

Méthodes fiables et économiques d'amélioration de prairies permanentes humides

J.M. Mangin¹, G. Trouche², M. Tremoy³

Actuellement, l'extensification semble être la voie raisonnable, mais le souci de rationalisation et de productivité du travail demeure. Or en Haute-Saône, les prairies permanentes représentent 60% de la SAU et sont souvent situées sur des sols hydromorphes. Pour améliorer le fonctionnement des exploitations, lever cette contrainte avec des moyens peu coûteux est un enjeu important qui a justifié toute une démarche.

RÉSUMÉ

L'étude de la diversité des problèmes d'hydromorphie rencontrés génère une source variée de solutions : protections périphériques, captages de mouillères, drainage par un réseau minimal et moindre profondeur des ouvrages. Des techniques novatrices complémentaires testées pendant 5 ans permettent d'envisager l'évolution des pièces travaillantes de la charrue - taupe et mettent en évidence l'efficacité du taupage sans gravillonnage et de travaux profonds du sol des prairies avec des outils de type scarificateur. Chaque situation doit faire l'objet d'une étude préalable pour choisir les dispositifs adaptés. Des parcelles témoins et un outil de formation facilitent la diffusion de la démarche.

MOTS CLÉS

Analyse économique, drainage agricole, eau du sol, évolution, exploitation agricole, facteur édaphique, facteur limitant, Franche-Comté, prairie permanente, production fourragère, végétation.

KEY-WORDS

Agricultural drainage, change in time, economical analysis, edaphic factor, farm, forage production, Franche-Comté, limiting factor, permanent pasture, soil water, vegetation.

AUTEURS

1 : Chambre d'Agriculture de Haute-Saône, Service Production, 17, quai Y. Barbier, F-70000 Vesoul.

2 : ENESAD, Département Sciences et Techniques Agronomiques, et INRA, Systèmes Agraires et Développement, 26, bd Petitjean, F-21036 Dijon cedex.

3 : ENESAD, Département Sciences et Techniques Agronomiques, 26, bd Petitjean, F-21036 Dijon cedex.

Motivations et objectifs

Les prairies permanentes représentent 60% de la S.A.U. de la Haute-Saône, voire 70% dans les cantons du nord. Une part importante de ces prairies est située sur des sols hydromorphes. **La contrainte résultant de l'excès d'eau pèse très lourdement sur le fonctionnement des exploitations et en particulier sur les possibilités d'utilisation des prairies permanentes.** Elle retarde la mise à l'herbe, réduit l'efficacité des engrais, affecte la qualité de l'herbe par le biais de la composition floristique et, surtout, elle handicape fortement le fonctionnement général des exploitations. Cette contrainte a **un caractère spécifique en prairie permanente qui justifie un traitement différent de celui généralement appliqué en grande culture.** De plus, la suppression de cette contrainte dominante permet à l'éleveur d'envisager d'autres améliorations complémentaires en fonction de besoins fourragers nouveaux.

Un projet de mise au point et de diffusion des techniques d'amélioration des prairies a été entrepris par la Chambre d'Agriculture de Haute-Saône dès 1985. Il portait sur les techniques d'exploitation, le désherbage, la rénovation sans labour et la suppression de l'excès d'eau des sols. La nécessité d'une expérimentation approfondie sur la maîtrise de l'excès d'eau est apparue en 1989 à la suite de premières démonstrations de drainage avec les rototrancheuses.

Le programme d'étude alors mis en place vise à mettre à disposition de l'ensemble des éleveurs une gamme de techniques fiables et économes, qu'ils peuvent adapter séparément ou en combinaison dans le cadre d'une stratégie d'amélioration propre à leur situation.

Cet article présente les principaux résultats de ce travail qui est basé sur la mise en place d'un ensemble de parcelles servant de référence pour valider, dans des conditions réelles d'exploitation, la faisabilité d'un certain nombre de solutions innovantes destinées à assurer la maîtrise de l'excès d'eau dans les prairies permanentes. Cette phase de validation est suivie d'une série d'actions de développement agricole sous forme de séances de formation et de réunions destinées aux agriculteurs et techniciens, ainsi que la réalisation d'outils de communication adaptés.

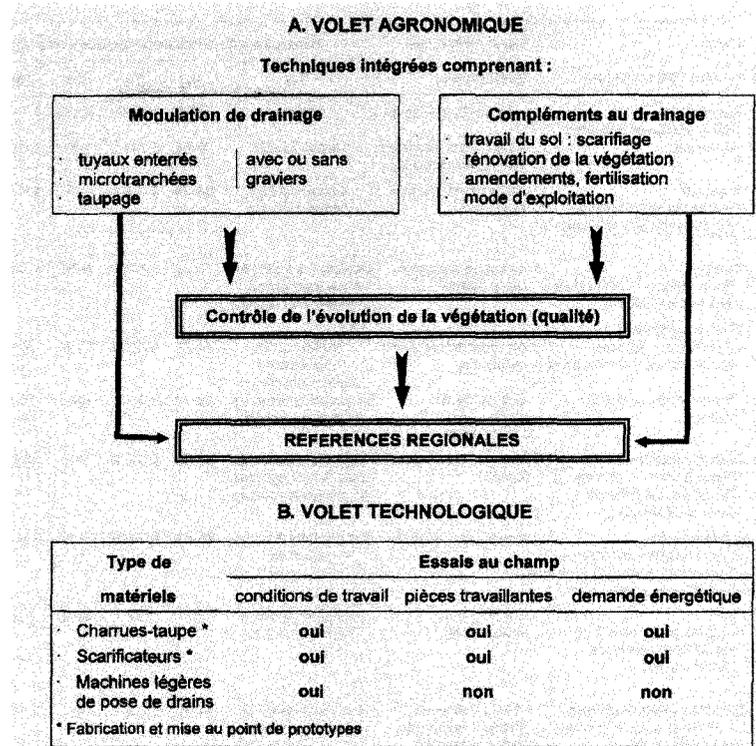
Cadre de l'étude

1. Critères de choix des parcelles de référence

Le choix des situations intéressantes a été effectué à partir des demandes d'aménagement exprimées par les agriculteurs acceptant de collaborer à l'expérimentation. Cela supposait qu'ils maintiennent leur parcelle en prairie permanente par la suite, sur la base des quelques

FIGURE 1 : Présentation schématique des divers volets du programme.

FIGURE 1 : Rough presentation of the various parts of the programme.



grands objectifs assignés aux techniques à mettre en œuvre selon le schéma général (figure 1) :

- s'intégrer dans le contexte de l'exploitation, en respecter l'équilibre économique et l'environnement ;
- utiliser des technologies mobilisant un maximum de moyens disponibles localement ;
- mettre en œuvre des techniques innovantes, peu coûteuses, alternatives à un réseau systématique et régulier de tuyaux enterrés ;
- prolonger la phase d'aménagement hydraulique par des interventions à caractère agronomique.

Les caractéristiques générales des 14 parcelles retenues sont rassemblées dans le tableau 1 pour leur situation et dans le tableau 2 pour les opérations définies en fonction des demandes des exploitants et réalisées.

2. Caractéristiques générales du milieu

La zone d'expérimentation est située dans le nord du département de Haute-Saône. C'est une région à faible altitude (comprise entre 220 et 300 m), contact entre des plateaux calcaires jurassiques filtrants et des pentes et plateaux marneux du trias, recoupés par des alluvions récentes ou anciennes.

Lieu et situation topographique	Caractéristiques géologiques	Principales données pédologiques existantes*	Principales données pédologiques existantes*					Situation environnementale**
			Soil	A	pH	Ca	Mg	
Aboncourt Pied de côte et bourrelet de berge	- Argile du Domérien - Colluvions, alluvions argileuses récentes	Argileux Argile lourde	35-40	5,7-6	10-12	1,1-1,7	11-21	Peu de contraintes venues de l'amont, évacuation sans difficultés dans ruisseau latéral
Amance Vallée plane, bourrelet d'inondation peu marqué	Alluvions modernes argileuses	Argile lourde à nappe perchée	63-74	4,7-5,4	18	4,8-7,3	25	Peu de venues d'eau d'amont, inondable, assainissement difficile sur rivière (collecteur long et gros)
Bauley Pente douce, relief ondulé (modélé en billons)	Terrasse ancienne de la Saône	Sableux, nappe perchée temporaire, mâchefer peu profond	15-35	6,4-6,9	6-12	1,5-8,7	40-80	Protection existante en amont (fossé de route amélioré), fossé profond en aval
Blondefontaine 1 - Confluence de zones alluviales entre 2 ruisseaux - Bourrelet d'inondation marqué	Alluvions modernes argileuses Colluvions de marnes du Lotharingien	Argile lourde magnésienne (nappe profonde) Argile magnésienne (nappe profonde)	47-57 36-44	6,8-7,3 6,9-7,1	17-27	8,5-13,6 sat.	22-29 25-41	Fossé récent à profondeur normale au centre de la parcelle en pente faible, venue d'eau en pied de côte
Blondefontaine 2 Pied de pente régulière (3 - 5%) parsemée de mouillères diffuses	Marnes irisées du Keuper	Arg. magnésienne, superficielle, compacte, passées caillout.	35-45	6,5-6,9	sat.	6,8-12,4	35	Rejet possible dans un ruisseau contigu et suffisamment profond
Cendrecourt Pied de pente, mouillères fréquentes, planches marquées (orientations multiples)	Marnes du Carixien	Sol argileux à bonne structure	46-51	5,3-6,0	22-24	0,8-1,6	35	Rejet facile dans un fossé déjà creusé
Cuve Pied de pente douce et régulière (vestiges de constructions)	Colluvions du Muschelkalk	Argilo-limoneux à bonne structure	30	6,3	8-10	1,2-2	30	Rigole en amont, fausse mouillère (fuite conduite d'eau), fossé en limite aval de profond, limitée (60 cm) : passage sous construction
Dampierre-les-Confians 2 versants dissymétriques, fossé en talweg	- Sud : marnes du Rhétien recouverte de limon ancien - Nord : colluvions	Profil contrasté de limon sur argile Argilo-limoneux	24-39	5,9-6,1	4-6	1,1-2,3	20-30	Dominé par un fossé de route insuffisant, fossés et rigoles à recalibrer, aménagement de l'exutoire, mouillères diffuses
La Rochelle Croupe d'un plateau peu ondulé, pente faible, modélé en planches	Limon ancien sur marnes du Rhétien	Profil contrasté limono-argileux sur argile (20 cm), structure nette, mâchefer en prof.	22-41	5,3-5,9	8-10	0,2-0,8	23-34	Fossé proche pour évacuation après approfondissement
Mercay-Gevigney Pente douce-fond de vallon, mouillères diffuses, modélé en planches, fossé récent	- Pente : limon sur calcaire mameux du Sinémurien - Talweg : colluvions	Argileux à hydro-morphie moyenne Colluvions argileuses, très anoxiques	32-46	4,6-4,9	7-8	2,7-5,3	23-34	Venue d'eau d'amont (parking), fossé d'évacuation en bordure insuffisant : profondeur limitée (radier sous voie de circulation)
Neuveville-les-Champille Parcelle plane de vallée, entre pied de côtes (dépression très marquée) et méandre de rivière	Contact calcaire Bathonien et alluvions argileuses modernes	Alluvions argileuses structurées	48-54	6,4-7,2	sat.	0,8-2,0	30	Amont : flux important, évacuation vers fossé en limite amont, orienté à contresens (bourrelet d'inondation marqué)
Pont-du-Bois Pente courte, forte (3 - 10%), finit sur un talweg, mouillère topographique en rupture de pente	Argiles bariolées du Muschelkalk	Argileux peu profond, compact à partir 30 cm, mal structuré, passées de cailloux et sables	30-48	5,7-6,6	5-10	2,2-4,9	6-28	Fossé de profondeur insuffisante (50/60 cm) et creusement impossible (contrainte légale)
Saponcourt Pied de pente	Argiles bariolées du Lettenkohle	Sol argileux peu profond, compact	50-55	7,2-7,6	20	7,2-9,2	32	Amont : eaux chargées provenant de bâtiments, mouillères de versant
Vitrey-sur-Mance Parcelle en pente traversée par un talweg, surface dominante importante	Marnes schistoïdes très compactes du Rhétien	Argile magnésienne très compacte	45-50	6,4-6,7	18-21	3,5-4,1	25-29	Amont : venues d'eau importantes, aval : forte servitude hydraulique sur le village, accidents topographiques localisés

* : fourchettes de valeurs sur le profil ; A : teneur en argile granulométrique (%) ; Ca et Mg : ions échangeables (me/100 g) ; sat. : saturé ; CA : Capacité d'échange des cations de la fraction argileuse (me/100 g argile)

** : venues d'eau extérieure et contraintes d'assainissement

TABLEAU 1 : Principales caractéristiques des parcelles de référence.

TABLE 1 : Main characteristics of the reference plots.

Lieu	Traitements appliqués (e : écartement)	Date de réalisation	Coût total**	Objectif initial atteint	Evolution de la prairie***
Aboncourt	3 drains sans gravier (e : 45/55 m), Taupage (e : 4 m) recoupant les drains	Drains : 03/1992 (dtl*) Taupage : 07/1992	2478	oui, voire dépassé	+++
Amance	Drains sans gravier (e : 40/50 m) à pente très faible (2/2,5 mm/m) sur collecteur de rocade Taupage (e:4m) recoupant les drains, ressemis : 50% de la surface	Drains : 03/1992 (dtl*) Taupage : 07/1992	3654	oui	++
Baulay	Drains non gravillonnés(e : 40 m) Taupage (e : 3,5 m) dans le modelé des planches ; aménagement d'un point d'eau	Drains : 12/1990 Taupage : 11/1991	3421	oui, voire dépassé	+++
Blondefontaine 1	- Drains enterrés sans gravier (e : 30/40 m) + taupage en recoupement (e : 4 m)	Drains : 11/1991 (dtl*) Taupage : 12/1991	3420	oui	+
	- Taupage seul débouchant sur 1 collecteur unique (longueur max. galeries : 110 m) + protections	Taupage : 12/1991	2780	oui	++
Blondefontaine 2	Drains sans graviers (e : 30 m), réseau régulier Taupage (e : 4 m) en recoupement	Drains : 07/1991 Taupage : 11/1991	3165	oui, voire dépassé	Actuellement en culture avant remise en herbe
Cendrecourt	Protection amont par fossé Drains sans graviers posés uniquement dans les creux Taupage ; ressemis	Drains : 03/1992 Taupage : 07/1992	4133	oui	++
Cuve	Taupage seul (e : 4m), renouvelé 1 fois ; Curage fossé	Taupage : 06/1990, puis 1993	947	oui,	+++
Dampierre-les-Confians	3 drains (e : 40/70 m) + gravillonnage + taupage Taupage seul sur fossé Protection captages de mouillères diffuses : tranchée et graviers	Drains + gravier : 06/1990 (draineuse légère sur tracteur) Taupage : 07/1990 Captage : 04/1991 (rototrancheuse)	3392	oui, voire dépassé	+++ ressemis car Agrostis prédominant
La Rochelle	3 drains seuls (e = 70 m) Taupage dans le sens des planches (pas de gravier)	Drains : 02/1992 Taupage : 04/1992	2015	oui, dépassé : remise en culture	+ jusqu'au retournement
Mercey-Gevigney	Drains de protection amont et 2 drains dans les emplacements imposés (bas de pente) + taupage recoupant les drains ou sur fossé	Drains : 03/1992 (dtl*) Taupage : 03/1993	2689	oui	++
Neuve-les-Champitte	Drains sans graviers (e : 40 m) Taupage en recoupement (e : 4 m)	Drains : 10/1992 (dtl*) Taupage : 02/1993	2574	oui	+
Pont-du-Bois	3 drains (e : 20 et 30 m) à la rupture de pente + Taupage en recoupement débouchant dans le fossé.	Drains : 10/1990 (draineuse légère), Taupage : 03/1991	4346	oui, voire dépassé	++
Saponcourt	Taupage direct sur fossé (après curage) ou recoupant drains gravillonnés. Captage de mouillères. Protection amont + regards de visite	Captage : 04/1989 (pose drain: tractopelle) Protection amont (roto- trancheuse) : 12/1989	3408	pas de contrôle suite à l'arrêt de l'exploitation	
Vitrey-sur-Mance	Réseau minimal de drains (pied de pente). Taupage en recoupement. Fossé de protection en amont	Drains : 01/1992 Taupage : 05/1992 (2 passages croisés)	4422	oui, voire dépassé	+++

* dtl : draineuse - trancheuse lourde ; ** coût total de l'opération en F/ha Hors Taxes

*** : indicateur d'évolution : + faible; ++ favorable; +++ très favorable

TABLEAU 2 : Travaux réalisés et résultats sur les parcelles de référence.

TABLE 2 : Works carried out on reference plots and results.

(précipitations - évapotranspiration potentielle) est excédentaire de 430 mm en moyenne à Combeaufontaine.

Techniques de drainage étudiées

Le drainage conventionnel, réalisé pour les parcelles de grande culture par drains enterrés en plastique à écartement plus ou moins important, est une technique bien connue et largement éprouvée dans

le département. Sans remettre en cause son efficacité, elle est néanmoins **difficile à mettre en oeuvre dans de nombreux cas de prairies permanentes** humides en raison notamment :

- d'un parcellaire défavorable à l'évolution des matériels lourds utilisés de nos jours pour cette opération, à la fois par la géométrie (parcelles de formes irrégulières, étirées,...) et la faible importance des surfaces à traiter ;
- de l'inadaptation locale des infrastructures d'assainissement, tant pour l'évacuation des volumes instantanés d'eau issue des drainages que pour la profondeur nécessaire au débouché des drains enterrés à 80 cm au minimum (Ministère de l'Agriculture, 1992) ;
- du coût des travaux, qui entraîne fréquemment une intensification de la production de la parcelle pour rentabiliser cet investissement lourd, mais ce changement du mode d'exploitation est contraire au cahier des charges de l'opération ;
- dans bien des cas, un renouvellement complet de la couverture végétale est nécessaire en raison de l'importance des dégâts provoqués par les travaux.

1. Adaptation des interventions de drainage

Une étude prospective soignée (de CRECY et TEILHARD de CHARDIN, 1984), intégrant les données relatives à l'environnement et aux caractères propres de la parcelle (sol, topographie, situation dans le bassin versant) mais aussi au système d'exploitation et aux projets de l'exploitant (CONCARET, 1987), est la première étape de mise en place des parcelles de référence.

La combinaison logique des différents paramètres relevés par le chargé d'étude spécialisé, en concertation avec l'éleveur et l'entrepreneur de drainage, aboutit à **un projet pouvant contenir plusieurs modalités d'aménagements possibles**. Il définit aussi **un ordre de priorité, qui débouche sur un calendrier échelonné d'intervention**. Cette disposition permet de ménager des temps d'observation après chaque série de travaux avant de décider s'il est nécessaire de passer à l'étape suivante.

Sur la parcelle de Dampierre, par exemple, après le prolongement d'un fossé en bordure de route, le calibrage de l'émissaire et la protection contre les eaux provenant d'une parcelle en amont, il s'avère indispensable, dans un deuxième temps, de réaliser le taupage sur l'ensemble de la parcelle. La pose d'un collecteur enterré à la place du fossé central existant, écartée à cette époque pour des raisons économiques, est aujourd'hui réalisée (7 ans après).

2. Modulation des traitements

La modulation consiste à adapter les traitements aux particularités de la parcelle, des techniques et matériels disponibles, et à en fixer les modalités d'exécution.

La mise en œuvre des ouvrages de drainage obéit à un certain nombre de **principes de base**, développés par ailleurs (CONCARET *et al.*, 1981), que nous rappelons brièvement :

- L'eau excédentaire se déplace dans le sol et dans les ouvrages sous l'effet de la gravité ; la pente du terrain et des canalisations constitue le critère primordial à prendre en compte dans la conception et la réalisation des travaux.

- Avant de traiter les eaux excédentaires propres à la parcelle elle-même, on s'attache impérativement à se prémunir des eaux d'origine extérieure, qu'elles soient superficielles (ruissellements) ou profondes (mouillères).

- L'examen des possibilités d'évacuation de l'eau drainée dans les ouvrages d'assainissement est une disposition légale à respecter (code civil, code rural, droits d'eaux) et une condition de bon sens pour garantir la pérennité des ouvrages.

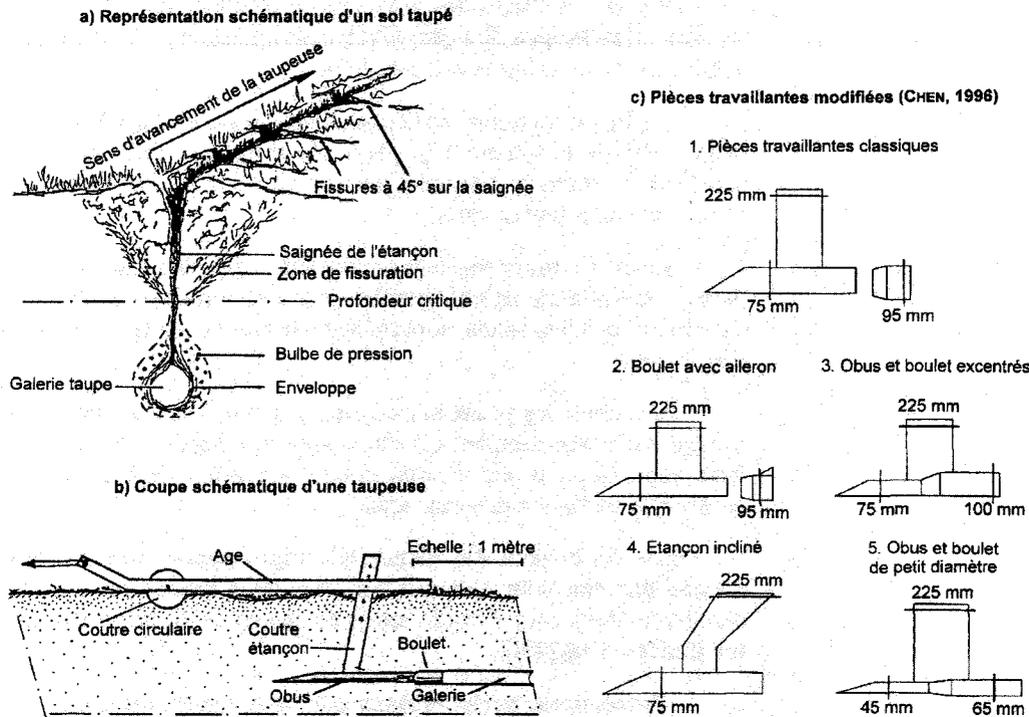
Il en résulte donc **des dispositifs dont l'opportunité est établie au cas par cas** pour chacune des situations rencontrées. Dans les conditions de la zone d'étude, **nous en avons testé la pertinence et les limites d'emploi** :

- **Protections périphériques** par fossé ouvert ou drain enterré contre l'entrée dans la parcelle d'eau venant de l'amont (Baulay, Cendrecourt, Dampierre, Vitrey-sur-Mance). Pour les parcelles situées immédiatement en aval de bâtiments d'exploitation, s'ajoute un impératif de séparation entre les évacuations des eaux pluviales et des eaux usées, la charge polluante de ces dernières faisant courir un risque avéré de colmatage au reste du réseau (Saponcourt).

- **Captages de mouillères** à la pelle mécanique ou à la trancheuse. L'emplacement du collecteur d'évacuation est choisi pour ne pas pénaliser une extension ultérieure éventuelle du réseau, tout en assurant alors des évacuations d'eau séparées pour les deux systèmes. L'eau ainsi collectée peut en outre alimenter des abreuvoirs utiles pour les animaux au pâturage (Baulay, Cendrecourt).

- **Drainage par un réseau minimal** de canalisations enterrées, respectant les emplacements imposés (fond de talweg, ruptures de pentes, dérayures des anciens modelés en planches). Disposé transversalement à la pente du terrain et à écartement variable selon l'intensité de cette dernière, il doit tenir compte également des obstacles éventuels, tels que bancs rocheux, formations arbustives, constructions, canalisations... (Aboncourt, La Rochelle, Mercey-Gevigney).

- **Moindre profondeur** des ouvrages liée aux contraintes topographiques de rejet. A Cuve, l'émissaire passant sous une construction constitue un obstacle non aménageable conditionnant la profondeur des travaux dans la parcelle. Cette moindre profondeur est aussi justifiée par la recherche d'économie d'énergie lors de la réalisation des travaux.



3. Techniques et technologies novatrices

Compte tenu des difficultés déjà signalées et dans le but de limiter au maximum le coût des chantiers, **nous avons testé des techniques de substitution à la pose de canalisations enterrées** en plastique.

Le taupage consiste à mouler une galerie dans le sol qui joue le rôle de drain. Cette technique est connue sous le nom de "technique anglaise" lorsque les galeries sont associées à un réseau de collecteurs enterrés à large écartement, dont la tranchée de pose est garnie de remblai poreux. Pour certains chantiers, nous avons testé l'absence de gravier au-dessus du drain. Dans des situations où la pente du terrain est suffisante, la longueur des galeries modérée, et où un fossé est présent en limite aval, les galeries sont exécutées à partir de ce dernier et y déversent directement l'eau drainée.

L'amélioration des pièces travaillantes de l'outil de taupage vise à minimiser l'effort de traction et à assurer la meilleure tenue des galeries. Les modifications portent sur l'inclinaison de l'étauçon, la section de l'obus et du boulet, et la réunion des ces deux pièces en un seul ensemble (figure 2). Les observations effectuées en Haute-Saône s'intègrent dans un travail plus complet réalisé sur d'autres sites en Franche-Comté et en Bourgogne (CHEN, 1996).

Le gravillonnage consiste à garnir la tranchée creusée dans le sol par un remblai poreux qui assure le maintien dans le temps des

FIGURE 2 : Taupage : a) représentation schématique d'un sol taupé, b) coupe schématique d'une taupeuse, c) modifications apportées aux pièces travaillantes (CHEN, 1996).

FIGURE 2 : Mole ploughing : a) sketch of a mole-ploughed soil, b) section of a mole-plough, c) changes brought to the working parts (CHEN, 1996).

TABLEAU 3 : Répartition des racines dans les premiers centimètres de sol de prairies permanentes anciennes avant scarifiage (% pondéral de l'échantillon lavé et tamisé).

Profondeur	Blondefontaine	La Rochelle	Neuve-les-Champlitte
0 - 5 cm	87,4	82,5	71,3
5 - 12 cm	9,1	11,4	24,0
12 - 20 cm	3,5	6,1	4,7

TABLE 3 : *Distribution of roots in the top first centimetres of soil under old permanent pastures before harrowing (weight, % of washed and sifted sample).*

qualités filtrantes. Cette disposition est préconisée dans les captages de mouillères, lors du tranchage ou du taupage, ainsi qu'en sol à propriétés physiques défavorables.

Le tranchage consiste à tailler dans le sol des saignées de 6 à 12 cm de large et de 0,5 à 1 m de profondeur au moyen d'un disque muni de couteaux en périphérie, porté sur les trois points du tracteur et animé à partir de la prise de force. Un remplissage de graviers est ensuite mis en place pour éviter l'éboulement des parois et assurer un fonctionnement durable.

Le scarifiage est une opération d'entretien du sol de la prairie, dont la logique d'utilisation repose sur l'observation fréquente d'un profil de sol contrasté, constitué d'un horizon superficiel contenant l'essentiel des racines (tableau 3), fibreux, très riche en matières organiques et biologiquement actif, reposant sur un niveau compact pauvre en racines et peu organique. L'homogénéisation du sol sur une profondeur de 15 à 20 cm est obtenue en passant, à intervalles d'environ 40 cm, un outil qui respecte l'intégrité du tapis végétal et la plénitude de la surface du sol. En l'absence d'appareils commercialisés répondant à ce cahier des charges, nous avons fabriqué deux outils prototypes pour les besoins de l'expérimentation (figure 3).

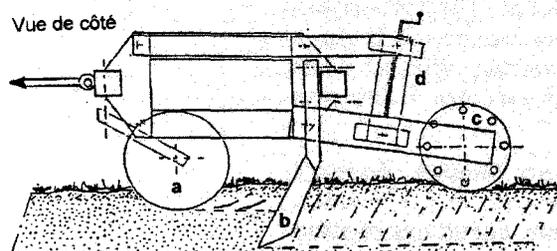
Résultats

1. Comparaison des techniques de drainage

Nous n'avons pas jugé opportun d'expérimenter le drainage par drains plastiques enterrés à écartement de 10 à 20 m. L'efficacité de cette technique n'est plus à prouver en Haute-Saône, comme sur le ter-

FIGURE 3 : Représentation schématique du scarificateur et du travail réalisé.

FIGURE 3 : *Sketch of the harrow and of its work.*



Description sommaire :

- outil porté, bâti 2 poutres, largeur 2 m,
- 3 rangées de 3 pièces travaillantes
- a : coute circulaire avant, tranche le mat racinaire et évite le bourrage
- b : coute droit, pièce travaillante principale, crée un saignée de 15 - 25 cm de profondeur
- c : rouleau à barre, nivelle la surface et contrôle la profondeur de travail
- d : contrôle de la profondeur de travail

ritoire français, mais elle ne répond pas aux objectifs économiques fixés dans le cahier des charges initial.

La mise en oeuvre du drainage par tuyaux enterrés est limitée à la pose de drains en nombre minimal :

- interception des galeries taupe tous les 30 à 70 mètres,
- évacuation des captages de mouillères
- emplacements imposés en talweg ou ruptures de pente.

Dans la majorité des cas, la pose a été effectuée à la trancheuse en utilisant la machine automotrice lourde d'une entreprise de drainage spécialisée. Les conditions d'exécution des travaux nous ont confirmé les limites d'emploi de ce type de technique dans le cas des prairies permanentes humides. L'utilisation d'une draineuse - trancheuse légère portée derrière un tracteur agricole fait apparaître d'autres limites, liées aux moindres performances de ce matériel, préjudiciables à la qualité de pose.

■ Drainage associant drains plastiques et taupage

Des réseaux constitués uniquement de quelques drains plastiques par parcelle avaient peu de chance d'être pleinement efficaces. Un taupage seul ne constituait pas davantage la solution satisfaisante si, en raison des dimensions parcellaires, les galeries - taupe avaient dû dépasser une longueur de 70 mètres (parcelle Blondfontaine 1). Des galeries - taupe recoupant les drains ont été exécutées, associées à des drains plastiques enterrés à grand écartement. Par référence aux pratiques anglaises, **les premiers chantiers en Haute-Saône ont été gravillonnés** (Dampierre-les-Confians, Pont-du-Bois).

L'approvisionnement en graviers, le transport, le stockage provisoire en attendant l'utilisation, les moyens de reprise et de mise en place sur les drains ont rendu l'organisation des chantiers excessivement complexe. **La mise en place a été délicate, voire dangereuse** en raison des risques de renversement accidentel des trémies (non conçues pour cet usage) en longeant les tranchées.

Le gravillonnage a eu pour effet de doubler approximativement le coût des travaux dans ces deux références. Il s'est donc révélé particulièrement inadapté au contexte d'une expérimentation de techniques à faibles intrants.

En outre, nos observations pendant plus de deux décennies sur le sous-solage associé au drainage (CONCARET *et al.*, 1981) et quelques expériences de taupage - drainage nous avaient montré que la nécessité d'assurer "l'effet tranchée" à l'aide de remblai artificiel n'était essentiellement applicable qu'aux sols lourds avec des argiles plastiques.

Ultérieurement, les parcelles de référence taupage - drainage, mises en place en 1990 et 1992 au titre de cette expérimentation, n'ont pas toutes été gravillonnées. A ce jour, aucun dysfonctionnement n'est observé.

■ Taupage

- Conditions d'exécution

En sols argileux lourds, les mesures de forces effectuées au crochet d'attelage de la taupeuse n'ont pas révélé d'effort global considérable (moyenne 5 000 décaNewton à Amance). Cependant, le maintien de la profondeur de terrage de la taupeuse en dessous de la profondeur critique a représenté un problème majeur à Neuville-les-Champlitte, Vitrey-sur-Mance et Pont-du-Bois. L'adhésivité de la terre sur l'obus, le manque de résistance du sol en surface, la résistance à la pénétration en profondeur et l'état de surface et du relief en sont les raisons. Les moulages de galeries à la mousse de polyuréthane ont alors révélé **des déformations, fissurations, effondrements de la voûte**.

En sols limoneux, les parcelles représentatives de Dampierre et La Rochelle ont été taupées sans soulèvement ou bouleversement excessifs de la surface. Les profils et moulages de la galerie à une profondeur suffisante, supérieure à 50 cm, ont révélé **une forme cylindrique favorable et un profil en long régulier**. Après une campagne de fonctionnement à Dampierre, les galeries présentaient un dépôt terreux interne, épais de 1 à 15 mm et une intense occupation racinaire de la saignée correspondant au passage de l'étauçon. A La Rochelle, le remaniement du sol est perceptible au voisinage de l'étauçon et de la galerie.

En terrasse sableuse de la Saône, une seule référence a été mise en place sur sols sableux, le risque d'échec étant jugé important sur la base des critères habituels de préconisation du taupage. Ce sol à 35% d'argile et 33% de sable au niveau d'implantation des galeries-taupe a subi un fluage sous l'effet de l'eau, ce qui laisse supposer **une dégradation rapide dans le futur**.

- Faisabilité du taupage

Les essais de taupage réalisés en Haute-Saône ont le plus souvent donné des résultats conformes à ceux des études nombreuses et approfondies menées en laboratoire et sur le terrain par les chercheurs anglais : **la qualité du taupage dépend de la géométrie des pièces travaillantes, de la taupeuse et des propriétés mécaniques et structurales du sol**, rigidité ou plasticité du matériau, comportement du profil de sol en réaction à la pression des outils.

Influence des conditions naturelles : Les prairies naturelles humides de la zone (Hauts du Val-de-Saône) sont rarement soumises à un déficit hydrique modéré propice au taupage. L'état du sol a été très souvent soit trop humide pour assurer l'adhérence du tracteur, soit trop sec pour éviter qu'une fracturation du massif du sol et un bouleversement des blocs rigides ne transforment le taupage en sous-solage.

Les meilleures conditions pour réaliser un travail de qualité ont été rencontrées d'abord dans les sols de couverture de limons anciens déposés sur marnes, ensuite dans les sols argileux à structure polyédrique assez fine, puis dans les sols argileux lourds récents à structure prismatique. Les sols de pente, lourds, massifs, sur altération de

schistes ou grès du trias sont moins favorables, et les sols sableux de terrasses anciennes de la Saône encore moins, malgré des résultats immédiats parfois très positifs constatés à Baulay.

Influence des caractéristiques du matériel : Si les taupes trainées produisent un travail nettement plus efficace, elles ne favorisent pas l'adhérence du tracteur, ce qui implique d'utiliser des tracteurs lourds, équipés de roues jumelées ou des engins de travaux publics à chenilles. L'alourdissement par adjonction de masses permet de réaliser la galerie à une profondeur suffisante pour éviter le soulèvement du sol.

Avec les pièces travaillantes conventionnelles, le boulet provoque une obturation de la base de la saignée de l'étauçon, qui empêche l'entrée ultérieure de l'eau dans la galerie. L'adjonction d'un aileron sur le boulet permet de lever cet inconvénient. Le renouvellement ultérieur des galeries n'est possible que si l'éleveur peut utiliser ses propres moyens de traction. L'emploi d'un étauçon incliné ou de pièces travaillantes de petit diamètre, allié à une profondeur de passage moindre, permet d'atteindre cet objectif par réduction de la demande énergétique. Dans ce cas, une durée de vie moindre est à craindre pour ces galeries et nous ne pouvons conclure dans l'état actuel des observations. **Le type de sol et l'état physique conditionnent le choix du type de pièces travaillantes** ; la séparation de l'obus et du boulet est préférable en sol déformable, mou et sans structure, alors que cette disposition est inopérante en sol structuré (CHEN, 1996).

■ Tranchage

A la mise en place du programme de drainage, plusieurs agriculteurs du département étaient déjà équipés de rototrancheuses portées derrière un tracteur agricole, capables d'ouvrir dans le sol des saignées d'une profondeur de 0,5, 0,75 ou 1 m suivant le modèle. Quelques chantiers déjà traités avec ces outils avaient permis de mettre en évidence **les performances très limitées** de ce type de machine.

L'essai préliminaire des deux plus petits modèles de trancheuses, réalisé à Dampierre-les-Conflans, a confirmé les réserves précédentes :

- profondeur de tranchage insuffisante pour pallier les irrégularités de topographie,
- lenteur du travail,
- usure importante des gouges équipant le disque,
- nécessité de remplir la saignée avec du gravier pour éviter l'affaissement préjudiciable au fonctionnement du drainage et à l'évolution des matériels roulants, en particulier, pour la récolte des fourrages.

■ Scarifiage

La mise en œuvre de cette partie du programme est incomplète. Cependant, il ressort nettement que, dans la mesure où le sol est suffisamment portant et les pièces travaillantes bien réglées, en particu-

lier au niveau de l'alignement entre les coutres circulaires et droits, **le passage de l'appareil ne dégrade pas la couverture végétale**. Des profils culturaux réalisés à Dampierre, l'année suivant le premier scarifiage, montrent une très forte colonisation racinaire des saignées comparativement au sol entre deux passages d'outil.

Il n'y a cependant pas eu de différences sensibles sur les récoltes des parties aériennes, voire parfois un certain effet dépressif. **Des améliorations de production pourraient logiquement apparaître les années suivantes, surtout si ces interventions sont renouvelées.**

2. Evolution des prairies après intervention

Les changements de la végétation des prairies, intervenus après les travaux, constituent, aux yeux des exploitants, un critère important d'appréciation de l'intérêt de ces aménagements. Le suivi de la composition floristique des parcelles et de la production herbagère, évaluée pour certaines, apporte ces éléments d'information.

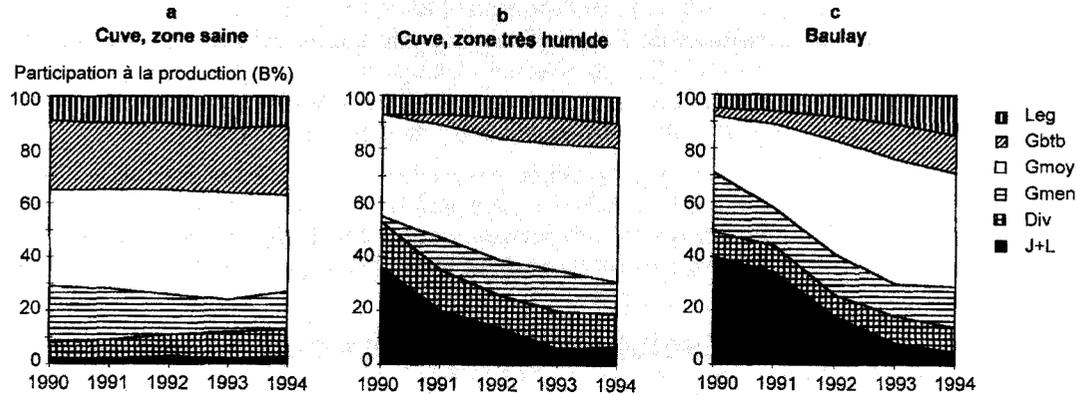
■ Evolution de la végétation

Pour chaque parcelle, une zone suffisamment homogène du point de vue de la végétation a été repérée sur le terrain et analysée chaque année à la même époque (fin mai - début juin) de 1990 à 1994 pour quatre d'entre elles et de 1992 à 1994 pour les neuf autres. La méthode employée, dite des poignées (de VRIES et de BOER, 1959), permet d'estimer le pourcentage de participation à la production (B%) des différentes espèces regroupées ici en six catégories : légumineuses (Leg), bonnes et très bonnes graminées (Gbtb), moyennes graminées (Gmoy), graminées médiocres et nulles (Gmen), plantes diverses dicotylédones (Div), et joncs et laïches (J+L) quand leur importance le justifie.

D'une manière générale et à l'exception de quelques cas, **la végétation des parcelles drainées s'améliore à une vitesse qui dépend à la fois de leur état botanique initial et de la façon dont elles sont exploitées.**

A Cuve, en prairie de fauche (taupage en 1990 et 1993), nous avons comparé une zone relativement saine et une zone très humide (figures 4a et 4b). La première n'évolue pratiquement pas et présente environ 60% de graminées très bonnes, bonnes et moyennes (Gbtb + Gmoy) et 10% de légumineuses, ce qui est acceptable. En revanche, la seconde évolue favorablement pendant les cinq années d'observation suivant l'opération de drainage réalisée en été 1990 : la contribution à la production (B%) de la catégorie joncs + laïches diminue de 35 à 10% au profit des 2 catégories supérieures de graminées (Gbtb + Gmoy) qui passent ensemble de 38 à 60%.

A Baulay, en parcelle pâturée (figure 4c, drainage en 1990 et taupage en 1991), la qualité de la végétation s'améliore de façon tout aussi spectaculaire et régulière après les opérations de drainage effectuées dans les hivers 1990 et 1991.



Ces deux exemples montrent que les techniques de lutte contre l'excès d'eau n'ont pas d'effet en situation initialement saine, mais **la végétation évolue spontanément après assainissement des zones humides** par régression des hygrophytes et des graminées de faible qualité au bénéfice des graminées de bonne qualité et des légumineuses.

■ Contrôle du niveau de production

Des mesures de production ont été effectuées dans trois sites (dont deux incluent une partie scarifiée) pendant plusieurs années après l'opération de drainage. Les prélèvements ont eu lieu sur des placettes de 1 m² délimitées par des cages de mise en défens pour les parcelles pâturées ou des cadres plats pour les parcelles fauchées. Chacune de ces placettes est exploitée quatre fois par an à la micro-

FIGURE 4 : Evolution de la végétation à Cuve (taupage en 1990 et 1993) et à Baulay (drainage en 1990, taupage en 1991).

FIGURE 4 : Changes in the vegetation at Cuve (mole-ploughing in 1990 and 1993) and at Baulay (drainage in 1990, mole-ploughing in 1991).

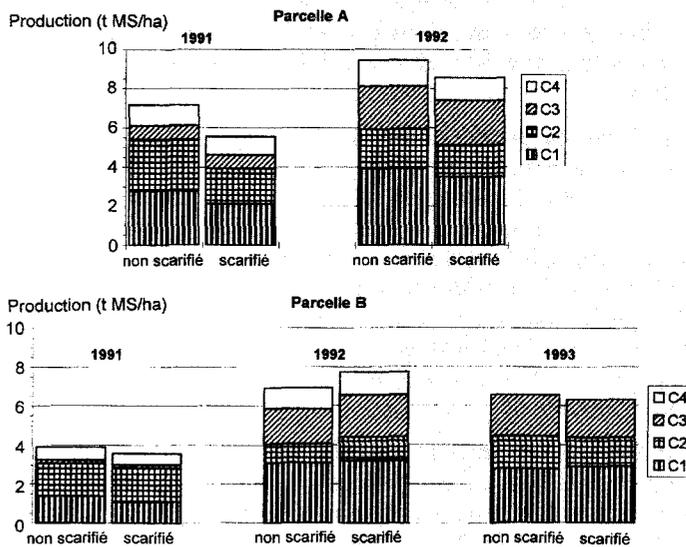


FIGURE 5 : Evolution de la production annuelle à Dampierre (parcelles drainées en 1990 et scarifiées en 1991).

FIGURE 5 : Changes in the yearly production at Dampierre (plots drained in 1990 and harrowed in 1991).

tondeuse : 1^{re} coupe dans la 2^e quinzaine de mai (C1), 2^e coupe fin juin à début juillet (C2), 3^e coupe fin août à début septembre (C3), 4^e coupe en octobre en fonction de la repousse (C4).

Des différences de production ressortent de l'analyse des productions annuelles cumulées dans les 3 sites. Toutefois, **dans un tel dispositif** conçu pour démonstration chez des éleveurs, **2 ou 3 années de mesures ne sont pas suffisantes pour distinguer l'effet année de l'effet du drainage**. A Dampierre après assainissement (figure 5), la production mesurée sur la parcelle A passe de 6 t MS/ha en 1991, ordre de grandeur des productions antérieures aux dires de l'exploitant, à plus de 8 t MS/ha en 1992. Elle présente une meilleure régularité pour l'année 1992 : 63% de la production sont assurés par la pousse de printemps (C1 + C2) et 37% par les repousses d'automne (C3 + C4), contre respectivement 80% et 20% pour l'année précédente. Sur la parcelle B, de végétation médiocre, le niveau de production est plus bas, il passe de 4 t MS/ha en 1991 à 7 t MS/ha en 1992 et se maintient à plus de 6 t MS/ha en 1993. Les observations concernant la répartition de la matière sèche produite dans l'année sont semblables à celles décrites sur la parcelle A.

Dans nos conditions d'estimation, l'effet améliorateur du scarifiage sur la production de matière sèche n'est pas significatif, il semblerait même légèrement dépressif 4 fois sur 5, plus particulièrement l'année suivant l'intervention.

Bilan de l'opération

Les critères d'ordre économique et la satisfaction des demandes initiales des exploitants entrent dans le bilan de l'opération au même titre que l'impact des dispositifs mis en place sur les actions de développement relatives à l'amélioration des prairies permanentes humides en Haute-Saône.

1. Les coûts

Le coût des opérations d'amélioration mises en place pour lever des contraintes d'hydromorphie très variables et satisfaire des besoins de production d'exigences différentes, aboutit à des dépenses globales allant de 947 à 4 482 F à l'hectare (tableau 2). Les deux exemples extrêmes de Cuve et Vitrey-sur-Mance illustrent bien le rapport étroit constaté entre la complexité de la situation et le prix à mettre pour satisfaire les besoins exprimés.

Les dispositifs les plus simples comportant uniquement la pose de tuyaux enterrés aux emplacements imposés, écartés au maximum de 60 à 70 m, sans protection en amont, complétés par un taupage avec la machine traînée, à écartement de 3,5 à 4 m, ont des coûts compris entre 2 015 F (La Rochelle) et 2 689 F (Mercey-Gevigney). **La remise en état d'un fossé** suivie du taupage, peut se situer à moins de 1 000 F (947 F à Cuve). Les protections en amont des parcelles ont

coûté jusqu'à 1 166 F à Vitrey-sur-Mance. **Un taupage seul**, réalisé sur fossé avec des retours à vide ou en recouplement de drains en aller et retour, coûte respectivement 450 ou 250 F/ha. La possibilité de trouver localement des tracteurs de puissance comprise entre 120 et 150 CV équipés de roues jumelées ou des engins à chenilles de 80 à 100 CV, permet de considérer le passage de l'engin comme une opération culturale courante renouvelable selon les besoins tous les 3 à 10 ans. Le prix du gravillonnage varie de 1 519 à 1 951 F, respectivement à Dampierre et Pont-du-Bois.

Les opérations de rénovation de la végétation, même partielles, induisent un surcoût de 1 000 F.

2. Appréciation des utilisateurs

La totalité des agriculteurs participant à l'opération certifie que les objectifs d'amélioration qu'ils s'étaient fixés sont atteints, voire dépassés :

- **Concernant la praticabilité** : Les réflexions couramment entendues sont : *"On ne pouvait rien faire de cette parcelle, maintenant on y fait ce que l'on veut"*, ou *"C'était notre plus mauvaise parcelle, elle est devenue la meilleure"*. Certains, face aux résultats obtenus sur les parcelles de prairie permanente, ont envisagé et réalisé leur mise en culture sans rencontrer de difficultés supplémentaires par rapport à celles connues sur le drainage intensif qu'ils pratiquent également sur les mêmes sols. Ce bon résultat, sans doute obtenu grâce à des conditions climatiques très favorables, ne doit pas être considéré comme acquis, le réseau de drains méritant d'être renforcé. Le dispositif mis en place initialement offre l'avantage de cette possibilité de modulation ; il serait dommage de compromettre la durabilité de l'infrastructure de base constituée par les tuyaux enterrés.

- **La production** : Le besoin d'intensification n'a que peu souvent motivé la démarche. La production a augmenté de 0 à 100%, avec le maximum de résultats sur une parcelle pâturée, où la fertilisation et le mode d'exploitation ont changé (Baulay).

- **La végétation** : L'amélioration s'avère significative, sauf à Neuville-les-Champlitte et Blondefontaine 1 et 2 où elle a été considérée comme faible.

3. Nécessité d'un effort de formation

La valorisation et la promotion des techniques testées sur les parcelles de référence constituent un volet à part entière du projet initié par la Chambre d'Agriculture de Haute-Saône. **Les solutions préconisées vont à l'encontre des habitudes des éleveurs** qui associent habituellement le drainage à la pose de tuyaux enterrés et au retournement de la prairie pour rentabiliser l'investissement. Leur participation aux diverses réunions d'information, visites et démonstrations sur le terrain a montré leur intérêt pour cette démarche novatrice dans le département.

Dans la logique de **personnalisation du projet d'amélioration des prairies souffrant de l'excès d'eau**, une approche individuelle de chaque situation, tant en ce qui concerne la parcelle que l'exploitation agricole, est nécessaire. Pour aider les conseillers de développement dans ce travail, nous avons réalisé un document qui présente la démarche à mettre en oeuvre au cours des étapes successives allant de la prise de décision de l'éleveur jusqu'à l'exploitation de la parcelle aménagée. Un C.D. photo (MANGIN *et al.*, 1996) constitue le support des illustrations, schémas et vues provenant pour la plupart des situations rencontrées pendant ce travail ; une notice d'accompagnement les commente. Cet outil a également vocation à être utilisé lors de sessions de formation destinées aussi bien à des exploitants qu'à des étudiants, ainsi que nous l'avons déjà testé.

Conclusion

Le souci principal de la Chambre d'Agriculture de Haute-Saône, en tant qu'organisme de développement, **était de connaître, présenter et promouvoir des techniques peu coûteuses pour réduire la contrainte d'exploitation due à l'hydromorphie dans les prairies permanentes**, en particulier celles des Hauts du Val de Saône.

En raison des contraintes qu'il impose, le drainage ne peut se raisonner dans le cadre exclusif du réseau de drains plastiques enterrés posé par draineuse lourde. L'utilisation de matériels légers est possible dans le contexte des prairies permanentes, comme le montre l'expérimentation conduite dans cette zone.

Le gravillonnage, exigeant des moyens matériels et financiers importants, **est incompatible avec la recherche de réduction des intrants**. La nécessité de gravillonner les drains n'a pas été prouvée par les comparaisons réalisées. Bien que les conditions pédoclimatiques n'offrent au cours d'une campagne que de courtes périodes propices à la réalisation, **le taupage s'est révélé la technique légère de drainage la plus opérationnelle** dans ce contexte et permet le resuyage rapide du sol sur les 20 à 30 premiers cm. Cependant, la longueur de la galerie ne doit pas dépasser 50 à 70 m, ce qui implique l'existence d'un réseau dense de fossé peu compatible avec les méthodes d'exploitation actuelles, ou un réseau minimal de tuyaux enterrés. La charrue - taupe mérite quelques améliorations ou adaptations pour répondre à des exigences de sols variables. Un prototype de scarificateur, destiné à travailler le sol pour favoriser l'approfondissement des racines prairiales sans destruction du système en place, a été réalisé et testé.

Un réseau de parcelles "vitrine" et d'éleveurs convaincus, capables de témoigner de l'efficacité des dispositifs, est maintenant constitué. **Un outil de formation** (montage sur compact disque photographique présentant cette démarche et les techniques mises en oeuvre) permet de mieux communiquer sur le sujet. Si la future Politique Agricole Commune (P.A.C.) rend plus évident l'intérêt économique de l'utilisation de l'herbe de prairies permanentes, nous avons

certainement, grâce à ces travaux, des moyens nouveaux pour répondre aux demandes de conseil des agriculteurs. Enfin, l'ensemble de l'action est exemplaire de la collaboration établie, malgré des difficultés passagères, entre des organismes de développement, de formation et de recherche, oeuvrant dans la perspective commune d'une agriculture durable.

Les enseignements tirés de ce travail peuvent être étendus à d'autres régions où se rencontrent des problèmes de même nature du point de vue :

- de la méthode, basée sur l'implantation de parcelles de référence chez des éleveurs ;
- des techniques constituant des solutions peu coûteuses mais fiables au traitement de l'excès d'eau dans les prairies permanentes humides.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.
"Des prairies plus pérennes, pour des produits de qualité
et l'entretien du territoire",
les 1^{er} et 2 avril 1997.

Remerciements : C. PERREY (INRA, Station d'Agronomie de Dijon), actuellement retraité, assisté de techniciens et stagiaires, a très activement participé à la réalisation des travaux d'étude des dispositifs à mettre en place et à la mesure de leur efficacité. Ce programme a bénéficié d'un concours financier de l'Union Européenne (FEOGA 5b) et de la Région Franche-Comté.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHEN J.N. (1996) : *Etude des interactions sol-outil dans le cas du taupage*, thèse ENESAD, labo. GEOSOL, Université de Bourgogne, Dijon 156 p.
- CONCARET J. (1987) : "Analyse de situation d'une parcelle ou d'un groupe de parcelles pour l'étude avant drainage", *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 73, 4, 33-39.
- CONCARET J., DE CRECY J., PERREY C., TROUCHE G. (1981) : *Drainage agricole, Théorie et pratique*, Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, 1 vol., 509 p.
- DE CRECY J., TEILHARD DE CHARDIN B. (1984) : "Assainissement et drainage des prairies permanentes (intérêt et limites)", *Fourrages*, 98, 121-125.
- DE VRIES D.M., DE BOER T.A. (1959) : "Methods used in botanical grassland research in the Netherlands and their application", *Herb. Abstr.*, 29 (1), 1-7.
- MANGIN J.M., PERREY C., TREMOY M., TROUCHE G. (1996) : *Amélioration des prairies permanentes humides, présentation d'une démarche. C.D. photo + notice*, ENESAD-CNERTA édit.
- Ministère de l'Agriculture et de la Forêt (1992) : *Cahier des clauses techniques générales des travaux d'assainissement et de drainage des terres agricoles*, AFEID, 1 vol. 91 p.

SUMMARY

Reliable and economical methods for the improvement of wet permanent pastures

In Haute-Saône (a French "département" in the Franche-Comté region), permanent pastures cover 60% of Usable Farm Area, and are generally on hydromorphic soils. It is very important to overcome this difficulty by inexpensive means in order to improve farming conditions, and this is the reason why a programme to tackle the problem was set up. As the problems of hydromorphy met with are diverse, so are the solutions to be found : peripheral protections, catchment of wet patches, drainage by a minimal network, and shallower works. Some new complementary techniques have been tested for 5 years : a change in the working parts of mole ploughs is possible, and the efficiency of mole-ploughing without gravelling and of deep soil cultivation with harrow-like tools was proved. Each situation should be studied separately beforehand in order to find the appropriate devices. The dissemination of this approach is made easier by control fields and by a training tool.