup> Actuel CEVH : Centre Ecologie Végétale et d'Hydrologie

Rappelons que l'aspect social n'est pas abordé ici.

L'exposé des principaux résultats obtenus sera conduit selon cette présentation et rythmera l'enchaînement des chapitres. Notons dès à présent que la phase finale pratique consistant en l'organisation et l'exploitation des données, des résultats, des simulations et des recommandations, sous formes de cartes essentiellement, n'est pas exposée ici. Cette étape est en cours de réalisation sous un nouveau système d'exploitation.

## **1 Etat et évolution de l'enherbement du vignoble alsacien**

En réponse au constat de dégradation de la nappe phréatique rhénane, l'enherbement du vignoble, technique encouragée par les autorités compétentes, quand celle-ci est possible, est une pratique envisagée pour réduire la lixiviation des nitrates et leur infiltration vers la nappe, tout particulièrement en période hivernale. L'intérêt principal de la technique d'enherbement en zone viticole est la fixation de l'azote dans les trente premiers centimètres du sol par l'activité biologique de l'herbe (TOURNEBIZE J., 1998). Elle permet en effet de piéger une quantité de l'azote nitrique en excès dans le sol, naturellement présente dans le sol ou apportée par les viticulteurs à condition que l'apport d'azote soit bien raisonné.

Après un bref rappel sur l'enherbement, nous présentons les données collectées lors de ce travail. La quantification des surfaces couvertes est expliquée et les résultats sont présentés par communes. L'évolution de la pratique entre 1995 et 1999 est également déterminée.

### **1.1 Qu'est-ce que l'enherbement ?**

D'un point de vue écologique, enherber consiste en fait à introduire une deuxième composante (tapis herbacé) dans un système de culture traditionnellement pure (la vigne). Parmi divers types de systèmes de cultures à plusieurs composantes, le système herbe/vigne s'apparente plus aux systèmes des « cover-crop » (ou « culture de couverture ») (Moullis, 1994).

En Alsace, la pratique de l'enherbement est apparue dès les années 1970. Les deux principales techniques d'enherbement consistent à enherber la vigne tous les rangs ou un rang sur deux. Leur fonction était, à l'origine, de limiter les risques et les dégâts causés par le ruissellement, notamment en cas d'orages importants. Actuellement en Alsace, l'enherbement est également considéré comme un moyen de lutte contre la pollution des nappes phréatiques par les nitrates (ARAA, 1997).

L'enherbement des inter-rangs, quand il se pratique, est conduit tous les rangs quand la concurrence hydrique (vigne/herbe) n'est pas pénalisante pour la vigne. Si c'est le cas, l'enherbement est conduit un rang sur deux, très rarement un rang sur quatre (1% des cas environ). L'enherbement n'est cependant pas possible dans certains cas comme dans celui d'un sol superficiel en zone de faibles précipitations (<600 mm par an, région de Colmar par exemple). Dans le cas de l'enherbement un rang sur deux, l'inter-rang laissé à nu peut être désherbé, travaillé ou ensemencé avec du seigle en contre saison. S'il y a enherbement, les enherbements spontanés et permanents sont les deux pratiques les plus fréquentes (GREGOIRE H. C. et TOURNEBIZE J., 1999). Les tendances actuelles visent à un enherbement naturel maîtrisé (E.N.M). Cette technique consiste à

---

# SOMMAIRE

---

<b>1 ETAT ET.ÉVOLUTION DE L'ENHERBEMENT DU VIGNOBLE ALSACIEN .....</b>	<b>7</b>
1.1 Qu'est-ce que l'enherbement ? .....	7
1.2 Pourquoi enherber les inter-rangs de vigne ? .....	8
1.3 Les données spatiales disponibles .....	9
1.3.1 Les contours du vignoble .....	9
1.3.2 La carte pédologique .....	9
1.4 Sol et enherbement .....	10
1.5 Les données satellitaires : .....	11
Scènes Spot de 1995 et 1998 : .....	11
Scènes Spot de 1999 : .....	12
1.6 Les classifications des images de télédétection .....	14
1.7 Distribution de résultats par communes .....	14
1.8 Evolution de 1995 à 1999 .....	16
1.9 Validation des résultats .....	18
1.10 Marge de progression de l'enherbement : première approche .....	19
1.11 Conclusion sur l'enherbement .....	20
<b>2 LE SITE EXPÉRIMENTAL.....</b>	<b>22</b>
2.1 Bref rappel sur le vignoble alsacien .....	22
22 Le site de Rouffach .....	22
2.2.1 Le bassin versant .....	23
2.2.2 Le contexte climatique .....	25
La pluviométrie .....	26
Caractéristiques climatiques des années 1998-1999-2000.....	27
Synthèse climatique .....	28
Qualité de l'eau de pluie .....	28
2.2.3 Le sol du site expérimental de Rouffach.....	29
Les fosses pédologiques .....	30
La granulométrie .....	31
La matière organique .....	31
La densité apparente du sol .....	32
2.2.4 Les caractérisations hydrodynamiques .....	32
Courbe de rétention .....	32
Conductivité hydraulique.....	35
Conclusion sur la caractérisation du sol .....	36
2.2.5 Les parcelles viticoles .....	37
Le cépage .....	37
L'âge des vignes .....	37
Mode de conduite et itinéraire technique .....	37
2.3 L'instrumentation .....	38

2.3.1	Contexte général .....	38
	Profondeurs d'étude .....	38
	La station de mesure .....	39
	Périodicité des mesures .....	40
2.3.2	Les tensiomètres .....	40
2.3.3	La mesure d'humidité.....	41
2.3.4	Les sondes thermiques .....	43
2.3.5	Les bougies poreuses .....	43
2.3.6	Le ruissellement .....	44
	Etude préliminaire .....	44
	Dimensionnement .....	44
	Le dispositif .....	44
	L'installation .....	44
	Protocole .....	46
	Limites du système.....	46
<b>2.4</b>	<b>Récapitulatif du dispositif instrumental .....</b>	<b>47</b>
<b>2.5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>48</b>
<b>3</b>	<b>ANALYSE DES MESURES ET CALCULS DES BILANS .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1</b>	<b>Le ruissellement .....</b>	<b>49</b>
3.1.1	Volume ruisselé .....	49
3.1.2	Les paramètres mesurés sur les eaux de ruissellement .....	51
	Les nitrates .....	51
3.1.3	Impact de l'enherbement sur le ruissellement.....	52
<b>3.2</b>	<b>Analyse des données issues des capteurs du sol .....</b>	<b>53</b>
3.2.1	La température .....	53
3.2.2	La teneur en eau .....	55
	Hétérogénéité spatiale et variabilité temporelle de la teneur en eau .....	55
	Evolution des stocks en eau .....	55
	Variation intra-annuelles du stock en eau .....	56
	Variation inter-annuelles du stock en eau.....	57
	Comparaison Parcelle Enherbée/Dés herbée pour l'humidité .....	57
3.2.3	La succion .....	57
	Hétérogénéité de la succion .....	57
	Variation intra-annuelle .....	58
	Variation inter-annuelle .....	59
	Comparaison Enherbée/Dés herbée .....	61
	Drainage naturel .....	62
3.2.4	Les nitrates .....	63
	Hétérogénéité des concentrations en nitrates .....	64
	Variation intra-annuelle .....	65
	Variation inter-annuelle .....	67
	Evolution des stocks d'azote nitrique .....	67
	Superposition Concentration et facteurs de cinétiques.....	68
	Comparaison Enherbée/Dés herbée .....	69
<b>3.3</b>	<b>Modélisation des besoins de la vigne et de l'herbe .....</b>	<b>72</b>
<b>3.4</b>	<b>Calcul des bilans hydriques et azotés à partir des mesures .....</b>	<b>72</b>
3.4.1	Bilans hydriques .....	73
	Impact de l'enherbement sur les volumes drainés.....	75
3.4.2	Bilans azotés .....	76
3.5	Effets de l'enherbement vis à vis des transferts hydriques .....	77
3.6	Effets de l'enherbement vis à vis des transferts de nitrate.....	79

<b>4 MODÉLISATION MÉCANISTE DU DEVENIR DE L'EAU ET DE L'AZOTE NITRIQUE DANS LES SYSTÈMES VIGNE/SOL NU ET VIGNEIHERBE-SOL NU À L'AIDE DU MODÈLE SWMS_3D .....</b>	<b>81</b>
4.1 Hypothèses de modélisation .....	81
4.1.1 Maillage, géométrie et conditions aux limites .....	81
4.1.2 Les conditions initiales .....	82
4.2 Quelques mots sur le modèle SWMS_3D .....	82
4.3 Résultats des simulations .....	83
4.3.1 La concentration en nitrates des eaux d'infiltration .....	83
4.3.2 Les bilans .....	89
4.4 Discussion .....	91
4.5 Synthèse des principaux résultats .....	92
4.5.1 Résultats expérimentaux .....	92
4.5.2 Résultats de la modélisation .....	94
4.5.3 L'enherbement contre le lessivage dans le vignoble alsacien : .....	95
4.5.4 Perspectives .....	95
<b>5 SPATIALISATION DES DONNÉES À L'ÉCHELLE DU VIGNOBLE ALSSACIEN .....</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>97</b>
<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>100</b>