

Record Number: 12570
Author, Monographic: Haidar, A./Cluis, D./Quentin, M E.
Author Role:
Title, Monographic: Apport de la géomatique pour localiser les zones à risque de pollution du Loiret et de la rivière Boyer
Translated Title:
Reprint Status:
Edition:
Author, Subsidiary:
Author Role:
Place of Publication: Québec
Publisher Name: INRS-Eau
Date of Publication: 1996
Original Publication Date: Juin 1996
Volume Identification:
Extent of Work: x, 144
Packaging Method: pages incluant 2 annexes
Series Editor:
Series Editor Role:
Series Title: INRS-Eau, rapport de recherche
Series Volume ID: 450
Location/URL:
ISBN: 2-89146-437-0
Notes: Rapport annuel 1996-1997
Abstract: Rapport rédigé pour le ministère de l'Environnement (France)

40.00 \$

Call Number:

R000450

Keywords:

rapport/ ok/ dl

**APPORT DE LA GÉOMATIQUE POUR
LOCALISER LES ZONES À RISQUE DE
POLLUTION DU LOIRET ET DE LA
RIVIÈRE BOYER.**

**APPORT DE LA GÉOMATIQUE
POUR LOCALISER LES ZONES À RISQUE DE POLLUTION
DU LOIRET ET DE LA RIVIÈRE BOYER.**

Rapport final
rédigé à l'attention de

Monsieur Jacques Varet,
Chef du Service de la Recherche et des Affaires Économiques,
Direction Générale de l'Administration et du Développement
Ministère de l' Environnement (France)
20 Avenue de Ségur 75302 Paris Cedex 07 SP.

par

Abdin Haidar
Daniel Cluis
Emmanuelle Quentin

Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau
2800, rue Einstein, Case postale 7500, SAINTE-FOY (Québec), G1V 4C7

Rapport de recherche N° R-450

Juin 1996

REMERCIEMENTS

Ce projet a pu être initié grâce à **Monsieur J.C. OPPENEAU** de la *Direction de la Recherche et des Affaires Économiques et Internationales (DRAEI)* au *Ministère de l' Environnement (France)*.

Il a pu s'enrichir des conseils du **Professeur Pierre GILLARDOT** de l'*Université d'Orléans*, venu effectuer un séjour à l'INRS-Eau durant l'été 1995 en tant que directeur de thèse de Monsieur Abdin Haidar.

Côté québécois, le soutien de **Monsieur Roberge MICHAUD** de la *Direction de l'Environnement et du Développement Durable* au *Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ)* a permis une collaboration prometteuse dans l'échange des données relatives au bassin versant de la rivière Boyer.

L'intérêt d'*Environnement Canada* s'est manifesté par l'appui de **Madame Sylvie CÔTÉ** de la *Direction des Affaires Internationales* au volet concernant le bassin de la rivière Boyer inscrit dans le cadre des études du programme Saint-Laurent Vision 2000.

RÉSUMÉ

Le terme récent de géomatique englobe plusieurs technologies informatiques: cartographie numérique, systèmes d'information géographique (SIG), ... Une présentation rapide de ces outils souligne leur spécificité de géoréférencage qui permet des superpositions de données multi-sources et des analyses et modélisations spatiales.

L'application géomatique abordée dans ce document concerne une problématique environnementale mise en évidence depuis peu: la contamination des eaux de surface par des sources non ponctuelles d'origine agricole. On constate que la modélisation de ce phénomène de nature diffuse doit tenir compte de la variabilité spatiale de plusieurs paramètres en cause: précipitations, type de sol, type de couverture du sol, pratiques agricoles (élimination des fumiers et lisier par épandage, application d'engrais, conservation des sols par délimitation de bandes riveraines de protection, ...).

Or, le drainage des éléments nutritifs dans un bassin versant est généralement simulé par transfert de charges d'une cellule à l'autre de l'espace discrétisé. Les systèmes d'information géographique les mieux adaptés à ce type d'algorithme sont basés sur le format matriciel (SPANS, IDRISI). Afin d'en illustrer l'intérêt, deux études de cas sont présentées. L'une concerne la région française du Loiret, où l'acquisition de données et la structuration de la base a requis la majorité des efforts du fait du volume et de la diversité de format des informations disponibles. L'autre se penche sur une zone moins étendue, le bassin versant de la rivière Boyer au Québec, où la base de données était au départ plus complète. Les analyses spatiales effectuées vont du simple calcul de superficies à des opérations plus complexes de cumul de distances de drainage et de modélisation de l'érosion d'après l'équation universelle de perte de sol, en passant par les fonctions classiques dans les SIG de superposition de couches et combinaison de variables localisées et attributs aspatiaux. Les résultats obtenus s'avèrent utiles en particulier pour cibler des zones potentiellement génératrices de pollution où il faudrait intervenir prioritairement. Dans un contexte de gestion de la ressource eau, des simulations selon divers scénarios de meilleures pratiques agricoles pourraient fournir des pistes de solution à envisager. Une estimation objective de la qualité d'une carte produite reste encore un défi géomatique important, qui limite la fiabilité des résultats quantitatifs.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|-----|
| REMERCIEMENTS | v |
| RÉSUMÉ | vi |
| TABLE DES MATIÈRES | vii |
| LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS | x |
| INTRODUCTION | 1 |
| 1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE | 2 |
| 2 GÉOMATIQUE ET CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUE | 5 |
| 2.1 Un SIG, qu'est ce que c'est ? | 5 |
| 2.2 Usages actuels des SIG | 5 |
| 2.2.1 Cartographie numérique | 5 |
| 2.2.2 Modélisation intégrée | 6 |
| 2.2.3 Difficultés et faiblesses actuelles des SIG | 6 |
| 2.2.4 Les sources d'information des SIG | 7 |
| 2.2.5 La saisie des données | 7 |
| 3 LA PROBLÉMATIQUE DES SOURCES DIFFUSES AGRICOLES | 9 |
| 4 ÉTUDE DE CAS | 10 |
| 4.1 Le Loiret en France | 10 |
| 4.1.1 Délimitation de l'espace choisi | 10 |
| 4.1.2 Profil physique | 10 |
| 4.1.2.1 Relief | 10 |
| 4.1.2.2 Géologie | 10 |
| 4.1.2.3 Pédologie | 11 |
| 4.1.2.4 Climatologie | 12 |
| 4.1.2.5 Hydrologie | 12 |
| 4.1.2.6 Hydrogéologie | 13 |
| 4.1.3 Profil socio-économique | 13 |
| 4.1.3.1 Démographie | 13 |
| 4.1.3.2 Activité agricole | 13 |
| 4.2 Le bassin de la rivière Boyer au Québec | 14 |
| 4.2.1 Description générale du bassin | 14 |
| 4.2.1.1 Profil physique | 14 |
| 4.2.1.2 Profil socio-économique | 15 |
| 4.2.1.3 Qualité de l'eau | 16 |
| 4.2.1.3.1 Usages de l'eau | 16 |
| 4.2.1.3.2 Stations de mesure | 16 |
| 4.2.1.3.3 Interventions d'assainissement | 17 |
| 4.2.2 Étude géomatique | 18 |
| 4.2.2.1 Objectifs visés | 18 |
| 4.2.2.2 Intégration des données dans un SIG | 18 |
| 4.2.2.2.1 Matériel et logiciels | 18 |
| 4.2.2.2.2 Structure des données | 19 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 4.2.2.3 | Traitements effectués | 21 |
| 4.2.2.3.1 | Analyses spatiales | 21 |
| 4.2.2.3.2 | Modélisation et simulations | 21 |
| 4.2.2.4 | Présentation et analyse des résultats | 22 |
| 4.2.2.4.1 | Analyse spatiale des données de base | 22 |
| 4.2.2.4.2 | Modèle de bilan agronomique | 22 |
| 4.2.2.4.3 | Modèle d'érosion | 23 |
| 4.2.2.4.4 | Modèle de drainage | 24 |
| 4.2.2.5 | Interprétation et discussion des résultats | 27 |
| 4.2.2.5.1 | Interprétation | 27 |
| 4.2.2.5.2 | Limites et faiblesses méthodologiques | 27 |
| 4.2.2.5.3 | Développements recommandés | 28 |
| CONCLUSION | | 29 |
| RÉFÉRENCES | | 30 |
| ANNEXES | | 31 |
| A/ | CARTES ET FICHES LOIRET | 33 |
| a/ | Carte départementale de la France | 33 |
| b/ | Carte départementale du bassin Loire-Bretagne | 35 |
| c/ | Carte de base du bassin Loire-Bretagne | 37 |
| d/ | Carte de l'écoulement du bassin Loire-Bretagne (sous-secteurs hydrogr.) | 39 |
| e/ | Carte départementale de la région Centre | 41 |
| f/ | Carte de base de la région Centre | 43 |
| g/ | Carte de base du département du Loiret | 45 |
| h/ | Carte des régions naturelles du Loiret | 47 |
| i/ | Carte géologique du Loiret | 49 |
| j/ | Carte d'occupation du sol du Loiret | 51 |
| k/ | Carte des précipitations annuelles du Loiret (moyenne 1951-1980) | 53 |
| l/ | Carte des précipitations du Loiret (année 1994) | 55 |
| m/ | Carte pédologique du Val de Loire | 57 |
| n/ | Carte communale du Val d'Orléans | 59 |
| o/ | Carte cantonale du Val d'Orléans | 61 |
| p/ | Carte communale du Loiret | 63 |
| q/ | Carte de la population du Loiret (1975) | 65 |
| r/ | Carte de la population du Loiret (1982) | 67 |
| s/ | Carte d'arrondissement du Loiret | 69 |
| B/ | CARTES ET FICHES BOYER | 71 |
| a/ | Cours d'eau et lac | 71 |
| b/ | Bassins versants | 73 |
| c/ | Altitudes | 75 |
| d/ | Carte des sols | 77 |
| e/ | Carte d'occupation du sol | 82 |
| f/ | Municipalités | 84 |
| g/ | Exploitations agricoles | 86 |
| h/ | Bilans en azote et en phosphore | 93 |
| i/ | Modèle d'érosion | 96 |
| j/ | Modèle de drainage | 100 |

| | | |
|------|---|-----|
| k/ | Résultats non cartographiques | 102 |
| i/ | Calculs de superficies avec le module AREA | 102 |
| ii/ | Calculs de superficies croisées avec le module CROSSTAB | 103 |
| iii/ | Calculs agrégés avec le module EXTRACT | 104 |
| iv/ | Histogramme | 104 |
| v/ | Exemple de commande SQL | 104 |
| vi/ | Tableau complet des informations sur les municipalités | 105 |
| l/ | Diaporama | 106 |
| m/ | Article publié (en anglais) | |
| n/ | Fiche de description technique du logiciel IDRISI pour Windows (en anglais) | |

LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

- CPVQ : Conseil des Productions Végétales du Québec
- Ko : kilo-octet (2^{10} octets \approx mille octets)
- Mo : méga-octet (2^{20} octets \approx 1 million d'octets)
- MAPAQ : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- MEF : Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec
- MNA : Modèle Numérique d'Altitude
- MRN : Ministère des Ressources Naturelles du Québec
- SIG : système d'information géographique
- UPA : Union des Producteurs Agricoles

INTRODUCTION

Le présent travail est issu de discussions ayant eu lieu en 1992 entre le Centre Saint-Laurent d'Environnement Canada (CSL) et le Ministère Français de l'Environnement. Au Canada, le CSL était un pionnier dans l'application de la Géomatique au domaine des Sciences de l'eau, et les Agences de l'Eau françaises commençaient à s'équiper pour utiliser cette nouvelle technologie de l'information. Il s'agissait à l'époque de monter un projet franco-canadien qui permettrait un échange de données et une comparaison des méthodologies utilisées. Suite à des restrictions budgétaires au Canada, le projet n'a pu être finalisé, mais le Ministère Français de l'Environnement a décidé d'aller de l'avant en finançant seul le séjour à l'INRS-Eau d'un étudiant au doctorat en géomatique, Monsieur Abdin Haidar, dirigé par le Professeur Pierre Gillardot de l'Université d'Orléans. L'amplitude du projet a donc été réduite en fonction des moyens disponibles.

L'objectif général de cette étude est de démontrer l'intérêt que présentent les Systèmes d'Information Géographique (SIG) à base cellulaire pour l'évaluation de la pollution de source diffuse et l'identification de solutions potentielles. Concrètement, le projet consiste en une intégration des données de base de deux bassins agricoles pour servir de point de départ à une analyse spatiale de la vulnérabilité des eaux de surface, selon des problématiques spécifiques aux milieux concernés.

1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Les ressources en eau font face à des défis de plus en plus importants. De toute part, les risques de pollution se font plus forts, et les nuisances plus prononcées.

Or, parmi les technologies récentes, la géomatique a pris un essor considérable durant ces dix dernières années, dans la lignée des outils de cartographie assistées par ordinateur (CAD). Avec l'augmentation de puissance des ordinateurs, il est devenu possible de stocker et de traiter grandes banques d'information (entités géographiques et bases de données associées) sur des petits ordinateurs, essentiellement de type PC (sous DOS ou Windows) et des stations de travail UNIX (SUN, RISC, APPOLO etc.). Cette nouvelle capacité offre des perspectives novatrices pour la gestion du territoire et particulièrement pour les problèmes d'environnement, bien que la multiplicité des intervenants administratifs puisse poser certains problèmes d'accès aux données qui seront évoqués plus loin.

Le but principal de ce travail est de prouver avec des arguments pertinents l'efficacité de l'usage de la Géomatique comme technologie nouvelle pour mettre en évidence les zones sensibles à la pollution d'origine diffuse agricole. Dans le cadre de cette étude, nous voulons développer un outil interactif d'aide à la décision en matière de protection des eaux de surface, et finalement élaborer un modèle relationnel permettant d'évaluer de façon plus complète les risques de pollution d'origine diffuse agricole dans le Loiret - la Loire en France, et la Boyer - le Saint-Laurent au Canada.

L'approche conventionnelle pour définir les méthodes, les interventions et les décisions applicables aux divers problèmes de la localisation des zones à risque de pollution des ressources en eau en France (la Loire) et au Canada (le St-Laurent) est basée sur la mise en relation mathématique d'un critère de pollution cible avec les usages de ces ressources en eau. Les techniques actuellement utilisées présentent des faiblesses importantes. La mise en inter relation des informations susceptibles d'influencer la qualité de l'eau fluvial est très laborieuse, à cause, entre autres, de la complexité et du nombre des informations multisources à mettre en relation. Or cette approche de modélisation d'un système naturel est difficile pour les raisons suivantes:

- 1- Complexité associée à la diversité de la nature et de la composition des critères de pollution de ces ressources en eau.
- 2- Complexité associée à la diversité des usages de ces ressources en eau;

- 3- Complexité associée à l'évolution de certain critère de pollution.
- 4- Complexité associée à l'interaction des ces nombreux critères de pollution.

Dans le contexte réel de gestion, la prise en compte de ces éléments résulte en un processus d'évaluation itératif, long et fastidieux, il faut alors utiliser des nouvelles technologies (la géomatique, la télédétection, etc), pour localiser les zones a risque de pollution et pour développer des systèmes d'aide à la décision en matière de la protection de l'environnement fluvial.

La méthode consiste à définir un liste exhaustive des différentes couches d'information susceptibles d'influencer la localisation des zones à risque de pollution diffuse d'origine agricole sur le val d'Orléans - Loire - France et le sous bassin de la Boyer - Saint-Laurent Canada, puis de fixer les limites supérieures et inférieures de la gamme d'extension de ces couches et attribuer une valeur à chacune des classes ainsi définies.

Chaque série de données thématiques est intégrée sur des planches différentes dans le système à référence spatiale. De cette façon, chaque thème a sa propre banque de données. Il est alors possible de visualiser chacune des cartes thématiques séparément, une comparaison avec les cartes thématiques déjà existantes étant alors possible.

Un fois que toutes les informations sont colligées sous format numérique dans le système à référence spatiale, les possibilités de manipulation de celles-ci sont considérables. Ainsi, la superposition, la mise en classe et les corrélations multivariées des données thématiques numériques deviennent désormais beaucoup plus faciles à effectuer.

L'importance et le poids de chaque couche sont variables suivant le contexte étudié. Ainsi la pollution par les nitrates constitue une couche primordiale en région agricole bordant de la Loire et Saint-Laurent, alors qu'elle a relativement peu d'importance en région industrielle.

La méthode consiste donc à constituer une base de données-images satellitaires, puis à croiser ces couches élémentaires en combinant les poids et les valeurs attribuées, pour obtenir des cartes résultantes différentes selon les couches combinées et les poids accordés.

Donc l'idée générale de la méthode est de croiser de manière systématique et répétitive un plan informatif (fix) constitué par les facteurs "sol, distances, hydrologie, etc," avec un plan évolutif constitué par le facteur "occupation du sol par exemple..", obtenu grâce aux satellites, camera-vidéo, et photos-aériennes.

Pour être complète, une base de données doit contenir toutes les données jugées indispensables pour la réalisation d'une application. Elle doit aussi prendre en compte une quatrième dimension, celle du temps afin de permettre de suivre l'évolution des phénomènes (l'analyse spatio-temporelle, l'approche temporelle de l'espace et, éventuellement, la modélisation dynamique).

La localisation des zones à risque de pollution et l'impact socio-économique et environnemental de la pollution exigent l'utilisation de données illustrant la situation actuelle, passée et même, dans certains cas, future, si l'on souhaite établir des scénarios...

2 GÉOMATIQUE ET CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUE

2.1 Un SIG, qu'est ce que c'est ?

Un système d'information géographique est constitué par un ensemble de données numériques de deux types stockées sur ordinateur:

- des entités géographiques (points, lignes, polygones etc.) **géoréférencées**, c'est à dire dont la position est définie de façon unique dans un système de référence quelconque (longitude-latitude, UTM, Lambert, Mercator etc.)
- des bases de données constituant des attributs des entités auxquelles elles sont liées.

La partie logicielle du SIG lui-même assure le stockage cohérent, la gestion et l'analyse de ces données ainsi que la visualisation des données et des résultats.

Il existe deux grandes familles de SIG: les SIG à base vectorielle et les SIG à base de mailles (matrice, tétrarbre, raster, quadtree). Même si initialement ces deux classes de systèmes étaient bien différenciées dans leurs capacités à résoudre des problèmes, les deux systèmes ont tendance à être combinés; en effet, les systèmes à base vectorielle comme ArcInfo ont développé des modules de traitement par maille (ArcGrid), et les systèmes à base de maille (IDRISI, SPANS) offrent des modules de traitement vectoriel. Toutefois, c'est dans les modules d'analyse spatiale que les fonctionnalités restent le plus différenciées; c'est pourquoi nous avons décidé, dans ce projet, d'utiliser des systèmes à base raster qui nous paraissent plus adaptés à traiter des problèmes de pollution diffuses à l'échelle du bassin versant.

2.2 Usages actuels des SIG

Les SIG sont dans une phase de développement et leur bon usage, ainsi que les erreurs à éviter, ne sont pas encore codifiés; pourtant on peut noter deux grandes tendances dont le présent rapport est le reflet.

2.2.1 Cartographie numérique

La cartographie numérique a migré progressivement de la cartographie assistée par ordinateur (CAD) vers les SIG en essayant de maintenir ses objectifs qui sont de produire des cartes thématiques sur papier en maintenant les standards de la cartographie concernant les couleurs, les symboles, les légendes etc. Dans ce contexte, la géomatique présente des facilités de mise à jour et d'analyse spatiale (recherche booléenne, statistiques..) que la cartographie assistée par ordinateur n'offrait pas. Par exemple les palettes de couleurs d'une reclassification sont

importantes aux géographes-cartographes et exigent des manipulations particulières à l'intérieur d'un SIG.

2.2.2 Modélisation intégrée

Pour les études de vulnérabilité, le SIG propose un outil intégrateur permettant de stocker l'information de façon cohérente. Les couches ainsi créées permettent, sous forme raster d'être lues directement par un "modèle" mathématique pour effectuer des traitements spécialisés (trop spécialisés pour faire partie des primitives de l'algèbre spatiale d'un logiciel commercial). Les résultats générés sont produits dans un format compatible avec le SIG permettant leur réintégration ultérieure dans le système. D'une certaine façon, les couches d'information du SIG jouent le rôle des tables de données stockées sous forme de "DIMENSION" dans un programme écrit en Fortran.. Cet interfaçage des modèles et des SIG est en plein essor, et un exemple concernant le drainage gravitationnel (le fléchage symbolique des directions de l'écoulement de l'eau à la surface du sol) sera proposé sur un des bassins versants étudiés.

On voit que la finalité des deux approches n'est pas la même, et les moyens à mettre en oeuvre sont donc différents.

Les SIG sont des outils puissants mais dangereux. Combiner des cartes d'époques et d'échelles différentes peut créer de l'information fictive. Par exemple, une carte d'utilisation du sol déduite d'une image satellitaire de résolution 30 m combinée à une carte pédologique grossière produit une couche de résolution apparente de 30 m, non compatible avec l'imprécision du relevé pédologique.

2.2.3 Difficultés et faiblesses actuelles des SIG

En général, on peut dire qu'une des faiblesses actuelles, objet de nombreuses recherches sur l'algèbre spatiale des ensembles flous, est l'incapacité des systèmes actuels à associer des incertitudes (géométriques et numériques) aux couches d'information spatiale, et donc à suivre la propagation des erreurs et incertitudes dans les différentes opérations algébriques.

Une autre limitation des systèmes est l'incapacité d'introduire facilement la quatrième dimension, l'évolution temporelle dans l'analyse. Si les entités géométriques ne changent pas, l'évolution temporelle des bases de données peut être prise en compte par des "versions" datées des attributs numériques.

2.2.4 Les sources d'information des SIG

De plus en plus, les instituts de cartographie (IGN, en France, MRN au Québec) produisent, à côté des cartes papier traditionnelles des cartes numériques vendues par couches individuelles et il est clair que ces informations devraient fournir l'information de base, la carte-maîtresse de référence permettant d'intégrer les informations d'autres sources au début d'un projet. Il n'en est toutefois pas ainsi dans la pratique actuelle pour les raisons suivantes :

- ces cartes numériques sont l'objet d'un copyright qui empêche leur transmission à d'autres intervenants différents du détenteur originel;
- dans la lignée de la rentabilisation des activités de production, ces Instituts doivent de plus en plus autofinancer leurs activités et les couches sont vendues et vendues très cher: au Québec, une scène au 1/20 000 (7.5' x 15' soit 14 par 28 km) est vendue près de 500 \$ pour une couche d'information; au Canada une scène au 1/50 000 (15' x 30' soit 28 x 56 km) revenait à 540 \$ par couche d'information topographique en 1994; de même, une scène LANDSAT TM couvrant 185 x 172 km coûte 2400 \$ pour trois canaux, et une scène SPOT de 80 x 60 km coûte 3500 \$.

Une conséquence est que chaque organisme a tendance quand cela est possible, à redigitaliser, à moindre coût, les cartes papier pour son propre usage, ce qui rend problématique toute intégration ultérieure.

En ce qui concerne les autres cartes ou les données numériques, les organismes nombreux actifs dans les secteurs concernés sont très réticents à s'en départir, car ils pensent perdre ainsi leur justification à participer à des projets faisant partie de leur "mission". Les arguments invoqués sont variés : confidentialité des données, mises à jour éventuelles, qualité non-véifiée, cueillette non-complète... En fait, un projet géomatique de démonstration ou de recherche regroupe un ensemble de données diverses pertinentes à une problématique que chacun des organismes producteurs de données n'a pas à sa disposition individuellement. La géomatique est fédératrice: sur les deux bassins étudiés ici, nous pensons avoir regroupé, par entente personnelle et autres, des informations que les organismes producteurs de données de base n'auraient pas diffusé officiellement à d'autres organismes...

2.2.5 La saisie des données

La saisie et l'intégration des données constituent une très grande part de l'effort de construction d'un SIG. Cet effort doit être bien planifié en fonction des objectifs du projet: On ne doit pas rassembler a priori toutes les données disponibles sur un territoire dans l'espoir qu'elles seront

utiles plus tard, au risque de se retrouver avec des données à la recherche d'un problème, mais plutôt procéder comme pour la planification d'expérience, c'est à dire identifier dès le début du projet les traitements que l'on voudra faire subir aux données une fois acquises. Cette évidence peut paraître triviale, mais son non-respect constitue une des erreurs les plus communes commises dans de nombreux projets géomatiques où beaucoup d'effort est mis à colliger des données à toutes fins pratiques inutiles à l'analyse...

3 LA PROBLÉMATIQUE DES SOURCES DIFFUSES AGRICOLES

Les sources diffuses agricoles sont de plus en plus considérées comme une bombe chimique à retardement, et un peu partout on constate par exemple une augmentation progressive des nitrates dans les eaux souterraines, des dépassement de normes dans les eaux de surface des cours d'eau drainant des régions agricoles et plus récemment des craintes ont été exprimées pour les teneurs en phosphore dans la couche de labour, à des niveaux pouvant dépasser les taux de saturation des sols. A cela s'ajoutent les réserves concernant l'effet de mauvaises pratiques agricoles sur l'érosion de parcelle.

Les préoccupations concernant les sources diffuses de contamination agricole touchent les éléments nutritifs (N et P), les phytosanitaires (pesticides et herbicides) et l'érosion. L'approche utilisée pour attaquer le problème comporte au Québec deux étapes:

- l'identification des zones vulnérables
- l'intervention sur des sous-bassins spécifiques

Il existe une réglementation générale destinée à réduire les intrants (fertilisation raisonnée), à assurer l'entreposage sécuritaire des déjections animales et à contrôler les doses d'application des pesticides.

Il existe aussi des incitations à utiliser des pratiques agricoles de conservation, appuyées par des efforts de sensibilisation menées sur le terrain par les fédérations locales de l'UPA (union des producteurs agricoles du Québec, le syndicat des agriculteurs).

Les données d'utilisation du territoire nécessaires peuvent être à différentes échelles spatiales: au niveau de la parcelle, regroupées au niveau de la municipalité par les recensements ou ventilées au niveau du sous-bassin versant. Les données physiques comprennent la pédologie, les pentes souvent déduites des lignes de niveau pour former un Modèle Numérique d'Altitude (MNA) que l'on peut exploiter dans un modèle de cheminement de maille en maille pour effectuer des bilans.

4 ÉTUDE DE CAS

4.1 Le Loiret en France

4.1.1 Délimitation de l'espace choisi

Le cadre de l'étude se limite à la partie sud de val de Loire - Orléanais, la notion de val est ici déterminée au sens économique et agricole du terme et non au sens purement géologique et géographique.

Cette région correspond à la vallée physique de la Loire et aux terrasses du plateau de Sologne qui la bordent.

Cet espace comprend ainsi non seulement la plaine submersible du fleuve, c'est-à-dire le val topographique, caractérisé par le maraîchage et les cultures spéciales, mais il réunit également une partie du plateau où se livre de longue date le même genre de culture.

Si on résumait la délimitation de l'espace, on pourrait dire qu'il correspond au couloir agricole limité au nord par la Loire et au sud par la Sologne.

Les communes étudiées sont: Orléans, Baule, Marcily-en-Vilette, Chaingy, Saint-Pryvé-Saint-Mesmin, Dry, Chaussy, Mézières-lez-cléry, Saint-Hilaire-Saint-Mesmin, Ardon, Saint-Cyr-en-Val, Sandillon, Quiers-sur-Bézonde, Bou, Chécy, Comleux, Saint-Jean-de-Braye, Saint-Denis-en-Val, Bardon (Le), Saint-Jean-le-Blanc, Saint-Jean-de-la-Ruelle, Chapelle Saint-Mesmin (La), Saint-Denis-de-l'Hôtel, Mardié, Meung-sur-Loire, Saint-Ay, Olivet, Ouvrouer-les-Champs, Vienne-en-Val, Tigy, Darvoy.

4.1.2 Profil physique

4.1.2.1 Relief

Le Loiret est un département de plaine, sans relief accusé. Les altitudes extrêmes sont de 70 m, dans la vallée du Fusin et de 273 m sur les hauteurs du Berry.

4.1.2.2 Géologie

Dans le Loiret affleurent essentiellement cinq types de formations géologiques:

1- des formations calcaires tertiaires, souvent recouvertes de limon d'épaisseur variable:

-calcaire de Beauce au nord et à l'ouest: l'épaisseur peut atteindre 70 m. au centre de département. Il d'agit d'une succession de bancs marneux et calcaires;

-calcaire du Gâtinais dans la partie est du Gâtinais ouest et la partie du Gâtinais Est située à l'ouest du Loing.

2- des formations calcaires recouvertes d'argile à silex qui résultent de la décalcification de la craie. L'épaisseur de l'argile à silex peut atteindre 40 à 50 m. On la rencontre dans le Berry, la Puisaye et le Gâtinais Est.

3- des formations argileuses et sableuses diverses: constituées de sable, de galets, de silex entourés d'une gangue soit argileuse, soit sableuse. On les rencontre à l'est du département: dans le Gâtinais à l'est du Loing, en Puisaye et dans le Berry en partie.

4- des formations argileuses plus récentes dans l'Orléanais et la Sologne, composées de matériaux de désagrégation venus du Massif Central:

-sables et marnes de l'Orléanais en bordure de la Forêt d'Orléans,

-sables et argiles de Sologne qui recouvrent l'ensemble de la Sologne et une grande partie de la Forêt d'Orléans.

5- des formations alluviales, le long des rivières les plus importantes et dans le val de Loire:

-alluvions modernes de nature limoneuse,

-alluvions plus anciennes formant les terrasses de la Loire et constituées de sables et cailloux de petite dimension.

4.1.2.3 Pédologie

Les sols rencontrés dans le Loiret sont peu variés et liés à la nature du sous-sol:

1- Sols dérivés du calcaire:

-sols bruns évolués provenant du limon,

-rendzines issues du seul calcaire.

Les premiers sont en général assez profonds, perméables et fertiles.

Les seconds sont plus minces, très secs et comprennent une forte proportion d'éléments calcaires (cailloux, pierres),

2- Sols podzoliques: dans les régions plus humides, au sous-sol plus imperméable, en Sologne et à Orléanais; ils se caractérisent par une décomposition lente, une acidification importante de l'humus et par des horizons riches en fer et en silice. Ce sont en général des terres légères, peu profondes, imperméables.

Des zones hydromorphes dues à l'existence permanente ou temporaire de nappes peuvent se rencontrer,

3- Sols sur argile à silex situés à l'est du département du Loiret; ce sont des terres lourdes assez profondes et imperméables. On observe le phénomène de battance: terres humides en hiver et craignant la sécheresse en été,

4- Sols alluviaux: silico-argileux, très hétérogènes en matériaux, qui sont de fertilité diverse.

4.1.2.4 Climatologie

Le Loiret connaît un climat influencé par les deux influences maritime et continentale.

- 1- Précipitations: 637 mm environ par an
- 2- Température moyenne: 10.6
- 3- 61 jours de gel par an en moyenne
- 4- Vents: Vents dominants du sud-ouest
- 5- Neige: 14 jours par an en moyenne
- 6- Grêle: 15 orages par an en moyenne, 3 jours de grêle

4.1.2.5 Hydrologie

Le Loiret est à cheval sur deux bassins versants: celui de la Loire, soit environ 57% de la superficie du Loiret et celui de la Seine. La ligne de partage des eaux entre ces deux bassins coïncide avec une ligne de petites buttes orientées sud-est-nord-ouest et situées dans la Forêt d'Orléans:

- 1- La Loire ne reçoit que des ruisseaux de faible importance qui drainent, pour la plupart, les eaux de la Sologne. Ses débits sont importants mais irréguliers. Les écarts inter annuels décennaux à Orléans peuvent varier de 22 m³/sec à 2500 m³/sec.
- 2- Le bassin versant de la Seine regroupe les bassins versants du Loing, de l'Essonne et de leurs affluents.

4.1.2.6 Hydrogéologie

Les réserves hydrologiques sont importantes:

1- nappe aquifère à grand débit dans la Vallée de la Loire, au sein des alluvions récentes et dans leur voisinage immédiat, qui se maintient en équilibre avec le fleuve;

2- nappes des calcaires de Beauce et du Gâtinais, où les eaux circulent aisément par les nombreuses fissures et où la succession de bancs marneux et calcaires favorise l'existence de réservoirs aquifères ;

3- En Sologne et en Forêt d'Orléans, le régime phréatique est très inégal à cause de l'association peu régulière des sables et des argiles.

4.1.3 Profil socio-économique

4.1.3.1 Démographie

Les populations du Loiret au recensement 1990 étaient de 580.725 habitants, soit 21.08 pour cent de la population régionale et 1.02 pour cent de la population française. La population de la région économique d'Orléans au 01.01.1990 de 354.374 habitants, dont, pour la ville d'Orléans seule 105.099 habitants. L'accroissement démographique de 1982 à 1990 a été de +8.4%.

4.1.3.2 Activité agricole

Entre la Loire et la Sologne s'étend la partie sud-ouest du Val de Loire Orléanais, c'est une zone caractérisée par un type d'économie rurale, façonné de longue date par les cultures spécialisées.

À proximité immédiate d'Orléans, cette zone agricole s'intègre dans l'économie agricole de l'agglomération, et de manière plus générale, appartient au domaine agricole du Val de Loire Orléanais.

Malgré l'active urbanisation de l'agglomération, cet espace rural semble avoir mieux et plus longtemps résisté à la pression urbaine que les autres communes périphériques.

4.2 Le bassin de la rivière Boyer au Québec

4.2.1 Description générale du bassin

Cette partie vise à donner un portrait global du bassin versant de la rivière Boyer. Elle s'appuie sur des notes préliminaires du *Comité technique de la restauration de la rivière Boyer* qui devrait les publier sous forme de rapport prochainement. Les chiffres cités ici ne sont que des ordres de grandeur car ils ont été arrondis. On retrouvera en annexes des données plus précises extraites de la base de données du système d'information géographique.

4.2.1.1 Profil physique

La Boyer est une petite rivière qui coule du sud au nord pour se jeter dans le fleuve Saint-Laurent à environ 35 kilomètres à l'est de Québec. Son bassin versant est localisé entre 70°49'30" et 71°03'30" de longitude ouest, et entre 46°37'00" et 46°53'30" de latitude nord.

Du point de vue physiographique, ce bassin est situé dans sa partie amont sur le plateau des Appalaches, culminant à 275 m, et descend progressivement vers les basses-terres du Saint-Laurent au nord, atteignant moins de 10 m à l'exutoire.

Les sols du bassin sont originaires de trois types de dépôts: les dépôts glaciaires de la zone appalachienne, les dépôts d'argiles marines et les anciennes plages de la mer de Champlain. Sur ces dernières, situées maintenant entre 50 et 150 mètres d'altitude, se sont développées des associations de loams sableux et graveleux. Les sédiments marins du fond de la mer intérieure de Champlain ont engendrés aux altitudes inférieures à 50 mètres des terres argileuses offrant le meilleur potentiel de la région pour les grandes cultures comme les fourrages et les céréales. Dans la portion sud-est du bassin délimitée approximativement par la courbe de niveau à 150 mètres, les sols appalachiens présentent des qualités très variables.

En ce qui concerne les caractéristiques hydrographiques, c'est un bassin d'une superficie de 220 km² se subdivisant en 5 sous-bassins de plus de 20 km², soit celui de la Boyer, de la Boyer Nord, de la Boyer Sud, de la rivière Du Portage et d'un tributaire de la Boyer Sud. Il est drainé par environ 345 km de cours d'eau. La pente générale varie de 2,5 m/km pour la branche principale de la rivière Boyer, à 5 m/km pour la branche Nord et 10,5 pour la branche Sud. On note aussi la présence du lac Saint-Charles d'une superficie de moins de 1 km² et de profondeur de 1,5 m.

Le climat, de type tempéré froid à caractère continental prononcé, est caractérisé par une température moyenne annuelle autour de 3,5°C, des précipitations d'environ 1 135 mm par an dont près de 25% en neige et approximativement 120 jours sans gel dans une année.

Les ordres de grandeur du débit moyen à l'embouchure de la rivière Boyer sont de 5 m³/s pour l'année et de 20 m³/s pour le maximum mensuel atteint en avril lors de la crue printanière.

Des aménagements à des fins agricoles ont été effectués sur les 2/3 du réseau hydrographique, 99 % des travaux ayant eu lieu avant 1982.

4.2.1.2 Profil socio-économique

L'utilisation du sol est dominée par l'agriculture qui occupe près de 65 % du bassin, alors que la forêt en couvre environ 35 % et moins de 2 % est urbanisé.

Administrativement, le bassin est situé sur 2 Municipalités Régionales de Comté (MRC). Plus de 80 % se retrouve dans la MRC de Bellechasse: 11 municipalités ont une portion de territoire dans le bassin et seul le village Saint-Charles y est entièrement compris. Le reste du bassin est constitué par une partie Saint-Henri, municipalité de la MRC de Desjardins.

La population de la région, dont le taux d'accroissement est quasiment nul, présente une densité moyenne de près de 30 habitants/km², avec des concentrations dans les villages. L'économie, basée sur l'agriculture, reste stable avec un taux de chômage de plus de 10 % en 1986. Le sud, plus éloigné de la capitale, est une zone plus défavorisée.

Seules les municipalités de Saint-Charles et de Honfleur rejettent leurs eaux usées dans la Boyer, mais Saint-Charles dispose d'une usine de traitement depuis 1987.

Sur le bassin, on compte une quinzaine d'industries et environ 165 commerces concentrés à Saint-Charles et Saint-Anselme. On note en particulier la présence de deux abattoirs et d'une manufacture de meubles.

Bien que le potentiel des sols du bassin soit considéré comme modérément élevé, l'agriculture constitue la principale activité avec plus de 5% de la superficie en maïs, près de 10% en céréales, 45% en foin et pâturages. Pour les quelques 300 entreprises agricoles recensées en 1993, on totalise un cheptel atteignant approximativement 5 000 bovins laitiers, 6 500 truies,

45 000 porcs à l'engraissement et 300 000 volailles. Les élevages porcins sont surtout localisés au sud du bassin.

Le bilan agronomique montre qu'au niveau du bassin versant, la valeur fertilisante totale des fumiers et lisiers en phosphore dépasse les besoins des cultures. Mais ce bilan ne considère que les quantités de nutriments disponibles à la plante, donc toutes les pertes lors de l'entreposage et de l'épandage ainsi que la partie non efficace des fumiers et lisiers sont à ajouter si l'on se place du point de vue environnemental. De plus, les méthodes de calculs employées supposent que 50% des besoins azotés des cultures sont fournis par les fumiers et lisier et 50% par des engrais minéraux. Or plus de 450 000 \$ sont dépensés à ce titre, ce qui correspond à des quantités d'azote et de phosphore excédant de beaucoup les besoins agronomiques de la totalité du bassin.

4.2.1.3 Qualité de l'eau

4.2.1.3.1 Usages de l'eau

Jusqu'à la fin des années 80, époque à laquelle l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) a peu à peu cessé de venir frayer à l'embouchure de la rivière Boyer, la pêche était pratiquée de façon courante.

Les divers cours d'eau du bassin sont souvent une source d'abreuvement pour les animaux, la population ne s'approvisionnant en eau potable que dans la nappe souterraine ou, pour Saint-Charles, dans des aires de captage des eaux de surface situées au nord du village.

4.2.1.3.2 Stations de mesure

En 1993, les stations de mesure se répartissent comme suit:

- 2 stations météorologiques dont une hors bassin;
- 2 stations hydrométriques dans le sous-bassin Boyer;
- pour les paramètres conventionnels de qualité de l'eau, 3 stations principales permettant un suivi temporel et 8 secondaires servant au suivi spatial.

Durant l'été 1993, on a mesuré partout des concentrations minimales de phosphore total supérieures au critère de qualité de l'eau pour la vie aquatique. De plus, le sous-bassin du ruisseau du Portage était fortement contaminé du point de vue bactériologique. Quant à la variabilité temporelle de 1990 à 1994, la saison estivale présente une augmentation anormale des teneurs en phosphore dissous. Or de trop grandes concentrations de phosphore peuvent

provoquer l'eutrophisation d'un cours d'eau caractérisée par une croissance excessive des algues et des plantes aquatiques.

4.2.1.3.3 Interventions d'assainissement

Suite à la sonnette d'alarme que constitue la dégradation de la frayère utilisée comme site de reproduction par l'Éperlan arc-en-ciel, un *Comité pour la restauration de la rivière Boyer* a été mis sur pied en 1992. Ce groupe permet de rassembler et d'approfondir la connaissances du milieu et des facteurs liés à la problématique. Il joue aussi un rôle important de sensibilisation et d'information de la population entre autres par la publication d'un bulletin.

Les principales interventions menées jusqu'à présent dans le milieu agricole ont été l'aménagement de bandes riveraines, l'élaboration de plans de ferme et la gestion des fumiers et lisiers.

4.2.2 Étude géomatique

4.2.2.1 Objectifs visés

En considérant la problématique spécifique de pollution agricole de source diffuse dans un bassin versant de taille relativement petite avec un logiciel visant l'enseignement et la recherche, on se propose d'illustrer le type de résultats qu'un SIG matriciel permet d'obtenir. Il s'agit ici d'exemples basés sur des données réalistes devant ouvrir la porte à des raffinements pour mieux représenter la réalité.

Les questions principales de nature spatiale qui se posent dans ce bassin et qui justifient l'utilisation d'un SIG concernent le parcours, de la production jusqu'à l'arrivée au cours d'eau, des contaminants potentiels des eaux de surface issus du cheptel agricole. Divers modules disponibles dans la plupart des SIG matriciels permettent justement de modéliser certaines étapes de ce cheminement. L'appel à des programmes externes, moyennant la création d'interfaces appropriées, permet de compléter les chaînons manquants. Finalement, toute suite logique d'opérations ainsi effectuées peut être conservée dans une macro-commande afin d'automatiser le traitement.

4.2.2.2 Intégration des données dans un SIG

4.2.2.2.1 Matériel et logiciels

Matériel

Le travail a été mené sur un ordinateur de type PC avec microprocesseur 486/66MHz, 16 Mo de mémoire vive, 2 Mo de mémoire vidéo (résolution d'écran utilisée: 1024x768, 24 bits), disque dur d'1 giga-octet.

La saisie des informations géoréférencées disponibles sur papier s'est faite à l'aide d'une table numérisante Altek avec contrôleur AC30 (résolution interne de 0,001" soit 0,0254 mm, dimensions de 48"x40", curseur à 16 boutons) pour les cartes à grande échelle, et d'une tablette Calcomp modèle 23120 (dimensions de 11,7"x11,7", précision de transmission des coordonnées de 14 bits + 1 bit de signe) pour les cartes à petite échelle.

L'impression des images couleurs originales a été effectuée sur une imprimante à jet d'encre EPSON Stylus COLOR avec résolution de 360 ppp et vitesse moyenne de 3 min/page.

Logiciels

IDRISI¹ est un logiciel de système d'information géographique et de traitement d'images, développé par la *Graduate School of Geography de Clark University*. Il se veut un outil de recherche vendu à un coût relativement minime, sans but lucratif. La première version de 1987 tournait sous MS-DOS², alors que la version actuelle 1.0 (1995) bénéficie de l'interface Windows. Les données spatiales d'entrée/sortie peuvent être en format matriciel (fichiers *.DOC/IMG*) ou vectoriel (fichiers *.DVC/VEC*), mais les modules d'analyse et de modélisation spatiales s'effectuent principalement sur des images matricielles. Le format interne de la base de données non spatiale est celui du logiciel Microsoft ACCESS version 2.0 (fichiers *.MDB*).

ATLAS★DRAW³ version 2.03 (1988) est un logiciel de numérisation vectorielle, simple d'utilisation car basé uniquement sur les entités **point-courbe-aire** (et cercle, mais ce format est peu recommandé car on le retrouve rarement dans les autres logiciels). Dans la même famille, on retrouve le logiciel de conversion ATLAS★IMPORT/EXPORT version 1.00 (1988) qui permet de passer du format interne (fichiers binaires *.ABF*) au format externe (fichiers ASCII) *.BNA*. Pour les données organisées en tableau, on a eu recours au tableur Lotus⁴ 1-2-3 pour Windows, version 1.1 (1992).

Les utilitaires de conversion pour les formats non disponibles dans les logiciels utilisés ont été programmés en langage *Microsoft FORTRAN* version 5.1 (1991).

4.2.2.2 Structure des données

La première étape dans l'établissement d'un SIG matriciel pour une région d'étude donnée consiste à fixer deux paramètres qui affecteront l'acquisition des données et surtout la résolution des résultats à obtenir. Il s'agit de l'**étendue** du rectangle englobant la zone d'intérêt (les matrices d'image étant rectangulaires dans la plupart des logiciels de SIG matriciel) et de la **résolution** minimale désirée. Pour ce faire, on fixe:

¹IDRISI est une marque de *Clark University*.

²Microsoft, MS, MS-DOS et Windows sont des marques déposées de *Microsoft Corporation*.

³ATLAS est une marque de *Strategic Locations Planning, Inc.*

⁴Lotus et 1-2-3 sont des marques déposées de *Lotus Development Corporation*.

- les coordonnées minimum et maximum en X et en Y du rectangle contenant le secteur concerné, selon une projection donnée;
 - la taille de cellule (généralement considérée comme un carré),
- ou le nombre de colonnes et de lignes, puisque ces paramètres sont liés par les équations suivantes:

$$\text{résolution en X} = (\text{max.X} - \text{min.X}) / \text{nombre de colonnes}$$

$$\text{résolution en Y} = (\text{max.Y} - \text{min.Y}) / \text{nombre de lignes.}$$

Pour ce projet, il a fallu considérer la limite de 350 lignes par 500 colonnes imposée par le logiciel de drainage DEDNM dans sa version actuelle. De plus, pour effectuer des interpolations (par exemple pour obtenir le modèle numérique d'altitudes à partir de courbes de niveau), il est préférable d'avoir une zone tampon autour du bassin versant. Quelques calculs ont permis d'arriver aux résultats suivants, en considérant la projection UTM fuseau 19 qui est la plus courante au Canada: **215 colonnes x 315 lignes**

$$\text{min.X} = 341000 \text{ m}$$

$$\text{min.Y} = 5163350 \text{ m}$$

$$\text{max.X} = 362500 \text{ m}$$

$$\text{max.Y} = 5194850 \text{ m}$$

L'étendue considéré est donc de: **21,5 km x 31,5 km, soit 677,25 km²,**

et la résolution minimum de: **100 m x 100 m soit 1 ha.**

Dans un système d'information géographique, on peut distinguer deux types majeurs de données: les **informations spatiales** et les **attributs**. Les entités spatiales peuvent être enregistrées sous format **vectériel** constitué de points, d'arcs et de polygones, ou sous format **matriciel** pour lequel la zone d'étude est découpée en cellules ou pixels auxquels est attribuée la valeur du thème considéré. Quant aux attributs, on peut distinguer ceux qui ne sont pas rattachés à une localisation précise, comme certains paramètres de modèles, et ceux pour lesquels un identificateur permet d'effectuer le lien entre la valeur d'attribut et l'entité spatiale à laquelle elle correspond.

Les informations spatiales requises pour étudier la problématique de pollution de source diffuse en milieu agricole sont essentiellement:

- la limite de **bassin versant**: elle permet de circonscrire la zone d'étude;
- le **réseau hydrographique** (cours d'eau et lacs): il sert à localiser les tronçons critiques;
- les **altitudes**: elles sont indispensables pour les modèles de ruissellement;

- les **entités pédologiques**: cette couche est utile pour les modèles d'érosion et pour l'étude de la rétention en phosphore;
- l'**occupation du sol**: ce thème est un élément de base dans la connaissance des superficies agricoles afin de simuler l'épandage des fumiers et lisiers;
- les **limites administratives** (municipalités, cadastre): ce type d'information s'avère souvent nécessaire pour répartir spatialement des attributs fournis selon ces limites (statistiques agricoles);
- la localisation des **producteurs agricoles** (bâtiments de ferme, lots possédés): cette géoréférence est employée dans le cas où on dispose d'une base de données agricoles à l'échelle des producteurs;
- le **réseau routier**: il sert à des études de trajet, par exemple le transport de fumier/lisier des zones excédentaires vers les régions déficitaires.

Pour chacune de ces couches, on dispose en général d'une table d'attributs dans laquelle une des colonnes contient un identificateur d'entité spatiale.

4.2.2.3 Traitements effectués

4.2.2.3.1 Analyses spatiales

Ce type de traitement fournit des résultats statistiques, les plus fréquemment utilisés étant le **calcul de superficies** et l'**histogramme des valeurs** d'une image. Puisque les diverses couches thématiques sont géoréférencées, on peut les superposer les unes aux autres et effectuer une multitude de calculs croisés selon les besoins. Pour ce faire, on fait appel à des fonctions d'agrégation (moyenne, somme, minimum, maximum, nombre) appliquées à une carte selon les limites d'une autre carte. Ce sont souvent des opérations effectuées sous forme de requête interactive dont le résultat est un tableau ou un graphique du type histogramme, conservé optionnellement dans un fichier.

4.2.2.3.2 Modélisation et simulations

Ces opérations nécessitent des hypothèses quant aux phénomènes modélisés et permettent d'effectuer des simulations selon divers scénarios envisagés. Les considérations sur les modèles en général quant à leur utilité et leur limite s'appliquent aussi dans le contexte d'un SIG. On peut mentionner deux problèmes récurrents liés à l'aspect spatial de la modélisation:

- 1) la "spatialisation" d'une variable de type continu dont on ne connaît la valeur qu'en certains lieux (points cotés et courbes de niveau, stations météorologiques,...). Les méthodes les

plus courantes se basent sur l'interpolation (altitudes) et sur les polygones de Thiessen (précipitations).

- 2) la répartition spatiale d'une variable de type discret selon des limites géographiques qui ne coïncident pas (limites municipales vs sous-bassins versant): ce problème est souvent lié à celui de l'accès limité à des données non agrégées (cas des statistiques municipales).

Pour ce travail de démonstration, on a retenu 3 modèles représentatifs des possibilités qu'offre un SIG de type matriciel: un modèle simple de bilan agronomique en azote et en phosphore par sous-bassin versant, un modèle multiplicatif d'érosion souvent cité comme exemple de superposition dans un SIG et enfin, un modèle de drainage qui fait appel à un programme externe pour générer, à partir des altitudes, le réseau hydrographique, le bassin et les sous-bassins versants, les directions de ruissellement de surface et les distances parcourues par le ruissellement en phase terrestre et l'écoulement dans le cours d'eau.

4.2.2.4 Présentation et analyse des résultats

4.2.2.4.1 Analyse spatiale des données de base

Pour chaque carte de base de type qualitatif, l'opération **AREA** fournit la superficie de chaque classe.

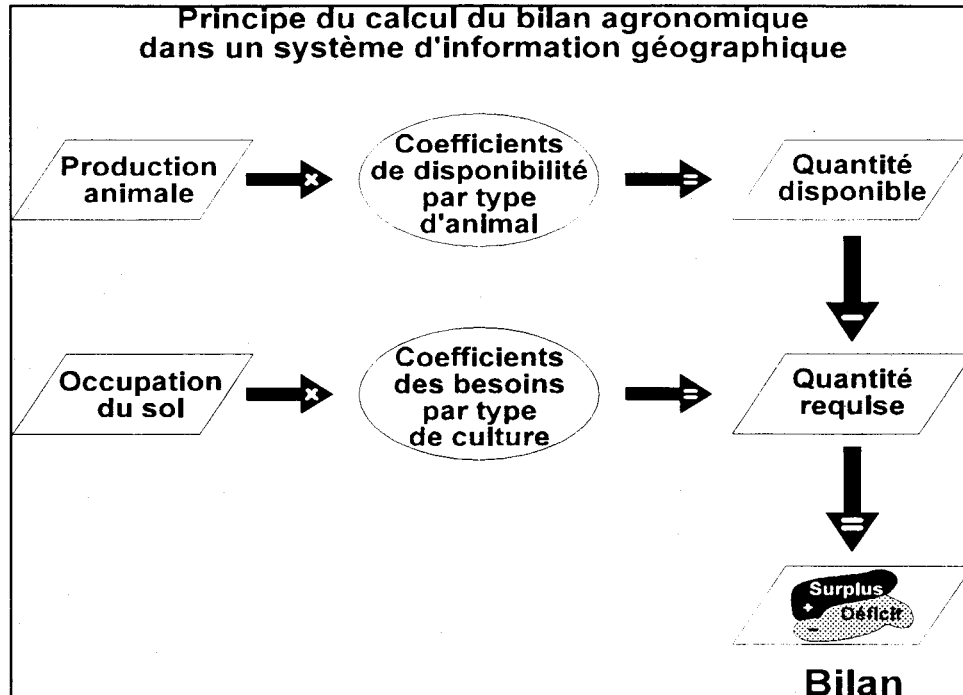
Pour les couches de type quantitatif, il faut procéder par intervalle: l'histogramme des altitudes a été produit de cette façon (opération **HISTO**).

Un exemple de calcul de superficie croisée est donnée pour connaître dans chaque municipalité la répartition de chaque type d'occupation du sol (opération **CROSSTAB**).

4.2.2.4.2 Modèle de bilan agronomique

Les méthodes de calculs appliquées ici sont directement issues des recommandations du *Conseil des productions végétales du Québec* (CPVQ) entérinées par le *Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec* (MAPAQ) et le *Ministère de l'Environnement et de la Faune* (MEF).

Connaissant le nombre de têtes des élevages de chaque producteur agricole du bassin et les superficies cultivées, le modèle permet de calculer le bilan agronomique en matière d'azote (N) et de phosphore (P) par hectare pour chacun des sous-bassins de la rivière Boyer. Les paramètres requis sont les coefficients donnant la disponibilité du N et P dans le fumier ou lisier produit par chaque type d'animal, ainsi que les besoins en N et P de chaque type de culture.



Selon une méthodologie similaire, on pourrait calculer le bilan environnemental qui ajoute aux quantités disponibles pour les cultures la partie non disponible directement ainsi que celle "perdue" lors de la manutention des fumiers et lisiers.

4.2.2.4.3 Modèle d'érosion

Souvent appliquée dans les SIG car particulièrement facile à intégrer, l'équation universelle de perte de sol (*Universal Soil Loss Equation* ou *USLE*) a été développée aux États-Unis par Wischmeier et Smith (1978) et appliquée au Québec notamment par Latreille *et al.* (1993). Ce modèle empirique d'érosion permet de cibler les zones potentiellement critiques. Sa précision reste toutefois relative, surtout qu'il n'a pas été conçu pour le Québec.

Son expression est de la forme (Latreille *et al.*, 1993):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

où A est le taux d'érosion (t/ha/période);

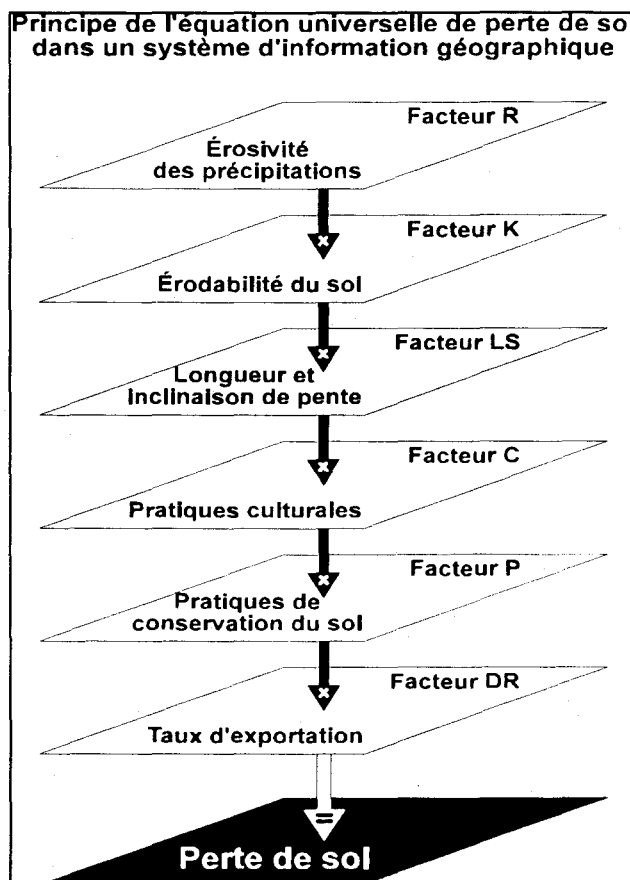
R est un facteur d'érosivité des précipitations pour la période considérée;

K est un indice d'érodabilité du sol;

LS est un facteur topographique;

C est un facteur de culture;

P est un facteur de contrôle de l'érosion.



Plusieurs méthodologies ont été développées pour estimer les divers facteurs, allant de tables simples de correspondance entre un type d'entité et sa valeur de facteur, jusqu'à des équations relativement complexes nécessitant un grand nombre de données d'entrée. Pour ce travail, les divers facteurs requis ont été fixés en adaptant les tables présentées dans la littérature aux données disponibles. Tous ces paramètres nécessiteraient d'être validés spécifiquement pour la région de la Boyer. Mais l'intérêt de ce travail méthodologique réside dans la structuration des données et programmation des macro-commandes reliées aux modèles. Il devient par la suite aisé de changer les paramètres initiaux fixés plus ou moins arbitrairement, soit après calibration, soit pour effectuer des simulations (analyses de sensibilité, effet de certaines interventions,...).

4.2.2.4.4 Modèle de drainage

Définitions préliminaires

Le **modèle numérique d'altitude** (MNA) est une représentation du relief. Un MNA matriciel fournit une estimation de l'altitude pour chaque cellule de la matrice couvrant la zone d'étude. Il est souvent obtenu par interpolation de points cotés ou de courbes de niveau.

Le **réseau de drainage** est défini par les coordonnées de ses **noeuds**. Un noeud est le point de convergence d'au moins deux segments du réseau (**noeud de jonction**) ou le point de départ d'un segment (**noeud source**).

Un **tronçon de rivière** est le segment compris entre deux noeuds de jonction (**tronçon intérieur**) ou entre un noeud source et un noeud de jonction (**tronçon extérieur**).

Les tronçons sont repérés par leur noeud amont et leur noeud aval. On leur affecte en outre un indice, appelé **ordre de Strahler**:

- les tronçons extérieurs sont du premier ordre;
- aux noeuds de jonction, le plus grand des ordres de Strahler des tronçons amonts concourants est affecté au tronçon aval; si les tronçons amonts sont du même ordre N, le tronçon aval se voit affecter l'ordre $N + 1$.

Génération du réseau de drainage et délimitation des bassins versants

Le réseau est généré par simulation du ruissellement sur le relief. La procédure consiste à déterminer pour chacune des cellules du MNA, la direction de plus grande pente vers l'une des huit cellules adjacentes et à progresser ainsi de cellule en cellule. Le bassin versant d'un **point d'exutoire** donné peut alors être délimité. Puis le réseau de drainage naturel est défini en fixant la **superficie de drainage amont minimale** permettant la présence d'un cours d'eau et la **longueur de tronçon minimale** évitant de créer des artefacts. Un nouveau parcours de la matrice des directions de ruissellement permet d'attribuer à chaque tronçon son sous-bassin versant.

La majorité des algorithmes de simulation du ruissellement de surface supposent que le vecteur de ruissellement de surface à partir d'une cellule du MNA est unique, ce qui rend impossible la représentation de deux ruissellements de surface divergents à partir d'une même cellule.

Un autre problème est posé par la présence de puits et de zones planes. Souvent causé par la résolution choisie ou par la méthode d'interpolation, un **puits** ou **dépression** est une cellule dont la direction prise par le ruissellement de surface reste indéterminée du fait que son altitude est inférieure à celles de tous ses plus proches voisins. Une des techniques permettant le traitement de ces singularités consiste à créer un relief fictif en ces points.

Calcul des distances de parcours par ruissellement de surface et écoulement en rivière

Parmi les résultats pouvant dériver d'un tel modèle de drainage, les distances de parcours présentent un intérêt d'importance dans la modélisation de la pollution de source diffuse car elles représentent un facteur d'atténuation pour les quantités de contaminants transportés lors du ruissellement de surface et de l'écoulement en rivière. Un parcours de la matrice des directions est encore une fois effectué afin de cumuler les distances de ruissellement et d'écoulement. Le plus souvent, l'unité de longueur retenue est le nombre de cellule avec un facteur de $\sqrt{2}$ pour les diagonales et de 1 dans les autres cas. Pour des zones où les pentes sont fortes, il serait sans doute préférable d'en tenir compte dans le calcul.

Logiciel DEDNM

Le logiciel DEDNM (Digital Elevation Drainage Network Model) a été développé par Martz et Garbrecht (1992) et appliqué aux États-Unis et au Canada. Il permet essentiellement la définition numérique du réseau de drainage et des sous bassins versants d'un bassin versant, à partir d'un Modèle Numérique d'Altitude (MNA).

Comme le code source est disponible en FORTRAN 77, un module permettant de calculer les distances caractéristiques parcourues par les ruissellements de surface a été ajouté par C. Réchatin (1994).

L'intérêt de DEDNM réside aussi dans l'emploi du format matriciel, approprié pour simuler le processus de drainage. Il était alors aisé d'adapter les formats de sortie à ceux de IDRISI pour Windows.

À partir du MNA initial, le programme fournit les sorties images suivantes:

- 1) le MNA après agrégation optionnelle;
- 2) le MNA après lissage optionnel;
- 3) le MNA modifié après "remplissage" des dépressions;
- 4) le MNA modifié après traitement des zones planes;
- 5) la direction du ruissellement de surface;
- 6) la superficie de drainage amont.

Les couches suivantes dépendent de paramètres fixé par l'utilisateur. Tout d'abord, le point d'exutoire permet de délimiter:

7) le bassin versant;

Par la suite, la superficie de drainage amont minimale et la longueur de tronçon minimale conduisent aux résultats suivants:

- 8) réseau généré, codifié selon l'ordre de Strahler;
- 9) sous-bassins associés aux tronçons du réseau;
- 10) pour les cellules du réseau, distance parcourue par écoulement en rivière pour atteindre l'exutoire;
- 11) distance totale parcourue par ruissellement de surface et écoulement en rivière pour atteindre l'exutoire;
- 12) distance parcourue par ruissellement de surface pour atteindre le cours d'eau le plus proche;

Les contraintes actuelles du logiciel concernent:

- le ruissellement de surface: il ne peut se faire que selon 8 directions et on ne peut simuler un ruissellement de surface divergent;
- la taille de la zone d'étude: elle ne doit pas dépasser 350 lignes par 500 colonnes, mais cette limite pourrait être repoussée en augmentant de la mémoire disponible et optimisant sa gestion.

4.2.2.5 Interprétation et discussion des résultats

4.2.2.5.1 Interprétation

Tous les résultats de modélisation et simulation ne fournissent que des résultats relatifs à partir de données jugées réalistes. Les cartes ainsi produites identifient clairement les zones critiques, que ce soit en charge animale, en potentiel d'érosion ou en contribution au ruissellement. Dans une optique de gestion, elles peuvent servir à cibler les secteurs d'intervention prioritaire.

4.2.2.5.2 Limites et faiblesses méthodologiques

La méthodologie illustrée par ce travail devrait comprendre les étapes finales suivantes:

- justification et vérification des hypothèses;
- calibration des modèles avec des données de terrain;
- vérification des résultats;
- évaluation des erreurs dans les données de base et propagées/générées par les modèles utilisés.

Pour raffiner analyses, modélisations et simulations effectuées, il serait essentiel d'obtenir des informations mieux adaptées à l'optique SIG, surtout en ce qui concerne la précision de la géoréférence (en particulier pour l'épandage des fumiers et lisiers). De façon générale, on constate qu'un des défis majeurs de la géomatique actuellement consiste effectivement à surmonter le problème de **disponibilité** en format **standard** de données **exactes et précises**.

4.2.2.5.3 Développements recommandés

Puisqu'on s'est limité dans ce travail de démonstration à certaines opérations géomatiques, il serait intéressant de poursuivre l'exploration et l'exploitation des autres modules avancés d'analyse et de modélisation spatiale disponibles, par exemple générer le chemin le plus court pour fournir un schéma de transport des surplus de fumier et de lisier.

Comme on se situe dans le cadre d'une problématique de pollution de source agricole diffuse, il serait aussi particulièrement utile d'ajouter au modèle de drainage un module permettant de faire ruisseler les contaminants potentiels (azote et phosphore), ce qui fournirait une image des zones fortement contributrices. On pourrait alors effectuer des simulations selon divers scénarios correctifs ou préventifs, tels que l'aménagement de bandes riveraines de largeur variable et l'optimisation des doses d'épandage.

CONCLUSION

L'étude de cas portant sur le Loiret en France illustre l'aspect intégrateur d'un système d'information géographique, permettant de superposer et visualiser des informations géoréférencées multisources. Elle a permis de constater l'importance qu'il faut accorder à la construction d'une base géomatique à partir de données provenant d'un système non numérique ou non géoréférencé.

Disposant de formats de données mieux adaptés à la structure géomatique requise, l'application au bassin versant de la rivière Boyer a permis de montrer les apports novateurs fournis par les opérations d'analyse et de modélisation spatiales selon des procédures essentiellement de type matriciel.

Une fois les données numériques et géographiques colligées, le système permet l'analyse de toute une gamme de problèmes locaux par les spécialistes. C'est un outil privilégié pour représenter l'état d'un problème et son évolution temporelle, les zones vulnérables et les scénarios d'intervention possibles.

RÉFÉRENCES

- Fédérations de l'Union des Producteurs Agricoles (1994-). *Au courant*. Bulletin d'information sur la restauration de la rivière Boyer. En collaboration avec le Groupe d'intervention pour la restauration de la Boyer. 4 numéros par an.
- Gangbazo, G., D. Cluis et C. Bernard (1994). *Contrôle de la Pollution Diffuse Agricole à l'Echelle du Bassin Versant*. Sciences et Techniques de l'Eau, 27(2):33-39.
- Latreille, A., W. Smoragiewicz et A. Boutard (1993). *La pollution agricole diffuse: une évaluation pour la grande région de Montréal*. Sciences et Techniques de l'Eau, 26(2):103-107.
- Martz, L.W., et J. Garbrecht (1992). *Numerical Definition of Drainage Network and Subcatchment Areas from Digital Elevation Models*. Computers and Geosciences, 18(6):747-761.
- Martz, L.W., et J. Garbrecht (1993). Generation of Network and Subwatershed Parameters from Digital Elevation Models. *Part I: Algorithms and System Design of DEDNM*. Dans: *GIS'93 Symposium*, 337-344. Vancouver, Février 1993.
- Martz, L.W., et J. Garbrecht (1993). DEDNM: A Software System for the Automated Extraction of Channel Network and Watershed Data from Raster Digital Elevation Models. Dans: *Geographic Information Systems and Water Resources*, 211-220.
- Martz, L.W., et J. Garbrecht (1993). *Automated Extraction of Drainage Network and Watershed Data from Digital Elevation Models*. Water Resources Bulletin, 29(6):901-908.
- Martz, L.W. et J. Garbrecht (1993). *Network and Subwatershed Parameters Extracted from Digital Elevation Models: The Bills Creek Experience*. Water Resources Bulletin, 29(6):909-916.
- Réchatin, C. (1994). *Mise au point d'un complément à un logiciel d'analyse automatique du relief*. Rapport de stage effectué à l'INRS-Eau (Québec), École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (France), 37 p. (+ annexes).
- Strahler, A.N. (1957). *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*. Trans. Am. Geophys. Union, 38(6):913-920.
- Wischmeier, W.H., et D.D. Smith (1978). *Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning*, U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook no.537, 58 p.

PRINCIPE D'UN SYSTEME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

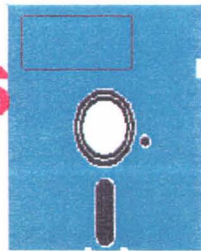
**CARTES
VARIÉES**



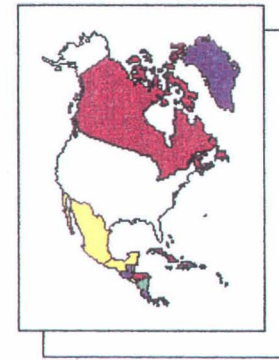
**IMAGES
SATELLITES**



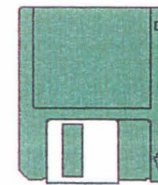
**DONNÉES
NUMÉRIQUES
DIVERSES**



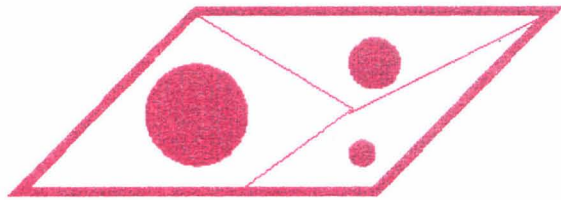
GÉOBASE



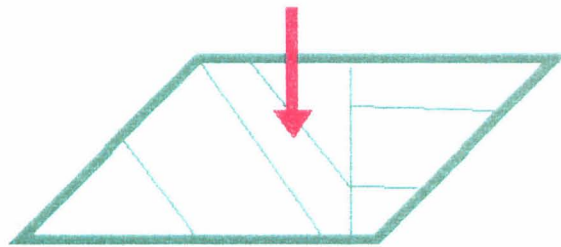
**BASE DE
DONNÉES**



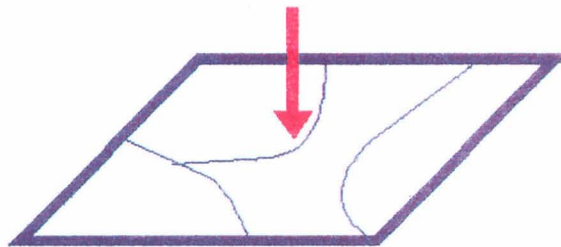
INTÉGRATION DES DONNÉES



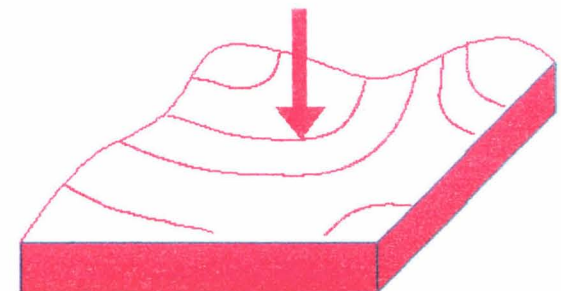
**Unités animales
par municipalité**



Utilisation du sol



Sous-sous bassins



Concentrations critiques

Géomatique

et

**INTÉGRATION DES DONNÉES
POUR LOCALISER LES ZONES À
RISQUE DE POLLUTION**

Val d'Orléans - FRANCE

ANNEXES

A/ CARTES ET FICHES LOIRET

a/ Carte départementale de la France

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte départementale de la France.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier
Disquettes (format ASCII)

Facteurs affectant la précision de positionnement

Extrait de la carte au 1/500000.
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1990

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ FRAN.ABF (format binaire)
Atlas*Import/Export: ⇨ FRAN.BNA (format ASCII)
Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ FRAN.VEH/VEC (format SPANS ASCII)
SPANS:
 Transform/Import/Vector ⇨ FRAN.VTX (format vectoriel)
 Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ FRAN.MAP (format quadtree)

Date

1995



Carte départementale de la France



200 km

b/ Carte départementale du bassin Loire-Bretagne

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte des départements du bassin Loire-Bretagne.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectants la précision de positionnement

Extrait de la carte au 1/500000.
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1990

Référence

Carte départementale de la France 1990.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇒ DEP_LB.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇒ DEP_LB.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇒ DEP_LB.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇒ DEP_LB.TOP/.VTX (format vectoriel)

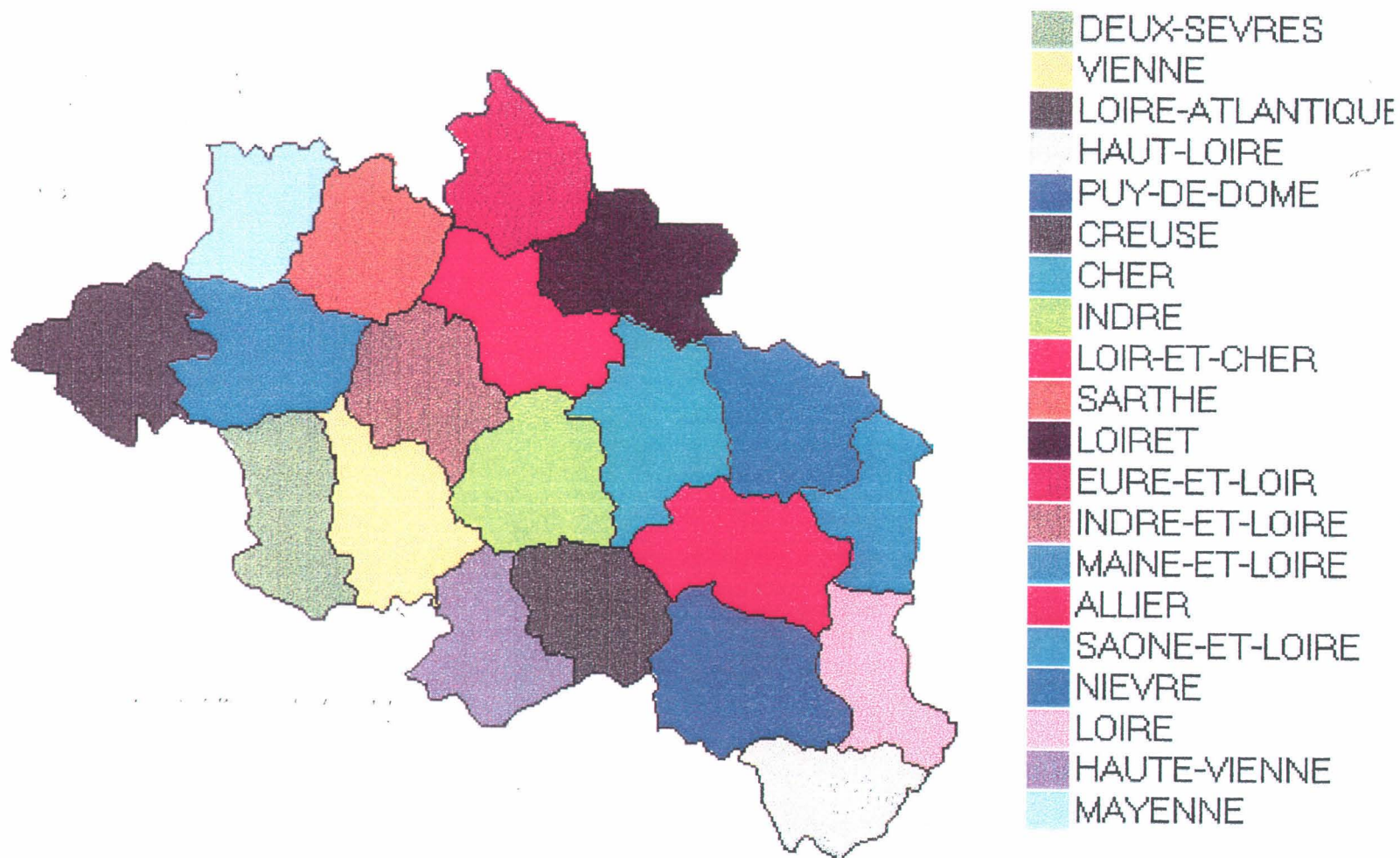
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇒ DEP_LB.MAP (format quadtree)

Date

1995



Carte départementale du bassin Loire-Bretagne



200 km

c/ Carte de base du bassin Loire-Bretagne

DONNÉES-SOURCES

Description

Tracé de la limite administrative du bassin Loire-Bretagne

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectants la précision de positionnement

Échelle 1/250.000

Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1989

Référence

Carte départementale de la France

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇒ BASE.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇒ BASE.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇒ BASE.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇒ BASE.TOP/.VTX (format vectoriel)

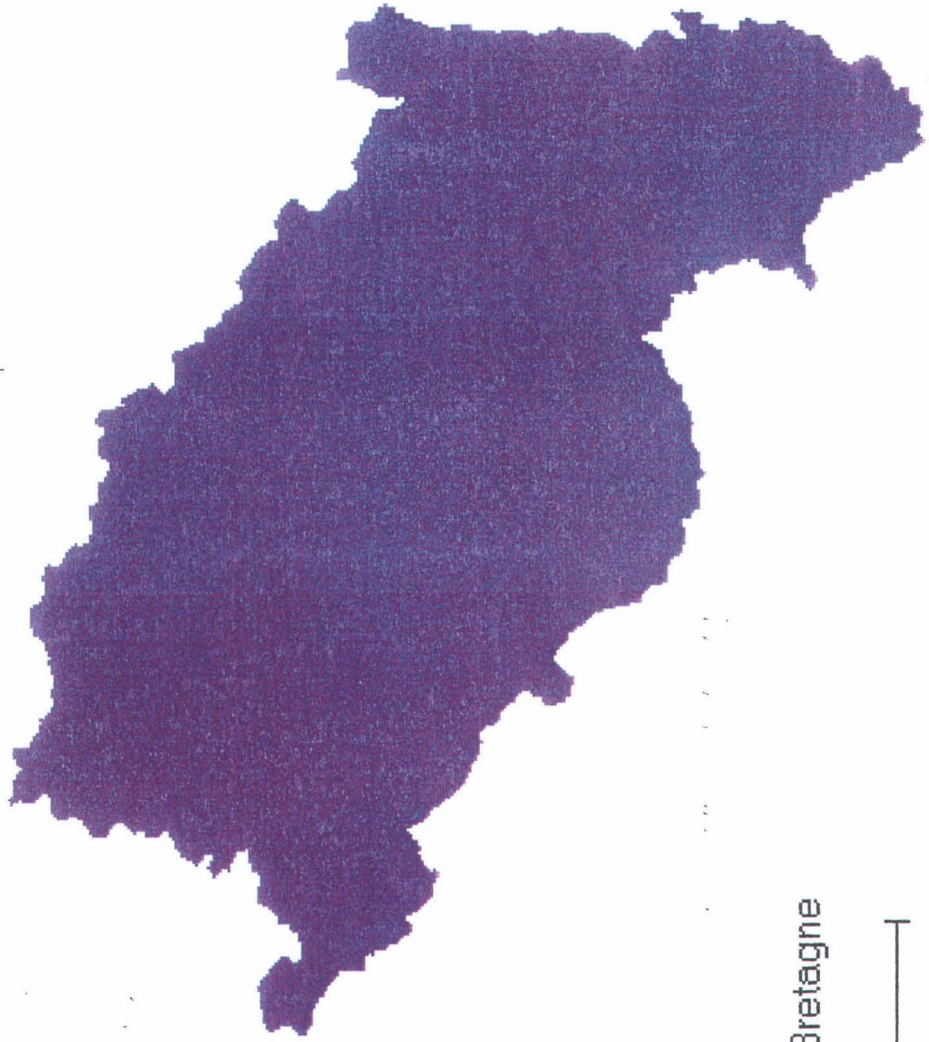
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇒ BASE.MAP (format quadtree)

Date

1995



Bassin Loire-Bretagne



■ Bassin Loire-Bretagne



d/ Carte de l'écoulement du bassin Loire-Bretagne (sous-secteurs hydrographiques)

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte d'écoulement (sous-bassins hydrographiques)-bassin Loire-Bretagne.

Organisme

Université Jean Monnet .
Source: G.Staron

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/250 000
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1992

Référence

Carte de sous-bassins de bassin Loire-Bretagne.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

-Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ ECOUL.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇨ ECOUL.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ ECOUL.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇨ ECOUL.TOP/.VTX (format vectoriel)

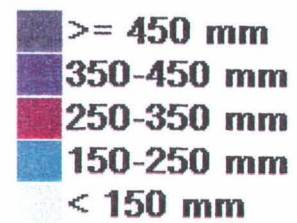
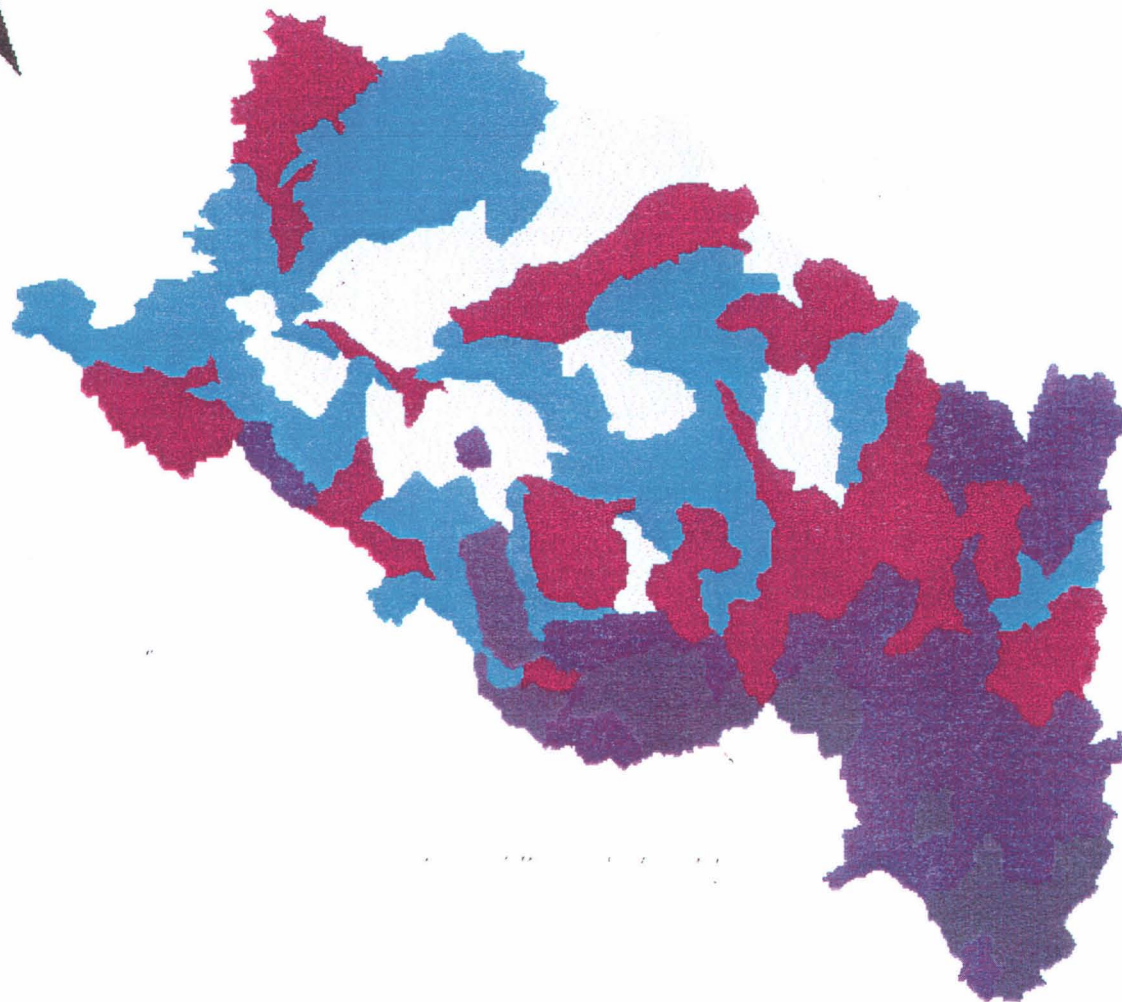
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ ECOUL.MAP (format quadtree)

Date

1995



Carte de l'écoulement Bassin Loire-Bretagne




100 km

e/ Carte départementale de la région Centre

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte des départements de la région Centre.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectants la précision de positionnement

Extrait de la carte au 1/500000.
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1990

Référence

Carte départementale de la France 1990.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇒ DEP_CENT.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇒ DEP_CENT.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇒ DEP_CENT.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇒ DEP_CENT.TOP/.VTX (format vectoriel)

Transform/Data Types/Polygons To Map ⇒ DEP_CENT.MAP (format quadtree)

Date

1995

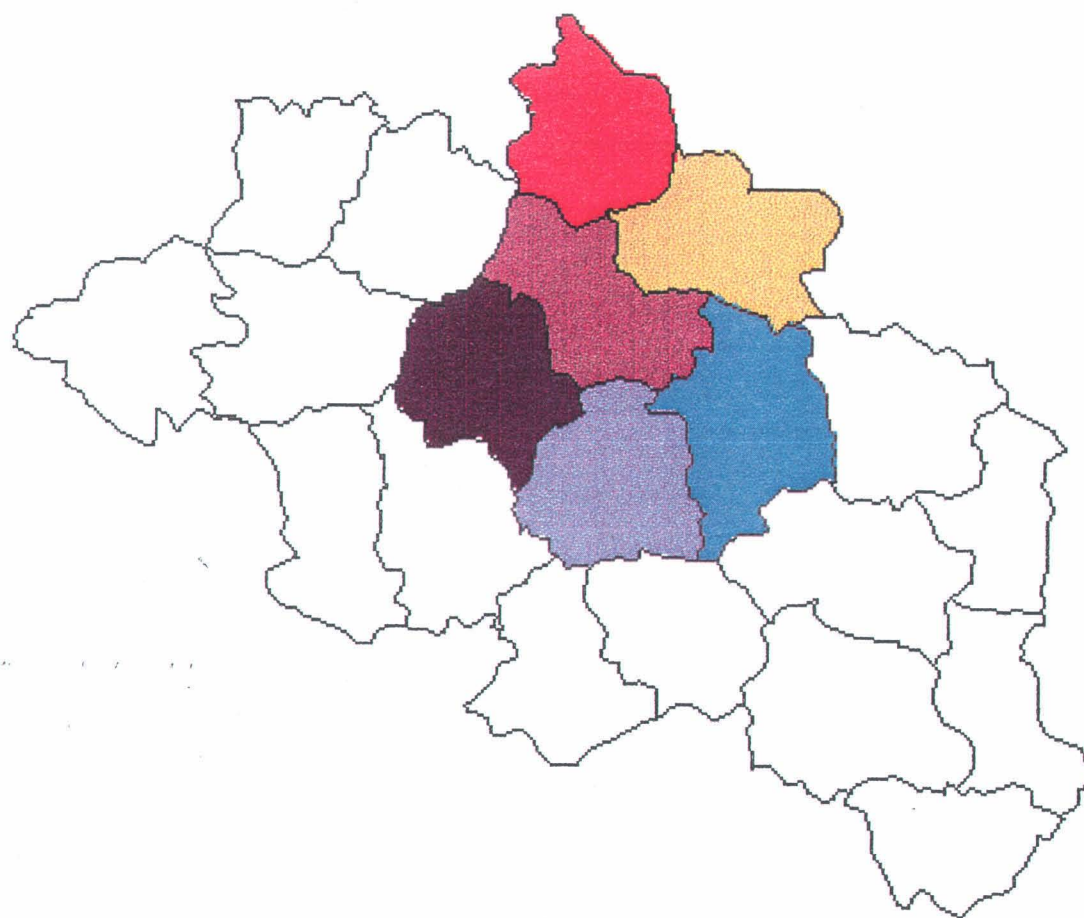


La carte départementale Bassin Loire-Bretagne

Région Centre

- Loir-et-Cher
- Indre-et-Loire
- Loiret
- Eure-et-Loir
- Indre
- Cher

100 km



f/ Carte de base de la région Centre

DONNÉES-SOURCES

Description

Tracé de la limite administrative de la région centre

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/250.000
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1989

Référence

Carte départementale de la France

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇒ BASE.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇒ BASE.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇒ BASE.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇒ BASE.TOP/.VTX (format vectoriel)

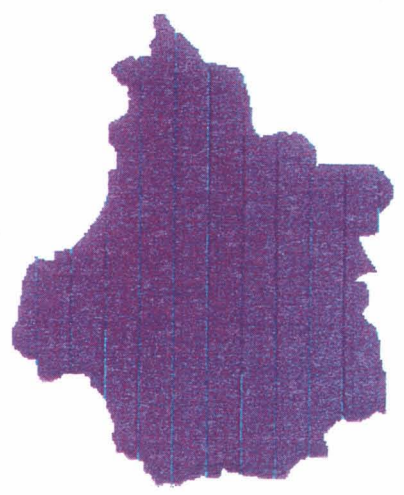
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇒ BASE.MAP (format quadtree)

Date

1995



Région Centre



g/ Carte de base du département du Loiret

DONNÉES-SOURCES

Description

Tracé de la limite administrative de département de Loiret.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/250.000
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1989

Référence

Carte des paysages pédologiques du Loiret.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ BASE2.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇨ BASE2.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ BASE2.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇨ BASE2.TOP/.VTX (format vectoriel)

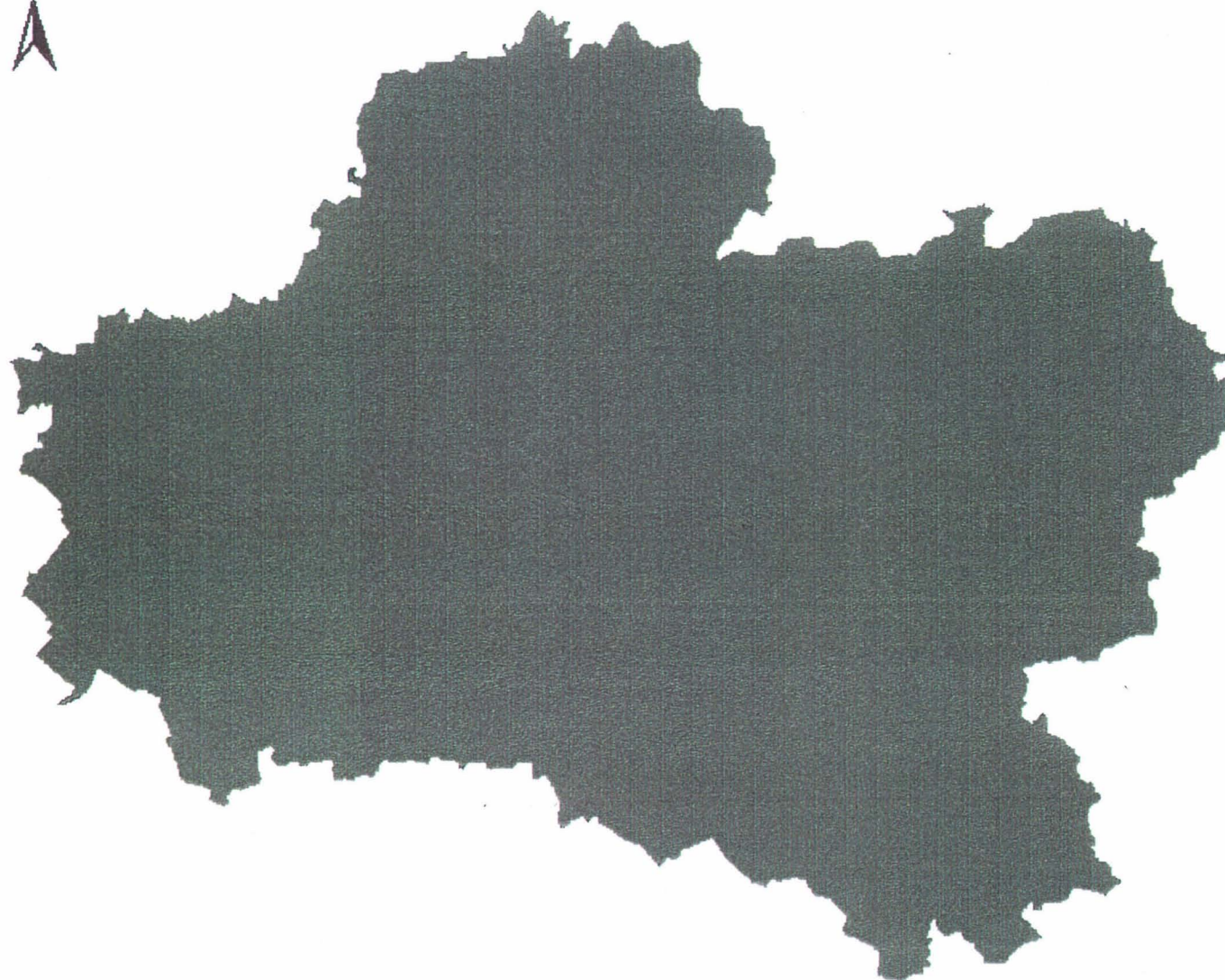
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ BASE2.MAP (format quadtree)

Date

1995



Structure Matricielle



■ Département de Loiret

—|—————|
20 km

h/ Carte des régions naturelles du Loiret

DONNÉES-SOURCES

Description

Les régions naturelles de département du Loiret

Organisme

INRA -Institut National de la Recherche Agronomique-,
Chambre d'agriculture du Loiret.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/250 000

Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1989

Référence

Carte des paysages pédologiques du Loiret

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇔ R_NAT.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇔ R_NAT.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇔ R_NAT.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

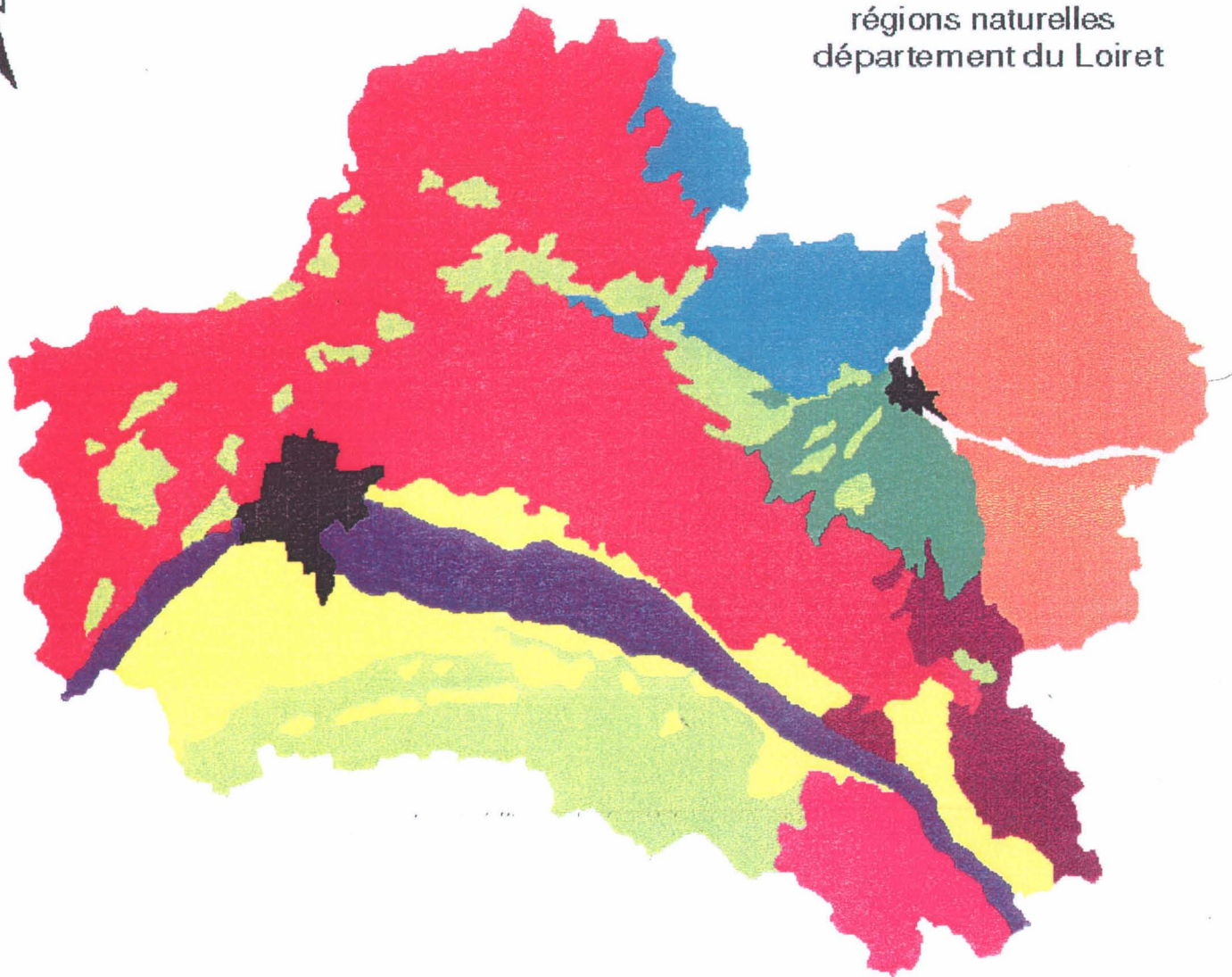
Transform/Import/Vector ⇔ R_NAT.TOP/.VTX (format vectoriel)

Transform/Data Types/Polygons To Map ⇔ R_NAT.MAP (format quadtree)

Date

1995

régions naturelles
département du Loiret



- Beauce
- Gatinais calcaire beauceron
- Orléanais
- Gatinais de sud-ouest
- Gatinais Oriental
- Puisaye
- Agglomerations
- Sologne
- Val de Loire
- Systeme des T. de la Loire
- Berry
- Non Classe
- Pourtour de l'Orleanais

20 km

i/ Carte géologique du Loiret

DONNÉES-SOURCES

Description

La géologie de département du Loiret.

Organisme

BRGM -Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/500 000

Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1980

Référence

La carte géologique de la France. 1980

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇔ GEOLOGIE.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇔ GEOLOGIE.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇔ GEOLOGIE.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇔ GEOLOGIE.TOP/.VTX (format vectoriel)

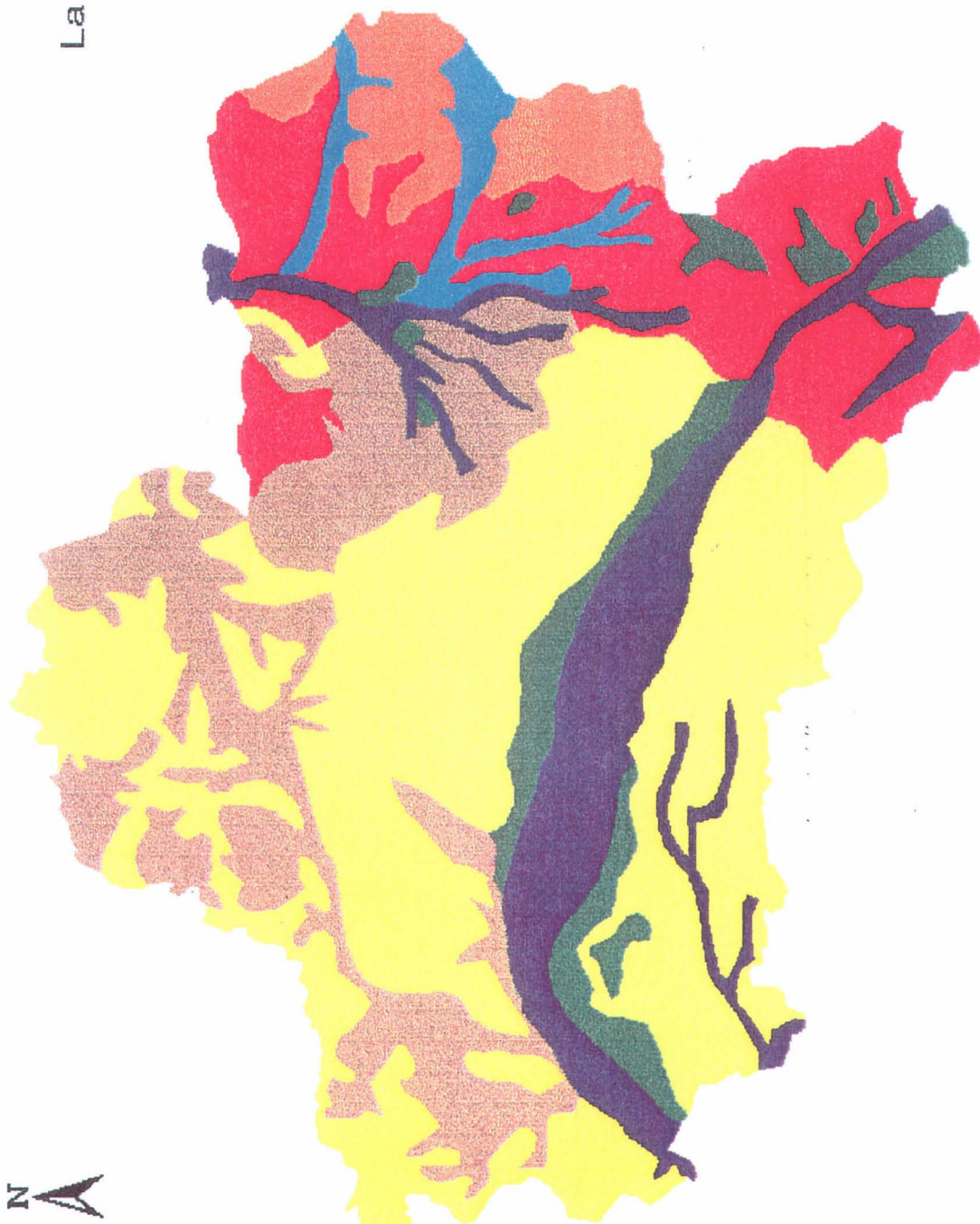
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇔ GEOLOGIE.MAP (format quadtree)

Date

1995



La carte géologique du Loiret



- Calcaire de Beauce
- Craie modéleuse
- Alluvions
- Sables & Argiles de la sologne
- Argile à Silex rouges
- Sables et Gravieres des terras.
- Argile superieur à Silex
- Limons de plateau

20 km

j/ Carte d'occupation du sol du Loiret

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte d'occupation du sol du département de Loiret

Organisme

INRA -Institut National de la Recherche Agronomique-,
Chambre d'agriculture du Loiret.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/250 000

Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1989

Référence

Carte des paysages pédologiques du Loiret

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ OCC_SOL.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇨ OCC_SOL.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ OCC_SOL.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇨ OCC_SOL.TOP/.VTX (format vectoriel)

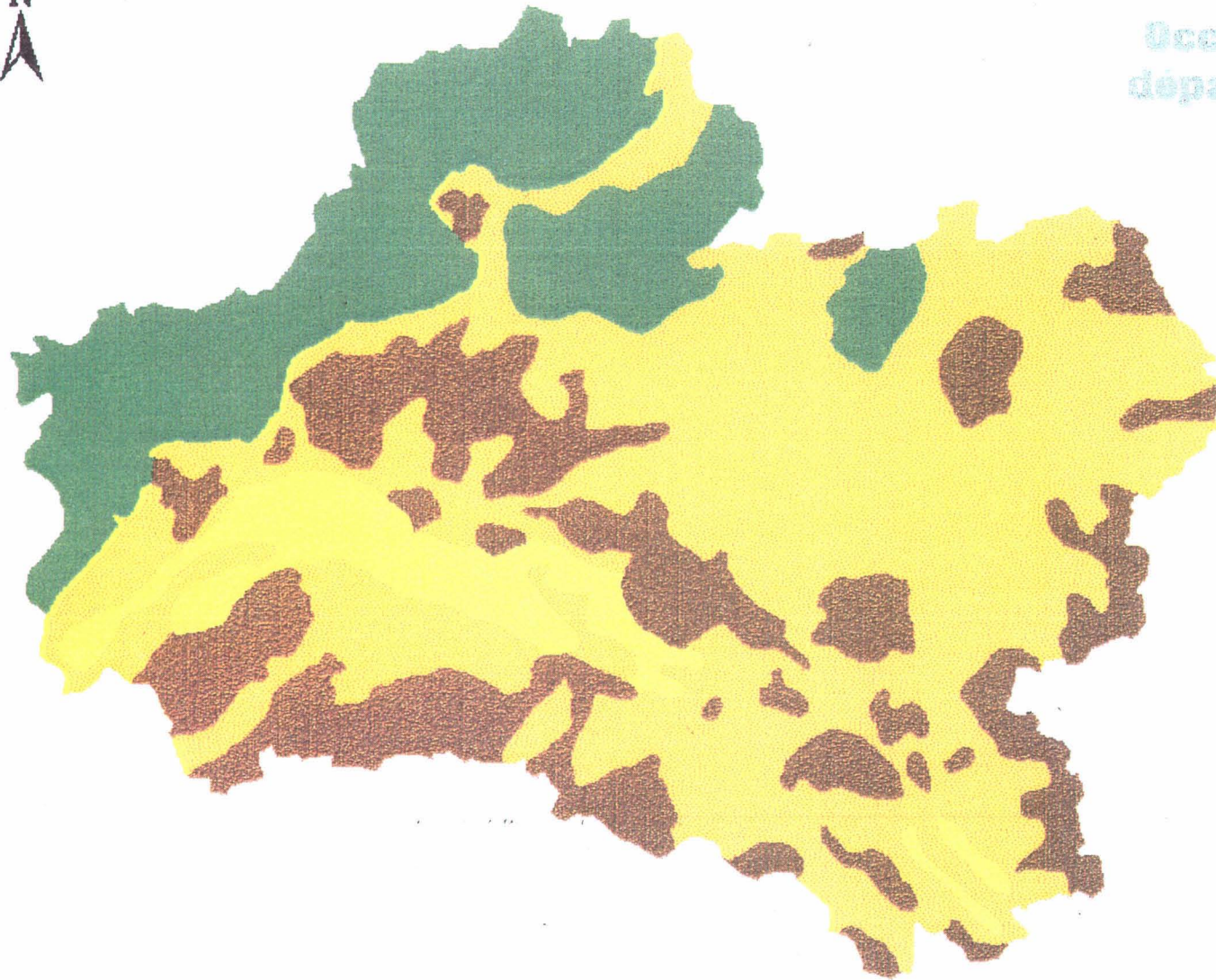
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ OCC_SOL.MAP (format quadtree)

Date

1995



Occupation du sol département du Loiret



- Grande culture intensive
- Cultures spéciales
- Forêts et bois
- Polyculture, élevage, ...

20 km

k/ Carte des précipitations annuelles du Loiret (moyenne 1951-1980)

DONNÉES-SOURCES

Description

Les isohyètes annuelles moyennes (1951-1980), en millimètres de pluie.

-Organisme

Météo France

Support d'acquisition

-Papier

-Disquettes format ASCII

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/1000 000

Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1988

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ ISOHY.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇨ ISOHY.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ ISOHY.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

Transform/Import/Vector ⇨ ISOHY.TOP/.VTX (format vectoriel)

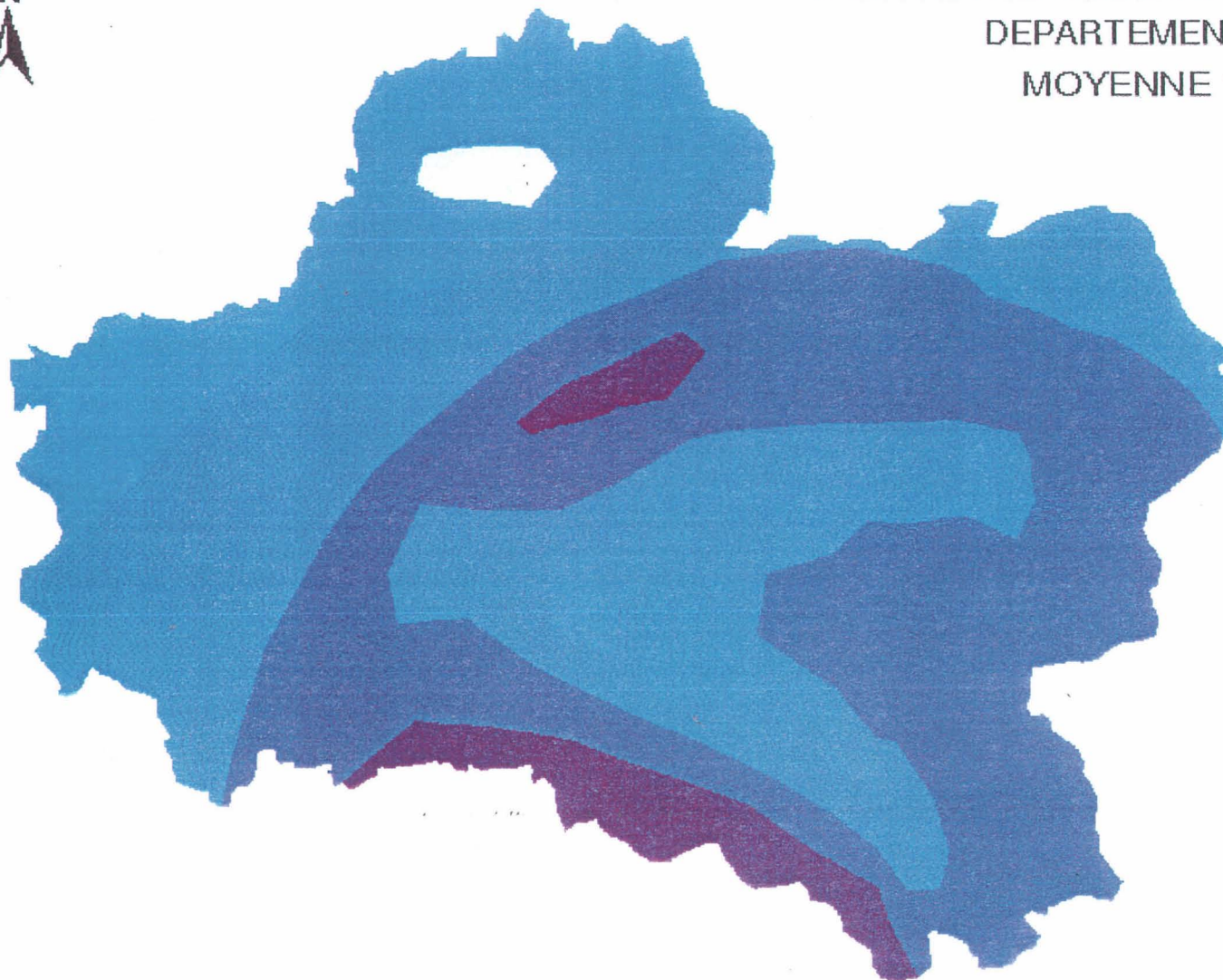
Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ ISOHY.MAP (format quadtree)

Date

1995



ISOHYETES ANNUELLES EN MILLIMETRES
DEPARTEMENT DU LOIRET
MOYENNE 1951-1980



Pluviométrie

- < de 550 millimètres
- de 550 à 600 millimètres
- de 600 à 650 millimètres
- de 650 à 700 millimètres
- > de 700 millimètres

20 km

I/ Carte des précipitations du Loiret (année 1994)

DONNÉES-SOURCES

Description

Les précipitations pour l'année 1994.

Organisme

Météo France

Support d'acquisition

-Papier
-Disquettes format ASCII

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/1000 000
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1994

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

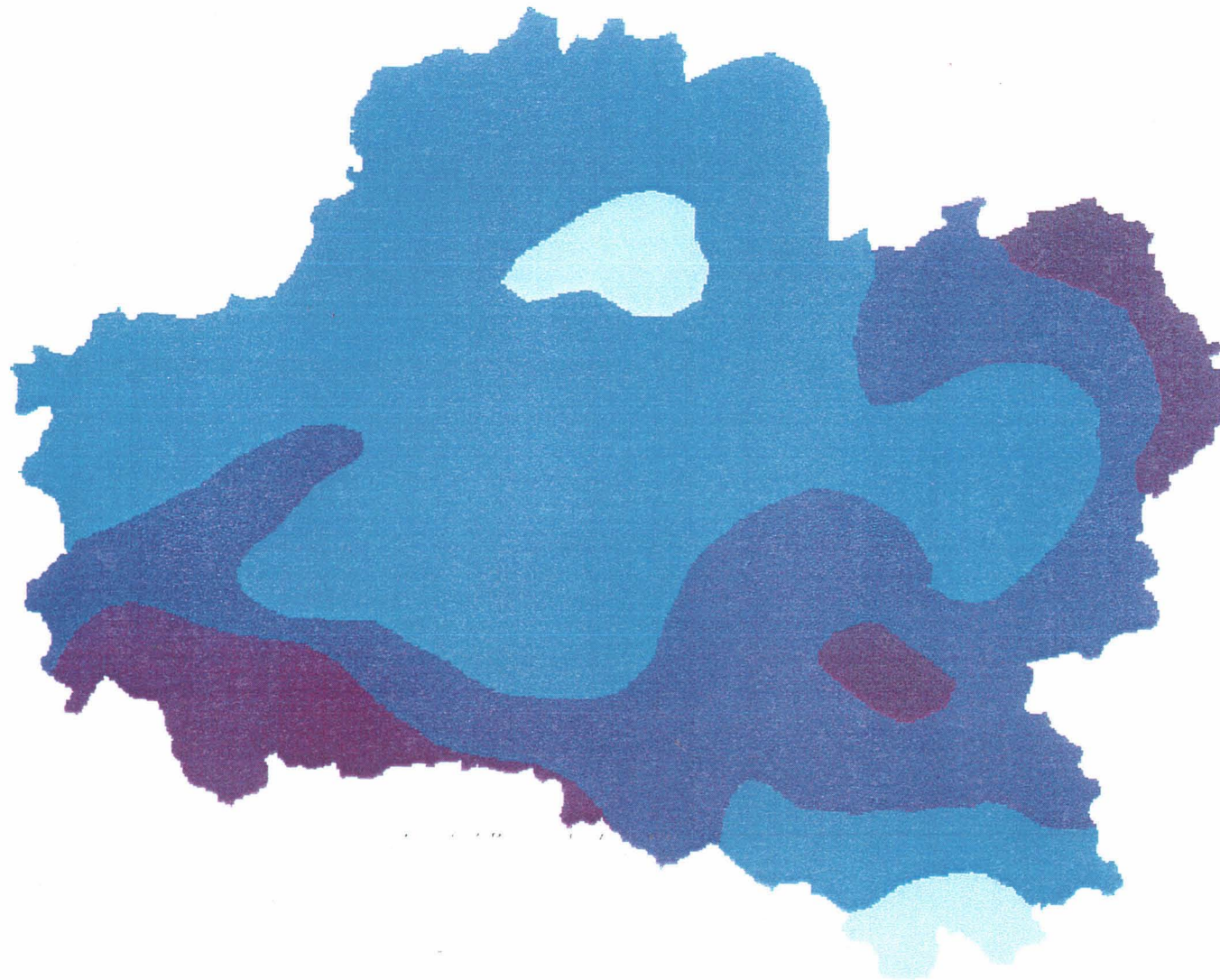
Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ PRECI.ABF (format binaire)
Atlas*Import/Export: ⇨ PRECI.BNA (format ASCII)
Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ PRECI.VEH/VEC (format SPANS ASCII)
SPANS:
 Transform/Import/Vector ⇨ PRECI.TOP/.VTX (format vectoriel)
 Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ PRECI.MAP (format quadtree)

Date

1995

Précipitations
Année 1994
Département du Loiret



m/ Carte pédologique du Val de Loire

DONNÉES-SOURCES

Description

Esquisse des paysages pédologiques du Val de Loire..

Organisme

INRA Institut National de la Recherche Agronomique,
Chambre d'Agriculture du Loiret.

Support d'acquisition

Papier

Facteurs affectant la précision de positionnement

Échelle 1/250 000.

Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1989

Référence

Carte des paysages pédologiques du Loiret.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ PEDO-VAL.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇨ PEDO-VAL.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ PEDO-VAL.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

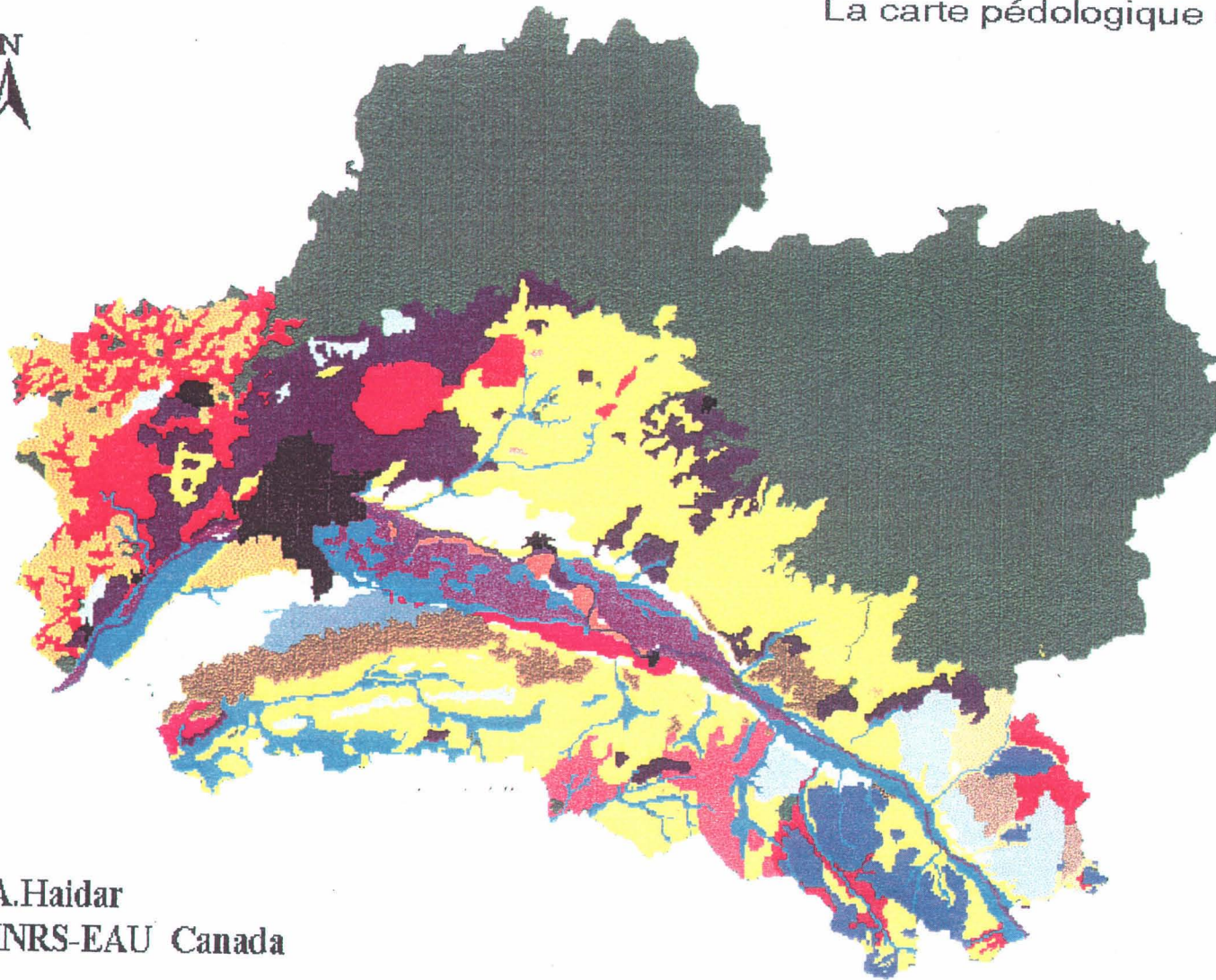
Transform/Import/Vector ⇨ PEDO-VAL.VTX (format vectoriel)

Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ PEDO-VAL.MAP (format quadtree)

Date

1995

La carte pédologique du Val de Loire



- Orléanais sablo-argileux
- Terrasse d'Olivet
- Terrasses de Maison-Fort
- Fonds alluviaux et colluviaux
- Terres noires
- Zons urbanisées
- Terrasses de Marcilly
- Terrasses du Quaternaire
- Tolus de raccordement
- Sologne et Orléanais sableux
- Syst. de Vallons calcaires
- Alluvions de l'ensemble du Va
- Alluviaux des bords de Loire
- Val de Loire sablo-argileux
- La Loire
- Terrasse de Tigy
- Variante limono-sableuse
- T. sableux. des bords de Vallé
- Variant sablo-argileuse
- Variante sablo-limoneuse
- Complexe de pentes fortes
- Terre argileuses vertiques
- Variante limoneuse
- Complexe d'Escrignelles
- Variante limoneuse et sableux
- Variante très hydromorphe
- Limon. sab. argil. hydromorphe
- Non classé

20 km

A.Haidar
INRS-EAU Canada

n/ Carte communale du Val d'Orléans

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte des communs du Val d'Orléans.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier
Disquettes (format ASCII)

Facteurs affectant la précision de positionnement

Extrait de la carte au 1/500000.
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1990

Référence

Carte communale de département du Loiret 1988.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

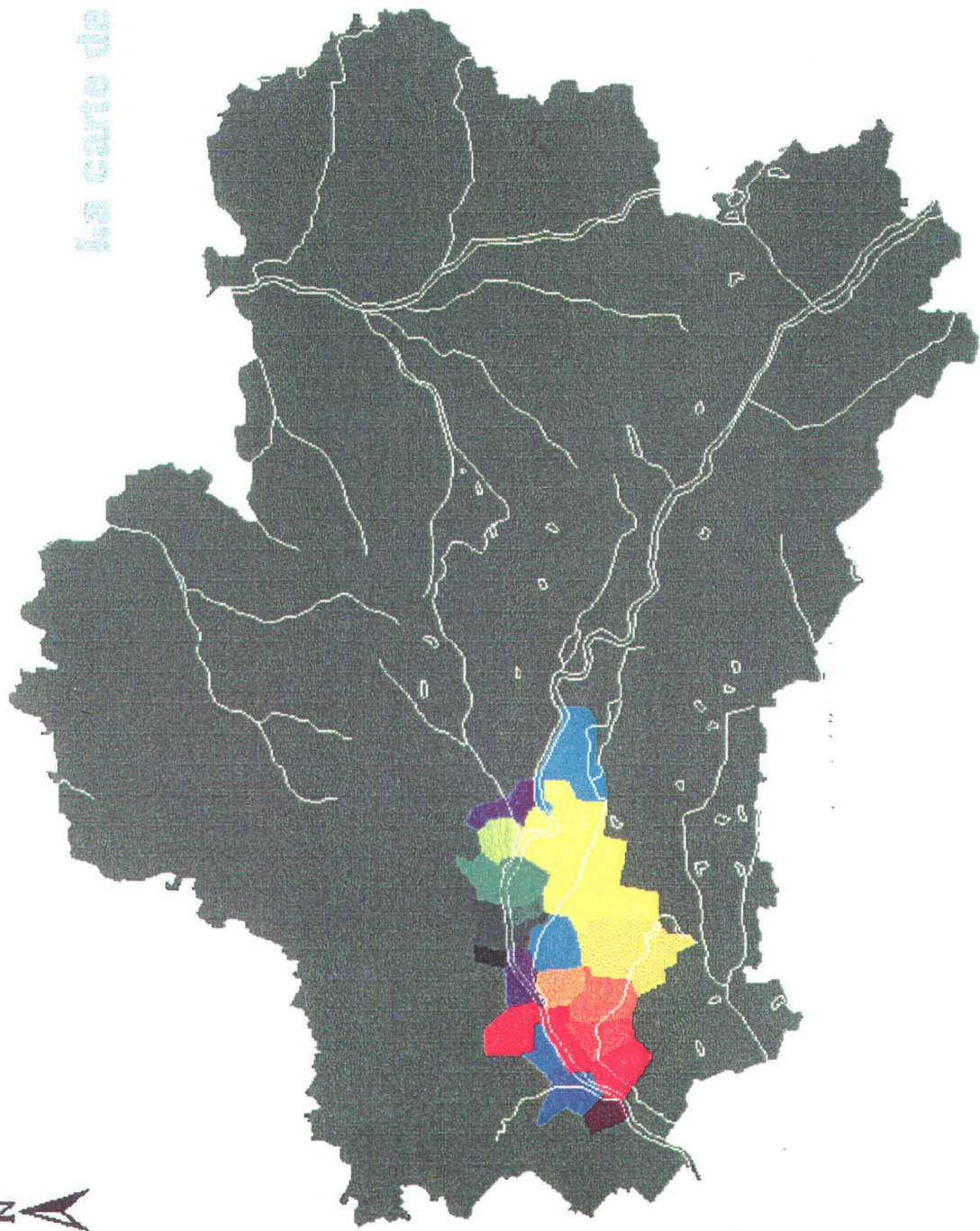
Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ ZONE_VAL.ABF (format binaire)
Atlas*Import/Export: ⇨ ZONE_VAL.BNA (format ASCII)
Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ ZONE_VAL.VEH/VEC (format SPANS ASCII)
SPANS:
 Transform/Import/Vector ⇨ ZONE_VAL.VTX (format vectoriel)
 Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ ZONE_VAL.MAP (format quadtree)

Date

1995

La carte de base (boiter)



o/ Carte cantonale du Val d'Orléans

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte des cantones du Val d'Orléans.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier
disquettes (format ASCII)

Facteurs affectant la précision de positionnement

Extrait de la carte au 1/500000.
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1990

Référence

Carte communale de département du Loiret 1988.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇒ CANT_VAL.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇒ CANT_VAL.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇒ CANT_VAL.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

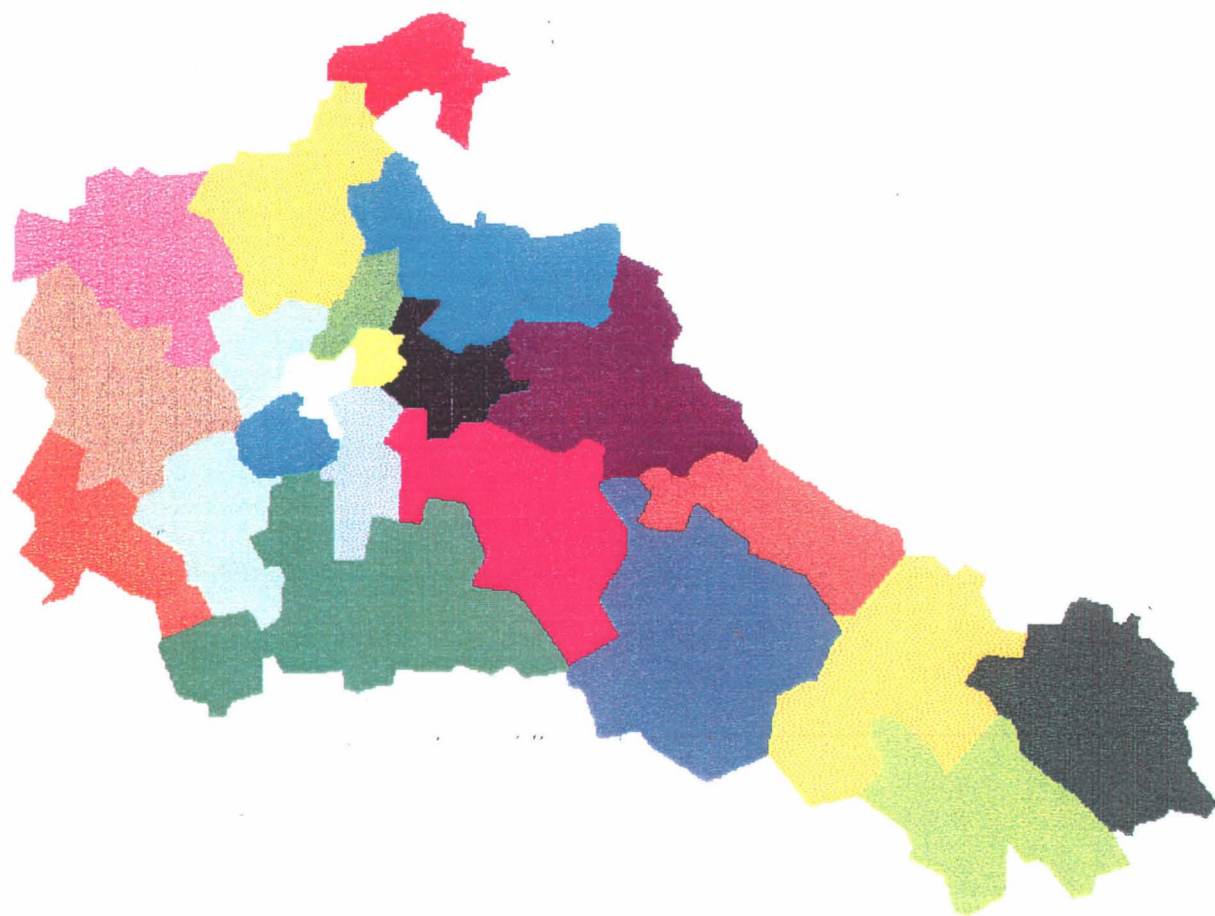
Transform/Import/Vector ⇒ CANT_VAL.VTX (format vectoriel)

Transform/Data Types/Polygons To Map ⇒ CANT_VAL.MAP (format quadtree)

Date

1995

Carte cantonale -département du Loiret-



- Artenay
- Beaugency
- Briare
- Châteauneuf-sur-Loire
- Chécy
- Cléry-Saint-André
- La Ferté-Saint-Aubin
- Gien
- Jargeau
- Meung-Sur-Loire
- Neuville-aux-Bois
- Orléans
- Outarville
- Ouzuer-sur-Loire
- Patay
- Sully-sur-Loire
- Fleury-les-Aubrais
- Olivet
- Saint-Jean-de-Braye
- Saint-Jean-de-la-Ruelle
- Châtillon-sur-Loire
- Ingré
- Saint-Jean-le-blanc

20 km

p/ Carte communale du Loiret

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte Communale du département du Loiret.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier
Disquettes (format ASCII)

Facteurs affectant la précision de positionnement

Extrait de la carte au 1/500000.
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1990

Référence

Carte communale de la France 1988.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

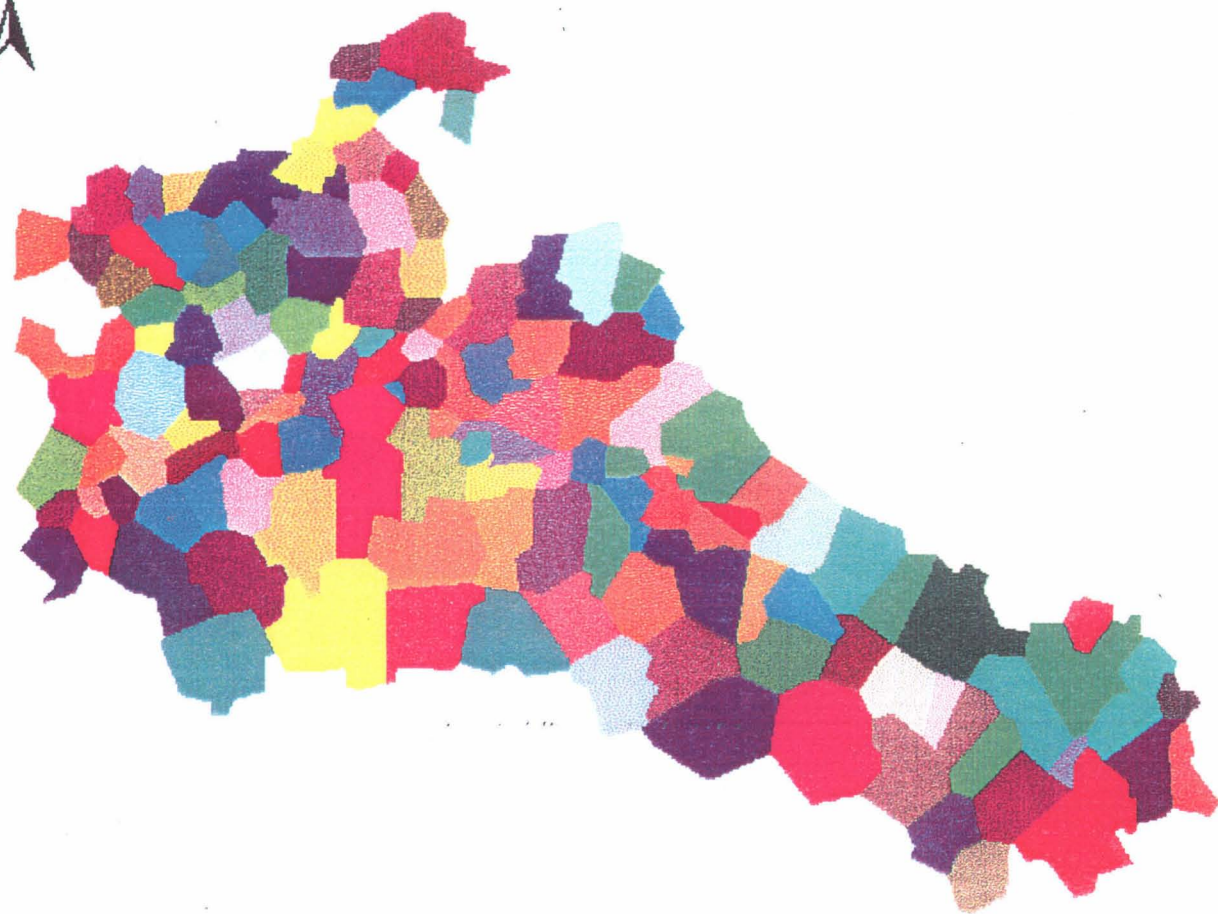
Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇨ COM45.ABF (format binaire)
Atlas*Import/Export: ⇨ COM45.BNA (format ASCII)
Conversion avec programme FORTRAN: ⇨ COM45.VEH/VEC (format SPANS ASCII)
SPANS:
 Transform/Import/Vector ⇨ COM45.VTX (format vectoriel)
 Transform/Data Types/Polygons To Map ⇨ COM45.MAP (format quadtree)

Date

1995

Carte communale de département du Loiret



20 km

q/ Carte de la population du Loiret (1975)

DONNÉES-SOURCES

Description

Données sur la population du département du Loiret.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.

Support d'acquisition

Disquettes

Formats disponibles

ASCII: .DAT

dBASE: .DBF

Facteurs affectant la précision de données.

Agrégation statistique des données de chaque commune de Val d'Orléans.

Fréquence de mise à jour.

9 ans

Date de validité des données

1988

Référence

R.G.A. Recensements Généraux Agricoles de 1970, 1979 et 1988: Val de Loire (067).

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

1-Conversion du format ASCII .DAT en format Lotus .WK1.

2-Conversion du format Lotus .WK1 en format SPANS.

Formats disponibles

ASCII: .DAT

Lotus: .WK1

dBASE: .DBF

SPANS: entête .TBA

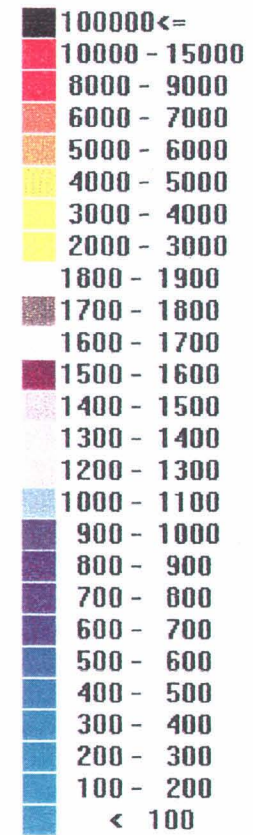
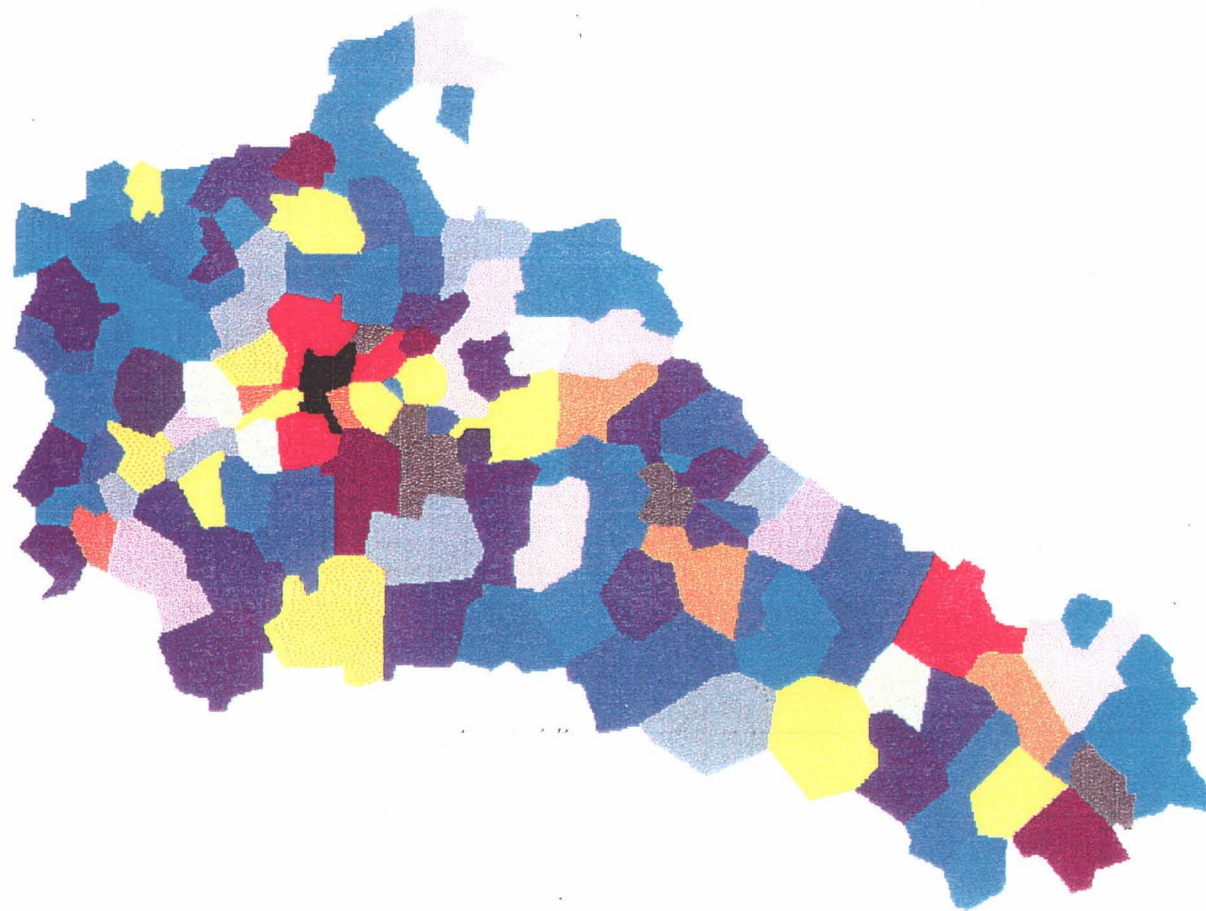
Transform/Import/Library/Table ⇨ .TBB

Date

1995



carte de la population (Dép. du Loiret)
1975



20 km

r/ Carte de la population du Loiret (1982)

DONNÉES-SOURCES

Description

Données sur la population du département du Loiret - 1982.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.

Support d'acquisition

Disquettes

Formats disponibles

ASCII: .DAT

dBASE: .DBF

Facteurs affectant la précision de données.

Agrégation statistique des données de chaque commune de Val d'Orléans.

Fréquence de mise à jour.

9 ans

Date de validité des données

1988

Référence

R.G.A. Recensements Généraux Agricoles de 1970, 1979 et 1988: Val de Loire (067).

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

1-Conversion du format ASCII .DAT en format Lotus .WK1.

2-Conversion du format Lotus .WK1 en format SPANS.

Formats disponibles

ASCII: .DAT

Lotus: .WK1

dBASE: .DBF

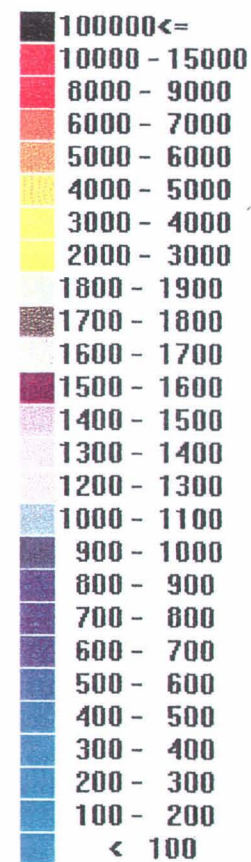
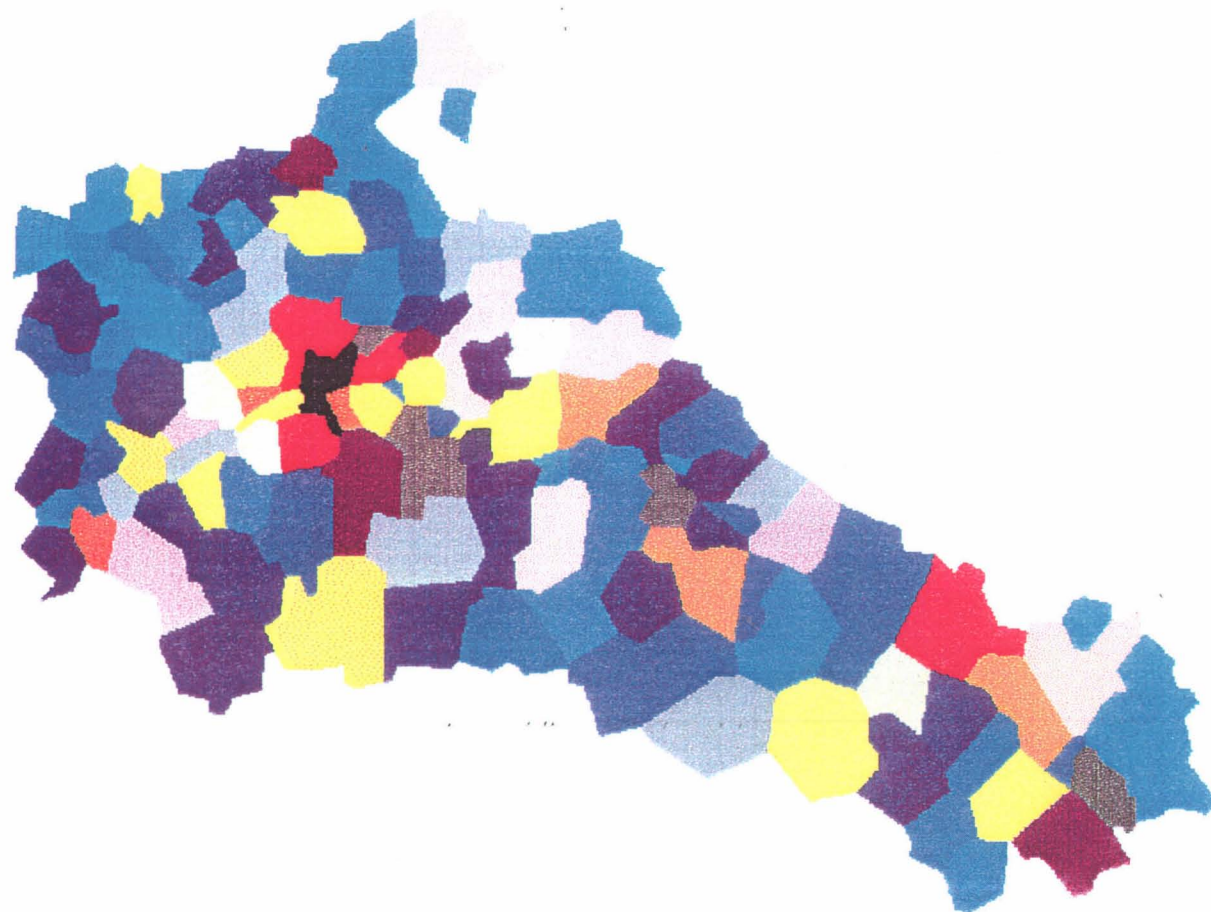
SPANS: entête .TBA

Transform/Import/Library/Table ⇨ .TBB

Date

1995

La carte de la population (Loiret 1982)



20 km

s/ Carte d'arrondissement du Loiret

DONNÉES-SOURCES

Description

Carte d'arrondissement du département du Loiret.

Organisme

INSEE Institut National de la Statistique et des Études Économiques - Région Centre.
IGN Institut Géographique National.

Support d'acquisition

Papier
Disquettes (format ASCII)

Facteurs affectant la précision de positionnement

Extrait de la carte au 1/500000.
Projection conique conforme de Lambert.

Date de validité des données

1990

Référence

Carte communale de département du Loiret 1988.

DONNÉES INTÉGRÉES

Mode d'intégration

Numérisation avec ATLAS*DRAW sur tablette numérisante calcomp modèle 23120.

Formats disponibles

Atlas*Draw: ⇒ ARROND.ABF (format binaire)

Atlas*Import/Export: ⇒ ARROND.BNA (format ASCII)

Conversion avec programme FORTRAN: ⇒ ARROND.VEH/VEC (format SPANS ASCII)

SPANS:

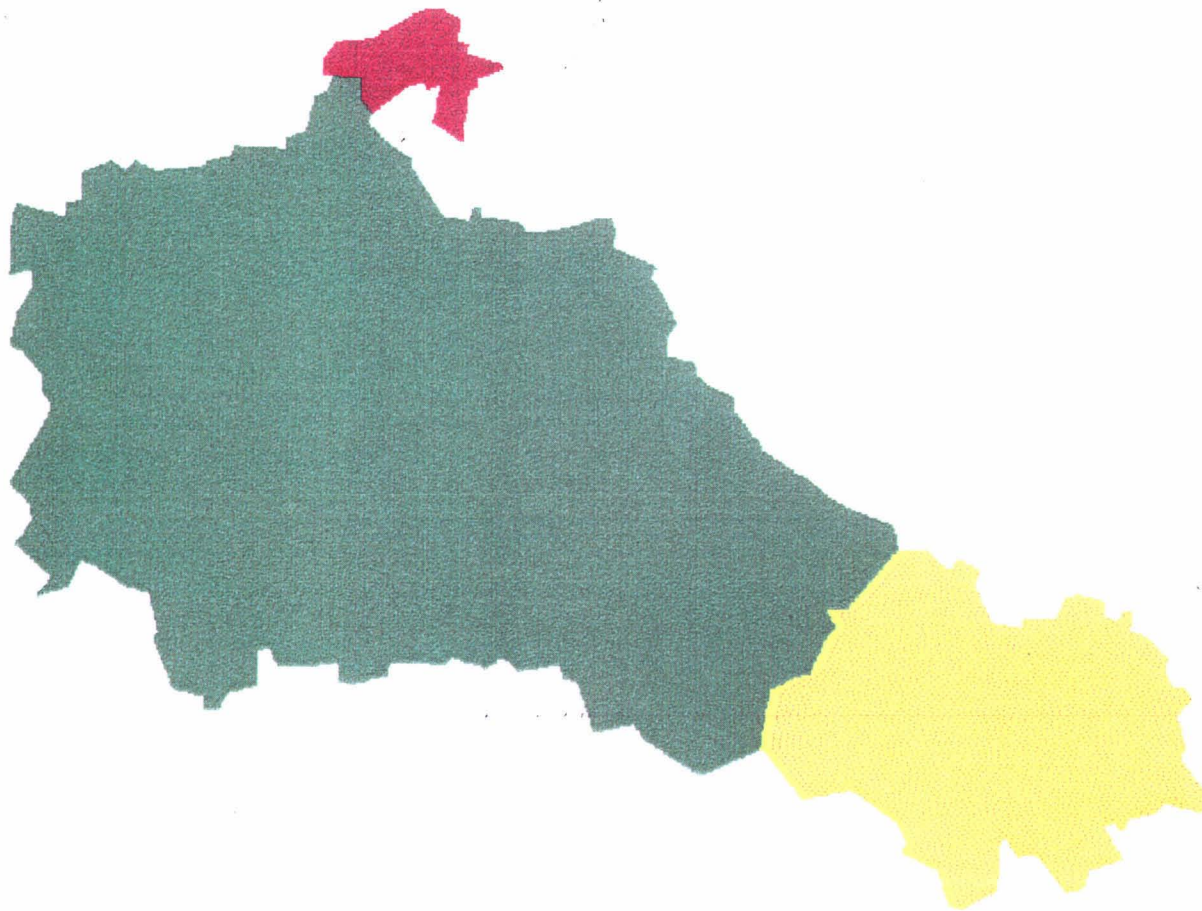
Transform/Import/Vector ⇒ ARROND.VTX (format vectoriel)

Transform/Data Types/Polygons To Map ⇒ ARROND.MAP (format quadtree)

Date

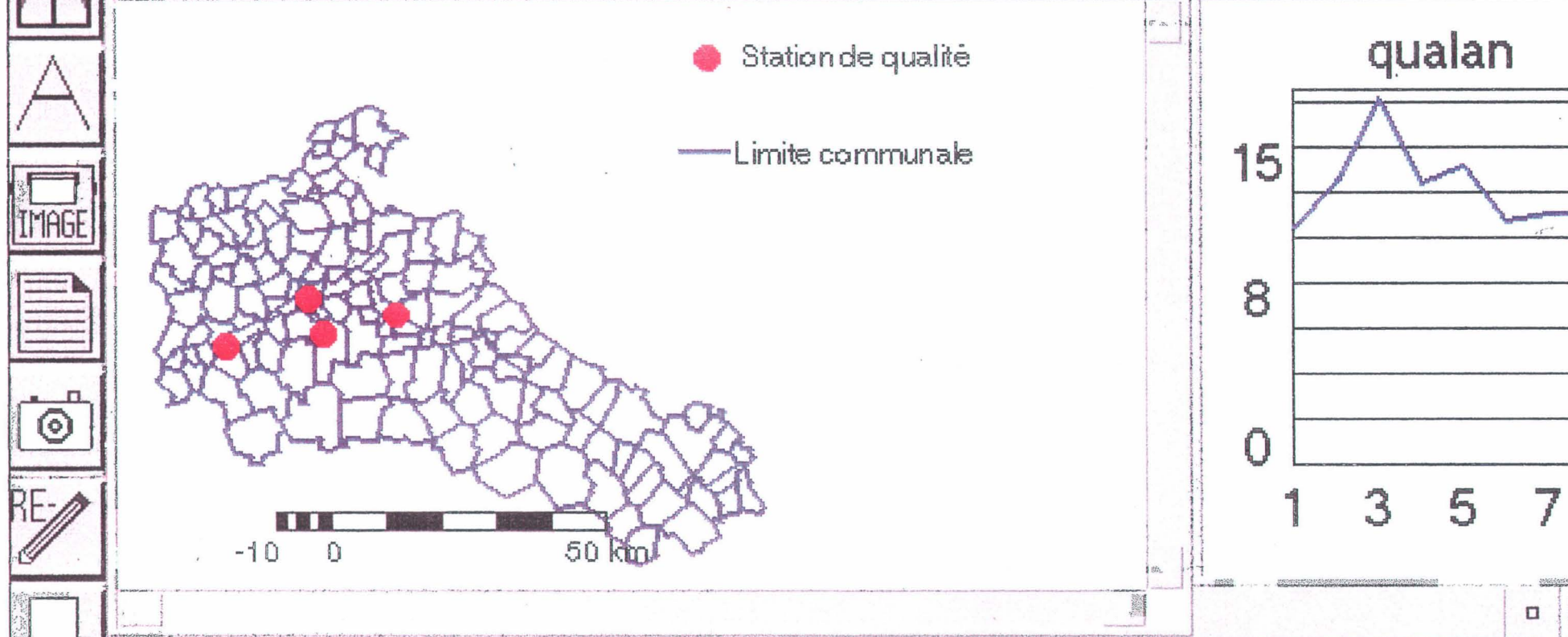
1995

La carte d'arrondissement de département du Loiret



- Montargis
- Orléans
- Pithiviers

20 km



| 12.560000 | | | | | | Row 1 | Col 7 |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| Record | 86teau | 87teau | 88teau | 89teau | 90teau | | |
| 1 | 11.520000 | 12.560000 | 15.050000 | 19.420000 | 14.890000 | | |
| Count | | | | | | | |
| Total | | | | | | | |
| Mean | | | | | | | |

B/ CARTES ET FICHES BOYER

a/ Cours d'eau et lac

Données-sources

► Description

Cours d'eau et lacs figurant sur les cartes topographiques au 1/50 000 de *Énergie, Mines et Ressources Canada*.

► Organisme

Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du réseau hydrique.

► Mode de production

Confection de cartes *chronaflex* comportant le réseau hydrographique des cartes topographiques au 1/50 000 de *Énergie, Mines et Ressources Canada* et un code de 4 chiffres dans la partie aval du cours d'eau.

► Support d'acquisition

Photocopies de transparents sur papier *ozalide* par procédé *diazo*.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Échelle: 1/50 000;

Projection: UTM Fuseau 19, NAD27.

► Facteurs affectants la précision des données

Codification effectuée manuellement.

► Date de validité des données

Voir cartes topographiques de *Énergie, Mines et Ressources Canada* publiées avant 1980.

► Référence(s)

Ministère de l'Environnement et de la Faune (1983). *Description des programmes d'inventaire de la ressource hydrique du Québec: 2-Inventaire des cours d'eau; 3-Inventaire des lacs.*
Service des eaux de surface - Division de l'hydrographie.

Données intégrées

► Contenu

136 arcs (tronçons de rivière);

1 polygone (lac).

► Mode d'intégration

Numérisation avec le logiciel ATLAS★DRAW sur table numérisante Altek;

Conversion avec le logiciel ATLAS★IMPORT/EXPORT puis avec le module ATLIDRIS du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichier .ABF (format binaire de ATLAS★DRAW);

Fichier .BNA (format ASCII de ATLAS★IMPORT/EXPORT);

Fichiers .DVC/.VEC ("lines" et "polygons" IDRISI).

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Sensibilité de la table numérisante: 0,5 mm;

Format de stockage du logiciel: 7 chiffres significatifs;

Projection choisie: User;

Précision de numérisation: ±0,5 mm.

► Codification

Le premier code est constitué des 4 derniers chiffres de la codification du *Ministère de l'Environnement et de la Faune* qui est tel que:

*000 identifie un des 9 tributaires les plus importants du cours d'eau principal;

0*** identifie les autres tributaires du cours d'eau principal;

x*00 identifie un des 9 tributaires les plus importants du cours d'eau x000;

x0** identifie les autres tributaires du cours d'eau **x000**;

xy*0 identifie un des 9 tributaires les plus importants du cours d'eau **xy00**;

xy0* identifie les autres tributaires du cours d'eau **xy00**;

Les codes associés aux lacs sont ceux des cours d'eau majeurs dont ils dépendent.

Un deuxième code a été affecté à chaque tronçon manuellement: il s'agit de l'ordre de Strahler défini comme suit:

- les tronçons extérieurs sont du premier ordre;
- aux noeuds de jonction, le plus grand des ordres de Strahler des tronçons amonts concourants est affecté au tronçon aval; si les tronçons amonts sont du même ordre N, le tronçon aval se voit affecter l'ordre N + 1.

b/ Bassins versants

Données-sources

► Description

Division du territoire en bassins versants de superficie théoriquement supérieure à 20 km².

► Organisme

Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du réseau hydrique.

► Mode de production

Les limites de bassins versants ont été tracées manuellement à partir des courbes de niveau des cartes topographiques au 1/50 000 de *Énergie, Mines et Ressources Canada*.

► Support d'acquisition

Photocopies de transparents sur papier *ozalide* par procédé *diazo*.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Échelle: 1/50 000;

Projection: UTM Fuseau 19, NAD27.

► Facteurs affectants la précision des données

Tracés effectués à main levée.

► Date de validité des données

Voir cartes topographiques de *Énergie, Mines et Ressources Canada* publiées avant 1980.

► Référence(s)

Ministère de l'Environnement et de la Faune (1983). *Description des programmes d'inventaire de la ressource hydrique du Québec: 4-Inventaire des bassins versants*. Service des eaux de surface - Division de l'hydrographie.

Données intégrées

► Contenu

5 polygones.

► Mode d'intégration

Numérisation avec le logiciel ATLAS★DRAW sur table numérisante Altek;

Conversion avec le logiciel ATLAS★IMPORT/EXPORT puis avec les modules ATLIDRIS et POLYRAS du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichier .ABF (format binaire de ATLAS★DRAW);

Fichier .BNA (format ASCII de ATLAS★IMPORT/EXPORT);

Fichiers .DVC/.VEC ("polygons" IDRISI);

Fichiers .DOC/.IMG (image IDRISI).

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Sensibilité de la table numérisante: 0,5 mm;

Format de stockage du logiciel: 7 chiffres significatifs;

Projection choisie: User;

Précision de numérisation: ±0,5 mm.

► Codification

| # | MEF | Nom |
|---|------|--------------|
| 0 | - | Hors bassin |
| 1 | 0000 | Boyer |
| 2 | 1000 | Boyer Sud |
| 3 | 2000 | Boyer Nord |
| 4 | 3000 | Du Portage |
| 5 | 1100 | Trib. B. Sud |

= numérotation séquentielle (selon superficie décroissante)

MEF = 4 derniers chiffres de la codification du *Ministère de l'Environnement et de la Faune*.

Données dérivées: premier niveau de bassin versant

▸ Mode de génération

Reclassification des sous-sous-bassins versants avec le module RECLASS de IDRISI.

▸ Formats disponibles

Fichiers .DOC/.IMG (image IDRISI)

▸ Facteurs affectants la précision de positionnement

Voir données-sources.

▸ Codification

| # | Nom |
|---|-------------|
| 0 | Hors bassin |
| 1 | Bassin |

c/ Altitudes

Données-sources

► Description

Courbes de niveau et points cotés des cartes topographiques au 1/50 000 (portions de 3 feuillets).

► Organisme

Energie, Mines et Ressources Canada.

► Mode de production

Stéréoscopie à partir de photographies aériennes.

► Support d'acquisition

Cartes couleur sur papier.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Échelle: 1/50 000;

Projection: UTM Fuseau 19, NAD27;

Procédé de photo-interprétation subjectif.

► Facteurs affectants la précision des données

Équidistance des courbes:

10 mètres pour le feuillet 21 L/11;

25 pieds (≈ 7.6 mètres) pour les cartes 21 L/10 et 21 L/15;

Facteur de conversion des pieds en mètres: 0.3048; résultat arrondi au mètres près.

► Date de validité des données

1978 pour les feuillets 21 L/10 et 21 L/15;

1985 pour le feuillet 21 L/11.

Données intégrées

► Contenu

223 courbes

5 points cotés

► Mode d'intégration

Numérisation avec le logiciel ATLAS★DRAW sur table numérisante Altek.

Zones accidentées: uniquement les courbes maîtresses; zones plates: toutes les courbes.

Conversion avec le logiciel ATLAS★IMPORT/EXPORT puis avec le module ATLIDRIS du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichier .ABF (format binaire de ATLAS★DRAW)

Fichier .BNA (format ASCII de ATLAS★IMPORT/EXPORT)

Fichiers .DVC/.VEC ("lines" et "points" IDRISI)

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Sensibilité de la table numérisante: 0,5 mm

Format de stockage du logiciel: 7 chiffres significatifs

Projection choisie: User

Précision de numérisation: ±0,5 mm

► Codification

Valeur entière d'altitude au dessus du niveau moyen de la mer, en mètres.

Données dérivées: modèle numérique de terrain

► Mode de génération

Interpolation des courbes de niveau avec le module INTERCON du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichiers .DOC/.IMG (image IDRISI)

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Algorithme d'interpolation implanté dans IDRISI.

► Codification

Altitudes en mètres: valeurs de type réel avec 7 chiffres significatifs ("real" de 4 octets).

d/ Carte des sols

Données-sources

► Description

Cartes pédologiques du comté de Dorchester, des comtés de Bellechasse et de Montmagny et du comté de Lévis.

► Organisme

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

► Mode de production

Relevés terrain.

► Support d'acquisition

Cartes couleur sur papier.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Échelle:

1/50 000 pour le comté de Dorchester;

1/63 000 pour les comtés de Bellechasse et de Montmagny;

1/63 000 pour le comté de Lévis;

Projection: UTM Fuseau 19, NAD27.

► Facteurs affectants la précision des données

Méthodologie de détermination des polygones de sol.

► Date de validité des données

1975 pour le comté de Dorchester;

1966 pour les comtés de Bellechasse et Montmagny;

1962 pour le comté de Lévis.

► Référence(s)

Pageau, E. (1975). *Étude pédologique du comté de Dorchester*. Bulletin technique No.17, Ministère de l'Agriculture du Québec, Division des sols, 94 p.

Marcoux, R. (1966). *Étude pédologique des comtés de Bellechasse et de Montmagny*. Bulletin technique No.12, Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation du Québec, Division des sols, Service de la Recherche, 72 p.

Laplante, L. (1962). *Étude pédologique du comté de Lévis*. Bulletin technique No.10, Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation du Québec, Division des sols, 86 p.

Données intégrées

► Contenu

511 arcs (limites de polygones);

182 points (centroïdes).

► Mode d'intégration

Assemblage des 3 cartes pédologiques et découpage selon les limites du bassin de la Boyer sur film polyester.

Réduction à une échelle approximative de 1/45 000 par photocopie sur papier;

Numérisation avec le logiciel ATLAS★DRAW sur table numérisante Altek;

Conversion avec le logiciel ATLAS★IMPORT/EXPORT;

Importation dans l'univers Boyer avec le module TRANSFORM/IMPORT/VECTOR du logiciel SPANS GIS en prenant l'option "Non linear warping" et les 12 points de contrôle suivants:

| N° | x | y | x (UTM) | y (UTM) | x calculé | y calculé | résidu |
|----|-------|-------|---------|---------|-----------|------------|---------|
| 1 | 348,0 | 702,0 | 358325 | 5193800 | 358283,70 | 5193854,79 | 41,30 |
| 2 | 318,5 | 636,5 | 356825 | 5191000 | 356874,40 | 5190962,17 | -49,40 |
| 3 | 330,0 | 482,5 | 357200 | 5184000 | 357189,83 | 5184012,02 | 10,17 |
| 4 | 238,0 | 447,5 | 353000 | 5182600 | 352974,12 | 5182522,06 | 25,88 |
| 5 | 154,5 | 296,0 | 348875 | 5175700 | 348938,74 | 5175681,42 | -63,74 |
| 6 | 169,0 | 217,0 | 349500 | 5171950 | 349466,77 | 5172012,22 | 33,23 |
| 7 | 90,5 | 149,5 | 345825 | 5169000 | 345755,24 | 5168964,81 | 69,76 |
| 8 | 111,5 | 160,5 | 346750 | 5169450 | 346737,18 | 5169452,65 | 12,82 |
| 9 | 202,0 | 187,5 | 350775 | 5170450 | 350928,07 | 5170602,41 | -153,07 |
| 10 | 234,0 | 165,0 | 352425 | 5169575 | 352358,98 | 5169515,98 | 66,02 |
| 11 | 261,0 | 137,5 | 353600 | 5168250 | 353556,29 | 5168199,05 | 43,71 |
| 12 | 209,0 | 87,0 | 351050 | 5165900 | 351086,69 | 5165895,42 | -36,69 |

Conversion du format "Arc" sans topologie au format "Polygon Arc" avec topologie grâce au module TRANSFORM/DATA TYPES/VECTORS TO .../POLYGONS du logiciel SPANS GIS.

Exportation en format ASCII avec le module TRANSFORM/EXPORT/VECTOR du logiciel SPANS GIS selon la projection UTM Fuseau 19, NAD27 et le mode "Whole Polygon";

Conversion avec les modules ATLIDRIS et POLYRAS du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichier .ABF (format binaire de ATLAS*DRAW);

Fichier .BNA (format ASCII de ATLAS*IMPORT/EXPORT);

Fichiers .DVC/.VEC ("lines", "points", "polygons" IDRISI)

Fichiers .DOC/.IMG (image IDRISI).

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Sensibilité de la table numérisante: 0,5 mm;

Format de stockage du logiciel: 7 chiffres significatifs;

Projection choisie: User;

Précision de numérisation: $\pm 0,5$ mm;

Conversion entre les formats de IDRISI et SPANS GIS.

► Codification

Numérotation des polygones selon les identificateurs de centroïdes qui permettent le lien avec les tables d'attribut.

► Attributs

Fichiers en format .DVL/.MDB du logiciel ACCESS.

Pour chacun des 182 polygones de sol, la table principale fournit les champs suivants:

- 1 Identificateur
- 2 Latitude
- 3 Longitude
- 4 Xutm19
- 5 Yutm19
- 6 Comté (code)
- 7 Série A (code)
- 8 Série B (code)
- 9 Série C (code)
- 10 Pierrosité (code)
- 11 Pente (code)
- 12 Epierré (code)

La dominance respective des séries décrivant une unité cartographique doit être interprétée comme suit: A = 100%

A+B = 60%+40%

A+B+C = 50% + 30% + 20%.

Les autres tables d'attributs disponibles sont les suivantes:

Série

| Id | Code | Comté | Nom | Texture | Drainage |
|----|-------|-------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| 1 | AR | Bellechasse | Affleurements rocheux | Affleurements rocheux | |
| 2 | AR | Lévis | Affleurements rocheux | Affleurements rocheux | |
| 3 | All | Bellechasse | Alluvions | Alluvions non différenciées, de texture très variable | |
| 4 | All | Dorchester | Alluvions | Alluvions, variable | Variable |
| 5 | All | Lévis | Alluvions | Alluvions non différenciées | |
| 6 | Brv | Dorchester | Beaurivage | Loam sablo-graveleux | Bon à excessif |
| 7 | Brv-g | Dorchester | Beaurivage | Sable graveleux, graveleux | Bon à excessif |
| 8 | Brv-r | Dorchester | Beaurivage | Loam sableux et rocheux, rocheux | Bon à excessif |
| 9 | D | Bellechasse | Dessaint | Loam pierreux | Imparfait à mauvais |
| 10 | D | Dorchester | Dessaint | Loam pierreux | Imparfait |
| 11 | C | Bellechasse | Du Creux | Loam | Imparfait |
| 12 | C | Dorchester | Du Creux | Loam | Imparfait |
| 13 | Fc | Dorchester | Fourchette | Loam sablo-graveleux | Imparfait |
| 14 | K | Bellechasse | Kamouraska | Argile | Mauvais |
| 15 | K | Dorchester | Kamouraska | Loam limoneux | Mauvais |
| 16 | Kl | Lévis | Kamouraska | Loam | Mauvais |
| 17 | P | Bellechasse | La Pocatière | Loam argileux | Imparfait |
| 18 | m | Bellechasse | Marécages | Marécages | |
| 19 | m | Dorchester | Marécages | Marécage, variable | Très mauvais |
| 20 | m | Lévis | Marécages | Terrains marécageux | |
| 21 | Ma | Dorchester | Mawcook | Loam sablo-pierreux | Mauvais |
| 22 | Ma | Lévis | Mawcook | Loam sablo-pierreux | Mauvais |
| 23 | Maw | Bellechasse | Mawcook | Loam sableux et pierreux | Mauvais |
| 24 | My | Bellechasse | Montmagny | Loam limoneux | Imparfait |
| 25 | Ne | Dorchester | Neubois | Loam sableux | Modérément bon à imparfait |
| 26 | R | Bellechasse | Rivière-du-Loup | Loam sableux et graveleux | Bon |
| 27 | R | Dorchester | Rivière-du-Loup | Loam sablo-graveleux | Bon |
| 28 | R-m | Bellechasse | Rivière-du-Loup | Loam sableux et graveleux, phase mince | Bon |
| 29 | R-m | Dorchester | Rivière-du-Loup | Loam sablo-graveleux, mince | Bon |
| 30 | Ai | Lévis | Saint-Aimé | Loam | Mauvais |
| 31 | A | Bellechasse | Saint-André | Loam sablo-graveleux | Bon à excessif |
| 32 | A | Dorchester | Saint-André | Loam graveleux | Bon à excessif |
| 33 | A | Lévis | Saint-André | Loam sablo-graveleux et pierreux | Excessif à bon |
| 34 | A-m | Bellechasse | Saint-André | Loam sablo-graveleux, phase mince | Bon à excessif |
| 35 | A-m | Dorchester | Saint-André | Loam graveleux, mince | Bon à excessif |
| 36 | A-s | Bellechasse | Saint-André | Loam sablo-schisteux | Bon à excessif |
| 37 | A-s | Dorchester | Saint-André | Loam sablo-graveleux, sableux | Bon à excessif |
| 38 | A-s | Lévis | Saint-André | Loam sablo-graveleux, phase schisteuse | Excessif à bon |
| 39 | B | Bellechasse | Saint-Bruno | Loam sablo-graveleux | Bon à excessif |
| 40 | B | Dorchester | Saint-Bruno | Loam sablo-graveleux | Bon à excessif |
| 41 | Rs | Dorchester | Sainte-Rosalie | Argile sableuse | Imparfait |
| 42 | J | Lévis | Saint-Jude | Sable loameux | Imparfait |
| 43 | Ni | Bellechasse | Saint-Nicolas | Loam schisteux | Bon à excessif |
| 44 | Ni-m | Bellechasse | Saint-Nicolas | Loam schisteux, phase mince | Bon à excessif |
| 45 | Ns | Dorchester | Saint-Nicolas | Loam schisteux | Bon à excessif |
| 46 | Ns | Lévis | Saint-Nicolas | Loam sablo-schisteux | Bon à excessif |
| 47 | Ns-m | Dorchester | Saint-Nicolas | Loam schisteux, mince | Bon à excessif |
| 48 | Sm | Lévis | Saint-Samuel | Sable fin | Mauvais |
| 49 | TN1-m | Bellechasse | Terre noire | Terre noire, phase mince | |
| 50 | TN/a | Dorchester | Terre noire | Terre noire, matériau originel: argile | Très mauvais |

| | | | | | |
|----|-------|-------------|-------------|--|--------------|
| 51 | TN/sg | Dorchester | Terre noire | Terre noire, matériau originel: sable graveleux | Très mauvais |
| 52 | TN2 | Bellechasse | Terre noire | Terre noire tourbeuse, moyennement décomposée | |
| 53 | TN1 | Bellechasse | Terre noire | Terre noire, bien décomposée | |
| 54 | T | Bellechasse | Tourbe | Tourbe | |
| 55 | T | Dorchester | Tourbe | Tourbe | Très mauvais |

Texture

- 1 Affleurements rocheux
- 2 Alluvions
- 3 Argile
- 4 Argile sableuse
- 5 Loam
- 6 Loam argileux
- 7 Loam limoneux
- 8 Loam sableux
- 9 Sable
- 10 Sable fin
- 11 Sable loameux
- 12 Terrains marécageux
- 13 Terre noire / tourbe

Drainage

- 1 Bon à excessif
- 2 Bon
- 3 Imparfait à modérément bon
- 4 Imparfait
- 5 Mauvais à imparfait
- 6 Mauvais
- 7 Très mauvais
- 8 Variable

Pierrosité

- 0 Peu ou pas de pierres
- 1 Modérément pierreux
- 2 Très pierreux
- 3 Excessivement pierreux
- 4 Extrêmement pierreux

Type de pente

| | | | | | |
|---|-------|-------------|---------|-------------|--------------------|
| 1 | B0 | Dorchester | 0.0 | Irrégulière | Déprimé |
| 2 | B | Bellechasse | 0.0-0.5 | Simple | Horizontal |
| 3 | b | Bellechasse | 0.0-0.5 | Irrégulière | Horizontal |
| 3 | B1 | Dorchester | 0.0-0.5 | Irrégulière | Horizontal |
| 4 | B-C | Bellechasse | 0.0-2.0 | Simple | Hor. à très faible |
| 4 | B+C | Bellechasse | 0.0-2.0 | Simple | Hor. à très faible |
| 4 | C+B | Bellechasse | 0.0-2.0 | Simple | Hor. à très faible |
| 5 | B1-B2 | Dorchester | 0.0-2.0 | Irrégulière | Hor. à très faible |
| 6 | C | Bellechasse | 0.5-2.0 | Simple | Pente très faible |
| 7 | B2 | Dorchester | 0.5-2.0 | Irrégulière | Pente très faible |
| 7 | c | Bellechasse | 0.5-2.0 | Irrégulière | Pente très faible |

| | | | | | |
|----|-------|-------------|----------|-------------|----------------------|
| 8 | C+D | Bellechasse | 0.5-5.0 | Simple | Très faible à faible |
| 8 | D-C | Bellechasse | 0.5-5.0 | Simple | Très faible à faible |
| 9 | B2-B3 | Dorchester | 0.5-5.0 | Irrégulière | Très faible à faible |
| 9 | d+c | Bellechasse | 0.5-5.0 | Irrégulière | Très faible à faible |
| 10 | D | Bellechasse | 2.0-5.0 | Simple | Pente faible |
| 11 | B3 | Dorchester | 2.0-5.0 | Irrégulière | Pente faible |
| 11 | d | Bellechasse | 2.0-5.0 | Irrégulière | Pente faible |
| 12 | C+E | Bellechasse | 0.5-10.0 | Simple | Faible à modérée |
| 13 | E | Bellechasse | 5.0-10.0 | Simple | Pente modérée |
| 14 | B4 | Dorchester | 5.0-10.0 | Irrégulière | Pente modérée |

Epierré

- 0 Non
- 1 Oui
- 2 En partie

e/ Carte d'occupation du sol

Données-sources

► Description

Occupation du sol dans le bassin de la rivière Boyer selon 7 classes.

► Organisme

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Service de la protection des ressources.

► Mode de production

Accentuation par la méthode de décorélation puis interprétation d'un composé coloré formé des canaux 3 (rouge), 4 (proche infra-rouge) et 5 (moyen infra-rouge) d'une portion de scène LANDSAT TM dont les paramètres d'acquisition sont:

| | |
|-----------------------|---|
| Date: | 27 août 1989 |
| Niveau de correction: | précision |
| Résolution: | 25 mètres (30 mètres avant rééchantillonnage) |
| Orbite: | 13 |
| Rangée: | 28 |
| Heure: | 14:58 GMT |
| Élévation solaire: | ~47° |

► Support d'acquisition

Disquette 5¼ contenant une compression le fichier image selon le format .SR8 du logiciel OCTIMAGE.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Résolution: cellules de 25 mètres x 25 mètres;

Projection: UTM Fuseau 19, NAD27.

► Facteurs affectants la précision des données

Méthodologie employée pour l'accentuation et l'interprétation d'image.

► Date de validité des données

1989.

► Référence(s)

Carignan, M. (1992). *Bassin versant de la rivière Boyer: interprétation d'image satellite et intégration de données hydrographiques*. Fiche technique, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Service de la Protection des Ressources.

Données intégrées

► Contenu

Image dont les cellules sont codés selon 7 classes d'occupation du sol.

► Mode d'intégration

Extraction avec un utilitaire "maison" de la palette de couleurs figurant dans l'entête du fichier de format .SR8 propre au logiciel OCTIMAGE.

Extraction de la partie image avec le module PARE du logiciel IDRISI.

Établissement visuel de la correspondance entre les 256 classes de l'image originale et les 7 classes d'occupation du sol grâce aux similitudes de couleur de la palette.

Reclassification de l'image selon cette correspondance avec le module RECLASS du logiciel IDRISI.

Rééchantillonnage à des pixels de 100x100 mètres par conservation d'un pixel sur 4 avec le module CONTRACT du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichiers .DOC/.IMG (image IDRISI).

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Voir données-sources.

▸ Codification

- 0 Hors bassin
- 1 Urbain
- 2 Foin
- 3 Céréales
- 4 Maïs
- 5 Foin négligé
- 6 Forêt
- 7 Inconnu

f/ Municipalités

Données-sources

► Description

Fichier numérique des 1 710 polygones qui délimitent les subdivisions de recensement du Québec c'est-à-dire les municipalités.

► Organisme

Statistique Canada, Division de la géographie.

► Mode de production

Agrégation des arcs avec topologie qui délimitent les secteurs de dénombrement, avec le logiciel ARC INFO;

Exportation en format .E00 avec le module ARC INFO EXPORT

► Support d'acquisition

Disquette 3"½ contenant une compression par l'utilitaire PKZIP du fichier.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Projection: Conique conforme de Lambert, NAD27, caractérisée par:

Parallèles standards: 49° N et 77° N;

Origine de la projection: 91° 52' O, 63° 23' 26.43" N;

Coordonnées de l'origine: 6 200 000 m.E., 3 000 000 m.N.

Voir référence pour de plus amples détails.

► Facteurs affectants la précision des données

Voir référence.

► Date de validité des données

1991.

► Référence(s)

Statistique Canada (1992). *Fichier numérique des limites de 1991 - Guide de l'utilisateur*.
Division de la géographie, Ottawa, 90 p.

Données intégrées

► Contenu

16 polygones.

► Mode d'intégration

Importation, dans un univers Québec ayant la même projection Lambert que les données, avec le module TRANSFORM/IMPORT/VECTOR du logiciel SPANS GIS.

Exportation en format ASCII avec le module TRANSFORM/EXPORT/VECTOR du logiciel SPANS GIS selon la projection Lambert et le mode "Whole Polygon";

Conversion avec un utilitaire "maison" en format "polygons" du logiciel IDRISI;

Extraction des 16 municipalités retenues pour la zone d'étude avec l'utilitaire VECEDIT du logiciel de numérisation TOSCA fourni comme complément à IDRISI;

Passage de la projection Lambert à la projection UTM Fuseau 19 avec le module PROJECT du logiciel IDRISI;

Conversion avec le module POLYRAS du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichiers .DVC/.VEC ("polygons" IDRISI)

Fichiers .DOC/.IMG (image IDRISI).

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Conversions effectuées avec le logiciel SPANS GIS.

► Codification

1 St-Charles P

2 St-Charles V

- 3 St-Henri
- 4 St-Anselme P
- 5 St-Anselme V
- 6 Honfleur
- 7 St-Michel
- 8 St-Gervais
- 9 La Durantaye
- 10 St-Vallier P
- 11 St-Vallier V
- 12 St-Etienne
- 13 St-Lazare
- 14 Pintendre
- 15 St-Raphaël P
- 16 St-Raphaël V

►Attributs

Fichier en format .DVL/.MDB du logiciel ACCESS, contenant les champs suivants:

| | | |
|---|----------|---|
| 0 | IDR_ID | Identificateur |
| 1 | Nmunicip | Nom de municipalité |
| 2 | CdivRec | Code de la division de recensement (2 chiffres) |
| 3 | NdivRec | Nom de la division de recensement |
| 4 | Pop91 | Population (recensement de 1991) |
| 5 | CodeGeo2 | Nouveau code géographique (5 chiffres) |
| 6 | CodeGeo1 | Ancien code géographique (5 chiffres) |

g/ Exploitations agricoles

Données-sources

► Description

Format numérique de la Fiche d'enregistrement des exploitations agricoles (1993)

► Organisme

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de l'environnement et du développement durable.

► Mode de production

Établissement d'un point représentatif pour chaque exploitation agricole en déterminant le centre du lot où sont situés les bâtiments principaux;

Saisie numérique des données figurant sur le formulaire papier qui constitue la Fiche d'enregistrement des exploitations agricoles 1993; quelques mises à jour mineures effectuées pour l'année 1994;

Extraction des 293 exploitations agricoles dont le point représentatif est sur le bassin de la Boyer.

► Support d'acquisition

Disquette 3"1/2 comprenant 3 fichiers en format .XLS du logiciel EXCEL: un fichier de localisation et autre caractéristiques des exploitations (14 champs), un fichier sur les sols et productions végétales (116 champs) et un fichier relatif aux productions animales (120 champs).

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Adresse physique fournie et méthode de conversion en point représentatif.

► Facteurs affectants la précision des données

Estimations fournies par les exploitants.

► Date de validité des données

1993-1994.

► Référence(s)

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (1993). *Fiche d'enregistrement des exploitations agricoles 1993*. Service des subventions, 8 p.

Données intégrées

► Contenu

293 points.

► Mode d'intégration

Extraction, à partir du fichier de localisation, des colonnes donnant X (UTM), Y (UTM) et ajout d'une troisième colonne donnant la numérotation séquentielle des exploitations 1 à 293; le résultat est un fichier ASCII dont les champs sont séparés par des blancs;

Conversion avec le module XYZIDRIS du logiciel IDRISI.

► Formats disponibles

Fichiers .DVC/.VEC ("points" IDRISI).

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Voir données-sources.

► Codification

Numérotation séquentielle des exploitations agricoles, de 1 à 293.

► Attributs

Fichiers en format .DVL/.MDB du logiciel ACCESS, contenant les champs suivants:

Fichier de localisation des producteurs (PROD94)

| N° | Nom | Contenu | Type |
|----|----------|---------------------------------------|-------------------|
| 0 | IDR_ID | Identificateur de producteur | entier |
| 1 | xmtm | X m.E. (MTM 7) | réel (1 décimale) |
| 2 | ymtm | Y m.N. (MTM 7) | réel (1 décimale) |
| 3 | fusomtm | Fuseau MTM | entier |
| 4 | xutm | X m.E. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 5 | yutm | Y m.N. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 6 | fusoutm | Fuseau UTM | entier |
| 7 | xlam | X m.E. (Lambert) | réel (1 décimale) |
| 8 | ylam | Y m.N. (Lambert) | réel (1 décimale) |
| 9 | sys_irri | Système d'irrigation (O/N) | 1 caractère |
| 10 | epan_fum | Superficie avec épandage de fumier | réel (1 décimale) |
| 11 | engrais | Superficie avec engrais verts | réel (1 décimale) |
| 12 | trav_sol | Superficie avec travail du sol réduit | réel (1 décimale) |
| 13 | eng_mine | Dépenses en engrais minéraux (\$) | entier |
| 14 | pesticid | Dépenses en pesticides (\$) | entier |

Fichier des productions animales (ELV94)

| N° | Nom | Contenu | Type |
|----|----------|------------------------------------|-------------------|
| 0 | IDR_ID | Identificateur de producteur | entier |
| 1 | xutm | X m.E. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 2 | yutm | Y m.N. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 3 | bio_lai | Agr. bio. lait. (-/N) | 1 caractère |
| 4 | controle | Contrôle laitier (O/N) | 1 caractère |
| 5 | geni_lai | Génisses lait. (< 1 an) | entier |
| 6 | insem_la | Insémin. artif. lait. (O/N) | 1 caractère |
| 7 | quota_la | Quota laitier (kg m.g.) | entier |
| 8 | taurea_l | Taureaux lait. | entier |
| 9 | taures_l | Taures lait. (1 an et plus) | entier |
| 10 | tran_emb | Transfert embryon. (O/N) | 1 caractère |
| 11 | vach_lai | Vaches lait. | entier |
| 12 | veau_lai | Petits veaux lait. d'abattage | entier |
| 13 | bio_bouc | Agr. bio. bouch. (-/N) | 1 caractère |
| 14 | embouc_b | Veaux d'embouche | entier |
| 15 | fini_bou | Bovins de finition | entier |
| 16 | geni_bou | Génisses bouch. de remplacement | entier |
| 17 | insem_bo | Insémin. artif. bouch. (O/N) | 1 caractère |
| 18 | peg_bou | Utilisation du P.E.G. bouch. (O/N) | 1 caractère |
| 19 | semifi_b | Bovins de semi-finition | entier |
| 20 | taurea_b | Taureaux bouch. | entier |
| 21 | taures_b | Taures bouch. (1 an et plus) | entier |
| 22 | vach_bou | Vaches bouch. | entier |
| 23 | veau_bou | Veaux (< 1 an) | entier |
| 24 | bio_veau | Agr. bio. (-/N) | 1 caractère |
| 25 | prod_gra | Prod. an. estimée (veaux grain) | entier |
| 26 | prod_lai | Prod. an. estimée (veaux lait) | entier |
| 27 | prop_vea | Propriété veaux (O/N/P) | 1 caractère |
| 28 | veaux_gr | Veaux de grain | entier |
| 29 | veaux_la | Veaux de lait | entier |
| 30 | bio_porc | Agr. bio. (-/N) | 1 caractère |
| 31 | finisseu | Finisseur (O/N) | 1 caractère |
| 32 | insem_po | Insémin. artif. (O/N) | 1 caractère |
| 33 | naisseur | Naisseur (O/N) | 1 caractère |
| 34 | peg_porc | Utilisation du P.E.G. porcs (O/N) | 1 caractère |
| 35 | porcelet | Porcelets | entier |
| 36 | porc_eng | Porcs à l'engraissement | entier |
| 37 | prop_por | Propriété porcs (O/N/P) | 1 caractère |
| 38 | pro_porc | Prod. an. est. porcs | entier |
| 39 | truies | Truies | entier |
| 40 | truie_re | Truies de remplacement | entier |

| | | | |
|-----|----------|---------------------------------------|--------------------|
| 41 | verrats | Verrats | entier |
| 42 | agnea_la | Agneaux de lait | entier |
| 43 | agnea_lg | Agneaux légers | entier |
| 44 | agnea_lo | Agneaux lourds | entier |
| 45 | agnelles | Agnelles (< 1 an) | entier |
| 46 | beliers | Béliers | entier |
| 47 | bio_ovin | Agr. bio. ovins (-/N) | 1 caractère |
| 48 | brebis | Brebis | entier |
| 49 | insem_ov | Insémin. artif. ovins (O/N) | 1 caractère |
| 50 | peg_ovin | Utilisation du P.E.G. ovins (O/N) | 1 caractère |
| 51 | etalo_co | Étalons de course (2 ans et plus) | entier |
| 52 | etalo_se | Étalons de selle (2 ans et plus) | entier |
| 53 | etalo_tr | Étalons de trait (2 ans et plus) | entier |
| 54 | hongr_co | Hongres de course | entier |
| 55 | hongr_se | Hongres de selle | entier |
| 56 | hongr_tr | Hongres de trait | entier |
| 57 | jumen_co | Juments de course (4 ans et plus) | entier |
| 58 | jumen_se | Juments de selle (4 ans et plus) | entier |
| 59 | jumen_tr | Juments de trait (4 ans et plus) | entier |
| 60 | poula_co | Poulains de course (< 2 ans) | entier |
| 61 | poula_se | Poulains de selle (< 2 ans) | entier |
| 62 | poula_tr | Poulains de trait (< 2 ans) | entier |
| 63 | pouli_co | Pouliches de course (< 4 ans) | entier |
| 64 | pouli_se | Pouliches de selle (< 4 ans) | entier |
| 65 | pouli_tr | Pouliches de trait (< 4 ans) | entier |
| 66 | prop_che | Propriété chevaux (O/N/P) | 1 caractère |
| 67 | aut_vol | Autres volailles (nom) | 16 caractères max. |
| 68 | bio_voll | Agr. bio. (-/N) | 1 caractère |
| 69 | cailles | Cailles | entier |
| 70 | canards | Canards | entier |
| 71 | dind_gr | Dindons à griller | entier |
| 72 | dind_lou | Dindons lourds | entier |
| 73 | dind_rep | Dindons de reproduction | entier |
| 74 | faisans | Faisans | entier |
| 75 | gros_pou | Gros poulets | entier |
| 76 | oies | Oies | entier |
| 77 | pintades | Pintades | entier |
| 78 | poules | Poules, poulettes (< 20 sem.) | entier |
| 79 | poule_co | Poules (œufs de consommation) | entier |
| 80 | poule_gr | Poulets à griller | entier |
| 81 | poule_in | Poules (œufs d'incubation) | entier |
| 82 | pou_grai | Poulets de grain | entier |
| 83 | prod_dgr | Prod. an. est. dindons à griller | entier |
| 84 | prod_dlo | Prod. an. est. dindons lourds | entier |
| 85 | prod_gp | Prod. an. est. gros poulets | entier |
| 86 | prod_gri | Prod. an. est. poulets à griller | entier |
| 87 | prod_inc | Prod. an. est. œufs incubation | entier |
| 88 | prod_oeu | Prod. an. est. œufs consommation (dz) | entier |
| 89 | prop_vol | Propriété volailles (O/N/P) | 1 caractère |
| 90 | pro_grai | Prod. an. est. poulets de grain | entier |
| 91 | quota_co | Quota œufs consommation (poules) | entier |
| 92 | quota_dg | Quota dindons à griller | entier |
| 93 | quota_dl | Quota dindons lourds | entier |
| 94 | quota_gp | Quota gros poulets | entier |
| 95 | quota_gr | Quota poulets à griller | entier |
| 96 | quota_in | Quota œufs incubation (m2) | entier |
| 97 | quota_pg | Quota poulets de grain | entier |
| 98 | voll_nb | Autres volailles (nombre) | entier |
| 99 | ensem_kg | Truites d'ensemencement (kg) | entier |
| 100 | ensem_nb | Truites d'ensemencement (nombre) | entier |
| 101 | etang_kg | Truites d'étang (kg) | entier |
| 102 | etang_nb | Truites d'étang (nombre) | entier |

| | | | |
|-----|----------|----------------------------------|--------------------|
| 103 | saumo_kg | Saumons (kg) | entier |
| 104 | saumo_nb | Saumons (nombres) | entier |
| 105 | table_kg | Truites de table (kg) | entier |
| 106 | table_nb | Truites de table (nombre) | entier |
| 107 | autnb_1 | Autres 1 (nombre) | entier |
| 108 | autnb_2 | Autres 2 (nombre) | entier |
| 109 | autnom_1 | Autres 1 (nom) | 16 caractères max. |
| 110 | autnom_2 | Autres 2 (nom) | 16 caractères max. |
| 111 | bio_anim | Agr. bio. autres (-/N) | 1 caractère |
| 112 | bisons | Bisons | entier |
| 113 | cervides | Cervidés | entier |
| 114 | chev_ang | Chèvres angora | entier |
| 115 | chev_lai | Chèvres laitières (1 an et plus) | entier |
| 116 | chinchil | Chinchillas (femelles) | entier |
| 117 | lapines | Lapines | entier |
| 118 | miel | Miel (kg) | entier |
| 119 | renardes | Renardes | entier |
| 120 | ruches | Apiculture (ruches) | entier |
| 121 | sanglier | Sangliers | entier |
| 122 | visons | Visons (femelles) | entier |

Fichier des sols et productions végétales - partie A (CLT94A)

| N° | Nom | Contenu | Type |
|----|----------|---------------------------------|-------------------|
| 0 | IDR_ID | Identificateur de producteur | entier |
| 1 | xutm | X m.E. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 2 | yutm | Y m.N. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 3 | avoine | Avoine | réel (1 décimale) |
| 4 | ble_aut | Blé roux panifiable (automne) | réel (1 décimale) |
| 5 | ble_four | Blé roux fourrager | réel (1 décimale) |
| 6 | ble_pri | Blé roux panifiable (printemps) | réel (1 décimale) |
| 7 | ble_ten | Blé blanc tendre (automne) | réel (1 décimale) |
| 8 | canola | Canola | réel (1 décimale) |
| 9 | cer_ha | Autres céréales | réel (1 décimale) |
| 10 | cer_mele | Céréales mélangées | réel (1 décimale) |
| 11 | feverole | Féverole | réel (1 décimale) |
| 12 | hari_sec | Haricot sec | réel (1 décimale) |
| 13 | lupin | Lupin | réel (1 décimale) |
| 14 | mais | Maïs (sauf maïs sucré) | réel (1 décimale) |
| 15 | orge | Orge | réel (1 décimale) |
| 16 | pois_sec | Pois sec | réel (1 décimale) |
| 17 | sarrasin | Sarrasin | réel (1 décimale) |
| 18 | seigle | Seigle | réel (1 décimale) |
| 19 | soya | Soya | réel (1 décimale) |
| 20 | tourneso | Tournesol | réel (1 décimale) |
| 21 | bleuets | Bleuets cultivés | réel (1 décimale) |
| 22 | canneber | Canneberge | réel (1 décimale) |
| 23 | cantalou | Cantaloup | réel (1 décimale) |
| 24 | cerise_s | Cerisiers | réel (1 décimale) |
| 25 | fraisier | Fraisiers | réel (1 décimale) |
| 26 | frambois | Framboisiers | réel (1 décimale) |
| 27 | frui_ha | Autres fruits | réel (1 décimale) |
| 28 | poire_s | Poiriers | réel (1 décimale) |
| 29 | pomna_s | Pommiers nains | réel (1 décimale) |
| 30 | pomse_s | Pommiers semi-nains | réel (1 décimale) |
| 31 | pomst_s | Pommiers standard | réel (1 décimale) |
| 32 | prune_s | Pruniers | réel (1 décimale) |
| 33 | vignes | Vignes | réel (1 décimale) |
| 34 | ail | Ail | réel (1 décimale) |
| 35 | artichau | Artichaut | réel (1 décimale) |
| 36 | asperge | Asperge | réel (1 décimale) |
| 37 | aubergin | Aubergine | réel (1 décimale) |
| 38 | betterav | Betterave | réel (1 décimale) |

| | | | |
|-----|----------|--|-------------------|
| 39 | brocoli | Brocoli | réel (1 décimale) |
| 40 | carotte | Carotte | réel (1 décimale) |
| 41 | carot_tr | Carotte de transformation | réel (1 décimale) |
| 42 | celeri | Céleri | réel (1 décimale) |
| 43 | choux | Choux | réel (1 décimale) |
| 44 | chou_bru | Choux de Bruxelles | réel (1 décimale) |
| 45 | chou_chi | Choux chinois | réel (1 décimale) |
| 46 | chou_fle | Choux-fleur | réel (1 décimale) |
| 47 | chou_tra | Choux-fleur de transformation | réel (1 décimale) |
| 48 | citrouil | Citrouille | réel (1 décimale) |
| 49 | concombr | Concombre | réel (1 décimale) |
| 50 | cornicho | Cornichon de transformation | réel (1 décimale) |
| 51 | courge | Courge | réel (1 décimale) |
| 52 | echalote | Échalote | réel (1 décimale) |
| 53 | endive | Endive | réel (1 décimale) |
| 54 | epinard | Épinard | réel (1 décimale) |
| 55 | fine_her | Fines Herbes | réel (1 décimale) |
| 56 | gourgane | Gourgane | réel (1 décimale) |
| 57 | haric_tr | Haricot de transformation | réel (1 décimale) |
| 58 | hari_fra | Haricot frais | réel (1 décimale) |
| 59 | laitue | Laitue | réel (1 décimale) |
| 60 | legum_ha | Autres légumes | réel (1 décimale) |
| 61 | mais_fra | Maïs sucré frais | réel (1 décimale) |
| 62 | mais_tra | Maïs sucré de transformation | réel (1 décimale) |
| 63 | oignon | Oignon | réel (1 décimale) |
| 64 | panais | Panais | réel (1 décimale) |
| 65 | piment | Piment | réel (1 décimale) |
| 66 | poireau | Poireau | réel (1 décimale) |
| 67 | pois_fra | Pois frais | réel (1 décimale) |
| 68 | pois_tra | Pois de transformation | réel (1 décimale) |
| 69 | pom_sem | Pomme de terre de semence | réel (1 décimale) |
| 70 | pom_terr | Pomme de terre | réel (1 décimale) |
| 71 | radis | Radis | réel (1 décimale) |
| 72 | rhubarbe | Rhubarbe | réel (1 décimale) |
| 73 | rutabaga | Rutabaga | réel (1 décimale) |
| 74 | tomat_fr | Tomate fraîche | réel (1 décimale) |
| 75 | tomat_tr | Tomate de transformation | réel (1 décimale) |
| 76 | cere_ens | Autres céréales d'ensilage ou fourrag. | réel (1 décimale) |
| 77 | foinvend | Foin vendu (t.m.) | entier |
| 78 | luzerne | Luzerne | réel (1 décimale) |
| 79 | mais_ens | Maïs d'ensilage ou fourrager | réel (1 décimale) |
| 80 | mil_tref | Mil, tréfle, millet, sorgho | réel (1 décimale) |
| 81 | pat_amel | Pâturages améliorés et cultivés | réel (1 décimale) |
| 82 | pat_natu | Pâtur. naturels, terres à foin non cult. | réel (1 décimale) |
| 83 | abri_m2 | Autres cultures abritées (m2) | réel (1 décimale) |
| 84 | caiss_ab | Fleurs annuelles en caissette (m2) | réel (1 décimale) |
| 85 | champ_ba | Champignonnières, sup. récoltée (m2) | réel (1 décimale) |
| 86 | champ_re | Champignonnières, sup des bâtiments (m2) | réel (1 décimale) |
| 87 | conco_ab | Concombre (m2) | réel (1 décimale) |
| 88 | coupe_ab | Autres fleurs coupées (m2) | réel (1 décimale) |
| 89 | fores_ab | Plants forestiers (m2) | réel (1 décimale) |
| 90 | herbe_ab | Fines Herbes (m2) | réel (1 décimale) |
| 91 | jardi_ab | Fleurs annuelles, jardinières (m2) | réel (1 décimale) |
| 92 | laitu_ab | Laitue (m2) | réel (1 décimale) |
| 93 | legum_ab | Plants de légumes en caissette (m2) | réel (1 décimale) |
| 94 | pimen_ab | Piment (m2) | réel (1 décimale) |
| 95 | pote_ab | Potées fleuries (m2) | réel (1 décimale) |
| 96 | roses_ab | Roses coupées (m2) | réel (1 décimale) |
| 97 | tomat_ab | Tomate (m2) | réel (1 décimale) |
| 98 | verte_ab | Plantes vertes (m2) | réel (1 décimale) |
| 99 | vivac_ab | Plantes vivaces (m2) | réel (1 décimale) |
| 100 | arbustes | Arbustes (en conteneur) | réel (1 décimale) |

| | | | |
|-----|----------|--|-------------------|
| 101 | arbus_pc | Arbustes (plein champ) | réel (1 décimale) |
| 102 | arb_noel | Arbres de Noël (plein champ) | réel (1 décimale) |
| 103 | conifere | Conifères (en conteneur) | réel (1 décimale) |
| 104 | conif_pc | Conifères (plein champ) | réel (1 décimale) |
| 105 | cont_ha | Autres en conteneur | réel (1 décimale) |
| 106 | feuillus | Arbres feuillus (en conteneur) | réel (1 décimale) |
| 107 | feuil_pc | Arbres feuillus (plein champ) | réel (1 décimale) |
| 108 | forestie | Plants forestiers (en conteneur) | réel (1 décimale) |
| 109 | fores_pc | Pépinières de plants forest. (pl. champ) | réel (1 décimale) |
| 110 | gazon | Gazon (plein champ) | réel (1 décimale) |
| 111 | pc_ha | Autres plein champ | réel (1 décimale) |
| 112 | rosiers | Rosiers (en conteneur) | réel (1 décimale) |
| 113 | rosie_pc | Rosiers (plein champ) | réel (1 décimale) |
| 114 | vivaces | Plantes vivaces (en conteneur) | réel (1 décimale) |
| 115 | vivac_pc | Plantes vivaces (plein champ) | réel (1 décimale) |
| 116 | enta_sup | Superficie entaillée | réel (1 décimale) |
| 117 | boise_ex | Boisé exploité | réel (1 décimale) |
| 118 | tabac | Tabac | réel (1 décimale) |
| 119 | vege_ha | Autres productions végétales | réel (1 décimale) |
| 120 | ventes | Valeur des ventes | entier |
| 121 | boise_ne | Boisé non exploité | réel (1 décimale) |
| 122 | cour_bat | Cour et bâtiment (- serres et champig.) | réel (1 décimale) |
| 123 | friche | Terres en friche | réel (1 décimale) |
| 124 | jachere | Jachère | réel (1 décimale) |
| 125 | nonpr_ha | Autres sup. non productives | réel (1 décimale) |

Fichier des sols et productions végétales - partie B (CLT94B)

| N° | Nom | Contenu | Type |
|----|----------|---|--------------------|
| 0 | IDR_ID | Identificateur de producteur | entier |
| 1 | xutm | X m.E. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 2 | yutm | Y m.N. (UTM 19) | réel (1 décimale) |
| 3 | aut_cer | Autres céréales (nom) | 16 caractères max. |
| 4 | bio_cere | Agr. bio. céréales (-/N) | 1 caractère |
| 5 | tot_cer | Total céréales | réel (1 décimale) |
| 6 | aut_fru | Autres fruits (nom) | 16 caractères max. |
| 7 | bio_fru | Agr. bio.(-/N) | 1 caractère |
| 8 | ceris_nb | Cerisiers (nombre) | entier |
| 9 | poire_nb | Poiriers (nombre) | entier |
| 10 | pomna_nb | Pommiers nains (nombre) | entier |
| 11 | pomse_nb | Pommiers semi-nains (nombre) | entier |
| 12 | pomst_nb | Pommiers standard (nombre) | entier |
| 13 | prune_nb | Pruniers (nombre) | entier |
| 14 | tot_fru | Total fruits | réel (1 décimale) |
| 15 | aut_legu | Autres légumes (nom) | 16 caractères max. |
| 16 | bio_legu | Agr. bio.(-/N) | 1 caractère |
| 17 | tot_leg | Total légumes | réel (1 décimale) |
| 18 | bio_four | Agr. bio.(-/N) | 1 caractère |
| 19 | tot_four | Total fourrages | réel (1 décimale) |
| 20 | rotation | Pâturages en rotation (O/N) | 1 caractère |
| 21 | tot_pat | Total pâturages | réel (1 décimale) |
| 22 | bio_patu | Agr. bio.(-/N) | 1 caractère |
| 23 | aut_abri | Autres cultures abritées(nom) | 16 caractères max. |
| 24 | bio_abri | Agr. bio.(-/N) | 1 caractère |
| 25 | tot_phys | Superficie physique des serres (m2) | réel (1 décimale) |
| 26 | tot_reco | Superficie tot. récoltée en serres (m2) | réel (1 décimale) |
| 27 | aut_cont | Autres en conteneur (nom) | 16 caractères max. |
| 28 | aut_pc | Autres plein champ (nom) | 16 caractères max. |
| 29 | bio_hort | Agr. bio. horticulture(-/N) | 1 caractère |
| 30 | tot_cont | Total en conteneur | réel (1 décimale) |
| 31 | tot_pc | Total plein champ | réel (1 décimale) |
| 32 | bio_acer | Agr. bio. acériculture(-/N) | 1 caractère |
| 33 | entai_nb | Nombre d'entailles | entier |

| | | | |
|----|----------|---|--------------------|
| 34 | propiet | Propriété privée / Terre publique (P/T) | 1 caractère |
| 35 | tot_acer | Total acériculture | réel (1 décimale) |
| 36 | aut_vege | Autres productions végétales (nom) | 16 caractères max. |
| 37 | bio_vege | Agr. bio. autres prod. végétales (-/N) | 1 caractère |
| 38 | tot_prod | Total autres productions végétales | réel (1 décimale) |
| 39 | aut_nonp | Autres sup. non productives (nom) | 16 caractères max. |
| 40 | gtot_sup | Grand total (= prod_sup + npro_sup) | réel (1 décimale) |
| 41 | loue_sup | Superficie louée | réel (1 décimale) |
| 42 | npro_sup | Superficie non productive totale | réel (1 décimale) |
| 43 | poss_sup | Superficie possédée | réel (1 décimale) |
| 44 | prod_sup | Superficie productive totale | réel (1 décimale) |
| 45 | tot_supe | Superficie totale | réel (1 décimale) |

Note: sauf mention contraire, les superficies sont exprimées en hectares et les animaux en nombre de têtes.

h/ Bilans en azote et en phosphore

Objectif et hypothèses

Le bilan agronomique permet de visualiser les zones en surplus et un déficit pour un nutriment donné, le plus souvent N et P. Il est égal à la quantité disponible à la plante moins les besoins des cultures.

Pour chaque contaminant potentiel, on suppose un coefficient d'efficacité et un indice de pertes à l'épandage. Les recommandations du CPVQ suggèrent de ne combler que 50% des besoins par du fumier ou lisier, le reste étant comblé par les engrais minéraux.

Exécution du modèle

Les calculs de nature non spatiale sont effectués à partir des tables d'attribut en utilisant le langage SQL ("Structured Query Language"). Comme la version actuelle du logiciel IDRISI ne permet pas encore d'introduire un appel à une commandes SQL dans une macro-commande, l'exécution complète du modèle s'effectue interactivement.

Données d'entrées

- 1) Cheptel: nombre de têtes par type d'animal;
- 2) Cultures: superficie en hectare par type de culture;
- 3) Zones pour l'agrégation: sous-bassins.

Données obtenues

Bilan agronomique annuel par sous-bassin pour chaque nutriment considéré, soit l'azote (N), le phosphore (P) et éventuellement le potassium (K).

►Formats disponibles

Fichier image .DOC/.IMG;

Table .MDB.

►Facteurs affectants la précision de positionnement

Précision de positionnement des données d'entrées.

►Facteurs affectants la précision des données

Validité des valeurs moyennes entrées comme paramètres du modèle.

►Codification

Type de données: "real" à 7 chiffres significatifs (4 octets);

Unité: kg/ha/an pour chaque nutriment considéré.

Paramètres du modèle

Paramètres pour le cheptel (ELVFUMUR)

| IDR_ID | Elevage | Volume | Valeur fertilisante | | | Coeff. d'efficacité | | | Indice de perte | | | Disponibilité | | |
|--------|--------------------|--------|---------------------|-------|------|---------------------|------|------|-----------------|------|------|---------------|-------|-------|
| | | | N | P | K | N | P | K | N | P | K | N | P | K |
| 1 | 'Vaches_laitières' | 27,30 | 3,60 | 2,00 | 3,90 | 0,45 | 0,70 | 0,90 | 1,38 | 1,30 | 1,20 | 32,00 | 27,90 | 79,90 |
| 2 | 'Vaches_boucherie' | 16,40 | 5,00 | 2,00 | 3,90 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 1,38 | 1,30 | 1,20 | 26,70 | 10,80 | 24,00 |
| 3 | 'Autres_bovins' | 11,80 | 3,60 | 2,00 | 3,90 | 0,45 | 0,70 | 0,90 | 1,38 | 1,30 | 1,20 | 13,90 | 12,10 | 34,50 |
| 4 | 'Veaux' | 5,50 | 2,70 | 1,00 | 2,50 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 1,38 | 1,30 | 1,20 | 4,80 | 2,70 | 5,20 |
| 5 | 'Truies,Verrats' | 8,50 | 2,60 | 2,00 | 1,30 | 0,60 | 0,80 | 0,90 | 1,70 | 1,30 | 1,20 | 7,80 | 9,40 | 8,30 |
| 6 | 'Porcs' | 2,90 | 3,60 | 2,00 | 1,60 | 0,60 | 0,80 | 0,90 | 1,70 | 1,30 | 1,20 | 3,70 | 3,20 | 3,50 |
| 7 | 'Poules' | 0,11 | 10,00 | 7,00 | 2,50 | 0,75 | 0,80 | 0,90 | 1,70 | 1,30 | 1,20 | 0,49 | 0,47 | 0,21 |
| 8 | 'Poulets' | 0,05 | 9,00 | 10,00 | 5,80 | 0,65 | 0,65 | 0,90 | 1,60 | 1,30 | 1,20 | 0,18 | 0,25 | 0,22 |
| 9 | 'Dindes' | 0,11 | 12,50 | 11,00 | 5,40 | 0,65 | 0,65 | 0,90 | 1,60 | 1,30 | 1,20 | 0,56 | 0,61 | 0,45 |

Paramètres pour les cultures (CLTFUMUR)

| IDR_ID | Culture | BesoinN | BesoinP | BesoinK |
|--------|------------------------|---------|---------|---------|
| 1 | 'Maïs' | 170 | 50 | 80 |
| 2 | 'Blé, Seigle' | 90 | 35 | 40 |
| 3 | 'Orge' | 70 | 35 | 40 |
| 4 | 'Avoine' | 50 | 30 | 40 |
| 5 | 'Soya' | 30 | 50 | 40 |
| 6 | 'Fraisiers' | 125 | 110 | 60 |
| 7 | 'Petits_fruits, Tabac' | 45 | 185 | 170 |
| 8 | 'Pommiers' | 38 | 13 | 119 |
| 9 | 'Pomme_de_terre' | 150 | 145 | 120 |
| 10 | 'Maïs_frais' | 120 | 115 | 65 |
| 11 | 'Autres_légumes' | 115 | 120 | 90 |
| 12 | 'Pâturages' | 85 | 30 | 70 |

Opérations SQL ("Structured Query Language") liées au modèle

Calcul des quantités de N, P et K disponibles par exploitation agricole

```

SELECT IDR_ID,
  (32.00 * vach_lai)
  + (13.90 * (taures_l + geni_lai + taures_b + fini_bou + semifi_b + embouc_b + geni_bou))
  + ( 4.80 * (veau_lai + veau_bou + prod_gra + prod_lai))
  + (26.70 * (taurea_l + taurea_b + vach_bou)),
  + ( 7.80 * (truies + truie_re + verrats))
  + ( 3.70 * pro_porc)
  + ( 0.49 * (poules + poule_co + poule_in))
  + ( 0.18 * (prod_gp + prod_gri + pro_grai))
  + ( 0.56 * (prod_dgr + prod_dlo)),
  (27.90 * vach_lai)
  + (12.10 * (taures_l + geni_lai + taures_b + fini_bou + semifi_b + embouc_b + geni_bou))
  + ( 2.70 * (veau_lai + veau_bou + prod_gra + prod_lai))
  + (10.80 * (taurea_l + taurea_b + vach_bou))
  + ( 9.40 * (truies + truie_re + verrats))
  + ( 3.20 * pro_porc)
  + ( 0.47 * (poules + poule_co + poule_in))
  + ( 0.25 * (prod_gp + prod_gri + pro_grai))
  + ( 0.61 * (prod_dgr + prod_dlo)),
  (79.90 * vach_lai)
  + (34.50 * (taures_l + geni_lai + taures_b + fini_bou + semifi_b + embouc_b + geni_bou))
  + ( 5.20 * (veau_lai + veau_bou + prod_gra + prod_lai))
  + (24.00 * (taurea_l + taurea_b + vach_bou))
  + ( 8.30 * (truies + truie_re + verrats))
  + ( 3.50 * pro_porc)
  + ( 0.21 * (poules + poule_co + poule_in))
  + ( 0.22 * (prod_gp + prod_gri + pro_grai))
  + ( 0.45 * (prod_dgr + prod_dlo))
FROM elv94

```

Calcul des quantités de N, P et K requises par exploitation agricole

```

SELECT IDR_ID,
  (170.0 * (mais + mais_ens))
  + ( 90.0 * (ble_aut + ble_four + ble_pri + ble_ten + seigle))
  + ( 70.0 * (orge))
  + ( 50.0 * (avoine))
  + ( 30.0 * (soya + canola + feverole + hari_sec + pois_sec + tourneso))
  + (125.0 * (fraisier))
  + ( 45.0 * (frambois + bleuets + vignes + tabac))
  + ( 37.5 * (pomna_s + pomse_s + pomst_s))
  + (150.0 * (pom_sem + pom_terr))
  + (120.0 * (mais_fra))
  + (115.0 * (ail + artichau + asperge + aubergin + betterav + brocoli
    + carotte + carot_tr + celeri
    + choux + chou_bru + chou_chi + chou_file + chou_tra)

```

+ citrouil + concomb + cornicho + courge
 + echalote + endive + epinard + fine_her + gourgane
 + haric_tr + hari_fra + laitue + legum_ha + mais_tra + oignon
 + panais + piment + poireau + pois_fra + pois_tra
 + radis + rhubarbe + rutabaga + tomat_fr + tomat_tr))
 + (85.0 * (cere_ens + luzerne + mil_tref + pat_amel + pat_natu + gazon)),
 (50.0 * (mais + mais_ens))
 + (35.0 * (ble_aut + ble_four + ble_pri + ble_ten + seigle))
 + (35.0 * (orge))
 + (30.0 * (avoine))
 + (50.0 * (soya + canola + feverole + hari_sec + pois_sec + tourneso))
 + (110.0 * (fraisier))
 + (185.0 * (frambois + bleuets + vignes + tabac))
 + (13.0 * (pomna_s + pomse_s + pomst_s))
 + (145.0 * (pom_sem + pom_terr))
 + (115.0 * (mais_fra))
 + (120.0 * (ail + artichau + asperge + aubergin + betterav + brocoli
 + carotte + carot_tr + celeri
 + choux + chou_bru + chou_chi + chou_fle + chou_tra
 + citrouil + concomb + cornicho + courge
 + echalote + endive + epinard + fine_her + gourgane
 + haric_tr + hari_fra + laitue + legum_ha + mais_tra + oignon
 + panais + piment + poireau + pois_fra + pois_tra
 + radis + rhubarbe + rutabaga + tomat_fr + tomat_tr))
 + (30.0 * (cere_ens + luzerne + mil_tref + pat_amel + pat_natu + gazon)),
 (80.0 * (mais + mais_ens))
 + (40.0 * (ble_aut + ble_four + ble_pri + ble_ten + seigle))
 + (40.0 * (orge))
 + (40.0 * (avoine))
 + (40.0 * (soya + canola + feverole + hari_sec + pois_sec + tourneso))
 + (60.0 * (fraisier))
 + (170.0 * (frambois + bleuets + vignes + tabac))
 + (119.0 * (pomna_s + pomse_s + pomst_s))
 + (120.0 * (pom_sem + pom_terr))
 + (65.0 * (mais_fra))
 + (90.0 * (ail + artichau + asperge + aubergin + betterav + brocoli
 + carotte + carot_tr + celeri
 + choux + chou_bru + chou_chi + chou_fle + chou_tra
 + citrouil + concomb + cornicho + courge
 + echalote + endive + epinard + fine_her + gourgane
 + haric_tr + hari_fra + laitue + legum_ha + mais_tra + oignon
 + panais + piment + poireau + pois_fra + pois_tra
 + radis + rhubarbe + rutabaga + tomat_fr + tomat_tr))
 + (70.0 * (cere_ens + luzerne + mil_tref + pat_amel + pat_natu + gazon))
 FROM clt94a

Référence(s)

- BPR, MEF et MAPAQ (1990). *Analyse des surplus de lisiers et proposition d'une structure de gestion*. 60 p.
- Conseil des Productions Végétales du Québec (1992). *Coefficients d'efficacité des fumiers et lisiers*. Comité ad hoc fumier, section chimie et fertilité de la Commission des sols du CPVQ, non publié.
- Conseil des Productions Végétales du Québec (1994). *Grilles de référence en fertilisation*. 91 p.

i/ Modèle d'érosion

Objectif et hypothèses

Ce modèle permet de calculer une moyenne annuelle de sol érodé à l'hectare pour une culture donnée dans un lieu donné.

On suppose que les facteurs prépondérants qui affectent l'érosion de surface sont:

- la précipitation, incluant la fonte des neiges et le dégel;
- les types de sol, en particulier leur texture (structure, perméabilité);
- la topographie, plus précisément la pente et sa longueur;
- les pratiques culturales;
- les pratiques de contrôle de l'érosion.

Exécution du modèle

La séquence d'appel aux modules du logiciel IDRISI permettant d'obtenir le résultat recherché a été conservée sous forme de macro-commande. Celle-ci peut être lancée dans IDRISI en passant par la commande FILE/RUN MACRO du menu.

Données d'entrées

- 1) facteur de précipitation pour la région concernée;
- 2) carte pédologique;
- 3) modèle numérique de terrain;
- 4) carte d'occupation du sol.

Données obtenues

Carte du taux d'érosion en tonne métrique par hectare par année.

► Formats disponibles

Fichier image .DOC/.IMG;

Table .MDB.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Précision de positionnement des données d'entrées.

► Facteurs affectants la précision des données

Nature empirique du modèle.

► Codification

Type de données: "real" à 7 chiffres significatifs (4 octets);

Unité: t.m./ha/an.

Paramètres du modèle

Le facteur de ruissellement R a été considéré comme constant sur toute la zone considérée: il n'a donc pas été mis sous forme de carte mais figure directement dans la macro-commande. On a tenu compte des variations saisonnières en répartissant le R annuel selon les 4 saisons:

Tableau 1: Répartition saisonnière du facteur d'érosivité des précipitations totales.

| Saison | Fraction du facteur d'érosivité annuel (%) | Facteur R (région de Québec) |
|--------------|--|------------------------------|
| Hiver | 2 | 24,8 |
| Printemps | 26 | 322,4 |
| Été | 43 | 533,2 |
| Automne | 29 | 359,6 |
| Année | 100 | 1240,0 |

Tableau 2: Indices d'érodabilité des classes de sol.

| Code | Classe de texture | Indice K |
|------|-----------------------|----------|
| 1 | Affleurements rocheux | 0,0000 |
| 2 | Alluvions | 0,0000 |
| 3 | Argile | 0,0221 |
| 4 | Argile sableuse | 0,0158 |
| 5 | Loam | 0,0382 |
| 6 | Loam argileux | 0,0277 |
| 7 | Loam limoneux | 0,0435 |
| 8 | Loam sableux | 0,0250 |
| 9 | Sable | 0,0026 |
| 10 | Sable fin | 0,0132 |
| 11 | Sable loameux | 0,0105 |
| 12 | Terrains marécageux | 0,0000 |
| 13 | Terre noire / tourbe | 0,0300 |

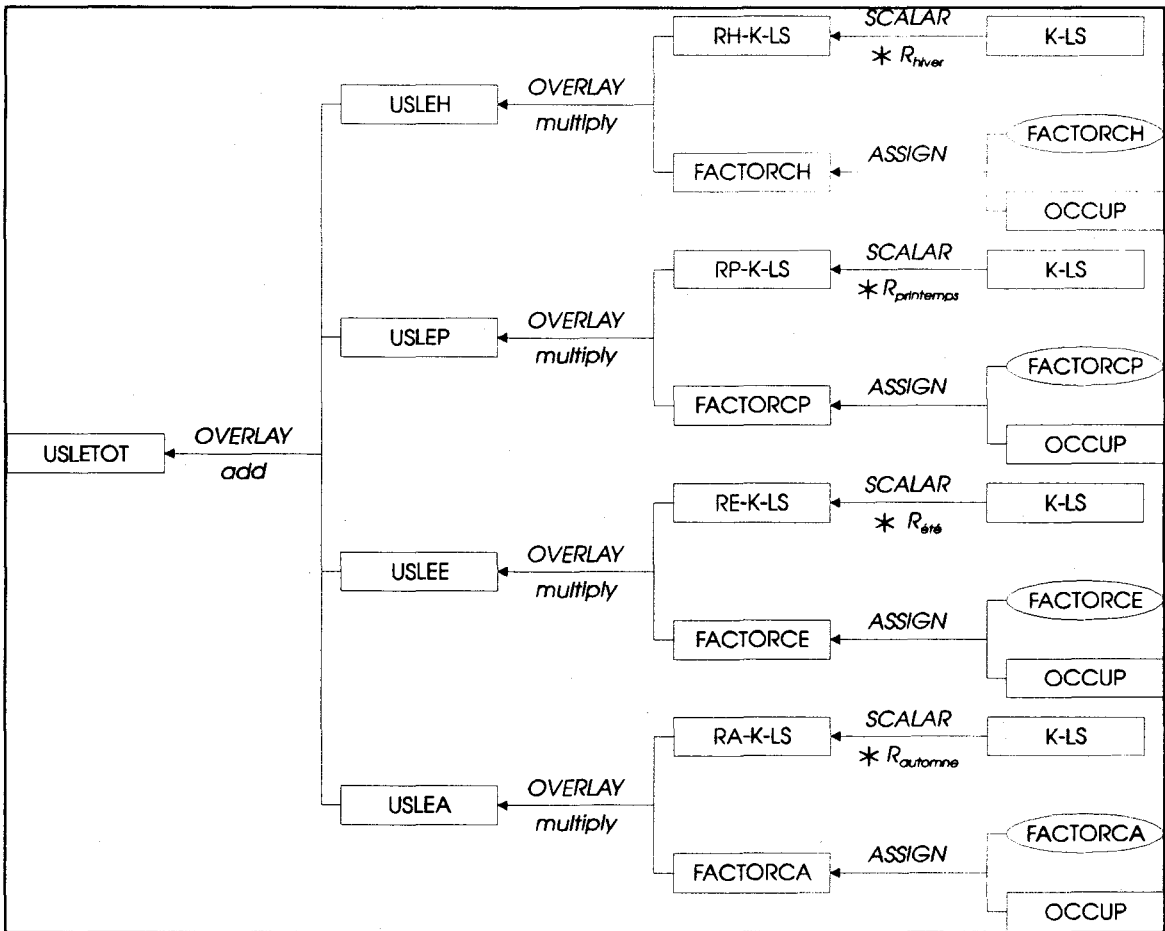
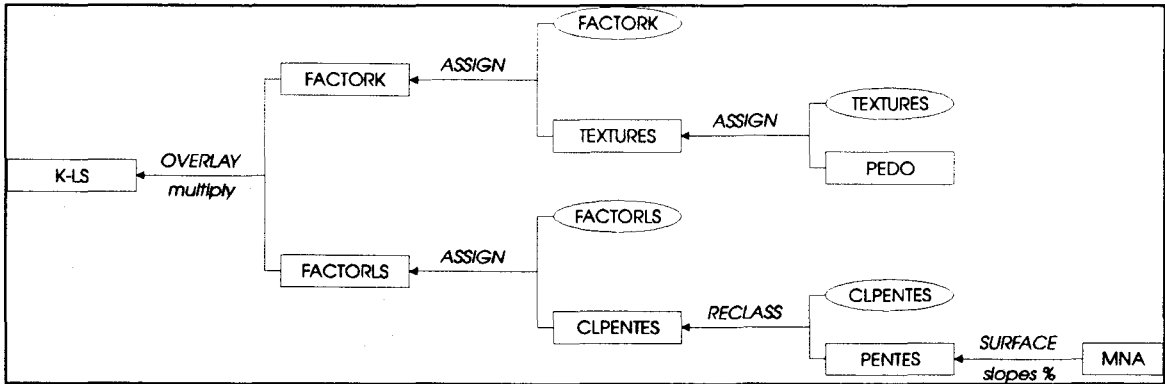
Tableau 3: Facteur LS pour diverses classes d'inclinaison de pente.

| Description de la pente | Inclinaison (%) | Facteur LS |
|--|-----------------|------------|
| Horizontale, en dépression, faiblement ondulée | [0 ; 2[| 3,30 |
| Ondulée | [2 ; 5[| 0,95 |
| Faiblement vallonnée, vallonnée | [5 ; 15[| 1,60 |
| Fortement vallonnée | [15 ; 30[| 4,00 |
| Montueuse | [30 ; 60[| 5,30 |
| Très montueuse | [60 ; 100[| 10,00 |

Tableau 4: Distribution saisonnière des facteurs C.

| Code | Occupation du sol | Hiver | Printemps | Été | Automne |
|------|-------------------|-------|-----------|------|---------|
| 0 | Hors bassin | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | Urbain | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | Foin | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 3 | Céréales | 0,60 | 0,62 | 0,17 | 0,52 |
| 4 | Maïs | 0,67 | 0,69 | 0,33 | 0,48 |
| 5 | Foin négligé | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 6 | Forêt | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | Inconnu | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Organigramme du modèle



Macro-commande liée au modèle**USLE.IML****REM ----- Facteur K**

assign x pedo TEXTURES textures 2

assign x textures FACTORK factork 2

REM ----- Facteur LS

surface x 1 mna PENTES # p 1

reclass x i pentes CLPENTES 3 clpent

assign x clpent FACTORLS factorls 2

REM ----- K x LS

overlay x 3 factork factorls K-LS

REM ----- Hiver

scalar x k-ls RH-K-LS 3 24.8

assign x occup FACTORC factorch 2

overlay x 3 rh-k-ls factorc USLEH

REM ----- Printemps

scalar x k-ls RP-K-LS 3 322.4

assign x occup FACTORC factorcp 2

overlay x 3 rp-k-ls factorc USLEP

REM ----- Été

scalar x k-ls RE-K-LS 3 533.2

assign x occup FACTORC factorce 2

overlay x 3 re-k-ls factorc USLEE

REM ----- Automne

scalar x k-ls RA-K-LS 3 359.6

assign x occup FACTORC factorca 2

overlay x 3 ra-k-ls factorc USLEA

REM ----- Total annuel

overlay x 1 usleh uslep USLEHP

overlay x 1 uslee uslea USLEEA

overlay x 1 uslehp usleea USLE

Référence(s)

Latreille, A., W. Smoragiewicz et A. Boutard (1993). *La pollution agricole diffuse: une évaluation pour la grande région de Montréal*. Sciences et Techniques de l'Eau, 26(2):103-107.

j/ Modèle de drainage

Objectif et hypothèses

Le but visé est la génération automatique du cheminement suivi par le ruissellement de surface. Le modèle employé suppose que le schéma de drainage est entièrement déterminé par la topographie.

Exécution du modèle

Les algorithmes développés par Martz et Garbrecht (1992) font l'objet du logiciel DEDNM (Digital Elevation Drainage Network Model) dont le code source est disponible en FORTRAN 77. Des sous-routines pour calculer les distances caractéristiques parcourues par les ruissellements de surface ont été ajoutées (C. Réchatin, 1994). La version utilisée dans ce travail est interfacée avec le logiciel IDRISI au niveau des formats d'images. Le programme s'exécute toutefois dans l'environnement DOS.

Données d'entrées

- 1) modèle numérique d'altitude (MNA);
- 2) point d'exutoire à considérer;
- 3) superficie de drainage amont minimale;
- 4) longueur de tronçon minimale.

Ces deux dernières valeurs permettent d'éliminer les tronçons mineurs et sont généralement estimées de façon empirique.

Données obtenues

- 1) MNA après agrégation optionnelle;
- 2) MNA après lissage optionnel;
- 3) MNA modifié après "remplissage" des dépressions;
- 4) MNA modifié après traitement des zones planes;
- 5) direction du ruissellement de surface;
- 6) superficie de drainage amont.
- 7) bassin versant;
- 8) réseau généré, codifié selon l'ordre de Strahler;
- 9) sous-bassins associés aux tronçons du réseau;
- 10) pour les cellules du réseau, distance parcourue par écoulement en rivière pour atteindre l'exutoire;
- 11) distance totale parcourue par ruissellement de surface et écoulement en rivière pour atteindre l'exutoire;
- 12) distance parcourue par ruissellement de surface pour atteindre le cours d'eau le plus proche;

► Formats disponibles

Fichier image .DOC/.IMG;

Table .MDB.

► Facteurs affectants la précision de positionnement

Précision de positionnement des données d'entrées;

Résolution spatiale de l'image.

► Facteurs affectants la précision des données

La distance parcourue entre 2 cellules se limite à la résolution spatiale d'une cellule de l'image, multipliée par un facteur de $\sqrt{2}$ pour les diagonales.

► Codification

1-4) MNA:

- Type de données: "real" à 7 chiffres significatifs (4 octets);
Unité: mètre;
- 5) Direction de drainage:
Type de données: "byte" (1 octet) de 0 à 9;
Codification: 1 = ↙ (-45°) 2 = ↑ (0°) 3 = ↘ (45°)
4 = ↓ (-90°) 6 = → (90°)
7 = ↙ (-135°) 8 = ↓ (180°) 9 = ↘ (135°)
0 = hors bassin
- 6) Drainage amont:
Type de données: "integer" (2 octets);
Unité: nombre de cellules;
Valeur spéciale: -1 = hors bassin;
- 7) Bassin versant:
Type de données: "byte" (1 octet);
Unité: booléen où 0 = hors bassin et 1 = bassin)
- 8) Réseau hydrographique:
Type de données: "byte" (1 octet);
Unité: ordre de Strahler;
- 9) Sous-bassins versants:
Type de données: "integer" (2 octets);
Unité: (numéro de tronçon x 10) + C, où C prend les valeurs suivantes:
1 pour la zone de drainage du noeud amont;
2 pour la zone de drainage à droite du tronçon parcouru de l'amont vers l'aval;
3 pour la zone de drainage à gauche du tronçon parcouru de l'amont vers l'aval;
4 pour le tronçon;
- 10-12) Distances parcourues:
Type de données: "real" à 7 chiffres significatifs (4 octets);
Unité: équivalent nombre de cellules parcourues.

Paramètres du modèle

Les 3 paramètres requis en entrée ont été fixés comme suit:

- exutoire: en coordonnées UTM Fuseau 19: (358 450 m.E., 5 193 500 m.N.), ce qui correspond en coordonnées image à: (ligne 14, colonne 175);
- superficie de drainage minimum: 251 ha (= 251 cellules);
- longueur de tronçon minimum: 500 mètres (= 5 cellules).

La cellule d'exutoire retenue est celle pour laquelle le nombre de cellules amont (sortie 6 du modèle) est le plus élevé. Quant aux deux autres paramètres, on a utilisé, en tant que référence pour évaluer les résultats du modèle, le réseau hydrographique numérisé des cartes topographiques au 1/50 000 dont on a retenu les 4 derniers ordres de Strahler (ordres 2 à 5). Ce réseau présente une longueur de tronçon minimum de 544 mètres et possède 35 tronçons. En fixant le paramètre *longueur* à 500, on a fait varier le paramètre *superficie* afin d'obtenir 35 tronçons, ce qui a nécessité une valeur de 251.

Référence(s)

- Martz, L.W., et J. Garbrecht (1993). *Digital Elevation Drainage Network Model (DEDNM)*. Code source en FORTRAN 77, ≈ 5 000 lignes de programme.
- Réchatin, C. (1994). *Mise au point d'un complément à un logiciel d'analyse automatique du relief*. Rapport de stage effectué à l'INRS-Eau (Québec), École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (France), 37 p. (+ annexes).

k/ Résultats non cartographiques

i/ Calculs de superficies avec le module AREA

| | | | |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| Zone d'étude | km² | Occupation du sol | hectares |
| 0 - Hors bassin | 457.22 | 0 - Hors bassin | 45607 |
| 1 - Bassin versant | 220.03 | 1 - Urbain | 412 |
| | | 2 - Foin | 6876 |
| Lac Saint-Charles | hectares | 3 - Céréales | 2036 |
| 0 - Autre | 67662 | 4 - Maïs | 1465 |
| 1 - Lac | 63 | 5 - Foin négligé | 3403 |
| | | 6 - Forêt | 7923 |
| | | 7 - Inconnu | 3 |
| Sous-bassins | hectares | Municipalités | hectares |
| 0 - Hors bassin | 45722 | 0 - Hors étude | 8534 |
| 1 - Boyer | 7421 | 1 - St-Charles P | 9343 |
| 2 - Boyer Sud | 4695 | 2 - St-Charles V | 112 |
| 3 - Boyer Nord | 5701 | 3 - St-Henri | 8146 |
| 4 - Du Portage | 2017 | 4 - St-Anselme P | 5488 |
| 5 - Trib. B. Sud | 2169 | 5 - St-Anselme V | 335 |
| | | 6 - Honfleur | 5052 |
| Texture du sol | hectares | 7 - St-Michel | 5378 |
| 0 - Hors bassin | 45235 | 8 - St-Gervais | 8376 |
| 1 - Rocheux | 29 | 9 - La Durantaye | 3445 |
| 2 - Alluvions | 737 | 10 - St-Vallier P | 1610 |
| 3 - Argile | 1745 | 11 - St-Vallier V | 196 |
| 4 - Argile sabl. | 83 | 12 - St-Etienne | 5800 |
| 5 - Loam | 8326 | 13 - St-Lazare | 2313 |
| 6 - Loam argil. | 437 | 14 - Pintendre | 1821 |
| 7 - Loam limon. | 223 | 15 - St-Raphaël P | 1776 |
| 8 - Loam sableux | 9043 | 16 - St-Raphaël V | < 1 |
| 9 - Sable | 71 | | |
| 10 : Sable fin | < 1 | | |
| 11 : Sable loam. | 66 | | |
| 12 : Marécage | 1536 | | |
| 13 : Terre noire/tourbe | 194 | | |

ii/ Calculs de superficies croisées avec le module CROSSTAB

Bassin vs Municipalités (hectares)

| | | 0 Hors bassin | (St-Laurent) | 1 Bassin | TOTAL |
|----|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | St-Charles P | 2256 | | 7087 | 9343 |
| 2 | St-Charles V | 0 | | 112 | 112 |
| 3 | St-Henri | 8471 | | 3912 | 12383 |
| 4 | St-Anselme P | 4390 | | 2758 | 7148 |
| 5 | St-Anselme V | 194 | | 141 | 335 |
| 6 | Honfleur | 2462 | | 2638 | 5100 |
| 7 | St-Michel | 3427 | (1085) | 2197 | 5624 |
| 8 | St-Gervais | 7097 | | 1835 | 8932 |
| 9 | La Durantaye | 2386 | | 1059 | 3445 |
| 10 | St-Vallier P | 5189 | (1029) | 144 | 5333 |
| 11 | St-Vallier V | 667 | (455) | 0 | 667 |
| 12 | St-Etienne | 5726 | (1326) | 74 | 5800 |
| 13 | St-Lazare | 8660 | | 41 | 8701 |
| 14 | Pintendre | 5498 | | 0 | 5498 |
| 15 | St-Raphaël P | 12159 | | 5 | 12164 |
| 16 | St-Raphaël V | 263 | | 0 | 263 |
| | TOTAL | | | 22003 | 90848 |

Sous-bassin vs Occupation du sol (hectares)

| | | 0 Hors bassin | 1 Boyer | 2 Boyer Sud | 3 Boyer Nord | 4 Du Portage | 5 Trib. B. Sud | TOTAL |
|---|--------------|------------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------|
| 0 | Hors bassin | 45458 | 52 | 3 | 28 | 33 | 33 | 45607 |
| 1 | Urbain | 7 | 187 | 50 | 114 | 23 | 31 | 412 |
| 2 | Foin | 59 | 2380 | 1580 | 1771 | 416 | 670 | 6876 |
| 3 | Céréales | 8 | 607 | 554 | 459 | 72 | 336 | 2036 |
| 4 | Maïs | 21 | 629 | 158 | 492 | 83 | 82 | 1465 |
| 5 | Foin négligé | 19 | 1057 | 947 | 713 | 292 | 375 | 3403 |
| 6 | Forêt | 150 | 2507 | 1403 | 2123 | 1098 | 642 | 7923 |
| 7 | Inconnu | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| | TOTAL | 45722 | 7421 | 4695 | 5701 | 2017 | 2169 | 67725 |

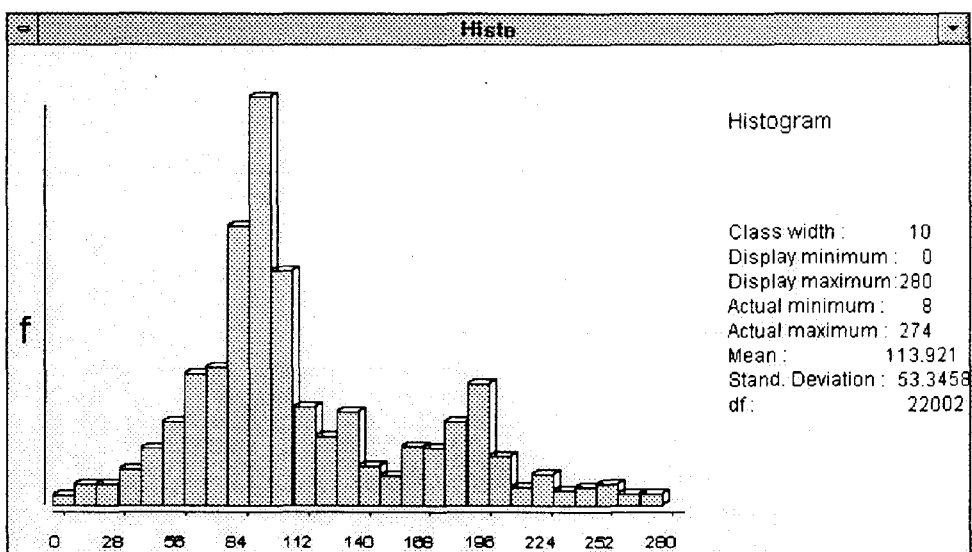
iii/ Calculs agrégés avec le module EXTRACT

Altitudes par sous-bassin (en mètres)

| | moyenne | min. | max. |
|------------------|------------|------|------|
| 0 - Hors bassin | 111.108063 | 8 | 290 |
| 1 - Boyer | 74.402641 | 8 | 114 |
| 2 - Boyer Sud | 140.428864 | 61 | 274 |
| 3 - Boyer Nord | 117.420296 | 61 | 206 |
| 4 - Du Portage | 89.023148 | 46 | 120 |
| 5 - Trib. B. Sud | 205.707870 | 99 | 274 |

iv/ Histogramme

Modèle numérique de terrain



v/ Exemple de commande SQL

Extraction des données porcines de la base des productions animales

```
SELECT IDR_ID, porcelet, porc_eng, pro_porc, truies, truie_re, verrats
FROM elv94
WHERE IDR_ID>=-1
```

vi/ Tableau complet des informations sur les municipalités

| | Total (hectares) | Terre (hectares) | Bassin (hectares) | Bassin dans mun. (%) | Mun. dans bas. (%) | Population en 1991 (hab) | Densité (hab/km ²) |
|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 St-Charles P | 9343 | 9343 | 7087 | 32,21 | 75,85 | 1184 | 12,67 |
| 2 St-Charles V | 112 | 112 | 112 | 0,51 | 100,00 | 979 | 874,11 |
| 3 <i>St-Henri</i> | 12383 | 12383 | 3912 | 17,78 | 31,59 | 3886 | 31,38 |
| 4 St-Anselme P | 7148 | 7148 | 2758 | 12,53 | 38,58 | 1386 | 19,39 |
| 5 St-Anselme V | 335 | 335 | 141 | 0,64 | 42,09 | 1861 | 555,52 |
| 6 Honfleur | 5100 | 5100 | 2638 | 11,99 | 51,73 | 844 | 16,55 |
| 7 St-Michel | 5624 | 4539 | 2197 | 9,99 | 48,40 | 1651 | 36,37 |
| 8 St-Gervais | 8932 | 8932 | 1835 | 8,34 | 20,54 | 1871 | 20,95 |
| 9 La Durantaye | 3445 | 3445 | 1059 | 4,81 | 30,74 | 698 | 20,26 |
| 10 St-Vallier P | 5333 | 4304 | 144 | 0,65 | 3,35 | 614 | 14,27 |
| 11 St-Vallier V | 667 | 212 | 0 | 0,00 | 0,00 | 455 | 214,62 |
| 12 St-Étienne | 5800 | 4474 | 74 | 0,34 | 1,65 | 2011 | 44,95 |
| 13 St-Lazare | 8701 | 8701 | 41 | 0,19 | 0,47 | 1300 | 14,94 |
| 14 <i>Pintendre</i> | 5498 | 5498 | 0 | 0,00 | 0,00 | 5028 | 91,45 |
| 15 St-Raphaël P | 12164 | 12164 | 5 | 0,02 | 0,04 | 899 | 7,39 |
| 16 St-Raphaël V | 263 | 263 | 0 | 0,00 | 0,00 | 1285 | 488,59 |
| | 90848 | 86953 | 22003 | 100,00 | | 25952 | 29,85 |

- Notes:
- Terre = superficie excluant le fleuve
 - Bassin = superficie de la municipalité faisant partie du bassin de la Boyer;
 - Bassin dans mun. = proportion du bassin appartenant à la municipalité;
 - Mun. dans bassin = proportion de la municipalité faisant partie du bassin de la Boyer;
 - *en italique, municipalités de la M.R.C. de Desjardins*, les autres appartenant à la M.R.C. de Bellechasse;
 - P=paroisse (correspond à la partie rurale); V=village (concerne la partie urbaine);
 - bien que hors bassin, Pintendre figure dans l'image rectangulaire de la zone d'étude car elle est limitrophe;
 - pour Saint-Charles et Saint-Vallier, paroisse et village se sont regroupés en 1993.

I/ Diaporama

Le diaporama du bassin versant de la rivière Boyer comprend les diapositives suivantes:

0. Titre
1. Localisation

DONNÉES DE BASE

2. Réseau hydrographique numérisé et limite de bassin versant
3. Sous-bassins avec réseau hydrographique associé
4. Réseau hydrographique en format matriciel selon les ordres de Strahler 1 à 4
5. Altitudes - MNA
6. Altitudes - 3D
7. Pédologie - texture de la série principale
8. Occupation du sol
9. Municipalités
10. Producteurs agricoles
11. Base de données liée aux producteurs agricoles

RÉSULTATS DE MODÉLISATION SPATIALE INTERNE (modules IDRISI)

12. Bilan en azote et en phosphore par sous-bassin
13. Érosion potentielle

RÉSULTATS DE MODÉLISATION SPATIALE EXTERNE (programme DEDNM)

14. Bassin et réseau générés
15. Distance au cours d'eau à *vol d'oiseau* (distance euclidienne)
16. Distance au cours d'eau de l'écoulement (suivant la direction de plus grande pente)

Ce diaporama a été créé avec le logiciel NeoShow (de *OSCS Software Development Inc.*, 1993) à partir de fichiers en format .PCX. Il existe en deux versions correspondant aux configurations de carte graphique suivantes:

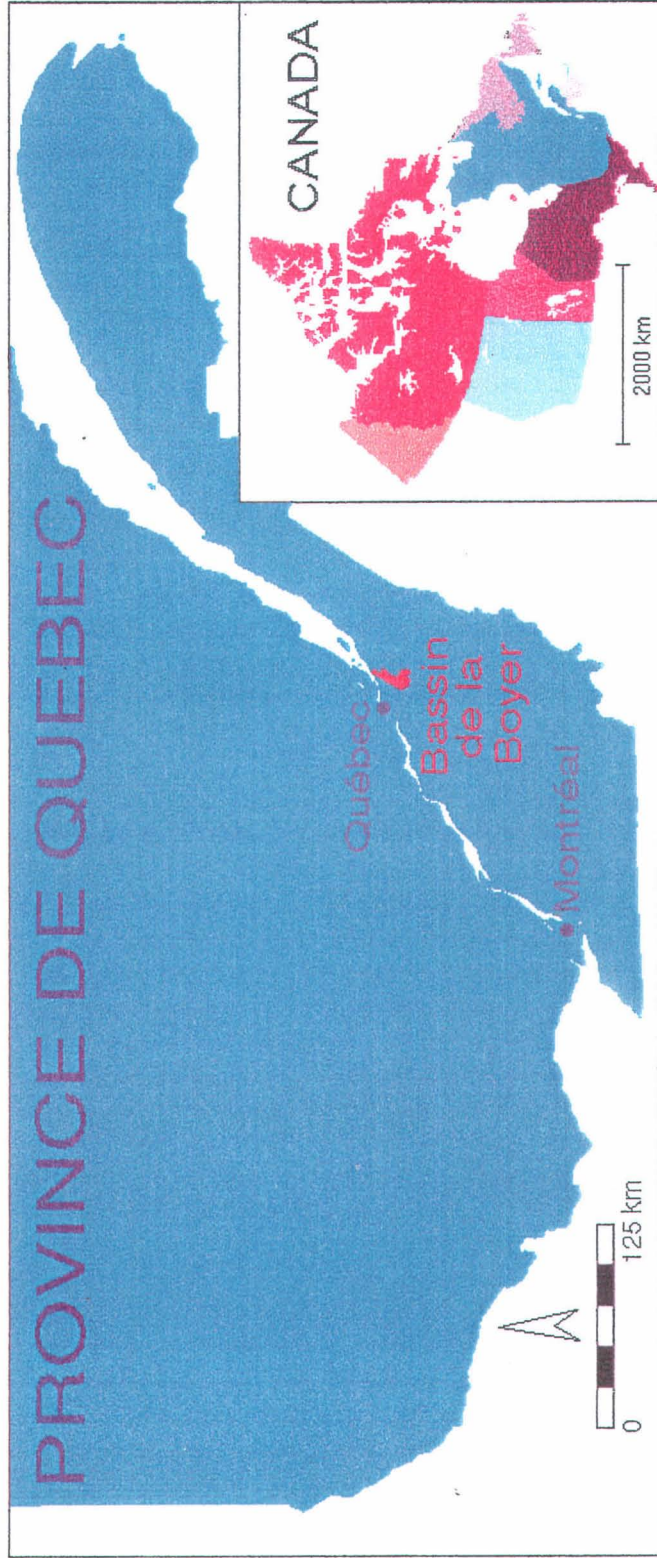
- 1024 colonnes x 768 lignes x 256 couleurs
- 640 colonnes x 480 lignes x 256 couleurs.

Géomatique

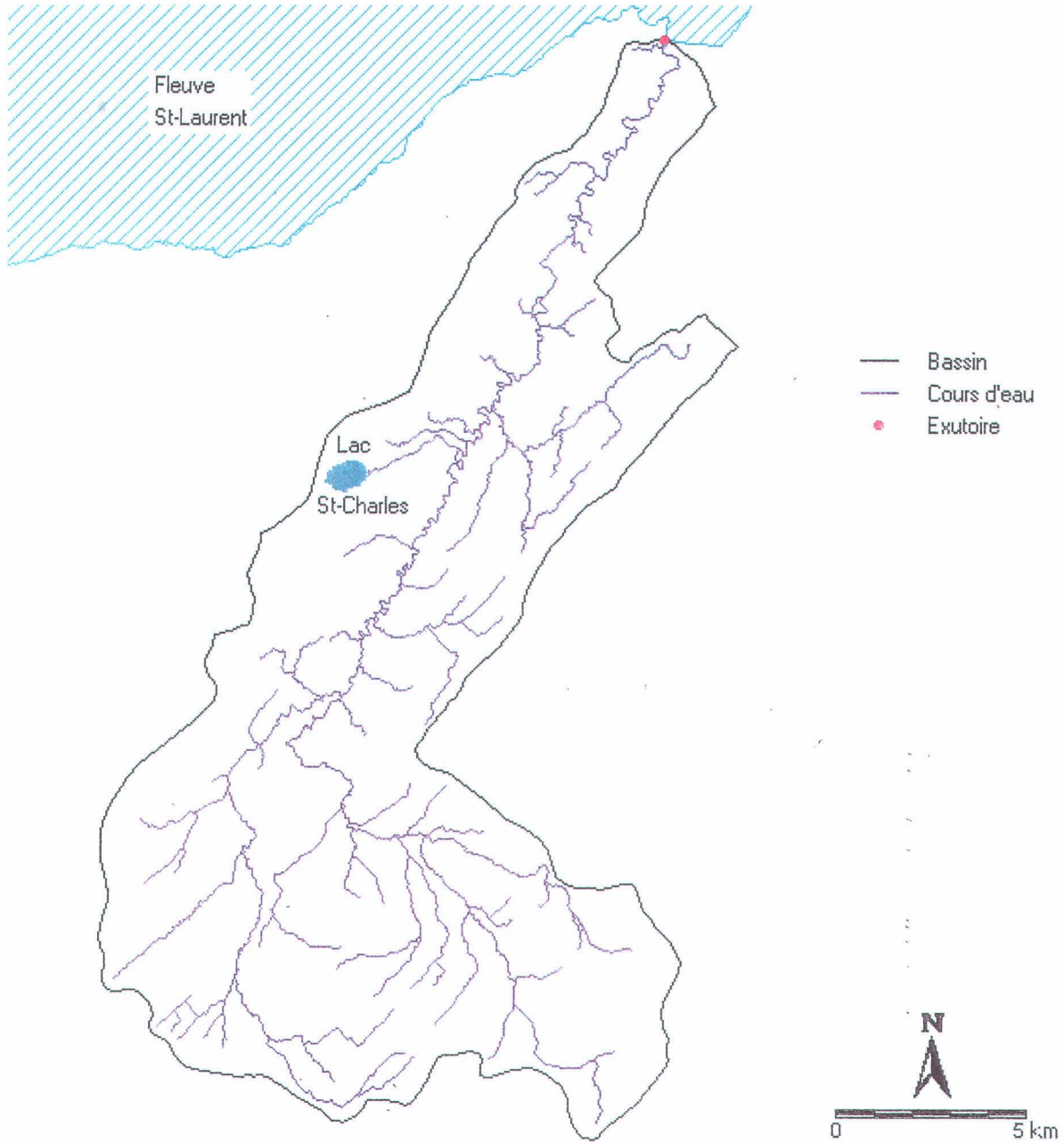
et

**POLLUTION AGRICOLE
DE SOURCE DIFFUSE:**

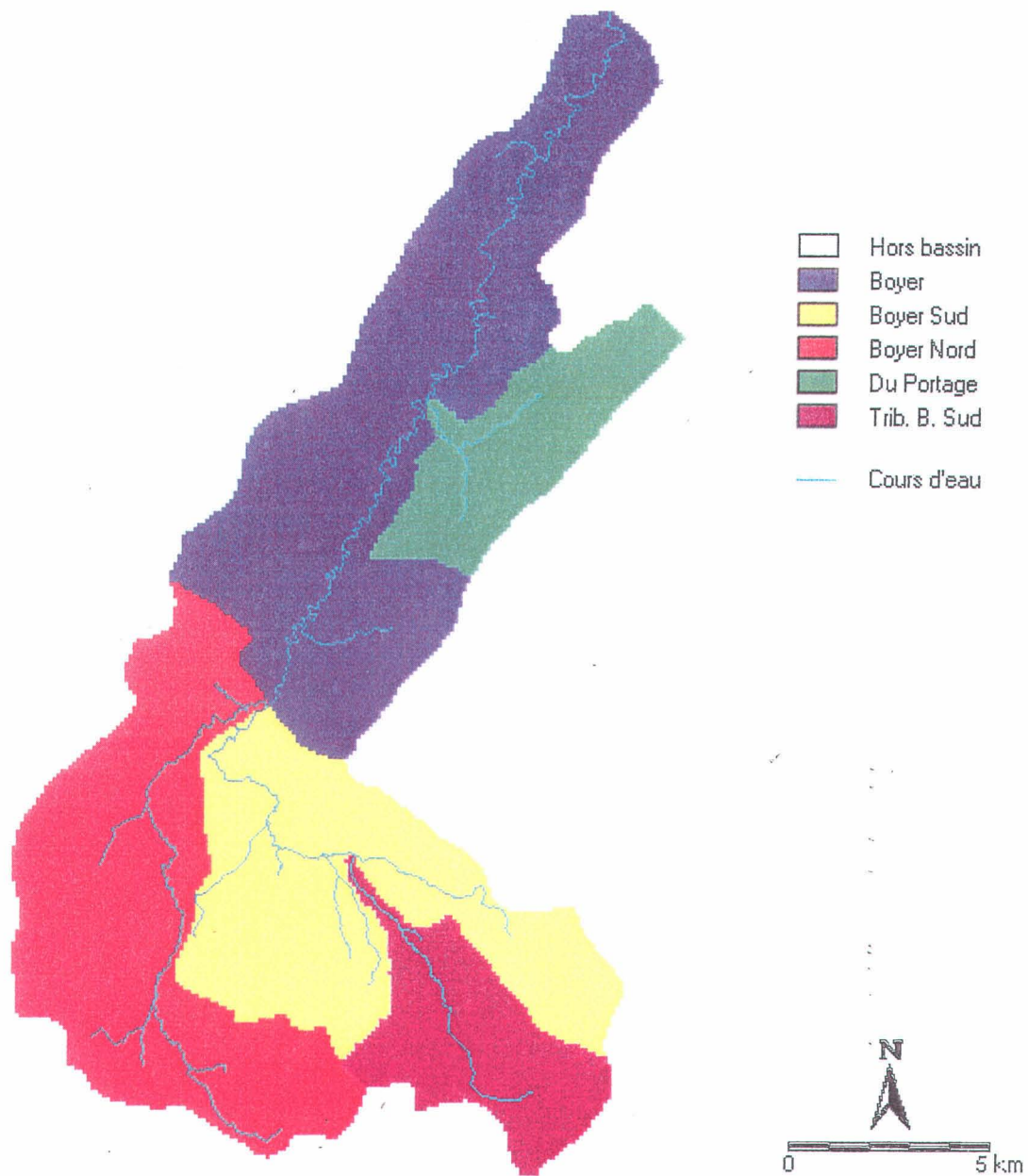
**le bassin versant
de la rivière Boyer
au Québec**



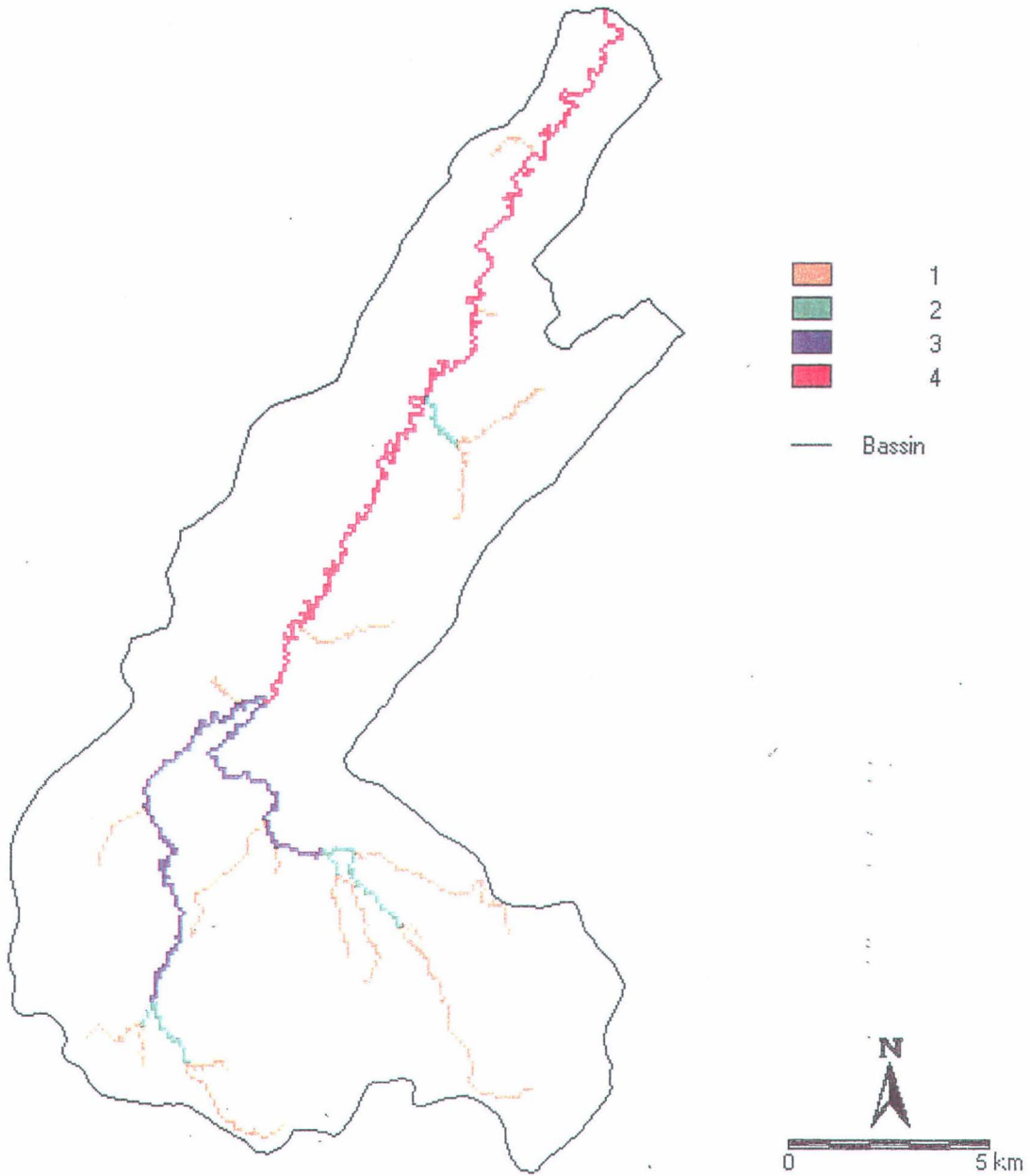
Réseau hydrographique



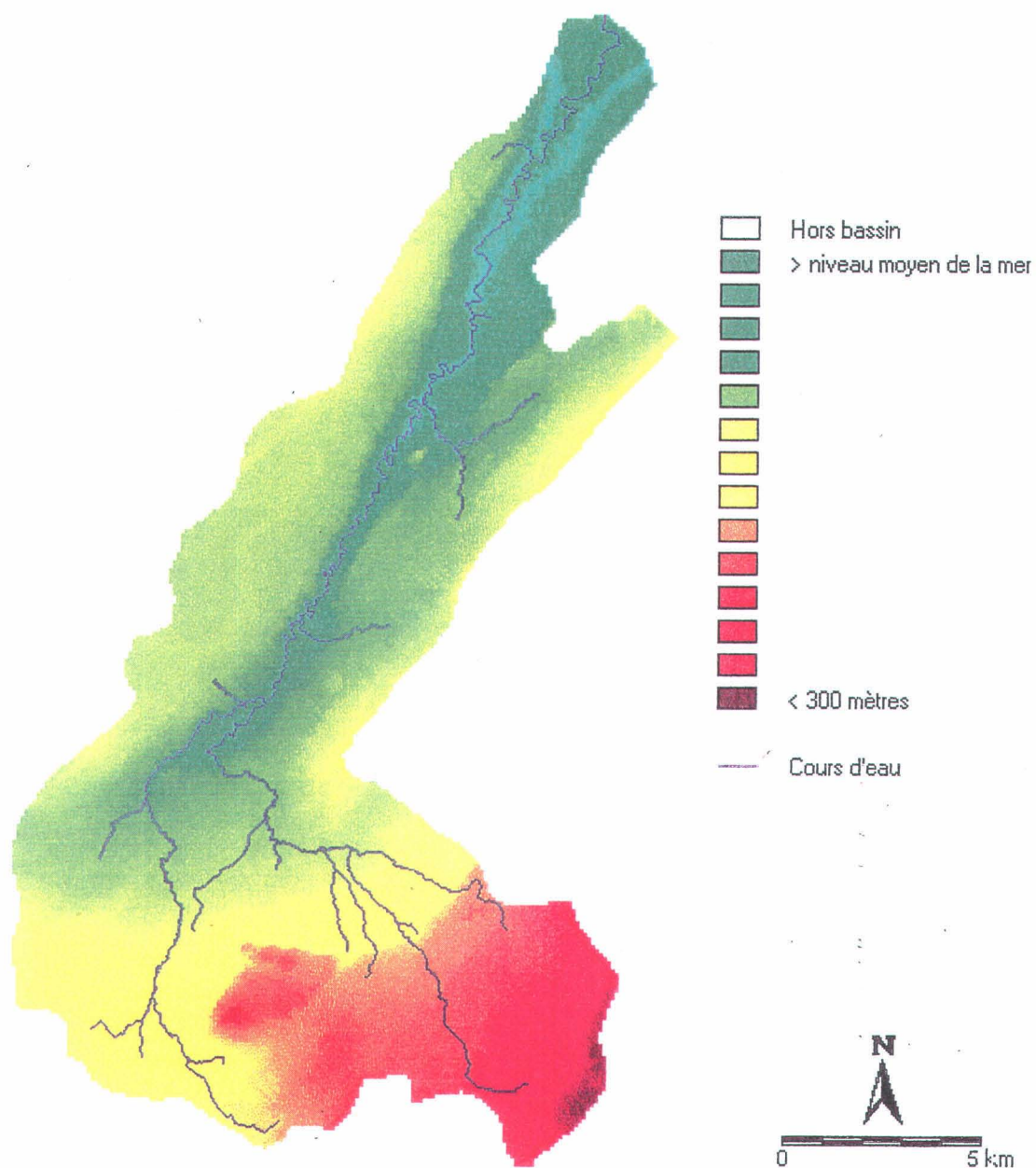
Sous-bassins



Ordres de Strahler



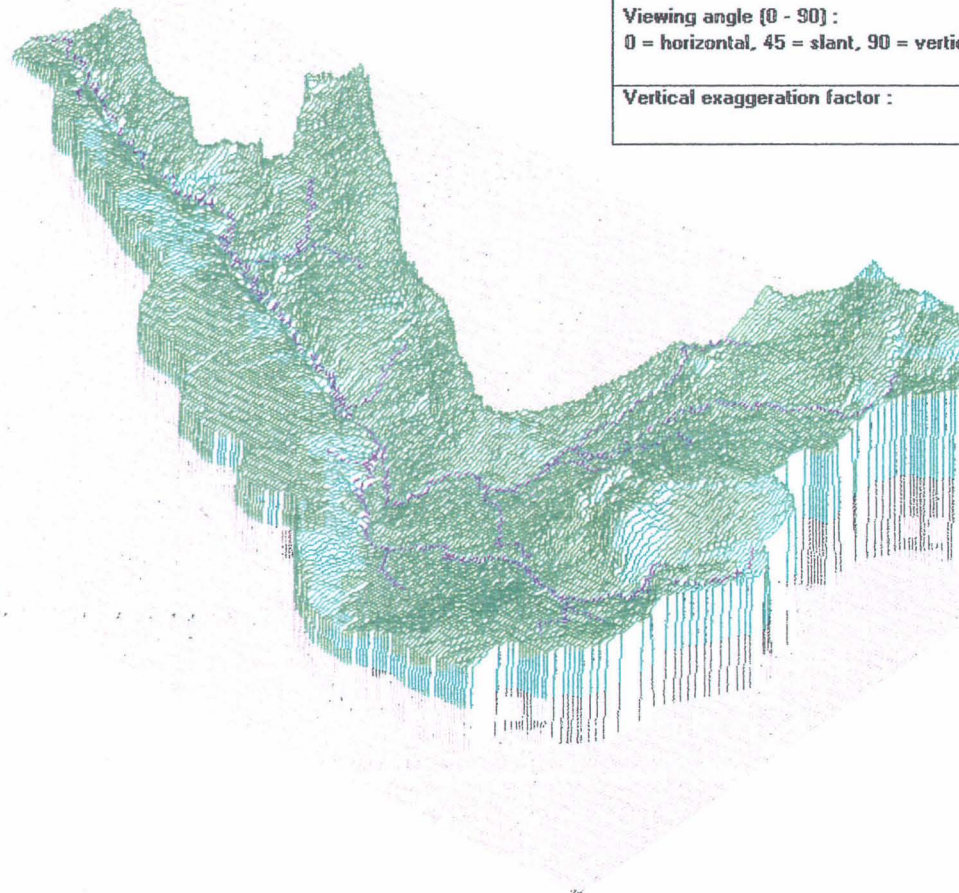
Modèle numérique d'altitude



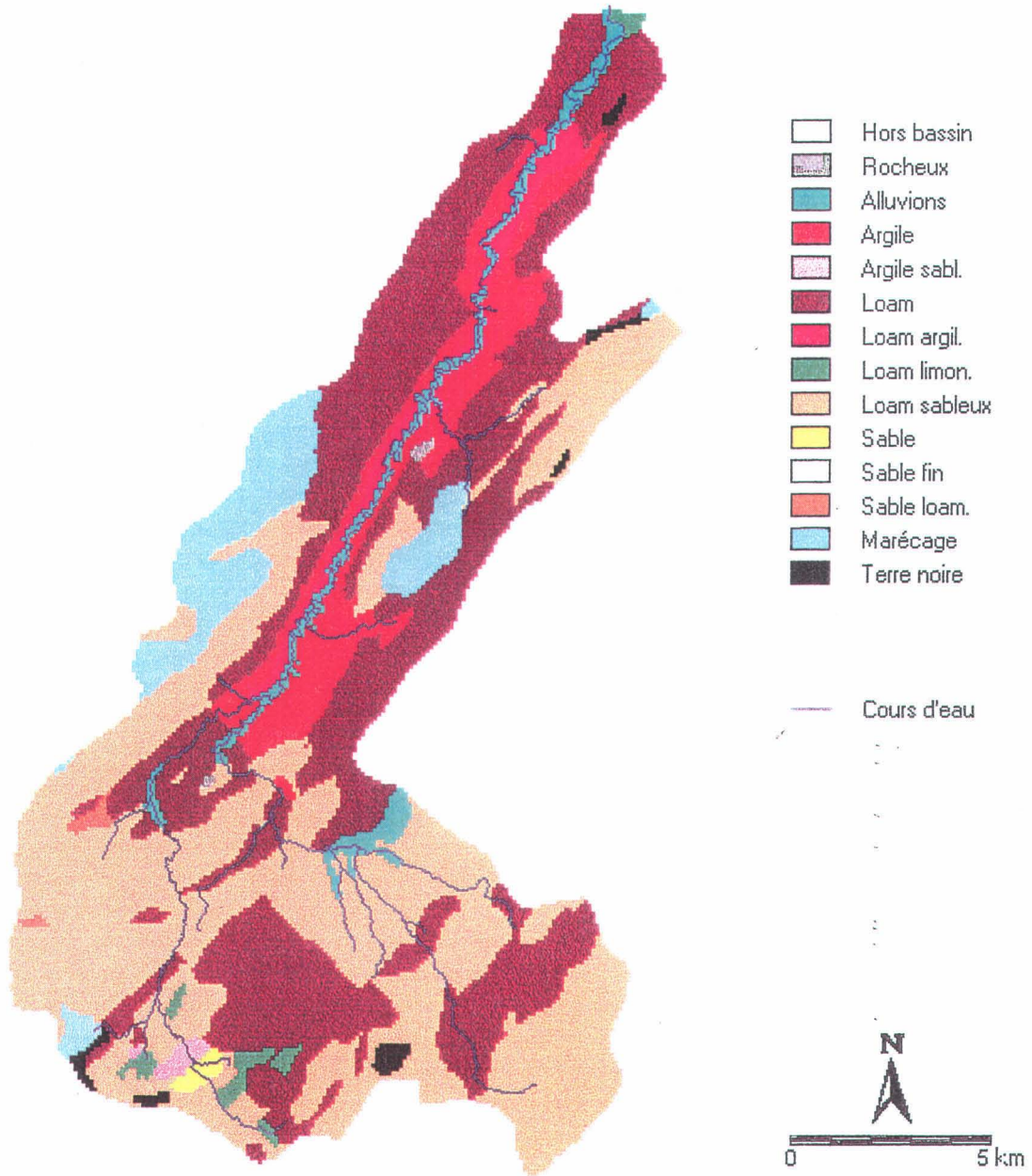
Perspective orthographique des altitudes

-  Hors bassin
-  Bassin
-  Cours d'eau

| | |
|---|---------------------------------|
| View direction (0 - 90) : | <input type="text" value="50"/> |
| 0 = North, 45 = Northeast, 90 = East | |
| Viewing angle (0 - 90) : | <input type="text" value="50"/> |
| 0 = horizontal, 45 = slant, 90 = vertical | |
| Vertical exaggeration factor : | <input type="text" value="1"/> |



Texture du sol



Occupation du sol

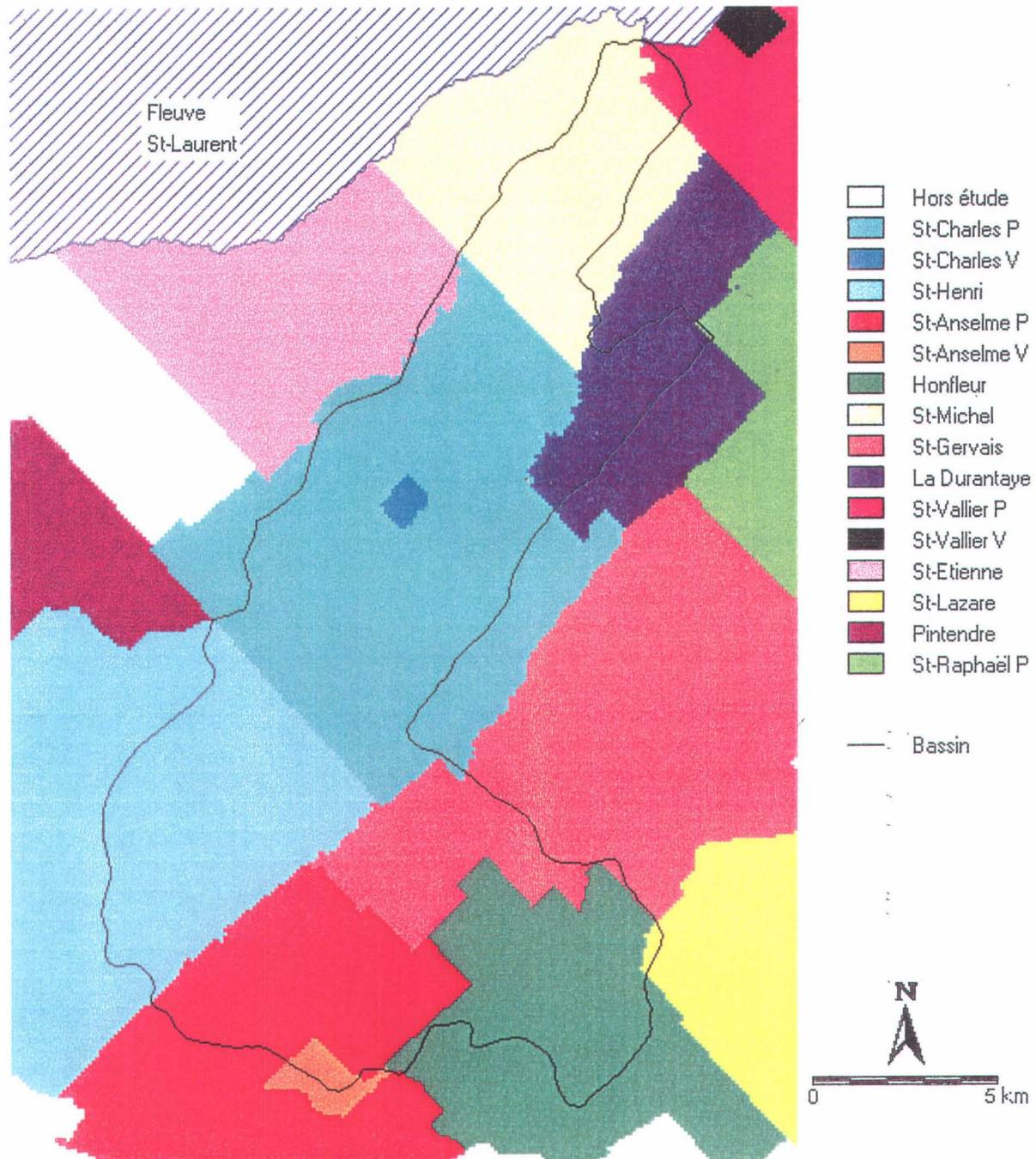


-  Hors bassin
-  Urbain
-  Foin
-  Céréales
-  Maïs
-  Foin négligé
-  Forêt

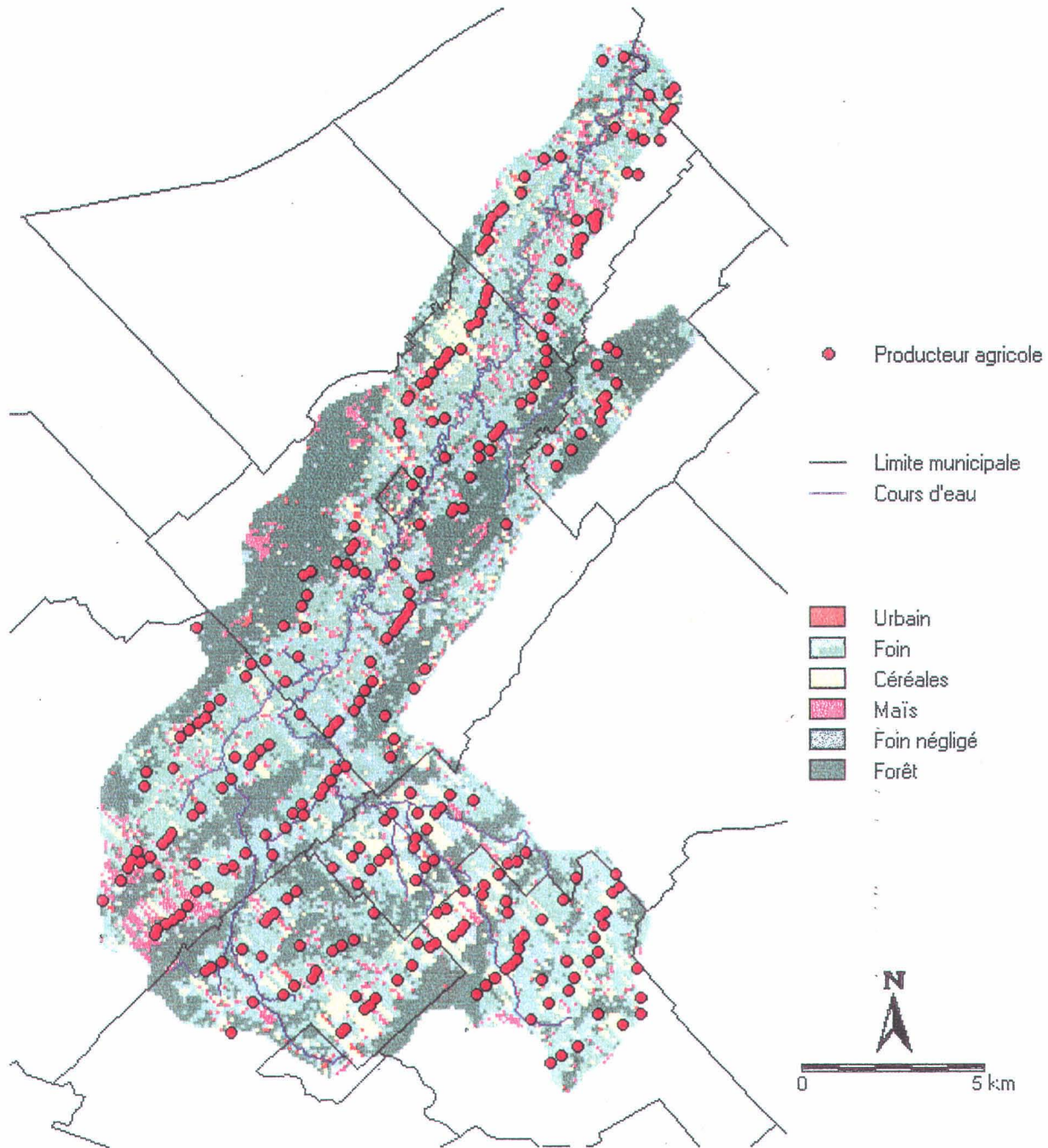
-  Cours d'eau



Municipalités



Producteurs agricoles



IDRISI - Database Workshop

File Modify Query Link Help

Output map window : [NONE]

RESULTS OF SQL FILTER ON ELV94

| IDR_ID | porcelet | porc_eng | pro_porc | truiies | trui_re | verrats |
|--------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|
| 1 | 1200 | 2500 | 7000 | 400 | 45 | 15 |
| 2 | 325 | 800 | 2300 | 145 | 0 | 6 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 200 | 500 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 4000 | 0 | 0 | 250 | 0 | 10 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

E:\DEDNM\BOYER\PORCINS.MDB

Database Workshop : Describe

File name : E:\DEDNM\BOYER\PORCINS.MDB
 File type : Access
 Number of fields : 7
 Number of Records : 293

FIELD 3 : PRO_PORC
 DATA TYPE : LONG
 FORMAT : 0
 MIN. VALUE : 0
 MAX. VALUE : 8300
 VALUE UNITS : TÊTES
 VALUE ERROR : UNKNOWN
 FLAG VALUE : NONE

Field to describe :
 pro_porc

View Selection Exit Help

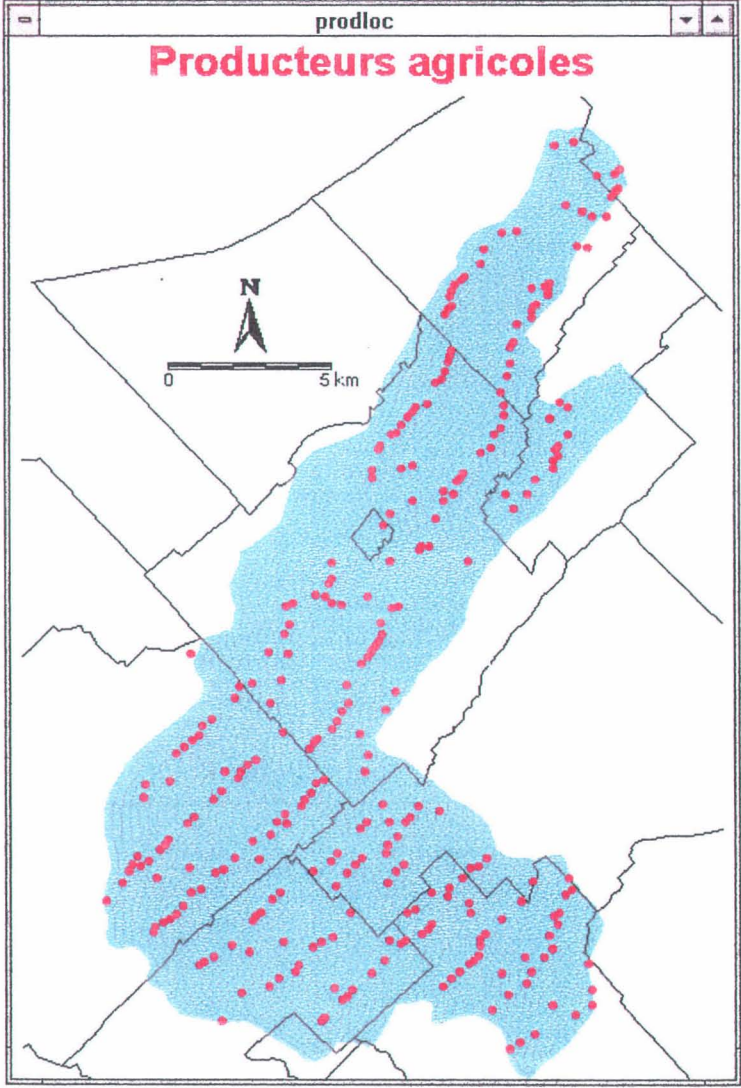
Composer

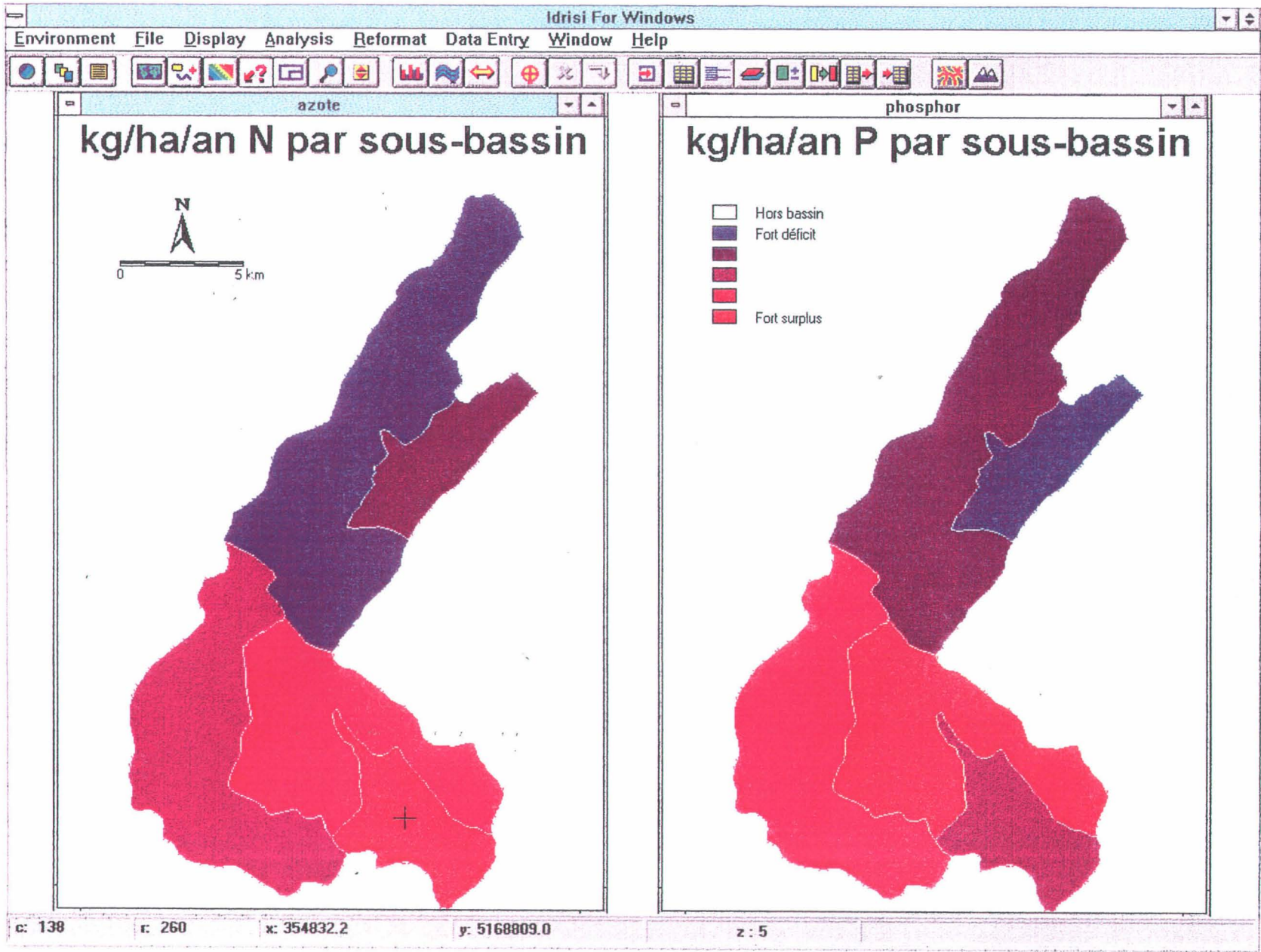
- prodloc
- bassin
- mun91
- prodloc

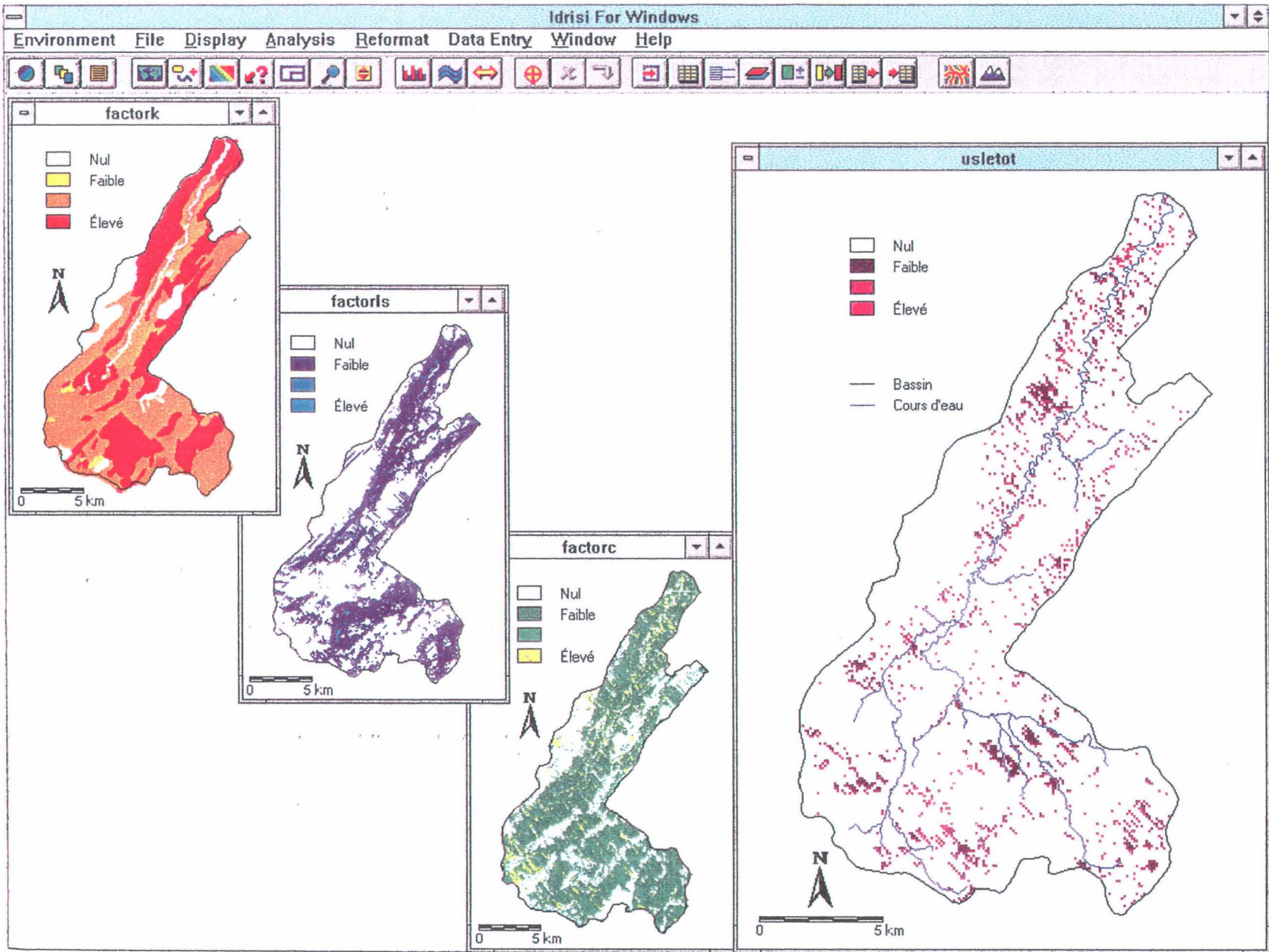
Add Layer...
 Remove Layer
 Properties...
 Save Composition
 Print Composition
 Help

Auto Manual

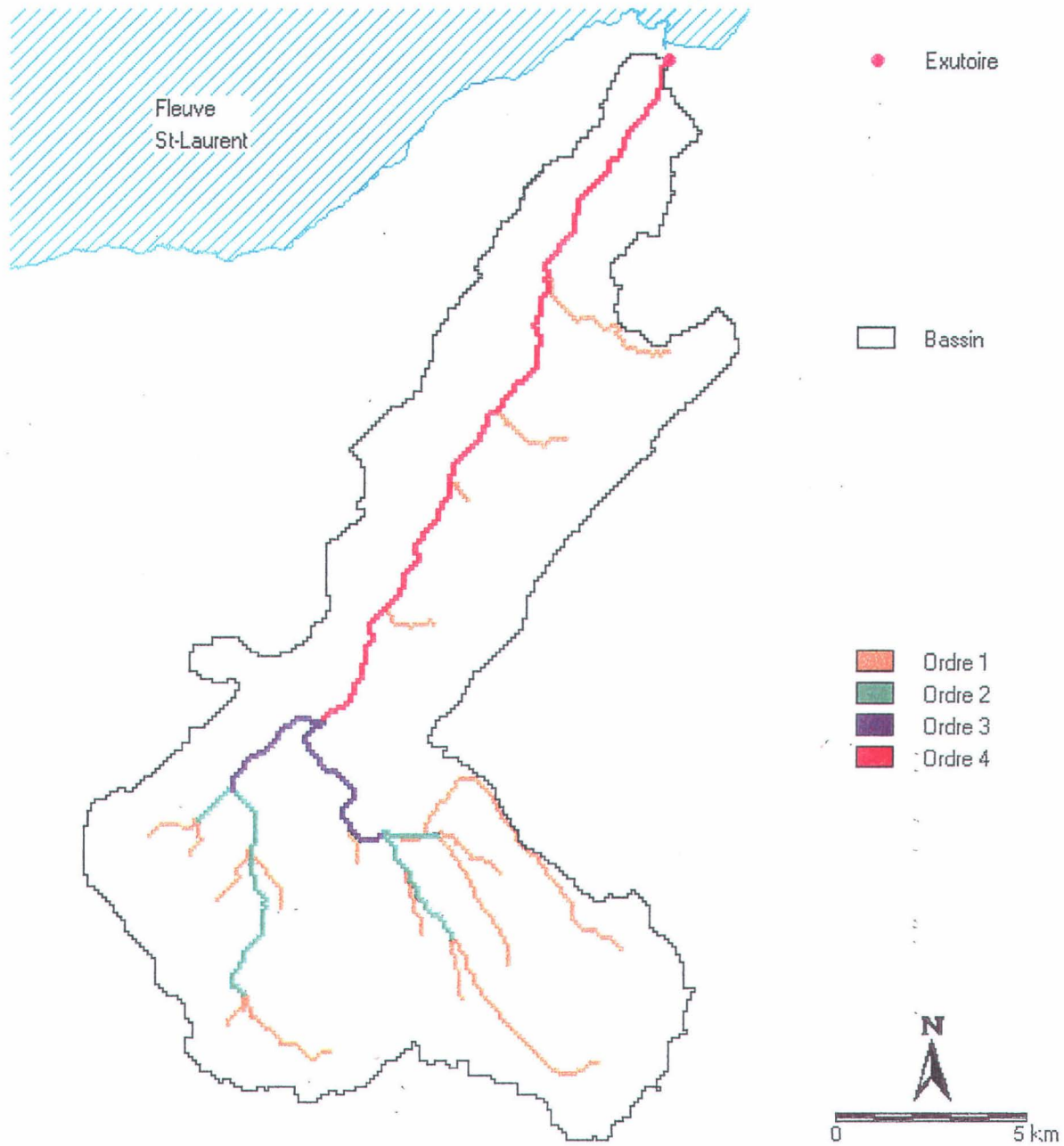
Redraw



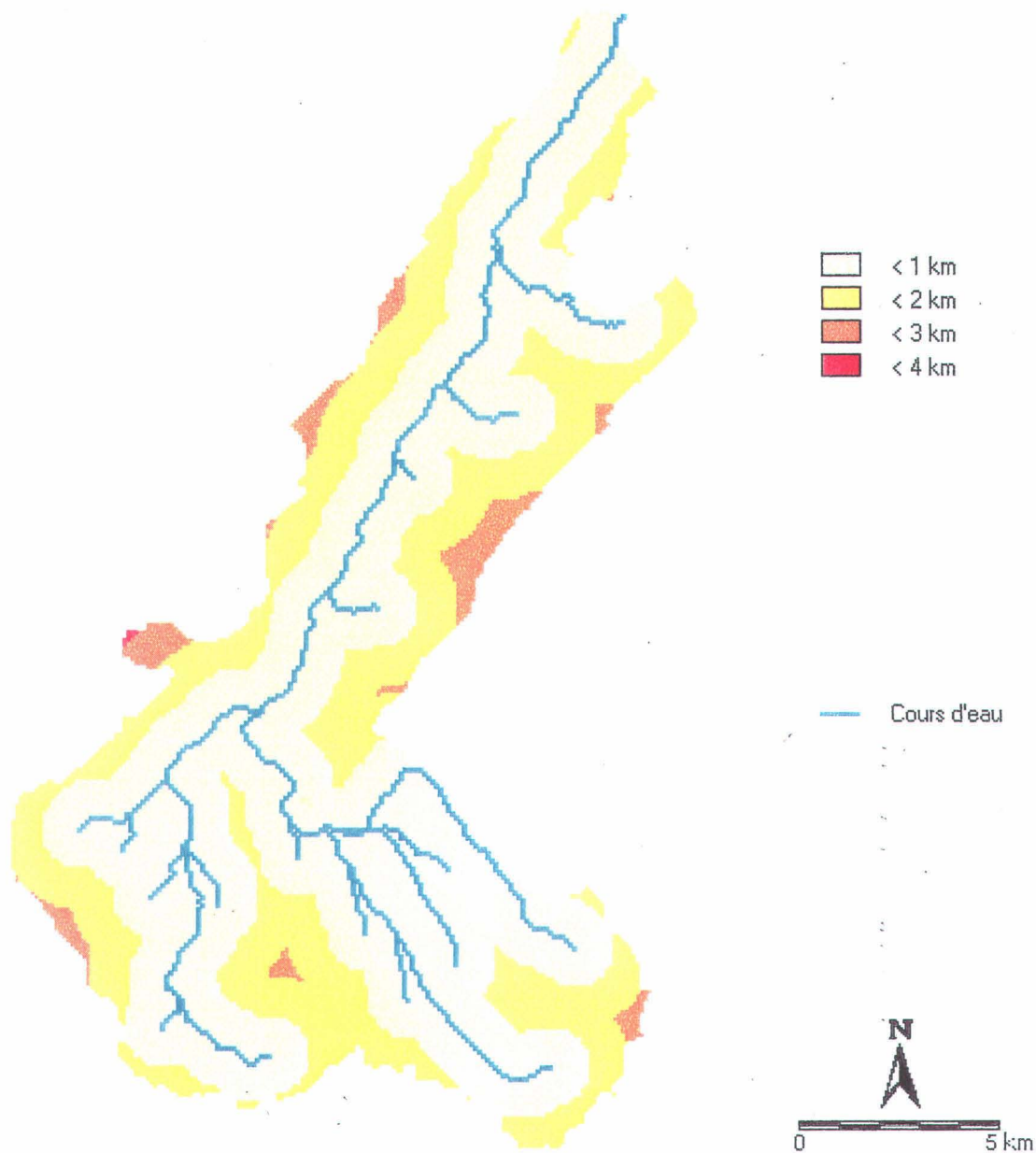




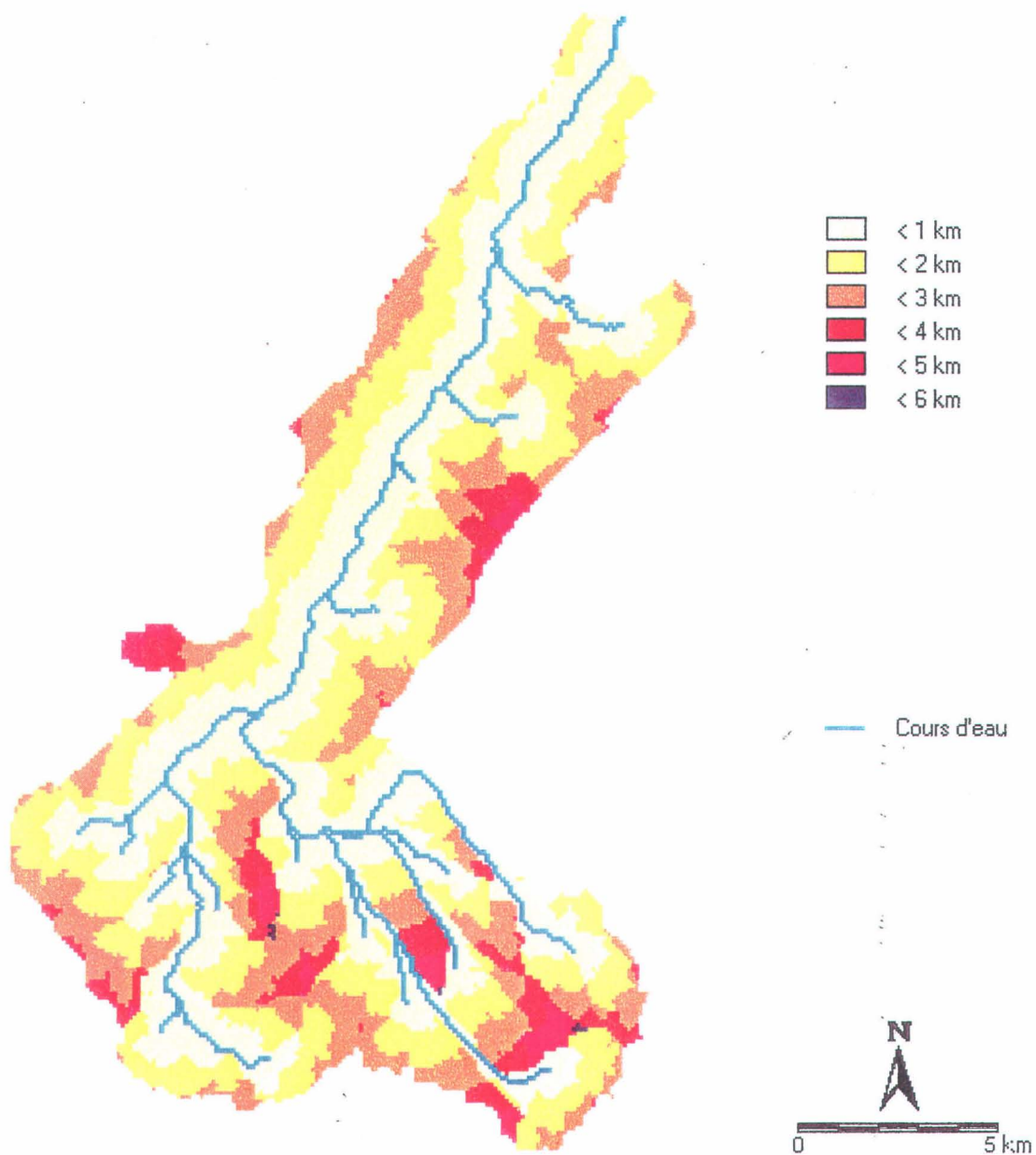
Bassin et réseau générés



Distance euclidienne au cours d'eau



Distance de ruissellement terrestre



Coupling GIS and DEM to classify the Hortonian pathways of non-point sources to the hydrographic network

DANIEL CLUIS

INRS-EAU, University of Québec, Box 7500, Sainte-Foy, Québec G1V 4C7, Canada

LAWRENCE MARTZ

Department of Geography, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan S7N 0W0, Canada

EMMANUELLE QUENTIN

INRS-EAU, University of Québec, Box 7500, Sainte-Foy, Québec G1V 4C7, Canada

CÉCILE RECHATIN

ENGREF, 19 Avenue du Maine, F-75015 Paris, France

Abstract Water flowing over slopes is the dominant mechanism for the delivery of contaminants to streams. Hierarchical drainage algorithms capable of deriving the pathways followed by water are not readily available as spatial algebra primitives in commercial, general-purpose GIS software. The present work uses the DEDNM software system that simulates overland flow by extracting drainage network information from digital elevation models (DEM). Its results can easily be interfaced as information layers in raster format into a GIS such as IDRISI. A new algorithm has been developed for use with DEDNM to compute, for each cell, its terrestrial distance to the first water course. This information can be applied to assess the vulnerability of stream reaches to surface water contamination. An example of the results obtained with DEDNM and the new algorithm interfaced with IDRISI under a Windows environment is provided. It deals with the distance to water course on a small watershed supporting intensive agriculture, including livestock breeding operations and their associated manure disposal problems.

INTRODUCTION

Within the global framework of integrated watershed management, an accurate representation of the transportation of contaminants from their point of application to receiving surface waters is needed. Non-point sources, notably those of agricultural origin are becoming a concern for the long-term quality of the surface water and its continuing use for different purposes. Therefore, a better understanding of the origin, transfer and contribution of contaminants to surface waters is necessary.

Researchers around the world are reporting steadily increasing levels of nitrates in surface and ground waters; they are expressing concern about the accumulation of

phosphorus in the ploughed layer of over-fertilized plots (Breeuwsma & Reijerink, 1992), making it available to surficial erosion and delivery to running waters where it may enhance eutrophication.

When monitored river water quality data are observed to exceed allowable limits, a typical response is to first locate and identify globally problematic subwatersheds, using municipally aggregated census data on the various land uses and their unit contributions. Then, via detailed studies, questionable practices at the farm level are identified to suggest interventions and develop Best Management Practices (BMPs) and promote the reduction of both contaminant inputs in the terrestrial ecosystem and their delivery into the hydrographic network. Such vulnerability studies can usefully exploit GIS information layers such as the slopes, the soil types and the farming practices. They also require accurate information on watershed boundaries and the slope directions (aspects) along with the distances the runoff water and its contents will travel. Distance from the contaminant sources to the first surface water is also an important factor to consider, as this information is closely related to the delivery ratios of the various sources and determine the important riparian buffer zones. This information on distance from a contaminant source to surface water can be automatically extracted from digital elevation models (DEM) with the use of specialized drainage algorithms.

THE HORTONIAN DRAINAGE MODEL

Background

A Hortonian drainage model uses elevation to reproduce synthetically the detailed pattern of overland flow along the path of steepest descent across the land surface. Once the overland flow pattern has been defined, it can be used to automatically derive, through various algorithms, upstream catchment areas, drainage network, subwatershed boundaries, overland flow distances and other hydrologically meaningful variables (Martz & Garbrecht, 1993).

Three general classes of DEM are recognized, and techniques for basic Hortonian drainage analysis have been developed for each. They are (a) the triangular irregular networks (TIN) used by Vieux *et al.* (1988), (b) the contour structure used by Moore & Grayson (1991) and (c) the grid structure used by Fairchild & Leymarie (1991). In this application we choose to work with the square-grid DEM because its spatial structure makes it easy to implement in a computer algorithm and to generate output that can be smoothly interfaced with a raster-based GIS such as IDRISI. The original DEM used in this analysis was obtained by an interpolation from isoelevation lines printed on topographic maps, to define the average elevations of square grids of a given size and orientation. This operation is realized directly within a raster-based GIS.

The DEDNM software system

DEDNM is a drainage analysis software system, written in Fortran 77 and fully described in the literature (Garbrecht & Martz, 1993; Martz & Garbrecht, 1993). It is designed for the automated segmentation and parameterization of drainage basins from

raster DEM of size limited only by the memory limits of the computer. It pre-processes the input DEM to correct data errors and ambiguities which are particularly common in models of low-relief landscapes. Basically, it exploits the D8 drainage technique to derive from the pre-processed DEM the flow direction or aspect encoding at each grid cell (Fig. 1). It employs this aspect encoding to trace flow paths through the landscape to find the upstream catchment area at each grid cell and then defines the drainage network from user-specified threshold catchment area and channel length parameters. The drainage network is subsequently evaluated to determine the subwatersheds (left and right bank, stream head) of each network link, to apply consistent numbering and referencing schemes to the subwatersheds and network links. It also provides informative reports on the topologic structure which allow the implementation of an algorithm for optimized cascade flow routing (Garbrecht, 1988).

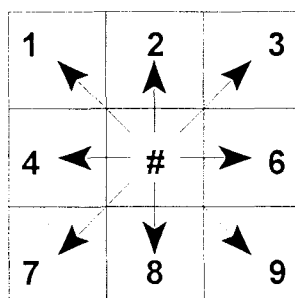


Fig. 1 Aspect encoding of the flow directions using the D8 drainage technique.

The terrestrial transport problem

The quantification of runoff-induced loads originating from various land usages on a watershed is a necessary step in the evaluation of relative responsibilities and the development of optimal interventions aimed at the reduction and control of non-point sources of contamination. This terrestrial transport and delivery problem has recently been called the "missing link" problem (Jolankai, 1992). It can be solved by establishing relationships between different land uses, crops, practices, fertilization rates, soils, slopes and their specific regional loading factors and delivery rates into the first encountered water course. These delivery rates are closely related to the average time of travel which, in turn, is related to the overland travel lengths from each contaminant source to the stream channel.

Advance in this field can be achieved by conjunctive use of a GIS and of specialized algorithms. Due to the diversity of local agricultural, climatological, pedological and hydrological characteristics, most readily available tools such as AGNPS (Young *et al.*, 1987) and ANSWER (Beasley *et al.*, 1980), distributed only as compiled software are very difficult to transpose outside of their development context and, as such, give generally poor results (Kauark-Leite, 1990). Jolankai (1992) qualifies the terrestrial transportation of non-point source pollutants as the "missing link problem" in the evaluation of contributions of all land uses in a watershed to the resulting surface water quality. Using the mass balance approach, he first estimates the net unit areal loadings (kg ha^{-1}) of each land-use type for different runoff depths (cm), then following the

overland flow path of each homogeneous land-use patch, computes the loadings L_d delivered to the river for each meteorological event assuming an exponential decay (first order reaction kinetics of the transported loads) as:

$$L_d = \sum_j \gamma_j A_j \exp(-k_j t_j) \quad \text{with } k_j = (\sum_i k_i t_i)/t_j$$

where

A_j = the homogeneous areas of different types j ;

γ_j = the corresponding areal loadings for the event;

k_j = a coefficient related to the local slopes, soils and local physical factors;

t_j = is a time of travel for the duration of the event.

This is a simple additive model giving no consideration to the state variables (antecedent concentration levels) where, in the context of a raster drainage model, delivery rates are clearly function of the raster distance to the water courses, combined with other local physical factors.

The new DISRIV function

To analyse the contamination from non-point sources of agricultural origin, a new analytical function (DISRIV) has been developed to work with the DEDNM software system and to derive the actual runoff distances to rivers. This information, produced for each cell as a raster attribute, is much more meaningful for hydrological purposes than the one obtained with the GIS spatial algebra function DISTANCE. Where DISTANCE function determines the Euclidian distance from each cell to the nearest cell in the hydrographic network, the DISRIV function uses the aspect codes generated by DEDNM to determine the overland flow travel distance from each cell to the nearest cell in the hydrographic network. The output raster file (DISRIV.OUT) contains, for each cell, the travel distances to the outlet of the watershed. By arithmetical operations with the DEDNM output files, the total distance to the basin outlet, the distance along stream channels and the distance over slopes can be extracted. In addition, the partial overland flow distance through up to four categories of land surface type defined in external raster files can be determined. For example, given a raster file representing land use in a basin, a cell with a total distance to the first stream of 12.3 km, could be evaluated to find that 6.1 km of that travel distance was through pasture, 3.3 km through cereals, and so on. This information provides seamless integration with GIS, permits the direct application of vulnerability models such as the USLE equation and allows the efficiency of vegetative buffer zones to be assessed.

These combined results provide useful information comparable to that obtained by the COST spatial algebra function to assess vulnerable areas. A typical result could be to evaluate the delivery originating from areas supporting row crops both on loamy soils and on slopes exceeding 5% to surface waters.

APPLICATION

Case study: the Boyer River

The Boyer River, a small, south bank tributary of the Saint Lawrence River, is located

45 km southeast of Quebec City. Its watershed covers about 220 km² and contains more than 300 km of water courses. About 163 km² are used for intensive agriculture. This includes 1500 ha of corn, 2600 ha of cereal crops, 10 000 ha of hay and pasture land, 8000 ha of forest and livestock breeding operations with 15 000 cattle, 7500 pigs and over 340 000 poultry (MAPAQ, 1994). Smelt spawning areas at the function of the Boyer and the Saint Lawrence rivers have deteriorated lately and intensive agricultural practices typical of the region have been identified as a possible cause of this degradation (GIRB, 1995). Because of this, the watershed and its land uses are being studied in detail under the Canadian Green Plan (Environment Canada, 1995).

Methodology and results

Isoelevation lines at 10 m intervals were digitized from National Topographic Series (NTS) 1:50 000 topographic maps of the basin and used to interpolate a raster DEM of 315 × 215 cells, each covering 1 ha. The DEM was processed using DEDNM to extract the drainage network for streams up to Strahler order four. A visual representation of this synthetic network and its corresponding subwatershed delineation is presented in Fig. 2. It is compared with the network "blue line" of rivers digitized from the NTS maps. This figure shows that the agreement between the true and the synthetic network

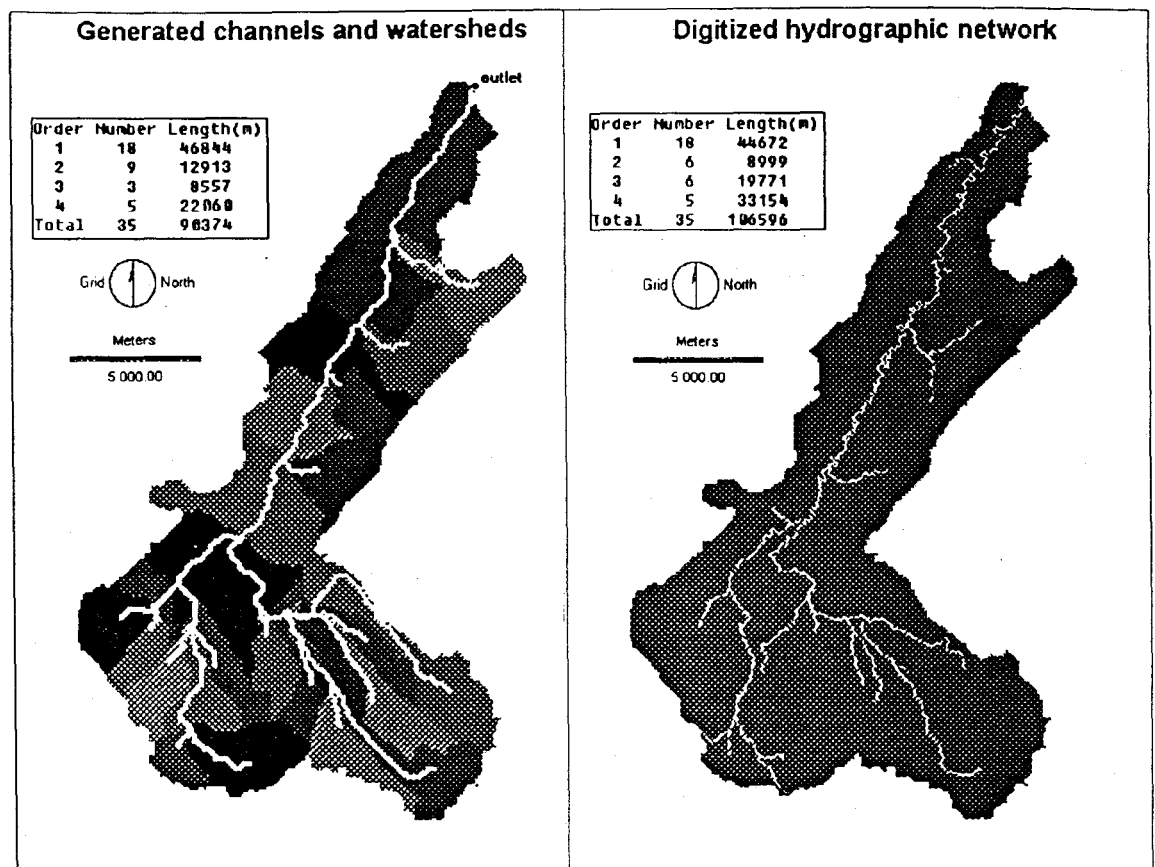


Fig. 2 Comparison of the Boyer river channel network generated by DEDNM and digitized from the "blue line" rivers extracted from the NTS maps (1:50 000).

is good, even if some low order ditches are not precisely located, due to the inaccuracy of the original NTS maps and the derived DEM and to the artificial digging that has occurred on the watershed.

The DISRIV function was applied to the DEDNM output and its results compared with those of the GIS spatial algebra function DISTANCE. The DISTANCE function determines the Euclidian distances from each cell to the nearest cell in the hydrographic network. The DISRIV function, on the other hand, uses the aspect codes generated by DEDNM to determine the overland flow travel distance from each grid cell to the nearest cell in the hydrographic network. The results, presented in Fig. 3, show a major discrepancy between the distance values generated by the DISTANCE and the DISRIV functions. On average, the DISTANCE values are 35% less than those given by DISRIV. For some of the most distant cells, the discrepancy is up to 98%. This discrepancy is very significant for hydrological studies that are generally concerned with overland travel distance of runoff.

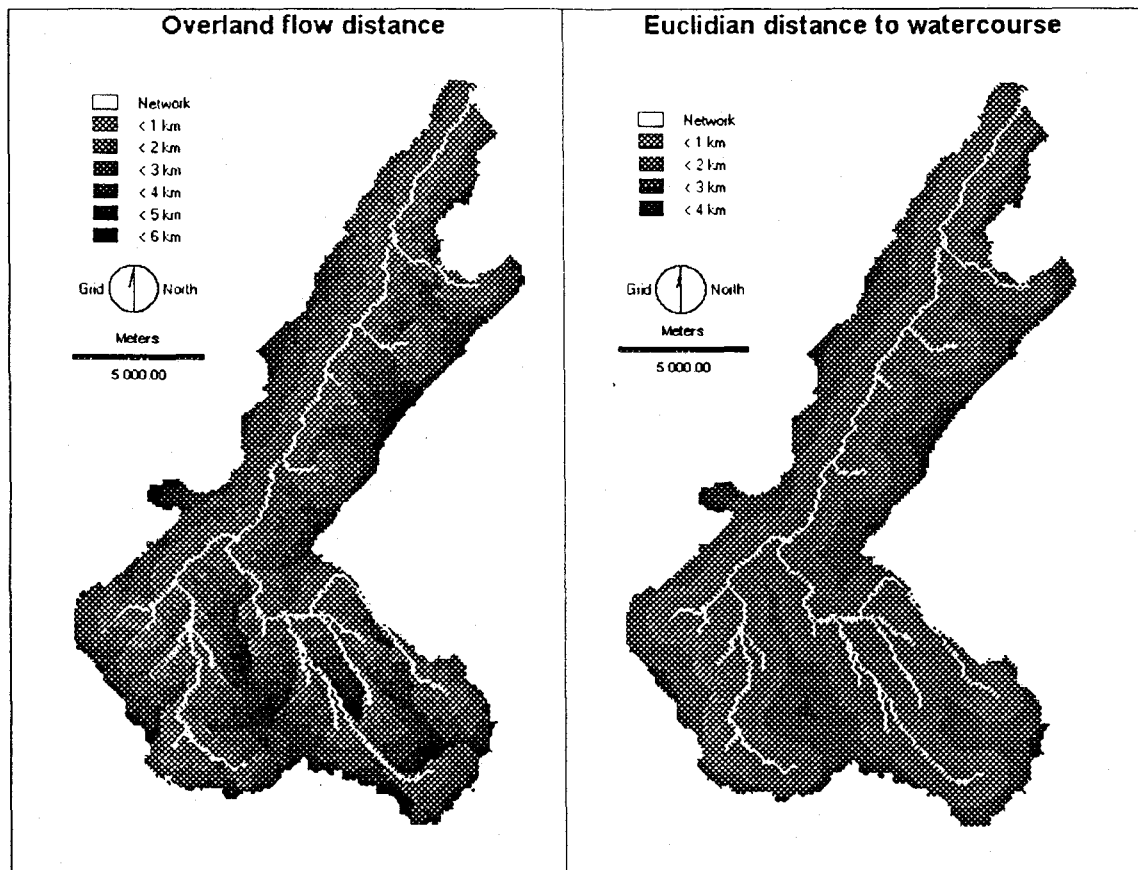


Fig. 3 Comparison of the overland flow distance generated by DISRIV and by the spatial DISTANCE function of the GIS.

Other possible developments

Used with a raster GIS, the drainage information provided by DEDNM and DISRIV can be exploited for numerous applications. In quantitative hydrology, Maidment (1993) has

shown that incremental drainage areas of a watershed can be used to derive a unit hydrograph as water surface velocity is related to land cover and slope. This is obtained by a function of the form $V = a s^b$ (Sircar *et al.*, 1991), where s is the local slope and a and b are coefficients related to land uses and soil types (McCuen, 1982) and determined following the USDA Soil Conservation Service curve number (CN) technique. In qualitative hydrology, Boies *et al.* (1993) have shown that the efficiency of riparian vegetative strips in regulating the delivery ratio to surface waters depends of the width of the buffer and a coefficient related to the local slope, soil type and vegetation.

CONCLUSIONS

DEDNM has been developed as a software system able to derive from a DEM a synthetic raster representation of the surface drainage characteristics (hydrographic network and subwatershed boundaries). As an open software, its basic version aimed at a topographic representation of hill slopes, can be complemented with new specialized algorithms providing information on the surficial transport mechanisms within the watershed, both for water and contaminant transport to the river network, taking full advantage of the information stored in a GIS and of its analytical capabilities. Such coupling of a drainage model and of a GIS is very useful to provide the bases for mass balance models (fertilizer inputs, accumulation and transformation in the till zone, losses to groundwater, exports by the harvests and delivery to the water system) representing the functioning of a small agricultural watershed.

REFERENCES

- Beasley, D. B., Huggins, L. F. & Monke, E. J. (1980) ANSWERS: A model for watershed planning. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs* **23**, 938-944.
- Boies, M., Quentin, E., Cluis, D., Miller, M. & Gangbazo, G. (1993) GIS usefulness to establish distance weighted zones of potential pollution loadings. *Proc. Am. Soc. Agric. Engrs Symp. on the Applications of Advanced Information Technologies: Effective Management of Natural Resources* (Spokane, Washington), 240-299.
- Breeuwisma, A. & Reijerink, J. G. A. (1992) Phosphate-saturated soils: a "new" environmental issue. In: *Chemical Time Bombs* (Proc. European Conf. on Delayed Effects of Chemicals in Soils, Veldhoven, The Netherlands), 20-27.
- Environment Canada (1995) *Bulletin d'Information Saint-Laurent Vision 2000* 5.
- Fairchild, J. & Leymarie, P. (1991) Drainage networks from grid digital elevation models. *Wat. Resour. Res.* **27**, 709-717.
- Garbrecht, J. (1988) Determination of the execution sequence of channel flow for cascade routing in a drainage network. *Hydrosoft* **1**, 129-138.
- Garbrecht, J. & Martz, L. W. (1993) Generation of network and subwatershed parameters from digital elevation models. Part II: Application of DEDNM to low relief landscape. In: *GIS in Forestry, Environmental and Natural Resources Management* (Proc. GIS'93, Vancouver), 345-352.
- GIRB (1995) *La Boyer de Long en Large*. Vol. 1: *Recueil des Connaissances Actuelles* (The Boyer river, up and down. Vol. 1: Actual knowledge). Groupe d'Intervention de la Rivière Boyer, 10 ann., Québec City.
- Jolankai, J. (1992) Hydrological, chemical and biological processes of contaminant transformation and transport in river and lake systems. IHP-4, UNESCO, Paris.
- Kauark-Leite, L. A. (1990) Réflexions sur l'utilité des modèles mathématiques dans la gestion de la pollution diffuse d'origine agricole (On the usefulness of mathematical models in the management of contamination by agricultural non-point sources). Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France.
- MAPAQ (1994) *Fiches d'enregistrement des exploitations agricoles* (Farm registration forms). Min. Agric. Pech. Alim. du Québec.
- Martz, L. W. & Garbrecht, J. (1993) Generation of network and subwatershed parameters from digital elevation models. Part I: Algorithms and system design of DEDNM. In: *GIS in Forestry, Environmental and Natural Resources Management* (Proc. GIS'93 Vancouver), 338-343.

- Maidment, D. R. (1993) Developing a spatially distributed unit hydrograph by using GIS. In: *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources* (ed. by K. Kovar & H. P. Nachtnebel) (Proc. Int. Conf. HydroGIS'93, Vienna, April 1993), 181-192. IAHS Publ. no. 211.
- McCuen, R. H. (1982) *A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods*. Prentice Hall, Englewood-Cliffs, New Jersey.
- Moore, I. D. & Grayson, R. B. (1991) Terrain-based catchment partitioning and runoff prediction using vector elevation data. *Wat. Resour. Res.* **27**, 1177-1191.
- Sircar, J. K., Ragan, R. M., Engman, E. T. & Fink, R. A. (1991) A GIS based geomorphic approach for the digital computation of time-area curves. *Proc. ASCE Symp. on Remote Sensing Applications in Water Resources Engineering*.
- Vieux, B. E., Bralts, V. F. & Segerlind, L. J. (1988) Finite element analysis of hydrologic response areas using geographic information systems. In: *Modeling Agricultural, Forest, and Rangeland Hydrology*, 437-446. Am. Soc. Agric. Engrs Publ., 07-88, St. Joseph, Michigan.
- Young, R. A., Onstad, C. A., Bosch, D. D. & Anderson, W. P. (1987) Agricultural non-point source pollution model. A watershed analysis tool. *Tech. Report no. 35, USDA ARS, Morris, Minnesota, USA*.



Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management

Edited by

K. KOVAR

*Vice President of the IAHS International Commission on Groundwater,
National Institute of Public Health and the Environment (RIVM),
PO Box 1, NL-3720 BA Bilthoven, The Netherlands*

H. P. NACHTNEBEL

*Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven
Wasserbau (IWHW), Universität für Bodenkultur (BOKU),
Nußdorfer Lände 11, A-1190 Vienna*

Proceedings of the HydroGIS'96 conference held in
Vienna, Austria, from 16 to 19 April 1996. This
conference was jointly organized by:

**Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven
Wasserbau, Universität für Bodenkultur, Vienna**

**the International Commission on Groundwater (ICGW) of
the International Association of Hydrological Sciences
(IAHS)**

**the International Committee on Remote Sensing and Data
Transmission (ICRSdT) of IAHS**

**the United Nations Educational, Scientific and Cultural
Organization (UNESCO) – Division of Water Sciences**

The conference was sponsored and supported by: the International Association of
Hydrogeologists (IAH), the International Ground Water Modeling Center
(IGWMC), the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA),
Austria, the American Society of Testing and Materials (ASTM), the American
Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), the Austrian Hydro-
logical Society, the International Association for Hydraulic Research (IAHR).

IAHS Publication No. 235

in the IAHS Series of Proceedings and Reports

**Published by the International Association of
Hydrological Sciences 1996**

IAHS Press, Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire
OX10 8BB, UK.

IAHS Publication No. 235.

ISBN 0-947571-84-1

British Library Cataloguing-in-Publication Data.

A catalogue record for this book is available from the British Library.

IAHS is indebted to the employers of the editors for their invaluable support and services provided that enabled the editors to work effectively and efficiently. Support from the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands, for the first editor – Karel Kovar, who produced the camera ready text for each paper, is particularly appreciated and acknowledged.

The designations employed and the presentation of material throughout the publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of IAHS concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

The use of trade, firm, or corporate names in the publication is for the information and convenience of the reader. Such use does not constitute an official endorsement or approval by IAHS of any product or service to the exclusion of others that may be suitable.

The convenors would like to express their thanks to all who assisted in organizing the conference. They especially would like to thank the members of the Scientific Advisory Committee who were:

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| <i>Dr G. Barroccu</i> (Italy) | <i>Dr A. Frank</i> (Austria) | <i>Dr D. R. MacDevette</i> (South Africa) |
| <i>Dr M. Brilly</i> (Slovenia) | <i>Dr T. Givone</i> (France) | <i>Dr D. R. Maidment</i> (USA) |
| <i>Dr P. A. Burrough</i> (The Netherlands) | <i>Dr R. B. Grayson</i> (Australia) | <i>Dr G. A. Schultz</i> (Germany) |
| <i>Dr M. J. Clark</i> (UK) | <i>Mr A. I. Johnson</i> (USA) | <i>Dr M. Shiiba</i> (Japan) |
| <i>Dr K. Fedra</i> (Austria) | <i>Dr S. Kaden</i> (Germany) | <i>Dr S. P. Simonovic</i> (Canada) |
| | <i>Dr D. P. Loucks</i> (USA) | |

It is highly appreciated that Dr K. Fedra took responsibility for organizing a computer workshop during the conference to provide an opportunity for participants to demonstrate their software applications.

The convenors of the conference would also like to express their thanks for financial support obtained from the following persons, companies and institutions:

UNESCO, Division of Water Sciences
Datamed GmbH, (Vienna, Austria), vendor of ARC/INFO
Austrian Airlines, official carrier for the conference
Mayor and Governor of Vienna
The Austrian Federal Ministry for Agriculture and Forestry

The convenors give special thanks to the members of the Organizing Committee, especially to Mr A. I. Johnson, Honorary President IAHS, to Dr J. Fürst and Dr H. Holzmann, both from the Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau at the Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria.

The editors would like to express their sincere thanks to Dr Terence O'Donnell, Editor IAHS, for editing the English of a number of papers by non-English speaking authors. Finally, the editors wish to acknowledge the conference authors for their patience and cooperation during the editing process.

The papers were checked and reformatted by Sarah Cage (freelance editor, Birmingham, UK) and Penny Kisby (IAHS Press, Wallingford, UK) using files provided by the first Editor; Penny Kisby assembled the final camera-ready pages.



Idrisi for Windows

despite the highly sophisticated nature of these capabilities, the system is as easy to use as it is inexpensive to buy.

Since its introduction in 1987, IDRISI has grown to become the largest raster-based microcomputer GIS and image processing system on the market. It is in active use in over 120 countries worldwide by a wide range of research, government, local planning, resource management and educational institutions. Developed by the Graduate School of Geography at Clark University, IDRISI is supported by a dedicated full-time staff of development, technical support and customer service professionals within the Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis — one of three centers within the George Perkins Marsh Institute at Clark.

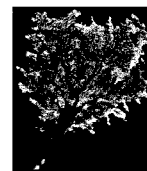
IDRISI for Windows couples the extensive analytical capabilities of the IDRISI GIS and Image Processing System with the highly interactive graphical user interface of Microsoft Windows. When combined with a high-resolution graphics adaptor and high-level processor, the system provides workstation quality functionality and performance. The system provides equal functionality and strong performance on the mainstream of microcomputer systems applied to GIS (typified by SuperVGA graphics, 8 megabytes of RAM and an 80486 DX processor). The software can access all raster graphic displays and printers (color and monochrome) supported by the Windows system. Analytical operations support full multi-tasking. The system also supports multiple map windows with full multi-layer map composition capability. A fully context-sensitive help system is incorporated.

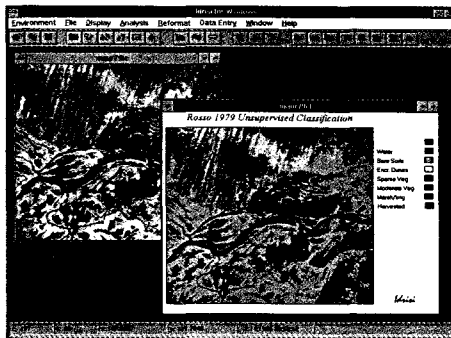
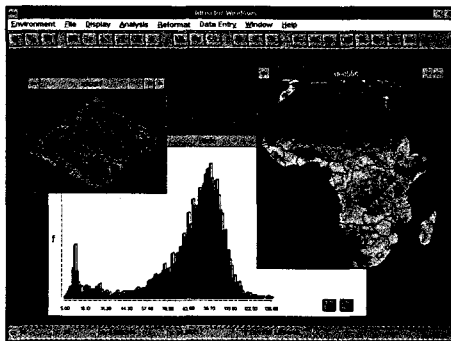
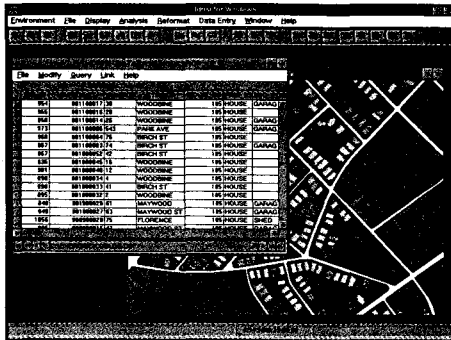
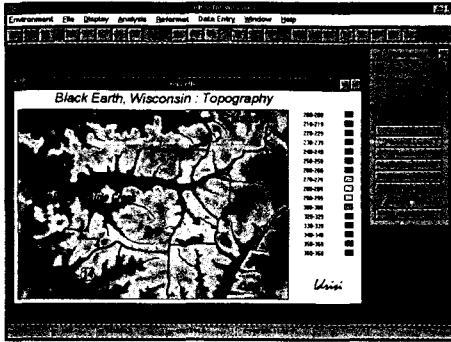
IDRISI is the industry leader in raster analytical functionality covering the full spectrum of GIS and Remote Sensing needs from database query, to spatial modelling, to image enhancement and classification. Special facilities are included for environmental monitoring and natural resource management, including change and time series analysis, multi-criteria and multi-objective decision support, uncertainty analysis (including Bayesian and Fuzzy Set analysis) and simulation modelling (including force modelling and anisotropic friction analysis). Yet,

During its early development, partial support has been provided by the United Nations Environment Programme Global Resource Information Database (UNEP/GRID), the United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), and the United States Agency for International Development (USAID). Close relations are maintained with these and many other international development agencies in the attempt to provide equitable access to environmental analysis tools.

Run on a non-profit basis, the IDRISI Project is dedicated to the development and equitable dissemination of reasonably-priced professional-level geographic research tools. As a result, a variety of licensing options are available (with no annual licensing fee) for both Windows and DOS versions, with special discounts for non-profit, academic and government institutions.

specifications





- Requires Windows 3.1 or a compatible operating system running in 386-Enhanced mode, including Windows 95, Windows for Workgroups 3.11, Windows NT 3.5, OS/2 2.2 or 3.0. Requires an 8-bit (256 color) graphics card or higher with a minimum resolution of 640 x 480 (1024 x 768 or greater recommended). Requires a minimum of 4 MB RAM (8 MB or greater recommended). An 80386 or higher processor is required, with math coprocessor support (DX series chip) strongly recommended (SX chips yield poor performance). Mouse required.
- Extensive GIS, Image Processing, Statistical Analysis, Decision Support and Time Series Analysis capabilities.
- Fully compatible with IDRISI for DOS, but with extended features for cartographic display and database management.
- Incorporates special procedures for Multi-Criteria and Multi-Objective Decision Making, Bayesian Probability Analysis and Fuzzy Set Theory.
- Includes a free copy of TOSCA, an MS-DOS interactive digitizing vector editor. Supports the following digitizers:
 - KURTA: IS/ONE, XLC
 - SUMMAGRAPHICS: Summagrid IV, Summasketch III
 - ALTEK: AC31 Lite Line
 - CALCOMP: Drawing Board II, Drawing Board III, EstiMat
 - GTCO: all T5A format boards
 - Numonics: Grid Master Flexible, Graphic Master II
- TOSCA also includes a user-defined configuration option for unsupported digitizers.
- Accommodates real, integer, byte and run-length encoded data formats simultaneously in both ASCII and binary forms. Images up to 32,000 rows by 32,000 columns supported. Supports database files in Access, dBase, and FoxPro.
- Supports full geodetic quality georeferencing, including reference ellipsoid, datum, projection and false origin specifications.
- Includes rubber-sheet transformation and full support for forward and backward projection using ellipsoidal formulas and geodetic datum adjustment by means of the NADCON and Molodensky transforms.
- Includes over 400 reference system parameter files along with the ability to accommodate any other system based on ellipsoid, projection and datum parameters.
- Full vector-to-raster conversion.
- Import/Export utilities for Arc/Info, ERDAS, MAP, DLG, DEM, TIFF, BMP, DXF, MAP INFO, GRASS, ATLAS GIS, GEOSPOT and many others.
- Includes a flexible interface to desktop publishing and pre-press systems for professional quality output.
- Integrates user-created modules created in any computer language. Sample program shells provided.
- Supports batch and meta-programming.
- Includes software, sample data sets, and a User's Guide with tutorial exercises.

CORE MODULES

Project Management

■
IDRISI
ENVIRON
LIST
DESCRIBE
DOCUMENT

The main IDRISI menu and interface system.
Changes the prevailing IDRISI operating environment.
Lists the names and titles of all image, vector and values files, as well as all ancillary file types.
Describes the contents of any image, vector, values or reference system parameter file.
Creates a documentation file for a new imported data file, or revises the documentation files of an existing data file.

Also supports full file maintenance including copy, rename, and delete. Overwrite protection mode selectable.

Display

■
DISPLAY

PALETTE
Workshop
SYMBOL
Workshop

An extensive image and vector display system with full map composition capability. Supports raster image display with up to 15 additional vector and text layers per window. Each layer may use a different symbol/palette file. Supports placeable annotation elements. Compositions can be saved for later editing. Layers may be interactively hidden or exposed. Layer priority (z-order) is interactively editable.
A full palette editor, including range blend facilities.
An editor for the creation and modification of symbol files. For point symbol files, symbol shape, color and size may be modified. For line symbol files, line type, size and color can be changed. For polygon symbol files, fill type and color may be modified. For text symbol files, font, size, form, angle, and color may be changed.
Produces a 3-D orthographic perspective plot of surface data with optional draping of a second color image.
Allows direct examination of the data values in any portion of an image. Output precision is user-specified.
Produces histograms of image file values. In addition to the graphic output, numeric output includes proportional and cumulative frequencies along with simple statistics.
Produces linear, linear with saturation and histogram equalization contrast stretches in preparation for image display.

ORTHO
VIEW
HISTO

STRETCH

Data Entry

■
TOSCA
POINTRAS
LINERAS
POLYRAS
POLYVEC
INITIAL
UPDATE
EDIT

ASSIGN

EXTRACT

INTERPOL
INTERCON
DATABASE
Workshop

An independent universal digitizing MS-DOS program distributed with IDRISI, for vector digitizing.
Point-to-Raster conversion.
Line-to-Raster conversion.
Polygon-to-Raster conversion.
Raster-to-Polygon conversion.
Initializes a new image with a constant value.
Keyboard entry/update of image data.
A simple ASCII text editor for use with creating a variety of IDRISI data files. With values files, EDIT creates and maintains proper documentation files automatically.
Creates an image from an attribute values file by assigning the data values contained in the attribute values file to the cells belonging to defined regions. ASSIGN can also be used to reclassify integer images.
Creates an attribute values file from an image by extracting a summary of data values found within defined regions. The summary (minimum, maximum, range, total, mean, or standard deviation) may also be output as a table.
Interpolates a surface from point data using either a weighted-distance or potential surface model.
Interpolates a surface from a set of contours by linear interpolation.
Provides full access to dBase, Access and FoxPro database files with full SQL query support, add field, and calculate functionality.

see also

EDIT, UPDATE, RECLASS and COLSPACE.

Data Reformat

■
CONVERT

PROJECT

UTMREF
RESAMPLE

EXPAND
CONTRACT
TRANSPOS
CONCAT
SUBSET
POINTVEC
LINEGEN
RASLNVEC

Converts between all of the image storage formats supported by IDRISI. Files may be converted to any combination of the byte, integer and real (floating point) data types and the ASCII, binary and packed (run-length encoded) file structures.
Undertakes conversions between reference systems for both vector and raster files. With raster images, a resampling is undertaken using either a nearest-neighbor or bilinear interpolation. Supported projections include the Mercator, Transverse Mercator, Lambert Conformal Conic and Plate Carree. By using reference system parameter files, a limitless number of reference system conversions can be undertaken. Full forward and backward transformations are accommodated using ellipsoidal formulas. PROJECT also incorporates the US National Geodetic Survey's NADCON procedure for converting between NAD27 and NAD83 and the Molodensky transform equations for all other datums. Over 200 reference system parameter files are supplied with the module, including all US State Plane (SPC) systems for NAD27 and NAD83 and a complete set of UTM zones based on WGS84 for the northern and southern hemispheres. In addition, users can construct reference system parameter files for any system based on a supported projection.
Facilitates the construction of REF files for the Universal Transverse Mercator system.
Determines the data values for a rectangular grid by interpolation of the values in a different (and possibly warped) grid. Linear, quadratic and cubic mappings between the grids are provided, along with nearest-neighbor and bilinear interpolations. Vector files may also be transformed with this "rubber sheet" procedure.
Increases image resolution by pixel duplication.
Reduces image resolution by pixel thinning or aggregation.
Image transposition by row or column reversal, or by rotation.
Concatenates multiple images to produce a larger image.
Windows sub-images from groups of images.
Converts an IDRISI raster image to an IDRISI vector point file.
Generalizes vector lines by point selection, low-pass filtering or tolerance band selection.
Produces plottable vector output from images.

IMAGE PROCESSING

| | |
|----------|---|
| MAKESIG | Creates signatures from training sites delineated using DISPLAY. |
| EDITSIG | Edits signatures created with MAKESIG. |
| SIGCOMP | A signature comparison utility. |
| PIPED | A Parallelepiped classifier. |
| MINDIST | A Minimum Distance to Means classifier. |
| MAXLIKE | A Maximum Likelihood classifier. |
| COMPOSIT | Produces color composite images. |
| CLUSTER | Performs unsupervised classification. |
| LANDSAT | Facilitates the downloading of LANDSAT CCT-X data. |
| RADIANCE | Converts raw values to calibrated radiances for LANDSAT images. |
| FILTER | Convolve (strictly correlates) an image with a digital filter. Mean, median, mode, edge-enhancement, low-pass, high-pass and user-defined filters are accommodated. |
| DESTRIBE | Removes band striping due to variable detector output. |
| COLSPACE | Performs HLS/RGB color space transformations. |
| PCA | Principal Components Analysis (standardized and unstandardized). |
| THERMAL | Converts LANDSAT TM Band 6 raw data to blackbody temperatures. |
| NDVICOMP | Composites images (eg. NDVI) using either a maximum value procedure or a quadratic mean. |

see also RESAMPLE, STRETCH, LISTSIG and ERRMAT.

GEOGRAPHIC ANALYSIS

| | |
|------------|---|
| ■ | Database Query |
| RECLASS | Reclassifies pixels by equal intervals or user-defined schemes. RECLASS is commonly used as a database query routine by reclassifying images into Boolean maps of areas meeting the specified conditions. |
| OVERLAY | Undertakes pixel-wise addition, subtraction, multiplication, division and exponentiation of paired images. Maximum, minimum, "normalized ratio" and "cover" are also supported. On binary images, logical AND and OR operations are supported by means of the multiply and maximum operation. Other boolean operations are supported through various binary image overlay combinations. |
| QUERY AREA | Extracts pixels designated by an independent mask into a sequential file for subsequent statistical analysis. |
| PERIM | Creates a new image by giving each output pixel the value of the area of the class to which the input pixel belonged. Output can also be produced as a table or an attribute values file in a range of measurement units. |

see also ASSIGN (as an optional reclassification routine), EXTRACT, HISTO and CROSTAB.

| | |
|-----------------|--|
| ■ | Map Algebra |
| SCALAR TRANSFOR | Adds, subtracts, multiplies, divides and exponentiates pixels by a constant value. Transforms the attributes of images such as log transformation, using any of 14 operations. |

see also OVERLAY.

| | |
|----------|--|
| ■ | Distance Operators |
| DISTANCE | Calculates the distance/proximity of each pixel to the nearest of a set of target pixels. |
| COST | Generates a distance/proximity surface where distance is measured as the least cost distance in moving over a friction surface. |
| VARCOST | Computes an anisotropic cost surface. This module is the equivalent of COST (specifically the COSTPUSH algorithm) except that it recognizes that frictions may have different strengths in different directions. Frictions are entered as force vectors described by a pair of images — a magnitude image and a direction image. VARCOST also allows the specification of an isotropic friction image for omni-directional elements. |
| DISPERSE | A companion module to VARCOST that calculates the dispersion of materials under the influence of anisotropic forces and frictions. |
| RESULTAN | Computes the resultant force vector (as a magnitude and direction image pair) from two input force vector image pairs. |
| DECOMP | Decomposes a force vector (as a magnitude and direction image pair) into X and Y component images. Also takes X and Y component images and produces a force vector image pair. |
| SPDIST | A companion to the DISTANCE module, SPDIST calculates spherical distances on the surface of the earth from designated features using spherical trigonometry. |
| PATHWAY | Finds the shortest path between one or more specified points and a destination specified as the lowest point on a cost surface. |
| ALLOCATE | Performs spatial allocation using either DISTANCE or COST surfaces. |
| THIESEN | Produces Thiessen polygons (a Voronoi Tessellation) about a set of irregularly distributed points. |

| | |
|---------|--|
| ■ | Context Operators |
| SURFACE | Produces slope gradient and aspect images from a surface. Can also be used to create analytical hillshading. |
| GROUP | Classifies pixels according to contiguous groups. |

STATISTICAL ANALYSIS

| | |
|----------|--|
| AUTOCORR | Computes Moran's "I" first lag autocorrelation statistic for an image, along with confidence tests. Non-rectangular regions can be analyzed by defining a binary mask. |
| CENTER | Computes mean center (weighted or not) of a point distribution and standard radius (the two-dimensional equivalent of a standard deviation). |
| CRATIO | Computes the compactness ratio of polygons given corresponding area and perimeter images. |
| QUADRAT | Computes the density, variance and variance-mean ratio of quadrat cell counts. |
| TREND | Calculates the best fit linear, quadratic or cubic trend surface to a set of irregular cell control points by least-squares procedures. Produces new images of the trend surfaces in addition to surface statistics. |
| CROSTAB | Performs image crosstabulation and crosscorrelation. |
| PROFILE | Creates profiles over space or over time. |
| REGRESS | Performs regression analysis on images or attribute values files. |
| SAMPLE | Creates systematic, random and stratified random point sampling schemes. |
| PATTERN | Evaluates pattern measures of relative richness, diversity, dominance index, fragmentation index, NDC, CVN and BCM. |

see also HISTO and EXTRACT.

DECISION SUPPORT

| | |
|----------|--|
| BAYES | Evaluates Bayes' Theorem. Multiple evidence maps (such as that produced by PCLASS) are permitted so long as they are conditionally independent. Prior probabilities may be input in map form (and thus, like the evidence maps, may vary continuously over space). This is an extension to what is sometimes called a Bayesian Weight of Evidence Approach. The user can also specify the confidence in the decision rule, i.e., the belief that the evidence supportive of the hypothesis is truly reflected in the evidence at hand — $p(e e)$. |
| PCLASS | Evaluates the probability with which data cells exceed or are exceeded by a specified threshold based on the stated RMS error for the input map. In Bayesian terms, this procedure evaluates the probability of the evidence given an hypothesis in the form of a threshold — $p(e h)$. |
| FUZZY | Evaluates the fuzzy set membership values (possibilities) of data cells based on any of three membership functions: sigmoidal, j-shaped and linear. Monotonically increasing, monotonically decreasing, symmetric and asymmetric variants are supported. Other Fuzzy Set operations such as CON (concentration), DIL (dilution), AND and OR are covered by the standard modules TRANSFOR and OVERLAY. |
| RANDOM | Creates random images according to rectilinear, normal or log-normal models. This module is particularly important in the development of Monte Carlo simulations of error propagation. |
| ERRMAT | Produces an error matrix analysis of categorical map data compared to ground truth information. Tabulates errors of omission and commission, marginal and total errors and selected confidence intervals. Per-category Kappa Index of Agreement figures are also provided. This module is a substantial revision and replacement for CONFUSE. |
| WEIGHT | Computes a best-fit set of weights by calculation of the principal eigenvector of a pairwise reciprocal comparison matrix in which each factor in a multi-criteria evaluation is compared to every other factor. Information on consensus and procedures for resolving lack of consensus are provided. |
| MCE | Computes a Multi-Criteria Evaluation by means of a weighted linear combination of factors, subsequently masked by a set of constraints. Factor uncertainties are propagated to the result to compute the uncertainty in the suitability derived. |
| RANK | Rank orders the cells in a raster image. Ties may optionally be resolved by using the rank order of a second image. Both primary and secondary ranks may be in ascending or descending order. The procedure is used extensively in optimization problems such as with RECLASS for single objective decisions and MOLA for multi-objective decisions. |
| MDCHOICE | Resolves conflicts between competing objectives by means of a multiple ideal-point procedure. Axes in the multi-dimensional decision space can be differentially weighted and minimum suitability set for each. Input maps should be standardized either with STANDARD or by means of the histogram equalization procedure in STRETCH. |
| STANDARD | Converts an image to standard scores. |
| MOLA | An iterative Multi-Objective Land Allocation routine. Input maps are ranked suitability maps such as would be produced by Multi-Criteria Evaluation (MCE). The procedure uses a decision heuristic to resolve conflicts and is suitable for use with massive data sets. |
| see also | SAMPLE. |

TIME SERIES/CHANGE ANALYSIS

| | |
|-----------------|--|
| TSA | A spatial time series analysis procedure based on Standardized Principal Components. Up to 84 input images can be analyzed as a group with the production of an equal number of resulting components. Loadings graphs are output either as IDRISI profiles or as DIF-format data files that can be read by virtually all spreadsheet software systems. |
| DISPLAY PROFILE | Incorporates the ability to sequence through a series of image files with a user-specified time delay between images. |
| CROSSTAB | Includes the ability to create temporal profiles of up to 15 sites simultaneously from a time series group. |
| REGRESS | Includes information on the overall and per-category Kappa Index of Agreement to facilitate change analysis with categorical data. |
| OVERLAY | Incorporates the ability to regress images to allow for the adjustment of gain and offset between images in change analysis. |
| | Provides the ability for simple change analysis through differencing and ratioing. Special procedures are incorporated for division by zero problems. |

PERIPHERAL MODULES

File Exploration/Conversion

| | |
|----------|---|
| DUMP | Displays byte-level contents of any file. |
| PARE | Converts generic files with headers to IDRISI format. |
| BILIDRIS | Converts generic band-interleaved-by-line image files to IDRISI format. |
| BIPIDRIS | Converts generic band-interleaved-by-pixel images to IDRISI format. |
| VAR2FIX | Converts variable length ASCII files to fixed length. |
| CRLF | Adds or removes carriage return and line feed symbols. |
| FLIP | Reverses the byte order of 2-byte integer files. |
| XYZIDRIS | Converts space-delimited ASCII xyz data to IDRISI point file format. |

see also SSTIDRIS and CONVERT.

Import/Export

| | |
|----------|--|
| ARCIDRIS | Converts files to and from Arc/Info GENERATE/UNGEN format. |
| ERDIDRIS | Converts files to and from ERDAS ".lan" and ".gis" format. |
| TIFIDRIS | Reads and writes uncompressed TIFF format files. |
| DLG | Scans and extracts features from USGS DLG (Digital Line Graph) files into IDRISI vector format. |
| DEMIDRIS | Reads USGS 1:24,000 and 1:250,000 Digital Elevation Models. |
| CTG | Imports USGS Composite Theme Grid (CTG) land use/land cover data. |
| MAPIDRIS | Converts to and from Map Analysis Package files (both mainframe and micro versions). |
| OSUIDRIS | Converts to and from OSU-Map files. |
| ODYIDRIS | Converts ODYSSEY vector files to IDRISI vector format. |
| SSTIDRIS | Converts raster images entered with a spreadsheet to IDRISI. Can be used to read any ASCII image format with CR/LF characters at the end of each row. |
| NEWMOD | A program shell to aid in the creation of new modules. Two versions are supplied: one in PASCAL and the other in BASIC. |
| PALIDRIS | Converts palette files between IDRISI/ERDAS/ILWIS and IAX. |
| GRASSIDR | Converts raster files between GRASS and IDRISI. |
| BBKIDRIS | Converts National Geodetic Survey Blue Book format to IDRISI. |
| ATLIDRIS | Converts ATLAS BNA files to IDRISI. |
| DXFIDRIS | Reads DXF format vector files. |
| OUTPOST | Creates PostScript output from IDRISI vector files for export to desktop publishing software. Allows for the creation of PostScript groups based on a sorting of identifiers or of values in an attribute values file. |
| GSPIDRIS | Extracts band interleaved imagery from a SPOT GEOSPOT volume data series. This module also flags the existence of other data in the GEOSPOT volume which can be imported using another IDRISI module. |
| SRFIDRIS | Converts SURFER GRD data (ASCII format) to IDRISI image format. Also converts IDRISI vector point data to SURFER DAT format. |

ORDER FORM

PRICE (Subject to change. Current prices effective March 1995.)

Software (disk size=3-1/2" 1.44M) **IDRISI for Windows (1.0)**

| | |
|--|------------------|
| Commercial/Private | \$ 990 (c) |
| Academic/Non-Profit/Govt. (send copy of letterhead) | \$ 495 (c) |
| Full-time Student (send copy of paid tuition bill or official registration for present semester) | \$ 247.50 (c) |
| Student Tutorial Version (fully functional, but limited to restricted image sizes—intended for instructional use) | \$ 125 (c) |
| Site License | call for details |

IDRISI T-Shirt
Sizes L or XL \$16

Workbooks

| | |
|--|-------|
| Student Workbook (a) (subset of IDRISI manual — primarily for site license users) | \$ 40 |
| UNITAR Explorations in Geographic Information Systems Technology Workbooks: | |
| <i>GIS and Decision Making</i> (b) | \$ 75 |
| <i>Applications in Coastal Zone Research and Management</i> (b) | \$ 75 |
| <i>Change and Time Series Analysis</i> (b) 2nd edition | \$ 75 |
| <i>Applications in Forestry</i> (b) | \$ 75 |

Technical Support

| | |
|--------------------------------|--------|
| Basic | \$ 75 |
| International Extended Service | \$ 115 |

(Note: 60 days free service provided with original purchase. Site license support available—call for details.)

Inquiry Code:

SHIPPING AND HANDLING† (Per each item. Letter (a-d) after item references shipping code.)

United Parcel Service
(allow 2 weeks)

Air Mail
(allow 4-8 weeks)

United Parcel Service-International Express (allow 2 weeks)

| Shipping Code | a | b | c | d | | a | b | c | d | | b | c | d |
|---------------|-----|------|------|------|---------------------------|------|------|------|------|------------------|------------------|------|------|
| USA | \$7 | \$10 | \$11 | \$12 | Canada | \$ 6 | \$10 | \$16 | \$17 | Mexico | \$40 | \$52 | \$58 |
| | | | | | Mexico | 7 | 16 | 25 | 28 | Caribbean Region | 38 | 52 | 55 |
| | | | | | Europe (except France) | 10 | 24 | 42 | 45 | Asia | 55 | 65 | 73 |
| | | | | | France | 16 | 32 | 58 | 63 | Europe | 46 | 58 | 66 |
| | | | | | Central America | 9 | 18 | 28 | 30 | Central America | 50 | 74 | 79 |
| | | | | | South America | 10 | 32 | 58 | 63 | South America | 50 | 74 | 79 |
| | | | | | Africa | 12 | 32 | 52 | 58 | Australia | 55 | 65 | 73 |
| | | | | | Australia | 14 | 32 | 52 | 58 | Africa | 74 | 100 | 107 |
| | | | | | Asia | 16 | 32 | 58 | 63 | Canada | call for details | | |

† Shipping time includes one week for order processing. Please note that all users have the option of express or overnight shipping service. Call for rates.

YOUR ADDRESS

| | |
|-------------|-------------------|
| Name | |
| Institution | Department |
| Address | |
| City | State/Province |
| Country | Postal Code (Zip) |
| Telephone | BITNET/INTERNET |

ORDER

| Quantity | Item | Price | Shipping per item | Total |
|---|------|-------|-------------------|-------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| subtotal | | | | |
| Massachusetts residents only: 5% sales tax* | | | | |
| TOTAL | | | | |

*If tax exempt, please supply tax exempt number.

PAYMENT**

Enclosed (check or money order payable to Clark University)

Bill me by purchase order (copy must be attached)
Purchase order number _____

Bill my VISA/Mastercard/Discover
Number _____
Expiration Date _____
Signature _____

**Prepayment required. All checks must be drawn on a United States bank in United States funds. Returns not accepted.

MAIL OR FAX THIS FORM TO :

The IDRISI Project • The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis • Clark University
950 Main St. • Worcester • Massachusetts • 01610-1477 • USA
Telephone: +1(508) 793-7526 • FAX: +1(508) 793-8842 • BITNET: IDRISI@CLARKU • INTERNET: IDRISI@VAX.CLARKU.EDU