



24018 RM



Agence de l'eau
Rhin-Meuse



Institut National de la Recherche Agronomique

**Unité de Science du Sol
Versailles**

**RAPPORT DU CONTRAT
BO1492**

INRA – AGENCE DE L'EAU RHIN MEUSE

**ETUDE DU BILAN DE L'EAU DANS LE DOGGER
LORRAIN
IMPORTANCE DU SOL ET DE SON USAGE**

Daniel Tessier

Mars 2000

Avant propos

Ce rapport est le fruit d'un travail collectif auquel de nombreuses personnes ont collaboré.

F. Bigorre a été la cheville ouvrière de ce projet. Il a réalisé la prospection de terrain et coordonné l'encadrement des stagiaires. La partie modélisation des propriétés des sols repose sur les résultats acquis dans sa thèse.

Dans le cadre de son mémoire d'ingénieur de l'Institut Supérieur d'Agriculture de Lille, Annie Debuysse a effectué l'étude des sols de la partie nord du périmètre d'étude.

Vincent Damoy, ingénieur de l'ISA de Lille a commencé l'étude du bilan hydrique.

Dans le cadre de son DESS Géo-environnement préparé conjointement au CNAM et à l'Université de Paris Paris VI, Sandra Lorenzati a **finalisé** l'étude du bilan hydrique.

Andrée **Beaumont** a eu la charge de former les stagiaires aux mesures physiques et à la mise en forme des résultats.

Jean Pierre Gaultier a pris en charge la spatialisation des données et l'utilisation de systèmes d'information géographique.

Ce rapport est aussi le fruit d'une collaboration qui s'est instaurée entre le Centre de Pédologie Biologie et l'Université de Nancy avec la participation active de Francis Gras, initiateur du projet avec l'Agence de **l'Eau** Rhin-Meuse.

Nous devons à l'équipe d'écophysiologie forestière de Nancy et en particulier à André Granier une aide précieuse en matière de modélisation du bilan hydrique sous forêt, ainsi qu'à Richard Delécolle pour la modélisation du bilan hydrique sous culture.

Que tous soient remerciés.

PLAN

INTRODUCTION

Etude de la distribution et des propriétés des sols en fonction de leur usage.

I. CONTEXTE SPATIAL

II. DISTRIBUTION ET PROPRIETES DES SOLS

1. Définition d'une séquence topographique (toposéquence)
2. Distribution granulométrique des sols
3. Nature des sols, introduction de critères physico-chimiques.

III. PROPRIETES DE RETENTION D'EAU DES SOLS

1. La capacité d'échange paramètre intégrateur des propriétés
2. Influence de la CEC sur la rétention de l'eau à **-1,6 MPa**
3. Rétention de l'eau à la capacité au champ.

III. ROLE DE LA VEGETATION SUR LES PROPRIETES HYDRIQUES DES SOLS

1. Analyse physique du rôle de l'usage sur la rétention de l'eau
2. Estimation de la réserve utile

Bilan de l'eau et spatialisation des données

I. CONDITION D'UTILISATION D'UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

1. Saisie de la couverture pédologique
2. Saisie de la couverture météorologique
3. Acquisition de la couverture d'occupation du sol
4. Utilisation des modèles de bilan hydrique

II. PRE-TRAITEMENT DES DONNEES EN VUE DE LEUR UTILISATION DANS UN SIG

1. Regroupement des unités de sols
2. Classes de réserves utiles
3. Choix des années types
4. Pré-traitement de la couverture d'occupation des sols

III. CROISEMENT DES TROIS COUVERTURES ET ASSOCIATION DES DONNEES DE STICS ET BILJOUR

1. Croisement des trois couvertures sous **Arc/Info**
2. Carte de réserve utile.
3. Cartes de drainages
4. Signification des cartes des drainages
5. Evolution des stocks d'eau au cours de l'année
6. Critères de caractérisation des courbes de stock d'eau
7. Cartes du comportement des sols vis-à-vis de la réserve en eau
8. Carte des stocks d'eau les plus bas
9. Carte du lessivage des nitrates

IV. SCENARIOS DE BILANS DE L'EAU EN FONCTION DE L'USAGE DES SOLS

CONCLUSIONS

INTRODUCTION

De nombreuses régions de France sont confrontées à un grave problème qui ne fait que croître avec le temps : certaines nappes d'eau souterraines sont surexploitées et leur qualité chute du fait de nombreux polluants dus à l'activité humaine. Devant ces problèmes, il devient impératif de mieux comprendre et de mieux modéliser les processus qui régissent les transferts d'eau de l'atmosphère vers le sol et le **sous-sol**.

Suite à une prise de conscience collective amorcée par la loi sur l'eau de 1992, un projet de recherche a été lancé par l'INRA et l'Agence de l'**Eau** Rhin Meuse. Ce projet vise à étudier et à prévoir l'influence de l'usage des sols (cultures, forêts) sur leurs propriétés physiques, notamment les conséquences de la structure du sol sur la réserve en eau et le cycle de l'eau. Le secteur d'étude considéré est le Dogger du Bassin Parisien en Lorraine.

Dans cette zone, le problème est d'autant plus important que la nature calcaire du substratum géologique est propice à la karstification. Du fait que les temps de transfert atmosphère-nappe très courts et le volume des réserves faible, les nappes souterraines sont alors très dépendantes des phénomènes de surface, d'où leur grande fragilité.

Dans la reconstitution des nappes souterraines, le sol joue un rôle de filtre et de milieu tampon vis à vis des polluants, mais il constitue aussi un réservoir d'eau de volume très variable suivant sa nature pédologique et son épaisseur. Les caractéristiques hydriques des sols (notamment sa réserve en eau utile) sont des données de base de tout modèle de bilan hydrique utilisé pour simuler le cycle de l'eau. Pourtant, les propriétés hydriques des sols sont encore mal connues ou mal intégrées dans des modèles de prévision.

Dans ce contrat nous allons étudier les modalités d'alimentation en eau des nappes à partir d'un bilan de l'eau faisant intervenir les données du climat, le type de couverture végétale ainsi que la nature des sols.

Le travail a commence par une prospection pédologique. Cette première étape a ainsi permis de préciser ou d'affiner les grandes lois de distribution des sols à l'échelle du paysage, notamment entre le Nord (région de Metz) et le Sud (région de Nancy) du Dogger du Bassin Parisien.

Les travaux ont ensuite porté sur les propriétés des sols en fonction de leur usage (culture, forêt). Des situations types ont été recherchées afin de comparer deux à deux des sols présentant des développements pédologiques similaires mais sous des couverts végétaux et des types d'usage différents à savoir des sols cultivés et des sols forestiers.

Sur des échantillons prélevés dans chacune des situations et pour les principaux types de sols développés sur le Dogger, une étude détaillée des propriétés physiques a été réalisée au laboratoire et ce, afin de définir le poids de différents paramètres dans la réserve en eau des sols.

Les données obtenues sur des profils ont par la suite été intégrées dans un système d'information géographique. La modélisation du bilan hydrique a été réalisée en superposant des données sur la rétention de l'eau relatives aux unités de sols en tenant compte de l'occupation des sols (cultures, prairies), ainsi que des données relatives à la pluviométrie et à l'évapotranspiration. Des scénarios de bilan hydrique ont été établis afin de prévoir les quantités drainées vers les nappes souterraines (période hivernale) et les niveaux de sécheresse atteints par le sols du fait de la végétation (période estivale). Ces scénarios ont porté sur trois années types à savoir sèche, humide et moyenne.

Ce rapport sera présenté en deux grandes parties :

1. Une étude de la distribution et des propriétés des sols en fonction de leur usage,
2. Une étude du bilan de l'eau à l'échelle régionale incluant des scénarios d'évolution de l'usage des sols sur le bilan de l'eau.

CONCLUSIONS

Les sols situés sur les plateaux du Dogger lorrain sont souvent dotés d'une réserve en eau faible. Ceci explique la fragilité des nappes souterraines et l'importance de bien comprendre les processus de transferts de l'eau de la plante, au sol, jusqu'au sous-sol pour mieux gérer les activités humaines de surface.

Une première phase de cette étude a été consacrée à l'acquisition et à la saisie des paramètres pédologiques, météorologiques et d'occupation des sols, dans le but de les intégrer dans un système d'information géographique et de les croiser. Une seconde phase de travail a consisté à croiser des données et à les incorporer dans des modèles de bilans hydriques afin de réaliser des cartes thématiques.

Sur l'ensemble des plateaux du Dogger la distribution des sols à l'échelle du paysage suit une loi similaire, c'est à dire du nord et au sud de la zone et de Nancy à Metz. Suivant que les sols se trouvent au centre ou à la périphérie des plateaux, leur développement pédologique varie. Il en résulte que leur épaisseur peut aller de 10 cm à plus de 100 cm. Simultanément, leur pH peut varier de **4,5** pour les sols épais et présentant une accumulation d'argile en profondeur à environ **8,3** pour les sols peu épais et calcaires.

Un échantillonnage représentatif des différents sols a permis de préciser leur réserve en eau utile pour les plantes. Dans cette étude, la densité apparente du sol, obtenue sur des échantillons non remaniés, a été utilisée afin de prévoir la rétention de l'eau à la capacité au champ. La prise en compte de la capacité d'échange en **cations** (CEC) du sol a permis d'évaluer la rétention de l'eau au point de flétrissement.

Par différence entre la teneur en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement nous avons déduit la réserve utile avec une précision bien supérieure à celle qui est déduite des analyses granulométriques et de la teneur en matières

organiques, approche la plus courante en science du sol et en bioclimatologie. La réserve utile a été déterminée pour les grandes unités de sols.

L'originalité de cette étude a été de tenir compte de l'usage des sols dans leur réserve utile. Nous avons montré que la réserve utile des sols cultivés est systématiquement inférieure à celle des sols forestiers. Cette évolution correspond à densification systématique des sols cultivés par rapport aux sols forestiers qui peut se produire jusqu'à 1 m de profondeur.

Une modélisation du bilan de l'eau sur ces 40 dernières années a mis en évidence que les sols cultivés subissent des niveaux de dessiccation plus importants et de plus longue durée que les sols forestiers. En conséquence, la réserve hydrique des sols cultivés est en moyenne de 20% inférieure à celle des sols forestiers et leur densité est supérieure de ~~45%~~ **46%**.

L'utilisation conjointe de deux modèles de bilan hydrique développés à l'INRA à savoir STICS et BILJOUR, respectivement sous culture et sous forêt, a permis de dresser une carte des réserves utiles tenant compte de l'usage. Les quantités drainées vers les nappes souterraines dépendent en premier lieu de l'année climatique selon qu'elle est sèche ou humide. En deuxième lieu, le type de sol explique une bonne partie des quantités drainées surtout les années sèches. Dans nos modélisations, les plantes cultivées prélèvent systématiquement plus d'eau, notamment en raison de leurs besoins en eau supérieurs.

Cette étude a permis de localiser les zones de grande fragilité vis-à-vis des activités humaines de surface. Elle donne la possibilité de connaître non seulement les zones de drainages préférentiels, zones fragiles vis-à-vis des pollutions, mais également les zones de sécheresse préférentielle, zones fragiles vis-à-vis d'un pompage excessif, par exemple. La gestion de ces zones nécessite une attention particulière, notamment lors de changement d'occupation des sols, par exemple si l'on décide de remplacer une partie de forêt par des cultures. Cette étude est donc une porte ouverte à la réalisation de **scénarii** d'évolution.

Au total, cette étude met en évidence l'importance de l'occupation du sol sur des paramètres tels que le drainage de l'eau du sol vers les nappes ou l'évolution annuelle de la réserve en eau du sol. Des développements ultérieurs sur la qualité des eaux en relation avec le type de sol et son usage, étendus à d'autres zones d'étude, semblent prometteurs. Ils devraient permettre de confirmer, valider et **affiner** les concepts et les résultats développés dans cette étude.

Il est clair que cette étude ouvre la voie à d'autres travaux, notamment la prise en compte des propriétés des sols et de la végétation dans les modèles hydrologiques. Ceci permettrait d'aboutir à des prévisions de recharge des nappes beaucoup plus précises que celles habituellement prise en compte en supposant que la couverture pédologique et de la végétation sont homogènes.