

Érosion hydrique en Haute-Garonne vue à travers la sédimentation dans les retenues collinaires

État des lieux et perspectives d'action

Cl. Mathieu et M. Subra-Durand

Ecole Supérieure d'Agriculture Purpan - 75, voie du Tœc - 31076 Toulouse Cedex

RÉSUMÉ

Depuis une trentaine d'années, le développement des cultures irriguées dans le sud-ouest de la France et particulièrement en Haute-Garonne a conduit à la construction de très nombreuses retenues collinaires.

Dans cette région du Bassin Aquitain, une très grande partie du paysage est constitué de coteaux argilo-calcaires occupés par des cultures céréalières et protéagineuses développées en openfields. Si l'érosion en nappe est peu visible, l'érosion ravinante est souvent très marquée après les épisodes orageux de printemps.

Ainsi depuis le début des années 1990, il a fallu se résoudre à admettre qu'un certain nombre de ces retenues se remplissent de sédiments par l'érosion des terres amont. La présente étude recense l'importance du phénomène, en décrit l'origine et les causes et préconise un ensemble de mesures et de moyens pour protéger les retenues de l'envasement dans le cadre d'une pratique globale d'aménagement au niveau des bassins versants.

Mots clés

Haute Garonne, retenue collinaire, érosion hydrique, bassin versant, lutte anti-érosive.

SUMMARY

HYDRIC EROSION IN HAUTE-GARONNE FROM SEDIMENTATION IN EARTH DAMS. Situation and prospects

In the last thirty years, the increase of irrigated crops in Southwestern France and particularly in Haute-Garonne has led to the building of very numerous earth dams.

In this Aquitain Basin area, most of the landscape is formed of calcareous-clay hills growing cereal crops and protein-rich plants in openfield patterns. These are spring crops which leave the soil bare at times when storms are very frequent. If sheet erosion is not easily visible, rill erosion is often much pronounced after the spring storms.

So, since the early 90's, we have had to admit that a certain number of those earth dams fill up with sediment caused by erosion of up-stream land.

This study makes an inventory of the importance of the problem and its impact on the irrigation management. Origins and causes of erosion and silting are indexed.

Rain type (storm), soil characteristics and geomorphology of watershed are intrinsic factors of soil erosion. But in this area of France, land parcel extension during land consolidation and the evolution of production systems (spring irrigated crops) are also responsible for erosion causes.

Authors also advocate a set of measures and means to protect earth dams against silting within the framework of a global watershed management policy. This policy gathers together three large series of measures: cultivation technique in the field, management in and outside the field, management of earth dam.

But to install effective actions against erosion, important investments are necessary. It is advisable to start long term programs with a real partnership agreement. To succeed it is necessary that the request should emanate from local farmers group.

Key-words

Earth dam, hydric erosion, watershed control erosion, Haute-Garonne.

RESUMEN

EROSIÓN HÍDRICA EN ALTA GARONA VISTA A TRAVÉS DE LA SEDIMENTACIÓN EN LOS PRESONES COLINARES. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE ACCIÓN

Desde una treintena de años, el desarrollo de los cultivos irrigados en el Sur-Oest de Francia y particularmente en Alta Garona llevo a la construcción de muy numerosos presones colinares.

En esta región de la cuenca Aquitania, un muy grande parte del paisaje es constituido de vertientes arcillo-calcareos ocupadas por cultivos de cereales y oleaginosas desarrollados en « openfields ». Si la erosión difusa es poco visible, la erosión en zanjas se presenta muy marcadamente posterior de los episodios de tormentas de primavera.

Al principio de los años 1990, se necesita aceptar que cierto numero de presones se rellenan de sedimentos por erosión de las tierras aguas arriba. Este estudio muestra la importancia del fenómeno, describe el origen y las causas y preconiza un paquete de medidas y de medios para proteger los presones de los sedimentosa en el cuadro de una practica global de manejo al nivel de las cuencas vertientes.

Palabras claves

Alta Garona, presones colinares, erosión hídrica, cuenca vertiente, lucha anti-erósiva.

Depuis une trentaine d'années, le développement de l'irrigation des cultures, qui nécessite des volumes d'eau importants, a conduit à la construction de très nombreuses retenues collinaires dans toute la France, mais surtout dans le Sud-Ouest. En Haute-Garonne, où la présente étude a été réalisée, les surfaces irriguées sont passées d'environ 27 000 ha en 1970 à plus de 59 000 ha aujourd'hui. Plus de 85 p. cent des retenues collinaires de ce département ont été construites à partir de 1976, année d'une sécheresse particulièrement marquée.

Dans ce département du sud-est du Bassin Aquitain, une très grande partie du paysage est constitué de coteaux argilo-calcaires occupés par des cultures céréalières et protéagineuses développées en openfields. Des sols calcaires ou calciques, souvent profonds, sont développés dans des dépôts détritiques, d'âge Tertiaire. L'intensité et la longueur des pentes sont les deux facteurs du relief qui interviennent en faveur de l'érosion. Si l'érosion en nappe est peu visuelle, l'érosion ravinante est souvent très marquée après les épisodes orageux de printemps.

Ainsi, depuis le début des années 1990, soit à peine vingt ans après les premières constructions de retenues collinaires, il a fallu se résoudre à admettre qu'un certain nombre d'entre elles se remplissaient de sédiments, et manquaient aussi d'entretien. Une étude de ces retenues sur l'ensemble du département a donc été conduite durant l'année 1998 pour comprendre la cause et les mécanismes des problèmes évoqués et préconiser des solutions touchant la gestion des retenues collinaires en les intégrant également dans le bassin versant concerné.

RECENSEMENT ET CARACTÉRISTIQUES DES RETENUES COLLINAIRES

Nous avons travaillé à partir des deux fichiers existants :

- celui de la Chambre d'Agriculture qui comprend toutes les retenues réalisées par le Bureau d'Etudes Techniques et Professionnelles Agricoles, soit 134 retenues,

- celui de la DDAF qui nous a fourni la liste de tous les plans d'eau autorisés en Haute-Garonne, à savoir toutes les réserves en eau, quel que soit leur type (retenues collinaires,

bassins creusés, bâches de reprises, etc.) et leur utilisation (irrigation, loisirs, pêche, moulin, etc.)

Nous avons retenu uniquement les réserves destinées à l'irrigation et nous avons aussi complété les listes. Nous avons ainsi identifié 239 retenues sensu stricto (planche 1) de type "barrage homogène en terre destiné à l'irrigation et alimenté principalement par les eaux de ruissellement d'un bassin versant" et nous avons recueilli les caractéristiques techniques pour 234 d'entre elles.

Pour apprécier l'état de ces retenues et étudier les problèmes rencontrés, une enquête par questionnaire a été adressée à l'ensemble des propriétaires des 239 retenues. 147 questionnaires correctement complétés ont été retenus pour l'analyse. Cet échantillon est considéré comme représentatif de la population mère (239) concernant les caractéristiques techniques principales des retenues, étant donné qu'après vérification (moyenne, fréquence, médiane, etc.) l'échantillon (personnes ayant répondu à l'enquête) a les mêmes caractéristiques que la population mère.

Les retenues collinaires de Haute-Garonne sont des retenues de petites dimensions (tableau 1).

Elles ont en moyenne 16 à 17 ans, et c'est en 1977 et 1987 qu'il s'en est construit le plus : 21 en 1977 et 19 en 1987. 27 % des retenues ont été construites entre 1975 et 1980.

On notera, sur l'histogramme des dates de construction (figure 2), les nettes inflexions de la courbe en 1977, 1987 et 1990 correspondant aux sécheresses de 1976, 1986 et 1989.

Les données agricoles suivantes (source AGRESTE, données PAC 1997) soulignent l'importance de ces retenues collinaires en Haute-Garonne.

Sur une SAU du département de 403 800 ha, on compte :

- sur 257 270 ha de surfaces en céréales et protéagineux, 55 927 ha irrigués ;
- à cela il faut ajouter 3 500 ha irrigués en horticulture et maraîchage, la somme de ces deux ensembles représentant 15 % de la SAU ;
- les besoins en eau sont estimés à 1 800 m³/ha/an ce qui représente pour l'ensemble des cultures irriguées des besoins totaux annuels de 100 millions de m³.

Les 239 retenues collinaires inventoriées couvrent 21 % de ces besoins totaux annuels soit une quantité de 21 millions de

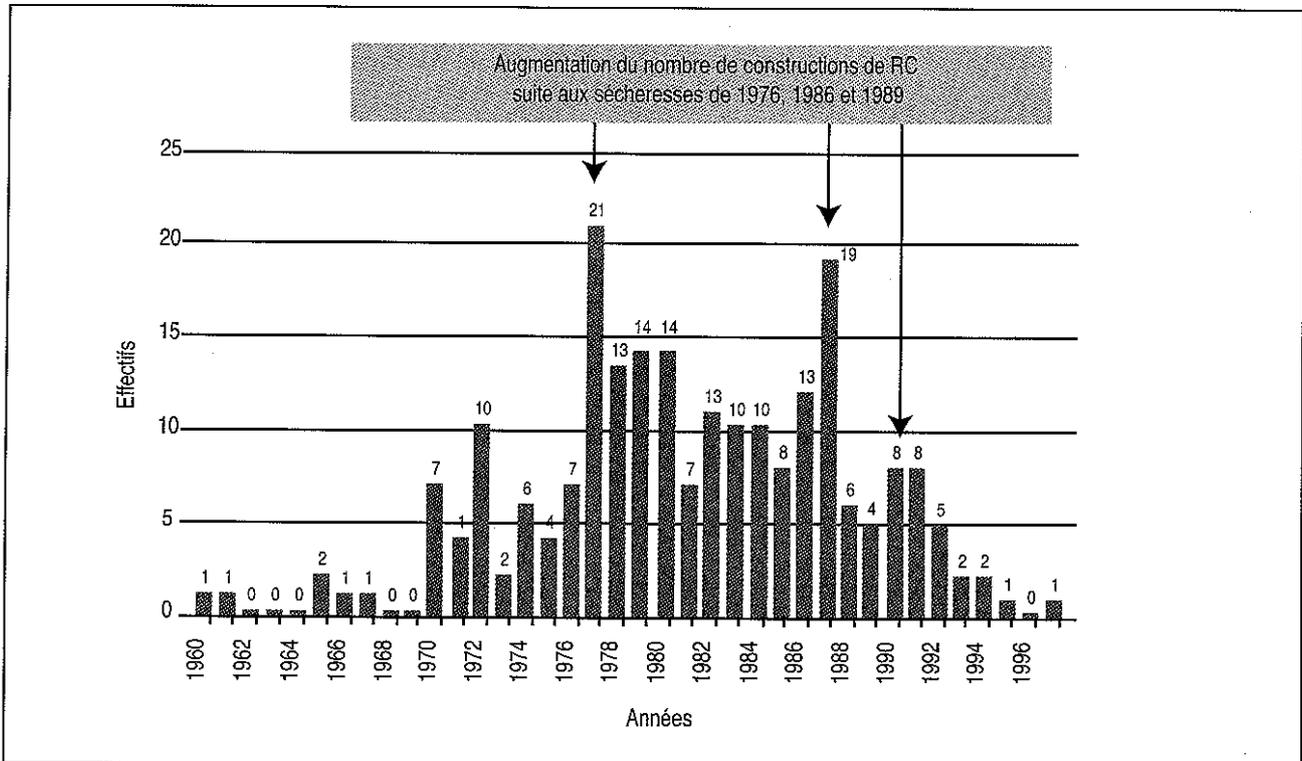
Tableau 1 - Caractéristiques des retenues collinaires de Haute-Garonne

Table 1 - Characteristics of earth dams in Haute-Garonne

| | Moyenne | Minimum | Maximum | Ecart-type |
|------------------------------------|---------|---------|-----------|------------|
| Volume d'eau stocké m ³ | 90 000 | 2 500 | 1 500 000 | 200 000 |
| Hauteur du remblai/m | 7 | 1,5 | 15 | 2,7 |

Figure 2 - Histogramme des dates de construction des retenues collinaires

Figure 2 - Histogram of earth dam - building dates



m³, le reste des besoins étant couvert par des prises d'eau sur des canaux ou en rivière.

L'ENVASEMENT DES RETENUES COLLINAIRES

Importance du phénomène

A partir des 147 réponses au questionnaire, nous pouvons donner quelques indications sur l'environnement des retenues collinaires.

60 % des retenues collinaires sont situées sur un ruisseau et près de 80 % des bassins versants amont sont occupés par des sols argilo-calcaires ayant pour la majorité (55 % de l'ensemble des surfaces) une pente inférieure à 5 %. Concernant l'occupation des sols (% de sols nus, surface irriguée, etc.), elle varie fortement d'une année à l'autre selon les spéculations engendrées par les primes accordées à telle ou telle production. 40 % des agriculteurs ayant une retenue collinaire irriguent plus de 25 ha à partir de celle-ci, c'est-à-dire des surfaces quasi non couvertes lors des orages de printemps.

Sur les 147 réponses (Subra, 1999) 67 % des personnes

interrogées déclarent connaître des problèmes d'envasement de leur retenue.

Mais comment apprécier l'état d'envasement d'une retenue ? A partir de quel seuil considère-t-on qu'un lac est envasé ? Comment estimer la quantité de sédiments déposés ?

Conscients de ces difficultés d'appréciation quantitative de l'envasement, nous avons essentiellement retenu des critères qualitatifs, facilement appréciables.

- La prise d'eau s'effectue principalement par le fond de la retenue grâce à une conduite de vidange en acier ou en PVC. Cette prise est équipée d'une crépine dont la garde au sol (fond de la retenue) est dans la plupart des cas de 80 à 100 cm. La première manifestation d'envasement d'une retenue est le colmatage de la crépine et par voie de conséquence, l'impossibilité de pomper l'eau pour irriguer.

Deux lacs sur cinq ont eu, au moins une fois, dans leur existence, un problème de crépine colmatée, c'est-à-dire que dans ces cas le fonctionnement de l'outil de production a été entravé par l'envasement et que des cultures n'ont pu être irriguées à un moment déterminé. Ces faits n'ont toutefois pas pu être traduits en pourcentage d'heures d'irrigation perdues sur la durée de vie totale des ouvrages.

- Le deuxième critère a été la réponse des propriétaires à la question : l'envasement des retenues devient-il, pour eux, un problème préoccupant ? Les réponses ont été les suivantes : problématique pour un agriculteur sur trois, et préoccupant pour un agriculteur sur deux.

La conséquence de cet apport de sédiments directement par les versants ou de l'amont par le ruisseau est une diminution du volume d'eau stockée, risquant de compromettre les campagnes d'irrigation.

Enfin, nous avons cherché à savoir comment on pouvait apprécier la hauteur d'envasement des retenues. En fait, aucune estimation objective ne peut être réalisée sans une vidange complète de la retenue. Le seul critère d'envasement est le colmatage de la crépine. Mais ce critère de "crépine bouchée" ne peut suffire à estimer la quantité minimale de sédiments accumulés dans la retenue, celle-ci dépendant également de la morphologie du fond.

Toutefois, à partir de données chiffrées provenant de quelques lacs déjà curés, nous avons essayé d'extraire quelques informations intéressantes (tableau 2).

Pour chaque lac curé, nous avons ramené la quantité de vase ressuyée* (en m³), à :

- la surface de Bassin Versant (BV) cultivé, en retranchant les parcelles en bois et prairies permanentes peu sensibles à l'érosion,
- l'événement orageux de plus de 60 mm (relevé par les agriculteurs).

Concernant l'événement orageux, il est plus judicieux de considérer les orages que la pluviométrie annuelle car l'érosion dans les coteaux du Sud-Ouest de la France est le plus souvent déclenchée par un orage. Le seuil de 60 mm est celui retenu suite aux travaux et observation de J. Cavalié et J.-F. Bruno (cités par Klein 1997). Il peut y avoir des années sans orage et d'autres avec plusieurs orages. Dans le tableau 2, la fréquence de retour n'a pas été notée ainsi que le nombre d'hectares "nus" lors de la période des orages, ces retenues collinaires (tableau 2) n'ayant été curées qu'une seule fois.

Malgré un faible nombre de données sur les lacs curés, il est néanmoins intéressant de souligner que le chiffre de 30 m³ de vase extraite par ha cultivé et par orage de plus de 60 mm revient à plusieurs reprises. Aussi, serait-il utile de collecter ce type d'information chaque fois qu'un lac est curé pour essayer d'établir d'éventuelles relations entre l'envasement et le fonctionnement du bassin versant.

Origines et causes des érosions et de l'envasement

Les sols des zones collinaires sont argilo-limoneux calcaires ou calciques développés sur des matériaux marno-calcaires tertiaires en position de plateau (pente comprise entre 2 et 5 %) ou de versant (pente de 10 à plus de 30 %). Sur ces sols cultivés en céréales, on note une rapide diminution de l'infiltration minimale pour des pluies d'intensités inférieures à 48 mm.h⁻¹, ce qui traduit une rapide dégradation de la structure (désagrégation, libération et sédimentation des particules fines)

Tableau 2 - Estimation de l'envasement de quelques retenues collinaires de Haute-Garonne

Table 2 - Estimation of the silting of some earth dams in Haute-Garonne

| Retenues collinaires | Quantité de vase extraite (en m ³) | Surface du BV cultivé (en ha) | Nombre total d'orages de plus de 60 mm | Nombre de m ³ de vase/ha cultivé/orage | Observations |
|----------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Planberte | 2000 | 15 | 4 | 33 | Chiffres fiables |
| Bellusset | 3000 | 30 | 3 | 33 | Quantité de vase incertaine |
| Lussan lac | 500 | 10 | 3 | 17 | Surface de BV difficilement appréciable |
| BD | 300 | 10 | 1 | 30 | |
| Tuillié | 200 | 14 | 2 | 7 | Curé 3 ans après sa construction |
| Madère Lac | ? | 15 | 1 | ? | Quantité de vase inconnue dans le lac |
| BD | 500 | 15 | 1 | 3 | |

BD = Bassin de décantation, c'est-à-dire bassin situé en amont de la retenue, sur le fossé ou le ruisseau d'arrivée d'eau, destiné à ralentir la vitesse d'écoulement de l'eau afin de permettre aux sédiments de s'y déposer.

* : correspond à une vase égoutté après vidange et ressuyage avant curage, sans être pour autant séchée complètement.

(Boudjemline, 1987). Cette dégradation croît évidemment avec l'intensité des averses. Or, lorsque l'on construit une retenue, on le fait avec l'intention de produire des cultures d'été irriguées, tels que maïs, soja, pois et accessoirement d'autres céréales d'été. Ces cultures nécessitent un sol finement préparé et présentent un couvert végétal peu développé lors des périodes orageuses de printemps. L'érosion observée dans cette région n'est pas de type chronique mais plutôt de type catastrophique, liée à des orages de printemps.

Lors d'épisodes orageux sur sol nu, l'intensité des pluies dépasse souvent la conductivité hydraulique de l'horizon de surface. Il y a alors déclenchement du ruissellement avec transport de sol vers l'aval. Après plusieurs épisodes pluvieux, on voit apparaître une fine croûte de battance suivant parfaitement la rugosité initiale du sol. A partir de ce moment-là, l'eau de pluie (ou d'irrigation) ruisselle dans des voies préférentielles d'écoulement prédéterminées par la microtopographie. Le processus d'érosion en rigoles se développe alors très nettement. Lorsque l'eau chargée de matières en suspension atteint une retenue, le ralentissement des eaux du barrage s'accompagne d'un dépôt (*photos 1 et 2*). Nous voyons que ces sols argillo-limoneux calcaires ou calciques sont très érodibles vu leur position topographique mais aussi vu leur état de surface en début de culture.

Dans une retenue de forme simple, alimentée par un seul cours d'eau, un delta sous-lacustre se forme en queue de retenue. Le front de ce delta avance en direction du corps du barrage, un "tapis" s'étendant souvent du pied du delta au barrage. Les sédiments grossiers se déposant les premiers, ils se retrouveront en amont du delta, les éléments fins se concentrant en aval. (Rampon, 1990). Par la suite, les sédiments se déposent selon leur nature et les conditions physico-chimiques du milieu.

Si les précipitations, les caractéristiques pédologiques du sol et la géomorphologie du Bassin Versant sont bien les facteurs intrinsèques qui déterminent la sensibilité potentielle d'une certaine zone à l'érosion, les systèmes de cultures et les pratiques culturales sont aussi un facteur déterminant de l'érosion.

En Haute-Garonne comme dans tout le Sud-Ouest, l'augmentation de la taille des parcelles est largement observée depuis la période des remembrements (1960-1970) et du développement de la mécanisation agricole. Il n'est pas rare de trouver, en situation de coteau, des parcelles de 80 hectares d'un seul tenant, cultivées en tournesol. Cette augmentation de la taille du parcellaire a conduit à la suppression des aménagements traditionnels: talus, haies, fossés, murettes etc. Ces aménagements constituaient autant d'obstacles au ruissellement ou maîtrisaient l'eau dans son écoulement vers le réseau hydrologique permanent. Dans les plus grandes parcelles, nombre de fossés ont été supprimés mais se réactivent à l'occasion d'orages importants. Dans le passé, le réseau de fossés

"gouvernait" l'eau de ruissellement. Aujourd'hui, cette eau creuse à chaque fois des rigoles à l'emplacement des anciens fossés.

L'association polyculture-élevage a considérablement régressé (*tableau 3*) du fait de la spécialisation des exploitations agricoles, essentiellement tournés vers les cultures irriguées de printemps (*tableau 4*). Dans le département, l'ensemble des cultures irriguées se répartit de la façon suivante: maïs (52 %), soja (25 %), pois (12 %), autres céréales (5 %), fruits, légumes et fleurs (6 %) (Source PAC 1997). Dans cet ensemble cultural, les cultures qui laissent un sol nu en période d'orage de printemps sont principalement le maïs, le tournesol, le pois et le soja.

Si la modification et l'agrandissement du parcellaire ont transformé le fonctionnement hydrique du bassin versant, l'abandon de l'élevage et le développement des cultures irriguées de printemps ont modifié le bilan humique des sols et par-là leur stabilité structurale. Les parcelles ont reçu d'abord moins de fumier puis plus de fumier du tout. Moins de paille et moins de résidus de cultures sont enfouis, tous éléments indispensables au maintien d'une bonne activité structurale.

Avec la traction animale, les labours et les semis s'effectuaient selon les courbes de niveau. Dans ce cas, la disposition des rangs ralentissait l'écoulement de l'eau et en favorisait l'infiltration.

Actuellement, le travail du sol et les semis s'effectuent dans le sens de la pente. L'eau ruisselle entre les rangs. Les empreintes de roues de tracteurs favorisent aussi le regroupement des écoulements et l'accélération de la vitesse de l'eau (Boiffin *et al.*, 1988).

Aux effets de l'érosion hydrique, il faut aussi ajouter sur le long terme, ceux du lent déplacement de terre de l'amont vers l'aval lié aux labours (Revel *et al.*, 1990).

Enfin, l'enquête a aussi montré que les agriculteurs étaient peu intéressés par la réalisation d'aménagements anti-érosifs ou par la modification des pratiques culturales sauf si cela protège la retenue collinaire. A leurs yeux, il s'agit dans ce cas de préserver un investissement important.

MESURES ANTI-ÉROSIVES PRÉCONISÉES

Les problèmes d'envasement des retenues collinaires étant liés aux érosions hydriques sur le bassin versant amont, les mesures préventives anti-érosives doivent viser à maîtriser le ruissellement de l'eau à la fois à l'échelle de la parcelle et à l'échelle du bassin versant.

Les actions préconisées peuvent se regrouper en trois grandes séries:

- les techniques culturales dans la parcelle,

- les aménagements dans la parcelle et hors de la parcelle,
- les aménagements de la retenue.

Au niveau des techniques culturales

Dans les parcelles agricoles, les solutions sont à mettre en œuvre par les agriculteurs eux-mêmes, conseillés par les organismes professionnels (chambres d'agriculture...). Ces solutions sont nombreuses, nous les résumerons succinctement et renvoyons le lecteur à la littérature spécialisée.

La simplification du travail du sol

Il s'agit de modifier l'itinéraire technique en réduisant, voire en abandonnant le labour et en privilégiant un travail du sol sans retournement avec des outils à dents (type chisel ou décompacteur) et des techniques simplifiées d'implantation des cultures (travaux superficiels combinés au semis, semis directs).

Les mesures de simplification du travail du sol permettent de maintenir la matière organique en surface. La persistance de résidus végétaux va favoriser le développement du mulch qui protège la surface du sol contre l'impact des gouttes de pluies et ralentit ou divise le ruissellement.

Par ailleurs, ces mesures présentent un intérêt économique pour l'exploitant qui gagne ainsi du temps de travail et diminue sa charge à l'hectare. Plusieurs auteurs (par ex : Lafien et

Colvin, 1981, Eimberck, 1989, Maillard *et al*, 1990) ont montré que le maintien des résidus en surface pendant les périodes d'intercultures, avec semis sous litière, contribuent à diviser, ralentir et étaler les ruissellements.

Mais à contrario, la quantité d'eau ruisselée est parfois plus élevée en non-travail en raison d'une plus faible rugosité de surface entraînant une plus faible détention superficielle (Boiffin et Monnier, 1991). La suppression du labour, très efficace pour lutter contre l'érosion de type rill-interrill demande probablement à être envisagée avec prudence là où prévaut l'érosion par ruissellement concentré. Cependant dans un contexte similaire à celui de la Haute-Garonne (département du Tarn), la réduction des labours, voire leur suppression semble réduire très fortement l'érosion par ruissellement en paysage collinaire (Delaunoy, 1999). Ajoutons que les conclusions présentées par Boiffin et Monnier sont tirées d'études réalisées dans les régions de plateaux limoneux du Nord de la France (terres très "battantes") alors que les travaux de Delaunoy ont pour environnement des collines constituées de matériaux argilo-calcaires.

L'apport de matière organique

Cette mesure va dans le même sens que la précédente. Elle vise à améliorer la stabilité des sols en leur restituant tous les résidus de récolte en ne brûlant pas les pailles. Depuis les

Tableau 3 - Evolution du nombre d'exploitations en Haute-Garonne selon leur orientation technico-économique (RGA, 1970, 1988 et enquête structure, 1995)

Table 3 - Evolution of the number of farms in Haute-Garonne according to their technical-economic orientation

| OTEX | 1970 | | 1988 | | 1995 | |
|----------------------------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | Nombre | %* | Nombre | % | Nombre | % |
| Céréales, grandes cultures | 4345 | 28,6 | 4981 | 38,7 | 4022 | 42,5 |
| Polyculture-élevage | 3131 | 20,7 | 1963 | 15,3 | 719 | 7,6 |

* : % par rapport à la totalité des exploitations agricoles du département.

Tableau 4 - Evolution des superficies (en ha) des cultures fourragères et d'été en Haute-Garonne (RGA, 1970, RGA, 1988 et SCEES, 1997)

Table 4 - Evolution of hectares of forage and summer crops in Haute-Garonne

| | Surface en 1970 | Surface en 1988 | Surface en 1997 |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Cultures fourragères | 77 026 | 48 205 | 42 000 |
| Maïs* grain et semence | 51 634 | 43 154 | 39 000 |
| Total oléagineux (colza, soja*) | 19 038 | 63 477 | 83 000 |
| dont tournesol | 3 785 | 44 162 | 59 000 |
| Total protéagineux (lin non textile, pois*) | 250 | 13 793 | 7 950 |

* : cultures irriguées

travaux d'Henin et de ses collaborateurs (1969), l'effet de la matière organique sur la stabilité structurale et sur la perméabilité du sol n'est plus à démontrer. Dans les coteaux molassiques du département du Tarn, Delaunois (1999) observe une activité biologique très importante (vers de terre et structure grumeleuse très développée) dans les parcelles conduites sans labour ou en agriculture biologique ou encore en rotation longue avec prairie temporaire. L'apport de fumier n'est plus possible, étant donné la disparition des élevages dans la région. En revanche la possibilité de développer la production du lisier déshydraté des élevages hors-sol pourrait être une nouvelle source de matière organique pour les cultures associées.

Soulignons qu'en terre labourée, l'augmentation de la teneur en matière organique est très lente car l'apport de résidus et de fumier augmente le turn-over des produits.

La recherche d'une surface rugueuse

En enfouissant peu les résidus de récolte (travail du sol superficiel ou non retournement), en évitant l'utilisation du culti-packer et en utilisant un vibroculteur ou une herse plate, on obtient une surface plus rugueuse, plus motteuse qu'émiettée. Celle-ci confère au sol une meilleure détention superficielle et limite le ruissellement (Boiffin *et al.*, 1988, Monnier *et al.*, 1986) et freine la formation de la croûte de battance et le démarrage du ruissellement (Roose *et al.*, 1989). Des essais conduits en Haute-Garonne en 1994 (Chambre d'Agriculture) confirment encore à ce sujet l'aspect bénéfique des techniques de travail du sol sans retournement de la terre.

En coteau molassique, un passage de vibroculteur en travers de la pente sur une partie de la parcelle, avant colza, a permis d'éviter la formation de rigoles lors d'un premier orage de 40 mm en 1 heure. En revanche, lors d'une deuxième séquence orageuse de 80 mm en 24 heures, cette technique n'a eu aucun effet positif (Delaunois, 1999).

Tableau 5 - L'efficacité d'un système cultural qui suit les courbes de niveau n'est réelle que pour des pentes assez brèves. (Mosimann, 1991)

Table 5 - Contour farming is only efficient on quite short slopes

| Pente en % | Longueur de pente maximale pour une culture épousant les courbes de niveau |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1-2 | 130 |
| 3-5 | 100 |
| 6-8 | 70 |
| 9-12 | 40 |
| 13-16 | 30 |
| 17-20 | 20 |
| 21-25 | 17 |

Le travail en travers de la pente

Lorsque la pente est inférieure à 10 %, il faudrait pouvoir labourer ou cultiver suivant les courbes de niveau, perpendiculairement à la ligne de plus grande pente. Les sillons perpendiculaires à la pente qui sont tracés lors de la préparation du lit de semences, puis les rangs de jeunes plantules disposées de la même façon confèrent au sol une certaine rugosité et une microtopographie superficielle qui permettent de freiner plus facilement le ruissellement et l'érosion. Mais, pour être efficace, cette technique requiert des parcelles à peu près parallèles aux courbes de niveau. Sur les parcelles en pente et simultanément en forme de cuvette, ce qui est un cas fréquent dans les coteaux argilo-calcaires de la Haute-Garonne, cultiver perpendiculairement à la pente peut amplifier l'écoulement néfaste des eaux dans le point bas tout en provoquant une érosion dans le talweg. Si l'on adopte cette technique, il est alors indispensable de protéger tous les talwegs avec des chemins d'eau enherbés (water-ways).

Certains outils agricoles s'opposent à une telle orientation du travail : risque de renversement du tracteur sur fortes pentes, difficultés pour travailler avec les semoirs de précision ou avec certaines machines à récolter. Les moissonneuses batteuses usuelles ne peuvent plus circuler sur des pentes de 25 % et plus. Avec un semoir pneumatique, on peut toutefois semer en travers sur les pentes allant jusqu'à 12 %.

Notons que les façons culturales épousant les courbes de niveau sont efficaces contre le ruissellement tant qu'on ne dépasse pas une certaine longueur de pente en fonction de la déclivité (*tableau 5*) (Dupont, 1983, Mosimann, 1991). Plus la longueur de pente augmente, plus la quantité d'eau ruisselée augmente également ainsi que les risques d'érosion.

La limitation des traces de passage de roues

Les passages des engins agricoles tassent le sol et réduisent ainsi sa perméabilité. Si on ajoute que ces traces sont implantées, dans la quasi-totalité des cas, dans le sens de la plus grande pente, on observe là tout un réseau propice au ruissellement superficiel et à l'amorce rapide de rigoles d'érosion (Boiffin *et al.*, 1988).

Pour limiter ces phénomènes, il est conseillé d'utiliser, sur les zones sensibles, des pneus grand volume ou des roues-cages ou jumelées. Quant à l'utilisation des pneus basse-pression, préconisée pour limiter le tassement en profondeur, elle a un effet intense en surface. Le pourcentage de sol tassé est plus élevé.

La règle première reste cependant de n'intervenir qu'en sol ressuyé. La seconde règle est de combiner plusieurs machines pour réduire le nombre de passages et donc la pression exercée sur les sols. Enfin, équiper les machines et les tracteurs d'effaceurs de traces peut aussi réduire considérablement une érosion de ce type. (Mosimann, 1991).

La création de rigoles anti-érosives

C'est une mesure testée depuis le printemps 1997 par la Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne et la Chambre Régionale d'Agriculture de la Région Midi-Pyrénées. Il s'agit de creuser, à l'aide d'une rigoleuse (*photo 3*) des rigoles en travers de la pente (*photo 4*). Mises en place juste après le semis, ces rigoles espacées d'environ 100 m, empêchent ou freinent l'apport et l'écoulement de l'eau en excédent et permettent de l'évacuer latéralement vers un fossé hors du champ. Un contrôle permanent du bon état du fossé d'évacuation pour un bon écoulement de l'eau est aussi nécessaire. L'absence d'une bonne évacuation peut provoquer d'autres dégâts en aval des parcelles concernées.

Ces expériences de plein champ n'ont pas encore donné lieu à une étude systématique des effets. Mais sur le terrain, l'interception du ruissellement est bien visible et appréciée des agriculteurs. Cette mesure simple du contrôle du ruissellement est aussi pratiquée dans les rougiers de Camarés dans le département de l'Aveyron (Guillerm, 1994) ainsi qu'en Suisse où les rigoles de drainage sont tout simplement tracées à la charrue après semis (Mosimann, 1991).

Au niveau de l'aménagement des parcelles et du Bassin Versant

Dans un paysage d'openfield et de collines, les aménagements nécessaires pour maîtriser le ruissellement doivent aussi bien s'attacher aux questions du parcellaire (localisation, taille, forme) qu'aux éléments structurants de l'espace agricole (haies, chemins, fossés, talus).

La diminution de la taille des parcelles

Dans une étude de 1987, concernant l'érosion des coteaux argilo-calcaires de la région, le Bureau d'Etudes Rurales ADRET écrivait: "*la surface seuil d'apparition d'une incision sur le versant (chenal élémentaire) se situe autour de 10-15 ha et la longueur critique mesurée entre une crête et le point d'apparition du chenal est de l'ordre de 250 m*".

Différents auteurs (dont Poesen et Bryan, 1989) ont montré l'influence nette

- de la longueur de la pente sur le ruissellement et son rôle dans la formation des rigoles

- de la taille des parcelles et de leur pente en fonction des structures agraires rencontrées (openfield et bocage) (Papy, 1992). Cependant, ces études ont été réalisées dans des régions d'openfield situées dans un contexte de sols limoneux très battants (Pays de Caux et région Nord-Pas de Calais), sensiblement différent de celui argilo-calcaire des paysages de Midi-Pyrénées.

Dans la pratique, il faudrait rechercher un compromis entre :

- une dimension du parcellaire proche de la surface-seuil d'apparition d'une incision,

- une taille compatible avec les exigences de la mécanisation des travaux du sol et des traitements,

- une taille pour laquelle les charges fixes à l'hectare soient raisonnables.

Une mesure simple à mettre en œuvre consisterait à découper les parcelles les plus longues (> 500 m) en plusieurs parties et à y planter plusieurs cultures différentes. Mais pour pouvoir entreprendre une meilleure adaptation du parcellaire, il faut aussi tenir compte des chemins de desserte existants et des accès aux parcelles. La création de nouveaux accès n'est toutefois pas toujours aussi facile qu'on le souhaiterait.

La mise en place de dispositifs enherbés

"Le terme de "dispositif enherbé" recouvre toute surface en herbe, maintenue ou mise en place expressément, susceptible d'intercepter des écoulements de surface diffus ou concentrés" (CORPEN, 1997)

Les dispositifs enherbés sont des zones tampons parmi d'autres (haies, talus, prairies, bois, mares ou marais, bassins de décantation, etc.). Mais les surfaces en herbe ont l'avantage d'être mises en place rapidement, d'être relativement peu coûteuses et envisageables dans la majorité des situations. Elles ont une action sur le transfert de l'eau (ruissellement) des Matières En Suspension (MES) et des produits phytosanitaires, et par conséquent, sur l'érosion diffuse. La forte rugosité hydraulique de l'herbe ralentit l'écoulement et favorise la sédimentation des particules solides. Elle provoque aussi la rétention des substances chimiques qui par la suite sont fixées par l'humus et les débris végétaux.

Les dispositifs enherbés peuvent être mis en place à trois niveaux :

- dans les parcelles : implantées selon les courbes de niveau, elles divisent la parcelle en partie amont et en partie aval,

- en bordure aval de celles-ci, afin d'intercepter le ruissellement diffus avant la sortie de parcelle et avant la pollution d'un éventuel cours d'eau (*photo 5*),

- dans les vallons cultivés qui sont la voie de concentration des écoulements (water-way) (Ouvry, 1989).

Les résultats présentés au *tableau 6* sont intéressants mais peu transposables car obtenus dans un contexte breton de pluies peu érosives. De plus l'expérimentation citée portait sur l'érosion diffuse, uniquement sous blé et avec des parcelles amont de 50 mètres de longueur seulement.

Dans le cas des retenues collinaires de Haute-Garonne, les solutions rencontrées se limitent pour l'instant :

- à l'enherbement des rives du plan d'eau,
- ou à la reconversion des parcelles à risque important en prairie.

Compte tenu des problèmes rencontrés, il serait toutefois indispensable d'intégrer ces aménagements dans une réflexion

Tableau 6 - Exemples d'efficacité des bandes enherbées concernant le ruissellement et les transferts des particules (CORPEN, 1997)**Table 6** - Examples of efficiency of grassed strips on runoff and particle transfert

| | Site expérimental | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|-------------------|-----|-----|----------------------|----|------|-------------|----|----|
| | Bignan (93/94) | | | La Jaillière (93/94) | | | Piélo 94/95 | | |
| Largeur des bandes enherbées (en m) | 6 | 12 | 18 | 6 | 12 | 18 | 6 | 12 | 18 |
| Limitation du ruissellement (%) | 43 | 54 | 94 | 84 | 97 | 99,9 | 87 | 93 | 85 |
| Réduction du transfert des particules solides (%) | 85 | 100 | 100 | 98,9 | 99 | 99,9 | 91 | 97 | 98 |

anti-érosive concertée à l'échelle du bassin versant si nous souhaitons des résultats tangibles et efficaces.

Au plan de la conception et du dimensionnement de ces dispositifs, les essais réalisés (CORPEN, 1997) et les expériences recueillies auprès des agriculteurs du département montrent que la largeur de 5 m préconisée par les mesures agri-environnementales n'est pas suffisante. Le minimum semblerait être une bande de 10 mètres de large dans le cas d'un versant inférieur à 100 mètres et de 18-20 mètres dans le cas d'un versant supérieur à 100 m, avec dans les 2 cas des pentes supérieures à 10 %.

Cependant le dispositif enherbé dans la parcelle ne semble pas suffire pour supprimer le ruissellement concentré et l'érosion ravinante (expérimentation INRA en Lauragais, 2000, non publié à ce jour).

La constitution de bandes enherbées dans le talweg (waterway) convient aux talwegs peu évasés ou en pente supérieure à 1-2 %. Les essais réalisés en Pays de Caux (Ouvry, 1989) pour limiter l'arrachement sont très probants, à condition que l'implantation ait été particulièrement soignée.

D'après une estimation du Fonds de Gestion de l'Espace Rural (1995), le coût total d'implantation des bandes enherbées serait de 1 500 F/ha, en moyenne.

Jusqu'en 1998, les possibilités de financement étaient les mesures agri-environnementales, mises en œuvre dans le cadre d'accompagnement de la réforme de la PAC (règlement 2078/92). Actuellement, leur financement peut être de nouveau inscrit dans le cadre des contrats territoriaux d'exploitation (CTE) proposés par la nouvelle loi d'orientation agricole ou dans le cadre de la prime jachère PAC. Dans ce cas la surface enherbée peut être déclarée comme gel PAC, sous l'intitulé "gel vert" mais la bande doit avoir 20 m ou plus de largeur et une superficie de 0,3 ha ou plus.

Plantation de haies ou boisement

Avec l'agrandissement des parcelles et les multiples remembrements, "ce sont plus de 500 000 km de haies qui ont été rayées de la carte de France" (CRPF, 1995).

Mais aujourd'hui, dans le cadre d'une politique agri-environnementale, on redécouvre les multiples intérêts des haies et on subventionne le coût des nouvelles plantations.

La plantation de haies pour prévenir l'envasement des retenues collinaires peut être envisagée à deux niveaux :

- autour du lac, pour améliorer la stabilité des berges et jouer un rôle de filtre vis à vis des matières en suspension et des nitrates,

- dans le bassin versant, sur les limites de parcelles, les ruptures de pentes, les talus perpendiculaires à la pente, les cours d'eau et fossés, les bords de chemins et les lignes de crête de manière à obtenir un "maillage bocager" qui contribuera à réguler, capter ou guider le ruissellement.

Dans le cadre d'une politique spécifique de plantation d'alignements en Haute-Garonne, les agriculteurs peuvent bénéficier :

- d'un accompagnement technique assuré par le CRPF et la DDAF,
- d'une participation financière.

Le coût de revient d'une haie est d'environ de 25 F/m. linéaire (12,50 F pour les plants et 12,50 F pour le paillage plastique). Celui-ci est pris en charge par le Conseil Général, la Fédération des Chasseurs et le Ministère de l'Agriculture (Fonds Forestier National) qui fournissent gratuitement les plants et le plastique. L'agriculteur fournit la main d'œuvre et s'engage, en contrepartie, à entretenir les plantations.

Dans certains cas (zones trop pentues, parcelles à haut risque d'érosion, phénomènes de déprises) le boisement peut être envisagé. Selon les espèces choisies et les équipements nécessaires (protection gibier, pistes, fossés), les coûts varient de 13 000 à 25 000 F/ha (HT).

Contre un engagement à entretenir la plantation pendant 15 ans, des aides publiques peuvent être obtenues pour la plantation et l'entretien :

- bon de subvention (fourniture de plants gratuits),
- aides du contrat de plan Etat-Région (subventions allant de 60 à 75 % dans les zones prioritaires),
- prime annuelle à la compensation des pertes de revenu (1 575 F/ha/an).

Ajoutons qu'en openfield on peut aussi matérialiser la limite basse des parcelles par un talus planté qui devient un obstacle

susceptible de stocker de l'eau (Papy, 1992). Mais l'eau en excès devra être évacuée vers un réseau de circulation superficielle.

Mise en place de barrages, fossés, plis, mares ou talus

La lutte contre l'érosion passe aussi par la maîtrise des eaux de ruissellement dans toutes les parties du bassin versant. Divers ouvrages légers, plis et diguettes peuvent être envisagés au sein de la parcelle ou en limite de celle-ci pour retenir l'eau, au moins temporairement afin de provoquer des sédimentations de matières en suspension avant d'orienter judicieusement les eaux vers des réseaux organisés.

Dans le pays de Caux, des banquettes d'absorption-diffusion ont été installées selon le schéma proposé par HINDSON en 1982 (in DUVOUX, 1990). Il s'agit de petites banquettes implantées en courbes de niveau de quelques dizaines de mètres de part et d'autre du point où arrive le ruissellement concentré. Le talus aval doit être enherbée pour améliorer sa stabilité et permettre un filtrage de l'écoulement qui déborde par surverse. Ce dispositif permet un premier dépôt de sédiments avant filtrage et de substituer à un écoulement concentré un écoulement diffus, en nappe de faible épaisseur sur une plus grande largeur.

D'autres modèles existent pouvant aller jusqu'à la construction de digues en limite de parcelle sur l'axe de talweg créant ainsi une mare-tampon pour la sédimentation (Damay et Solau, 1991).

La réinstallation de haies en limite horizontale des parcelles devrait aussi permettre la réactivation de talus anti-érosifs pré-curseurs de pseudo-terrasses progressives.

Aménagements de la retenue

Inévitablement, des eaux chargées de matières en suspension vont arriver en tête de retenue par le cours d'eau ou le fossé d'alimentation. Les matériaux grossiers seront faciles à fixer juste en amont de la retenue en laissant se développer des plantes à fort enracinement. Ceci permet de stabiliser la plage d'épandage des matériaux, de ralentir les écoulements et de laisser les sédiments se déposer. Néanmoins, il faut veiller à maîtriser cette végétation qui a tendance à gagner en surface.

Dans la plupart des cas, on peut même envisager en amont la construction d'une diguette qui contribuera à stopper davantage d'éléments grossiers en augmentant la plage d'épandage. Mais la solution la plus efficace pour piéger les sédiments à l'entrée de la retenue semble être la création d'un bassin de décantation. Il s'agit d'un petit bassin creusé en amont de la retenue où le débit de l'eau est ralenti et les limons stoppés. Plusieurs maîtres d'ouvrage en ont déjà installé et sont très satisfaits des résultats obtenus (*photo 6*).

Nous recommandons de réaliser ce bassin dans le lit du

ruisseau en amont de la retenue en creusant dans le terrain naturel et en réalisant une pré-digue.

Une autre solution plus légère consiste à élargir le fossé d'arrivée d'eau sur quelques mètres. Le coût d'un bassin de décantation se chiffre à l'heure de pelle mécanique (≈ 400 F/h). Il faut compter une demi-journée de travail pour un bassin de 500 m³ environ.

Pour la protection de la retenue collinaire, on peut creuser des fossés perpendiculaires à la pente, le long des berges. Ces fossés secondaires permettent de dériver les écoulements amont.

QUEL PROGRAMME ET QUELS MOYENS POUR PROTÉGER LES RETENUES COLLINAIRES ?

Quelles que soient les incertitudes liées à la réforme de la Politique Agricole Commune et à la rentabilité économique de l'irrigation, il est indispensable, aujourd'hui, d'entretenir, de réhabiliter et de protéger les retenues collinaires.

Sur de nombreuses retenues, des travaux de réparation sont à effectuer. Mais pour l'ensemble des retenues, y compris celles en bon état, il faut envisager des programmes préventifs de lutte contre l'envasement et par-là même contre l'érosion. Si pour se garantir contre les envasements de plus en plus fréquents de leur retenue, les agriculteurs implantent des bassins de décantation à l'amont de celles-ci, cette protection ne peut résoudre le problème de l'érosion. Il faut donc chercher des solutions, en amont, dans des pratiques de culture et d'aménagement de l'espace. Or comme le notaient Papy et Souchère (1993) les conditions économiques aujourd'hui conduisent toujours les agriculteurs à avoir des logiques individuelles qui visent encore la production mais induisent des effets néfastes. Les aménageurs et animateurs doivent chercher des solutions techniques susceptibles d'être discutées et acceptées au sein d'un groupe d'agriculteurs pour entamer une gestion commune de l'espace agricole. Cette démarche va nécessiter des investissements importants. D'où la nécessité de prévoir un soutien technique et financier conséquent.

Pour répondre à cette demande de protection et de réhabilitation des retenues collinaires, il faut mobiliser les différents partenaires pour assister les maîtres d'ouvrage :

- la Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne,
- l'ADVA - Conseil Général,
- l'Agence de Bassin Adour-Garonne,
- le Conseil Général et le Conseil Régional.

Dans le cadre de son VII^e programme d'aide à la gestion quantitative de la ressource en eau pour 1997-2001, programme prolongé jusqu'en 2002, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne propose de contribuer au financement des gros travaux de remise en état et de curage des retenues collinaires.

Pour le VIII^e programme, en cours de préparation, qui prendra effet à partir de 2003, des contributions au financement pour les économies en eau seront accordées. Mais il n'est pas certain que des soutiens financiers substantiels soient encore attribués pour l'augmentation de la ressource. A ce stade de la préparation du programme, il est encore prématuré de dire sur quel budget (augmentation de la ressource en eau ou économie en eau) devront émarquer les remises en état et les curages des retenues déjà existantes. (D. Meillon, communication orale, 08/2000).

A ce stade de la réflexion, nous voyons qu'il est nécessaire d'élargir la problématique initiale, uniquement centrée sur l'état des retenues collinaires, au problème global de l'érosion hydrique, à l'échelle du bassin versant. La politique globale d'aménagement au niveau du bassin versant doit émaner d'une volonté concertée en terme d'aménagement du territoire et d'environnement. Nous l'avons déjà vu se développer dans d'autres régions aussi bien pour les problèmes d'érosion que pour ceux de la qualité de l'eau : exemple en Saône et Loire, en pays de vignoble (Foret, 1990), dans l'Oise à l'occasion du remembrement (ADEPRINA, 1990) ou encore en Pays de Caux où des actions sont conduites depuis plus de dix ans par l'AREAS.

La politique à mettre en place doit reposer sur deux grands objectifs correspondant à deux grands types d'actions à mener : des actions à court terme et des actions à long terme.

Dans l'immédiat, il convient :

- d'informer les propriétaires de la nécessité d'effectuer des travaux sur et autour des retenues collinaires,
- de les aider à mettre en place des actions de lutte contre le ravinement et les pièges à sédiment,
- de trouver des financements pour que ces travaux se réalisent.

A long terme, il s'agit de coordonner à l'échelle des bassins versants les différentes mesures anti-érosives évoquées. Ces mesures vont de la modification des pratiques culturales à la réalisation d'ouvrages anti-érosifs importants.

Les objectifs de cette politique à double échéance sont :

- d'une part, de pérenniser le parc de retenues collinaires en veillant à son bon entretien et en prévenant les désordres grâce à la mise en place d'une cellule de suivi et de conseils techniques,
- d'autre part, d'engager un travail à long terme visant à lutter de manière globale contre les problèmes d'érosion hydrique qui touchent les coteaux mollassiques, en incitant à une réflexion de fond sur les actions possibles par bassin versant.

Pour cela, il est indispensable que la demande émane de groupements locaux qui seront par la suite accompagnés ou encadrés par les aménageurs. Sans demande locale, on ne peut pas mettre en place une politique de bassin versant à long terme. Dans les contrats et projets de contrat de bassins en

cours avec l'Agence de l'eau Adour-Garonne, un volet "Érosion-qualité de l'eau" doit être développé au même titre que celui "pollution" ou "eutrophisation" comme cela se fait depuis plusieurs années en Bretagne (action Bretagne Eau Pure) et en Seine Maritime (Ouvry, communication orale).

Il est donc nécessaire de définir des lignes directrices communes en ce qui concerne la définition des objectifs généraux, les types d'actions à entreprendre, la nature et le montant des aides nécessaires, etc. Puis il faudra enfin les adapter à chaque bassin versant en fonction de ses particularités et de ses propres besoins.

Il est aussi nécessaire que tous les partenaires soient associés à l'élaboration du programme d'action. Si celui-ci émane d'une volonté politique forte, il doit être en mesure d'induire :

- la création d'un poste de conseiller en environnement, chargé des problèmes d'érosion,
- la contractualisation d'engagements définis dans un programme d'actions entre les différents partenaires.

La concrétisation et le succès d'une telle politique d'aménagement anti-érosive impliquent donc que les commanditaires (collectivités locales et territoriales, DDAF, DDE, Agence de l'Eau et organismes para-agricoles) disposent d'un agent permanent totalement affecté à la mise en œuvre du programme d'action.

La mission du conseiller en environnement est vaste. Il s'agit à la fois d'un travail de sensibilisation, d'animation et de coordination, très proche des actions de terrain.

En conclusion, on constate qu'à l'origine, les aménageurs n'avaient pas prévu l'envasement des ouvrages, tant dans la conception (absence de bassin de décantation, développement des cultures de printemps) que dans le choix du site (en aval des zones à risque d'érosion) fait sans précautions particulières. Pour les nouvelles implantations, il sera impératif de prendre ce problème en compte.

Pour les retenues collinaires existantes, la réalisation des mesures préconisées est sous la responsabilité de chacun des acteurs. Afin de les voir se mettre en place, il est indispensable d'établir une contractualisation à deux niveaux.

Pour que les actions aient un effet à long terme, il faudra établir un "contrat de bassin versant" qui liera les différents acteurs concernés. A partir d'un pré-diagnostic, ce contrat fixera les objectifs, définira les moyens pour les atteindre, établira un échéancier pour réaliser les aménagements et déterminera la nature et le montant des aides.

En outre, pour que certains aménagements puissent être réalisés malgré leur coût, il sera nécessaire de mettre en place une aide financière substantielle. Les Contrats Territoriaux d'Exploitation (CTE) qui se développent actuellement devraient permettre de trouver un cadre réglementaire et administratif pour contractualiser les actions de lutte contre l'érosion. Ce serait un moyen de valoriser, de faire connaître et de rémuné-

Planche 1 - Cartographie des retenues collinaires en Haute-Garonne (Subra -1999)

Planche 1 - Mapping of earth dams in Haute-Garonne

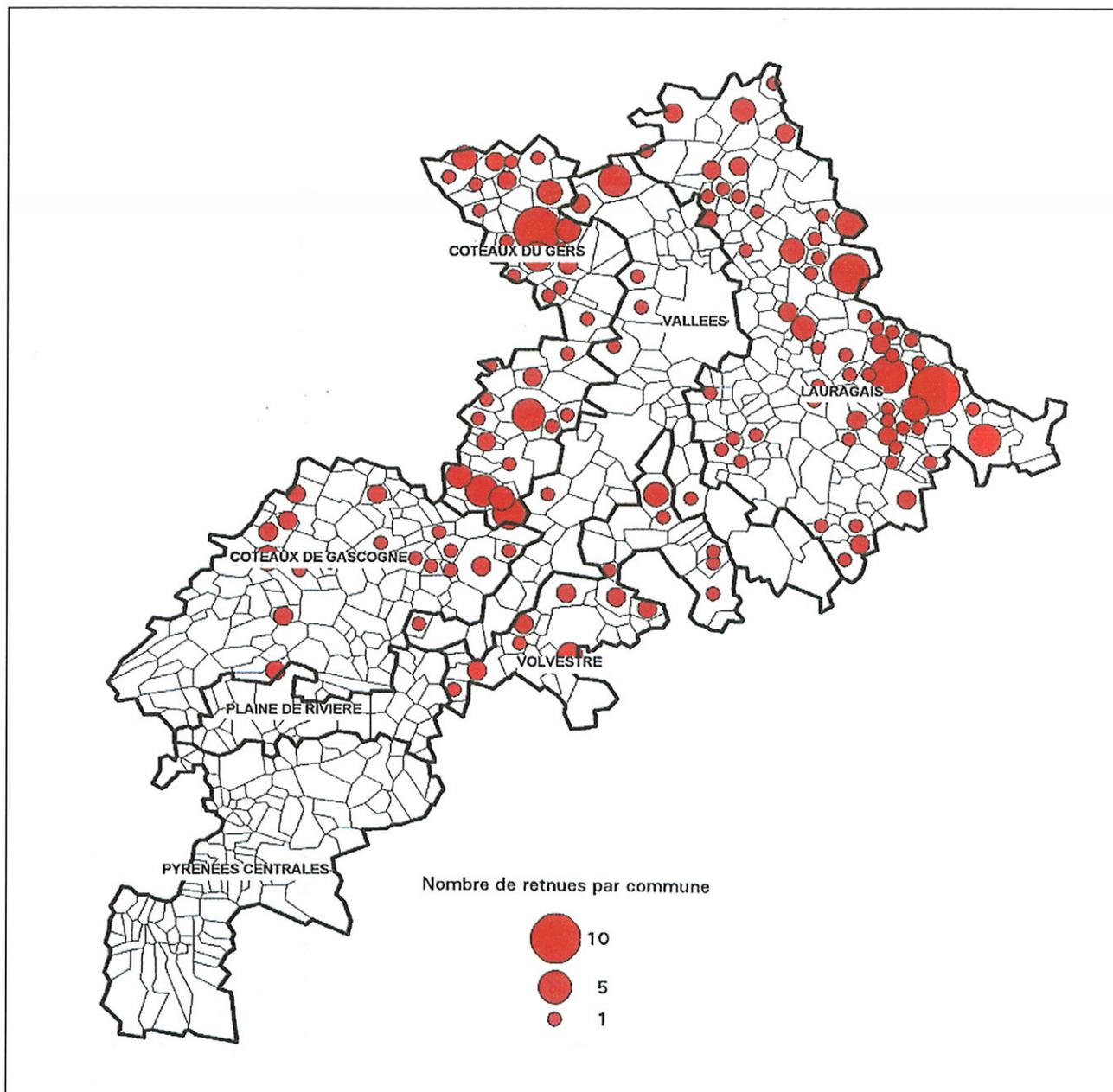


Photo 1 - Arrivée d'alluvions par le ruisseau en amont de la retenue collinaire (Lac de Pourciel à Miremont)
(photo M. Subra-Durand).

Photo 1 - Alluvial deposits by the rivulet upstream of earth dam (Pourciel Lac in Miremont).



Photo 2 - Comblement du bassin de décantation (orage du 4.07.1998) (Lac de Madere à Peguilhan)
(Photo M. Subra-Durand)

Photo 2 - Filling of settling basin (storm of 4.07.1998) (Madere lac in Peguilhan)



Photo 3 - Trancheuse - rigoleuse de fabrication artisanale (Photo X. Simion).

Photo 3 - Drain machine of artisanal manufacture.



Photo 4 - Tracé de rigole en travers de la pente (Photo X. Simion)

Photo 4 - Drain-laying across the slope.



Photo 5 - Bande enherbée en bordure aval de parcelle avec plantation de haies (bande plastique) pour intercepter le ruissellement avant la retenue collinaire (Photo P. Artero)

Photo 5 - Grassed strip in downstream border of plot with planting of hedges (plastic strip) to cut the runoff before the earth dam.



Photo 6 - Bassin de décantation avant la retenue collinaire (Photo P. Artero)

Photo 6 - Settling basin upstream the earth dam.



rer le travail des agriculteurs en faveur de l'environnement. Mais là encore, il faut rester vigilant car leur utilisation pourrait aboutir à l'effet inverse de celui que nous recherchons : par exemple, aider les exploitants à irriguer encore plus les terres en amont des retenues ou favoriser le développement de cultures "ruisselantes".

Ainsi dans ces cas, l'avenir dépendra là encore des commissions qui prendront les décisions.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos plus vifs remerciements à M. Pierre Guicherd, Directeur du Service Aménagement Rural à la Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne à Toulouse et à M. Didier Meillon, Ingénieur à l'Agence de l'Eau Adour Garonne à Toulouse pour le soutien qu'ils nous ont accordé tout au long de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- A.D.E.P.R.I.N.A., 1990 - "Remembrement et lutte contre l'érosion dans le département de l'Oise" Départ. de l'Oise, Conseil Général et Min. de l'Agriculture, 47 pp.,
- A.D.R.E.T., 1987 - "Maîtrise du ruissellement et de l'érosion hydrique des sols dans les coteaux du Sud-Ouest", Toulouse, 65 pp.
- Boiffin J., et Monnier G., 1991 - "Suppression du labour et érosion hydrique dans le contexte agricole français: bilan et possibilité d'application des références disponibles". Simplification du travail du sol, pp. 85-103, INRA, les Colloques n° 65.
- Boiffin J., Papy F. et Eimberck M., 1988 - "Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré 1. Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion". Agronomie, 8 (8), 663-673.
- Boudjemline D., 1987 - "Susceptibilité au ruissellement et aux transports solides de sols à texture contrastée, Etude expérimentale au champ sous pluies simulées", Thèse Doct. 3e cycle, Univ. d'Orléans, 264 pp.
- Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, 1994 - "Recherches de techniques culturales d'implantation limitant les risques d'érosion hydrique, Campagne 1993-1994". Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, Toulouse, 21 p. + annexes.
- Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, 1995 - "Recherches de techniques culturales d'implantation limitant les risques d'érosion hydrique, Campagne 1994-1995". Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, Toulouse, 27 pp. + annexes.
- C.O.R.P.E.N., 1997 - "Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés". Min. de l'Agriculture et de la Pêche, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 88 pp., Paris.
- Damay J. et Solau J.-L., 1991 - "L'érosion des sols cultivés en Picardie, Erlon (02) - Mise en place d'aménagements anti-érosifs". Chambre d'Agriculture de l'Aisne, Laon, 21 pp.
- Delauinois A., 1999 - "Diagnostic territorial sur l'érosion dans les exploitations agricoles, coteaux mollassiques du Sud-Ouest du Tarn". Chambre d'Agriculture du Tarn, 67 pp., Albi.
- Dupont P., 1983 - "L'érosion aux USA". Cultivar n° 160, pp. 49-50.
- Duvout B., 1990 - "Protection rapprochée des cours d'eau contre les effets de l'érosion des terres agricoles". CEMAGREF, Antony, Ministère de l'Environnement.
- Eimberck M., 1989 - "Facteurs d'érodibilité des sols limoneux: réflexions à partir du cas du Pays de Caux". Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol XV, n° 1-2, 81-94.
- Foret M., 1990 - "Erosion des sols et catastrophes naturelles, en pays de vignoble, exemple de la Saône et Loire". Chambre d'Agriculture de Saône et Loire, Macon, 28 pp.
- Guillerm C., 1994 - "Diagnostic de l'érosion pluviale dans les Rougiers de Camarés, propositions de pratiques anti-érosives". Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, Rodez, 51 pp.
- Herin S., Gras R. et Monnier G., 1969 - "L'amélioration de la stabilité structurale du sol". in Le Profil Cultural, 265-269, La Maison Rustique, Paris.
- Klein E., 1997 - "Les processus de l'érosion hydrique dans les coteaux du Sud-Ouest". Mém. f. ét., 50 pp. + annexes, ENSAR, INRA, Toulouse.
- Lafien J.M et Colvin T.S., 1981 - "Effect of crop residues on soil loss from continuous row cropping". Trans. of the ASAE, 24 (3): 605-609.
- Lautrin D., 1997 - "Vieillessement et pathologie des barrages en remblai dans le Gers". 141 pp., CEMAGREF, Bordeaux.
- Maillard A., Vacheron C. et Perrotet-Müller J., 1990 - "Lutte contre l'érosion du sol en grandes cultures par le semis sous litère". Revue Suisse Agric., 22 (4), 215-226.
- Monnier G., Boiffin J. et Papy F., 1986 - "Réflexions sur l'érosion hydrique en conditions et topographiques modérées: Cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'Ouest". Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. XXII n° 2, 123-131.
- Mosimann T., Maillard A., Musy A., Neyroud J.A., Ruttimann M. et Weisskopf P., 1991 - "Lutte contre l'érosion des sols cultivés". Programme nat. de rech., Utilisation du sol en Suisse, 187 pp. Bern-Liebefeld.
- Ouvry J.F., 1989 - "Effet des techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par ruissellement concentré, Expérience du Pays de Caux (France)", Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. XXV n° 1 et 2, 157-169.
- Papy F., 1992 - "Effets des structures agraires sur le ruissellement et l'érosion hydrique". Bull. Assoc. Géogr-Franc., 2, pp. 115-125.
- Papy F., 1992 - "Effets des structures agraires sur le ruissellement et l'érosion hydrique". Bull. Assoc. Géogr-Franc., 2, pp. 115-125.
- Papy F. et Souchère V., 1993 - "Control of Overland runoff and talweg erosion: a long managment approach". Farm Land Erosion: Intemperate Plains Environment and Hills, pp. 503-514, Wicherck editor, Elsevier S P.
- Poesen J. et Bryan R., 1989 - "Influence de la longueur de pente sur le ruissellement: rôle de la formation de rigoles et de crôtes de sédimentation". Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. XXV n° 1-2, 71-80.
- Rampon A., 1990 - "Erosion hydrique et sédimentation dans les barrages". Inf. techn. du CEMAGREF, n° 78, note 6, 8 pp.
- Revel J.-C., Coste N., Cavalié J. et Costes J.-L., 1990 - "Premiers résultats expérimentaux sur l'entraînement mécanique des terres par le travail du sol dans le Terrefort toulousain (France), Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. XXV n° 1-2, 111-118.
- Roose E., Revel J.-C. et Cavalié J., 1989 - "Erosion des sols, atelier 10". Forum régional du travail du sol, Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées, ITCF, pp. 369-411.
- Subra M., 1999 - "Lutte contre l'érosion des retenues collinaires en Haute-Garonne". Mém. f. études, ESAP et Chambre d'Agr. de la Haute-Garonne, Toulouse.