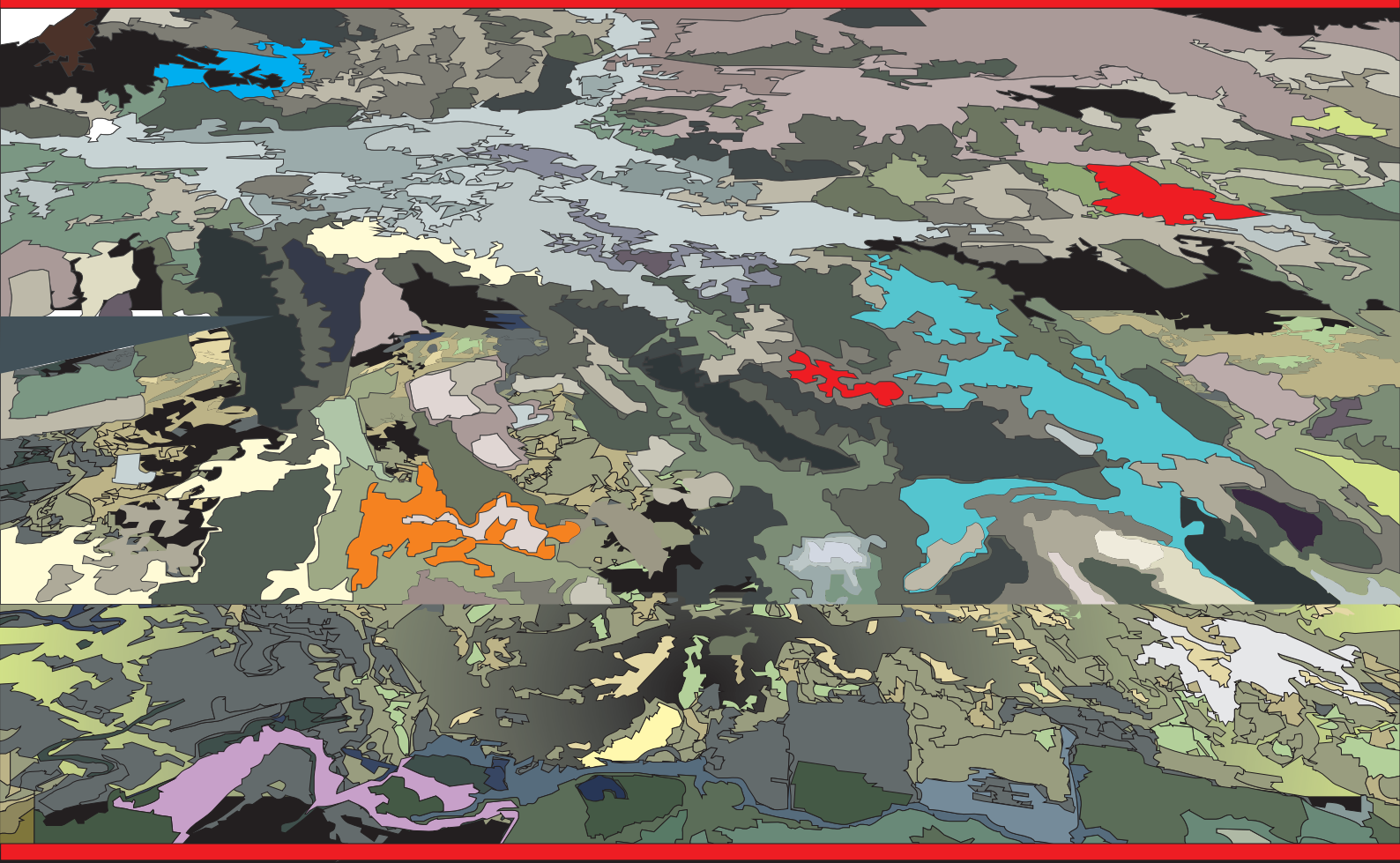
ENTRE GÉOSYSTÈME ET PAYSAGES. UNE APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE : LA PLAINE DE LA MOLDAVIE.

Aurelian - Nicolae ROMAN



Stef

Iaşi
2006

Aurelian-Nicolae Roman

ENTRE GEOSYSTEME ET PAYSAGES: UNE APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE. LA PLAINE DE LA MOLDAVIE

Stef Academic, Iaşi, 2006

ISBN: 973-8961-46-7
978-973-8961-46-0

Editura şi tipografia STEF
Editură recunoscută de către CNCSIS
700705, IAŞI, Bd. Carol I nr. 8, parter
Tel./fax. 0232-216829; 0745-236413; 0788-897267
E-mail: editura@stef.ro
http://www.editurastef.ro

UNIVERSITE PARIS IV – SORBONNE

École doctorale de Géographie de Paris : Espace, sociétés, aménagement



|__|__|__|__|__|__|__|__|__|__|

(N° d'enregistrement attribué par la bibliothèque)

T H E S E

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS IV - SORBONNE

Discipline : Géographie et aménagement

présentée et soutenue publiquement

par

Aurelian – Nicolae ROMAN

le 24 novembre 2003

Titre :

ENTRE GEOSYSTEME ET PAYSAGES - UNE APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE LA PLAINE DE LA MOLDAVIE

Directeur de thèse :

Madame le Professeur Micheline HOTYAT

JURY :

M. Jean-Paul AMAT, Président du jury, Professeur, Université Paris IV

Mme. Micheline HOTYAT, Directeur de thèse, Professeur, Université Paris IV

M. Jacques HUBSCHMAN, Rapporteur, Professeur, Université de Toulouse Le Mirail

M. Alexandru UNGUREANU, Rapporteur, Professeur de l' Université « Al.I.Cuza » Iaşi et membre correspondant de l'Académie Roumaine

M. Constantin RUSU, Examinateur, Professeur, Doyen de la Faculté de Géographie et Géologie de l'Université « Al.I.Cuza » Iaşi

Pour vous tous

REMERCIEMENTS

Nous sommes heureux de pouvoir remercier les personnes, et à travers elles les organismes et les institutions qu'elles représentent, qui nous ont aidé à commencer, à mener et à finir cette thèse. En même temps c'est une tâche difficile de remercier car trop souvent les mots nous manquent.

Nous remercions Monsieur Jean-Paul AMAT, Professeur à l'Université Paris IV – Sorbonne (France), président du jury, pour le temps consacré à l'écoute d'une première présentation de nos recherches à Iaşi et, ensuite, d'avoir bien voulu analyser de très près cet ouvrage. Nous le remerçions aussi d'avoir accepté la présidence du jury. Nous savons que nous n'avons pas pu réussir à intégrer dans cette dernière version de la thèse toutes ces remarques, mais nous en avons tenu compte autant que faire ce peut. Nous tenterons de le faire dans la version qui sera – nous l'espérons – publiée.

Nous remercions Monsieur Jacques HUBSCHMAN, Professeur à l' Université de Toulouse Le Mirail (France), rapporteur, d'avoir accepté la charge difficile d'analyser un ouvrage, dont il n'a jamais connu ou rencontré l'auteur, avant de reçevoir l'exemplaire de cette thèse. Pour ses efforts et le temps passé devant cet ouvrage, ainsi que pour ses critiques, ses suggestions et ses appréciations, nous le remerçions.

Je rencontrais, pour la première fois en 1986, Monsieur Alexandru UNGUREANU, Professeur de l' Université « Al.I.Cuza » Iaşi (Roumanie) et membre correspondant de l'Académie Roumaine. Maître, depuis que j'ai commencé mes études au Département de Géographie, aujourd'hui rapporteur de cette thèse, collègue et ami toujours prêt à m'aider, Monsieur Alexandru UNGUREANU a beaucoup contribué à l'achèvement de cette recherche. Nous le remerçions.

Patron, collègue et ami, soit à tour de rôle, soit en même temps, à la faculté ou sur le terrain, Monsieur Constantin RUSU, Professeur et Doyen de la Faculté de Géographie et Géologie de l'Université « Al.I.Cuza » Iaşi (Roumanie), nous a poussé et nous a appuyé de longues années pour finir cette thèse. Pour ses efforts, en tant qu'examinateur de cet ouvrage, et sa contribution à l'achèvement de notre recherche, nous le remerçions.

Débordant d'énergie, en perpétuel mouvement et point central partout où il est présent, Monsieur Stanislas WICHEREK en tant que Directeur du Laboratoire de Biogéographie et d'Ecologie Spatiale du CNRS, mais aussi en tant qu'ami, nous a accueilli à St.Cloud et à Fontainebleau dans le sein de ses équipes de recherches. Les stages de formation doctorale déroulées en France, dans le laboratoire dirigé par Monsieur Stanislas WICHEREK, ont été essentiels dans le développement de notre thèse. Ce sont autant de raisons pour le remercier aujourd'hui.

Auteur d'un livre qui nous a beaucoup aidé à comprendre la problématique et les méthodes employées dans l'analyse des paysages et des géosystèmes, personne qui nous a énormément aidé à travers ses critiques, ses remarques et son amitié montrés tout au long de notre recherche, Monsieur le Professeur Gabriel ROUGERIE est prié d'accepter nos remerciements.

Nous voulons remercier Monsieur le Professeur Ion HÂRJOABĂ de la Faculté de Géographie et Géologie de l'Université « Al.I.Cuza » Iaşi (Roumanie), ancien secrétaire d'état à l'Education Nationale en Roumanie, pour l'encadrement scientifique et l'aide offerte durant les premières années du doctorat, déroulées sous sa direction. Nous vous remercions.

Il est dificile de trouver autant de ténacité, de volonté, de compréhension, de promptitude, de rigueur scientifique et de chaleur humaine, à côté d'une extraordinaire ouverture de l'esprit, chez une seule personne. Il s'agit de notre Directeur de thèse, Madame Micheline HOTYAT, Professeur à l'Université Paris IV – Sorbonne (France), à laquelle je dois beucoup trop pour que je puisse trouver les mots de remerciement… Merci, Madame !

Le temps passe et emporte avec lui aussi des personnes que nous aurions aimé avoir à côté de nous aujourd'hui. Pour nos anciens collègues Gheorghe Lupaşcu, Ion Bojoi et Marcel Vârlan et pour notre ancien maître Vasile Băcăuanu, tous membres de la Faculté de Géographie et de Géologie de l'Université « Al.I.Cuza » - Iaşi (Roumanie) ; pour mon grand père, Nicolae, et mon père, Nicolae-Traian ; pour tous ceux qui ne sont plus parmis nous, je garde un bon souvenir des moments passés ensemble et une pieuse pensée.

Ils ont été à côté de moi depuis toujours et ils le resteront : je remercie vivement les membres de ma famille de Roumanie, les Roman, ma fille Diana-Alexandra et ma famille de France, les Hotyat, pour tout ce qu'il ont fait pour moi.

Je pense aussi à tous mes amis français, à tous mes amis roumains, à tous mes amis éparpillés dans le monde. A tous ceux qui, un jour ou un autre,…

Paul Arnould, Alexandra Agéliaume, Jérôme Baussart, Marie-Odile Boissier, Gilbert Chêne, Adrien Cocuelle, Antoine Da Lage, Jean Paul Gilg, Vincent Godard, Hélène Geroyannis, Fabrice Grégoire, Bertrand "Julaf" Julien-Laferrière, Michèle Mekharchi, Bertrand Sajaloli, Laurent Simon, Anne Teissier-Ensminger, Isabelle Biraud-Burot, Eric Delahaye, André Sanguin, Gonzalo Guzman-Matas, Frédéric Liège, Brice Mallet et sa famille, Pascal Marty, Eric Meyer, Anne-Laure Thomas, Geneviève Biron, Mme. Arthur, Jean-Paul Tafani et sa famille, Jean-Jacques Perraud et sa famille, Amoun Amin Djaba, Florence Bonnaud, Sylvaine Poluet, Matthieu Baty et sa famille, Vincent Simon et sa famille ; Irina Ungureanu, Eugen Rusu, Valentin Donisă, Carmen Donisă, Ioan Donisă, Vasile Băican, Daniel Condorachi, Traian Badea et sa famille, Octavian Groza, Ionel Muntele, Ciprian Mărgărint, Adrian Ursu, Bogdan Roşca, Viorel Căpăţână, Cristian Secu, Nicoleta Silion, Mihai Apetrei, Camelia

Săcăluş et sa famille, Cătălin Tănase, Nicolae Ştefan, Simona Niculescu ; Laurent Bock, Erik Bomans, Jean Chapelle, Jolee Dekers et aux autres participants à l'Excursion pédologique organisée en Roumanie par le Service Pédologique de Belgique (mai 2003) et combien d'autres encore.

Merci à vous tous et à tous les autres !

Merci Paris, St.Cloud, St.Maur des Fossées, Fontainebleau, Iaşi, merci la France…

S O M M A I RE

PREMIERE PARTIE : PROBLEMATIQUE, BILAN, CONCEPTS

1 AU DEPART 13

1.1 Le cadre des recherches 13

1.2 Objectifs et méthode de la recherche développée dans ce travail 14

1.3 Structure de l'ouvrage 20

1.4 Survol du territoire étudié 26

2 PAYSAGE, GEOSYSTEME ET ENCORE : LA VALSE DES MOTS, LA VALSE DES DEFINITIONS 33

2.1 Introduction 33

2.2 Paysage et géosystème à travers quelques dictionnaires 35

2.3 Paysage et géosystème dans le monde scientifique 37

2.4 Analyse critique des définitions du paysage 58

2.5 Zones d'ombre dans l'analyse du géosystème : pourquoi continuer les recherches 66

2.6 Conclusion 70

3 UNE NOUVELLE BASE CONCEPTUELLE POUR ETUDIER LE GEOSYSTEME 71

3.1 Les prémices du développement conceptuel 71

3.2 Les nouveaux développements conceptuels 77

3.3 Conclusions 88

CONCLUSIONS DE LA PREMIERE PARTIE 89

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE, METHODES, OUVERTURES

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE 91

4 ETAT, DYNAMIQUE ET RYTHME DANS LE GEOSYSTEME 92

4.1 Introduction 92

4.2 Approche de l'état du géosystème 94

4.3 Quelques indicateurs et outils employés dans la géographie physique 96

4.4 Nouveaux indicateurs pour l'étude du géosystème 106

4.5 Dynamique et rythme : les concepts 118

4.6 La dynamique des composantes naturelles du géosystème 121

4.7 Le rythme de la dynamique des composantes naturelles du géosystème 132

4.8 Les images du terrain et l'approche complexe des composantes du géosystème 138

4.9 Géocinétique et géocybernétique : espace qui bouge, messages qui changent 143

4.10 Analyse multidimensionnelle des rapports interzonaux (rapports hiérarchiques spatiaux) 152

4.11 En guise de conclusions 154

CONCLUSIONS DE LA DEUXIEME PARTIE 155

TROISIEME PARTIE : LA PLAINE DE LA MOLDAVIE - UN BANC D'ESSAI

INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE 157

5 LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE 159

5.1 Introduction 159

5.2 Genèse d'une plaine 160

5.3 Points de vue au sujet de l'évolution du relief 169

5.4 Caractéristiques actuelles du relief 178

5.5 Conclusions et critiques 209

6 LE CLIMAT 211

6.1 Introduction 211

6.2 Le climat - historique des recherches 214

6.3 Les facteurs génétiques du climat 215

6.4 Températures et précipitations moyennes multiannuelles 217

6.5 Conclusions et critiques 257

7 L'HYDROGRAPHIE 260

7.1 Introduction 260

7.2 Les ressources hydriques - historique des recherches 260

7.3 Les eaux souterraines 264

7.4 L'écoulement liquide 265

7.5 Les eaux de surface 267

7.6 L'eau sous l'oeil du satellite 277

7.7 Conclusions et critiques 279

8 LES SOLS 282

8.1 Introduction 282

8.2 Répartition des principaux types de sols 284

8.3 Conclusions et critiques 293

9 ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES ET OCCUPATION DU SOL 295

9.1 Introduction 295

9.2 L'approche classique : une approche morcelée 297

9.3 L'approche satellitale : une vision exhaustive du couvert végétal 312

9.4 Conclusions et critiques 345

10 ET LE PAYSAGE ? 347

10.1 La thèse : notice de lecture 347

10.2 La carte qui existe 353

10.3 La carte qui manque 354

10.4 Les paysages de synthèse 356

10.5 Conclusions et critiques 363

11 FINIR POUR RECOMMENCER : CONCLUSIONS 364

11.1 Peut-on parler de « La Plaine de la Moldavie » ? 364

11.2 Petite synthèse sur ce travail 367

11.3 Je critique, j'apprécie, j'espère 371

LISTE DES TABLEAUX 373

LISTE DES FIGURES 375

BIBLIOGRAPHIE 381

TABLE DE MATIERES **411**

ANNEXES **418**

PREMIERE PARTIE :
PROBLEMATIQUE, BILAN, OUVERTURES

1 AU DEPART

1.1 Le cadre des recherches

Le texte de cette thèse représente l'aboutissement de près 10 ans de recherches déroulées : dans deux pays (la France et la Roumanie) ; avec la participation de deux directeurs au début et achèvement sous une seule direction ; dans un contexte socio-professionnel très diversifié et pas toujours favorable. En plus, chaque changement majeur durant le travail (passage à la double direction et retour à la simple direction de la recherche ; présentation devant le Département de Géographie de l'Université de Iaşi du mémoire et prise en compte de ses suggestions ; reprise du travail sous une simple direction et intégration, partielle, des suggestions des rapporteurs) ont nous ont obligé à refondre, plusieurs fois, le texte et à repenser en continu sa structure. Pour ces raisons principales le lecteur sentira, surtout dans la deuxième moitié de l'ouvrage dédiée aux applications, les deux visages de la recherche : l'ancienne et la nouvelle. Cette situation est en grande partie le résultat du fait que nous avons employé des moyens techniques qui depuis le début de cette recherche ont énormément évolué et, de l'autre côté, nous n'avons pas pu refaire avec les dernière technologies une partie des images insérées dans ce texte. Enfin, nous avons choisi délibérément de construire la charpente de la thèse en abordant : d'abord les aspects conceptuels et méthodologiques ; puis en effectuant une analyse critique de ces principes avant de proposer de nouvelles approches ; enfin, en appliquant une partie des nouvelles méthodes à l'étude de la Plaine de la Moldavie. Le cheminement est donc de passer du discours de la méthode à la méthode appliquée.

1.2 Objectifs et méthode de la recherche développée dans ce travail

C'est étrange la manière dont on arrive à cerner les objectifs d'une thèse et le "pourquoi" de cette entreprise. On commence souvent une recherche pour des raisons qui sont plus ou moins éloignées de certains principes ou convictions personnelles : vouloir se rendre utile pour la société, avoir le sentiment que la recherche et la nouveauté sont vos raisons d'être et de travailler etc. Parfois même on commence une recherche avec un but très précis, un objectif très pointu et vers la fin on se rend compte qu'on a emprunté des chemins de travers et atteint des points très différents. D'un autre point de vue, on observe que plus on avance, plus on veut savoir et moins on est satisfait des acquis.

Pourtant, savoir tout sur un territoire quelconque à un instant précis est impossible, malgré le défi d'une idée pareille ou de la volonté. C'est une bonne chose car ceci oblige le chercheur à se surpasser, à faire toujours plus et, si possible, toujours mieux.

Au début, nous aurions voulu tout savoir sur la Plaine de la Moldavie dans les moindres détails. Mais, au fur et à mesure que le temps passait, nous nous sommes rendu compte qu'une telle entreprise était impossible, et ce pour plusieurs raisons : le temps effectif de travail est trop court par rapport à la masse de données à recenser, à traiter et à interpréter. *Le temps n'est pas figé et toute donnée actuelle devient ancienne l'instant d'après* (ce qui, par ailleurs, fait augmenter la quantité d'information recensée...), et le nombre de perspectives que nous pourrions avoir sur un sujet quelconque est quasiment infini.

Dans cette situation nous avions deux choix : se résigner devant ces contraintes ou continuer la recherche de manière à ce que le "tout" soit le plus approché et que l'essentiel soit, au moins partiellement, exprimé.

Trois **axes principaux** doivent être poursuivis jusqu'au bout : *savoir plus* pour *mieux comprendre* et, donc, pour *mieux gérer* l'espace.

- Dans ce contexte, il apparaît évident qu'il faut commencer avec l'étude de la **structure de l'espace**, l'appréhender d'une manière aussi complète que possible. Et là où les informations manquent, il faut faire jouer le raisonnement. Saisir, décrire, comprendre et présenter la structure de l'espace de la Plaine de la Moldavie aussi précisement que possible, voilà le premier objectif de cet ouvrage.
- Le temps implique que les choses changent, tandis que les lois de la Nature conduisent l'espace à être différent en ses divers points. Le deuxième objectif de notre recherche est d'appréhender la **dynamique spatio-temporelle** du géosystème et du paysage, à partir d'une base de données incomplète et hétérogène.
- La différenciation structurale et l'hétérogénéité des éléments constituant l'espace géographique sont à l'origine des échanges de matière et d'énergie qui s'y déroulent, donc à l'origine de son fonctionnement. Connaître un peu plus le **fonctionnement du système** géographique représenté par la Plaine de la Moldavie, tel est le troisième objectif.
- Dans une société qui bouge de plus en plus vite, le temps se contracte, l'espace rétrécit et l'envie de mieux vivre ne cesse de croître. Le quatrième objectif est de trouver de **nouvelles voies pour en savoir plus sur un espace donné dans un minimum de temps**.
- Ceci, pour atteindre un cinquième objectif : offrir plus vite des **informations supplémentaires aux processus décisionnels, pour une meilleure gestion de l'espace** et des ressources, tout en restant en concordance avec sa structure et les lois de son fonctionnement.
- Et si ces objectifs s'avéraient intéressants pour étudier d'autre lieux à l'aide des idées, méthodes et techniques proposées dans cet ouvrage, indépendamment de leur taille ou complexité. C'est le sixième objectif de cette recherche : une **analyse dynamique multidimensionnelle de l'espace et réitérative dans le temps**.

Autant dire que nous voulons en savoir au maximum sur l'espace (sur quoi repose-t-il, à quoi ressemble-t-il, comment bouge-t-il), dans un temps aussi court que possible et aux moindres coûts. C'est l'idée de départ qui sera poursuivie, même si nous risquons de ne jamais l'atteindre.

Pour aboutir à ces fins, il faut, sans doute, arrêter le cadre conceptuel et méthodologique qu'il convient de suivre. Malgré le nombre important d'études réalisées dans le domaine du paysage et du géosystème, il faut adapter les concepts, les méthodes et les techniques capables de satisfaire à nos besoins et déjà employés ou mis au point par d'autres chercheurs. Alors, dans le cadre des axes précédemment définis il faut cerner, détailler, affiner d'autres objectifs plus pointus, présentés ci-dessous.

Lorsque les théories actuelles semblent inadéquates à l'étude envisagée, il faut **définir de nouveaux concepts**, mieux adaptés à l'étude de la région et aux objectifs de notre recherche. Ces concepts, accompagnés d'outils et de nouvelles méthodes, devront nous permettre, d'une part, une analyse de la structure de l'espace et, d'autre part, une analyse des dynamiques de ce même espace.

Donc, le nom, mais aussi le contenu des concepts doivent être nouveaux, sinon il n'y a aucune raison de les créer - au risque de rajouter des confusions et encore moins d'espérer qu'ils seront utilisés pour d'autres travaux. Aussi, en les utilisant, nous devons être capables d'obtenir une autre perspective sur le géosystème, des informations nouvelles et utiles pour la gestion, l'aménagement, les recherches ultérieures.

Les concepts doivent :

- intégrer les acquis fondamentaux des théories disponibles à l'heure actuelle ;
- compléter certains "créneaux" qui restent encore libres à l'intérieur de ces théories ou entre elles ;
- concilier les différents concepts qui existent déjà pour se situer entre "nature et culture" (P.Arnould, 1993) et avoir un langage commun ;

- faciliter l'intégration des données quantitatives et qualitatives en vue de synthétiser de nouvelles informations concernant les géosystèmes et le paysage et, par conséquent, enrichir la base de départ pour effectuer une partition de l'espace.

Une fois le cadre conceptuel établi, il faudra d'abord **sélectionner et adapter des méthodes d'analyse** quantitative répondant mieux aux nouveaux concepts proposés. Ces méthodes nous permettront de saisir les caractéristiques qualitatives et quantitatives du géosystème afin de réaliser des partitions de l'espace à partir de ces diverses caractéristiques.

Ensuite, lorsque l'on constate que les méthodes disponibles ne répondent pas aux exigences établies en début d'étude, il faut **élaborer de nouvelles méthodes et techniques pour l'analyse des images-système**, sources de paysage[1], en concordance avec les concepts et les méthodes définis précédemment. Pour mener la démarche jusqu'au bout il faut tester et valider ces concepts et méthodes par des applications pratiques.
L'application d'une nouvelle théorie ou méthode à des donnés anciennes augmente, en principe, la chance de découvrir des nouvelles lois, de nouveaux faits dans son champ de recherche. Mais cette chance augmente encore si nous rajoutons de nouvelles données, à côté des anciennes. Les questions qui se posent sont les suivantes : comment associer anciennes et nouvelles données dans un cadre conceptuel et méthodologique renouvelé ? Comment les articuler ?

Une possible réponse à cette question passe par un traitement poussé des données, plus particulièrement par la réalisation de cartes et de représentations graphiques des composantes du géosystème. **Dresser des cartes de l'état et de la dynamique des différentes composantes naturelles du géosystème**[2] **et des paysages** de la Plaine de la Moldavie est un moyen pour valider les théories et les méthodes, afin d'analyser la dynamique spatio-temporelle du système. Enfin, l'ensemble des méthodes et des techniques déployées doit

[1] Pour le contenu de la locution, voir plus loin le chapitre "Analyse critique des définitions du paysage"
[2] idem

pouvoir prendre en compte aussi bien les données plus anciennes que les nouvelles informations disponibles afin d'appréhender les transformations des paysages.

Pour concilier qualité et durée d'exécution, les méthodes et les techniques doivent répondre aux exigences suivantes :

- être faciles d'emploi ;
- offrir des résultats pertinents ;
- couvrir les deux champs, du *quantitatif* et du *qualitatif* à la fois, en les exprimant en même temps d'une manière claire et significative ;
- permettre une partition d'un territoire en unités spatiales homogènes, en fonction de la dynamique des composantes naturelles du géosystème et des structures paysagères ;
- tirer un maximum de profit des documents existants, et notamment des cartes.

En suivant les axes et les étapes ci-dessus mentionnées, l'ensemble de ce travail devrait permettre d'aboutir à une nouvelle compréhension du système de la Plaine de la Moldavie, d'en faire le diagnostic et d'appréhender, autant que possible, son devenir.

Au sujet de ces objectifs, quelques remarques et précisions s'imposent. Tout d'abord nous affirmons une volonté de **conceptualisation** dans certains domaines qui ont déjà connu de nombreuses tentatives dans cette direction : le paysage et le géosystème. Les progrès, dans ce sens, ont été importants mais il y a un "éclatement" des prises de position : on navigue souvent entre le "*tout quantitatif, tout objectif, tout naturaliste*" et le "*tout qualitatif, tout subjectif, tout esthétique*". Les prises de positions intermédiaires – voire "syncrétiques", de leur côté, sont souvent caractérisées par un manque d'unité sémantique... Cette situation est normale jusqu'à un certain point, car sans différence conceptuelle il n'y aurait pas de confrontation d'idées ni de progrès. Pourtant, un échafaudage conceptuel nouveau, qui tienne compte de l'état *et* de la dynamique du système, d'un côté, *et* de l'ambivalence des notions, de l'autre côté, pourrait être utile.

La deuxième remarque concerne l'intention d'**innover** dans une direction où pourtant les nouveautés ne manquent pas : **les méthodes et les techniques de traitement des données**. En effet, elles doivent faire face à un double défi. D'abord, elles doivent venir à l'*appui* des nouveaux concepts, les renforcer, les *valider* à travers les résultats obtenus. Puis, elles doivent pouvoir mettre d'*accord* et *intégrer* sous une forme numérique deux types de paramètres fondamentalement différents : quantitatifs et qualitatifs en même temps.

Donc, la méthode c'est de **rassembler, harmoniser et synthétiser** sous formes variées les données de nature et dates différentes, même s'il faut **développer** de nouvelles techniques de traitement et de représentation de l'information.

Pour conclure sur ces pages, notre démarche peut se résumer à l'aide des mots-clé suivants : conceptualisation, information, intégration, système et le binôme quantitatif-qualitatif.

- **Conceptualisation** pour que l'étude soit conçue de manière à pouvoir s'*adapter à des études menées à des échelles spatiales différentes et réitératives*.

- **Information** puisque tout élément, visible ou invisible à l'œil nu, est capable de délivrer, une fois passé par les filtres mentaux, des informations concernant son état, ses origines etc. Donc, *pourquoi ne pas rajouter à l'espace géographique, en parallèle, l'espace informationnel qui lui correspond, tout en les unissant par des traits d'union conceptuels et méthodologiques adéquats* ?

- **Intégration** de toutes les composantes du géosystème et du paysage, qu'elles soient visibles ou imperceptibles.

- **Système** puisqu'une étude qui ne s'intéresse pas aux inters relations qui existent entre les différentes composantes de l'ensemble (constitué par le cadre naturel, dans notre cas), est une étude bridée. Dans cette situation il s'agit, à la fois, des inter relations qui existent, d'une part, entre les différents constituants du système, mais aussi, d'autre

part, il faut voir des inter relations qui existent entre *ces* constituants et les entrants et les sortants du système.

- **Dynamique** parce que nous jugeons important d'aller au-delà de l'analyse des caractéristiques du système à un moment donné, et, en outre, vers l'étude des changements du géosystème et des paysages à travers le temps *et* l'espace.

- **Quantitatif-qualitatif**, enfin, car nous considérons qu'il serait important de *quantifier les traits qualitatifs* d'un système géographique et d'éliminer, autant que possible, la subjectivité et l'empirisme. Cette dernière démarche ne sera, peut-être, jamais menée jusqu'au bout, ici comme ailleurs, car la notion de qualité n'a de sens que par rapport à un intérêt, une intentionnalité, une finalité.

A cette *relativité du qualitatif il faut rajouter celle du quantitatif* car si nous disons, par exemple, 20°C (Celsius), nous le disons par rapport à un repère arbitraire (la température à laquelle gèle l'eau pure). Ces 20°C sont équivalents à 60°F (Fahrenheit) ou 253,15°K (Kelvin) qui, eux aussi, sont établis par rapport à des repères arbitraires. Il y a, certes, la possibilité de convertir les valeurs quantitatives d'un système de référence à un autre, mais c'est le référentiel lui-même qui est arbitraire... donc le relatif existe aussi dans le quantitatif. Dans ces circonstances, ce qui compte c'est de savoir suivre un objectif établi à l'avance.
Ainsi, dans ce travail, même si les données quantitatives sont dominantes, voire en excès, les données qualitatives ne sont pas négligées pour autant. Toutefois, lors de la lecture il faudra relativiser le quantitatif excessif... Car c'est la nature elle-même et son perpétuel mouvement qui imposent la relativité, voire la subjectivité...

1.3 Structure de l'ouvrage

L'un des premiers enseignements que nous avons tirés de cette recherche c'est que le produit final de ce genre d'activité ne ressemble jamais à ce qu'on imaginait au début... En fait, la Plaine de la Moldavie, supposée être *sujet* de recherche s'est transformée au fur et à mesure que le temps passait en *illustration* de recherche et *banc d'essai* pour ce que nous considérons comme nouveauté résultant de notre démarche théorique et méthodologique. L'ouvrage, tel qu'il est présenté maintenant (et dont la structure rédactionnelle est présentée dans la fig. 1), comporte trois parties :

La première partie tente de dresser un *bilan* concis des concepts et méthodes employées dans l'analyse du paysage et, partiellement, du géosystème ; ensuite, elle continue avec le *développement d'un nouveau tronc conceptuel*, dont le principal objectif est de mettre en évidence la complexité de l'étude du paysage et la diversité des points de vue concernant ce sujet. Après une analyse des principales opinions exprimées dans ces domaines, nous présentons notre point de vue sous la forme d'une définition du paysage qui, à son tour, sera soumise à une analyse critique.
Aussi, nous présentons les bases de ce que pourrait être un nouveau cadre conceptuel pour l'analyse du géosystème et du paysage ; cadre suffisamment précis pour préserver la rigueur indispensable à toute étude scientifique mais assez souple pour qu'il puisse permettre la cohabitation harmonieuse de notions différentes concepts et à des échelles spatio-temporelles variées.

La deuxième partie se propose de développer un ensemble de méthodes consacrées à l'analyse du géosystème et du paysage, tout en renforçant les aspects conceptuels. Ceci constitue le noyau dur de l'ouvrage, car cette partie s'est transformée en un ensemble de méthodes appelées à renforcer les concepts précédemment proposés. Ces méthodes doivent aussi produire des informations susceptibles de permettre de nouvelles interprétations au sujet d'un territoire supposé bien connu.

La dernière partie présente certaines des principales caractéristiques de la Plaine de la Moldavie et les résultats obtenus après l'application de quelques unes des méthodes proposées dans cet ouvrage. Elle doit analyser la Plaine de la Moldavie mais il faut dire que c'est la partie qui nous a posé de nombreux problèmes à cause de certaines contraintes.

D'abord, les recherches que nous avons menées un certain nombre d'années sous une double tutelle scientifique doivent répondre convenablement aux exigences de deux systèmes de formation doctorale : le système roumain très sensible à la richesse informationnelle et le système français très attentif aux développements méthodologiques. Nous pouvons dire qu'il s'agit de deux systèmes complémentaires et, dans le temps et le contexte particulier de notre recherche, il fallait conjuguer les exigences des uns et des autres tout en respectant la cohérence de l'ouvrage.

Le choix et l'espace alloué aux composantes analysées a été déterminé en fonction de : la possibilité de mise en oeuvre des méthodes proposées dans la deuxième partie ***et*** de ce que nous avions apprécié comme nouveauté dans les résultats obtenus. En conséquence, certaines données recensées dans la bibliographie, certaines composantes physico-géographiques de la plaine ne sont présentés que succinctement.

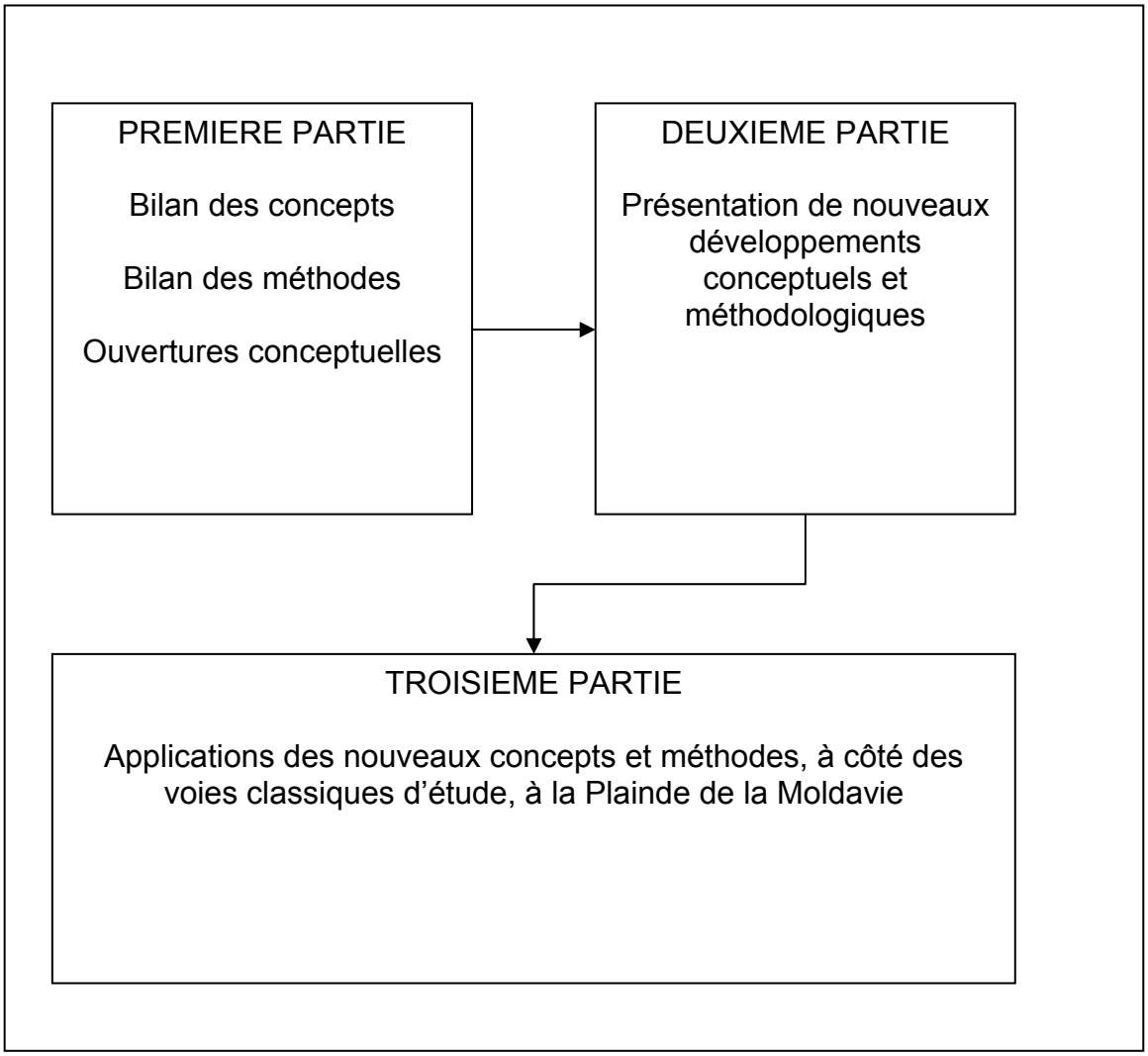


Figure 1 : Structure rédactionnelle de l'ouvrage

La démarche sélectionnée induit la présentation d'une abondante iconographie. En dehors de figures et tableaux, plus de douze mille cartes ont été dressées mais seule une centaine ont été sélectionnées, considérées comme les plus pertinentes pour étayer la démonstration[3].

La structure méthodologique générale est présentée dans la fig. 2. Pour aider le lecteur à comprendre plus facilement "l'endroit" où il se trouve sur le cheminement méthodologique de l'ouvrage, nous avons inséré dans le texte les figures 3, 6, 14, 17 et 18.

[3] Sauf mention spécifique, les figures insérées dans le texte ont été réalisées par l'auteur de cet ouvrage

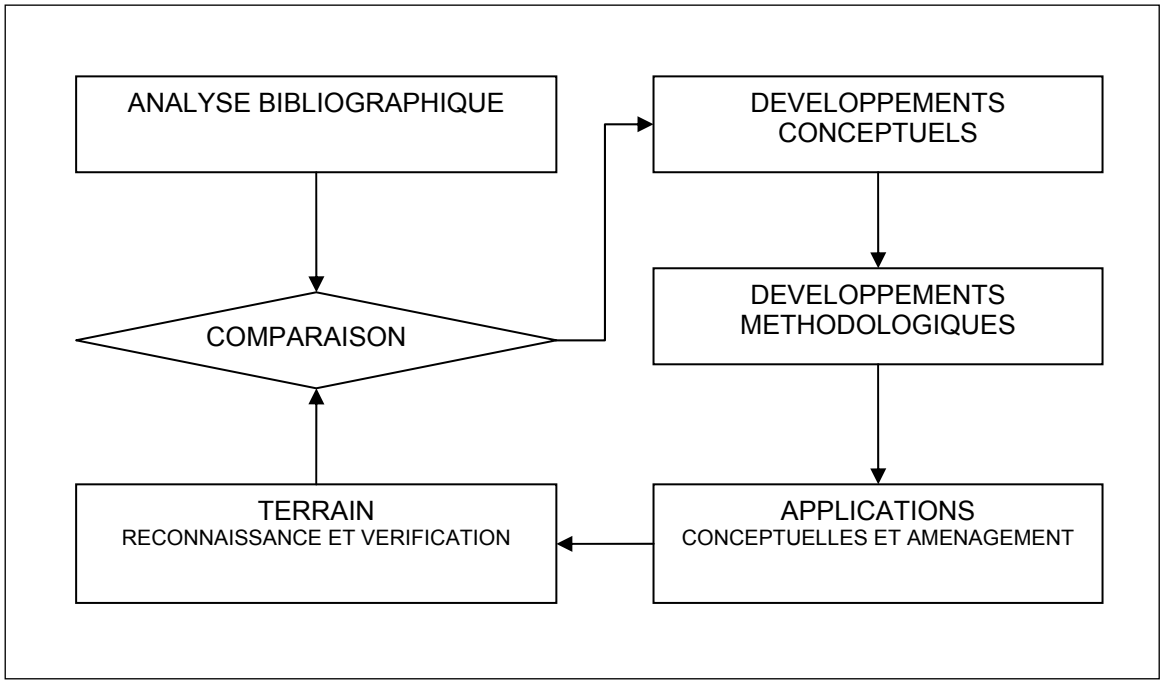


Figure 2 : Structure méthodologique générale

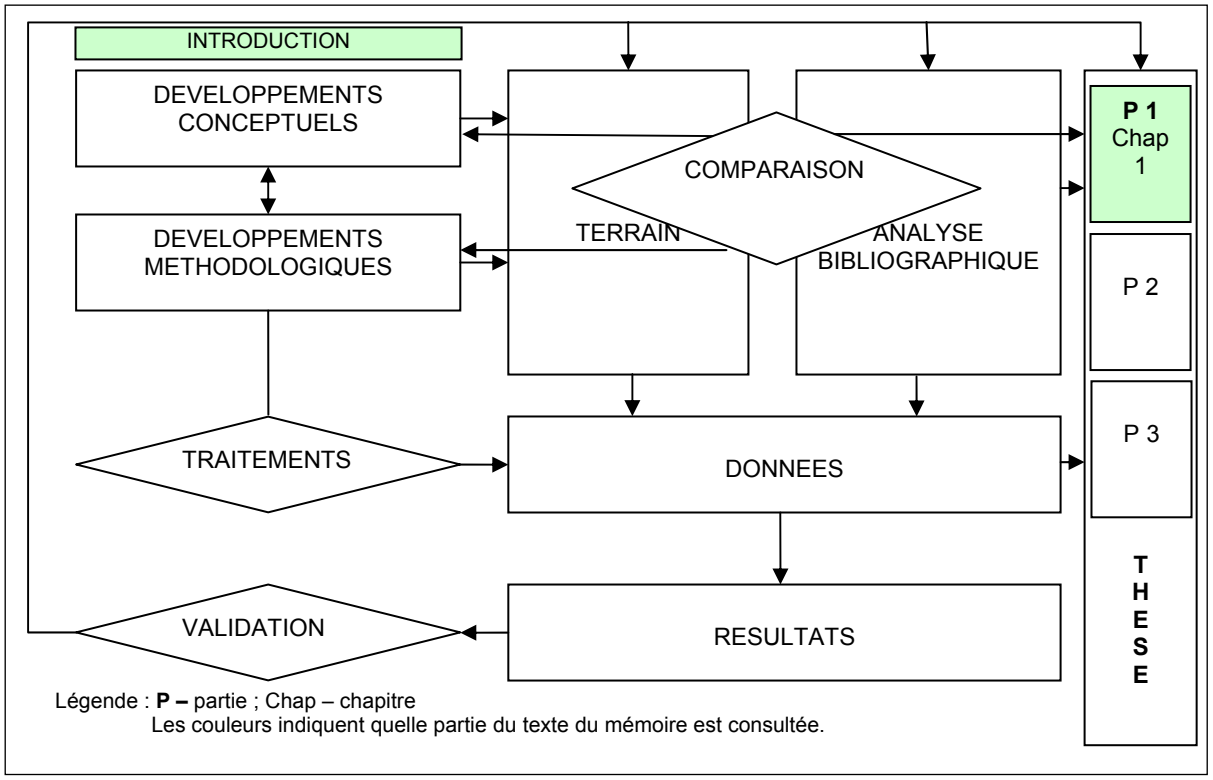


Figure 3 : Le « point » du lecteur : première partie, chapitre 1

1.4 Survol du territoire étudié

Le Plateau de la Moldavie, l'une des grandes unités géographiques et la plus représentative unité de plateau de Roumanie, occupe environ 20.000 km² dans la partie Est du pays, entre les Subcarpates de Moldavie (à l'Ouest, appartenant à l'orogène carpatique) et la vallée du Prut (à l'Est). La plupart du plateau se développe sur la Plate-forme Moldave, sauf au sud où il se superpose à la dépression de Bârlad. La couverture sédimentaire est monoclinale, ayant une épaisseur qui va de quelques centaines de mètres dans son extrémité NE à plus de 3000 m sur la bordure sud et ouest. Les strates géologiques sont représentées par des argiles, marnes, sables (et parfois des calcaires, grés, conglomérats), recouvertes souvent de loess quaternaire. Le relief, qui porte l'empreinte de la structure et de la pétrographie, est représenté le plus souvent part des collines et plateaux structurels, avec des altitudes en général de moins de 500 m. Les altitudes relatives sont de 150-200 m, à l'exception des sous-unités de plaines qui lui appartiennent.

Le climat du Plateau de la Moldavie est tempéré continental avec des nuances continentales plus fortes dans sa partie orientale. Les températures vont de 7,5ºC (au nord) à 10ºC (au sud) et les précipitations de 500 mm dans les régions basses orientales à plus de 600 mm dans les partie hautes du nord et de l'ouest du plateau.

Malgré le fait que le plateau est encadré par deux grandes artères hydrographiques (le Prut, à l'Est, et le Siret, à l'Ouest), les rivières intérieures sont peu importantes aujourd'hui en termes de débit. Le régime de l'écoulement trahit les nuances continentales du climat, avec des débits faibles mais qui peuvent augmenter rapidement lors des pluies torrentielles en été ou lors d'une fonte rapide des neiges.

D'un point de vue bio-pédo-géographique, à l'intérieur du plateau se trouve la limite entre le domaine forestier proprement dit (de l'Ouest) et le domaine de la sylvosteppe et de la steppe (à l'Est et au sud), les deux domaines ayant leurs sols spécifiques. Du point de vue de l'occupation du sol, pour l'ensemble du plateau, nous observons la dominance nette des terrains agricoles (surtout terres de labour, des prairies, mais aussi des vergers et des vignes)

En tant que sous-unité du Plateau de la Moldavie, la plaine qui constitue, pour la plupart, le prétexte et l'objet des recherches menées dans le cadre de cette thèse, se situe dans sa partie nord et, sur la carte de la Roumanie, elle apparaît comme l'extrémité NE (fig. 4 et 5).

Au ***nord*** et à l'***est***, la Plaine de la Moldavie s'étend jusqu'à la rivière Prut, frontière entre la Roumanie et la République de la Moldavie. C'est une limite purement administrative car le territoire dont nous parlons continue, d'un point de vue géographique, au delà de cette ligne : la Plaine de la Moldavie se situe dans le bassin moyen de cette rivière, sur la rive droite, et se poursuit vers l'est dans la République de Moldavie, avec la Plaine de Bălți.

Vers ***nord-ouest***, l'***ouest*** et le ***sud***, nous rencontrons deux unités de plateaux : le Plateau de Suceava (N et NW) et le Plateau Central Moldave (S). Ici, les limites sont clairement marquées par des dénivelées de plus de 200 m, des versants dont la pente atteint fréquemment 15-20° et qui, parfois, présentent à leur partie supérieure des corniches verticales de 15 à 20 m de haut.

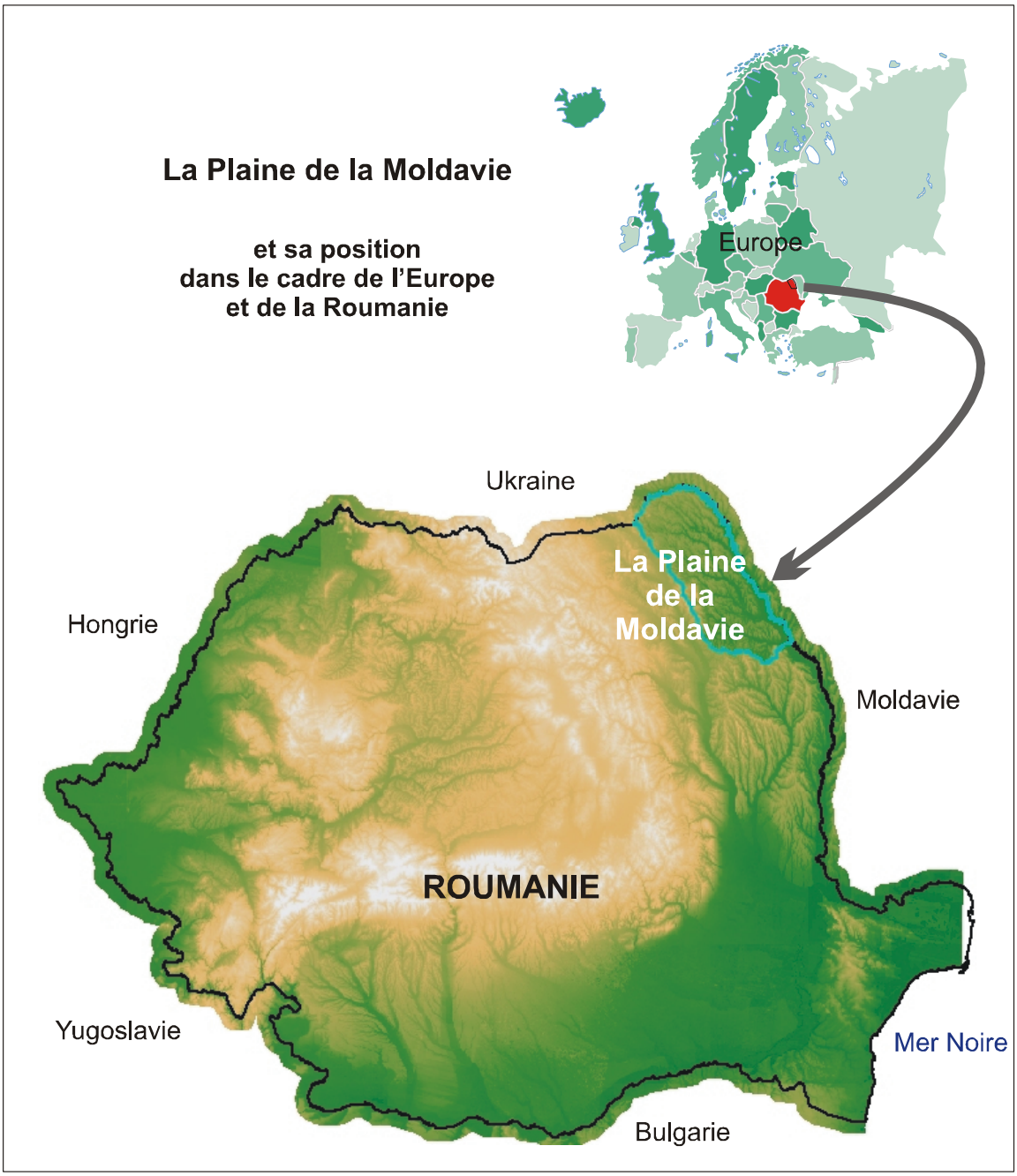


Figure 4 : La position géographique de la Roumanie et de la Plaine de la Moldavie en Europe

Vers le sud, la limite suit l'alignement des localités Tomeşti – Ciurea – Mogoşeşti – Voineşti – Horleşti – Strunga, sur quelque 100 km de longueur. Il s'agit d'une cuesta connue sous le nom de la Côte de Iaşi[4], dont l'origine est due à l'érosion différentielle (liée à la nature des roches).



Figure 5 : La Plaine de la Moldavie – carte générale (d'après Géostratégies, 1996, modifié)

Vers l'ouest et le nord-ouest, l'abrupt du Plateau de Suceava est marqué par les localités de Criveşti – Tg.Frumos – Dădeşti – Băiceni – Balş – Cotnari – Hîrlău – Deleni – Feredeni –

[4] Coasta Iaşilor (*roum.)*

N.Bălcescu – Copălău – Coşula – Cristeşti – Orăşeni – Curteşti – Cătămărăşti – Ipoteşti – Brăeşti – Văculeşti – Pădureni – Pomîrla. Ce contact apparaît clairement exprimé devant le massif collinaire Dealu Mare – Hîrlău (entre les localités Cotnari – Cristeşti) qui domine la plaine avec plus de 300 m de hauteur. Au nord et au sud de ce secteur, les dénivelées entre la plaine et la bordure sont plus faibles (100-150 m), ainsi que les pentes qui sont, à leur tour, plus douces (5-10°), en raison du contact avec les ensellements Strunga et Bucecea (V.Băcăuanu, 1968). L'abrupt qui se trouve devant le massif Dealu Mare – Hîrlău représente une partie de la haute bordure qui entoure la Plaine de la Moldavie, bordure appelée par I.Sîrcu (1956) la Côte Moldave.

Les hauteurs de Dealul Bourului[5] (477 m), situé à la limite NW du territoire étudié, se poursuivent aussi vers l'ouest (sous la forme d'une bordure dont les altitudes absolues atteignent 250-385 m) jusqu'aux localités Cristineşti et Suharău. Ces collines, appelées aussi la Côte d'Ibăneşti, appartiennent au Plateau de Suceava, la limite de la plaine passant plus au sud, au long des communes Pomîrla – Ibăneşti – Cristineşti (V.Băcăuanu, 1968).

Les limites géomorphologiques ci-dessus mentionnées, mises souvent en évidence par des dépressions de contact, concordent également avec les limites géologiques (lithologiques), climatiques, hydrologiques, pédologiques et biogéographiques. Cette concordance indique que la Plaine de la Moldavie apparaît comme bien individualisée, d'un point de vue physico-géographique.

A l'intérieur de ces limites, la plaine couvre une superficie d'environ 8000 km², sur quelque 160 km de longueur (suivant la direction NW – SE) et 40 à 60 km de largeur (E – W). En fait, elle se trouve entre 47° (Mogoşeşti) – 48°15'06" (Crăiniceni) lat.N et 26°18' (Pădureni – ouest Dorohoi) – 27°50' (Ungheni) long.E. Le méridien de 27°E coupe en deux le territoire de la plaine (V.Băcăuanu, 1968).

Pourtant, pour les besoins de cette recherche et en raison de certaines convictions personnelles, nous avons pris en tant que limites de la plaine un territoire plus grand, délimité

[5] Deal = colline (*roum.*) ; "dealul" = la colline de... (*roum.)*

par : l'interfluve Siret – Prut à l'Ouest et au Sud et la rivière Prut au nord et à l'Est. Autrement dit, nous avons inclus dans la plaine tous les bassins-versants (BV) appartenant au grand BV du Prut et ceci puisque le BV est une unité naturelle élémentaire avec un fonctionnement systémique clairement déterminé de tous les points de vue (énergétique, morphographique, le plus souvent pétrographique et géologique, souvent aussi du point de vue des systèmes de l'occupation du sol ou de l'habitat etc.). Aussi, nous avons considéré nécessaire d'élargir le territoire étudié justement pour mieux mettre en évidence ses limites réelles à travers les traitements et les recherches effectuées. Dans cette situation, suivant nos calculs, la Plaine de la Moldavie s'étend sur 7660 km².

Dans les premiers paragraphes nous avons mentionné une continuité géographique sur les deux rives de la rivière Prut. Cette continuité au-delà de la frontière caractérise aussi les autres unités du Plateau de la Moldavie qui s'étendent au long de la rivière Prut : dans l'extrémité nord de la Plaine de la Moldavie il y a la terminaison orientale du Plateau de Suceava qui continue en Bessarabie avec le Plateau du Nistre ; au sud de la Plaine de la Moldavie se trouve le Plateau Central de la Moldavie dont le correspondant sur la rive gauche du Prut est le Plateau Codrilor[6] ; plus au sud nous rentrons dans les Collines de Tutova dont l'unité géographique correspondante sur la rive gauche de Prut est celle des Collines de Tigheci ; enfin, dans l'extrémité sud du Plateau de la Moldavie nous nous trouvons dans la Plaine de Covurlui, ayant comme unité correspondante en R.Moldave la Plaine de Bugeac.

Deux constats s'imposent : premièrement, des deux côtés du Prut on rencontre des unités géographiques qui se ressemblent fortement car non seulement l'évolution paléogéographique est similaire, mais également ses conditions historiques et sociales sont en grande mesure comparables ; deuxièmement, la Plaine de la Moldavie n'est ni *la seule plaine* de cette grande unité géographique qu'est le Plateau Moldave, mais *une* de ses plaines ; ni la *plus* caractéristique des plaines du Plateau Moldave, en raison des ses caractères géomorphologiques et paysagers d'ensemble. Ces caractères, qui seront d'ailleurs présentés

[6] codru (*roum.)* = futaie (*franç.*)

et discutés dans la troisième partie de l'ouvrage, constitueront un des arguments pour l'appeler ***la plaine collinaire Jijia-Başeu***.

Pour conclure, nous pouvons dire que cette recherche est structurée en trois temps :

- tout d'abord, le cadre, les raisons et les objectifs de notre recherche ;
- puis, les grandes lignes méthodologiques entre lesquelles sera menée la recherche ;
- enfin, quels sont les traits principaux et les limites du territoire qui a servi à tester les concepts, les méthodes et les outils (classiques ou développés par nous-mêmes) présentés dans la première et deuxième partie de l'ouvrage.

2 PAYSAGE, GEOSYSTEME ET ENCORE : LA VALSE DES MOTS, LA VALSE DES DEFINITIONS

2.1 Introduction

Le souci des géographes de trouver un mot, une locution afin d'exprimer ce qu'est l'objet d'étude de la géographie, est une préoccupation de tout temps. Car la géographie, comme d'autres sciences d'ailleurs, à un certain moment de son existence a dû se poser la question aiguë : "Quel est mon objet d'étude ?" Ce n'est pas ici l'endroit pour discuter de ce sujet et encore moins l'endroit essayer de trancher d'une manière satisfaisante. Contentons-nous de dire que, même si la question reste ouverte, ce ne sont pas les mots définissant l'objet d'étude de la géographie qui font défaut dans la littérature de cette spécialité. Parmi ces mots on rencontre : le géosystème, le paysage, le *Landschaft* etc., dont deux – le paysage et le géosystème – nous intéressent car ils se retrouvent même dans le titre de ce mémoire. Faire un recensement complet de tous les contenus attribués à ces deux concepts est une entreprise ardue ; mais c'est une entreprise qui s'impose lorsqu'on veut effectuer des recherches et, plus encore, lorsqu'on essaie de faire avancer la connaissance scientifique.

Dans ce cas, il y a au moins deux manières de présenter les concepts. La première, plus proche de l'esprit académique, c'est de traiter l'information selon l'origine de la source, à savoir définir les différentes écoles de pensée et de recherche qui l'ont produite, et de voir dans quelle mesure ils sont ou non reliés entre eux. Le désavantage dans ce type d'approche est qu'il est difficile, par la suite, de tracer une parallèle chronologique entre ces courants de pensée aboutissant à une typologie.

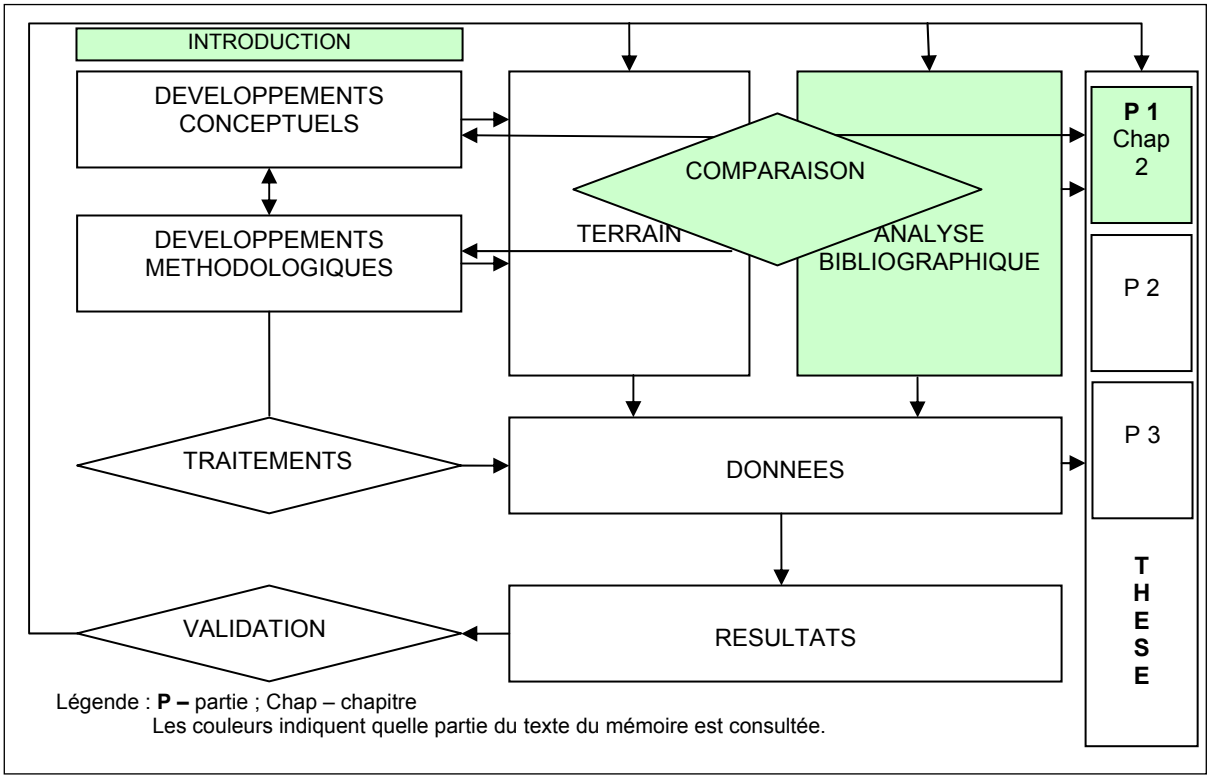


Figure 6 : Le « point » du lecteur : première partie, chapitre 2

La deuxième voie consiste à présenter l'évolution des idées dans un ordre strictement chronologique. Le risque qui apparaît alors est de mélanger et de rendre quasi-incompréhensible l'information car l'évolution des concepts n'est pas linéaire. D'autant plus qu'il y a forcément, dans les définitions, des renvois à d'autres mots, à d'autres écoles de pensée. Mais, il y a pourtant un avantage : on peut suivre comme sur le tracé d'un graphe l'émergence d'un détail, voire d'un nouveau concept et localiser celui-ci dans le temps ; ensuite, il est possible de voir s'il à conduit a l'apparition d'une nouvelle approche ou si la tendance s'est évanouie. C'est dans cette deuxième voie que nous allons essayer de nous situer dans les pages qui suivent.

Enfin, une dernière considération s'impose. Un seul et même mot est souvent polysémique en fonction des milieux scientifiques qui l'emploient. Parfois, une idée arrive à se frayer chemin jusqu'au grand public qui s'interroge : "Qu'est-ce que cela signifie ?" La personne ouvre alors un dictionnaire et lit la définition. Mais les dictionnaires, comme tout autre livre, sont le reflet de la pensée de leurs auteurs qui ne peuvent pas être spécialistes dans tous les

domaines. Une définition dans un dictionnaire thématique exprime, forcement, le point de vue le plus répandu dans les milieux scientifiques, filtré par le raisonnement de l'auteur. Parfois, c'est la conviction personnelle de l'auteur qui est mise en évidence, plus forte que l'opinion de la majorité. Dans les dictionnaires généraux, nous retrouverons presque toujours l'expression la plus commune de la définition, dépouillée de toute autre précision scientifique. Parfois, ces définitions sont agrémentées d'un supplément d'information et de citations mais sans atteindre le détail requis pour aller jusqu'au bout de la démonstration. Pour répondre à une telle exigence, il aurait fallu réaliser cette recherche en équipe et passer au moins deux décennies…
Quant aux précis scientifiques, ceux-ci s'efforcent, avec un luxe de détails et d'arguments, de faire passer les concepts.

2.2 Paysage et géosystème à travers quelques dictionnaires

Il serait peut être plus juste de commencer par un autre mot que celui de paysage, un mot qui est un concurrent sérieux de celui-ci et du géosystème, un mot proche mais non pas synonyme : le *Landschaft*. "En Occident, il semble que le vocable germanique soit le premier apparu : dès le Moyen Age, le *Landschaft* existe, désignant une région de moyenne dimension, le territoire où se déroule la vie de petites unités humaines" (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). Plus tard, le *Landschaft* a eu la force de déterminer l'apparition de toute une science en URSS, la *Landschaftovedenie*, rayonnant loin des frontières de l'empire communiste.

L'émergence du sens paysager et l'apparition du mot "paysage" remontent toujours au Moyen Age et sont reliées aux domaines artistiques, surtout à la peinture. Dans le *"Grand Dictionnaire Encyclopédique"* de 1884, le paysage est défini comme "étendue géographique qui présente une vue d'ensemble [...] que l'on a d'un point donné" (P.Vuillod, 1994). Dans le dictionnaire *"Le Petit Robert"* de 1988 on peut trouver la définition suivante : « paysage, n.m. (1549, "étendue de pays", de pays). 1. Partie d'un pays que la nature présente à un

observateur [...] site, vue [...] "Votre âme est un paysage choisi" (Verlaine) [...] 2. (1680) Un paysage : tableau représentant la nature et où les figures (d'hommes ou d'animaux) et les constructions ("fabriques") ne sont que des accessoires... ». R.Brunet (1993), dans le dictionnaire *"Les Mots de la géographie"*, définit le paysage comme "ce que l'on voit du pays, d'après le mot italien *paessaggio*, apparu à propos de la peinture pendant la Renaissance".

Plus d'un siècle sépare ces dictionnaires et, presque sans exception, quel que soit le pays où on se trouve et le dictionnaire consulté, ce type de définition apparaît constamment. Elle synthétise la perception du grand public et celle d'une grande partie des chercheurs à ce sujet : le paysage est, d'abord, vu ; deuxièmement, il a une étendue limitée dans l'espace, en fonction de ce que la vision humaine peut embrasser. Par contre, il n'est fait aucune référence aux constituants invisibles ou aux relations du sein du paysage (par exemple, les relations de dépendance et d'interaction qui peuvent exister entre ses composantes). Dans ces définitions on sous-entend aussi que l'observateur doit se trouver dans un point dominant pour embrasser un espace suffisamment étendu et dégagé. Comme P.Vuillod (1994) le remarque, si la condition de l'étendue n'est pas satisfaite, il faut au moins que le site, de dimensions plus modestes, soit pittoresque. Le rôle de la subjectivité est bien mis en évidence dans ce cas : le paysage n'est pas strictement une question de formes naturelles mais aussi une question de perception esthétique. Dès que le critère esthétique intervient, il apporte avec lui un cortège de problèmes qui ne tiennent plus à l'analyse du paysage en tant qu'entité naturelle mais aussi à ceux qui tiennent à l'homme et à sa structure psychique.

Malgré l'ancienneté du mot et les nombreux écrits qui lui sont consacrés, le paysage reste une entité floue. Tout le monde le connaît mais, malgré les définitions données et les méthodes d'analyse mises au point, mais personne n'est unanime pour accepter une seule définition.
Enfin, le troisième acteur important fait son apparition sur cette scène en 1960 : le "géosystème" du russe V.B.Sochava. Concept qui a fait école, sans qu'il soit à l'abri des controverses, et qui continue toujours a entraîner, dans son sillage, une bonne partie des

géographes et d'autres chercheurs. Malgré son ancienneté et le fait qu'il soit largement répandu, il n'apparaît presque jamais dans les dictionnaires généraux.

2.3 Paysage et géosystème dans le monde scientifique

2.3.1 Parmi les définitions

Les chercheurs qui se sont penchés sur la définition et les problèmes du paysage, et depuis des décennies, ont des opinions plus nuancées que celles rencontrées dans les dictionnaires généraux : opinions parfois contradictoires. La présentation qui suit n'a, en aucun cas, la prétention d'être exhaustive, mais seulement d'exposer certaines acceptions et les principaux points qui ont marqué la vie de deux concepts largement utilisés en géographie : paysage et géosystème, avec un court détour vers le *"Landschaft"*.

Carl O. Sauer dans son ouvrage *"Morphology of Landscape"* (1925), concevait le paysage comme un *organisme*[7] complexe constitué d'une association spécifique de formes, *paysage qui ne peut être que naturel et culturel à la fois* (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). J.Schmithüsen (1942), au sujet de la sphère de préoccupations de la géographie affirmait : "Pays et paysages sont les *objets*[8] propres de la science géographique" mais il proposait comme nom pour une science du paysage le mot "géosynergétique", qui aurait comme objet d'étude "la prise en compte de la totalité de ce qui, localement, appartient à la "géosphère" [...], tout ce qui coexiste dans un espace donné, sans discrimination de ce qui relève de la nature ou des hommes". A la même occasion, l'auteur affirmait que "la géographie [doit] considérer et étudier le *phénomène*[9] global du paysage comme un tout".
Deux opinions…, deux décennies et l'Océan Atlantique les séparent, mais un point commun : l'unité et la complexité du paysage, paysage limité dans son étendue spatiale et contenant une

[7] souligné par nous

[8] idem

[9] idem

composante naturelle et une composante anthropique. La différence majeure entre les deux définitions consiste dans le fait que Sauer voit le paysage comme un organisme, tandis que Schmithüsen le perçoit comme un phénomène. Or, *cette différence est fondamentale car il y a un écart important entre un organisme et un phénomène, en termes de durée de vie, de structure, de fonctionnement et d'évolution, et par conséquent d'approche scientifique*.

Dans un autre espace idéatique et conceptuel, en ex-URSS et, ensuite, d'une façon très proche dans toute l'Europe de l'est, N.A.Solncev (1949) considérait le paysage comme "un *système*[10] régulièrement construit de CNT[11] plus petits", qui remonte à la fin du XIX^{ème} (1880-1890), lorsque V.V.Dokoutchaev élabora les fondements de la pédologie scientifique. La locution a été employée entre 1892-1904 par G.N.Vysozki, dans ses travaux visant l'élaboration d'une méthode de représentation cartographique des CNT (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). Au début restreint au seul complexe pédologique homogène d'un lieu, l'aire conceptuelle du CNT a été, ultérieurement, élargie à toutes les composantes du cadre naturel. A l'heure actuelle, par CNT on entend "la part de l'environnement qui est totalement étrangère à l'homme : combiné avec les impacts de l'utilisation anthropique, il forme le *géosystème, lequel, perçu et intériorisé par l'homme*[12], déterminera un *paysage*. Le CNT se décompose lui-même en un géome, unité physico-chimique, et une biocénose, unité biotique" (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). Nous voilà, dès le début, devant une définition complexe avec plusieurs niveaux d'emboîtement.

En retournant à la définition de N.A.Solncev (1949), nous retenons le caractère et l'approche systémique du paysage, le CNT ne détermine pas à lui seul le paysage mais une portion seulement. Cette approche est trop étroite, voire réductionniste, par rapport à celle de ses prédécesseurs. De plus, elle exclut l'homme du paysage.

Avant l'avènement du concept "géosystème", le concept de *"Landschaft"* a connu un fort rayonnement, depuis sa reprise au début du XIX^{ème} siècle par R.Hommeir (1805) et par

[10] idem

[11] Complexe Naturel Territorial

[12] souligné par nous

S.Passarge, et ensuite il fut hissé au rang de science en URSS. D'abord, en 1908 A.A.Borzov proposait le terme de *Landschaft* pour élargir le concept et le contenu du CNT. Le développement majeur de ce nouveau courant nous le devons à L.S.Berg qui, en 1913, définissait le *"Landschaft naturel"* comme une "région dans laquelle les éléments du relief, du sol et de la végétation sont organisés en un ensemble géographique, selon un mode qui peut se répéter à l'intérieur d'une même région géographique ; cet ensemble étant, par ailleurs, à l'aboutissement d'une chaîne historique de causalités et son organisation actuelle reposant sur le jeu de facteurs internes". Pour Berg, le *"Landschaft naturel"* était "un complexe génétiquement homogène, doté d'unité géologique, géomorphologique et climatique, composé d'un certain assortissement d'*ouroutchitche*[13], fortement liés les uns aux autres en ce qui concerne la dynamique, et qui se répète régulièrement dans l'espace".

Un moment majeur dans la géographie soviétique et est-européenne est représenté par l'année 1960 : aux notions de "paysage" et de *"Landschaft"*, V.B.Sochava rajoute celle de "géosystème". A partir de ce moment, la cohabitation des trois concepts – paysage, *Landschaft* et géosystème – déclenche de nombreux débats conceptuels, de nouvelles recherches méthodologiques et des axes de recherche diversifiées en géographie.
L'Europe Orientale et Centrale continueront dans la voie d'une approche très naturaliste, pragmatique, du complexe géographique. On parle de *"Géochimie du paysage"* (B.B.Polianov, 1956, A.I.Perelman, 1966) ou de *"Géophysique du Landschaft"* (D.L.Armand, 1964), dans ce type d'approche l'homme occupant une place tout à fait secondaire.
Une approche similaire, mais dans laquelle l'homme n'est pas exclu, s'est développée dans le monde occidental : la *Landscape Ecology* des anglo-saxons, dont la géoécologie en ex-RDA est assez proche.

[13] *ouroutchitche* : mot désignant, dans la science russe du géosystème un groupe de faciès (ou de sites). Le faciès, nommé aussi "géomère élémentaire", est un espace homogène réunissant des conditions naturelles plus ou moins complexes. (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1992, p.39).

L'espace francophone restera plus près d'une approche abstraite, subjective, du paysage. En 1961, Ph.Pinchemel écrivait : "Entre les milieux naturels et les groupes humains se scellent, de génération en génération, avec le fruit de l'expérience et de l'action patiente et séculaire, des *accords*[14] de plus en plus étroits, accords qui aboutissent à des paysages" (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). Ainsi, cette définition se trouve à l'opposé de celles données par V.B.Sochava pour le paysage : "un système complexe de faciès qui forment à l'intérieur de ce paysage des associations territoriales, des séries dynamiques et factorielles de genres différents" (1963) ou, encore, "Le paysage est ce *mécanisme*[15] qui organise les faciès, les sites et leurs associations primaires" (1969). Donc, un paysage d'où l'élément humain est exclu.

On peut alors s'interroger : comment rassembler, dans une seule définition, la partie "émotionnelle" et la rigueur scientifique liés à cette entité nommée "paysage", sans confusion, sinon sans contradiction ? Doit-on dire que géosystème et paysage sont deux entités différentes ? Que le paysage intègre le géosystème, ou que le paysage est intégré dans le géosystème ?

Dans sa définition de 1978, V.B.Sochava considérait que : "les géosystèmes sont des systèmes naturels, de niveau local, régional ou global, dans lesquels le substrat minéral, le sol, les communautés d'êtres vivants, l'eau et les masses d'air, particuliers aux diverses subdivisions de la surface terrestre, sont interconnectés par des échanges de matière et d'énergie, en un seul ensemble". Il faut remarquer le fait que cette définition n'assigne pas une étendue spatiale limitée au géosystème, celle-ci variant selon l'intérêt du chercheur et les objectifs de l'étude. Par contre, l'auteur ne fait pas référence aux communautés humaines. Dans le même sens, quelques années auparavant (en 1972), A.G.Isachenko définissait le paysage comme "une partie des unités taxonomiques de rang supérieur (régionales ou planétaires) dans lesquelles [le paysage] s'individualise par des critères de différenciation, et il représente, en même temps, comme tel, un système complexe d'unités taxonomiques de rangs inférieurs (faciès, *ouroutchitche*, *mesnost*), dont il tire son existence par le fait même de

[14] souligné par nous

[15] idem

leur intégration". Plus précisément, pour Isachenko le paysage est "*le géosystème de base*[16]" ou, autrement dit, l'auteur intègre le géosystème dans le paysage (tab. 1).

A.A.Krauklis (1984), chercheur de l'ex-URSS, exprime la même opinion en affirmant que : "la connaissance effective de la dynamique des géosystèmes n'est encore qu'une petite partie de l'étude des paysages".

Plus précis, voire plus complet, V.S.Preobrajenski (1983) affirmait que le paysage est composé "d'*une multitude de géosystèmes*[17] de rang inférieur" (fig. 7). De plus, il distingue des "géosystèmes naturels" et des "géosystèmes technico-naturels" qui, ensemble, constituent le "géosystème intégral" (Société + Nature).

Tableau no. 1 : Approches taxo-chorologiques des complexes géographiques naturels[18].

GEOMERES (ou géomesures de Sochava)	Ordre de dimensions		GEOCHORES
	Epigéosphère		
Séries de types d'environnements naturels (séries de paysages)	UITES dites « TAXONOMIQUES »	Planétaire	Aires physico-géographiques
Types d'environnements naturels (types de paysages)			Groupes de régions
Classes de géomes			Régions physico-géographiques (zonales ou altitudinales)
Sous-classes de géomes		Régional	Groupe de provinces ou zone naturelle
Groupes de géomes			Provinces, ou sous-zone...
Sous-groupes de géomes		Cartographie 1/1 000 000	Provinces
Géomes (*Landschaft*) (liés aux types de reliefs)	UNITES dites « MORPHOLOGIQ	Unités Echelles cartographiques 1/100 000	Macrogéochores (Territoire ou Paysage)
Classes de faciès (*Mesnost*) association d'*Ourotchitche* liée à un relief		« intérieures	Topogéochores

[16] idem

[17] idem

[18] Sauf mention spécifique, les tableaux insérés dans le texte ont été réalisés par l'auteur de cet ouvrage

Groupes de faciès (*Ourotchitche*) association liée à une forme topographique élémentaire		au 1/25 000 paysage »	Méosogéochores (groupe de sites) (quelques hectares)
Faciès (combinaison typologique primaire)		1/10 000 ou	Microgéochores (Site) (D = 20 à 50 m)
Faciès élémentaire Faciès individuel, homogène si biogéocénose		1/1 000 « topologiques »	Espace élémentaire (hétérogène, si chaînon de biogéocénose)
TAXONOMIE			**CHOROLOGIE**

Source: extrait de G.Rougerie et N.Beroutchachvili, 1991 ("Source: D'après V.B.Soceava, 1963, et, partiellement, A.G.Isachenko, 1972").

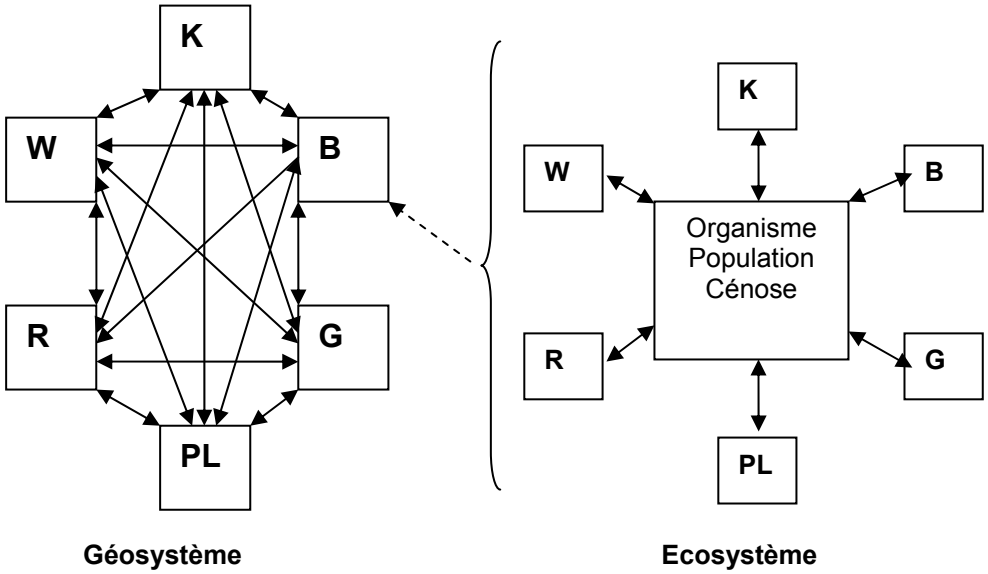


Figure 7 : Ecosystème et géosystème, selon S.Preobrajenski

K : climat	*PL : pédo et lithospères*
W : eau	*B : biosphère*
R : relief	*G : société*

Source : extrait de G.Rougerie et N.Beroutchachvili, 1991 ("Extrait de G.Haase, 1977")

A la même époque, en ex-RDA, G.Hasse et H.Richter (1983) considèrent que l'étude du paysage doit se limiter "strictement aux objets physiques et aux propriétés liées à la nature ainsi qu'aux objets matériels ajoutés par la société". Mais, quant à l'aspect émotionnel, subjectif, aux liens affectifs homme-nature, ces auteurs considèrent que celui-ci n'entre pas dans la sphère des préoccupations du paysage, opinion partagée par bon nombre de chercheurs de l'ex-URSS. Dans cette même conception ont longtemps évolué aussi les chercheurs roumains.

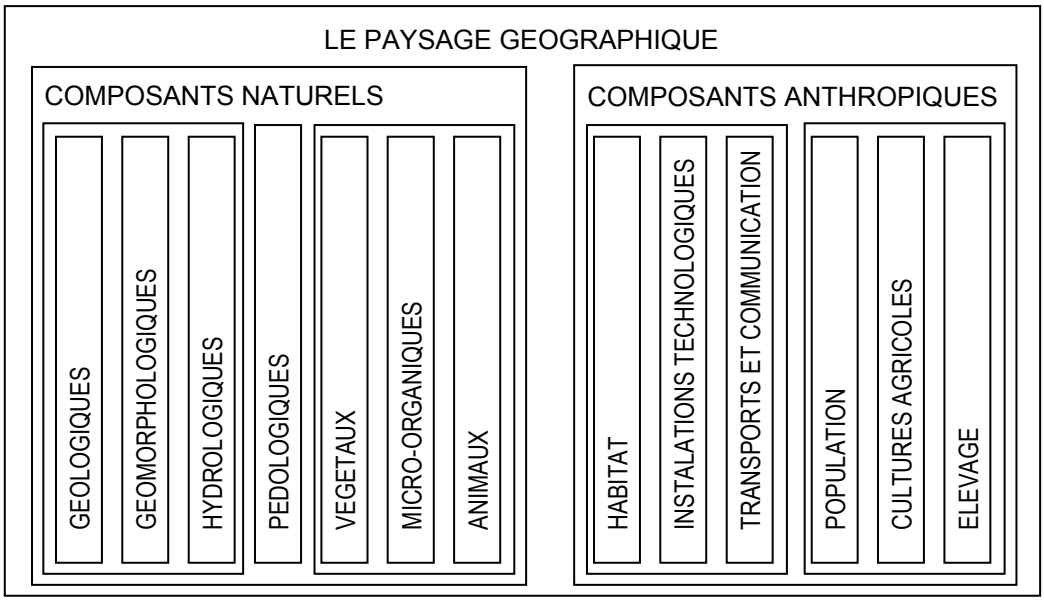


Figure 8 : Le contenu du paysage géographique selon I.Donisă (Source : I.Donisă, 1987)

De ce point de vue, l'espace francophone continuera à garder sa spécificité : l'homme occupe une place importante dans le paysage : il est le deuxième élément du binôme qui, avec la nature, conduit au paysage. Sa place est tellement bien mise en évidence (peut-être par souci de répondre à certaines opinions ultra-naturalistes qui l'excluaient complètement), qu'il arrive souvent à détenir la part majoritaire, presque exclusive, de ce binôme. Pour illustrer cette prise de position, nous pouvons mentionner les opinions de A.Bailly, qui considérait que l'objet du paysage est de renvoyer à "l'*expérience existentielle*[19] de chacun" (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991) ; P.Gourou, qui définit le paysage comme "des *aménagements voulus*[20] par des sociétés" ; ou A.L.Sanguin (1981) qui considère le paysage comme "l'*héritage intellectuel et spirituel*[21] d'un peuple".

[19] idem

[20] idem

[21] idem

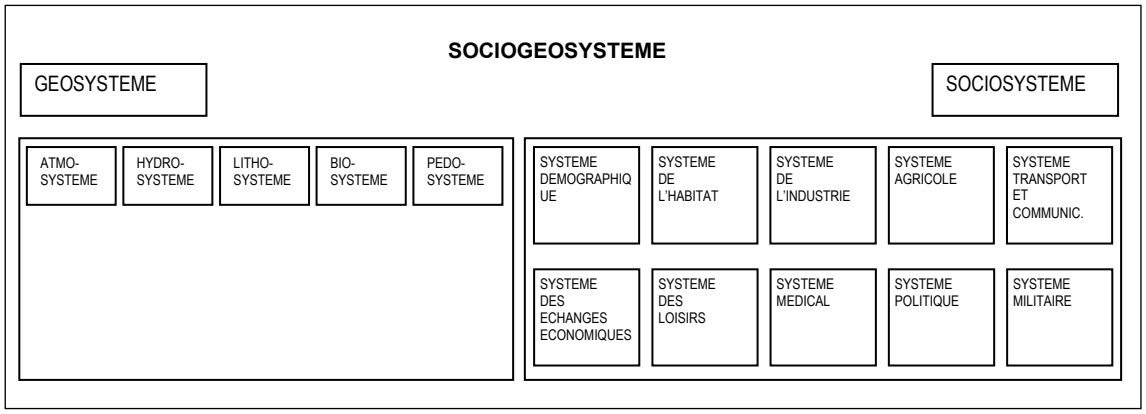


Figure 9 : Le contenu du sociogéosystème selon I.Donisă (Source : I.Donisă, 1987)

Cette approche bibliographique permet de souligner les différentes orientations scientifiques et cognitives que suscite le terme "paysage", et de constater l'écart énorme qui sépare les positions "paysage tout matériel" (position courante dans les écoles russes) et "paysage tout spirituel" (opinion fréquente dans certains milieux scientifiques francophones). Heureusement, il y a aussi des positions plus nuancées entre ces deux extrêmes qui voient le paysage "entre nature et société".

En France, G.Bertrand, représentant de l'Ecole de Toulouse, a relancé les débats sur le paysage en écrivant en 1968 : "Le paysage est, sur une certaine partie de l'espace, le résultat de la *combinaison dynamique*[22], donc instable, d'éléments physiques, biologiques et anthropiques qui, en réagissant dialectement les uns sur les autres, font du paysage un ensemble unique et indissociable."
Cl. et G.Bertrand (1975) expriment une opinion un peu différente, quelques années plus tard, à savoir que "Le paysage est, dès l'origine, un *produit socialisé*[23]".
Qu'est-ce que le paysage, objet ou concept ? Difficile à dire, G.Bertrand affirmant, en 1978, que "le paysage n'est pas un concept, tout au plus une notion foisonnante..." mais aussi que "le paysage est un système" car "ce sont les projets qui font naître le paysage à partir de

[22] idem

[23] idem

l'espace, et tous ces projets s'organisent en un système paysager qui se comporte comme révélateur des stratégies sociales."

Plus qu'un système, G.Bertrand voit dans le paysage "un *processus*[24], produit du temps et plus précisément de l'histoire sociale" (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991), "une *interprétation sociale de l'interface terrestre*[25]", "une production interne de la société ", "un *patrimoine culturel*[26]".

Bref, le mot paysage pourrait se résumer sous la formule suivante "paysage = homme + nature" car, et c'est toujours son opinion, "le paysage n'a de réalité et de sens que pour un groupe social".

Beaucoup d'auteurs, appartenant parfois à des écoles de pensée autres que celles de la géographie, ont des conceptions et des méthodes différentes.

H.Vogt voyait dans le paysage "l'aspect visible du géocomplexe, à structure déterminée et constituée de faits naturels et de faits humains".

R.Brunet apprécie que le paysage est "*source d'informations* et [...] *source de sensations*[27]" mais ajoute qu'il est "tout simplement ce qui se voit" (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991).

M.Phipps (1985) voit le paysage comme un "canal d'informations" entre espaces abiotiques et biotiques (fig. 11)

Pour A.Berque, le paysage conditionne les relations société-espace car il est "une *empreinte*, mais c'est aussi une *matrice*[28]".

J.P.Deffontaines (1981, publ. 1983) définit le paysage comme "une portion d'espace perceptible à un observateur, où s'inscrivent une combinaison de faits visibles et invisibles et d'inter relations dont on ne perçoit, à un moment donné, que le résultat final".

[24] idem

[25] idem

[26] idem

[27] idem

[28] idem

B.Lizet et F.de Ravignan (1987) voient dans le paysage "le *miroir*[29] des relations, anciennes et actuelles, de l'homme avec la nature qui l'environne".

Enfin, P.Blandin et M.Lamotte (1988) définissent les paysages comme des "agencements d'*espaces artificialisés*[30], expression des activités humaines accumulées dans des contextes géologiques, géomorphologiques, climatiques et biologiques particuliers".

Pourtant, en France on observe une approche similaire à celle de l'ex-URSS. Plus précisément, il s'agit de l'Equipe "Côte d'Ivoire", bâtie autour de J.F.Richard, au début des "années 80". Son nom est dû au fait que ce groupe de recherches, constitué surtout de spécialistes français au début, s'est développé et a effectué ses études en Côte d'Ivoire.

Parmi ses objectifs, l'équipe à voulu mettre au point un nouveau langage afin de décrire chacune des unités du milieu. Cette volonté d'élaborer un langage était déterminée par un souci d'harmoniser les "jargons" scientifiques afin de faciliter la communication entre les spécialistes.

[29] idem

[30] idem

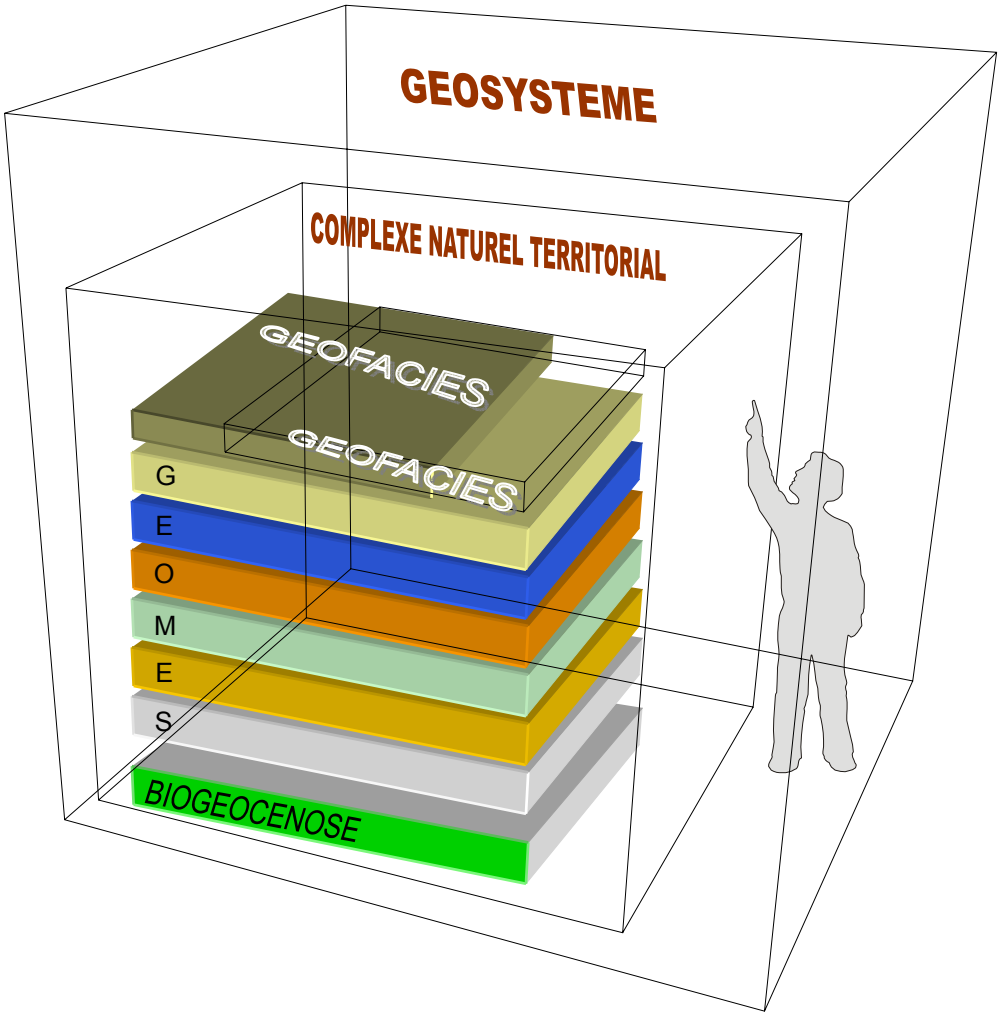


Figure 10 : Complexe naturel territorial et géosystème dans la conception de l'école russe

Ces chercheurs, inspirés par les emboîtements proposés par G.Bertrand, créent un langage transdisciplinaire permettant une meilleure communication entre les disciplines et aucune ambiguïté donnée au sens des mots.

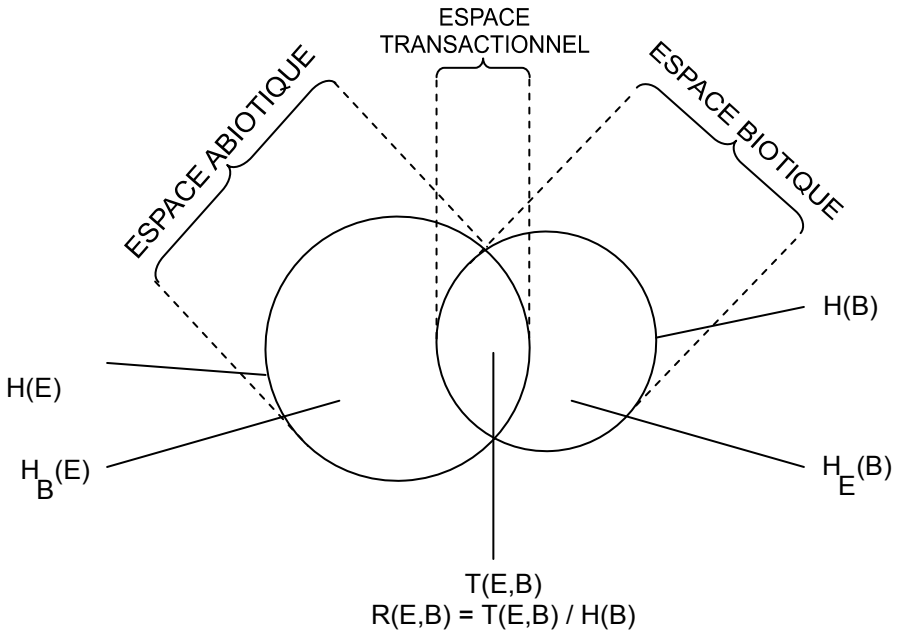


Figure 11 : Le paysage vu comme un « canal d'information » entre espaces abiotiques et biotique, d'après M.Phipps.

H(E) : Entropie spatiale des combinaisons d'états de descripteurs abiotiques
Entropie des messages abiotiques
Complexité environnementale

$H_B(E)$: Equivocation du canal d'information
Part des messages abiotiques non efficace dans la prédiction de l'état biotique

H(B) : entropie spatiale des types de communautés biotiques (ou type d'utilisation du sol
Entropie des messages biotiques
Complexité spatiale biotique

$H_E(B)$: Ambiguïté du canal d'information
Part d'indétermination résiduelle des communautés biotiques

T(E,B) : Néguentropie, information mutuelle
Mesure de l'organisation spatiale écologique du paysage
Diminution d'entropie due à l'espace transactionnel

R(E,B) : redondance du canal d'information

(Le chevauchement des deux cercles représente la redondance entre les deux espaces et l'organisation spatiale écologique du paysage.)

Source: extrait de G.Rougerie et N.Beroutchachvili, 1991 ("Extrait de M.Phipps, 1985")

Ils définissent la séquence paysagique (équivalente du géosystème), comme le modèle qui traduit structurellement et fonctionnellement le mode d'organisation du milieu (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). Elle est constituée de géons dans lesquels on met en évidence des hoplexols (équivalents des géohorizons du CNT) qui sont des "enceintes [...] qui s'expriment par des variations significatives, suivant la verticale, dans les rapports entre aéromasse, phytomasse, lithomasse...et qui peuvent être regroupés en trois niveaux majeurs : "supraplexion, correspondant à la dominance de la phytomasse, "infraplexion", correspondant à celle de la lithomasse, et "métaplexion", zone d'interaction entre les éléments de ces deux enceintes, de part et d'autre de la surface du sol." (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). Dans ce contexte, Koli-Bi Zueli (1981), qui a aussi participé aux travaux de l'équipe, considérait que "le paysage *naît de l'information*[31] mutuelle entre un type de forme [enveloppe physiographique] et un type de milieu, le contenu".

Une place originale dans le monde francophone du paysage est occupée par l'école de Besançon, qui essaie d'appréhender le paysage globalement, tant de manière objective que subjective et avec un regard spécial sur la partie visible du paysage (fig. 12). Cette école se remarque aussi par son souci d'introduire, dans la panoplie des moyens utilisés en recherche paysagère, des outils technologiquement avancés, en développant ses propres logiciels pour le traitement de l'information.

J.C.Wieber et Th.Brossard, deux des principaux représentants de l'école bisontine, écrivaient en 1979 : "Dans notre conception préalable, le paysage c'est tout d'abord une *forme* qui s'exprime, à travers la topographie, en termes géologiques, géomorphologiques surtout. C'est ensuite un *phénomène* qui s'exprime par un couvert, les strates de la végétation, leur disposition [...]. C'est enfin une *interface*[32] ".

[31] idem

[32] idem

Pour J.C.Wieber, le paysage est aussi une "*création de l'œil et de l'esprit*[33]", tandis que le géosystème est conçu comme sous-système producteur de paysage.

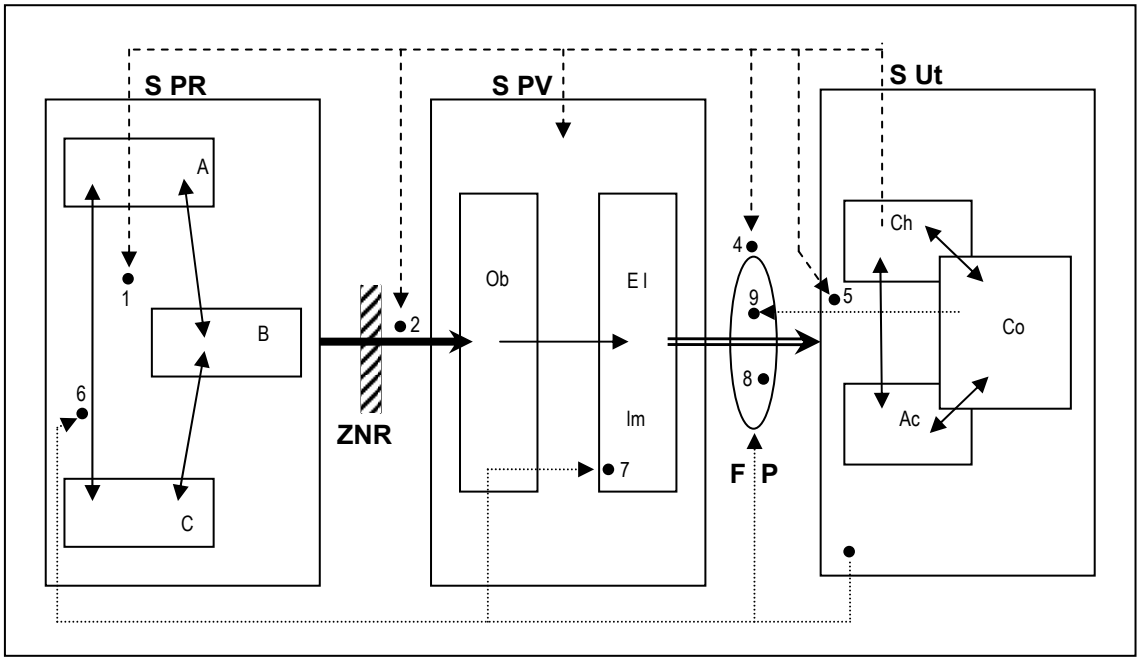


Figure 12 Le modèle systémique "paysage", selon l'Ecole de Besançon.
ZNR. Zone de non réductibilité ; FP. Filtre perceptif ; Boîtes : S Pr. Système producteur : A. Abiotique ; B. Biotique ; C. Construit. S PV. Système paysage visible : Ob. Objets ; El. Im. Eléments d'images.
S Ut. Système utilisateur : Ch. Recherche, étude ; Co. Consommation, vente ; Ac. Action, aménagement. Flux : Flèche noire : objets ; flèche creuse : images. Etude (flèche tiretée) : 1. Directe du S Pr ; 2. Indirecte du S Pr ; 3. Directe du S PV ; 4. Du filtre perceptif ; 5. Du S Ut. Action (flèche pointillée) : 6. Indirecte par l'aménagement, la construction ; 7. Directe sur l'aspect paysager ; 8. Sur FP par l'information, la législation ; 9. Sur FP par les choix, les mythes. (Source : extrait de Th.Brossard et J.C.Wieber, 1984)

Il faut remarquer, ainsi, trois éléments principaux dans ces propos : le fait que le géosystème est inclus dans le paysage ; l'approche systémique du paysage et, aussi, la préoccupation pour le visuel. Cette dernière préoccupation est bien mise en évidence par les affirmations de Th.Brossard : "le paysage s'offre à la vue en tous les points" et il repose sur "une infinité de regards".

[33] idem

A travers toutes ces définitions, il apparaît clairement que le paysage est difficile à saisir et qu'il pose un réel problème de sémantique au monde scientifique -comment le définir afin de pouvoir comparer les études qui lui sont consacrées ?

Pour G.Rougerie et N.Beroutchachvili (1991), "tout se joue, en somme, entre le support matériel et l'homme qui le perçoit, l'investit de sa subjectivité et l'utilise suivant son intentionnalité propre". D'abord, "le milieu naturel est un complexe dont l'organisation repose sur des inter relations matérielles et énergétiques ; le paysage, [apparaît comme] un complexe dont l'organisation repose sur les relations de l'homme avec lui" ; ensuite, "le paysage est *plus qu'un spectacle*[34] ; [car] sa face objectivement cachée est complétée, meublée, par les images mentales, le savoir et les affects du sujet".

2.3.2 Parmi les méthodes

Une fois le cadre conceptuel des recherches établi, les spécialistes du paysage et du géosystème ont dû :

- soit suivre une méthodologie préexistante ;
- soit développer leur propre méthodologie.

Si, dans le cas des différents contenus conceptuels assignés au paysage et au géosystème il y est difficile de dresser une synthèse, c'est encore plus hardi pour les approches méthodologiques.

De ce point de vue, il faut souligner que si un concept peut jouir d'une certaine stabilité dans le temps, et d'une certaine "plasticité" lorsqu'il s'agit de l'appliquer à l'étude de divers territoires, dans le cas des méthodes c'est moins évident. *En géographie, il est difficile de trouver une méthode qui puisse être appliquée, n'importe où dans le monde, sans la moindre modification, tel que le protocole d'une expérience physique*. Car, si en physique on étudie la matière à ses niveaux d'organisation les plus élémentaires, en géographie physique nous

[34] idem

avons affaire avec les niveaux supérieurs d'organisation de celle-ci, avec des modalités d'agencement et d'interaction spatio-temporelle des objets géographiques, des processus et des phénomènes qui peuvent se tresser d'une façon très complexe.

C'est pour ces raisons que le géographe est obligé d'adapter en permanence sa méthodologie aux réalités du terrain étudié et, si cette méthodologie ne donne pas les résultats escomptés, il faut en imaginer une nouvelle. Ainsi, nous nous retrouvons devant un nombre impressionnant d'études développant des approches méthodologiques différentes qui peuvent se regrouper en trois grandes catégories :

A. L'approche objective, dans laquelle le paysage est traité en tant qu'objet : ce n'est pas la plus ancienne mais la plus développée et la plus expérimentée.

Son plus fort développement est connu en ex-URSS. Dans ce(s) pays, l'approche géophysique et thermodynamique du CNT, avec une forte composante cartographique, est très clairement mise en évidence (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991). L'accumulation d'un fond de données impressionnant suite aux mesures effectuées sur le terrain dans les nombreuses stations expérimentales, concernant l'état du géosystème et son évolution spatio-temporelle, a rendu nécessaire la modélisation mathématique, voire cybernétique (utilisant les outils spécifiques à la théorie de l'information).

Des démarches similaires – expérimentation et mesures détaillées sur le terrain avec appareils enregistreurs – ont été effectuées dans d'autres pays aussi comme : l'Allemagne, la Grande Bretagne, les Etats-Unis etc.) mais, et c'est un fait reconnu, partout les résultats sont restés fragmentaires et incomplets par rapport à l'étendue et à la complexité de l'objet d'étude. Pour cette raison, on a essayé de se focaliser sur quelques composantes du milieu, de les étudier par rapport aux autres constituants de celui-ci, dresser des représentations cartographiques à l'appui des décisions d'aménagement du territoire. Cette voie est courante dans des pays tels que la France (où il faut remarquer les travaux du CEPE de Montpellier), le Canada, le Japon etc.

Il faut souligner que cette approche comportant des données multiples et pointues pose le problème de la réitération en d'autres lieux, de coûts exorbitants et de la généralisation.

B. L'approche subjective, la plus ancienne, a connu un développement important dans les pays occidentaux alors qu'elle restait secondaire dans les pays qui se trouvent sous l'influence des concepts de géosystème et de *Landschaft* de l'école soviétique.

A la base de la plupart des méthodes employées dans ce type d'approche, se trouvent des indicateurs visuels d'évaluation sensorielle du paysage, indicateurs ultérieurement quantifiables. Mais, étant donné la complexité de la structure et des réactions psychologiques de l'être humain, le point jusqu'auquel l'homme peut être tributaire des expériences vécues et de certaines conjonctures de moment, peut-on vraiment dire que ces indicateurs visuels engendrent l'objectivité indispensable à une étude scientifique ?"...En bref, toutes les choses que les méthodes d'évaluation comparative mesurent normalement peuvent ne pas inclure les variables qui réellement déterminent notre réaction esthétique" (J.Appleton, 1987).

L'emploi des méthodes d'évaluation sensorielle du paysage qui s'appuient sur des grilles de lecture (dans des pays tels que : les Etats-Unis, le Canada, la Grande Bretagne, la Suisse ou, encore, la France), n'a pas toujours apporté l'objectivité recherchée dans cette approche.

C. L'approche intégrative, complexe, du paysage, cognitive et affective à la fois, a été expérimentée aussi bien dans les pays Occidentaux qu'en Europe Centrale et Orientale, mais il reste encore des progrès à faire. D'abord, il faut trouver le moyen de transformer les données qualitatives en données quantitatives, donc d'appréhender ce qui est affectif dans le paysage, saisir la valeur esthétique qu'un groupe humain lui accorde et, ensuite, intégrer cette analyse avec celle du support matériel de ce paysage. Facile à dire, beaucoup plus difficile à faire.

Longtemps cantonnés dans des études strictement naturalistes sans réellement intégrer l'homme, les chercheurs de l'ex-URSS tentent depuis quelque temps de remédier à cet état de choses. Depuis le début des années "80", Preobrajenski (1983) parle d'une "co-création" du paysage, au sujet des rapports homme-nature : c'est à dire "...la suite de changements d'état des géosystèmes qu'entraîne l'adjonction d'une pression anthropique au seul fonctionnement naturel fondé, lui, sur l'auto-organisation du système. Il en découle la nécessité de mettre au

point de nouvelles méthodes d'investigation qui ajoutent aux paramètres physiques et chimiques habituels ceux qui relèveraient d'une "géoqualimétrie".

L'intérêt pour ce type d'approche complexe du paysage, pour élargir les voies des approches classiques du géosystème, a conduit à un nombre important de recherches dans les pays occidentaux.

Géographes, agronomes, écologistes, architectes, aménagistes et bien d'autres, tous ont tenté dans cet esprit d'élaborer de nouvelles méthodes.

On remarque cette tendance en France, surtout, avec les besoins de l'aménagement. Deux écoles se signalent par leurs recherches et que nous avons déjà mentionnées. D'abord, l'Ecole de Toulouse où G.Bertrand (1978) entend par approche complexe du paysage "d'appréhender globalement le paysage dans sa dimension socio-écologique". Ensuite, l'Ecole de Besançon, représentée par J.C.Wieber qui essaie de mettre au point des méthodes et techniques intégrant l'analyse des trois sous-systèmes qui constituent le paysage : le sous-système producteur du paysage matériel, le sous-système du paysage visible et, enfin, le sous-système utilisateur, celui du paysage-vécu (G.Rougerie, N.Beroutchachvili, 1991).

D. La vague "cyberespace". Jusqu'il y a environ 20 ans, les outils mis en oeuvre, quelle que soit l'approche utilisée, sont restés assez "classiques". Toute étude du paysage ou du géosystème supposait une étape de terrain lourde, durant laquelle on accumulait une quantité importante de données. Ces données, une fois ramenées au laboratoire, étaient traitées et transformées, le plus souvent, en graphiques et cartes, et ultérieurement interprétées.

La révolution technologique des "années 70" et "80" a apporté un nouvel instrumentaire en géographie, raison pour laquelle dans cette science un nombre important de chercheurs s'est dirigé vers les outils statistiques et informatiques. Pourtant, les sources et les moyens d'acquisition de données restaient, fondamentalement, les mêmes : campagnes de terrain, menées, certes, avec des outils plus performants, sondages, recensements, expériences en laboratoire etc. Malheureusement, pour le géographe, dominer la Terre, son objet d'étude est souvent difficile. L'arrivée sur le marché dans les "années 70" de nouveaux outils comme les données satellitales (Landsat, SPOT, NOAA etc.) lui a permis d'aborder autrement l'analyse de l'espace géographique.

A partir de 1972 et, surtout, durant les "années 80", nous avons assisté au déploiement massif, dans l'espace, d'outils prêts à offrir au grand public des informations, réservées auparavant à des cercles très restreints : les données satellitales, tels que Landsat, Spot, NOAA, Meteosat etc.

Le problème majeur de l'arrivée de nombre d'outils dans une discipline scientifique, c'est que *beaucoup de gens confondent science et technique*. Certes, la télédétection a beaucoup apporté aux géographes, mais elle a ses limites que seule l'observation humaine peut dépasser : "il ne faut pas s'imaginer qu'on peut analyser les aspects botaniques d'une prairie avec un capteur de satellite"[35]... L'augmentation, dans ce domaine, du nombre d'études, des champs d'applications par diversification et perfectionnement des capteurs, du niveau de détail atteint, a suivi de très près le développement de la micro-informatique.

Plusieurs équipes de recherches de différents pays (Etats-Unis, Russie, France, Canada, Australie) se sont lancés dans cette nouvelle aventure ; ensuite, grâce au perfectionnement des capteurs, aux nouveaux lancements effectués et à la baisse des prix des images satellitales, des chercheurs toujours plus nombreux ont eu recours à cet outil pour étudier des fragments de la Terre. Les données couvraient des territoires plus grands ; les images disponibles pouvaient embrasser toute la planète et, surtout, les capteurs montraient souvent des choses imperceptibles à l'œil nu ou sur les photographies aériennes par le biais de longueurs d'onde hors du visible. Ce n'est pas pour autant que tous les chercheurs, tous les universitaires aient été gagnés par ce pari qui, pour beaucoup, était soit un pari dépourvu d'intérêt, soit un pari risqué. Et pourtant...

"Cette possibilité qu'offre l'outil satellitaire de disposer d'informations diachroniques régulières, liées aux révolutions du satellite, est l'un des principaux intérêts de ce type de télédétection. De ce point de vue, c'est sans conteste un gain technique pour apprécier la vie et les transformations des paysages [fig. 13, N.A.]. L'intérêt se situe, d'ailleurs, à plusieurs échelles de temps : le suivi d'une évolution, dans la longue durée [...]. La deuxième performance [...] est l'ampleur que revêt la saisie de l'information. D'une part, les images couvrent de larges étendues, permettant les vues d'ensemble et permettant de situer dans leur

[35] M.HOTYAT, 1996, doc. inédits

contexte les études thématiques. D'autre part, chaque image, comme chaque pixel, intègre des faits multiples en une vue synthétique" (M.Hotyat, 1990).

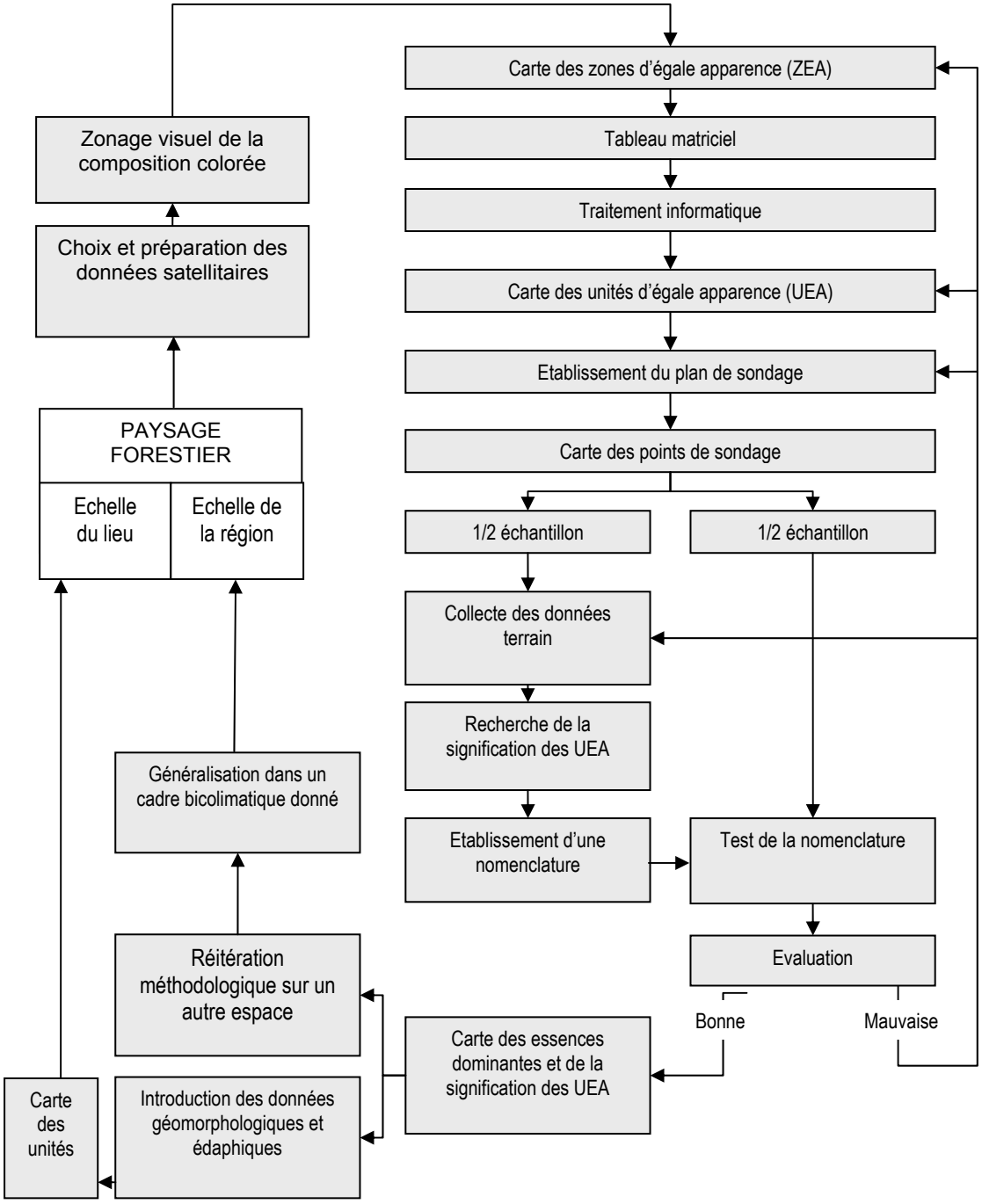


Figure 13 : Organigramme d'une méthode d'étude de paysage forestier utilisant la télédétection satellitaire. (Source : extrait de J.P.Amat et M.Hotyat, 1983)

En réponse à ces avantages, on note un nombre important de travaux développant des méthodes adaptées aux objectifs proposés mais qui, au fur et à mesure que le temps passait, ont dû avouer leurs limites. Qu'il se soit agi d'étudier le type d'utilisation du territoire aux Etats-Unis ou en Europe, d'analyser le paysage forestier en France ou dans la taïga sibérienne, le paysage des grandes étendues australiennes ou la déforestation en Amazonie, le recours à la vérification des faits sur le terrain est restée indispensable, au moins avec les actuels moyens civils. Ceci car, d'une part, le pixel ne peut être que *synthèse* de plusieurs objets et phénomènes, selon le rapport existant entre la résolution du capteur et la dimension des objets observés ; d'autre part, lorsque les observations en visible ne sont pas possibles, on utilise des capteurs conçus pour enregistrer juste une partie du spectre électromagnétique, ce qui fait que certaines caractéristiques de l'objet observé restent imperceptibles.

Une chose est sûre : les satellites ont ouvert de nouvelles voies et ils ont apporté de nouvelles perspectives pour l'étude de la Terre. Cette combinaison des données acquises par voie satellitales et des données recueillies sur le terrain permet, aujourd'hui, de progresser plus vite dans la connaissance du support matériel du paysage et dans la connaissance du géosystème dans son ensemble. C'est cette combinaison de données qui pourra nous permettre de passer de l'échelle locale à des échelles régionales et globales d'étude, de saisir les macrostructures, de comprendre le fonctionnement, d'observer les trames spatiales, de prendre conscience de l'évolution spatio-temporelle, de cerner ses lois, d'aménager rationnellement l'espace.

2.4 Analyse critique des définitions du paysage

Tout au long de cette présentation des définitions du paysage, nous avons remarqué certains mots ou membres de phrase qui semblent concentrer l'essentiel de la conception de leur auteur. Dans ce contexte, étant donnée la diversité des points de vue exprimés, nous nous sommes demandés si J.C.Wieber avait raison lorsqu'il disait, au sujet du paysage, que :

"...tous les sens du mot et toutes les approches sont légitimes" et qu' "il ne peut y avoir de définition unique et fermée". Dans cette analyse critique nous nous sommes appuyés sur les définitions que le dictionnaire *"Le Petit Robert"* (1988) donne pour des mots communs tels que : phénomène, objet, chose, mécanisme, système etc.

- Le paysage est-il un objet ? Oui, car autant d'un point de vue concret qu'abstrait le paysage affecte nos sens, spécialement la vue ; il se présente à la pensée, étant occasion ou matière pour l'activité de l'esprit. Il peut, donc, être empreinte et matrice, source d'information et source de sensations, il peut être une portion de l'espace analysée et analysable visuellement.
- Le paysage est-il un objet concret et mental à la fois ? Oui, car, d'un côté, il a un support matériel et l'isolation d'une notion de qualité, de relation, au sujet de ce support n'est pas impérative mais possible ; de l'autre côté, il est mental car son expression se forme dans notre esprit, sans impliquer d'ailleurs, forcément une expression orale ou écrite. Donc, il est à la fois une "création de l'œil et de l'esprit", un objet de perception et on peut lui assigner une qualité artistique.
- Le paysage existe, c'est un objet et, donc, il peut être sujet de recherche. Etant un objet divisible, il est, donc, aussi un ensemble. Etant constitué d'autres objets (y compris animés) qu'on retrouve dans la nature, il peut constituer (sans qu'il le soit obligatoirement) un objet de recherche de la géographie physique ou humaine, régionale ou globale.
- Ce paysage, peut-il être un héritage intellectuel et culturel, un produit socialisé ? Oui, car chacun de nous a son propre système de référence psychologique, système qui résulte d'une combinaison dynamique entre son tempérament (inné), son caractère (acquis dans sa vie sociale et lors de son éducation de base) et sa formation intellectuelle. Alors, nous pouvons considérer, au moins partiellement, le paysage comme un patrimoine culturel et une production de la société, voire comme un miroir des relations entre l'homme et la nature (lorsqu'il s'agit d'un espace ayant subi une forte intervention anthropique).

Par contre, il est difficile de le considérer, au premier degré et toujours, comme une production de la société, mais plus entre nature et culture. Ni comme interface, car s'il existe une interface entre paysage – en tant que concept – , la nature – en tant que source, et l'homme – en tant que sujet qui prend conscience de son existence – , alors cette interface dépend de nos organes sensoriels et de notre cerveau. On ne peut le considérer, non plus, comme interprétation sociale de l'interface terrestre car qu'est-ce que l' "interface terrestre" ? Par contre, il est une combinaison dynamique instable, car le paysage n'est pas constitué d'un seul objet et un changement peut affecter n'importe quelle composante naturelle. Le paysage peut être aussi un accord (état qui résulte de la présence simultanée de choses qui ont des rapports...) entre l'homme et les milieux (naturels) mais cet accord a du mal à trouver son équilibre, il est rarement favorable simultanément aux deux parties.

On peut même considérer le paysage comme un mécanisme, en quelque sorte, puisqu'il s'agit d'une combinaison d'entités naturelles ou anthropiques dont l'agencement engendre un fonctionnement d'ensemble. Etant donné, d'une part, que le paysage *est* un objet et que, d'une autre part, *il présente* une évolution spatio-temporelle, nous pouvons aussi le considérer comme un phénomène : il se manifeste à notre conscience et il peut nous surprendre par son aspect ou par ses transformations inattendues.

Enfin, parmi ces propriétés et/ou ces caractéristiques assignées au paysage, deux reviennent très fréquemment, presque comme des axiomes. La première stipule que le paysage est une partie ***vue*** de l'espace. La deuxième, courante dans les pays de l'Europe Orientale, dit que le paysage est un ***système***.

Le mot "système" n'est pas très nouveau. Selon *"Le Petit Robert"*, il est signalé en 1552, ensuite il a disparu pour réapparaître en 1650 et a connu une réelle expansion à partir du XIX^{ème} siècle. L'origine du mot système se trouve dans le mot grec *sustêma* qui signifie assemblage, composition. Dans ce même dictionnaire, nous avons retenu quelques uns des sens contenus dans le mot système, sens présentés dans les lignes qui suivent.

Le système est un ensemble organisé d'éléments intellectuels. Le fait que le paysage est constitué de plusieurs composantes qui ont une représentation mentale et, souvent, un contenu conceptuel, lui confère le caractère de système.

Le système est un ensemble d'idées, logiquement solidaires, considérées dans leurs relations ; construction théorique qui forme l'esprit sur un vaste sujet. Pour ce qui tient à son étendue, le concept (et le sujet) "paysage" n'est pas un des plus petits : il ressemble fortement à une construction théorique de notre esprit, à un sujet d'une réalité concrète de trop grandes dimensions pour que ce même esprit puisse appréhender au moins une partie de cette complexe réalité qui nous entoure.

Pourtant, le sens pris par le mot système depuis 1650 semble plus adéquat pour l'esprit d'un scientifique qui travaille dans le domaine des sciences de la Terre ou pour un physicien : ensemble possédant une structure, constituant un tout organique.

Ou, peut-être, le physicien préférerait-il la définition suivante : région de la matière contenant une quantité définie de substance ; ou plan d'arrangement des termes d'un ensemble matériel ("Le Petit Robert", 1988).

Enfin, le géographe pourrait être attiré par cette autre définition du système : ensemble structuré d'éléments naturels de même espèce ou de même fonction. Enfin, le système pourrait être la distribution d'un ensemble d'objets de connaissance selon un ordre qui en rend l'étude plus facile ("Le Petit Robert", 1988).

En comparant tous ces sens du mot système avec ce que nous connaissons sur la constitution du paysage, avec le fait que le paysage est en perpétuel changement, que les transformations sont régies par des lois naturelles soumises aussi au bon gré de l'intervention anthropique, alors nous pouvons dire, sans craindre de se tromper, que le paysage *est* un système.

Devant ce déluge de définitions, est-il opportun et raisonnable que les chercheurs continuent à en proposer d'autres pour le paysage ? Il est déjà clair que les propos de J.C.Wieber mentionnés au début de cette analyse sont largement justifiés et nous ne voyons pas de raison pour quoi ils perdraient leur validité dans un proche avenir. Et même les paroles de Verlaine, "Vôtre âme est un paysage choisi", semblent tout à fait valables.

Finalement, toutes ces définitions, justifiées, ont l'air d'un essaim de mots différemment habillés qui valsent sur cette musique nommée "paysage", sans parvenir à trouver les pas parfaits, tandis que la valse est menée par l'inspiration des chercheurs, des artistes, des philosophes, selon l'air du temps...

Pourtant, les trois derniers sens évoqués en ce qui concerne le système, mis à côté du fait que le paysage *est la partie vue* du complexe géographique, pourraient nous aider à jeter un regard différent sur le concept de paysage.

A son sujet on peut, d'abord, constater trois propriétés simultanées : il est en même temps réel, mental et abstrait ("abstrait" dans le sens de vague, flou...).

On doit remarquer qu'il *n'est pas nécessaire de voir* tout ou partie d'un complexe géographique pour se représenter un paysage, comme s'il se trouvait devant les "yeux". *Il suffit* de *lire* ou d'*entendre* un conte de fées, pour "naviguer" à travers des paysages que nous n'aurons, peut-être jamais, la chance de toucher un jour avec nos mains, nos pieds, et de percevoir par l'intermédiaire de notre rétine. Chacun d'entre nous a connu cette expérience : aussi bien l'enfant qui est amené par ses parents, pour les vacances, dans des îles sous les tropiques, que l'homme qui retrouve la liberté de circuler à travers le monde après l'écroulement d'une dictature.

Ce n'est pas le fait qu'*il puisse* y avoir un contraste immense entre l'imaginé et la réalité, qui compte, mais le fait qu'un lieu *n'a pas besoin d'être vu* pour qu'il y ait paysage ! Et, ceci, grâce à la capacité imaginative de l'être humain, au fait qu'on peut avoir une réaction affective et esthétique à l'égard d'un espace jamais aperçu mais bien connu à travers la reconstitution mentale qu'en a fait notre cerveau, à partir de descriptions orales ou écrites.

Ce type de reconstitution se réalise par petits fragments d'information qui s'assemblent, au début, en des objets mentaux épars. L'espace vide entre ces objets sera, au fur et à mesure que le temps passe, rempli par d'autres objets jusqu'à ce qu'on obtienne une image mentale brute. En se posant des questions sur les propriétés de chaque objet qui la constitue, en découvrant les liens qui relient, en réalité, ses composantes, l'image s' "anime", devient un "organisme", se transforme en système. L'image mentale brute est évaluée par rapport à nos critères esthétiques, d'utilité ou, plus généralement, d'intérêt ; ensuite nous émettons un avis à son sujet et à cet instant l'image *devient* paysage.

Enfin, nous savons que l'image système que nous venons d'analyser n'est pas finie, elle fait partie d'un espace plus large : cette image n'est qu'un "morceau" de la planète, une partie du géosystème.

Prenez la Terre, dites-vous qu'elle est quasi-transparente et vous aurez devant vos "yeux" une image de très grandes dimensions, qui est une image système. Si la transparence de l'opaque est difficile à concevoir, prenons la Terre, projetons chacune de ses couches sur des gigantesques morceaux de verre plat superposés, et regardons le résultat : une image système en 3D, légèrement déformée à cause de la projection dans ses proportions, d'un objet réel - notre planète.

Ce que nous voyons et comprenons, dans les deux cas décrits ci-dessus, c'est le géosystème.

Demandez-vous à quoi le géosystème peut-il être utile, s'il a une certaine beauté ? Interrogez-vous sur la présence de tous ces axes de transport à la surface de la Terre. Demandez-vous quel effet produirait, sur telle communauté humaine, le fait qu'une autre communauté pourrait détruire cette tâche verte que vous voyez, là-bas, à l'autre bout, et qu'on appelle forêt. Donnez une réponse à toutes ces questions et *vous constaterez l'apparition d'un sentiment*. A cet instant précis, le géosystème est devenu paysage.

Nous pensons qu'au lieu de dire que le géosystème ou le paysage sont inclus l'un dans l'autre, il serait mieux d'affirmer qu'il s'agit de deux entités qui s'intersectent. Que l'existence du paysage est due à l'existence simultanée de deux éléments : le géosystème *et* le raisonnement.

Parce que le raisonnement est l'apanage de l'homme qui fait *partie intégrante* du géosystème... alors *géosystème et paysage sont partiellement inclus l'un dans l'autre simultanément* ! La naissance d'un paysage, ensuite gardé dans la mémoire de l'être vivant pour un certain temps, accroît la complexité de cet élément du géosystème et, par conséquent, du géosystème lui-même. A l'inverse, la complexité peut décroître avec l'oubli... ; ou, au contraire, la complexité vidée de son sens peut être seule retenue.

Par le fait même d'être, la Terre produit une image qui, grâce à divers types de rayonnements, se répand dans l'Univers. Des êtres vivants, nés au fil de l'évolution naturelle de l'Univers, se sont transformés et ont acquis la conscience d'exister et le raisonnement. L'image que la Terre répand, filtrée par le raisonnement de ces êtres, devient, dans le cas de l'homme, géosystème. Chaque image système qui contient aussi, outre ses éléments constitutifs, les

interactions complexes et les inters relations, réelles ou abstraites, qui les unissent entre eux, détermine des affects qui contribuent à l'apparition du paysage.

Le paysage représente une réaction psychologique consciente accompagnée d'un jugement esthétique, au sujet d'une image système reposant sur un espace réel complexe. Cet espace, ayant une étendue quelconque et représentant soit une partie soit la totalité du géosystème, est constitué par l'ensemble des objets qui y sont présents et par les différents types de relations qui s'établissent et qui sont établies entre ces objets. Quant au jugement esthétique, il consiste dans la comparaison de caractéristiques de l'image système avec un ensemble de normes prédéfinies, formant un système de référence qui reflète les conceptions d'une communauté humaine au sujet des traits esthétiques et des capacités de répondre à certaines nécessités matérielles ou intellectuelles.
L'image système peut être reçue par l'être vivant soit directement, sans intermédiaire entre lui et la réalité qu'il observe ; soit indirectement, sous la forme d'informations concernant cette réalité, informations qui ont déjà fait l'objet d'une altération par des moyens techniques ou par un filtrage mental (ce qui implique aussi un filtrage culturel).

Devant cette complexité du problème, le nombre d'avis qui a été exprimé dessus, peut-on répondre maintenant à la question : quel est le support du paysage ? Selon la définition que nous avons donnée, le support est l'image système ; le facteur qui déclenche l'apparition du paysage est l'intérêt qui nous fait comparer une image à un certain système de référence ; le processus qui mène à la formation du paysage est le raisonnement.
Connaître le support de l'image système, qui est une partie du géosystème, – voire le géosystème en son entier –, équivaut à connaître aussi le support de celui-ci.

Fait incontestable, le géosystème repose, parmi d'autres, sur des éléments concrets matériels : roche, eau, air, végétation etc. Il contient aussi des éléments concrets énergétiques : rayonnements électromagnétiques, rayonnements ionisés dus à la désintégration des substances radioactives etc. Une partie des éléments concrets rencontrés aujourd'hui sont dus

à l'activité de l'homme (habitations, routes etc.). On peut dire que tous ces éléments constituent le *support matériel du géosystème* et, par conséquent, celui du paysage aussi.

Devant nous, ce support matériel se présente sous la forme d'un complexe constitué de plusieurs couches structurées mais sans avoir de limites franches. Dans une coupe verticale de ces couches, nous pouvons remarquer celle du monde vivant d'où, à un certain moment de l'évolution, s'est détaché un être particulier : l'homme. Grâce à ses capacités intellectuelles qu'il a su perfectionner au cours du temps, et à sa persévérance, cette espèce du monde vivant a mis son empreinte sur toute la surface terrestre, sur toutes les composantes du géosystème, voire sur le fonctionnement de celui-ci. A tel point que, dans cette coupe verticale, l'homme observe une couche introduite par lui-même, strate plus ou moins épaisse dans laquelle son empreinte personnelle efface les traits originaux de l'espace naturel. Celle-ci est l'anthroposphère, création humaine qui s'insère jour après jour, comme les molécules d'un gaz, parmi les autres couches du géosystème, en les modifiant jusqu'à ce que, par endroits, elles perdent leur identité originelle jusqu'à devenir une autre couche.

Pour aboutir à cette performance, l'homme a dû développer une vie communautaire largement plus intense et plus sophistiquée que les autres êtres vivants. Des intérêts communs ont bâti des ponts de communications entre les groupes humains. Ponts par lesquels ces intérêts trouvent un moyen de se rejoindre et de déterminer des actions communes. Aussi indéchiffrables qu'un signe que personne n'a jamais rencontré auparavant, abstraits dans leur propre essence car ils ne sont que des objets mentaux représentant une réalité parfois douteuse, ces intérêts et le monde virtuel qui est bâti autour d'eux font partie intégrante du géosystème. Au moins pour une raison : ils sont la création d'une autre composante de celui-ci, l'être humain.

C'est une partie du monde virtuel créé par l'homme qui contribue à la formation et à la compréhension des images système, sources de paysage. C'est un monde virtuel qui inclut les objets mentaux et les liens établis entre ceux-ci, ainsi que les liens inter humains, et qui constitue la deuxième composante majeure du géosystème : la composante virtuelle, abstraite. On peut donc parler également non seulement d'une *composante virtuelle du géosystème* mais aussi d'un support virtuel pour le paysage.

Pour conclure, selon sa nature, le support du géosystème et du paysage peut être :

- naturel matériel, et dans ce cas nous pouvons parler de **composantes naturelles du géosystème** (CNG) ce qui correspond habituellement au "*cadre physico-géographique*" (substrat géologique, relief, atmosphère, eaux etc.) ;
- anthropique matériel et virtuel, et dans ce cas nous pouvons parler de **composantes anthropiques du géosystème** (CAG), par lesquelles nous entendons la société humaine (activités et leurs résultats etc.).

2.5 Zones d'ombre dans l'analyse du géosystème : pourquoi continuer les recherches

Ce bilan sur les concepts et les méthodes employés dans l'étude du géosystème et du paysage est... juste une esquisse. Pourtant, même dans cette situation, nous pouvons déceler quelques aspects qui, moins approchés dans des études antérieures, pourraient faire l'objet d'une recherche complémentaire dans le travail ici présent.

Il faut remarquer que la plupart des études se concentrent sur l'analyse de l'état du complexe géographique à un moment donné, ce qui engendre une étude statique. Lorsqu'il s'agit d'analyses approfondies, de l'état du système à différents moments du temps, les auteurs parlent de "dynamique du système" ou de "dynamique du paysage", cette dynamique étant entendue comme *évolution temporelle* de l'unité naturelle étudiée *dans son espace donné*. Pourtant, un changement quelconque peut avoir lieu avec des vitesses différentes ; ces vitesses de transformation peuvent ne pas être constantes ni dans le temps, ni dans l'espace.

Une autre chose qui pourrait s'avérer intéressante dans une étude systémique est de connaître, à un moment donné, la "vitesse" de changement des caractéristiques du milieu dans l'espace. Ces changements pourraient être analysés, éventuellement, à des échelles plus grandes sur le territoire donné et à travers les différentes couches constituant le complexe géographique.

Enfin, il serait intéressant de voir si nous pouvons effectuer un zonage de l'espace selon les particularités de ces changements. Autrement dit, voir si nous pouvons aboutir à un *zonage de l'espace fait à partir des particularités d'une réelle dynamique spatiale et non pas seulement à partir des traits de l'état du géosystème* (traits qui sont approchés, plutôt, d'une manière statique et ponctuelle). Est-ce que ce type de zonage coïncide avec les zonages classiques ? Est-ce que nous pouvons trouver un moyen de faire une analyse de ce nouveau type de zonage en termes dynamiques, mais à travers le temps ?

En fait, la question qui se pose est de savoir si nous avons un moyen d'analyse dynamique tridimensionnelle : les axes "x" et "y" définissant la position géographique du territoire, tandis que l'axe "z" représente l'échelle du temps sur laquelle seront "empilées" les différentes strates appartenant à une seule composante thématique pour tout le territoire.

L'enjeu est d'aboutir à une analyse plus objective du géosystème qui, à son tour, nous renvoie des images système, sources de paysages. Objectiver un peu plus l'analyse de ce type d'images signifierait aussi qu'on objective, un peu plus, l'analyse du paysage.

L'ambivalence du mot paysage, qui fait de lui un terme "...imprécis, donc commode" (G.Bertrand, 1968), se trouve, à notre avis, à l'origine d'un bon nombre de difficultés de la géographie. Il faut dire que le géosystème, à son tour, n'a pas été épargné par les manques de précision, qu'il a connu des interprétations diverses selon les écoles. Ces imprécisions nous ont engendré, non pas seulement un irréconciliable désaccord entre spécialistes, mais une réelle explosion de termes et définitions des unités taxo-chorologiques qui n'ont parfois plus de point commun. En ce qui concerne le paysage, c'est l'ambivalence de son support et la labilité psychique de l'homme qui l'interprète qui se trouvent à l'origine de cette fameuse polysémie. Le géosystème, mot beaucoup moins véhiculé que "paysage", ne se trouverait-il pas devant ce même danger ?

Les interrogations précédentes dont les réponses disponibles à l'heure actuelle ne sont pas toujours satisfaisantes, prouvent le fait qu'il y a encore de nombreux points à éclaircir en ce qui concerne l'étude du géosystème et du paysage.

Comme suite à cette interprétation personnelle de la situation, nous considérons que la recherche dans ce domaine devrait se poursuivre au moins pour trois raisons :

- D'abord, en dépit de l'ancienneté de la démarche et des importants résultats déjà obtenus, il est nécessaire de passer d'une approche orientée objet vers une approche encore plus résolument relationnelle et géosystémique. En fait, sans nier l'importance de l'analyse, souvent nécessaire pour mettre en place une taxonomie, il y a encore la possibilité de développer de nouvelles approches. Pour ceci il faut s'appuyer sur les documents qui existent déjà et tirer un maximum d'informations qui doivent être structurées dans une base de données, plus proches et plus facilement intégrables dans les synthèses.

- Dans ce contexte, "concentrer" signifie qu'il faut dépasser le niveau de la représentation graphique des paramètres directement mesurables des CNG (ex : température de l'air, altitude du relief, débit d'une rivière etc.). Il est nécessaire de trouver la voie qui permette d'assembler, sous la forme d'une seule expression numérique et graphique deux choses : les paramètres caractérisant des éléments qui appartiennent à des CNG différentes *et* les relations qui s'établissent naturellement, logiquement, entre ces différents éléments[36].
Voilà un autre sens des expressions concentrer l'information, rendre cette information plus proche d'une synthèse et plus facile à intégrer dans une synthèse, à part le S.I.G. Cette approche existe aujourd'hui et une de ses expressions courantes repose sur les indicateurs employés dans l'étude du géosystème et du paysage (densité, fragmentation, pente etc.), mais c'est une approche qui peut être encore développée.

Pour conclure cette longue parenthèse il faut souligner, encore une fois, que la plupart de ces indicateurs n'ont pas de sens pour la personne qui les lit, si cette personne ne connaît pas le principe de la méthode qui a permis leur obtention.

[36] voir plus loin le sous-chapitre *Analyse multidimensionnelle des rapports interzonaux (rapports hiérarchiques spatiaux)* dans lequel nous proposons une méthode en ce sens.

Le deuxième aspect qui nécessite un approfondissement est l'étude des transformations diachroniques et chorologiques du géosystème. Approfondir n'est pas une simple question d'accumulation de données analytiques, mais aussi l'appréhension du passage d'un état à l'autre ou d'un lieu à un autre.

Par transformation nous devons comprendre le changement permanent, spatio-temporel de la valeur d'un paramètre qui caractérise un des éléments de la CNG étudiée. N'oublions pas, non plus, que le changement quantitatif traduit aussi un changement qualitatif, au moins au niveau local (puisque au niveau de l'ensemble le jeu des changements locaux ne change pas, forcément, la qualité de l'ensemble). Et notre but c'est de saisir ce *qualitatif* associé au quantitatif.

La transformation dont nous parlions précédemment doit être imaginée sous la forme d'une oscillation de la valeur du paramètre autour d'un axe, ceci par analogie avec les phénomènes ondulatoires de la physique. L'axe autour duquel s'effectue cette oscillation est soit temporel, soit spatial. Dans le premier cas on peut suivre la progression du changement, pour un point donné, dans le temps, c'est donc une transformation diachronique.
Dans le deuxième cas, nous suivons les changements du paramètre au long d'un transect spatial, les mesures ayant été effectuées au même instant *t*, c'est donc une transformation synchronique chorologique.

Parler de dynamique dans les études de géographie physique est un fait courant. Néanmoins, le mot est si fréquemment employé et avec de si nombreux sens, dans tous les domaines, que sont contenu devient plutôt figuré que précis. Plus le nombre et la variété des transformations s'accroissent, plus les possibilités de dynamiques différentes existent. Pour cette raison il nous paraît important de cerner, adapter et développer un concept de dynamique pour l'étude du géosystème, avec deux volets : spatial et temporel.

2.6 Conclusion

En s'intéressant à l'évolution des concepts de paysage et géosystème, tout en passant par celui de *Landschaft*, nous avons découvert les nombreuses difficultés pour les définir et les tentatives de se mettre d'accord sur leur contenu concret. Le lecteur constate facilement la polysémie extraordinaire du mot "paysage" et les problèmes qui surgissent lorsque se pose le problème de la méthodologie employée dans son étude.

L'analyse critique que nous avons entreprise au sujet des définitions du paysage et des méthodes employées dans ce domaine nous a permis : de proposer une nouvelle définition pour le paysage ; d'identifier des zones d'ombre dans l'analyse de celui-ci et du géosystème ; identifier, en quelque sorte, dans quelles directions on doit orienter nos efforts pour des nouveaux développements conceptuels et méthodologiques.

3 UNE NOUVELLE BASE CONCEPTUELLE POUR ETUDIER LE GEOSYSTEME

3.1 Les prémices du développement conceptuel

Un des objectifs déclarés de cette thèse est de créer de nouveaux concepts mieux adaptés à l'étude du géosystème et des paysages, et c'est à ce point que nous sommes arrivés (voir fig. 14). Dans un premier temps, nous retenons que pour le paysage une grande partie des auteurs est d'accord sur le fait que ce mot décrit une réalité ambivalente : concrète et abstraite, objective et subjective à la fois. Dans le cas du géosystème la situation est similaire : celui-ci n'est rien d'autre que la représentation virtuelle, mentale, d'une entité concrète qu'est la Terre (ou une partie de celle-ci, selon l'école de pensée dans laquelle nous pourrions nous trouver).

Dans un deuxième temps, nous voulons voir quelle est la différence entre *être* et *exister*. Dès qu'une chose existe, c'est-à-dire lorsqu'on se rend compte du fait de sa présence, alors cette chose a aussi un support. De ce point de vue, il semble évident qu'une chose réelle, matérielle, concrète, peut avoir comme seul et unique support toujours une chose matérielle. Evidemment, nous parlons ici de concret dans le sens physique du terme. Par exemple, un caillou quelconque que nous pouvons le rencontrer partout dans la Nature.
Ce caillou, il *est* peut-être depuis les premiers millions d'années de l'Univers... Pourtant, ce caillou *existe* seulement depuis qu'un être vivant, muni de raisonnement *et* de conscience, s'est rendu compte de sa présence. Ainsi, toute chose concrète qui *est* dans la nature existe *seulement si elle existe aussi* dans notre conscience. Finalement, *la différence entre l'homme et le caillou est dans le fait que l'homme se rend compte de sa propre présence* (en tant qu'être vivant), qu'il s'analyse lui-même *et* qu'il analyse le monde extérieur. Donc, il *existe*.

Tandis que le caillou *est*, qu'il peut aussi exister pour quelqu'un de l'extérieur, mais il n'existe pas pour lui et devant lui-même.

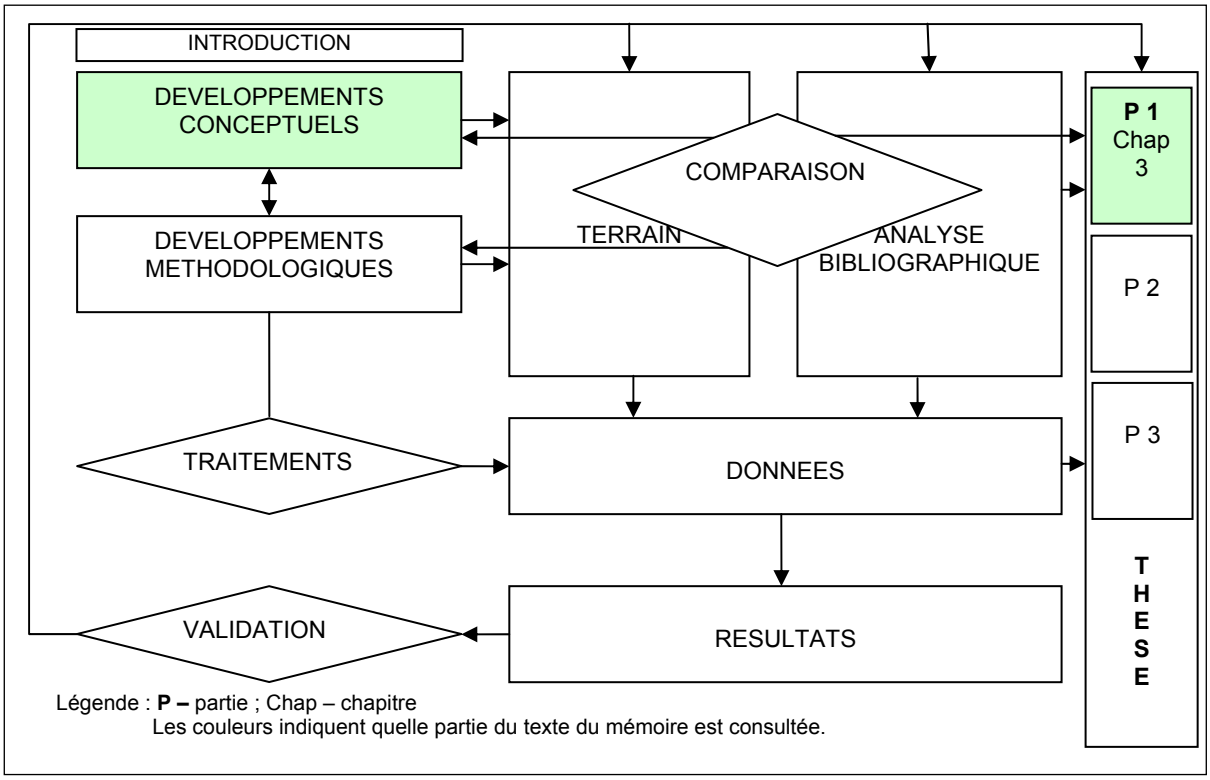


Figure 14 : Le « point » du lecteur : première partie, chapitre 3

Que pouvons nous dire au sujet des entités virtuelles ? Une des natures de leur support peut être trouvée, partiellement, si nous allons pousser plus loin le raisonnement précédent. Au niveau du cerveau humain, objet tout à fait concret, naissent les sensations, les jugements, les idées, suite au traitement d'influx provenant des autres organes sensoriels. Il constitue le support et la source pour toute une série d'entités virtuelles (mais pas toutes), telles que celles mentionnées antérieurement.

Ainsi, il apparaît clairement qu'une entité matérielle ne peut avoir comme support qu'une autre entité matérielle. Mais il faut veiller à ne pas faire de confusion avec les objets produits comme suite à une idée, car l'idée n'est qu'un facteur de déclenchement et d'appui de la production, et en aucun cas un support effectif.

Du côté des entités virtuelles, celles-ci ont, dans un premier temps, un support concret (matériel et/ou énergétique) et peuvent devenir, par la suite : soit support virtuel pour d'autres entités abstraites ; soit cause pour la production d'une entité concrète.

Dans ces circonstances, l'ambivalence concret/abstrait et la fantastique polysémie du mot paysage ne sont plus difficiles à comprendre. Comme M.Hotyat le remarquait, à juste titre, lors d'une discussion le 3 juin 1996, "...le paysage a une structure semblable à celle d'un système informationnel géographique. D'une part, nous retrouvons les couches naturelles (géologie, géomorphologie, climat,...) qui constituent le support de la nature environnante ; d'autre part, il y a le cerveau humain qui interprète l'image à travers les couches mentales qui agissent comme filtres et dont la structure doit énormément aux influences culturelles et sociales." En fait, chaque fois que nous regardons un spectacle, nos filtres mentaux fonctionnent et interprètent différemment l'information, ce qui fait qu'un même endroit peut produire des paysages différents, à des moments différents, pour un seul et même observateur. Ces paysages viennent se rajouter à ceux déjà stockés dans la mémoire, tout en modifiant, lors de leur passage à travers les neurones, nos filtres mentaux.

Compte tenu de ces considérations, l'essentiel est de savoir si le géosystème est un objet abstrait ou réel, si le paysage est réel ou virtuel. Et puisque ces deux entités, géosystème et paysage, existent, il est important de connaître sur quoi elles reposent. Car, sinon, pourquoi et comment étudier un objet, une idée, sans connaître l'essence de leur support ?

Dans la nature il est impossible de trouver une entité quelconque totalement isolée de son espace environnant. Pourtant, pour pouvoir étudier en détail une entité, nous l'isolons de son contexte en vue de réduire, virtuellement, le nombre et la complexité des connexions qu'elle a avec cet espace environnant. Ainsi, au sein de la nature nous pouvons observer certains espaces très homogènes. Plus encore, à l'intérieur de ces espaces nous concevons des sous-unités ayant leur propre personnalité, définies par rapport au(x) critère(s) de référence.

Le géographe peut avoir une démarche lui permettant de partir du général pour aller vers le particulier, puis, cette analyse fine effectuée, exploiter les résultats obtenus pour retourner au général.

Depuis de millénaires nous regardons la Terre et, surtout, nous essayons de la mesurer, en entier ou par petits morceaux : son diamètre, son poids, la taille d'une montagne, la longueur d'une rivière, la couleur d'une feuille. Aujourd'hui, des quantités énormes d'information sont rassemblées sous forme de texte, chiffres, cartes, photographies, des quantités trop grandes pour qu'elles aient pu être exploitées à 100% dans leur richesse informationnelle. Certaines bases de données existent déjà et peuvent délivrer encore de nouvelles informations, à condition de les associer à de nouveaux concepts et méthodes, pour obtenir de nouvelles informations et combinaisons susceptibles d'approfondir la connaissance du système et de sa dynamique. Pour atteindre ces objectifs il faut étudier **la structure du géosystème, établir une échelle taxo-chorologique des différentes unités spatiales, structurales et fonctionnelles et définir les principales tendances de leur dynamique**.

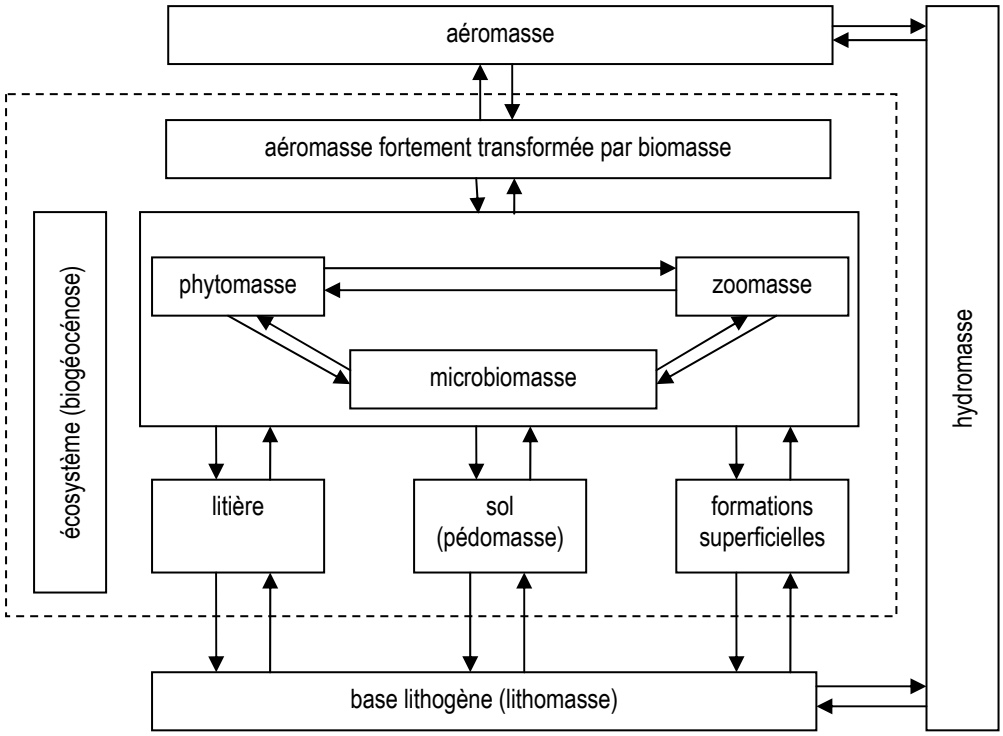
Une unité de base pour le géosystème peut être définie de plusieurs façons, soit :

- en analysant un seul élément d'une seule CNG ;
- en étudiant un ensemble d'éléments caractérisant une seule CNG ;
- en considérant un ensemble d'éléments communs à plusieurs CNG.

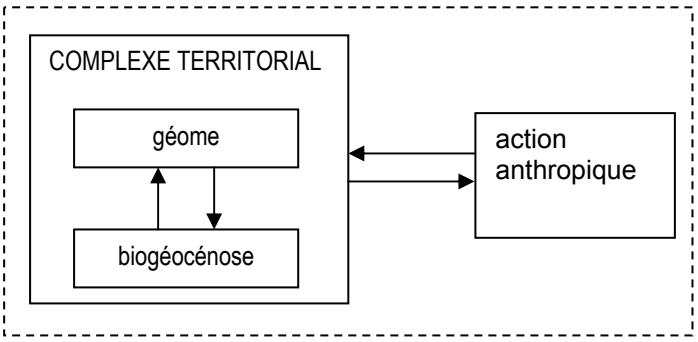
Ces aspects méthodologiques ont déjà fait l'objet des recherches entreprises par de nombreux chercheurs et équipes de recherche. G.Bertrand (1968, 1969, 1972) a distingué : *le géotope, le géofacies, le géosystème* et *le complexe géographique local,* qui s'emboîtent en unités taxo-chorologiques. En ce qui concerne la conception des géographes roumains à ce même sujet, plus particulièrement celle qui a été développée à l'Université de Iaşi, elle a été présentée dans la fig. 8 et la fig. 9 Nous avons déjà schématisé dans la fig. 10 une conception synthétique très rapprochée, celle de l'école soviétique, qui a étudié le CNT et les *Landschaft(s)*. Le point de vue de cette même école au sujet des unités taxo-chorologiques est exprimé aussi dans le tab. 1. N.Beroutchachvili (Géorgien) et J.L.Mathieu (Français),

produisent plusieurs publications qui reflètent leur conception de l'écosystème, du CNT et du géosystème (fig. 15).

Mais dans tous les cas une même question se pose : comment identifier les unités homogènes sur le terrain ? Comment les délimiter facilement sur un document géographique, avant ou après une étude de terrain ? Comment procéder à la collecte de données ? N'y a-t-il pas un moyen d'effectuer avant d'aller sur le terrain une analyse et un traitement des cartes et des autres documents géographiques rassemblés ? Dans ce cas il faut élaborer une nouvelle procédure pour préparer l'approche terrain.



a - *Complexe spatial naturel et géosystème*



b - *Le géosystème*

Figure 15 : Ecosystème, CNT et géosystème, selon N.Beroutchachvili (extrait de N.Beroutchachvili et J.L.Mathieu, 1977)

3.2 Les nouveaux développements conceptuels

Quand nous nous trouvons sur le terrain avec une carte à la main, nous nous rendons compte que, tout autour de nous, il y a un espace plus ou moins étendu homogène, quelle que soit la (ou les) composantes naturelles du géosystème (CNG) observée(s), ou que ce soit du point de vue d'un ou plusieurs éléments que l'on juge représentatifs et permettant de la (ou les) caractériser. Plus nous nous éloignons du point d'observation, plus les chances de rencontrer un changement dans cette homogénéité sont importantes. Du côté de la carte, ce type d'unité n'est presque jamais représenté, malgré le fait que l'unité existe. Donc, d'un côté il s'agit de l'homogénéité d'un élément ; de l'autre côté, il s'agit de l'espace caractérise par cette homogénéité. Aussi, devant le mot "*homogène*" il ne faut pas penser qu'il s'agit de retrouver le même type de phénomènes, de processus ou d'objets qui soient plus ou moins identiques. Il est fort probable qu'ils appartiennent à des types plus ou moins différents, selon les endroits ou on les retrouve mais qu'ils aient la même **manière d'agencement spatial**.

Sur le terrain nous pouvons rencontrer les situations suivantes, lorsqu'on compare deux espaces :

- **a.** des espaces homogènes du point de vue des caractéristiques quantitatives des éléments pris en compte, mais hétérogènes en fonction de la manière dont ces éléments s'agencent ;
- **b.** des espaces hétérogènes du point de vue des caractéristiques quantitatives des éléments pris en compte, mais homogènes du point de vue de leur agencement spatial ;
- **c.** des espaces hétérogènes tant quantitativement que spatialement ;
- **d.** des espaces homogènes tant quantitativement que spatialement.

Lorsqu'il s'agit d'effectuer une partition du territoire, les deux derniers cas (*c* et *d*) semblent poser peu de problèmes. Dans le cas (*c*) il s'agit de deux espaces clairement différents et qui

seront cartographiés séparément. Dans le cas *d*, les deux espaces sont très ressemblants, ils seront donc cartographiés sous le même taxon.

Un choix plus difficile intervient dans les deux premières situations, pour procéder à la partition du territoire, car il faut avoir décidé si on privilégie : l'aspect quantitatif ; ou l'aspect structurel ; ou les deux. A l'heure actuelle, dans les partitions complexes de l'espace les deux aspects sont considérés simultanément.

Mais, lorsque nous procédons au zonage de l'espace en fonction d'unités taxo-chorologiques, nous obtenons des entités caractérisées par la dualité suivante : d'un côté, la partie concrète représentée par une portion de l'espace et ses constituants et, de l'autre côté, les caractères numériques et fonctionnelles qui caractérisent cette portion de l'espace (chiffres, qualités etc.) mais qui ne sont pas toujours rattachés à la même unité spatiale[37]. Donc, lorsque nous procédons à la partition d'un espace nous définissons et nous rattachons à une portion de celui-ci un ensemble de caractères, ensemble qui est une entité abstraite, virtuelle. De plus, l'ensemble de caractères définis et rattachés à cette portion de l'espace peut être un ensemble simple (un seul caractère) ou un ensemble complexe (plusieurs caractères).

Cette dualité complexe ne figure pas, de manière explicite, dans les classifications actuelles en unités taxo-chorologiques, pour étudier le géosystème ou le paysage. Devant cette situation nous avons ressenti le besoin de définir séparément deux unités nouvelles, qui constitueront une base pour réaliser un autre mode de partition de l'espace. Ces deux nouvelles unités sont les suivantes : le *méron*, pour définir la partie abstraite rattachée à une portion de l'espace ; le *topon*, pour définir la partie concrète de l'espace à laquelle sera rattaché l'ensemble de caractères mentionnés antérieurement (pour la construction des nouveaux mots, voir aussi tab. 2). Ainsi :

- Par ***méron*** nous entendons : *l'unité taxonomique de base du système, définie par rapport aux caractéristiques d'un seul élément descripteur d'une CNG, unité*

[37] Exemple : le cas de unités administratives qui ne respectent pas le découpage naturel d'un territoire.+-

isotropostatique[38] *du point de vue de la caractéristique de cet élément dans tout l'espace qu'elle occupe, espace qui est le topon.*

Par exemple, l'ensemble des valeurs (x_1,...,x_i,...,x_n) mètres représentant des valeurs proches de la même altitude, relevées dans des endroits très voisins, constitue un méron et définissent du point de vue des limites spatiales le topon.

- Par ***topon*** nous entendons : *l'unité chorologique de base du géosystème, dont on peut établir la forme, l'étendue et la position dans l'espace, unité contenant un méron et délimitée sur des critères géographiques, car ses limites seront tracées par rapport aux caractéristiques d'un seul élément descripteur d'une CNG.*

Par exemple, un terrain dont toute la surface se retrouve à une altitude quasi-identique représente un topon : portion de l'espace contenant au moins le méron défini par rapport la valeur absolue en mètres de l'altitude du relief.

Tableau no. 2 : Composition de termes nouveaux

Préfixe ou suffixe	**Signification**
Brady	lent(e)
Clino	inclinaison, pente (au sujet d'une surface)
Dyna	au sujet de la dynamique
Hétéro	différent, variable
Homo	Rassemblement
Iso	égal(e)
mé(è)r	partie, élément

[38] = qui possède un état quasi-uniforme

Tachy	rapide, fort(e)
Topo	lieu, endroit
Tropo	manière, façon

Le topon représente l'unité spatiale de base du géosystème, le sous-ensemble élémentaire dont on peut établir la forme, l'étendue et la position dans l'espace, comme nous l'avons déjà précisé. Pour ce qui est de la localisation des topons, les problèmes sont ceux rencontrés habituellement : on ne va donc pas insister là-dessus. Par contre, les choses diffèrent dans le cas de la forme et de l'étendue.

Ces deux caractères se trouvent en rapport direct avec l'isotropostatisme spatial de l'élément considéré.

Le topon peut être ponctuel s'il s'agit, par exemple, de l'élément altitudinal maximal absolu d'un territoire. Le topon peut être une ligne s'il s'agit de l'élément altitude, mesurée en mètres, dans le cas d'une crête dont les variations altitudinales restent inférieures au mètre sur une distance quelconque. Le topon peut être une surface si l'élément pris en compte est, par exemple, l'ensoleillement, dans le cas d'un versant ayant la même exposition sur toute son étendue. Le topon peut être un volume si l'élément pris en compte est le type de sol ou la température moyenne annuelle d'une couche d'eau. Et ainsi de suite.

- *Si nous définissons le méron par rapport aux caractéristiques de plusieurs éléments pris en compte pour décrire la(les) CNG, nous parlons d'un* ***géoméron****.*

- *Si nous définissons le topon par rapport aux caractéristiques de plusieurs éléments pris en compte pour décrire la(les) CNG, nous parlons d'un* ***géotopon****.*

Les spécifications précédentes, à l'égard de la forme et de l'étendue des mérons et topons, sont aussi valables pour les géomérons et les géotopons. Et pourtant, il convient d'ajouter quelques précisions.

Le topon et le méron représentent un couple inséparable, conformément aux définitions données, l'un ne pouvant pas exister en dehors de l'autre. Il est impossible de parler de méron, selon ces définitions, sans faire référence au topon : *le méron est la composante qualitative ou abstraite* de ce couple (une chiffre par exemple) tandis que *le topon est sa composante concrète* (un espace). En outre, par "caractéristiques d'un élément", nous entendons selon le contexte, à part les paramètres d'état proprement dits, *et* les paramètres de la dynamique *et* ceux du rythme de cette dynamique.

Le méron représente l'unité structurale de base d'un système géographique, les paramètres d'état de l'élément qui le définit étant des constantes à l'intérieur du topon occupé. Toute modification de cet état, donc de la valeur d'un ou plusieurs paramètres, entraîne la disparition du méron original et l'apparition d'un nouveau méron. Celui-ci ne doit pas, nécessairement, occuper le même topon que le précédent : ainsi, la structure du géosystème n'est-elle rigide ni dans l'espace, ni dans le temps ; encore que cette transformation se trouve à la base du fonctionnement du système. Il existe donc une instabilité spatio-temporelle. Cette instabilité change suivant la taille/complexité du topon/méron. C'est à dire que, plus la taille du topon est grande en termes d'espace et de nombre de caractéristiques pris en compte pour définir le méron, et plus l'action du facteur externe (au moins un, sinon plusieurs), qui introduit un déséquilibre, doit être forte et/ou prolongée dans le temps. Toutefois, le degré de stabilité se trouve à la merci de l'intervention de tout facteur externe aléatoire qui peut agir dans les points à haute sensibilité (et, donc, risque) du système.

La transformation du méron a lieu sous l'action d'un facteur externe introduisant un déséquilibre dans le topon occupé par le méron-cible. Ce facteur externe peut être lié à la transformation d'un méron-source voisin qui, suite à une influence subie par lui-même (en provenance d'un troisième méron, de l'homme ou d'un facteur cosmique quelconque), ne se trouve plus en équilibre[39] avec le méron-cible. Il apparaît ainsi une différence de potentiel énergétique/matériel entre les deux mérons, qui déterminera un échange de matière/énergie entre ces deux mérons. Il en découle une propagation de l'influence de la transformation-

[39] dans le sens physique du terme.

source sous la forme d'une "onde" qui, après avoir franchi une certaine étendue de l'espace et engendre d'autres transformations, s'éteint (ce type de propagation étant bien décrit en physique par le principe de Huygens). Par "transformation-source" nous entendons le facteur externe qui agit dans un endroit précis, déterminé, et qui perturbera l'équilibre du méron au moins dans cet endroit. Ainsi, comme dans le cas d'une onde proprement-dite, l'espace se retrouve partagé en trois parties : celle où la transformation-source (perturbation) s'est manifestée mais a cessé ; celle où elle se manifeste au moment considéré ; celle où elle ne s'est pas encore manifestée.

Dans le cas d'un versant, par exemple, une partie des roches qui reposent sur celui-ci, suite à l'action de plusieurs facteurs internes ou externes, ne peut plus être retenue par les forces de friction internes et il y a un glissement de terrain qui se produit. Dans le cas d'un glissement détrussif, la masse de roches qui glisse pousse les matériaux présents vers le bas du versant et il y a donc progression du glissement. Celle-ci continue jusqu'à ce que les forces de friction deviennent suffisamment fortes pour stabiliser de nouveau les matériaux constituant le corps du glissement. Dans le cas d'un glissement délapsif, le déplacement des roches qui se trouvent dans le bas de la pente, déséquilibre celles qui se trouvent à l'amont et il y a une propagation du glissement du bas vers le haut de la pente.

Par cet exemple on perçoit bien que le méron a une potentialité interne de fonctionnement et de transformation propre, voire une énergie transformatrice potentielle, mais qui ne peuvent se manifester que si ce méron est mis en rapport avec un autre méron. *Le méron, en soi-même ne représente pas un système : il est le trait spécifique de l'unité spatiale élémentaire du géosystème (le topon), unité considérée à travers les caractéristiques d'un des éléments descripteurs d'une CNG et délimitée par le biais de ces mêmes caractéristiques.*

L'échelle taxo-chorologique que nous proposons, *quand on prend en considération un seul élément,* est celle présentée dans le tab. 3

Tableau no. 3 : Echelle taxo-chorologique simple proposée pour l'analyse des géosystèmes et des paysages

UNITES CHOROLOGIQUES		UNITES TAXONOMIQUES	
Equivalence	Nom	Nom	Echelle
Terre		Géosphère	
Terre "approchée"		Méroderme	1/10.000.000
Territoire	Mégatopon	Mégaméron	1/1.000.000
Région	Macrotopon	Macroméron	1/100.000
Zone	Mésotopon	Mésoméron	1/50.000
Aréal	**Topon**	**Méron**	1/25.000
Infra-unités chorologiques et taxonomiques			
	militopon	miliméron	1/10.000
	microtopon	microméron	1/5.000
	nanotopon	nanoméron	1/2.000
	infratopon	inframéron	<1/2.000

L'échelle taxo-chorologique que nous proposons, *quand on prend en considération plusieurs éléments,* est celle présentée dans le tab. 4

Tableau no. 4 : Echelle taxo-chorologique complexe proposée pour l'analyse des géosystèmes et des paysages

UNITES CHOROLOGIQUES		UNITES TAXONOMIQUES	
Equivalence	Nom	Nom	Echelle
Terre		Géosphère	
Terre "approchée"		Méroderme	1/10.000.000
Territoire	Mégagéotopon	Mégagéoméron	1/1.000.000
Région	Macrogéotopon	Macrogéoméron	1/100.000

Zone	Mésogéotopon	Mésogéoméron	1/50.000
Aréal	**Géotopon**	**Géoméron**	1/25.000
Infra-unités chorologiques et taxonomiques			
	miligéotopon	miligéoméron	1/10.000
	microgéotopon	microgéoméron	1/5.000
	nanogéotopon	nanoméron	1/2.000
	infragéotopon	infragéoméron	<1/2.000

Il est possible de trouver rassemblés et avoisinants plusieurs mérons qui ont des caractéristiques très proches : donc le topon qu'ils occupent couvre un espace plus grand. Le temps de réaction de ce méron devient, ainsi, plus long face à l'influence des facteurs externes courants, sauf situations exceptionnelles. Dans ces conditions, leur transformation perpétuelle est beaucoup plus lente dans le temps vécu, quotidiennement, par l'être humain. Ils jouissent, donc, d'une plus grande stabilité, qui se traduit par une dynamique temporelle plus lente. A son tour, une dynamique temporelle lente exprime une plus grande stabilité. Dans ce cas nous pouvons parler d'un *mésoméron* qui occupe un *mésotopon*. En suivant cette logique, la taille des unités taxo-chorologiques grandit, à partir de celle d'un point, jusqu'à former une **méroderme** au niveau planétaire (fig. 16).

En tenant compte de ces précisions, par ***méroderme*** nous entendons un *champ hétérotropostatique*[40] *constitué par la totalité des valeurs discrètes descriptives de l'état d'un seul élément ; cet élément caractérise, partiellement ou en totalité, une seule des composantes du géosystème.*

Mais, il est évident qu'un méroderme ne représente qu'une des strates qui composent une "géosphère". Nous avons utilisé les guillemets car le méroderme a été définie plutôt dans le sens physique et mathématique du "champ", tandis qu'une géosphère est un corps beaucoup plus concret et complexe. Il est plus correct de dire que *l'ensemble des mérodermes,*

[40] qui possède un état très différencié dans ses divers points

concernant une seule des CNG, constitue un ***géoderme*** *qui correspond à cette même CNG* et qui s'étend au niveau planétaire (fig. 16).

Nous devons préciser aussi le fait que, en prenant en considération un seul élément, nous réalisons une *intégration horizontale* (méroderme) et non pas encore une intégration verticale de l'étude. L'*intégration verticale* est réalisée au moment où nous prenons en considération plusieurs éléments et où nous pouvons, donc, parler d'un géoderme.

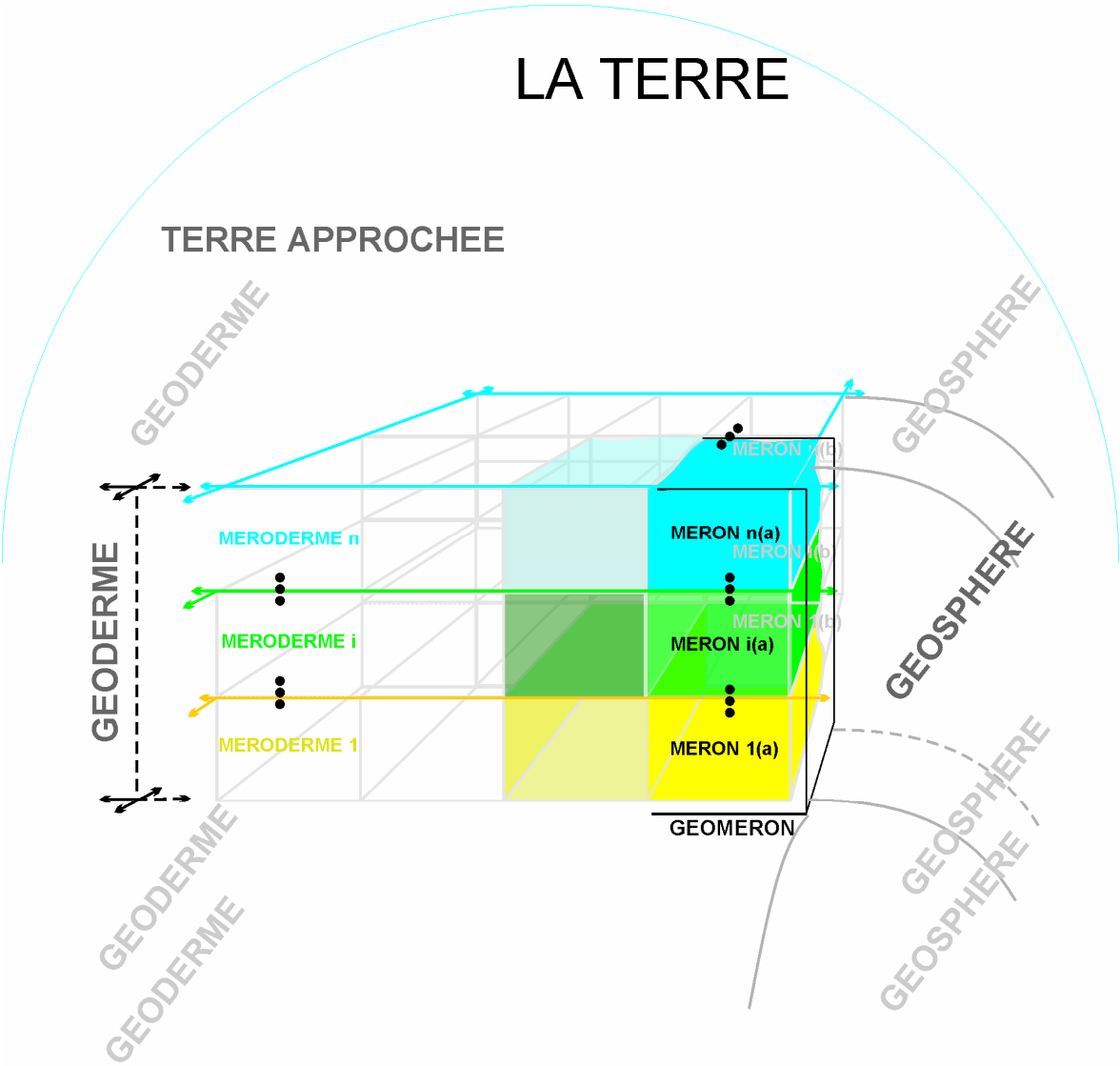


Figure 16 : Emboîtement des niveaux de recherche et de connaissance, du méron au niveau planétaire

Nous avons jusqu'ici défini ce qu'est un méroderme et, partiellement, ce qu'est un géoderme. L'unité taxonomique de l'ordre le plus grand est le *géosystème*, modèle à la fois abstrait et réel qui se veut la description parfaite de la structure et du fonctionnement ; la somme des géosystème devrait nous permettre d'accéder à la compréhension du système Terre. *Mais,* est-ce que nous pouvons concevoir et réaliser une étude scientifique complète du géosystème sur toute la Terre ? Est-ce que nous pouvons nous assurer que nous avons tout dit, à un moment donné, sur ce gigantesque ensemble ? Non. Mais il faut garder le concept de géosystème davantage en tant que méthode de recherche, plutôt qu'objet de la recherche. C'est pourquoi nous avons aussi choisi l'expression *"Terre approchée"* pour montrer ce que nous pouvons réellement atteindre, saisir, comprendre, évaluer, mesurer et, parfois, prévoir en ce qui concerne ce système qu'est la Terre. A la différence de la *"Terre",* tout court, qui reste hors de portée de toute étude qui se veut complète, Terre qui est constituée de plusieurs *géosphères*. Pour celles-ci, on distingue les suivantes : la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. On parle aussi de pédosphère (au sujet des sols) et, quand on veut individualiser l'homme dans le complexe géographique, de noosphère ou d'anthroposphère[41]. Etant donnée la complexité de ces géosphères, la manière dont elles sont constituées et interactives, il est clair que même une seule géosphère reste inaccessible à toute étude exhaustive ; par contre, un *géoderme* peut être étudié, mesuré et compris à un niveau de détail très raisonnable.

Après avoir essayé de bâtir une ossature conceptuelle comprenant toute une série d'unités taxo-chorologiques emboîtées, la question qui se pose maintenant est de savoir *comment procéder pour tracer leurs limites spatiales ? Car la spatialité reste une des raisons d'être de la géographie.* Donc, est-ce que les méthodes classiques, qui partent le plus souvent de l'analyse de la distribution spatiale des valeurs et des caractéristiques *quantitatives* de certains éléments sont suffisantes ? Est-ce qu'il y a d'autres moyens pour approcher la spatialité, le zonage de l'espace, en particulier d'un point de vue *qualitatif* ? En jugeant non pas d'après le "poids" d'un paramètre, mais d'après l'importance de sa dynamique, l'étendue

[41] chaque géosphère s'étendant au niveau planétaire

de sa variabilité spatiale, voire d'après la qualité de cette dynamique ? Et comment cette démarche peut-elle être utile pour l'analyse des paysages ? Qu'est-ce qu'elle peut nous apporter de nouveau, en ce qui concerne la connaissance de l'espace ?

3.3 Conclusions

Les interrogations sur la nature des composantes du géosystème et du paysage, leur structure, leur fonctionnement ainsi que sur l'agencement spatial des objets (dans le sens large du mot) qui contribuent à la création de l'espace, tout ceci nous a permis de souligner :

- la compréhension du système et de sa transformation dans l'espace et dans le temps
- - l'importance de l'approche dynamique spatio-temporelle dans les études des géosystèmes et des paysages ;
- - l'importance de l'exhaustivité, jamais atteinte, dans les études de ce genre.

Par conséquent, nous avons proposé une nouvelle base conceptuelle pour étudier le géosystème. Cette base conceptuelle apporte de nouvelles unités taxo-chorologiques qui peuvent être employées dans des études menées à des échelles variées, englobant des caractères des plus diverses, ainsi qu'un vocabulaire unitaire adapté à ces besoins.

Conclusions de la première partie

Le pages précédentes offrent au lecteur, après une très brève présentation du territoire qui nous intéresse, un tour d'horizon assez large sur deux concepts clé –paysage et géosystème – utilisés en géographie. Ce tour d'horizon comprend aussi un regard sur la source et l'évolution de ceux-ci.

Puis, nous avons dressé un bilan critique des différentes théories développées pour analyser le géosystème et le paysage. Ce bilan critique nous a permis d'ouvrir la voie de nouveaux développements conceptuels transversaux, orientés vers l'étude de l'espace plus du point de vue de son fonctionnement et de sa dynamique spatio-temporelle, avec la possibilité de mettre au point des méthodologies nouvelles adaptées à ces concepts.

Troisièmement, nous avons tenté de parvenir à un vocabulaire qui soit moins sujet à des ambiguïtés et qui nous offre la possibilité de comparaisons réelles, même si nous quittons le cadre strictement géographique, car bâti sur la même base conceptuelle.

DEUXIEME PARTIE :
METHODOLOGIE, METHODES, OUVERTURES

Introduction de la deuxième partie

Après avoir établi le grandes lignes du cadre conceptuel dans lequel nous souhaitons placer cette thèse, nous continuons en offrant les outils pour appliquer ces concepts au terrain d'étude. Ainsi, cette partie est structurée en trois grandes phases :

- Premièrement, nous présentons les notions d'état, de dynamique et de rythme dans le géosystème. Dans le cas de l'état du géosystème nous présentons quelques indicateurs classiques employés pour son étude.
- Deuxièmement, nous proposons des indicateurs nouveaux, non seulement pour l'analyse de l'état du géosystème, mais aussi pour sa dynamique et son rythme. En même temps, nous essayons d'introduire une nouvelle méthode capable de rendre compte des hiérarchies qui existent entre les différentes parties d'un territoire lorsque nous prenons en considération un de paramètres qui le caractérise.
- Dans la dernière phase, nous procédons à la critique des notions et indicateurs antérieurement présentés, ce qui nous permet finalement de s'interroger si l'analyse des géosystèmes et des paysages ne pourrait pas être étendue vers la géocinétique et géocybernétique.

4 ETAT, DYNAMIQUE ET RYTHME DANS LE GEOSYSTEME

4.1 Introduction

Dans le cas de l'étude des composantes naturelles du géosystème, les indicateurs d'évaluation de l'état, de la dynamique proprement dite et du rythme spatial doivent prendre en considération au moins les paramètres correspondant aux éléments représentatifs majeurs des composantes du cadre naturel (altitude, caractéristiques des sols, du climat, du couvert végétal etc.), exprimés chacun par un indice révélateur.

Sur les cartes topographiques, l'altitude du terrain est représentée en courbes de niveau. Sur les cartes climatiques, la température est souvent représentée par des isothermes, et nous pouvons multiplier les exemples. Selon la définition du méron, nous pouvons affirmer que chaque point d'une carte est, en lui-même, un méron et en même temps la représentation d'un topon. Mais, nous ne pouvons pas travailler sur une unité spatiale, aussi petite que le point qui, par définition, n'a pas de dimension, mais seulement une position. Toutefois, plusieurs points constituent une ligne (on peut déjà parler de longueur, seulement), mieux encore, une surface, parfois un volume ; ces points étant caractérisés toujours quasiment par la même valeur du paramètre descripteur de l'élément pris en compte. Donc, si tracer les limites des topons s'avère parfois difficile, nous pouvons envisager de tracer les limites des autres unités taxo-chorologiques supérieures. Dans ce qui suit, nous allons nous référer à trois types de paramètres descripteurs d'un élément qui, à leur tour, décrit une CNG :

- le paramètre d'état *stricto sensu* (ex : altitude absolue) ;
- le paramètre de la dynamique ;
- le paramètre du rythme de la dynamique.

En ce qui concerne le **paramètre d'état**, nous pouvons presque toujours le mesurer facilement sur toute carte en isolignes. Chaque isoligne représente, en effet, une partie isostatique de l'espace par rapport à la valeur du paramètre d'état, donc constitue un topon : cette valeur reste constante sur tous les points de la ligne ; et très proche de ce niveau si nous restons à proximité de l'isoligne. Il s'agit donc d'un méron, avec le topon correspondant. L'espace qui se trouve entre les deux isolignes est constitué d'une somme de topons de différents ordres de grandeur. Un nombre suffisamment grand de mesures peut permettre de mettre en évidence les différents mérons et les topons correspondants.

Par contre, en ce qui concerne la **dynamique** et le **rythme**, les choses sont plus compliquées car la simple mesure de terrain ne suffit que rarement pour en rendre compte.

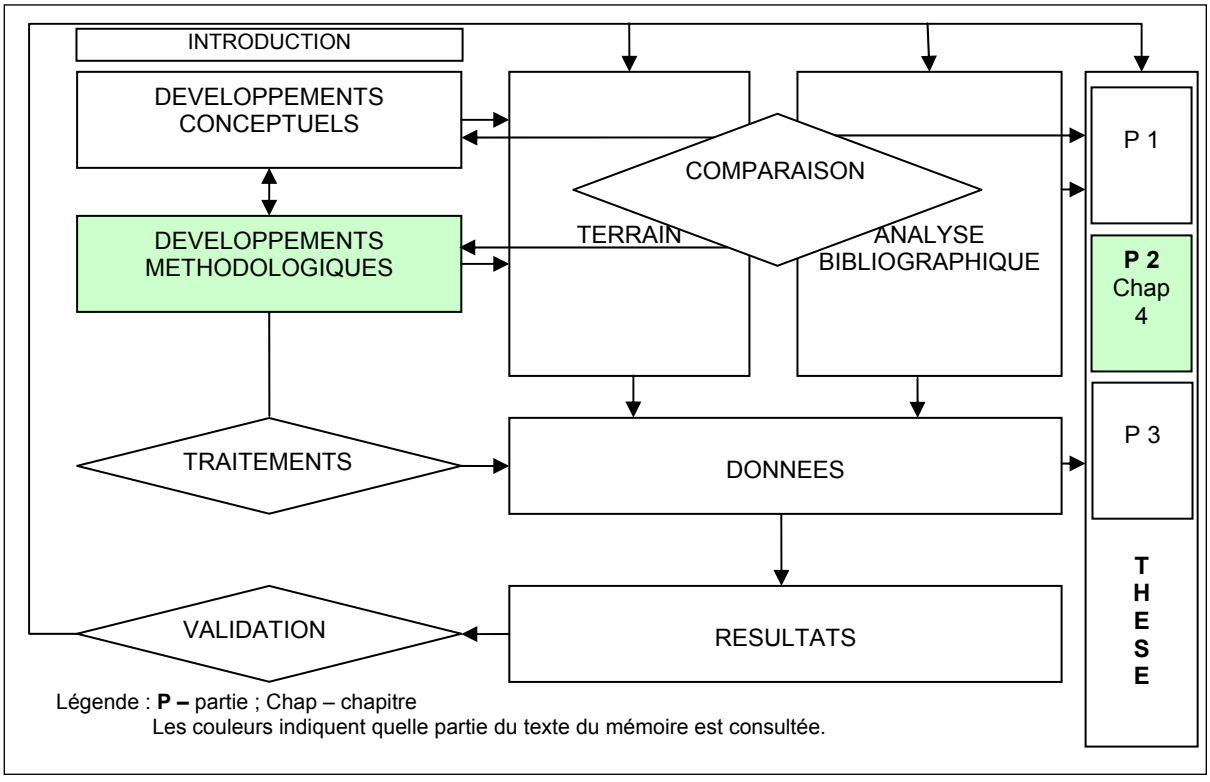


Figure 17 : Le « point » du lecteur : deuxième partie, chapitre 4

4.2 Approche de l'état du géosystème

L'ensemble de la démarche méthodologique (fig. 17) se structure en trois phases : tout d'abord, l'observation de la structuration de l'espace observé permet de déceler des entités différentes dont la collecte de variables et de leurs modalités représente l'étude de l'état. Puis, analyser variable après variable, la manière dont chacune se transforme d'une entité à l'autre permet de saisir l'intensité du changement latéral, ce qui revient à appréhender la dynamique spatiale du géosystème. Enfin, suivre l'intensité du changement de la dynamique spatiale du géosystème dans le temps relève de l'analyse de la dynamique spatio-temporelle ; suivre l'intensité du changement de la dynamique dans l'espace relève de l'analyse du rythme spatial du géosystème.

Par état du "géosystème" nous devons comprendre la manière d'être de celui-ci, considérée dans ce qu'il est à un moment donné, par opposition à son devenir qui, lui, représente une succession d'états dans le temps.

L'état du géosystème peut être défini comme l'ensemble de valeurs résultant de mesures discrètes, valeurs décrivant dans chacun des points de l'espace et à un moment donné les propriétés des composantes du géosystème.

Comme toute science, la géographie a commencé son aventure par une approche analytique. C'est la partie classique et la plus ancienne, mais même si nous travaillons aujourd'hui davantage avec l'esprit de système, les approches analytiques n'ont pas pour autant disparu. Au contraire, cette partie a représenté et restera la base de toute étude, aussi moderne qu'elle soit.

En géographie nous pouvons commencer avec une approche du terrain permettant de découvrir ses facettes, de les décrire, voire de les comprendre. Comprendre signifie considérer l'espace étudié plus comme un organisme que comme un objet inerte... Nous

commençons l'étude avec un regard, nous continuons avec d'innombrables mesures qui aboutissent à des bases de données numériques. Les chiffres, peu significatifs sous leur forme brute, peuvent être transformés en graphiques et, mieux encore, en cartes. Le regard d'un instant peut être transformée en photographie. L'aboutissement de tous ces gestes sont, *lato sensu*, les documents géographiques : cartes, images, graphiques, tableaux qui deviennent le support de l'information concernant le terrain, base de départ dans la connaissance du géosystème et ontogenèse du paysage. Mais avant d'appliquer cette démarche il faut sélectionner le terrain.

L'étape de la transformation des données collectées sur le terrain est fondamentale pour la recherche géographique. Les graphiques classiques présentent l'avantage de nous montrer l'ordre de grandeur des phénomènes observés et, parfois, la dispersion des valeurs. Les cartes, dont l'importance n'est plus à démontrer, apportent la perception de la distribution spatiale réelle des phénomènes et, selon la méthode de représentation employée, peuvent donner aussi leur grandeur. En fait, à l'heure actuelle presque toute recherche géographique commence par l'étude d'une carte dont l'analyse peut permettre de dresser une nouvelle représentation cartographique et donc de créer une nouvelle information.

L'un des premiers paramètres abordés est le relief, ossature du paysage ; cette composante du géosystème et du paysage est souvent la plus stable à l'échelle humaine (même s'il y a localement des transformations), le principal appui pour la biosphère et l'hydrosphère. Donc, étudier ce support est fondamental, mais selon quelle méthode ?

Deux points de vue continuent à se faire face à ce sujet. D'une part se trouvent les défenseurs de l'option "unité naturelle" et, d'autre part, ceux de l'option "unité géométrique". Dans une approche plutôt naturaliste, le choix se porte sur une unité spatiale établie sur des critères d'ordre physico-géographique, comme le bassin-versant (BV). Ses avantages sont multiples. Il s'agit d'abord, dès l'origine, d'une entité purement naturelle, même si, par la suite, elle peut être modifiée par une intervention anthropique. Ensuite, la ligne de séparation (la cime interfluviale) de deux BV représente aussi une limite énergétique. Parmi les désavantages,

trois sont fréquemment mentionnés : le fait que la forme et l'étendue des BV est très variable ; entre deux BV existe toujours une portion de terrain dépourvue de réseau hydrographique organisé, appelée "bassin interfluvial" ; enfin, le fait que dans les régions plates, comme c'est souvent le cas dans les plaines, les limites des BV sont difficiles à établir et facilement contestables.

Dans l'approche des unités géométriques, le choix s'opère entre différentes formes de polygones. Le plus souvent il s'agit d'une maille de carrés. La critique principale concernant cette option est le fait que l'unité géométrique est complètement artificielle et ignore les structures naturelles d'organisation de l'espace, même si, pour diminuer ce défaut, la maille peut être choisie très fine ou polygonale. Par contre, ce type de partition présente l'avantage de la normalisation et une très grande affinité avec les moyens techniques de traitement de données et la possibilité aussi de caler cette maille sur les pixels des données satellitales.

Comme d'habitude, le meilleur choix en ce genre de situations se trouve, peut-être, quelque part entre les deux options précédentes. C'est la raison pour laquelle, dans certains études, on procède d'abord selon l'option naturaliste à une partition de l'espace (en bassin versants ou autre unité naturelle) sur lequel une maille géométrique est superposée (choix que nous avons retenu pour cette étude).

4.3 Quelques indicateurs et outils employés dans la géographie physique

L'acquisition de données sur le terrain consiste avant tout à mesurer les caractéristiques d'un élément quelconque du géosystème : altitude du relief, température de l'air, précipitations etc. La simple transformation de ces paramètres en cartes, bien que fondamentale, ne satisfait pas toujours aux besoins de toutes les recherches car ces paramètres expriment, au premier degré, des quantités. Pour retrouver les qualités cachées derrière ces valeurs il faut alors : soit leur

donner une interprétation particulière (ce qui n'est pas toujours évident) ; soit les soumettre à des traitements mathématiques puis interpréter les résultats.

Dans les quelques pages suivantes nous allons faire un court survol de quelques indicateurs et outils statistiques utilisés fréquemment en géographie physique, et que nous appliquerons, plus loin, à l'étude de la Plaine de la Moldavie. Nous allons reprendre, et parfois développer, quelques indicateurs que nous avons mis au point pour compenser certaines limites spécifiques aux indicateurs classiques, mais tous ne seront pas appliqués.

4.3.1 L'amplitude

Il s'agit d'un indicateur très courant, employé en vue de comparer deux valeurs saisies : soit au même endroit à des moments différents ; soit dans des endroits différents au même moment. En fait, calculer l'amplitude consiste à faire la différence entre ces deux valeurs. La plus courante des amplitudes utilisées en géographie est l'amplitude thermique (diurne, mensuelle, annuelle).

En géomorphologie, l'amplitude de l'altitude du relief sur un territoire quelconque s'appelle aussi **énergie du relief**. Sa valeur est exprimée en mètres et nous donne une idée sur certaines caractéristiques morphologiques de ce territoire. Elle sert souvent à rendre compte de la **fragmentation du relief** (selon les géographes roumains[42], selon l'expression employée par les géographes roumains (voir le sous-chapitre suivant pour plus de détails). Son utilisation dans les études géomorphologiques roumaines est omniprésente, – ainsi que la notion de fragmentation du relief – , mais cet indicateur vraiment utile doit faire l'objet de deux remarques.

La première concerne le terme "énergie", par rapport à l'unité de mesure dont on exprime sa valeur : le mètre. Il y a une contradiction au moins apparente avec les unités de mesure de l'énergie en physique, quelles que soient celles-ci (watt, joule, calorie etc.). En fait, sous sa forme actuelle cet indicateur donne deux informations : d'une part, à quelle dénivellation il

[42] voir le sous-chapitre suivant

faut s'attendre sur le terrain ; d'autre part, nous devons l'interpréter comme mesure simplifiée de l'énergie potentielle d'un objet quelconque[43]. Nous employons cette expression de "mesure simplifiée" pour deux raisons. D'abord, la formule physique n'est pas respectée ni dans sa forme, ni dans son unité de mesure. Deuxièmement, même si nous acceptons d'interpréter la valeur de l'indicateur comme expression de l'énergie potentielle, il s'agit en réalité souvent d'une énergie potentielle relative par rapport à un niveau de base local, niveau dont l'altitude ne coïncide que rarement avec le niveau marin zéro.

Malgré ces deux inconvénients, l'énergie du relief donne une certaine image de la fragmentation du relief. Elle ne traduit pas la fragmentation directement, mais la valeur relative de l'altitude du relief. Pour avoir une image plus complète sur l'aspect de celui-ci, il faut faire appel à deux autres indicateurs : la pente et la densité de la fragmentation. En effet, une seule et même valeur d'énergie (par exemple 200m) peut correspondre aussi bien à une région collinaire qu'à un grand plateau au milieu duquel s'érige un témoin d'érosion, mais la configuration d'ensemble de ces deux unités reste différente.

4.3.2 La fragmentation du relief et la pente

Au cours de notre travail la notion de "fragmentation du relief" est apparue plusieurs fois dans le texte, accompagnée ou non par les expressions "énergie du relief" ou "densité de la fragmentation du relief".
Il faut dire que l'expression "fragmentation du relief" est la traduction pure et simple de l'expression roumaine "fragmentarea reliefului". Ce qui peut conduire à un certain nombre de malentendus lors de la lecture et brouiller la compréhension du texte. Il est donc nécessaire de faire quelques précisions sur le sens de cette expression afin d'éviter toute ambiguïté.

En géomorphologie roumaine, lorsqu'on parle de fragmentation du relief il faut comprendre fragmentation horizontale *et* fragmentation verticale. La fragmentation peut être de deux

[43] En physique, l'énergie potentielle $E_p = mgh$, où m = la masse de l'objet, $g = 9.81\ m/s^2$ accélération gravitationnelle, h = la hauteur (ou l'altitude absolue) à laquelle se trouve l'objet.

sortes : **f.** *horizontale* [...] et **f.** *verticale* (V.Băcăuanu *et al.*, 1968). Dans le cas de la fragmentation verticale nous trouvons comme synonyme l'expression "énergie du relief", tandis que pour la fragmentation horizontale le synonyme est "la densité de la fragmentation". L'énergie du relief est calculée comme différence entre les altitudes maxima et minima d'un territoire (en mètres), tandis que la densité de la fragmentation du relief est calculée comme le rapport entre la somme des longueurs des cours d'eau du territoire et la superficie de celui-ci (donc, en km/km²).
En français, les équivalents de l'expression "énergie du relief" sont "la vigueur du relief" et "l'altitude relative du relief". Pour la "densité de la fragmentation du relief" l'équivalent trouvé est "la densité de l'entaillement du relief".

Devant cette situation, nous considérons qu'une analyse critique du contenu de cette notion de "fragmentation" et de ses définitions doit être réalisée avant d'aller plus loin.

Il nous semble évident que le relief (ou la topographie, pour rester plus neutre et ne pas tomber dans d'autres flous dus à la traduction entre les deux langues...) est un phénomène spatial tridimensionnel. En conséquence, décomposer la fragmentation selon ses composantes horizontale et verticale est tout à fait logique. Mais, ce n'est pas pour autant que les deux formules donnent un aperçu complet sur la complexité de la topographie, puisqu'en réalité c'est de cette chose qu'il s'agit.
Parmi les désavantages de cette approche classique, à part le fait qu'il faut toujours dire à quel type de fragmentation (horizontale ou verticale) on se réfère, elle ne précise pas la vigueur de la pente, élément pourtant fondamental pour toute description topographique. Dans le sens classique du mot, celle-ci indique l'inclinaison d'une surface de terrain quelconque. A priori, plus la pente est grande, et plus la fragmentation du relief est importante et vice-versa. D'ailleurs, une pente forte sur une grande étendue de terrain entraîne une énergie du relief importante. Pourtant, dans le cas d'un relief fréquemment entaillé par le réseau hydrographique, il peut y avoir *des pentes importantes tout en restant à un niveau d'énergie du relief très faible*. L'énergie du relief, même combinée avec la pente, ne suffit donc pas toujours pour décrire la morphologie d'un terrain.

Quelques exemples peuvent illustrer ces difficultés sémantiques :

- des espaces où l'on trouve une forte énergie du relief, une forte pente mais une faible densité du réseau de drainage (réseau de drainage total, et non pas seulement le réseau hydrographique permanent, qui se trouve à la base du calcul de la densité de la fragmentation du relief). Pourtant, le paysage lié au relief ne manque pas de "vigueur"...
- les espaces où l'on trouve une faible énergie du relief, une forte densité du réseau de drainage et une forte pente donnent, dans le paysage, une fragmentation d'ensemble assez importante ;
- les territoires où l'on trouve une faible énergie du relief, une faible densité du réseau de drainage mais une forte pente (ex : cuestas de faible altitude dans une région de plaine) mais, dans l'ensemble du paysage, il s'agit d'un "manque de vigueur" du relief ;
- des espaces où la pente et l'énergie sont faibles mais le réseau de drainage dense (ex : les plaines très vallonnées, comme les ripple-marks d'une plage à grande échelle), donc un autre paysage morphologique qui manque de vigueur ;
- les espaces telles certaines plaines du sud de la Roumanie (le Bărăgan, par exemple) où l'énergie du relief, la pente et la densité du réseau de drainage sont très faibles : le paysage morphologique est plus que monotone ;
- enfin, certains espaces montagneux où tous ces éléments (énergie du relief, densité du réseau de drainage et pente) sont très forts : l'impression donnée par le paysage morphologique est également très forte.

Dans ces conditions, nous pourrions envisager deux modifications :

- soit en qualifiant la nature de la fragmentation :
    - dire "fragmentation verticale" lorsqu'on se réfère à l'énergie du relief, ou amplitude du relief, ou altitude relative du relief... ;
    - dire "fragmentation horizontale" lorsqu'on se réfère à la densité de l'entaillement mais, en aucun cas, densité de la fragmentation si nous maintenons la formule de calcul basée sur la longueur du réseau *hydrographique permanent* ;

- soit en considérant que le terme "fragmentation" tout court représente les trois éléments qui définissent la topographie : énergie du relief, fragmentation horizontale *et* pente.
Dans ce travail il faudra entendre **fragmentation du relief** dans le sens le plus global.

4.3.3 La densité de la fragmentation du relief

Le troisième indicateur largement employé dans les études géomorphologiques est d'origine... hydrographique. En fait, il s'agit de la densité du réseau hydrographique (le rapport entre la longueur totale des cours d'eau et la surface du territoire, exprimée en km/km²). En raison du fait que si, sur un territoire, plus la longueur du réseau hydrographique est importante, plus l'aspect du relief est "morcelé", cet indicateur a été emprunté par la géomorphologie sous le nom de "densité de la fragmentation du relief"[44].
Mais, dans certaines régions où le relief est manifestement très fragmenté sans qu'il y ait, pour autant, un réseau hydrographique de surface permanent, il faut prendre en considération la longueur totale du réseau de drainage. C'est à dire, mesurer la longueur de toutes les formes négatives (ou en creux) qui, au moment d'une chute de précipitations, peuvent se transformer en voie d'écoulement de l'eau.

Malheureusement, aucun de ces trois indicateurs n'arrive pas à rendre compte d'une manière globale et compréhensive de la fragmentation du relief, ni même une combinaison de tous les trois, sans parler de l'effort que cela demande de les calculer tous simultanément. En plus, chacun présente les limites mais, tous les trois, sont complémentaires. Pour l'instant, il n'existe pas d'indicateur capable de les réunir, sous une forme synthétique.

4.3.4 Les traitements statistiques élémentaires

On peut facilement s'imaginer que la mise en oeuvre de ces indicateurs, au-delà de certaines données brutes recueillies sur le terrain et qui n'ont pas forcément besoin de traitements supplémentaires pour être interprétées (comme c'est le cas de certaines mesures climatiques),

[44] nom employé couramment dans la géomorphologie roumaine.

nous met devant une montagne de chiffres difficilement interprétables. Pour minimiser les chances de se tromper dans les interprétations, il faut avoir des points de repère et des outils pour "comprimer" la masse de chiffres. La statistique peut nous offrir ce type d'outils tout en restant à un niveau raisonnable de compétences mathématiques.
Trois outils statistiques sont souvent employés pour maîtriser de tels volumes de chiffres et avoir un premier aperçu en ce qui concerne leur signification : la moyenne, l'écart à la moyenne et l'écart-type.

4.3.4.1 La moyenne

Comme indicateur statistique, la moyenne arithmétique est la valeur centrale la plus utilisée, malgré le fait que nous ne pouvons la calculer que pour des variables quantitatives :

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

Equation 1

L'intérêt de la moyenne réside dans le fait qu'elle correspond au centre de gravité d'une population d'individus, raison pour laquelle elle joue le rôle de valeur de référence dans les calculs de dispersion. Le principal inconvénient de cet indicateur est sa sensibilité face aux valeurs extrêmes (ex : $x_{a1} = 1°C$, $x_{a2} = 9°C$, $\bar{}$,x = 5°C ; $x_{b1} = 4.5°C$, $x_{b2} = 5.5°C$, $\bar{}$,x = 5°C).
Nous soulignons le fait que, dans notre cas, en parlant d'individus on considère le sens statistique du mot et on se réfère aux zones qui, dans leur ensemble, forment le territoire étudié.

4.3.4.2 L'écart à la moyenne

Pour retrouver la position absolue d'un individu par rapport au "centre de gravité" de la population dont il fait partie, il faut calculer l'écart à la moyenne :

L'écart peut être négatif ou positif. Cette propriété peut s'avérer intéressante dans les études morphométriques (ex : quelle est la caractéristique de telle zone, par rapport à l'ensemble du territoire, du point de vue de l'énergie du relief), ou dans une analyse climatique (à propos de températures, ou de précipitations etc.).

Néanmoins, dans certaines circonstances nous pouvons rencontrer des difficultés lors de l'interprétation rapide des résultats. Avoir en même temps, dans la tête, la moyenne, l'écart maximum à la moyenne et la valeur de l'écart qu'il faut analyser, peut s'avérer un exercice délicat. Par exemple, si nous voulons comparer le cas de deux zones appartenant à des territoires différents ou si nous voulons comparer, à l'intérieur de la même zone, les écarts pour des valeurs réalisées dans des couches thématiques différentes.

Compte tenu de ces difficultés, ne serait-il pas plus intéressant de trouver une *expression en % de l'écart à la moyenne, ce pourcentage gardant le signe de la valeur d'origine qu'il relativise ?*
L'avantage d'une telle expression en %, serait que nous arrivons ainsi à relativiser l'écart d'un individu par rapport à la moyenne de la population dont il fait partie, tout en ouvrant deux voies nouvelles :
a. La première, en procédant à une classification des valeurs et à une représentation graphique de ces valeurs, afin d'obtenir un résultat dont l'appréhension serait plus facile et, surtout, qui permettrait la comparaison de plusieurs cartes montrant des objets géographiques différents.

b. La deuxième pourrait bâtir une "pyramide" graphique d'écarts en pourcentage, pour chaque individu (zone) de la population (territoire), mais des écarts concernant plusieurs variables thématiques (géomorphologiques, climatiques, hydrologiques etc.). L'intérêt de ce type de pyramide est que nous pouvons remarquer, pour une zone quelconque, dans quelle strate du complexe géographique nous trouvons des écarts ayant des valeurs exagérées. Nous mettons ainsi en évidence la composante du complexe qui a de fortes chances d'imposer une empreinte spécifique dans la physionomie, la structure et le fonctionnement du milieu.

Par exemple, si dans une pyramide relativement uniforme (écarts plus ou moins égaux à l'intérieur des différentes couches thématiques), nous remarquons un fort écart concernant la température moyenne, dans le cas de cet individu (zone) c'est donc la variable température qui imposera certaines caractéristiques dans la physionomie, la structure et le fonctionnement du géosystème

Pour des comparaisons complexes, nous pouvons associer plusieurs paramètres, au long de l'axe vertical qui représente les variables thématiques, en forme d'étoile à deux ou plusieurs bras.

Pour aboutir à ces fins, il faut procéder de la manière suivante dans le calcul de l'écart absolu en pourcentage.

Soit un territoire "T", constitué d'un ensemble de zones (individus). Pour chaque zone sera mesurée une certaine variable thématique, x_i, après quoi il faut calculer la moyenne de $\bar{}$,x pour tout le territoire. L'écart à la moyenne, pour chaque zone x_i, a une valeur e_i (positives ou négatives). La valeur de la moyenne $\bar{}$,x, quel que soit son signe, sera considérée comme égale à 100% et servira, donc, comme repère dans le calcul de la valeur en pourcentage de chacun des autres écarts e_i. Ce pourcentage sera noté $e_{\%i}$, et calculé selon la formule :

$$[+/-]e_{\%i} = \frac{[+/-]e_i}{[+/-]\bar{x}} * 100$$

Equation 2

Etant donné le fait que e_i et $\bar{}$,x peuvent être positifs ou négatifs, le signe de $e_{\%i}$ suivra le signe qui résulte de l'opération algébrique.

Une conséquence importante de ce mode de calcul est de permettre de percevoir, à la fois, *l'ordre de grandeur* de la distance entre l'individu pris en compte et la moyenne et la distance qui sépare l'individu analysé de celui pour lequel on enregistre le plus grand écart par rapport à la moyenne.

Pour ces raisons, nous considérons qu'exprimer en pourcentage l'écart à la moyenne, tout en gardant le signe d'origine (+ ou -), est très utile lorsque nous voulons saisir :

- les aspects qualitatifs d'une distribution de valeurs par rapport au centre de gravité de la population ;
- les individus (zones) qui jouent un certain rôle dans la structure spatiale et fonctionnelle de l'espace, en ce qui concerne la couche thématique prise en compte.

4.3.4.3 L'écart-type

Pour obtenir la valeur de l'écart type, il faut absolument calculer la *variance (σ^2)*. Celle-ci représente la moyenne arithmétique des carrés des écarts des valeurs à leur propre moyenne arithmétique :

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}(x_i - \bar{x})^2$$

Equation 3

L'*écart type (σ)* est la racine carrée positive de la variance :

$$\sigma = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}(x_i - \bar{x})^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

Equation 4

L'écart-type est la plus courante caractéristique de dispersion des variables quantitatives et son rôle est de mettre en évidence la dispersion absolue des valeurs.
En utilisant l'écart-type, nous pouvons calculer un coefficient de variation ($V = \sigma/x$), dont la valeur peut être convertie en % ($100V = (\sigma*100) / x$). L'intérêt de ce coefficient de variation est de montrer la dispersion relative mais, en s'appuyant sur σ, il ne révèle pas le sens de la dispersion, comme le fait l'écart à la moyenne sous forme de pourcentage.

4.4 Nouveaux indicateurs pour l'étude du géosystème

La présentation succincte de quelques indicateurs, dans les pages précédentes, a eu comme but de montrer que, même en ce qui concerne les outils d'analyse de l'état du géosystème, il y a encore des progrès à faire. Aussi, pour compenser certains désavantages qui apparaissent dans l'utilisation des indicateurs courants, nous avons déjà proposé l'utilisation de quelques nouveaux outils de ce type (A.N.Roman, 1991), dont le développement sera encore poussé plus avant.

Comme nous l'avons déjà précisé, la base de travail de ces indicateurs est constituée par des cartes dressées selon différents modes de représentation, mais les plus souvent employées seront les cartes en isolignes. Notre choix pour ce type de documents a été déterminé surtout à cause de deux caractéristiques :

- la précision qu'elles offrent dans la description de la répartition spatiale et dans la représentation quantitative des objets géographiques ;
- leur large utilisation dans divers domaines, autres que la géographie, grâce à la quantité importante d'informations qu'elles contiennent, tout en restant relativement faciles à lire.

D'ailleurs, le calcul d'un bon nombre d'indicateurs présentés ci-dessus s'appuie, d'une manière ou d'une autre, sur l'exploitation de ce type de cartes.

Il existe à l'heure actuelle, dans tous les domaines de la géographie, de nombreux indicateurs employés à des fins divers.
C'est ainsi que la géomorphologie fait une large utilisation d'indicateurs. À part les avantages qu'ils peuvent offrir à la recherche, ceci est dû aussi au fait que la géomorphologie a longtemps occupé une place dominante en géographie (physique, en général). Toutefois, ces indicateurs peuvent faire l'objet de quelques remarques :

- ils rendent difficilement compte de la forme des versants, que ce soit dans le plan longitudinal (au long des courbes de niveau) ou transversal (perpendiculaire à celles-ci) ;
- la quantification de la fragmentation horizontale du relief dans les régions où le réseau hydrographique est faiblement représenté (malgré une forte fragmentation observée sur le terrain) peut être encore perfectionnée.

Dans les autres domaines de la géographie physique, nous retrouvons des indicateurs qui ont un emploi similaire à ceux utilisés en géomorphologie. Ces indicateurs sont souvent inspirés de sciences connexes à la géographie et mettent l'accent sur des aspects assez "pointus", qui ne permet pas toujours de couvrir les problèmes spécifiques de notre discipline : répartition et diversité spatiale, liens fonctionnels et structuraux entre les composantes du géosystème. Ce sont, avant tout, des descripteurs et ce n'est qu'après l'analyse des résultats obtenus en les employant que nous pouvons envisager d'identifier les structures et les lois de fonctionnement du géosystème.

Dans ce contexte, où le développement de nouveaux outils de recherche est, pourtant, très actif, il est possible d'apporter une contribution nouvelle capable de donner un aperçu différent, plus géographique et moins technique.

4.4.1 La fragmentation spécifique du relief

Le fait de saisir l'ordre de grandeur de cette caractéristique peut contribuer à nous donner un aperçu partiel, mais essentiel, sur le support matériel du paysage. Saisir la fragmentation du relief permet non seulement d'élargir l'objectif exprimé dans la phrase antérieure, mais peut avoir aussi des débouchés plus pratiques. En fait, étant donné que le potentiel d'érosion du terrain est étroitement lié à la fragmentation du relief, une meilleure connaissance de celle-ci peut contribuer à des choix plus efficients en ce qui concerne l'aménagement et l'utilisation du territoire.

4.4.1.1 Le degré de concentration du réseau de drainage ("gdh") et l'indicateur de fragmentation longitudinale des versants ("fvh")

Dans un certain nombre de cas, au cours de l'analyse morphométrique, il est important d'aboutir à un zonage des versants selon leur degré de fragmentation ou, parfois, de rendre compte de cette même fragmentation aux niveaux altitudinaux qui nous intéressent. Essayer d'appréhender ce caractère à l'aide de méthodes s'appuyant sur des transects topographiques est difficile, car il faut en construire un nombre d'autant plus important que la précision exigée est plus grande. Préciser les niveaux altitudinaux où la topographie présente une certaine fragmentation nécessite ensuite une analyse détaillée de l'ensemble des transects.
Pour éviter ces problèmes, nous avons proposé (Roman A.N., 1991, 1992) deux indicateurs relativement faciles à mettre en oeuvre, car ils s'appuient sur deux informations aisément décelables : la longueur des courbes de niveau et le nombre d'inflexions de celles-ci.

A. Méthode de calcul

L'indicateur "degré de concentration du réseau de drainage" quantifie le degré/niveau jusqu'auquel les eaux courantes sont, ou peuvent être, concentrées dans un réseau de vallées ayant des orientation bien définies.

Si le relief est représenté par le biais de courbes de niveau, trois inflexions successives d'une courbe marquent soit une forme de relief positive située entre deux formes négatives, soit une forme négative située entre deux positives. Donc, un nombre "y" d'inflexions marquera un nombre "y/2" de formes négatives de relief et aussi "y/2" de formes positives.

En divisant le nombre d'inflexions "y" par le double de la longueur de la courbe de niveau ("n", mesurée en mètres), le tout multiplié par 1000 (mètres), nous obtenons la valeur du **degré de concentration du réseau de drainage ("gdh_c")** par km :

$$gdh_c = \frac{y}{2 * n} * 1000$$

Equation 5

Si, dans cette formule, nous remplaçons "2n" par "n", nous obtenons la valeur du **degré de gauchissement longitudinal des versants "fvh_c"**, au long de la courbe "c" prise en considération, ce qui est un indicateur utile pour caractériser la fragmentation horizontale des versants à l'altitude donnée :

$$fvh_c = \frac{y}{n} * 1000$$

Equation 6

B. Signification des résultats

Quand la courbe de niveau utilisée dans les calculs a aussi une signification géomorphologique et/ou hydrologique propre, nous pouvons parler d'un **niveau hydrodynamique spécifique** de "c" mètres d'altitude et, entre deux courbes de ce genre, d'un **secteur-versant hydrodynamique spécifique** délimité sur des critères physico-géographiques.
Ces indicateurs présentent l'avantage de pouvoir être calculés non seulement à l'intérieur des bassins versants, comme c'était le cas, auparavant, avec la densité du réseau hydrographique, mais encore pour les régions d'interfluve.

L'analyse des données obtenues nous montre deux situations caractéristiques :

- soit nous avons un secteur de versant situé entre une courbe supérieure doté d'un degré réduit de concentration du réseau de drainage et une courbe inférieure dont le "gdh" et plus grand ;
- soit un secteur de versant situé entre une courbe supérieure doté d'un haut degré de concentration du réseau de drainage et une courbe inférieure dont le "gdh" et plus petit.

Dans le premier cas, il s'agit d'une surface de terrain où il y a une tendance à la multiplication du nombre de vallées potentielles, à l'augmentation du rôle des cours d'eau occasionnels dans la morphosculpture et, par conséquent, de la surface exposée à l'érosion.

Dans le deuxième cas, la tendance est inverse : concentration des eaux sur des voies d'écoulement moins nombreuses mais, probablement, au long desquelles l'érosion linéaire sera plus intense.

Les bassins-versants à grand "gdh" peuvent être considérés comme des territoires à haut potentiel de variabilité des caractéristiques morphométriques, suite à l'action des eaux météoriques ou des rivières, tandis que ceux où le "gdh" est réduit se trouvent dans un état d'équilibre relatif.
L'utilisation du "gdh" ouvre aussi une autre perspective, quand il s'agit d'apprécier le temps de concentration des eaux qui s'écoulent sur les versants et la longueur totale du réseau de drainage (Roman A.N., 1992)

4.4.2 Les indicateurs climatiques

Le but de ce sous-chapitre n'est pas de faire une étude climatique générale de tous les paramètres, mais de chercher à exprimer les liaisons qui existent entre les différentes CNG ainsi que les processus divers qui agissent à l'intérieur du géosystème. L'expression de ces caractéristiques doit être à la fois : quantitative, tout en montrant des liaisons qualitatives, et facile à mettre en oeuvre et à exprimer sous une forme cartographique.

4.4.2.1 Le potentiel érosif des précipitations ("PEP")

Si l'indicateur précédant donne un aperçu global sur la répartition spécifique des précipitations il faut, lorsque nous voulons avoir une évaluation du potentiel érosif de celles-ci, tenir compte d'un autre paramètre essentiel : la pente.

En supposant que la topographie soit homogène, la pente devient la principale caractéristique qui influence la vitesse d'écoulement de l'eau, vitesse qui détermine, à son tour, l'érosion du terrain grâce à l'énergie cinétique et à la force d'érosion.

Ainsi, puisque la vitesse de l'eau, la pente et l'intensité de l'érosion sont directement proportionnelles entre elles, nous pouvons aussi *supposer* qu'une faible quantité d'eau écoulée sur une pente raide aura, en termes de force d'érosion, le même effet qu'une quantité plus grande écoulée sur une pente plus douce.

En conséquence, nous avons proposé (Roman A.N., Apetrei M., 1997), l'indicateur suivant pour évaluer le potentiel érosif des précipitations (pe_i), en rapport avec la déclivité du terrain ($tg_i\alpha$) et le volume de précipitations enregistré (pp_i) :

$$pe_i = pp_i * tg_i(\alpha)$$

Equation 7

4.4.2.2 La répartition spatiale du potentiel érosif spécifique des précipitations ("PSP")

Les deux indicateurs précédents ont, chacun, leurs propres défauts. Le premier (QSP) donne un aperçu global d'une répartition mais pas la moindre idée sur l'intensité probable de l'érosion, car il ne tient pas compte de la pente. Le deuxième (PEP) a le défaut et l'avantage du premier, mais inversement : il offre un aperçu sur l'intensité probable de l'érosion mais ne donne aucun renseignement sur la spécificité zonale par rapport à l'ensemble du territoire.

Pourtant, si nous essayons de regarder le potentiel érosif des précipitations comme un "objet" matérialisé, qui peut "peser" avec un certain "poids" sur une zone quelconque, alors il est possible de réunir le QSP et le PEP sous la forme d'un indicateur plus synthétique. La formule de calcul que nous avons proposé (Roman A.N., Apetrei M., 1997) est la suivante :

$$ps_i = pp_i * tg_i(\alpha)$$

Equation 8

$$ps_i = \frac{v_i * s}{v * s_i} * tg_i(\alpha)$$

Equation 9

Cet indicateur peut nous donner une image de la distribution spatiale du potentiel érosif des précipitations, du "poids" avec lequel il pèse sur une région quelconque, en fonction de la quantité d'eau reçue et de la déclivité du terrain.

De cette manière, nous avons une autre possibilité pour évaluer si le potentiel d'érosion du terrain connaît une distribution spatiale équilibrée et, sinon, nous pouvons savoir quelles sont les zones le plus ou le moins sensibles de ce point de vue. Par conséquent, nous avons encore un moyen de recentrer, lorsqu'il est besoin, nos choix d'aménagement ou de zonage d'un territoire.

4.4.3 Indicateurs de diversité

D'une manière générale, l'analyse de l'espace peut se faire suivant deux voies : soit en relevant les différences quantitatives que nous rencontrons dans une même couche thématique ; soit en relevant la diversité des couches thématiques qui peuvent intervenir dans la constitution du géosystème.

En ce qui concerne la première voie, faire ressortir des différences quantitatives signifie aussi mettre en évidence une diversité qualitative. A vrai dire, pourrait-on mettre en évidence une diversité qualitative avant de prendre conscience de la présence des différences quantitatives ? La réponse à cette question est négative.

La mise au point d'indicateurs de diversité n'est pas une préoccupation nouvelle. C'est surtout l'écologie et la biologie qui ont fait appel à ce type d'outils, la géographie restant un peu à l'écart de ce point de vue.
Le calcul de ce genre d'indicateurs repose sur une classification préalable des données quantitatives, ce qui peut conduire à une première généralisation des données. Le calcul proprement-dit peut poursuivre deux objectifs : rendre compte de la diversité d'une petite zone par rapport à la diversité de son contexte territorial ; ou rendre compte de la diversité que présente une zone par rapport au traits de l'ensemble du territoire.

Le premier type de calcul est très souvent employé par les écologistes pour obtenir les indices de richesse relative, de diversité, de dominance (M.G.Turner, 1989) ou de fragmentation (M.S.Monmonier, 1974). Il faut préciser que par fragmentation, dans ce contexte, nous entendons différenciation qualitative ("fragmentation qualitative") à l'intérieur d'une zone quelconque :

$$F = \frac{n-1}{c-1}$$

Equation 10

où : n = nombre des différentes classes présentes dans la zone étudiée ;
c = nombre d'unités spatiales qui couvrent la zone (ce type d'indicateur est calculé après avoir appliqué une maille de carrés sur le territoire étudié).

Cette formule de la "fragmentation" présente un réel intérêt pour une analyse de diversité contextuelle, limitée à la superficie de la seule zone prise en compte à un moment donné, et par rapport au nombre d'unités spatiales de base qui la recouvre.

Mais, comment procède-t-on si nous voulons comparer la diversité d'une zone à l'ensemble du territoire et à la diversité que celui-ci peut présenter ? Et, si nous voulons comparer deux territoires entre eux, ne faut-il pas avoir un point de référence commun pour les deux ? Dans ce deuxième cas il nous semble indispensable de tenir compte de la diversité d'ensemble, du nombre total de classes présentes.

4.4.3.1 Indicateurs de différenciation qualitative générale ("QG")

Pour calculer un indicateur de différenciation qualitative générale, nous proposons la méthode suivante :

a. Application d'une maille de carrés sur le territoire à analyser, maille suffisamment fine pour qu'une zone qui présente intérêt soit recouverte par plusieurs carrés. De cette manière, plus la maille est fine, plus la précision de l'analyse augmente toutefois (il y a un seuil à ne pas dépasser).

b. Définir les dimensions de la fenêtre qui couvrira une zone élémentaire d'étude. Dans le cas où nous faisons appel à des ordinateurs, il faut se rapporter aux spécifications techniques du logiciel employé (un certain nombre de logiciels n'acceptent qu'une seule taille de fenêtre, prédéfinie, le plus souvent de 3x3 cellules).

c. Compter le nombre total de classes (valeurs) différentes ("n") qui existent à l'intérieur de l'ensemble du territoire étudié.

d. Compter le nombre de classes (valeurs) différentes identifiées à l'intérieur de la fenêtre analysée.

e. Calculer l'**indice de différenciation qualitative générale ("QG")**, selon la formule :

$$QG_i = \frac{c_i}{n}$$

Equation 11

Nous avons employé l'expression de "classes (valeurs)" car sur certaines cartes nous retrouvons déjà des données qualitatives, représentant le résultat d'une synthèse préliminaire comme pour la carte des sols, tandis que sur d'autres cartes nous ne trouvons que des valeurs numériques, comme la carte de l'énergie du relief.

Cette formule, qui semble tout à fait banale, pourra nous aider à appréhender la dynamique et le rythme du géosystème. Nous proposons, plus loin, une méthodologie d'approche de ces deux caractéristiques du géosystème, méthodologie qui trouve son point de départ dans l'analyse des cartes en isolignes et le calcul des pentes.

Dans ce contexte, le problème provient du fait qu'un certain nombre de CNG ne peuvent pas être représentées par des isolignes, bien qu'elles connaissent parfois une forte différenciation spatiale. Donc, étant donné que ce dernier caractère des CNG nous intéresse davantage que leur description proprement-dite, il est important d'essayer de trouver un procédé pour les inclure dans cette méthode.

a. *Dans le cas des* ***sols,*** c'est leur ***variété*** *qui intéresse,* ***en plus de leurs caractéristiques,*** surtout parce que le sol reflète, pour une bonne part, les effets de la dynamique spatio-temporelle des autres CNG, en une sorte de synthèse. Il faut, donc, étudier aussi la variabilité de la *somme* de caractères du sol, entre plusieurs parties d'un territoire, et non pas, seulement, les caractères pris individuellement. Ceci revient à analyser la variabilité de la qualité des sols. On peut calculer un **indice de la variété des sols** sur un territoire donné, qui pourra être comparé à celui d'un autre territoire. La formule serait la suivante :

$$P = \frac{C * T * S}{F}$$

Equation 12

où : - P = indice de différenciation spatiale des sols
- C = nombre de classes de sols
- T = nombre de types de sols
- S = nombre de sous-types de sols
- F = superficie du territoire (km²)

Cet indice sera calculé à l'intérieur de chaque carré et sera utilisé pour :

- l'obtention de cartes en isolignes traduisant la différenciation spatiale des sols ;
- l'obtention de cartes en isolignes de la composante sol du géosystème et, donc, pour l'intégration de cet élément dans le corps de la prochaine phase destinée à caractériser la dynamique spatiale des CNG d'un territoire.

Deux situations extrêmes peuvent se présenter lors de l'application de la formule :

- un carré occupé entièrement par une surface d'eau ou de roche nue, cas dans lequel P = 0 ;
- un carré où nous ne rencontrons qu'une seule unité taxonomique de sol et où la valeur de "P" sera d'autant plus petite que la surface du carré sera plus grande.

En ce qui concerne la formule proposée, les unités taxonomiques employées sont celles du "Système Roumain de Classification des Sols" (SRCS). Toutefois, si nous allons nous retrouver dans un autre environnement taxonomique (que ce soit le système FAO, le système Américain, Français, Russe ou un autre), cette formule pourrait être utilisée après avoir établi les diverses correspondances entre les différentes unités taxonomiques. A la question : "Pourquoi ces différences taxonomiques ?" la réponse est que nous ressentons la nécessité de bénéficier d'un indicateur indépendant du système de classification adopté (ou, au moins, indépendant autant que possible...) et qui se prête aussi à l'emploi dans une étude transcalaire. Ceci puisque les différentes taxonomies ont été établies en fonction des besoins des différents Etats et selon des conceptions qui utilisent : soit une approche analytique ; soit une approche synthétique ; soit une approche génétique.

b. *Dans le cas du* ***couvert végétal****,* il est également intéressant de mettre en évidence la *variation de ce dernier dans l'espace*. Un nombre plus grand de groupements végétaux peut traduire, en effet, un enrichissement en espèces et en interrelations végétales, ce qui permettrait l'existence d'une faune diversifiée. *Il faut également tenir compte du fait que, sur un même territoire, existent des juxtapositions chorologiques de groupements végétaux* (dans le sens large du terme) et, par conséquent, *un agencement plus compliqué du point de vue de la richesse spécifique, du fonctionnement des biocénoses et des structures spatiales réelles et potentielles de la végétation*.

En fait, un nombre plus important d'espèces et de groupements végétaux : est la conséquence d'un milieu plus diversifié (ou dont l'histoire a été plus tourmentée...). Ce milieu peut aussi, avec le monde végétal, assurer les conditions écologiques permettant l'existence d'une faune variée. Toutes ces conditions peuvent conduire à l'existence d'un écosystème plus complexe

qu'on pourrait le croire, ce qui a été déjà observé dans des études scientifiques menées en France[45], notamment.

Nous pourrons donc utiliser comme valeur numérique à prendre en compte dans le cadre de la prochaine méthode d'analyse de la dynamique des CNG celle que permet d'obtenir la formule suivante – dont le traitement sera, par ailleurs, le même que dans le cas des sols - :

$$B = \frac{V + \sum_{i=2}^{n} a_j * (n_i)_j}{F}$$

Equation 13

- B = indice de différenciation spatiale biogéographique
- V = nombre de groupements végétaux
- a_i = nombre de groupements végétaux qui se juxtaposent sur une surface donnée
- $(n_i)_j$ = nombre "j" de répétition de la juxtaposition de type "i"
- F = superficie du territoire (km²)

c. Pour prendre en considération *les caractéristiques des eaux de ruissellement,* nous ferons appel à la valeur de la densité du réseau hydrographique (km/km²). Dans le cas des lacs, ils seront figurés en tant que tels sur la carte et s'ils occupent toute la surface du carré leur poids dans le calcul sera nul.

Bien entendu, avec certaines précautions, nous pouvons envisager de prendre en considération de nombreux autres éléments représentatifs pour les CNG (surtout l'ensoleillement et la température, qui concernent les énergies du géosystème, ainsi que les précipitations, l'humidité de l'air etc.) et les intégrer dans le traitement des données, en vue d'obtenir une description aussi complète que possible du géosystème te de sa dynamique spatiale. Ceci puisqu'il faut toujours considérer les deux volets du problème :

[45] Les travaux du groupe "Ilots boisés", ENS Fontenay – St.Cloud, CNRS

- l'aspect état et bilan du géosystème ;
- l'aspect dynamique (spatio-temporelle).

4.5 Dynamique et rythme : les concepts

Le terme de "**dynamique**" peut être employé dans un sens large et sans trop s'éloigner de la définition donnée par les physiciens, nous pourrions considérer la ***dynamique*** comme un *concept complexe qui introduit la notion de potentiel (perçu comme effort) s'exerçant sur un ensemble, matériel ou abstrait. L'intérêt de ce concept est d'établir un lien entre les potentiels et les transformations, les évolutions, les variations possibles de cet ensemble. Elle permet d'évaluer le potentiel, si l'on connaît les transformations ou, inversement, d'évaluer les transformations si les potentiels sont donnés ou peuvent être éliminés pour ceux d'entre eux qui seraient inconnus a priori.* C'est cette deuxième voie que nous allons tenter de suivre : nous essaierons surtout d'appréhender d'une manière quantitative la variation des potentiels. Ces potentiels peuvent être perçus comme une "énergie" ou une "tension" interne du système qui, à un certain moment et suite à un certain contexte, peuvent se manifester. La simple modification de ces potentiels, accompagnée souvent du déclenchement d'une réaction en chaîne, est la cause des transformations intervenues dans le géosystème.

Dans cette acception du terme, la dynamique n'est plus forcément liée à la physique pure et recouvre un champ plus large, avec des sens plus nuancés. D'ailleurs, le mot "dynamique" est fréquemment employé dans la vie quotidienne sans qu'il garde, pour autant, de strictes liaisons avec la définition des physiciens. On entend souvent parler de "dynamique de la population" (dans le domaine de la géographie humaine), de "marchés dynamiques" (dans le cas des sciences économiques), de "personne dynamique", etc. En général, nous parlons de dynamique chaque fois que nous voulons exprimer l'idée de transformation, de changement qualitatif ou quantitatif, matériel ou énergétique, spatial ou temporel, sous l'impulsion d'une force, d'une loi, d'une raison quelconque. Nous avons donc affaire à une notion sous-tendue par des aspects à la fois quantitatifs et qualitatifs.

En ce qui concerne la **dynamique spatiale** et le paramètre corrélatif, nous considérons que l'indice d'évaluation pourrait être exprimé par *la pente moyenne* des éléments descripteurs respectifs, pente que nous pouvons apprécier et représenter sous une forme graphique à partir des cartes en isolignes.

Le mot "**rythme**", déjà utilisé dans cet ouvrage, nous fait traditionnellement penser à une succession, à une périodicité temporelle. En fait, le rythme est défini, en premier lieu, *stricto sensu*, comme une succession d'événements sonores discontinus dans le temps. Cette succession peut être plus ou moins régulière. Bref, le rythme c'est un ordre dans le temps. Mais par rapport à l'espace, quel sens a-t-il ?

Quand la place du temps est prise par l'espace et celle des événements sonores par des événements géographiques (qu'il s'agisse d'objets, de processus ou phénomènes), nous pouvons parler d'un *rythme spatial*. Autrement dit, d'un ordre dans l'espace. Pour les géographes, cet ordre spatial est de toute première importance car c'est lui, associé au rythme temporel, qui permettent de séparer des ensembles relativement homogènes : les zones ou les régions géographiques. Jusqu'à présent on établissait le zonage en rassemblant les portions de l'espace ayant des objets, processus et phénomènes géographiques très rapprochés du point de vue des paramètres d'état d'un élément. En utilisant les concepts de dynamique et de rythme, la partition de l'espace sera faite par rapport aux *changements* spatio-temporels continus qui interviennent dans les paramètres d'état d'un élément.

Prenons l'exemple d'une chanson : elle a sa propre individualité, même si, parfois, elle peut ressembler à une autre. Elle a un rythme et une mélodie. La mélodie est donnée par le cycle de séquences sonores constituées, chacune, de plusieurs événements sonores. Ceux-ci, les notes, représentées par des sons d'une fréquence déterminée, ont une certaine durée et sont séparés par des intervalles de temps plus ou moins longs. Les séquences sont marquées par un événement, qui peut être une note ou un intervalle de temps spécifique, inhabituel, discordant

par rapport à la succession qui vient de se dérouler. Cet " événement " donne à la chanson son rythme ; en son absence, le tout, qui est la chanson, devient monotone.

Dans le paysage, dans le géosystème, si l'analogie nous est permise, les choses se passent de même manière. On pourrait assimiler les caractères internes des séquences sonores, - regardées du point de vue de leurs différences qualitatives - , à la dynamique ; on peut assimiler au rythme les séquences ajoutées aux événements qui les séparent ; enfin, l'ensemble des rythmes et la manière dont ils s'enchaînent nous donne la mélodie (le paysage).

Ainsi, dans la nature, qu'est-ce que nous impressionne le plus ? Une paisible rivière de plaine ou une rivière de montagne, avec des cascades ? Une plaine plate, qui s'étend à perte de vue, ou une plaine collinaire ? Une mer calme, sans trace de brise ni de vagues ou la mer sur laquelle on voit s'approcher la tempête ? Une prairie de coquelicots ou une prairie couverte de toute sorte de fleurs sauvages, d'arbres et d'arbustes ? Ou, plutôt, est-ce le contact entre deux unités différentes mais monotones comme le contacte entre plaine et hauts plateaux..

Ce n'est pas la monotonie qui est difficile à décrire mais ce qui fait qu'un paysage est varié : les discontinuités. Or, ce passage d'une mélodie à l'autre, d'un paysage à l'autre, peut être brusque ou gradué, plus ou moins régulière. La transformation, la dynamique joue donc à plusieurs vitesses dans le continuum spatio-temporel, plus lente ou plus rapide. Plus ou moins régulière. La dynamique spatiale acquiert ainsi son propre rythme spatial.

Nous pouvons dire que cette dynamique spatiale, si nous pouvons la mesurer, viendrait quantifier la variation en continu des paramètres d'état dans l'espace. A son tour, le *rythme spatial*, si nous pouvons le mesurer, viendrait quantifier la variation spatiale en continu de la *dynamique* des paramètres d'état.

4.6 La dynamique des composantes naturelles du géosystème

4.6.1 Définition

*Par **dynamique** d'un élément caractérisant une CNG, nous entendons : le nombre d'unités de mesure suivant lesquelles se modifie la valeur du paramètre d'état si nous nous déplaçons, à partir d'un certain point, dans une direction quelconque à l'intérieur de la zone étudiée, et sur une distance prédéterminée. Cette distance reste constante quelles que soient les zones comprises dans le territoire pris en compte pour l'étude et quel que soit le moment où, pendant l'étude, nous faisons le calcul.*

La valeur de la dynamique diffère, le plus souvent, selon le point de départ et la direction choisie. On peut donc calculer la dynamique d'un paramètre à partir d'un certain point, suivant une certaine direction. Mais, il est intéressant d'avoir la moyenne -que nous appellerons ***moyenne de référence de la dynamique (mr)***- d'abord pour une seule composante du géosystème par zone ***(mr élémentaire)***, puis, pour toutes les composantes du géosystème d'une aire/zone ***(MR zonale)*** qui se trouvent à l'intérieur du territoire étudié. Il est évident que nous pouvons calculer ces moyennes pour une région ***(MR régionale)*** constituée de plusieurs zones, ou pour l'ensemble d'un territoire ***(MR territoriale)*** constitué de plusieurs régions.

Le choix de moyenne comme indicateur de base et comme point de départ à l'amont d'une cartographie thématique est facile à critiquer. Ne serait-ce que pour le fait que la même moyenne peut être le résultat de deux valeurs soit très rapprochées (exemple : 4 et 6), soit très éloignées (exemple : 1 et 9) : il faut donc s'interroger sur le bien-fondé de ce choix. Néanmoins, si nous voulons arriver à utiliser deux autres indicateurs très importants pour l'analyse de la dispersion d'une population (l'écart à la moyenne et de l'écart-type), il faut avoir calculé la moyenne, vue comme un moyen pour parvenir à d'autres calculs.

On doit souligner qu'il y a des CNG qui ne sont pas représentées par des isolignes (substratum géologique, végétation, sols) mais qui connaissent une évidente différenciation spatiale de part et de l'autre de l'enveloppe qui les cerne. Or, il est nécessaire de calculer, pour ces éléments aussi, un indice de la dynamique spatiale et du rythme de celle-ci. Tous ces indicateurs constitueront autant de couches qui peuvent être intégrées dans un S.I.G.

4.6.2 Méthodologie de travail

La moyenne de référence zonale de la dynamique spatiale de toutes les CNG ("MR") se calcule en tant que moyenne de la dynamique spatiale élémentaire ("mr^i") de tous les éléments "i" ou, autrement dit, en tant que *moyenne de la pente moyenne de tous les éléments pris en compte.*

Afin que les calculs aient un sens, il faut utiliser des cartes à la même échelle pour les différents paramètres considérés. Mais dans la collecte de l'information les données cartographiques sont rarement à la même échelle. Si les échelles sont proches, alors tous les documents peuvent être amenés à une échelle de référence. Si l'écart est trop grand, par exemple un document 1 : 200.000 et un autre au 1 : 25.000, il sera difficile de les superposer même après transformation dans la mesure où le niveau d'information n'est pas de même nature pour chaque carte. Il y aurait alors distorsion informationnelle si l'on superposait malgré tout les deux documents. Avant la superposition des documents, il faut faire une analyse critique sur l'opportunité de combiner des documents de niveaux d'information différents et définir des seuils à partir desquels l'opération est impossible.
Après cette phase préliminaire, ***les étapes de travail*** sont les suivantes :

a. Sur *chaque carte en isolignes, on trace un réseau de carrés identiques* du point de vue de la *grandeur et* de l'*emplacement.* Nous suggérons d'utiliser la maille UTM.

b. A chaque carré on attribue un *indicatif "p"*, inscrit sur la première ligne d'un tableau. Dans ce même tableau, nous attribuerons une colonne à chaque *élément "e"*

qui sera pris en compte pour le calcul de la dynamique spatiale (pente) et une dernière colonne pour la valeur MR_p (la moyenne) concernant le carré "p" dans lequel nous avons effectué les calculs. La première colonne du tableau sera, donc, celle de l'indicatif des carrés, et la première ligne, celle de l'indicatif des éléments. [Soit un total de (m+1) colonnes et (n+1) lignes (voir tab. 5)].

Tableau no. 5 : Le format de tableau pour la saisie de données numériques

	e_1	…	e_i	…	e_m	MR_p
p_1		…	$P_1^i = mr_1^i$	…		MR_1
…		…	…	…		…
p_x		…	p_x^i	…		MR_x
…		…	…	…		…
p_n		…	p_n^i	…		MR_n

c. A l'intérieur de chaque carré et pour chacune des cartes, sera calculée, par la méthode classique, la pente moyenne mr_x^i des éléments respectifs. Cela implique le comptage des isolignes, le nombre obtenu étant multiplié par l'équidistance et rapporté à la longueur du côté du carré. En fin de compte, étant donné le fait que cette longueur reste constante, nous pourrions renoncer à elle mais nous la conservons pour bien montrer qu'il s'agit de la pente.

Il faut, en effet, rappeler que les isolignes des différentes cartes représentent des éléments qui, pour ce qui est des unités de mesure de leurs caractéristiques quantitatives, sont très hétérogènes et que nous ne pouvons pas "mélanger" - mètres, degrés Celsius, litres etc. Sans compter que, du fait de cette diversité d'éléments et d'unités de mesure, la valeur de l'équidistance n'est pas la même sur les différentes cartes. L'intérêt majeur est d'arriver, par ce calcul, à une unité de mesure commune pour tous les éléments pris en considération. Les valeurs ainsi obtenues, qui représentent la tangente de l'angle de pente, seront transformées en degrés.

Les valeurs obtenues pour chaque élément "e_i" spécifique au carré "p_x", (= mr_x^i), seront inscrites dans la colonne de l'élément "e_i", ligne du carré "p_x" du tableau. La valeur mr_x^i décrit la dynamique spatiale des mérons, définis par rapport au paramètre descripteur de l'élément "i", dans le carré "x".

d. *La moyenne de référence zonale*[46] MR_x *dans le carré "x" sera calculée en tant que moyenne arithmétique des valeurs des pentes de tous les éléments* (mr_x^i) *:*

$$MR_x = \frac{\sum_{i=1}^{n} mr_x^i}{m}$$

Equation 14

Le chiffre obtenu (*MR*) nous indique la variation spatiale moyenne des valeurs effectives de chaque élément pris en considération pour caractériser les CNG. Cette valeur exprime la dynamique des géomérons, définis par rapport aux paramètres descripteurs des différents éléments pris en considérés, dans le carré "x".

Au niveau de l'ensemble du territoire "T" étudié, nous pouvons calculer la *MR* de la dynamique spatiale de tous les éléments pris en considération pour tous les carrés, la valeur obtenue pouvant être utilisée en tant que repère, pour différentes comparaisons :

$$MR_T = \frac{\sum_{x=1}^{n} MR_x}{n}$$

Equation 15

Cette valeur décrit la dynamique moyenne de tous les géomérons du territoire "T" analysé.

[46] Nous l'appelons zonale car elle est calculée à l'intérieur d'une surface (carrée, dans ce cas) dont les dimensions, la forme et l'emplacement ont été choisis d'une façon arbitraire.

Les formules précédentes sont valables quand on veut prendre en compte tous les éléments descripteurs des CNG, donc lorsque nous voulons avoir une approche des géomérons. Pour connaître au niveau de l'ensemble du territoire la dynamique moyenne d'un seul élément "i", nous pouvons utiliser la formule suivante :

$$MT_T^i = \frac{\sum_{x=1}^{n} mr_x^i}{n}$$

Equation 16

Une précision s'impose au sujet du sens des termes employés. Il ne s'agit pas de "dynamique" concernant la transformation des mérons ou des géomérons à la suite d'une intervention extérieure (celle qui détermine la transformation du méron en un autre, donc de son évolution), mais d'une mesure de l'hétérogénéité de la distribution spatiale des mérons ou des géomérons, d'une évaluation quantitative de celle-ci. A la différence de la dynamique spatiale, que nous pouvons évaluer en utilisant la méthode proposée, le dynamisme de la transformation temporelle des mérons ou des géomérons ne peut être révélé que par de nombreuses mesures de terrain.

4.6.3 Utilisation des résultats

Les valeurs obtenues au cours de l'étape précédente peuvent être utilisées pour la *création de graphiques, de cartes ou être traitées par des méthodes statistiques. Mais, ces valeurs constituent aussi, en elles-mêmes, des* ***paramètres descripteurs de la dynamique****. Elles peuvent être utilisées pour : caractériser des mérons et délimiter des topons, non par rapport au paramètre d'état d'un élément mais par rapport à sa variabilité spatiale ; et constituer ultérieurement une couche S.I.G.*

Nous pouvons observer, soit directement, soit à l'aide d'un graphique avec deux axes perpendiculaires x,y,o qu'il y a des éléments pour lesquels la moyenne de référence de la dynamique spatiale diffère des moyennes MR_x et MR_T, et que deux de ces éléments ont une

pente respectivement maxima (mr_x^{ix}) et minima (mr_x^{iy}). Ces observations peuvent être faites dans chaque carré, ainsi qu'au niveau du territoire entier. Si le nombre de carrés est suffisamment grand, nous pouvons faire l'analyse des corrélations qui existent entre les différents éléments ou carrés ou d'autres traitements statistiques. Ceci est important pour pouvoir appréhender une grande quantité d'information car le nombre de carrés de la maille se compte souvent en milliers. Ces traitements statistiques sont également importants pour tenter des comparaisons spatiales et diachroniques ou encore, procéder à une modélisation numérique.

Pour la représentation cartographique, nous pouvons choisir entre au moins deux alternatives :

- la méthode du **cartogramme**
- l'utilisation de mr_x^i, MR_x pour l'obtention d'une carte en **isolignes**.

Dans le deuxième cas, les isolignes pourraient être construites de plusieurs façons différentes.

La première est celle de l'interpolation, après attribution de la valeur de l'indice calculé au centre du carré. Le problème c'est qu'il n'y a aucune justification raisonnable pour cette attribution de la valeur : elle peut être aussi bien rencontré dans le barycentre qu'ailleurs ; dans un seul point aussi bien que dans plusieurs. Sans compter : le fait que les lignes de la maille qui, entre deux noeuds successifs, appartiennent en égale mesure à deux carrés différents (valeurs comprises...) ; ou encore les noeuds de la maille qui sont communs, en termes de position et de valeurs, à quatre carrés à la fois.

La deuxième façon consiste d'abord à recenser dans un tableau les noeuds de la maille et, pour chaque noeud, les carrés voisins ; puis, calculer une *moyenne des* "$mr_{x\ 1...4}$" ou "$MR_{x\ 1...4}$" de ces quatre carrés (1...4), puis, *on attribue cette valeur calculée au nœud* ; enfin, à tracer des isolignes par interpolation des valeurs attribuées aux noeuds. Nous évitons ainsi, les difficultés rencontrées dans le premier cas, sans perte d'information.

La troisième est une combinaison simple des deux précédentes. Elle vise à l'augmentation de la densité des points pour lesquels on dispose de valeurs. Plus précisément, il faut transcrire sur une seule feuille de papier les valeurs des barycentres et celles des noeuds de la maille. De cette manière la densité des points pour l'interpolation double, *mais* la maille n'est plus constituée de carrés, mais de *losanges*.

Une quatrième modalité dérive de la troisième : elle permet, elle aussi, une augmentation de la densité des points mais, en même temps, de retrouver une maille de carrés. Du point de vue technique, la procédure est la même que celle de la deuxième modalité. Mais, au lieu de calculer une valeur pour le noeud de la maille, on calcule une valeur pour le centre du losange en utilisant les valeurs des coins du losange.

Par cette série de calculs, nous arrivons à quadrupler la densité des points pour l'interpolation et à accroître la précision des isolignes. Cependant, ces tentatives successives peuvent laisser des doutes sur la fiabilité de la méthode. La réponse est la suivante : il y a des cas où nous pouvons nous contenter de précisions moyennes et on travaille à la main ; il y a des cas où l'exactitude est essentielle, mais nous devons disposer de moyens techniques avancés.
A l'aide d'un équipement technique performant, nous pouvons réaliser le modèle numérique d'une surface, mais la précision dépend de deux facteurs :
- l'échelle des cartes en isolignes élémentaires sur lesquelles on travaille ;
- et le choix du chercheur, selon son objet de recherche en fonction duquel est défini le degré de précision convenable.
Au total, l'un des objectifs recherchés lors de la mise au point de cette méthode a été de la rendre accessible à tous les intéressés, quel que soit l'équipement technique dont ils disposent, tout en leur assurant des résultats fiables.
Examinons maintenant de plus près la signification des isolignes obtenues.

4.6.4 Signification des résultats

Quand on prend en considération, pour l'interpolation, la valeur du même élément mr^i pour tous les carrés "p" du territoire "T" analysé, une isoligne unit les points caractérisés par une valeur égale de la dynamique de l'élément "*i*" respectif et deux isolignes séparent une surface à l'intérieur de laquelle la dynamique de l'élément varie entre les valeurs des deux isolignes. Nous pouvons nommer ces isolignes **isoclines élémentaires** (hypsométrique, thermique,...), ou **isoméroclines**.

Dans le cas d'un territoire où les isoclines élémentaires sont très espacées, il s'agit d'une surface distincte du territoire, homogène du point de vue de la moyenne de référence élémentaire de la dynamique spatiale d'une CNG. Donc, une **surface *homocline*** où la dynamique propre à cette dynamique (que nous allons appeler **rythme**) est assez faible. Si nous parlons en termes de topons, *lato sensu*, nous sommes devant un ***topon bradynamique*** (topon où la variation de la dynamique des mérons est faible).
Dans le cas d'un territoire où nous rencontrons des surfaces ayant des isoclines élémentaires très rapprochées, cela signifie que la variation de la dynamique du paramètre caractérisant l'élément considéré est plus rapide (rythme fort). Ces ***surfaces homoclines*** représentent ici des **zones de transition (limite)**. Si parlons en termes de topons, *lato sensu*, nous nous trouvons devant un ***topon tachydynamique*** (topon où la variation de la dynamique des mérons est forte).

Au niveau de l'ensemble du territoire, *la totalité des topons bradynamiques et tachydynamiques, considérés pour un seul élément à la fois, constitue un* ***mérostrate*** (à ne pas confondre avec un *méroderme*, qui s'étend à l'échelle planétaire), et il y a autant de mérostrates que d'éléments pris en compte pour l'analyse des CNG.

Quand on prend en considération pour l'interpolation -au niveau de l'ensemble du territoire "T"- les valeurs MR_x, une isocline unit les points dont la valeur moyenne des pentes (donc de la dynamique), de tous les éléments est identique. Deux isolignes délimitent, évidemment, une surface où la moyenne de la dynamique varie entre les valeurs des deux isolignes. Nous pouvons nommer ce deuxième type d'isolignes **géoisoclines** car elles intègrent l'ensemble des paramètres considérés.

Dans le cas d'un territoire où les géoisoclines sont très espacées, il s'agit d'une partie de l'espace -**géotopon**- distincte, donc homogène du point de vue de la moyenne de référence concernant la dynamique spatiale des CNG ; et où la dynamique propre à cette dynamique (rythme) est assez faible. Les surfaces ainsi délimitées, nous les appellerons ***bradygéotopon*** ou ***géotopon bradynamique*** (géotopon où la variation de la dynamique des géomérons est faible).

Dans le cas d'un territoire où nous retrouvons des surfaces ayant des géoisoclines très rapprochées, le changement des conditions du cadre naturel est assez rapide (rythme fort) : ces surfaces représentent des **zones de transition (limite)** entre deux bradygéotopons différents. Nous pourrions nommer ce type de zone ***tachygéotopon*** ou ***géotopon tachydynamique*** (géotopon où la variation de la dynamique des géomérons est forte).

Au niveau de l'ensemble du territoire, *la totalité des bradygéotopons et tachygéotopons constitue un* ***"géostrate"*** (à ne pas confondre avec le *géoderme* qui s'étend à l'échelle planétaire).

Nous devons donner quelques précisions au sujet de cette terminologie (voir aussi le tableau précédent).

Par **topon ou géotopon** nous entendons *une partie du géosystème :*

- *dont les limites sont maintenant connues et établies par une méthode quantitative ;*
- *contenant un méron ou un géoméron ;*

- *caractérisée par :*
    - *certains paramètres d'état et de répartition de sa (ou ses) composante(s) ;*
    - *une structure et un fonctionnement spécifiques et homogènes du point de vue de la* ***régularité de la variation*** *des paramètres des éléments qui caractérisent ses composantes.*

Selon le degré dont ils ont été affectés par l'intervention de l'homme, nous pouvons distinguer des *topons ou géotopons quasi-naturels et des topons ou géotopons anthropisés.*

Par ***topons*** ou ***géotopons naturels*** nous entendons les portions de l'espace terrestre où l'influence de l'homme est inexistante ou extrêmement faible, au point de passer inaperçue (ou géotopon quasi-naturel). Ces régions sont de plus en plus rares et restreintes (*ex :* secteurs de la forêt tropicale, régions intérieures de l'Antarctique etc.).

Par ***topons*** ou ***géotopons anthropisés*** nous entendons les portions de l'espace qui ont été modifiées d'une façon importante par l'homme et où les traits originaux des images du cadre naturel ont été fortement changés (ex : grandes terres agricoles, surfaces bâties –quelle que soit leur étendue et leur utilisation, exploitation minières à jour etc.).

L'ensemble des géotopons naturels constitue le système naturel ou, selon différents auteurs, le *géosystème*.

La totalité des géotopons anthropisés constitue le sociosystème.

L'ensemble de tous les géotopons, quelle que soit leur nature, constitue le géosystème au sens courant ou, selon certains auteurs, le *sociogéosystème* (I.Donisă, 1987 [fig. 9]) ou le *géocomplexe* (M.Hotyat, 1990).

Bien entendu, au sein du géosystème, du sociosystème ou à l'interface des deux, en utilisant d'autres critères, nous pouvons identifier de nombreux autres systèmes mieux adaptés aux fins des divers études (ex : agrosystèmes, sylvosystèmes).

La notion de topon ou de géotopon, utilisée jusqu'à présent dans ce travail, se réfère *exclusivement* aux géotopons naturels, mais ne peut pas encore être tout à fait équivalente à l'unité/région physico-géographique, car elle ne retient pas, pour l'instant, les caractères du substratum géologique, des sols ou ceux de la biosphère. La méthode elle-même, ne se

propose pas non plus, pour l'instant, d'analyser les topons ou géotopons anthropisés car il est nécessaire, pour cela, de faire une étude plus complexe (géographie physique et humaine, voire histoire, urbanisation, économie, sociologie en même temps).

Nous proposons cette méthode, qui s'appuie sur des critères quantitatifs, pour tâcher de saisir aussi une série d'aspects d'ordre qualitatif qui concernent le géosystème : pour l'instant la *dynamique* proprement-dite des constituants physiques pris en considération pour caractériser les CNG et, plus tard, une approche qualitative de cette dynamique sous la forme de l'analyse de son *rythme* (quantifier les variations spatiales de la dynamique).

Nous la proposons en tant qu'étape sur le parcours vers la définition de régions physico-géographiques en essayant d'éliminer autant que possible la subjectivité, tout en gardant la place due au qualitatif. Cette subjectivité, toutefois, peut encore intervenir dans le choix des éléments représentatifs des CNG, dans le choix de l'équidistance des isolignes qui représentent chaque élément, dans l'appréciation de la distance moyenne entre les géoisoclines et -malheureusement- dans le choix de la dimension des carrés et de leur emplacement. Par conséquent, si nous acceptons cette méthode, il serait important de définir des procédures, afin que les études faites indépendamment soient quand même comparables et réitérables.

Une partie de objectifs de ce travail est constituée par :

- *l'analyse approfondie de la dynamique spatiale,*
- *l'approche de la dynamique temporelle et*
- *l'esquisse d'une dynamique prévisionnelle (probabilité d'évolution).*

Mais, si nous voulons arriver à une régionalisation, il ne suffit pas d'effectuer le calcul de la moyenne de la dynamique spatiale (MR) mais aussi d'étudier le rythme de cette dynamique.

4.7 Le rythme de la dynamique des composantes naturelles du géosystème

4.7.1 Définition

Par ***rythme de la dynamique*** *d'un élément caractérisant une CNG, nous entendons : le nombre d'unités de mesure suivant lesquelles se modifie la valeur de la dynamique de cet élément, quand on se déplace, à partir d'un certain point, dans une direction quelconque à l'intérieur de la zone étudiée, et sur un distance prédéterminée. Cette distance doit rester constante quelles que soient la zone du territoire sélectionnée et quel que soit le moment du calcul effectué.*

Dans ce cas aussi, cette valeur diffère le plus souvent, selon le point de départ et la direction choisie. On peut donc calculer le rythme de la dynamique d'un paramètre d'état pour un certain point et une certaine direction. Il est, toutefois, intéressant de connaître la moyenne - que nous allons appeler **moyenne de référence du rythme de la dynamique (rd)**- d'abord pour la dynamique d'un seul élément par zone **(rd élémentaire)**, puis pour tous les éléments d'une zone **(RD zonale)** qui se trouve à l'intérieur du territoire étudié. Et, bien entendu, pour l'ensemble du territoire **(RD territoriale)**.

Habituellement, cette caractéristique est saisie, et déterminée, d'une manière orientée (donc, forcément subjective), à partir des les cartes qui représentent les différentes CNG. Mais elle reste difficile à évaluer quantitativement, bien qu'il s'agisse d'une étape importante pour établir les limites des unités physico-géographiques.

En vue de réduire autant que possible la subjectivité[47], pour rendre la méthode réitérable dans l'espace et dans le temps, nous proposons un traitement supplémentaire des valeurs mr_x^i et MR_x précédemment obtenues, en vue de **l'évaluation quantitative du rythme de la dynamique spatiale -"rd"- des CNG.**

En clair, il s'agit de faire un pas vers le calcul et l'analyse du paramètre *rythme de la dynamique spatiale*, qui caractérise un ou plusieurs éléments, et d'étudier sa répartition spatiale.

4.7.2 Méthodologie de travail

En gardant la maille et le type de tableau utilisés pour l'obtention des cartes antérieures -en isoclines élémentaires (à partir de mr_x^i) et en géoisoclines (à partir de MR_x)- on calcule d'abord à l'intérieur de chaque carré la pente moyenne entre les isoclines élémentaires. La valeur obtenue représente l'évaluation quantitative du rythme de la dynamique spatiale de l'élément pris en considération (rd_x^i). En utilisant cette valeur on peut construire un cartogramme ou une carte en isolignes, nommées *"isodynes élémentaires"* ou *"isomérodynes"*.

Pour connaître le rythme de la dynamique spatiale de tous les éléments considérés dans la zone "x", nous utilisons la formule suivante :

$$RD_x = \frac{\sum_{i=1}^{m} rd_x^i}{m}$$

Equation 17

La valeur rd_x^i décrit le rythme de la dynamique spatiale des mérons, définis par rapport au paramètre descripteur de l'élément "i", dans le carré "x".

[47] en sachant qu'il y a toujours aussi une part de subjectivité dans le choix de telle formule mathématique plutôt que telle autre...

Suivant l'algorithme présenté antérieurement, mais en utilisant les valeurs MR_x, nous pouvons calculer la pente entre les géoisoclines.

$$RD_T = \frac{\sum_{x=1}^{n} RD_x}{n}$$

Equation 18

La valeur obtenue (RD_x) représente *l'évaluation quantitative du rythme de la dynamique spatiale de tous les éléments pris en considération* et que nous avons déjà jugés comme représentatifs pour les CNG de la zone "x" (ou du territoire "T" si RD_T). Cette valeur décrit le rythme de la dynamique spatiale des géomérons, définis par rapport aux paramètres descripteurs des différents éléments retenus, dans le carré "x" (ou sur le territoire "T").

Les formules précédentes sont valables quand on veut prendre en compte tous les éléments descripteurs des CNG, donc lorsque nous voulons avoir une approche des géomérons. Pour connaître le rythme moyen d'un seul élément "i" au niveau de l'ensemble du territoire, nous pouvons utiliser la formule suivante :

$$RD_T^i = \frac{\sum_{x=1}^{n} rd_x^i}{n}$$

Equation 19

4.7.3 Utilisation des résultats

Ces valeurs peuvent être utilisées pour établir des graphiques, pour des analyses statistiques ou une cartographie thématique.

Si nous choisissons la cartographie thématique, nous pouvons réaliser une carte en isolignes que nous pouvons nommer **géoisodynes** ou, tout simplement, un cartogramme. Si le choix se dirige vers les géoisodynes, les remarques faites ci-dessus au sujet de la façon dont nous établissons l'interpolation restent valables : il faut choisir la (ou les) modalité(s) qui

répond(ent) au mieux aux objectifs de l'étude (les principes exposés précédemment se conservent tout au long de la méthode).

En réunissant les carrés caractérisés par des valeurs du rd_x/RD_x égales ou très rapprochées (si nous avons fait une partition en classes de valeurs), pour obtenir un cartogramme, nous mettons en évidence des *zones homogènes à l'intérieur desquelles le rythme de la dynamique spatiale des CNG reste constant :* ***topon*** ou ***géotopon bradyrythme*** *ou* ***tachyrythme****. Nous obtenons ainsi* ***des topons*** ou ***géotopons, établis en fonction des modalités d'un critère déterminé selon une méthode quantitative.***

4.7.4 Signification des résultats

Une **valeur réduite** du rd_x/RD_x indique un **topon** et/ou **géotopon homogène, caractérisé** :

- soit par une **forte variation** des caractéristiques des CNG (*quand elle est associée à de fortes valeurs du* mr_x/MR_x, donc une zone de transition, ou limite). C'est le cas d'un ***topon*** et/ou d'un ***géotopon tachyrythme*** ;
- soit par une **faible variation** des caractéristiques des CNG (*quand elle est associée à de valeurs réduites du* mr_x/MR_x, = ***topon*** et/ou ***géotopon bradyrythme***). Il s'agit là d'une ***unité*** et/ou ***région physico-géographique*** *proprement-dite, délimitée d'après des critères quantitatifs et qualitatifs à la fois*.

Si nous sommes en présence de grandes valeurs du rd_x/RD_x**,** c'est que nous nous trouvons devant une région très hétérogène du point de vue des caractéristiques des CNG, *donc une zone de transition (= topon* et/ou *géotopon tachyrythme ; zone limite) située entre deux territoires homogènes (= topon* et/ou *géotopon bradyrythme).*
Il faut, toutefois, préciser que, lorsque nous parlons d'***homogénéité***, il s'agit du ***degré de régularité avec lequel varie la valeur d'un paramètre*** *qui se caractérise quantitativement, l'élément qui lui est associé.* En considérant *homogénéité* et *régularité* dans cette perspective, on se réfère à un ***aspect qualitatif qui peut être exprimé d'une façon quantitative****.*

Nous réalisons ainsi une ***partition*** *("régionalisation", si nous gardons la terminologie roumaine) du territoire* ***sur des critères physico-géographiques, non seulement à base de données quantitatives, mais aussi selon des traits d'ordre qualitatif, mais qui, par le biais de cette méthode, ont pris valeur quantitative.***

Sur quoi pourrait encore déboucher l'application de cette méthode ?
On peut imaginer qu'en analysant la dynamique d'un élément et non pas seulement son état proprement-dit, la partition de l'espace qui en découle aboutira à la définition de régions différentes de celles qui sont obtenues par des méthodes classiques. Ainsi, une zone dans laquelle un élément (ou groupe d'éléments) caractérisant une CNG connaît de fortes valeurs de la dynamique, sera une zone où nous devrons nous attendre à de forts changements de paysage. Par contre, une zone avec de faibles valeurs de la dynamique, sera une zone plus "calme" du point de vue des changements paysagers.

De même, les valeurs élevées de la dynamique incitent à penser qu'à la suite de ces changements rapides dans les caractéristiques quantitatives des CNG, on pourrait rencontrer un grand nombre de zones où la sensibilité du système face à une intervention externe est plus grande et, par conséquent, les risques de modifications irréversibles plus importants. Au moins d'une manière théorique : parce qu'il ne faut pas oublier que certaines CNG, telles que les grands ensembles morphologiques ou le climat, pour ne citer que deux exemples, sont difficilement modifiables soit par l'apparition d'un facteur naturel externe, soit par l'intervention de l'homme ; et, surtout, dans ce deuxième cas de figure, le temps de réaction du système naturel peut s'avérer assez long (à l'échelle de la vie humaine).

Néanmoins, ce n'est pas pour autant que l'homme ne puisse pas changer brutalement et d'une manière radicale les données environnementales y compris au niveau des grands ensembles naturels. Il n'est pas besoin d'aller chercher loin des témoignages d'effets déstabilisateurs de l'intervention humaine. Combien de fois n'entend-t-on pas parler de glissements de terrain suite à un mauvais projet de route ? Ou de terres ravagées lors d'un orage parce que les techniques agricoles mises en oeuvre étaient mal adaptées ?

Pour ce qui est de l'intervention d'un facteur naturel externe, il peut s'agir ou bien d'un facteur d'origine terrestre, ou bien d'un facteur d'origine cosmique. Rappelons-nous les grandes éruptions volcaniques des deux dernières siècles (Krakatoa, Mont Saint Helens, Pinatubo), les grands tremblements de terre, le météorite Tungusk, les années où l'activité solaire connaît une intensité exceptionnelle etc.

Certes, la partition du territoire reste d'ordre physico-géographique, mais il ne s'agit pas encore d'une analyse paysagère complète. Bien entendu, si on continue l'étude en faisant une analyse des images offertes par le même territoire, cette analyse deviendrait plus nuancée.
Le visuel est la résultante de facteurs aussi bien visibles que non directement perceptibles et qui interagissent (relief, température, différenciation qualitative en profondeur des sols etc.). Ces sont des éléments dont la variation se manifeste d'une façon indirecte (ex : un certain régime thermique et pluviométrique, corrélé avec un certain type de sols, se traduit par un certain ensemble d'associations végétales).
Une carte en isoclines hypsométriques, par exemple, nous indique aussi que, en regardant dans telle direction, nous verrons tel type de variation de l'altitude absolue. La carte en isodynes hypsométriques ajoute à cela d'autres informations, si nous regardons dans la même direction : à quelles modifications *qualitatives* (rythme) de cette dynamique hypsométrique il faut s'attendre et où se trouvent les discontinuités spatiales, de ce point de vue. Donc, des caractéristiques qui touchent également à l'image perçue par l'observateur humain.

4.8 Les images du terrain et l'approche complexe des composantes du géosystème

Toujours désireux d'en savoir davantage, de tout voir, de concentrer un maximum d'informations et de sensations sur un support de plus en plus petit, les hommes ont dû imaginer, et continuent à le faire, des méthodes de stockage et de représentation de la réalité environnante.

Après plusieurs siècles d'évolution des modes de représentation, la cartographie butait encore, à la fin du XIX^{ème} siècle, sur deux difficultés : le temps et le talent nécessaires pour réaliser les cartes.

L'apparition de la photographie (1836) a apporté des changements importants dans la façon de connaître le monde et dans la manière de travailler des géographes. Au début prises sur pied, ensuite aussi à partir d'engins capables de voler (avions, zeppelins...), les photographies " immortalisaient " à un instant *t* l'image du terrain. Au lieu de retourner à certains endroits chaque fois qu'il souhaitait y faire une observation nouvelle, le géographe pouvait consulter, et souvent avec succès, une photographie.

Les progrès de la physique au cours du XX^{ème} siècle nous ont permis d'aller plus loin : ils ont révélé, au delà de ce que nous voyons à l'oeil nu, que dévoilent, par exemple, les prises de vue dans l'infrarouge, l'ultraviolet…
La fin de ce XX^{ème} siècle voit, en même temps que la banalisation de ces moyens de saisie des données, un développement remarquable des outils employés dans leur traitement : cet état de choses contraint la majorité des études scientifiques à les employer, si elles veulent faire progresser la connaissance.
Les géographes ont été parmi les premiers à saisir l'importance de ces nouveaux outils et à les utiliser, pour des raisons très simples :

- ils permettent de saisir l'image d'une ample étendue de terrain, tout en gardant une définition élevée ;
- ils permettent d'enregistrer sous forme d'images, des données, des phénomènes qui sortent du domaine visible ;
- la prise d'images peut s'étendre sur des centaines et des milliers de kilomètres (séries spatiales) et peut être répété plusieurs fois au long du temps (séries temporelles) ;
- selon le type de capteur employé, nous pouvons saisir des images spécifiques à une certaine couche thématique du géosystème, à des moments différents (séries thématiques).

Dans une étude géographique nous nous rendons compte facilement que nous ne pouvons pas expliquer tous les objets sans se rapporter, d'une manière ou d'une autre, au passé. Par conséquent, une seule image du terrain pourra nous délivrer des informations importantes sur le présent mais pas toujours suffisantes pour comprendre pourquoi le géosystème est ainsi constitué.
De plus, pour comprendre ce qui se passe sur un certain territoire, il faut tenir compte de ce qui se passe dans l'espace qui l'environne. Nous passons ainsi d'une seule image à une série d'images qui peut provenir : soit du traitement d'une image d'origine (série thématique); soit de plusieurs enregistrements, étalés dans le temps (série temporelle).

Pour l'étude d'une série d'images, l'approche consiste dans l'analyse des modifications subies par un même pixel entre deux images (a_0 et b_0) différentes[48].

Les problèmes qui se posent sont les suivants :

- comment décrire les liens qui existent entre un pixel p_a et son voisinage $V(p_a)$ sur la même image (analyse mono-image) ;
- quels sont les liens qui existent et comment les décrire entre un pixel p_{a0} et son homologue p_{b0} appartenant à la deuxième image ;

[48] Pour plus de détails sur le traitement des images, le lecteur est prié de consulter les annexes.

- quelle interprétation attribuer aux résultats des analyses intra-image et inter-image, qu'elles soient sous forme numérique ou graphique ;
- quels sont les intérêts et les conséquences de ce type de traitement sur l'approche des images et la modélisation cartographique ;
- comment atteindre les buts de ces méthodes et les appliquer en utilisant les logiciels qui sont déjà à notre disposition.

Enfin, une dernière précision doit être faite : les procédures qui seront décrites plus loin nous les avons mises au point, ou, parfois, récupérées dans la bibliographie, pour pouvoir traiter des données concernant la Plaine de la Moldavie à titre d'exemple. Les résultats ainsi obtenus viendront à l'appui d'une partie des développements conceptuels et méthodologiques présentés antérieurement.

4.8.1 Types de liens entre le pixel et son voisinage

D'une manière générale, nous pourrions définir au moins deux types de liens entre un pixel p_a d'une image a.img et son homologue ou le voisinage de son homologue sur une image b.img :

- liens surtout verticaux, statiques, d'amplitude : les coordonnées x,y sont constantes, z est variable (ex : la valeur d'un paramètre qui change entre deux images à un même endroit);
- liens dynamiques, de transformation continue : les trois coordonnées sont variables.

Si les liens du premier type sont bien établis et étudiés, nous considérons qu'une analyse supplémentaire de ceux du deuxième type peut aboutir à des résultats intéressants pour l'analyse des images et la modélisation cartographique. Parmi ces aspects, un intérêt particulier revient à :

- la reconnaissance des formes ;
- le tracé des contours ;
- la fusion d'images ayant des paramètres techniques et qualitatifs hétérogènes.

L'analyse spatiale peut se faire, entre un pixel et son environnement, soit selon une direction quelconque, soit d'une manière généralisée (en prenant en considération l'ensemble des huit pixels avoisinants). Dans le premier cas, nous parlerons d'une analyse orientée ; dans le deuxième, nous parlerons d'une analyse généralisée. Les résultats de cette analyse peuvent être exprimés d'une manière graphique ; ou bien numérique, en indiquant selon la procédure choisie, soit la grandeur, soit l'intensité du changement et leur direction de propagation.

Enfin, dans le cas des séries thématiques, entre deux images nous pouvons rencontrer les situations suivantes :

- un même nombre de classes de pixels, mais une répartition spatiale différente ;
- une localisation spatiale constante des objets géographiques, mais une variabilité de leur caractère ;
- une diversité et une localisation variables de tous les objets géographiques.

Toutes ces questions se posent car les images (en série ou non) peuvent être utilisées pour atteindre au moins trois buts :

- saisir les transformations spatiales (quantitatives et qualitatives) qui affectent les objets géographiques ;
- élargir la base de données et les possibilités de représentation graphique du géosystème ;
- procéder à un zonage du géosystème selon son homogénéité, selon les structures spatiales ou, encore, selon la dynamique spatio-temporelle de ses composantes.

Lorsque nous travaillons sur une seule image (analyse mono-image ou intra-image), ces objectifs reviennent à :

- identifier la forme des objets et à tracer leurs contours ;
- extraire l'information contenue dans une couche thématique spécifiée ;

- procéder à un zonage de l'image soit à l'intérieur d'une seule couche thématique, soit en prenant en considération plusieurs paramètres (si nous travaillons dans le visible ou sur des images synthétiques).

Lorsque nous travaillons sur deux ou plusieurs images à la fois (analyse inter-image), il faudra :

- identifier les changements de forme des objets entre les images et mettre en évidence les modifications ;
- saisir les différences qui existent entre le pixel d'une image et son correspondant (ou le voisinage de son correspondant) sur une autre image ;
- procéder à un zonage du territoire selon les différences qui existent entre les pixels d'une image et le voisinage de ses homologues respectifs, sur les autres images, donc par rapport aux changements qui interviennent dans la structure du géosystème.

Une précision s'impose : il ne faut pas considérer l'"image" comme le seul document issu d'une prise de vue. Des documents semblables peuvent être obtenus par d'autres voies. Par exemple, une carte de l'énergie du relief calculée après avoir appliqué une maille carrée sur la carte topographique a la même structure qu'une image satellitale. La différence entre les deux types de documents est la nature du contenu dans chaque unité spatiale élémentaire (identiques comme forme et dimensions) : réflectance dans un cas, énergie du relief dans l'autre. Mais, dans les deux cas, en son essence l'apparence visuelle et les caractéristiques géométriques du document sont les mêmes. D'où la possibilité de les traiter avec les mêmes méthodes, voire de les superposer.

Enfin, quelle que soit la méthode utilisée, celle-ci doit rester "raisonnable" du point de vue des moyens techniques mis en œuvre, afin de rester accessible à un public le plus large possible. Pour cette raison, la description des procédures de traitement qui suivront s'appuie sur l'utilisation du logiciel IDRISI (logiciel peu cher et qui peut être utilisé sans problème sur des ordinateurs PC bas de gamme) et partiellement sur le logiciel TNTmips (beaucoup plus complexe et plus gourmand en ressources).

4.9 Géocinétique et géocybernétique : espace qui bouge, messages qui changent

On peut maintenant mieux constater les différences qui existent entre les méthodes proposées et les méthodes classiques. Les méthodes classiques tiennent compte plutôt de l'aspect statique de ce que nous appelons mérons et/ou topons ; les méthodes proposées s'intéressent surtout à la dynamique de ces unités, à leur transformation spatio-temporelle, aux caractéristiques qualitatives de cette transformation. On conçoit que les zonages qui reposent sur deux bases conceptuelles et méthodologiques fondamentalement différentes, seront toujours différents aussi du point de vue des résultats. Il est fort improbable qu'une limite tracée d'une façon classique coïncide avec une limite tracée sur des bases cinétiques.

Pourrait-on parler d'une *approche "**géocinétique**"* avec sa base conceptuelle et les méthodes appropriées ? D'une voie particulière pour étudier les CNG du point de vue de leur dynamisme spatial ?

Mais, qu'est-ce que la géocinétique ? Nous la concevons comme méthode pour synthétiser les changements du continuum spatial. Mais, il faut d'abord définir son identité et les applications qui en découlent. *Stricto sensu*, la cinétique est une théorie partielle de la mécanique, qui fait appel aux notions de longueur (donc distance, espace), de temps et de masse (donc matière). En fait, elle constitue un prolongement de la cinématique qui a pour objet la description des systèmes matériels dans le temps : par rapport à la cinématique, la cinétique fait appel, en plus, à la notion de masse. Elle fournit donc des informations sur la répartition de la matière dans un ensemble physique. Ses applications sont multiples, nous en mentionnons seulement deux.

La première, c'est la théorie cinétique des fluides. Cette théorie appartient à une branche de la physique, qui se propose d'expliquer les propriétés macroscopiques des fluides à partir d'une

analyse statistique des mouvements des particules qui les constituent. Mais, qu'est-ce qu'un fluide en mouvement sinon un flux de matière ?

La deuxième application, c'est la cinétique chimique, qui rassemble les "travaux ayant pour finalité de décrire qualitativement et quantitativement l'évolution des systèmes chimiques, de comprendre le mécanisme selon lequel, au niveau de la molécule, s'opère le réarrangement des liaisons chimiques qui conditionne la réaction, d'expliciter les forces motrices antagonistes qui déterminent cette évolution. Certains auteurs usent de l'expression "dynamique chimique" dans un sens équivalent[49].

On observe facilement des points communs entre ces deux applications, la définition de la dynamique, les concepts et les méthodes que nous proposons, ainsi qu'avec les objectifs de ce travail. Dans cette perspective, nous pouvons tenter de définir le contenu de la ***géocinétique*** *: elle vise à expliquer les propriétés des flux de matière et/ou d'énergie dans le cadre du géosystème ; à décrire quantitativement et qualitativement l'évolution du géosystème ; à quantifier les éléments descripteurs du continuum spatial ; à comprendre, au niveau des composantes du géosystème, comment s'opère le réarrangement structurel qui conditionne une partie de son fonctionnement ; à expliquer les raisons qui déterminent cette évolution.*

Dans le cas de la ***géocybernétique*** on vise la *charge informationnelle de l'espace géographique*.

Récapitulons les types d'isolignes évoquées lors de la présentation de la dynamique et du rythme dans le géosystème et jetons un regard un peu différent sur celles-ci. D'abord, les isolignes élémentaires : isohypses, isothermes, isohyètes etc. Mise à part leur signification géographique, ces isolignes réunissent des points caractérisés par des mesures physiques *stricto sensu* : altitude en mètres, par rapport au niveau marin zéro ; températures en °C (ou °F) ; volume ou quantité de précipitations et ainsi de suite. Des mesures physiques qui expriment la masse ou l'énergie (M et/ou E), *lato sensu*. Mais toute différence, aussi petite soit elle, entre deux masses ou deux potentiels énergétiques, se traduit par un mouvement ou

[49] "Encyclopædia Universalis", vol. 5, p. 267, 1990

une transformation, - effectifs ou potentiels- à partir du point maximum vers le point minimum. Un mouvement peut être effectif (ex : un galet qui glisse sur un versant incliné) ou potentiel (ex : le même galet, situé sur une surface plane à une altitude > 0 m a une énergie potentielle qui se transformera en énergie cinétique dès que les caractéristiques de la surface d'appui le permettront). Dans le cas des températures, il est bien connu qu'il existe un transfert de chaleur à partir des masses d'air chaudes vers les masses d'air froides, donc une transformation.

Les mesures faites sur le terrain révèlent la continuelle transformation qui affecte les mérons et les topons, liée aux flux d'énergie et/ou de matière. On met ainsi en évidence des zones de divergence (zones où naissent ces flux) et de convergence (zones vers lesquelles se dirigent ces flux), ainsi que des zones de transit des flux. Ces phénomènes de flux masse et/ou énergie sont perpétuels et omniprésents dans le géosystème.

Les aires de divergence constituent, en quelque sorte, les "réservoirs" de flux, tandis que les aires de convergence représentent les "récepteurs" de flux. Les réservoirs et les récepteurs de flux ont un fonctionnement pluridirectionnel ; ils sont aussi plurivalents. Plus exactement, il n'existe pas en réalité de portions d'espace qui absorbent masse et/ou énergie sans rien redistribuer (c'est-à-dire univalents – réceptrices - et hermétiques). Mais, pour mieux comprendre la structure et le fonctionnement du géosystème, nous pouvons concevoir ce type d'aires d'une manière purement théorique. En pratique, à chaque entrée correspond au moins une sortie, raison pour laquelle les réservoirs et les récepteurs sont pluridirectionnels. Ces aires sont aussi, mais d'un autre point de vue, bivalentes : leur classification -en récepteurs et réservoirs- a été faite selon la *prédominance*, durant un certain temps, d'un processus ou d'un autre (émission ou réception de masse et/ou énergie).

Prenons l'exemple de l'altitude. Les zones de divergence se trouveront dans les secteurs d'altitudes maximales et les zones de convergence dans les endroits d'altitudes minimales. Une masse en mouvement se déplacera des régions hautes vers les régions basses selon un trajet constamment descendant *et* suivant la ligne de la pente maximale en descente.

Dans ce cas, que représente une isocline hypsométrique en plus, par rapport à la définition classique ? C'est aussi la ligne qui croise perpendiculairement les flux masse et/ou énergie.

Le trajet de ces flux M et/ou E sera celui au long duquel la distance moyenne entre les isoclines est la plus faible et, en même temps, le chemin le plus court entre les points où le paramètre considéré pour désigner le flux prend ses valeurs minimale et maximale. Si on se réfère à l'altitude, les zones de divergence se rencontrent dans l'un des cas suivants, par rapport aux endroits avoisinants (tab. 6).

Tableau no. 6 : Types de zones (convergence ou divergence) par rapport à la valeur d'un paramètre d'état et de la dynamique

Valeur du paramètre d'état (E)	Valeur de la pente (dynamique)	Type de zone convergence et/ou divergence (Z)
faible (F)	faible (F)	convergence active typique (CA)
faible (F)	grande (G)	transitoire, limitrophe à une convergence (TC)
grande (G)	faible (F)	divergence potentielle plutôt qu'une divergence active (DP)
grande (G)	grande (G)	divergence active typique (DA)

Un flux n'est pas une ligne mais un déplacement de matière et/ou d'énergie, une partie de l'espace ayant rôle de "voie de trafic" masse et/ou énergie. Il est important de connaître les *orientations des flux*, orientations perpendiculaires aux isolignes et aux isoclines.

De plus, les isoclines peuvent nous informer sur l'*intensité potentielle* des flux, à la différence des isolignes élémentaires capables seulement de traduire les masses et/ou le quantités réelles et/ou potentielles de masse et/ou énergie qui sont et/ou seront en mouvement. Connaître un

potentiel est parfois plus important, car si ses effets ne se manifestent pas encore, cela permet d'imaginer d'éventuelles solutions en cas d'enclenchement du phénomène, nous avons ainsi le temps de réagir, de l'utiliser dans notre intérêt.
Les isodynes montrent *les variations de l'intensité potentielle des flux*, intensité déjà appréhendée par les isoclines.

Dans le géosystème il existe un ensemble d'éléments qui fonctionnent tous en même temps. Il y a des flux élémentaires qui s'entrecroisent dans des "noeuds" ou "carrefours" de communication ; on imagine aisément les influences que peut avoir une intervention humaine sur les parties du géosystème occupées par ces noeuds. Un même espace peut être parcouru en même temps par des flux différents, du point de vue des éléments respectifs qui les créent. C'est justement cet entrecroisement de flux qui donne la note caractéristique d'un territoire à moyen et à long terme. A court terme, ce sont seulement quelques flux particuliers qui déterminent la variabilité du paysage : le flux énergétique solaire au moment de l'observation, le flux des masses atmosphériques (tel que le vent), le flux des masses hydriques continentales de surface (tel qu'une rivière ayant un certain niveau des eaux) etc. Evidemment, nous ne devons pas oublier d'autres phénomènes mais qui ont un caractère exceptionnel (explosions volcaniques, séismes…). Ce sont les flux qui, à des échelles temporelles et spatiales plus importantes, agissent et déterminent la zonalité naturelle du géosystème.

Il existe des méthodes pour délimiter une région, mais est-ce que nous avons des méthodes qui puissent rendre compte des flux ? Et si nous essayons de perfectionner ou de créer des méthodes pour y répondre, cette démarche ne sera-t-elle pas qu'un exercice intellectuel abstrait et aride, ou bien aura-t-elle comme résultat des concepts intéressants du point de vue de leur applicabilité théorique et pratique ? Est-il important de connaître les flux masse et/ou énergie ? De trouver et d'analyser les noeuds où ces flux s'entrecroisent ? Oui, si nous pensons au fait que les flux représentent le "système circulatoire" de notre planète. Oui, si pensons au fait que l'homme intervient en permanence, par le biais de ses actions, sur ces flux et qu'il modifie ainsi très souvent le fonctionnement du système. Et le cumul de ces

interventions peut avoir, parfois, des effets indésirables et imprévisibles. Sans aucune intention de tomber dans des clichés médiatiques, rien qu'en pensant aux implications liées aux faits de la pollution de l'air, aux faits d'érosion ou de contamination des sols, nous pouvons nous rendre compte de l'intérêt majeur que présente la connaissance de ces flux, autant au niveau régional que planétaire.

En raisonnant en termes de "flux", de transfert de matière et/ou d'énergie par le biais des flux ; en essayant de connaître de plus près les propriétés de ces flux et leur importance pour l'appréhension de la structure physique du géosystème, nous abordons les problèmes géocinétiques.

Un grand nombre de géographes cherchent à déceler les secrets du fonctionnement du géosystème et de sa structure depuis des décennies. Il existe déjà des quantités immenses de données, d'innombrables mesures et expérimentations ont été faites à différentes échelles. Nous connaissons assez pour comprendre de nombreux phénomènes, de nombreux processus de transformation et de transfert de matière et d'énergie dans le cadre du géosystème. Mais, nous restons encore très ancrés dans une approche matérialiste de ces données, ou bien nous faisons des analyse qualitatives sans leur donner de surcroît une expression quantitative.

Ne serait-il pas intéressant de se pencher davantage sur la charge informationnelle des flux de matière et/ou d'énergie du géosystème ? Pourquoi ne pas essayer plus de mettre l'accent sur l'aspect informationnel, dans les transferts de matière et/ou d'énergie ? Pourquoi ne pas essayer plus d'analyser les flux non seulement en tant que "voies de trafic", mais aussi en tant que "voies de communication" dans le géosystème ? Si on analysait un objet, un processus ou un phénomène géographique en tant qu'information, comme un facteur de forme pure et abstraite, dégagé de son support matériel ou énergétique ?

Toute composante du milieu subit une transformation continue, systématique car les lois de la nature la régissent. Nous remarquons cette transformation grâce à un signal discret ou continu. Par exemple, la modification de l'état hydrique de l'atmosphère on peut être perçue sous la forme d'une sécheresse prolongée et la baisse du niveau des rivières (signaux continus) ; la modification de l'état électrique de l'atmosphère peut être perçue grâce au

foudre et au tonnerre (signaux discrets). La modification de l'état hydrique de l'atmosphère dans une région éloignée, peut être déduite de la crue d'une rivière (signal discret).

On peut dire que nous nous trouvons là devant des informations qui ont un support matériel et sont acheminées par des signaux. Il existe donc une communication, un flux informationnel, intimement lié à un flux matériel. Quant aux phénomènes présentés, ils se produisent comme résultats de l'action de certaines lois naturelles qui interviennent dans le fonctionnement du géosystème, chacune à son tour, dans des conditions et à des moments précis. Il existe un processus de commande, de contrôle de ces phénomènes et il existe un mécanisme de traitement des signaux (informations) véhiculés entre les composantes du système.

Dans le cas des exemples précédents, pour un observateur avisé il ne s'agit pas seulement d'une série d'événements liés à certaines transformations systématiques intervenues dans le cadre du géosystème. Il s'agit aussi, en faisant abstraction des signaux qui les expriment, d'une transformation systématique des informations.

Nous posons la question suivante : dans la vie pratique est-il plus important de connaître que le niveau des eaux a augmenté de 3 mètres après 2 mois d'étiages, ou bien qu'il est fort probable d'avoir, après 2 mois d'étiages, une crue de 3 mètres ? Dans cet exemple, nous considérons que le contenu informationnel, dans le deuxième cas de figure, est au moins aussi important que l'aspect quantitatif.

Il est donc intéressant d'étudier les transformations systématiques des informations dans le cadre de processus dont on connaît l'évolution sur le plan matériel et quantitatif, en faisant abstraction des signaux qui les représentent. Il est aussi évident qu'une bonne connaissance de ces signaux est indispensable pour ce genre d'étude.

En tenant compte des remarques précédentes, nous pouvons dire que nous nous trouvons sur le terrain de la cybernétique parce que nous empruntons des concepts de cette science. Mais en les appliquant aux objets, phénomènes et processus géographiques, aurions nous le droit de parler d'une ***approche géocybernétique ?***

D'abord, il serait intéressant de poser la question : à quoi devons nous l'émergence de la connaissance scientifique ? A une réflexion logique, un concept plausible et au moins une méthode fiable capable d'apporter la vérification de la théorie ; le tout appliqué à un objet

d'étude, matériel ou abstrait. La différenciation des domaines scientifiques n'a plus été ensuite qu'une question de temps, d'intuition et d'énormément de travail.

Que faudrait-il, pour parler rigoureusement, et ne pas spéculer, au sujet d'un *domaine géocybernétique ?*

Un objet de recherche : le géosystème. Il se prête très bien à une approche cybernétique car il est très complexe, caractérisé par de nombreuses composantes et flux de matière et/ou d'énergie. L'abondance de données, dont on dispose déjà et qu'il peut nous offrir encore, fait foi et n'est plus à prouver.

Le concept : on peut, et il faut, traiter aussi ces données en tant qu'informations, les détacher de leur support matériel. Au départ, il va falloir s'appuyer sur la base conceptuelle et méthodologique de la cybernétique, mais appliquée d'une manière spécifique à l'objet de recherche qu'est le géosystème : la base spécifique de la géocybernétique reste à développer.

Il faut aussi au moins une méthode, à même de soutenir la base conceptuelle pour démarrer la recherche. Les techniques et les outils de travail qui accompagneront cette méthode seraient, au début, probablement hybrides, mais leur développement se fait toujours parallèlement avec les méthodes. Enfin, les données qui existent déjà nous offriront, dans un premier temps, une information suffisamment riche pour démarrer les premières études et commencer à mettre en application la méthode.

A l'appui de ces propos, qui peuvent sembler étonnants, nous pouvons citer une phrase de G.Rougerie et N.Beroutchachvili concernant certaines voies de la recherche géographique en ex-URSS : "Dans diverses écoles -et plus spécialement celles qui sont dotées des plus importantes stations de recherches, comme à Irkoutsk, Moscou et Tbilisi - s'est fait sentir la nécessité de parvenir à un niveau minimum de modélisation dans le traitement des informations recueillies. Mais c'est à l'Institut de géographie de Moscou que cette voie a été la plus explorée, et depuis longtemps, au point qu'on y peut *évoquer* [N.N] une "Cybernétique du paysage"[50].

Revenons aux données géographiques, aux mesures effectuées, aux chiffres qui en résultent, à ces isolignes tant regardées et utilisées.

[50] G.Rougerie, N.Beroutchachvili, "Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes", 1991, p.62

Qu'est-ce qu'un chiffre, une couleur, une forme ? En tant que tels, ce sont des données. On dit aussi que ce sont des informations. Mais pour que les données deviennent informations, c'est à dire qu'elles trouvent une *place* et une *fonction* dans un *ensemble conceptuel*, elles passent d'abord par le filtre mental. *L'information est le produit d'un raisonnement appliqué au produit d'une mesure, d'une observation, d'une expérimentation ou d'un autre raisonnement antérieur. Sinon, quelle serait la différence entre un homme et un ordinateur ?* La machine, elle, travaille avec des données en produisant d'autres données. Nous, nous travaillons avec des informations et produisons des données qui, à leur tour, seront transformées en informations.

Qu'est-ce qu'une altitude de 300 mètres ? Une donnée. Et une autre altitude de 200 mètres, à proximité ? Toujours une donnée. Mais, en faisant la comparaison -opération mentale- on obtient au moins une *information* : le premier point (300 m) est *plus* haut que le deuxième. C'est un des exemples possibles.

Prenons le relief et mesurons son altitude, qui varie en permanence. Si les mérons et/ou topons sont en permanente transformation, quelle que soit l'échelle de grandeur et/ou temps et/ou espace, donc si les données varient, nous nous attendons aussi à ce que les informations varient. La variation des données prouve l'existence des flux M et/ou E, les données exprimant d'une manière ponctuelle le continuum spatial. Elles deviennent - par le biais des filtres mentaux - autant d'informations qui décrivent d'une manière ponctuelle le continuum informationnel.

Mais si nous parlons de données comme source d'information, pourquoi ne pas parler aussi de champ de données comme source de champs "informationnels" ; de flux de données - expression des flux M et/ou E- comme source de flux informationnels ?

Si, grâce aux données, nous pouvons créer le modèle numérique d'une surface -le plus connu en géographie étant le modèle numérique du terrain (MNT)- pourquoi ne pas imaginer le modèle numérique d'une surface cinétique ou, encore, informationnelle ?

Nous avons proposé une méthode d'analyse de la dynamique d'un élément en utilisant des données obtenues par les méthodes classiques. Cette méthode décrit, au niveau logique le plus bas, la dynamique (variation) des données dans l'espace. Une autre méthode analyse le rythme de la dynamique de ces données. *Il s'agit, en bref, d'une approche géocinétique.*

Mais, en considérant ces données comme des informations, c'est la dynamique informationnelle et le rythme informationnel que nous étudions. La dynamique informationnelle, comme les données brutes, a la caractéristique de ne pas être constante et le rythme informationnel, approché par cette méthode, fournit une évaluation quantitative de cette dynamique. Il est évident que la qualité de l'information dépend directement aussi de la qualité des données.

Il faut trouver encore une *unité informationnelle de base*, du point de vue taxonomique, pour le géographe. Si nous restons au seul domaine de la géographie physique, l'unité proposée dans cet ouvrage est *le méron*, dont nous rappelons la définition : l'unité taxonomique de base, distinguée *par rapport* aux caractéristiques d'un seul élément *descripteur* d'une CNG (unité isotropostatique de ce point de vue dans tout l'espace occupé, espace qui est le topon). Dans la mesure où il existe plusieurs mérons (et c'est toujours le cas) que nous pouvons analyser et comparer, le méron devient le support de l'information. Il nous montre l'état d'un élément dans une certaine portion de l'espace -le topon- et, par sa transformation, il nous indique la transformation subie par l'élément et l'espace respectifs. Le méron a ses ordres de grandeur, déjà présentés. Cette unité informationnelle élémentaire peut évoluer vers des degrés de complexité divers -le géoméron- qui, à son tour, peut prendre des ordres de grandeur différents (présentés antérieurement).

Serait-il exagéré de parler, dans ces conditions, d'une *analyse géocybernétique* ?

4.10 Analyse multidimensionnelle des rapports interzonaux (rapports hiérarchiques spatiaux)

Lorsque nous avons discuté les concepts de géocinétique et géocybernétique, nous nous somme proposé de saisir le flux qui s'établissent entre le mérons, comprendre leur charge informationnelle et la placer dans un contexte territorial large. Pour ceci, au méthodes d'analyse de la dynamique et du rythme des composantes naturelles du géosystème, nous allons proposer encore une : celle des rapports hiérarchiques spatiaux.

Prenons le cas d'un point P[51], situé dans un contexte local moyen L[52], un voisinage moyen V[53] et une moyenne générale G[54] disons pour l'altitude relative. Une série de valeurs P=G=L=V définit le site-base pour tout le territoire : *a priori* il n'y a aucune différence entre le carré du point P, ses voisins, son contexte local et le contexte général.

Par contre, une situation G>L>V>P nous fait imaginer un secteur quasiment "plat" dans un contexte de plus en plus tourmenté, un endroit de calme. Le contraire de cette situation apparaît lorsque P>V>L>G : c'est le site-type où il faut intervenir pour limiter les dégâts (si nous parlons d'érosion), pour analyser de plus près les conditions locales (si nous parlons de sol ou de biodiversité) etc. En tout cela, il y a 74 combinaisons possibles entre ces éléments qui peuvent être représentés chacun sur une carte-image. En attribuant un code arbitraire à chacune des situations possibles et en dressant la carte qui en résulte après les tests, nous arrivons à une compression de l'information d'au moins 4:1 car cette carte-image permet de connaître, pour chaque point, la position spatiale et hiérarchique dans le contexte local et général. On pourrait appeler cette méthode une **synthèse de rapports hiérarchiques spatiaux ("RHS")**. Après avoir dressé cette carte à partir des valeurs de l'altitude relative dans la Plaine de la Moldavie (présentée dans le chapitre consacré à la géomorphologie du territoire étudié), nous croyons avoir obtenu un des meilleurs documents pour la lecture des paysages, dans ce cas tout au moins d'un point de vue morphologique.

Enfin, ce type de document revêt toute son importance dans les analyses diachroniques, car on obtient la courbe d'évolution hiérarchique pour chaque point ou pour l'ensemble du territoire. Pour finir, il faut souligner le fait que la carte est un document qui, au-delà de l'ampleur et de l'intensité d'un phénomène, rend compte de la distribution spatiale d'un élément : c'est une des raisons d'être de la géographie.

[51] dont la valeur on la lit directement sur l'image raster de base

[52] dont la valeur on l'obtient après filtrage de l'image raster de base avec une matrice (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)

[53] dont la valeur on l'obtient après filtrage de l'image raster de base avec une matrice (1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1)

[54] don't la valeur on la lit sur l'histogramme de l'image raster de base

En annexe 2 est présenté le code source du logiciel ***Roger***© développé en langage Fortran 77, par Hélène Géroyanis d'après la méthode proposée par A.N.Roman (1997) pour l'analyse des RHS, pour réaliser le test des rapports hiérarchiques spatiaux sur des images au format logiciel *Idrisi*. Le logiciel ***Roger***© est protégé par de droits d'auteur.

4.11 En guise de conclusions

Nous soulignons le fait que, même dans le cas d'une approche cinétique des CNG, *ces méthodes analysent seulement le support matériel du paysage.* Elles ne touchent pas l'image brute, - source de paysage offerte par la nature - et, en aucun cas, au paysage proprement-dit. Pour aboutir à une analyse des paysages il faudra : soit essayer de combiner ces méthodes avec une autre déjà existante et qui concernerait l'analyse d'une image du point de vue de sa valeur paysagère ; soit, si cela s'avère impossible, essayer de développer une méthode propre qui répondrait à cette nécessité.

A l'heure où, en plus des géographes, un nombre de plus en plus grand de professionnels s'intéressent aux problèmes de la répartition spatiale des phénomènes ; à l'heure où l'informatique de pointe a été mise à la portée d'un public plus large ; à l'heure où nous ne pouvons plus ignorer les systèmes d'informations géographiques si nous voulons faire une étude rigoureuse. A cette heure-là, *toutes les séries de résultats que nous pouvons obtenir par le biais de la méthode que nous venons de proposer, qu'elles soient numériques ou graphiques, constituent autant de couches prêtes à être intégrées dans des S.I.G.*

Conclusions de la deuxième partie

Après la première partie de la thèse, dans laquelle ont été jetés les bases d'un nouveau cadre conceptuel pour l'étude du géosystème et des paysages, il fallait se donner des outils pour l'appliquer. Ainsi, les indicateurs proposés dans cette deuxième partie visent contribuer à la meilleure appréhension de trois éléments principaux sur lesquels s'appuie notre développement conceptuel et méthodologique : l'état, la dynamique et le rythme des composantes du géosystème. En insistant sur ces éléments et en proposant au moins une méthodologie d'étude pour chacun, nous offrons aussi les outils pour l'application des concepts dans la troisième partie de la thèse. Enfin, le fait d'avoir proposé la méthode des rapports hiérarchiques spatiaux ouvre au moins deux voies intéressantes à explorer : une pour des applications concrètes qui tiennent surtout aux domaines de la géocinétique et de la géocybernétique ; l'autre, pour une synthèse des composantes du géosystème afin d'obtenir un zonage complexe du territoire et une analyse paysagère complexe.

TROISIEME PARTIE :
LA PLAINE DE LA MOLDAVIE – UN BANC D'ESSAI

Introduction de la troisième partie

Nous sommes arrivés au point où il faut prouver l'intérêt pratique de cette recherche à travers des applications pratiques des concepts et méthodes présentés dans la première moitié de l'ouvrage (fig. 18). D'ailleurs, les objectifs principaux des chapitres qui vont suivre sont les suivants :

- prouver la validité du cadre conceptuel et méthodologique développé dans cette thèse au moins à travers une série d'exemples ;
- présenter les composantes naturelles du géosystème de la Plaine de la Moldavie telles qu'elles étaient connues avant cette recherche et souligner ce que cette thèse apporte de nouveau ;
- mettre en évidence les difficultés rencontrées lors de l'application des concepts et des méthodes présentées précédemment ;
- ouvrir, même sans les poursuivre, de nouvelles directions de recherche ;
- montrer les points sur lesquels il serait nécessaire d'insister dans une future recherche sur ce même territoire.

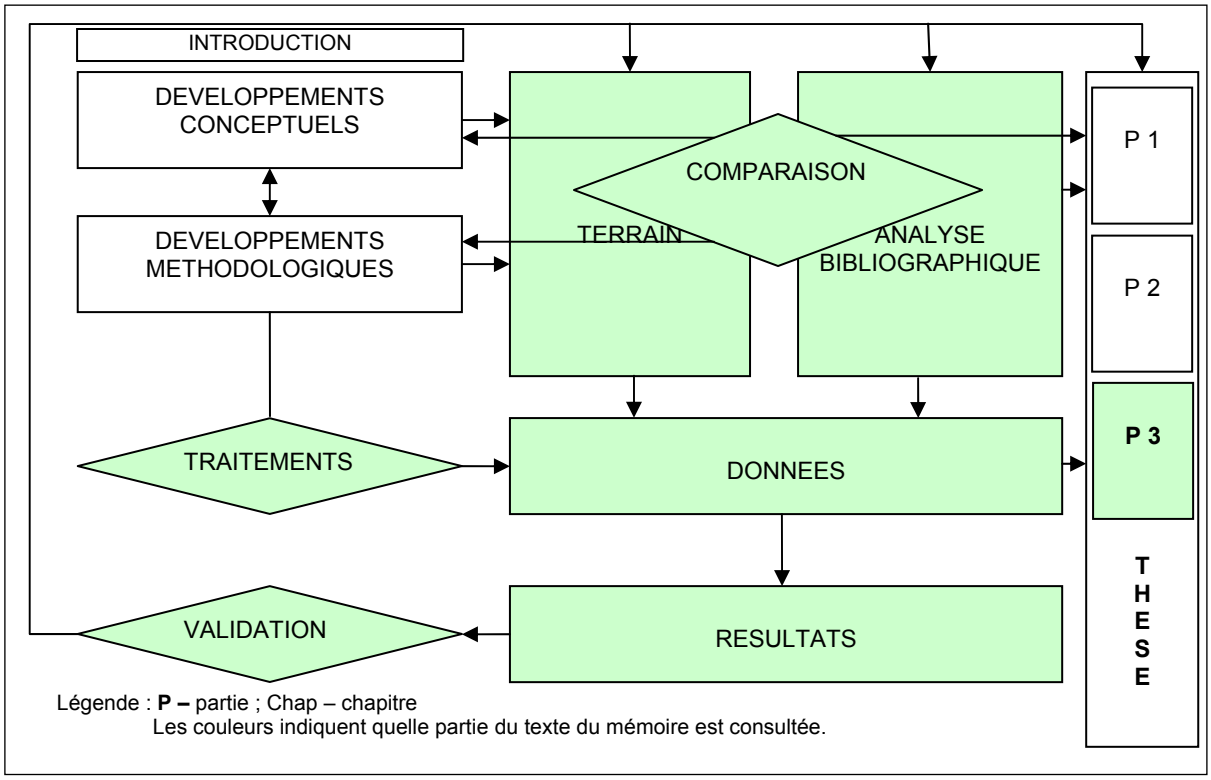


Figure 18 : Le « point » du lecteur : troisième partie

5 LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

5.1 Introduction

Un des premiers caractères physico-géographiques et peut-être celui qui s'impose dans la plus grande mesure dans le paysage, suivi par l'occupation du sol, c'est la géomorphologie. En même temps, le cadre géomorphologique est celui qui nous a permis d'effectuer les premiers et les plus solides tests des méthodes proposées dans les parties précédentes. Le but de ce chapitre n'est ni seulement d'introduire le lecteur dans la problématique géologique et géomorphologique du territoire étudié, ni de traiter avec un luxe de détails de ces deux sujets. Comme c'est le cas des autres chapitres applicatifs qui lui suivent, il se propose de montrer à un niveau de détail convenable (en tenant compte de la superficie du territoire étudié et de la qualité des données d'entrée…) les problèmes ci-dessus mentionnés et, surtout, prouver à travers un nombre d'applications concernant strictement le relief, les avantages des développements conceptuels et méthodologiques précédents.

Le cheminement méthodologique reste assez simple, semblable à celui décrit dans les figures avec le « point » du lecteur. Nous avons commencé avec un point sur la bibliographie et comparaison de celle-ci avec les opinions personnelles acquises après les sorties sur le terrain. La deuxième étape, importante, a été représentée par l'application proprement-dite (extraction de données des cartes topographiques, traitements numériques) d'un certain nombre d'indicateurs proposés dans la deuxième partie pour l'analyse du relief et production du matériel graphique correspondant, ainsi que leur interprétation préliminaire. Le troisième moment a été représenté par la vérification sur le terrain des résultats des traitements numériques et de leur interprétation ensuite des discussions avec des chercheurs chevronnés ont permis de valider ou non la démarche employée et ses résultats. Après ces échanges, seules les propositions susceptibles de donner des résultats pertinents ont été sélectionnés, même si elles n'ont pas toutes étés testées. Enfin, nous avons intégré dans le texte les objets

graphiques considérés les plus représentatifs par rapport aux résultats obtenus et aux voies qu'ils sont capables d'ouvrir dans une recherche ultérieure.

5.2 Genèse d'une plaine

L'évolution paléogéographique de la Plaine de la Moldavie est intimement liée à celle de la plate-forme moldave et cette évolution compte beaucoup dans l'aspect actuel du relief. La connaissance de la géologie de la plate-forme de la Moldavie a évolué en même temps que les avancées techniques des moyens d'investigation et on pense surtout ici aux données obtenues grâce aux forages de grande profondeur et aux études géophysiques.

5.2.1 Le fondement

La plate-forme moldave représente la plus ancienne unité géologique de ce type, dans le pays, consolidée durant le Protérozoïque moyen. En fait, elle est la prolongation vers l'ouest de la grande plate-forme de l'Europe Orientale. La Plaine de la Moldavie se superpose entièrement à cette unité structurale qui comporte deux étages : un fondement Précambrien, constitué de roches cristallines plissées, et un étage sédimentaire dont l'épaisseur dépasse 1000 m.

L'analyse des carottes extraites dans les forages de Iaşi (-1121 m), Popeşti (-1370 m), Bătrîneşti (-1008 m) et Todireni (-950 m), montre que le socle est constitué de gneiss, paragneiss, granite et, localement, de basalte (D.Giuşcă, V.Ivanovici, 1961).

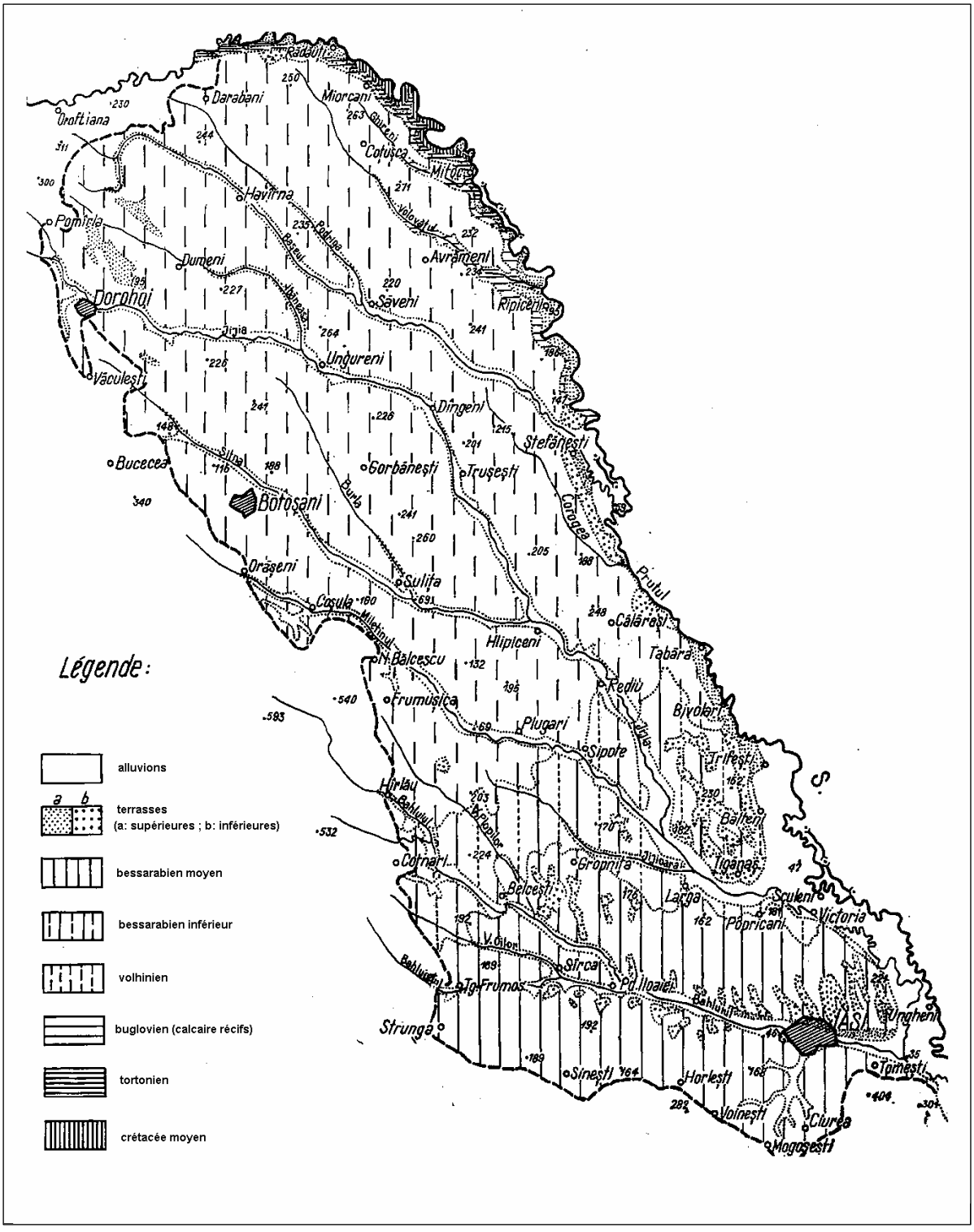


Figure 19 : La Plaine de la Moldavie – carte géologique (extrait de V.Băcăuanu, 1968)

V.Gavăț (1963), cité par V.Băcăuanu (1968), met en évidence à partir des anomalies magnétiques la présence de plusieurs fractures au niveau du socle, d'où la partition de celui-ci en trois secteurs : un secteur au fondement archaïque-karélien situé à l'est de l'alignement Darabani – Truşeşti – Ungheni, qui continue vers l'ouest avec un secteur de fondement baïkalien et, enfin, le fondement calédonien aux schistes verts, à l'ouest de l'alignement Ibăneşti – Botoşani – Deleni – Hîrlău – Tg.Frumos. Entre ces deux limites magnétiques majeures, il existe une autre fracture au long de l'alignement Ibăneşti – Borzeşti – Todireni – Epureni – Ungheni : vers l'est le fondement se situe plus près de la surface, tandis que vers l'ouest le socle baïkalien commence a plonger et, par conséquent, il y a une augmentation de l'épaisseur de la strate sédimentaire. Le mouvement général d'abaissement de la plate-forme vers l'ouest a été accompagné, au niveau du socle, par l'apparition de fractures au long desquelles se sont produites des éruptions volcaniques durant le Paléozoïque (ex : au long des alignements Cristineşti – Borzeşti – Cîmpeni ; Borzeşti – Drăguşeni – Avrămeni – Movila Ruptă ; Todireni – Şipote – Leţcani).

Les datations d'âge absolu au niveau du socle sont comprises entre 1005-1593 M.a., traduisant en fait la date des derniers mouvements géodynamiques (V.Giuşca *et al.*, 1967). Ceci car les roches du socle ont été, lors d'une première étape, affectées par mes mouvements de plissement avec formation d'un relief montagneux qui, ultérieurement, a été intensément érodé sous l'action des facteurs morphogénétiques externes, jusqu'au stade de pénéplaine.
Pratiquement, à la fin du Ryphéen et au début du Vendéen, finit l'étape de géosynclinal et commence celle de plate-forme se poursuit encore de nos jours.

5.2.2 La couverture sédimentaire

L'étage supérieur de la plate-forme, représenté par la couverture sédimentaire, couvre intégralement le socle et doit son existence aux mouvements d'ensemble de la plate-forme qui ont permis des transgressions – régressions successives des eaux marines (fig. 19). Les

données stratigraphiques montrent que les dépôts se sont accumulés durant trois mégacycles (tab. 7), séparés par des lacunes correspondant à de longues périodes d'émersion (L.Ionesi, 1994). Durant chacun de ces mégacycles, il y a eu aussi de courtes interruptions de sédimentation, générales ou locales.

Tableau no. 7 : Principaux cycles de sédimentation et d'émersion dans la Plaine de la Moldavie

	Mégacycle de sédimentation	*Etapes d'émersion*
I.	Vendéen supérieur – Dévonien	
		Paléozoïque supérieur – Jurassique
II.	Crétacé – Paléocène? – Eocène moyen	
		Eocène supérieur (Maastrichtéen) – Badénien inférieur (Burdigalien)
III.	Badénien supérieur – Méotien (Bessarabien)	
		Pontian (Kersonien) – actuel

5.2.2.1 Le cycle Vendéen supérieur – Dévonien

Les formations de ce cycle, complètement enfouies sous d'autres strates, ont été atteintes par les forages de grande profondeur. Cet intervalle stratigraphique est représenté par le Vendéen supérieur, le Cambrien inférieur, probablement l'Ordovicien supérieur (pour lequel l'attestation paléontologique manque), le Silurien moyen et supérieur et le Dévonien inférieur. De toutes ces strates, il n'y a que le Silurien moyen et supérieur qui approche de la surface, au NE de la plaine, à -70 m de profondeur dans la région Rădăuți – Prut ; vers W et S elles descendent à des profondeurs de plus en plus grandes (Todireni -241 m, Iaşi -356 m, Rădăuți -1477 m). Du point de vue pétrographique, on remarque la dominance de deux faciès : un premier où dominent les grès calcaires et argileux, les calcaires, les marnes calcaires (dans les régions centrales et méridionales) ; un deuxième, avec la dominance des schistes argileux (les secteurs occidentaux).

Ces sédiments ont fossilisé la pénéplaine du socle précambrien. La fin de la transgression marine a soumis la surface de la plaine aux effets des agents érosifs subaériens pendant une très longue période (environ 240 M.a.), jusqu'au début du Crétacé. V.Băcăuanu (1968) juge que la dénudation n'a pourtant pas été très intense car, vue la durée d'émersion, elle aurait dû éroder en totalité les sédiments antérieurement déposés. Cependant, la transgression du Crétacé atteint et ensevelit sous ses sédiments, une plaine de dénudation post-siluriène de type pénéplaine, d'un aspect largement vallonné, avec des altitudes relatives réduites et une inclinaison générale NE – SW si on tient compte de la cote absolue du Silurien dans les forages (-316 m à Iaşi, -342 m à Hîrlău, -153 m à Todireni, -70 m à Rădăuți – Prut).

5.2.2.2 Le cycle Crétacé – Paléocène? – Eocène

Le nouveau mégacycle commence au Valengénien et, semé de nombreuses interruptions de courte durée, il continue jusqu'à l'Eocène. Les dépôts accumulés durant cet intervalle, avec

des épaisseurs inférieures à 1000 m, affleurent sur la rive droite du Prut, entre les localités Rădăuți et Mitoc (où nous pouvons observer le Cénomanien) ; mais leur étude plus détaillée a été permise par les forages, révélant une succession : calcaires, grès et marnes, avec des intercalations de sables. Dans la rive du Prut affleurent des calcaires crayeux, avec des concrétions de silex d'âge cénomanien, signalées pour la première fois par I.Simionescu en 1902.

Il existe aussi quelques lacunes stratigraphiques : Hauterivien – Aptien inférieur, Coniacien – Santonien, Campanien supérieur, ?Paléocène et Eocène inférieur-moyen, mais qui n'ont pas affecté toute la surface de la plate-forme. La sédimentation a été épisodique surtout vers l'ouest, à proximité des Carpates.

Les régions orientales sont entrées dans une nouvelle phase d'évolution subaérienne après le Campanien, pendant quelque 40 M.a. Le résultat se présente sous la forme d'une surface plane (la surface Dorohoi) entaillée par un réseau hydrographique orienté NE – SW, dans sa moitié nord ,et E – W, dans sa moitié sud (D.Paraschiv, 1987). Les facteurs externes, qui sont à l'origine de l'aspect vallonné, fragmenté de cette surface, ont réussi, par endroits, d'éliminer en totalité la couverture sédimentaire. La dénudation s'est déroulée sous un climat chaud et sec (C.Gheorghiu *et al.*, 1961), de type désert intertropical, qui aurait permis la formation de dunes grâce au sable provenant de la désagrégation des concrétions de silex des dépôts de craie cénomanienne-sénonienne.

Cette surface, qui représentait la plaine de dénudation post-crétacée (V.Băcăuanu, 1968) et épousait en grande mesure les formes de la surface antérieure post-silurienne grâce à la faible épaisseur des dépôts, a été ensevelie dès le badénien supérieur par les formations du troisième cycle de sédimentation.

5.2.2.3 Le cycle Badénien supérieur – Méotien

Les derniers dépôts appartenant à ce cycle qui se retrouvent à jour dans la Plaine de la Moldavie sont d'âge sarmatien. Durant ses 7 M.a., ce cycle a été continu sauf deux

interruptions, dont la première, entre le Badénien et le Sarmatien (durant le Buglowien inférieur), apparaît sur le territoire de la plaine (L.Ionesi, Bica Ionesi, 1982, 1984).

Les dépôts bessarabiens, présents sur toute l'étendue de la plate-forme, sont atteints par l'érosion sur la rive du Prut entre les localités Oroftiana et Liveni. Dans ces dépôts on distingue trois formations :

- une formation détritique (max. 130 m), représentée par des grès et des sables, avec des intercalation de marnes et sables. Dans les parties NE, par-dessus les dépôts cénomaniens (calcaire à silex) se trouvent des conglomérats avec des galets de silex et les sables quartzifères de Alba – Miorcani (fig. 20).
- une formation évaporitique (30-60 m) constituée de gypse et d'anhydrite, avec des intercalations de marnes, argiles et tufs ; rencontrée sur la plus grande partie de la plate-forme, n'apparaît pas au NE, au long du Prut.
- une formation argilo – marno – calcaire (max. 250 m), représentée par des argiles et des marnes cendrées (calcaires et marnes sur la limite NE).

Le Buglowien affleure entre les rivières Başeu et Prut. Il est constitué d'argiles de Bajura (55-100 m), avec des intercalations de sables et des grès quartzitiques. Par dessus ces dépôts se trouve le tuf d'origine dacitique de Hudeşti (2-5 m d'épaisseur, mentionné par I.Simionescu en 1902) qui affleure sur la rive droite du Prut (à Bajura et Cuzlău) et dans le ruisseau Harabagiu (Hudeşti).
Les argiles bentoniques de Darabani – Mitoc et de Hudeşti se trouvent au-dessus du tuf de Hudeşti (à l'est, au-dessus des calcaires et des marnes badéniennes). Dans leur constitution apparaissent des intercalations de sables, galets calcaires cénomaniens et galets du flysch des Carpates, ceux-ci étant apportés par glissement sous-marin et provenant de la zone littorale de l'orogène carpate (L.Ionesi, V.Băcăuanu, 1984).

Au long d'une bande étroite entre Ştefăneşti et Mitoc (et, vers le sud, jusqu'à Iaşi), apparaissent des argiles bentoniques à biohermes sous la forme de lentilles très allongées (1-2 km) et relativement peu épaisses (40-60 m), qui suggèrent l'existence d'un seuil exondé

probablement au Badénien. Le Buglowien se termine par une strate mince (0,5 m) de calcaires de Eşanca.

Le Volhynien est à jour au nord de l'alignement Cotnari – Şipote – Rediu – Santa Mare, vers le sud il est recouvert par le Bessarabien. Du point de vue pétrographique il se caractérise par la présence des argiles, avec certaines intercalations de sables.

Le Bessarabien affleure au sud des dépôts volhiniens, entre les alignement Cotnari – Şipote – Rediu – Santa Mare et Tomeşti – Ciurea – Mogoşeşti – Voineşti – Horleşi – Strunga (la Côte de Iaşi). Du point de vue lithologique, le Bessarabien est représenté par des argiles (les "argiles au *Cryptomactra*"), des siltites et des intercalations minces de sables argileux. Ensuite, jusqu'au calcaire oolithique de Repedea, augmente la fréquence des sables (les "sables de Bîrnova", env. 20 m) et, sous la plaque calcaire, apparaît encore une couche d'argiles et de siltites (env. 10 m). Dans les sables de Bîrnova, la présence de certaines espèces d'une faune d'eau douce semble indiquer la présence, à proximité du rivage de la mer sarmatienne, de lacs d'eau douce.

Le dernier sous-étage du Sarmatien, le Khersonien, n'apparaît plus dans la Plaine de la Moldavie, du fait du retrait des eaux vers le sud, vers le Plateau Central de la Moldavie.

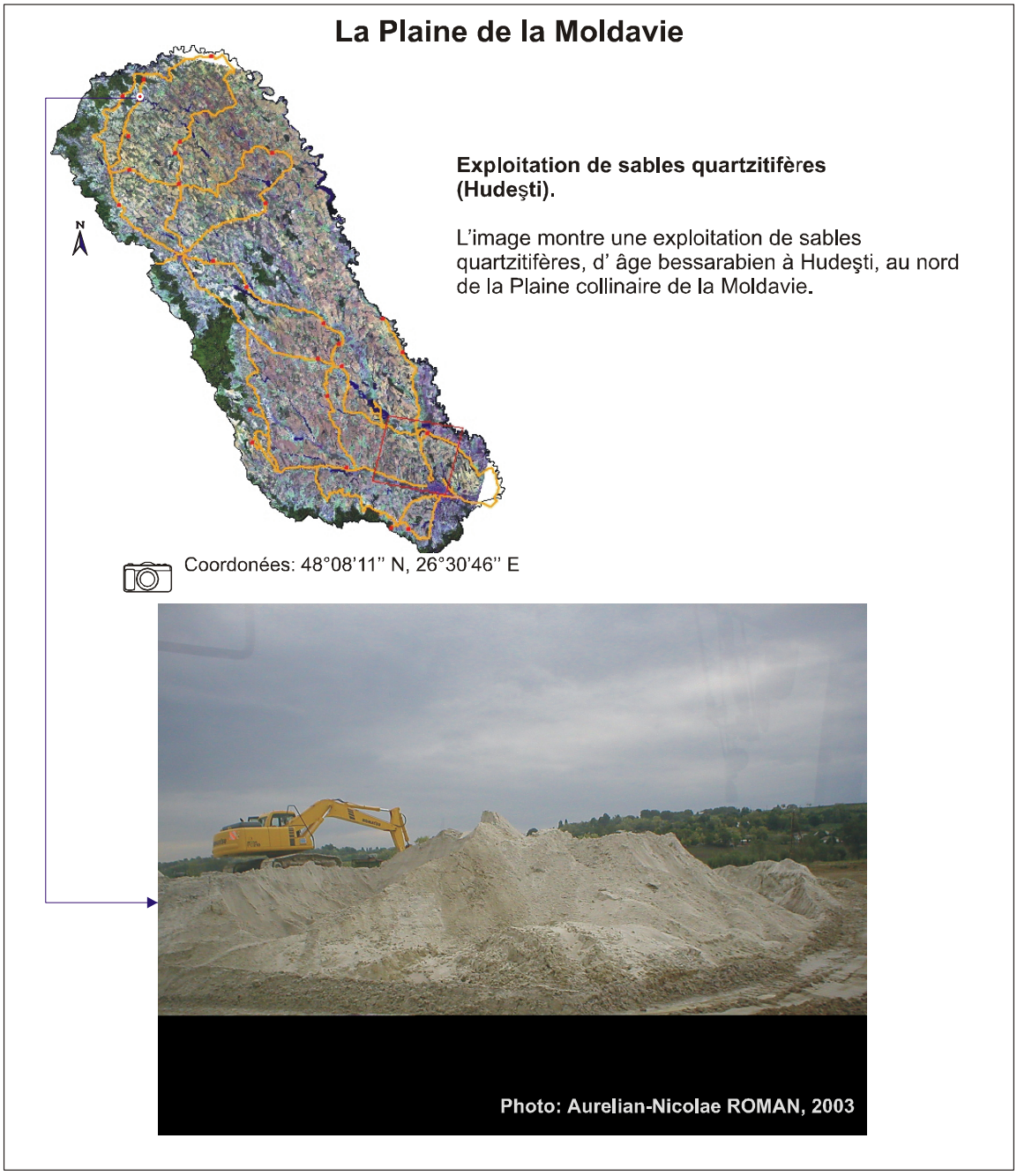

La Plaine de la Moldavie
N
Exploitation de sables quartzitifères (Hudeşti).
L'image montre une exploitation de sables quartzitifères, d' âge bessarabien à Hudeşti, au nord de la Plaine collinaire de la Moldavie.
Coordonées: 48°08'11'' N, 26°30'46'' E
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 2003

Figure 20

Cette revue de faits permet de retenir les éléments suivants :

- la tectonique a joué un rôle majeur dans la mise en place du socle de la Plaine de la Moldavie et, éventuellement, a influencé les premières strates de roches sédimentaires ;
- cette tectonique a eu un rôle beaucoup plus important, à une échelle plus large que celle de la plaine proprement-dite, en provoquant ou interrompant les cycles sédimentaires ;
- les paléoreliefs qui se sont succédés dans le temps, ensevelis l'un après l'autre durant les cycles de sédimentation ultérieurs, résultent de l'action quasi-exclusive de l'action des facteurs externes (sauf au niveau du socle, avant d'être transformé en pénéplaine) ; certaines formes ont été partiellement "héritées" d'une étape à l'autre, en tenant compte du fait que, par moments, la sédimentation n'a pas été assez forte pour "oblitérer" entièrement le relief précédent ;
- la configuration actuelle du relief, tel qu'il a été modelé après la dernière émersion du territoire de la plaine, est due presque en exclusivité aux facteurs externes et aux processus de versant, car des influences d'origine tectonique n'ont pas été mises en évidence.

5.3 Points de vue au sujet de l'évolution du relief

Les paragraphes qui suivent ont comme but de présenter la synthèse chronologique des recherches effectuées pour connaître l'évolution du relief de la Plaine de la Moldavie, celle des principales idées énoncées pour l'interprétation des aspects morphologiques actuels et les résultats des recherches.

5.3.1 Entre tectonique et modelé (XIX^{ème} – début XX^{ème} siècle)

Nous devons les premières approches des aspects morphologiques à des chercheurs géologues ou qui, géologues de formation, ont été ensuite attirés par les aspects géographiques.

En 1883, le fondateur de la géologie roumaine, Gr.Cobâlcescu fait les premières observations au sujet de l'origine du relief du Plateau Moldave (cité par V.Băcăuanu, 1968). Cobâlcescu considérait le relief comme un produit des ***processus érosifs***, dérivé d'une plaine initiale ayant environ 300 m d'altitude, entaillée par le réseau hydrographique. Pour Gr.Cobâlcescu, la Côte de Iaşi est une "cime de collines produite par l'érosion des pluies diluviennes" (1883, cité par V.Băcăuanu, 1968). D'ailleurs, cette idée a été reprise plus tard par I.Simionescu (1903).

I.Simionescu (1902) fait une analyse de la géologie de la vallée du Prut, dont il établit pour la première fois l'origine épigénique ; en 1903, il continue avec des observations sur le relief du sud de la plaine dans le cadre d'une étude géologique concernant le territoire compris entre les vallées de Siret et du Prut.

R.Sevastos, dans ses travaux de 1912 et 1922, s'intéresse, à part la géologie de la région de Iaşi et du quaternaire des vallées du Prut et Jijia, à certains aspects du relief (surtout les terrasses). L'auteur distingue ainsi entre trois à cinq terrasses, dont il établit les altitudes, la structure et l'âge probable. Il souligne aussi l'importance de l'érosion en tant que facteur génétique responsable de l'apparition d'un relief de collines dans les parties méridionales de la plaine.

Emm. de Martonne, à l'occasion des excursions géographiques réalisées en 1921, lance l'hypothèse de la présence, dans le Plateau de la Moldavie, de deux ***niveaux d'érosion*** (au

sens de W.M.Davis) : un premier assez haut, correspondant au niveau Repedea[55] (ou supérieur du point de vue altitudinal) ; un deuxième, plus bas, au niveau des cimes des collines basses de la Plaine de la Moldavie (le niveau Cetățuia).

M.David[56] écrit ses premiers ouvrages au sujet de la Plaine de la Moldavie dans les années "20", en associant les analyses géologiques et géomorphologiques (1921, 1923). En 1922, il précise les traits majeurs du relief entre Siret et Prut, en soulignant le rôle des strates plus dures, de grès et calcaire sarmatien, dans les caractères morphologiques car ces strates mènent à l'apparition de plateaux structuraux.

Pour la première fois dans la littérature géographique roumaine, M.David reprend l'hypothèse de la présence de deux ***cycles d'érosion*** en Moldavie, leur conséquence dans le relief étant représentée par les plates-formes Cărpineni (altitude 180-300 m, d'âge levantin-quaternaire) et Repedea (300-400 m d'altitude, d'âge pontien).

Gh.Munteanu-Murgoci (1925) pensait que cette région de plaine pourrait être d'***origine tectonique*** mais il attirait aussi l'attention sur l'importance de l'érosion des rivières : ceci du fait de l'élimination de la couverture calcaire de Repedea et de la naissance d'un relief "...aux formes vallonnées, aux côtes douces, qui descendent dans de larges vallées, marécageuses", car "nous ne pouvons pas expliquer autrement la formation de ces dépressions orographiques comme celle de Jijia... et l'ablation sans trace de la plaque calcaire supérieure".

5.3.2 L'option tectonico-structurale et des cycles d'érosion (la période 1930-1945)

Cette période est caractérisée par l'apparition d'études de plus grande ampleur, ayant aussi une problématique plus diversifiée. Cette série est inaugurée par l'ouvrage de Iul.Rick (1931)

[55] nom d`une colline située juste au sud de la ville de Iaşi.

[56] le principal représentant de la géomorphologie tectono-structurale en Roumanie entre les deux guerres mondiales.

qui établit un classement du relief sur des critères génétiques, en *formes d'érosion et formes d'accumulation*. L'auteur apparaît ainsi comme un adepte de l'origine érosive du relief de la plaine. Il propose comme limite la courbe de niveau de 200 m, ce qui correspond en très grande partie aux réalités du terrain. En fait, Iul.Rick reste le seul chercheur de cette période qui soutienne l'origine érosive du relief de la plaine.

V.Mihăilescu (1930) fait remarquer la présence de quatre *plates-formes d'érosion* : la plate-forme Holm – Dealu Mare, d'âge Sarmatien supérieur ; celle de Bolohai – Sîngeap, d'âge pontien ; celle de Siret – Bahlui – Jijia, d'âge levantin (=Romanian) et la plate-forme de Mîndreşti – Botoşani – Hîrlău, d'âge quaternaire.

M.David continue l'étude de la Plaine de la Moldavie, en avançant l'hypothèse que les dénivelés entre la Plaine de la Moldavie et les régions avoisinantes du sud (la "Côte de Iaşi", nom qu'il proposait en 1941 *in "Relieful Coastei Iaşilor" – "Le relief de la Côte de Iaşi"*) seraient d'***origine tectonique***. Toutefois, il attire l'attention sur le fait qu'à la genèse du relief "ont contribué aussi les faciès pétrographiques, dans lesquels les agents de l'érosion sont intervenus avec des résultats différents". Par la même occasion, l'auteur passe en revue certaines particularités morphologiques du sud de la plaine (terrasses, plates-formes, surfaces affectées par des glissements de terrain). Dans son cours de morphologie terrestre à l'Université de Iaşi, M.David (1933) montre que dans le Plateau de la Moldavie existent trois plates-formes d'érosion (considérées comme des niveaux supérieurs d'érosion, liés aux grands cycles d'érosion) et trois niveaux d'érosion inférieurs (petits cycles d'érosion, sous forme de terrasses).

Des contributions essentielles à l'analyse de la Plaine de la Moldavie sont apportées par V.Tufescu. C'est un des principaux adeptes des idées selon lesquelles le relief de la plaine est dû, en grande partie, à des *facteurs tectoniques et des cycles d'érosion*. V.Tufescu (1934, 1937) étudie les problèmes qui se pose sur la limite de l'ouest de la plaine, dans la région Dealu Mare – Hîrlău, aussi bien que ce qu'il appréciait comme plates-formes d'érosion (1932) et les problèmes du socle (1940).

Au sujet de la Côte de Iaşi et de la Cime du Siret (plus particulièrement dans la zone de la Côte de Hîrlău), V.Tufescu (1937) soutenait *l'hypothèse tectonique* (l'existence d'une flexure au niveau du fondement) et des *cycles d'érosion* d'Emmanuel de Martonne et de M.David, reprises plus tard par d'autres chercheurs (Natalia Şenchea, 1943). A part ces aspects, V.Tufescu (1932, 1947) pose aussi le problème de l'évolution du réseau hydrographique, à savoir les captures qui ont eu lieu entre les affluents du Siret et du Prut et le rôle des confluences dans la configuration actuelle des vallées de ces deux rivières. En fait, à ce même sujet, M.David jugeait que le trajet présent de certaines vallées se serait développé au long d'alignements tectoniques (ex : la vallée de Bahlui, la vallée du Prut). Les recherches ultérieures ont prouvé que *la tectonique a joué un rôle mineur dans la mise en place du relief actuel de la plaine et des limites de celle-ci*.

Une autre idée émise par V.Tufescu durant la période 1934-1945 ("*l'hypothèse de l'antécédence de la dépression Jijia – Bahlui*" selon le nom proposé par I.Sîrcu en 1956, mais infirmée par les recherches ultérieures) est celle que l'altitude plus réduite de la région est héritée d'une zone moins profonde de la mer sarmatienne.

Pour cette période, nous pouvons mentionner aussi les travaux de 1937 et 1946 de Gh.Năstase, concernant la vallée du Prut et certains aspects du relief (tels que les trois terrasses distinguées par l'auteur au long de la vallée mentionnée). Du point de vue de l'évolution de la vallée, Gh.Năstase distingue deux étapes : une première durant laquelle le cours était orienté W – E ; une deuxième caractérisée par un trajet similaire à celui d'aujourd'hui. L'hypothèse d'un *réseau hydrographique transversal* avait été déjà émise par V.Tufescu (1932) et M.David (1933), en partant de la position des ensellements situés devant les rivières Suceava (l'ensellement Bucecea), Moldova (l'ensellement Strunga – Ruginoasa) et Siret (l'ensellement Lozna) ; ou, en partant de la position de certains dépôts de graviers qui apparaissent sur certaines hauteurs à l'est et à l'ouest du Prut, éloignés par rapport au trajet des vallées actuelles. Les recherches menées par C.Martiniuc (1955), I.Sîrcu (1955), C.Martiniuc et V.Băcăuanu (1960), ont rejeté la théorie de la genèse de ces ensellements par des rivières descendant des Carpates.

En son ensemble, cette période est caractérisée par *la dominance des études de géomorphologie tectonico-structurale*, analysant la genèse et l'évolution du relief tout en offrant une description de ces formes. Les résultats obtenus, bien que partiellement infirmés par des recherches plus récentes, représentaient un réel progrès dans le contexte d'une époque caractérisée par l'apparition de la théorie des cycles d'érosion de W.M.Davis et l'existence d'une base de données, encore sommaire, en ce qui concerne la constitution géologique de la plate-forme.

5.3.3 Le relief de la plaine de la Moldavie – confirmation de l'origine érosive (la période 1945-1996)

Après la Deuxième Guerre, les recherches géologiques et géomorphologiques sur la Plaine de la Moldavie sont passées à une vitesse supérieure. De nombreuses opinions exprimées précédemment seront reconsidérées (surtout l'existence des surfaces d'érosion et l'influence de la tectonique dans le devenir du relief), parallèlement à l'enrichissement des connaissances géologiques.

Les études géomorphologiques ont continué, dans un premier temps, dans la même voie que celle de l'étape précédente. Pourtant, cette fois-ci elles ont été menées par des géographes et dans un contexte conceptuel, méthodologique et technique nouveau.
Durant les années "70" et "80" sont parus quelques ouvrages sur le complexe des conditions physico-géographiques pour certaines zones de la plaine tandis que vers la fin de la période se développent les études de géomorphologie quantitative et appliquée.
Enfin, le développement ou l'apparition de moyens techniques avancés pour l'acquisition et le traitement des données (ex : le mesures géophysiques, le forages de grande profondeur et la révolution informatique), ont ouvert de nouvelles voies à la recherche.

Les aspects géomorphologiques de la plaine ont fait l'objet d'une attention particulière pour de nombreux chercheurs, dont V.Băcăuanu, C.Martiniuc, I.Hârjoabă, I.Sîrcu, Al.Obreja, N.Barbu, V.Tufescu, I.Donisă, I.Bojoi etc.

Les principales études sont celles qu'a effectuées V.Băcăuanu, et parmi celles-ci sa thèse de doctorat de 1966 : *"La plaine de la Moldavie. Etude géomorphologique"*. L'ouvrage, publié en 1968, apporte des contributions importantes en trois domaines. D'abord, des données essentielles pour éclaircir la genèse et l'évolution du territoire, des informations concernant les processus actuels intervenant dans l'évolution du relief, enfin, la reconnaissance de surfaces d'érosion en-dessous ou à l'intérieur de la couverture sédimentaire. Plusieurs de ces études concernent le problème de l'évolution du réseau hydrographique et surtout celui des terrasses. Enfin, V.Băcăuanu a produit plusieurs ouvrages dans lesquels sont présentés des zonages de la plaine ainsi que du Plateau de la Moldavie dans son ensemble.

V.Băcăuanu (en 1968 et ultérieurement) confirme le fait que le relief de la Plaine de la Moldavie tel qu'il se présente à l'heure actuelle, est "le résultat d'une longue évolution déroulée au pliocène et au quaternaire, suite aux conditions favorables offertes par ce territoire à l'activité des facteurs "modeleurs". Il souligne le rôle passif des facteurs internes (structure, pétrographie) tout en montrant que "l'activité de tous les autres facteurs se déroulera en fonction de ces éléments". L'influence des mouvements néo-tectoniques n'est pas exclue, mais ils ont joué un rôle secondaire. La rivière Prut est considérée comme le principal facteur qui a régi les processus qui ont modelé le relief de la plaine. L'auteur pense que la première génération de vallées a eu un "caractère conséquent, les vallées se développant progressivement, suivant le retrait vers le sud du rivage [de la mer]" et disparaissant lors de son retour. A l'exception du Prut, qui aurait pu se développer progressivement, "les vallée des autres rivières ont été modelées plus tard, en se développant d'une manière régressive, jusqu'à l'état actuel" (V.Băcăuanu, 1968). Enfin, la configuration actuelle des vallées, surtout à proximité des limites N et W de la plaine, peut être due à des phénomènes de capture (le plus souvent récent, d'âge holocène).

Pour conclure au sujet des facteurs qui ont contribué à la réalisation du relief actuel, V.Băcăuanu (1968) écrit : "La Plaine de la Moldavie est une surface dont le relief est d'origine érosive[57], apparue dans les conditions d'un substratum argilo-sableux, facile à éroder, avec une évolution influencée par les lois du développement de l'érosion dans les bassins-versants. Les hauteurs plus importantes qui entourent la plaine sont dues à leur faciès lithologique, comportant des niveaux plus durs de grès et calcaires sarmatiens, qui n'ont pas encore été détruits par l'érosion.

Les processus de versant se sont développés en même temps que l'érosion fluviale, surtout des glissements de terrain, qui ont contribué en une très large mesure à l'aplatissement de la plaine. Tous ces processus se sont déroulés dans les conditions d'interaction entre les facteurs internes, caractérisés par une structure monoclinale de plate-forme, affectée par des rehaussements mineurs au pliocène-quaternaire, et les facteurs externes mentionnés. Le tout conditionné par des climats tempérés, relativement humides, aux nuances subtropicales au pliocène et plus froids – parfois avec des nuances subarctiques – au quaternaire, jusqu'au climat tempéré-continental d'aujourd'hui" (V.Băcăuanu, 1968, p.55).

C.Martiniuc, seul ou en collaboration avec V.Băcăuanu et N.Barbu, ont mené des observations géomorphologiques sur la ville de Iaşi (et ont dressé la carte géomorphologique de la ville, en 1959), sur la vallée de Ciric ou sur les terrasses de Miletin. C.Martiniuc, en analysant le relief dans une perspective orientée sur l'interaction des facteurs morphogéniques internes et externes, considère ce territoire comme une ***plaine de dénudation*** d'âge pliocène – quaternaire.

En 1956, I.Sîrcu se prononce en faveur de ***l'origine strictement érosive*** de cette dépression, exclut toute influence de la tectonique dans sa genèse, ainsi que l'idée d'un réseau paléo-hydrographique qui aurait passé, dans une direction W – E, à travers l'ensellement de Ruginoasa. Par contre, il se déclare d'accord avec l'*existence des surfaces d'érosion* (sens Macar) et, en 1965, juge que la Plaine de la Moldavie est une pénéplaine.

[57] "sculpturală" *en original (roum.)* = le résultat d`une sculpture [n.t.]

I.Hârjoabă (1977) s'intéresse aux problèmes des plates-formes d'érosion dans le Plateau de la Moldavie et arrive à la conclusion que les surfaces pré-miocènes ne sont plus présentes dans le relief actuel. Les quelques niveaux de relief présents sont dus aux faciès pétrographiques, à l'apparition successive des vallées et à des mouvements typiques pour les plates-formes. Au total, l'auteur pense que l'interprétation de l'évolution du relief dans cette région peut être faite avec la théorie des cycles géomorphologiques (sens I.A.Mesceriakov, 1963), mais qu'il est essentiel de prendre en compte les variations paléoclimatiques.

En somme, nous pouvons juger que l'âge du relief de la plaine est assez réduit, certainement post-pliocène à l'intérieur de la plaine, si nous tenons compte de l'intensité avec laquelle ont agi les agents externes dans un substratum de roches tendres. Les surfaces d'érosion pré-miocènes ont été fossilisées au long des cycles sédimentaires. Durant la période post-miocène (surtout post-bessarabienne) le relief a été modelé successivement, du NW vers le SE (direction selon laquelle décroît aussi son âge), surtout au Quaternaire. Sa jeunesse est aussi prouvée par le fait que certaines terrasses quaternaires sont situées aujourd'hui en position d'interfluves.

Pour expliquer la partition de la plaine en deux secteurs (nord et sud), séparés par la dorsale (collinaire) Copalău – Cozancea – Guranda, nous pourrions avancer l'hypothèse suivante : parce que le retrait des eaux s'est effectué suivant une direction NNW – SSE, il n'est pas exclu que dans la moitié nord ait existé un réseau hydrographique tributaire du Prut avec une même orientation NNW – SSE. Accompagnée d'affluents subséquents elle aurait pu modeler la région dans des conditions de relative stabilité du niveau de base. Cette stabilité aurait pu être due à une érosion plus lente du Prut dans le secteur Rădăuți – Ştefăneşti, dans les terrains durs (calcaires) bugloviens, tortoniens et crétacés. Un retrait plus rapide des eaux dans la moitié sud, parallèlement à l'augmentation de l'humidité après la fin du Miocène, a provoqué une érosion plus intense de cette région méridionale et l'évolution régressive rapide des rivières des bassins de Bahlui et Jijia (favorisée par les roches moins résistantes qui dominent dans les régions centrales et orientales de la plaine), l'entaillement de la dorsale Copalău – Cozancea – Guranda vers le bassin de Başeu. Les roches plus résistantes, vers le Plateau

Central de la Moldavie, alternant avec des intercalations de sables et d'argiles, ont favorisé l'érosion différentielle et les processus de versant et l'apparition de la Côte de Iaşi.

Nous retrouvons aussi des considérations sur le relief dans quelques articles concernant l'ensemble des conditions physico-géographiques en certaines régions de la plaine : la zone des massifs collinaires Copalău – Cozancea – Guranda (1961), la zone de la côte Dealu Mare – Hîrlău (1954) ou la transition plaine – plateau dans la côte Mogoşeşti – Strunga (1957). Au sujet de la partition de la plaine, ces auteurs pensent que la zone Copalău – Cozancea – Guranda peut être considérée comme une sous-unité physico-géographique distincte.

Les deux dernières décennies (les années "80" et "90") se font aussi remarquer par la parution d'articles de géomorphologie appliquée concernant des zones peu étendues. Dans cette catégorie nous rencontrons les travaux de I.Bojoi, M.Vârlan, M.Apetrei, I.Ichim, C.Rusu, A.N.Roman etc.
Une présentation générale des aspects géomorphologiques peut être encore retrouvée dans les ouvrages plus amples concernant le Plateau de la Moldavie ou la Roumanie (1968, 1980, 1983-1992) mais qui expriment les opinions déjà mentionnées. Dans tous ces travaux, l'origine tectonique du relief est infirmée et on retrouve la confirmation de l'origine érosive.

5.4 Caractéristiques actuelles du relief

Les pages qui suivent ont deux objectifs. D'abord, présenter brièvement les principaux traits morphographiques et morphométriques de la plaine, à partir des données recensées dans la bibliographie – comme précédemment, une grande partie de ces informations proviennent de la thèse de V.Băcăuanu (1968), tenue pour la meilleure référence, mais aussi articles plus récents. Ensuite, appliquer certaines des méthodes proposées dans les parties précédentes de cet ouvrage aux aspects géomorphologiques de la plaine, puis présenter les résultats obtenus.

5.4.1 L'état du relief

L'impression de contraste topographique est due au fait que le réseau hydrographique a fortement entaillé la surface initiale qui simultanément et en continu a été modelée par les processus d'érosion (fig. 21). Les hauteurs interfluviales quasiment plates la plupart du temps, ou largement arrondies, se raccordent aux vallées par des versants abrupts (les côtes des cuestas) ou doux ; les versants NW écorchés par les ravines et les torrents, malmenés par les glissements de terrain s'opposent aux versants doux ; des contours largement arrondis interrompus par des côtes abruptes, se trouvent à la même hauteur ou presque, tout cela donne l'impression d'un "relief vieilli avant son temps" (V.Băcăuanu, 1968).

Un paysage tranquille qui tressaute sous le coup de l'érosion et qui s'oppose à celui des bords de cette plaine : pentes fortes des hauteurs les plus importantes, qui favorisent l'érosion torrentielle, sauf si elle se trouve bloquée par les lambeaux de forêt ayant survécu à plusieurs siècles d'intervention humaine. Ou bien des buttes témoins rescapées d'une érosion régressive intense, versants pétris par les glissements de terrain, pâturages dévorés par la progression des cultures ou d'une broussaille. Et, quel que soit l'endroit, les villages lorsqu'ils ne s'étalent pas sur un plateau ou sur le versant sont nichés près d'une côte et assez proches du lit de la rivière. Et, là où la couverture végétale persiste encore, elle est entourée à perte de vue par des champs de maïs ou de blé, sinon des vergers ou des vignobles sur les côtes (lorsqu'il n'y a pas prairie), ou encore le miroir d'un étang artificiel[58] pour égayer la vue... C'est notre image de la Plaine de la Moldavie.

Le lit des vallées occupent les parties les plus basses du relief (ex : 50-30 m pour le Prut), ayant un encaissement et une énergie[59] moyenne très faible.

[58] iaz *(roum)*

[59] Dans la littérature géographique roumaine, par énergie (du relief) on entend l'altitude relative. Dans ce cas, il s'agit de la différence altitudinale entre le fond des vallées et le sommet des versants.

Les plus représentatifs sont les lits des rivières Prut, Jijia, Bahlui, Bahluieț et Nicolina (fig. 22 et 23). Ils sont occupés par des dépôts alluvio-colluviaux, surtout argilo-sableux, dont l'épaisseur reste relativement faible. Par endroit, au débouché des affluents, s'ajoutent des cônes alluvionnaires de petite dimension.


La Plaine de la Moldavie
N
La Côte de Cotnari et la Plaine de la Moldavie (Colline de Cătălina).
L'image montre: le contact entre la Plaine de la Moldavie et le Plateau de Suceava à la hauteur de la Côte de Cotnari ; les processus géomorphologiques actuels au niveau du versant ; l'occupation du sol qui est caractéristique pour le côtes ; une partie des vignes de Cotnari et, à l'arrière plan, les grandes terres agricoles de la plaine ; une partie du village
Coordonées: 47°21'47'' N, 26°54'44'' E
Visée: 120° (E-SE)
Cotnari
Lupăria
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 1996

Figure 21

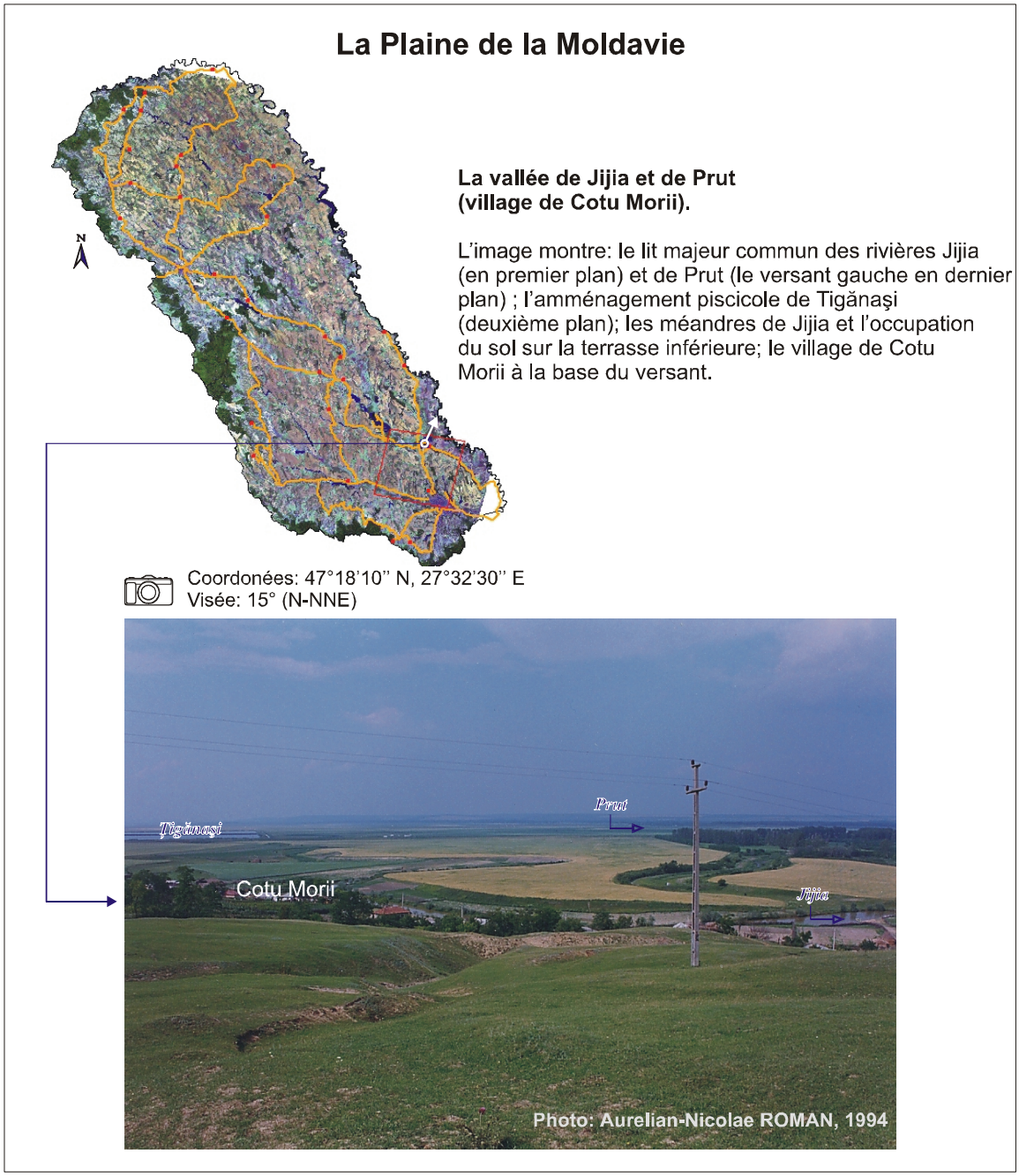

La Plaine de la Moldavie
N
La vallée de Jijia et de Prut
(village de Cotu Morii).
L'image montre: le lit majeur commun des rivières Jijia (en premier plan) et de Prut (le versant gauche en dernier plan) ; l'amménagement piscicole de Tigănaşi (deuxième plan); les méandres de Jijia et l'occupation du sol sur la terrasse inférieure; le village de Cotu Morii à la base du versant.
Coordonées: 47°18'10'' N, 27°32'30'' E
Visée: 15° (N-NNE)
Tigănaşi
Prut
Cotu Morii
Jijia
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 1994

Figure 22

Le lit du Prut a une largeur de 4 à 7 km à l'aval de Trifeşti, avec un maximum à la confluence avec le Bahlui. L'altitude absolue décroît du nord (env. 50 m) vers le sud (32 m) pour une pente du profil en long de 0,35 ‰. L'épaisseur des alluvions varie de 15 à 20 m : vers la base elles sont constituées de graviers et de sables, tandis qu'à la partie supérieure on rencontre des dépôts argilo-sableux. Pour sa plus grande partie, le lit majeur est inondable, entaillé par de nombreux bras morts, petits ruisseaux, et lacs. Le lit mineur s'accompagne de levées longitudinales qui dépassent de 2-4 m le niveau du lit majeur. Ces levées longitudinales restent toujours émergées, et sont occupées soit par des vois de communication, soit même par des localités (ex : Medeleni, Ţuţora, Ungheni etc.).

Le lit de la Jijia, dont la largeur peut atteindre 3 km (dans le secteur Larga), présente des altitudes plus élevées (59 m à Andrieşeni, 42 m à Victoria) et une pente longitudinale de 0,60 ‰.

Le lit majeur du Bahlui, dont la largeur est comprise entre 1 et 2,5 km, se trouve à des altitudes qui vont de 140 m (Hîrlău) à 32 m (confluence avec la Jijia). La pente longitudinale décroît de 1,4 ‰ dans le cours supérieur à 0,23 ‰ vers l'embouchure. La strate alluviale, dont l'épaisseur va de 8-10 m (en moyenne) jusqu'à 26 m, est constituée d'un horizon inférieur sableux (3-5 m) avec des lentilles de sables grossiers et de graviers ; d'un horizon supérieur (5-10 m) constitué d'alluvions sableuses ou argileuses.

La surface générale du lit majeur correspond à une terrasse de 3-5 m (6-8 m dans le secteur Hîrlău – Belceşti) parsemée de nombreux bras morts et anciens cours inactifs. Les berges sont affectées par des affaissements.

Les autres rivières (ex : Miletin, Bahluieţ, Nicolina etc.) ont des lits de largeur plus réduite, tout en présentant des caractères morphologiques semblables à ceux ci-dessus présentés.

Les terrasses sont des formes d'accumulation qui accompagnent les vallées les plus importantes ; habituellement elles sont au nombre de 5 à 8, avec une extension spatiale discontinue au long des rivières.

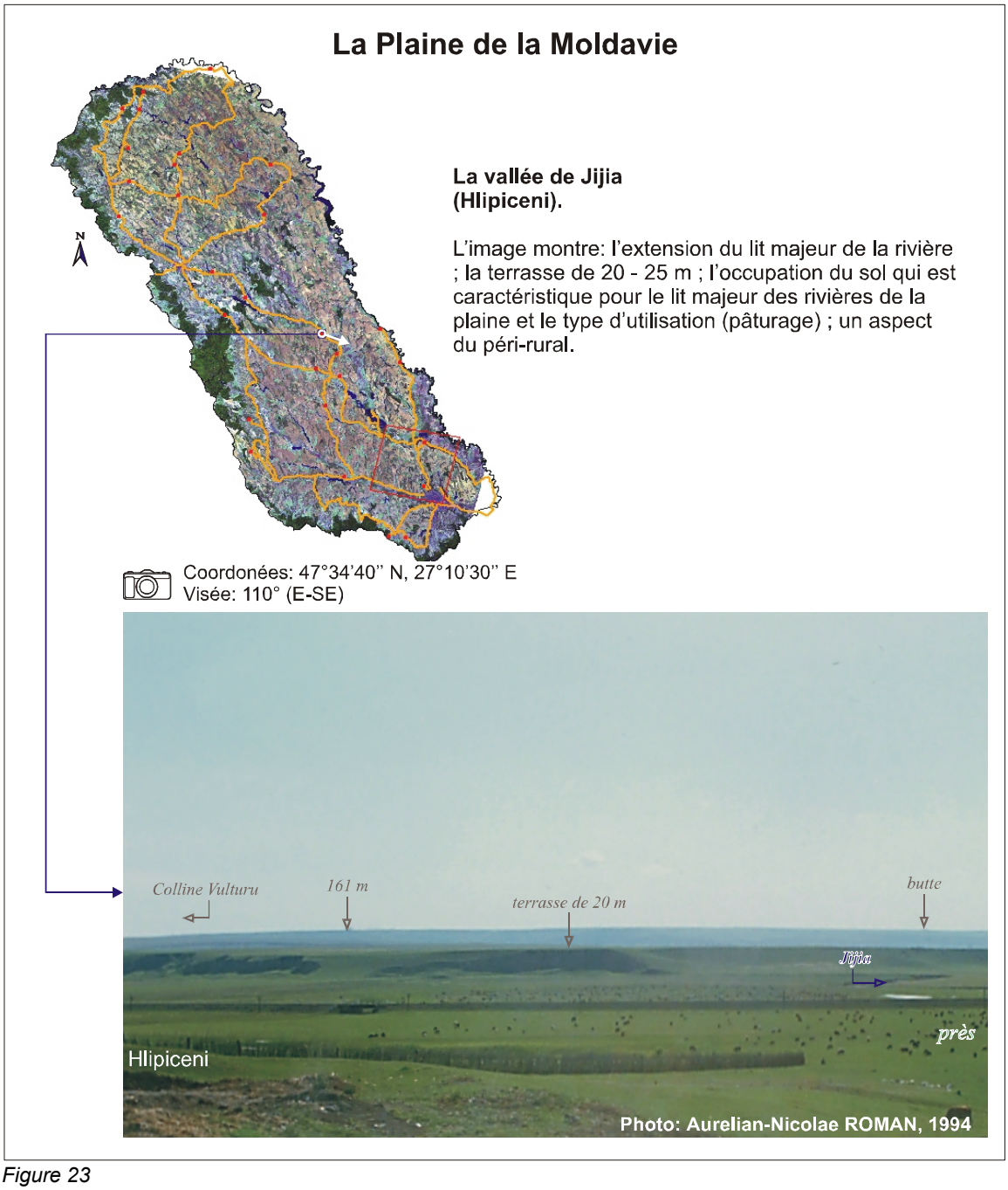

La Plaine de la Moldavie
N
La vallée de Jijia
(Hlipiceni).
L'image montre: l'extension du lit majeur de la rivière ; la terrasse de 20 - 25 m ; l'occupation du sol qui est caractéristique pour le lit majeur des rivières de la plaine et le type d'utilisation (pâturage) ; un aspect du péri-rural.
Coordonées: 47°34'40" N, 27°10'30" E
Visée: 110° (E-SE)
Colline Vulturu
161 m
terrasse de 20 m
butte
Jijia
près
Hlipiceni
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 1994

Figure 23

Les terrasses les plus fréquentes sont celles dont les altitudes relatives sont de 20-25 m, 60 m, 100-110 m et 140 m. Plus localement se rencontrent des terrasses à des altitudes relatives de 10-15 m, 30 m, 100-120 m et 170 m.

Celles du Prut sont très bien mises en évidence, surtout dans le secteur de Bivolari – Trifeşti – Probota. Celles du Bahlui et de la Jijia et de leurs affluents principaux sont constituées d'un horizon inférieur de sables et graviers, et d'un horizon supérieur argilo-sableux. On peut noter également une certaine différenciation granulométrique des alluvions suivant leur position altitudinale : ainsi, à la base des terrasses supérieures dominent les graviers, tandis qu'à la base des terrasses inférieures dominent les sables.

Très bien individualisées sont les terrasses du Bahlui (8, dont la plus haute se trouve à 170 m d'altitude relative par rapport au lit de la rivière). Vers la confluence avec la Jijia et la vallée du Prut, ces terrasses se transforment en plateaux inter fluviaux dont la largeur peut atteindre 7 km.

Des cônes alluvionnaires sont souvent rencontrés dans le lit majeur des rivières. Ils sont constitués de matériaux fins argileux ou argilo-sableux, parfois avec des lentilles de graviers provenant de l'entaillement des terrasses. On peut ainsi mentionner les cônes alluvionnaires édifiés devant l'embouchure de quelques affluents du Bahlui : Uricani, Nicolina, Vămeşoaia, Vlădiceni, Tomeşti.

5.4.1.1 Le modèle numérique du terrain (MNT)

Les analyses morphographiques et morphologiques détaillées et non seulement, surtout à l'heure actuelle, exigent la réalisation du modèle numérique du terrain (le MNT). Sans insister sur l'importance de celui-ci, nous allons juste mentionner que la précision des calculs morphométriques, l'interprétation morphographique et morphologique, le zonage de la plupart des composantes du géosystème et l'interprétation des aérophotogrammes et des images satellitales s'appuient sur lui. Le MNT nous l'avons réalisé très tard (février 2003)

pour toute une série de raisons dont la plus importante a été la capacité technique disponible. Par conséquent, tout une série de traitements et d'interprétations dans ce travail ont été faites en son absence mais, une fois dressé, il nous a permis de reprendre les traitements précédents et les valider.

Pour l'obtention du MNT ont été employées les cartes topographiques roumaines échelle 1 :50.000 (pour le sud de la plaine) et 1 :100.000 (pour le nord de la Plaine), édition 1973-1982. La numérisation des courbes de niveau, avec une équidistance de 20 m, a été faite par un collectif de chercheurs et d'enseignants du Département de Géographie de l'Université « Al.I.Cuza » de Iaşi[60]. L'auteur de ce travail à repris les deux fichiers vecteurs pour le nord el le sud de la plaine, vérifié et corrigé les erreurs de juxtaposition, dressé le MNT sous forme d'image raster avec une taille du pixel de 30x30 m, validé les résultats et il a fait tous les traitements et les analyses ultérieures des résultats. Tous les traitements pour obtenir le MNT ainsi que les cartes que nous avons dressées nous mêmes depuis décembre 2002 ont été effectués avec le logiciel **TNTmips** 6.3 et 6.7 de Microimages Inc.

A partir du MNT, nous avons obtenu les cartes de l'altitude relative, des pentes, du rythme des altitudes absolues, de l'orientation des versants et celle de l'ombrage du MNT.

Une fois le MNT dressé nous aurions pu enlever les cartes extraites de la bibliographie ou certaines de celles réalisées par nous-mêmes antérieurement ; mais, nous les avons gardées dans le texte pour offrir au lecteur au moins la possibilité de faire des comparaisons et juger du bien-fondé de nos interprétations.

[60] Nous voulons remercier surtout nos collègues : Ioan Donisă, Ciprian Mărgărint, Daniel Condorachi, Valentin Donisă, Ştefan Kocsis

5.4.1.2 Les altitudes absolues

Les altitudes absolues du relief et leur distribution spatiale sont un paramètre fondamental dans la définition des principaux traits physionomiques du géosystème, donc du paysage. Elles s'étalent, en valeurs absolues, entre 271 m au nord d'Adăşeni et 37 m à la confluence du Bahlui avec le Prut (fig. 24). Les altitudes moyennes (fig. 25) sont plus élevées dans la moitié nord de la plaine (plus de 200 m) que dans les parties sud (où les valeurs de 200 m sont rarement rencontrées). Sur la carte hypsographique on observe facilement la large répartition des surfaces ayant une altitude quasi-constante (les plateaux inter fluviaux) ; d'ailleurs, ce type de surface est appelé par les habitants "plateau". Connaissant le fait que la structure géologique monoclinale s'incline du NW vers le SE (avec une pente de 8 à 10 ‰) on peut avoir aussi une image générale des principaux secteurs de cuestas. Mais, le plus évident nous semble le contraste entre les altitudes de la plaine et des régions environnantes, vers l'ouest et vers sud.

La carte des altitudes moyennes proposée en 1968 par V.Băcăuanu (fig. 26), reste, à notre connaissance, le seul document publié jusqu'à l'heure actuelle à une si grande échelle, pour le territoire concerné. Il a dressé la carte en faisant la moyenne entre les altitudes maximales et minimales dans un carré de 5x5 km, sur la carte topographique au 1 :100.000. Les constats faits sur la carte hypsographique se confirment : la moitié nord de la plaine apparaît plus haute que la méridionale ; de même, le contraste qui existe entre l'intérieur de la plaine et les deux plateaux avoisinants (à l'ouest et au sud) est très bien mis en évidence. On peut se faire ainsi une idée de l'importance et de l'intensité de l'érosion sélective, au long des temps géologiques, pour aboutir à de telles différences.

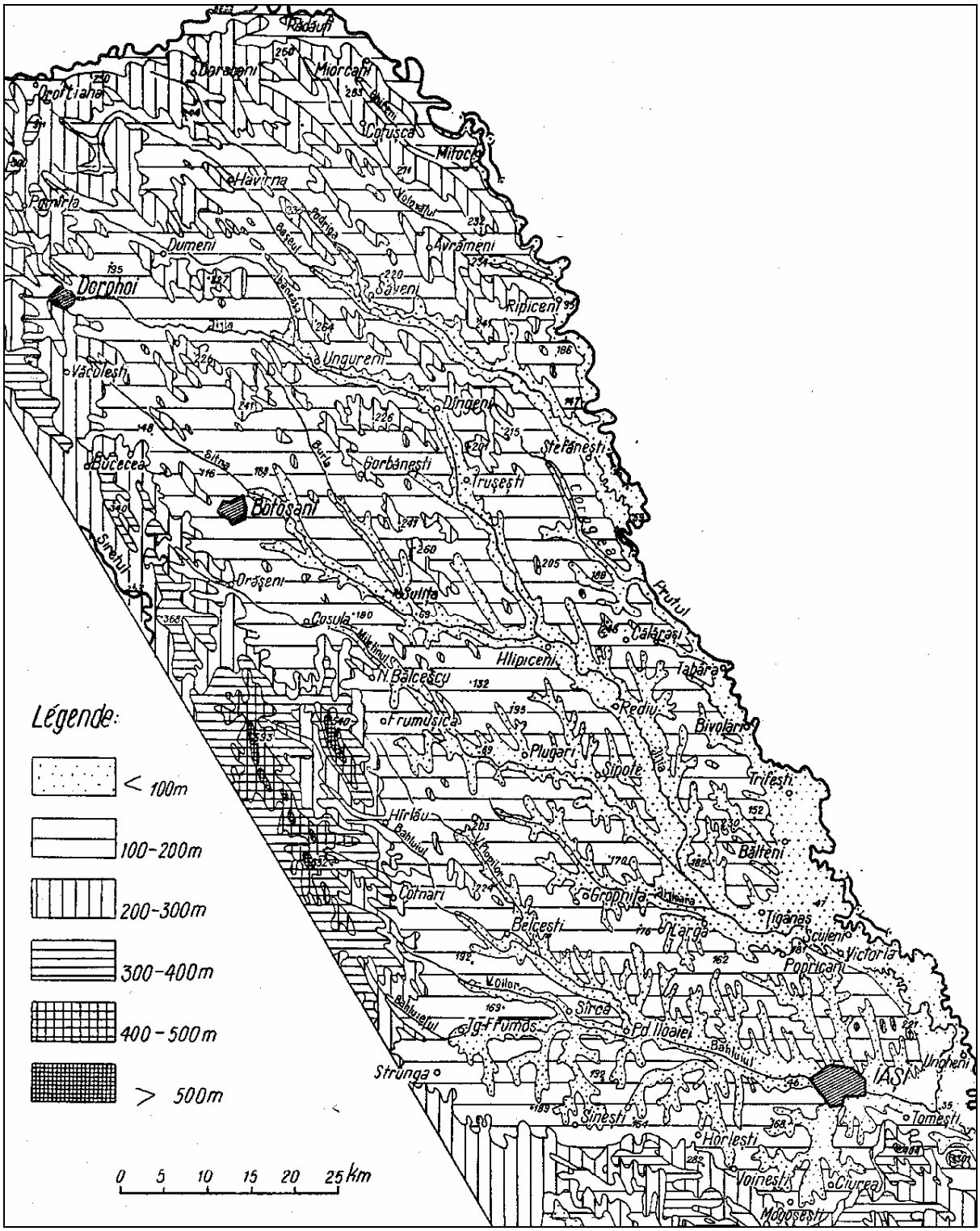


Figure 24 : La Plaine de la Moldavie – la carte des altitudes absolues (extrait de V.Băcăuanu, 1968)

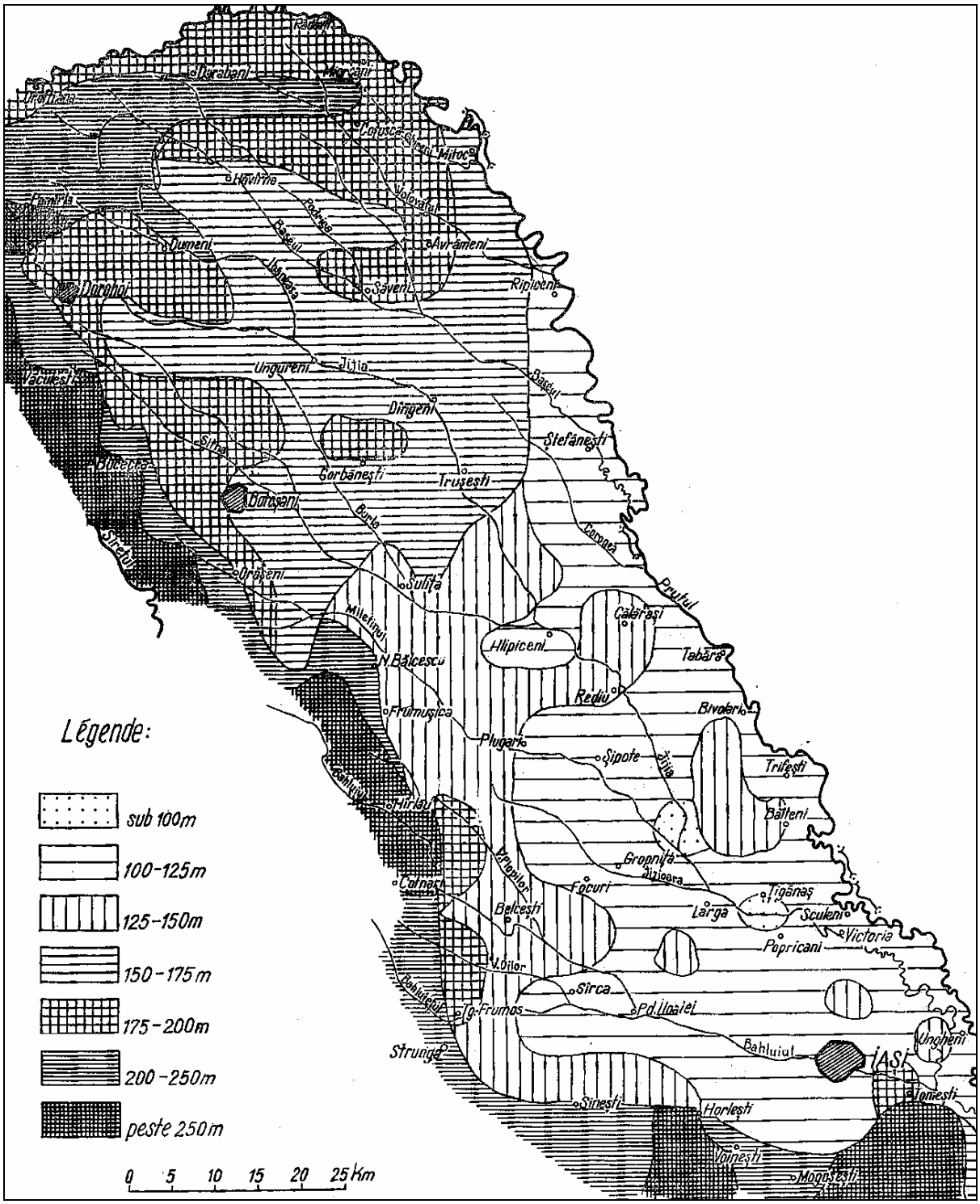


Figure 25: La Plaine de la Moldavie – la carte des altitudes moyennes (extrait de V.Băcăuanu, 1968)

Par comparaison, le MNT réalisé dans le cadre de cet ouvrage apporte beaucoup plus de précision du fait des outils mis en oeuvre pour l'obtenir et, surtout, car il est intégré dans un S.I.G. Par conséquence, même si aboutir à ce résultat demande encore beaucoup de temps (environ 6 mois pour la numérisation des cartes par une équipe nombreuse et presque 2 mois pour rassembler l'information, la mettre ensemble et le valider), le gain de temps pour tous les traitements ultérieurs et sa valorisation est considérable. Par exemple, nous présentons en annexes la même carte des altitudes moyennes, en reprenant les classes de la légende de V.Băcăuanu (1968), mais dressé à partir du MNT avec une résolution spatiale de 30 m[61].

5.4.1.3 Les altitudes relatives

Appelée aussi "énergie du relief" dans la littérature géomorphologique roumaine, l'altitude relative représente une donnée importante pour rendre compte de l'aspect général du relief et de certaines caractéristiques du paysage. Ceci, car plus l'altitude relative est importante, et différenciée du point de vue de sa distribution spatiale, plus la structure de l'image système que le terrain nous renvoie est diversifiée : lorsqu'un observateur se trouve sur le terrain, il n'est pas forcément conscient de l'altitude à laquelle il se situe mais plus des écarts altitudinaux qui entrent dans sont champ de vision.

V.Băcăuanu présente dans sa thèse une carte des altitudes relatives obtenue à partir de mesures effectuées dans des carrés de 25 km² (différence entre les l'altitude maximales et minimales dans le carré donné). Au delà de la description de la répartition spatiale de ces valeurs, nous observons certaines ressemblances avec la carte des altitudes moyennes : à savoir, une corrélation directe assez fréquente entre la répartition des valeurs de l'altitude moyenne et celle de l'altitude relative. Autrement dit, à de fortes valeurs de l'altitude absolue correspondent de fortes valeurs de l'altitude relative, à des valeurs moyennes de l'altitude

[61] le MNT en son entier n'est pas présenté pour des raisons exclussivement typographiques.

absolue correspondent des valeurs moyennes de l'altitude relative et, enfin, aux faibles valeurs de l'altitude moyenne correspondent des faibles valeurs de l'altitude relative.

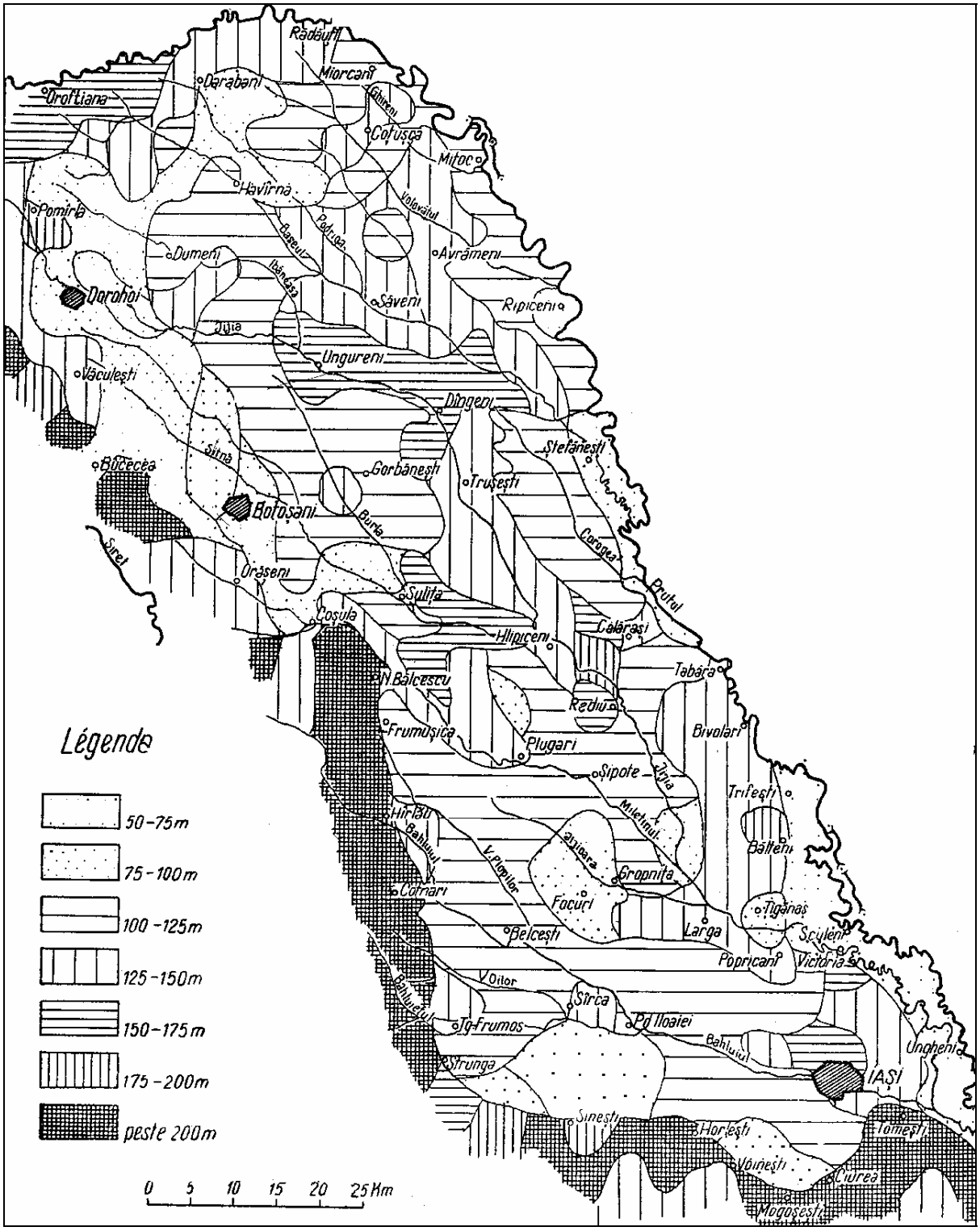


Figure 26: La Plaine de la Moldavie – carte des altitudes relatives (extrait de V.Băcăuanu, 1968)

Il y a pourtant des écarts par rapport à cette distribution, surtout au long des vallées, à l'intérieur de la plaine : malgré les valeurs relativement réduites de l'altitude moyenne, les altitudes relatives restent ici assez élevées. C'est le cas soit des secteurs où se trouvent d'importantes cuestas, soit des versants à terrasses, soit des cours qui recoupent une colline ; il y a, enfin, des endroits où l'érosion torrentielle (plus précisément le nombre et l'intensité de l'activité des ravines) est très forte.

Nous avons analysé de plus près ce problème de l'altitude relative, à partir d'un nombre de cartes réalisées dans le cadre de cette recherche, pour la raison, entre autres, que cette caractéristique se prête très bien à l'application des méthodes proposées antérieurement.
Notre première carte des ***altitudes relatives*** a été dressée en 1995 en nous appuyant sur les cartes topographiques 1 :50.000, édition 1974-1977, tandis que la deuxième à été dressée à partir du MNT en février 2003.

La Plaine de la Moldavie est représentée par 32 feuilles topographiques à l'échelle 1 :50.000. Pour la carte dressée en 1995 nous avons profité du fait que sur les cartes topographiques roumaines se trouve inscrit le carroyage UTM. Pour obtenir l'information nécessaire, nous avons compté à l'intérieur de chacun de ces carrés, dont le côté est égal à 1 km, le nombre de courbes de niveau ordinaires. Ensuite, ce nombre à été multiplié par l'équidistance (qui est de 10 m à cette échelle) et les valeurs obtenues inscrites dans un tableau. Une fois les 32 tableaux remplis, ils ont été transformés en "images" (en réalité, en cartogrammes) dont le traitement a été réalisé avec le logiciel **Idrisi** de Clark Labs[62]. Ces images ont été concaténées pour obtenir la carte des altitudes relatives de l'ensemble de la plaine .
Les coordonnées de ce fond de carte, qui a été ensuite utilisé pour toutes les autres dressées jusqu'en 1997, sont comprises entre 5208000-5346000 m N et 440000-575000 E, ce qui nous permet de superposer les cartes représentant différentes composantes du géosystème.
De cette manière, nous avons obtenu une image ayant une résolution de 1000 m ce qui, étant donnée l'uniformité des valeurs en certains points de la plaine ne nous a pas semblé

[62] Les versions 4.1 sous MS-Dos et 1.0 sous Windows 3.11

suffisante. Nous avons donc procédé à une augmentation de la résolution, en passant de 1 :50.000 à 1 :25.000, par interpolation des données de base[63]. Le gain de qualité, du point de vue visuel, est très important et, surtout, les traitements ultérieurs permettent de saisir des détails autrement cachés. On peut observer le trajet des principales vallées qui est bien mis en évidence ainsi que les importantes dénivellations qui existent entre la plaine et les régions environnantes. D'ailleurs, de ce point de vue, l'appellation de "dépression" employée pour ce territoire se justifie à un détail près : à savoir qu'elle est largement ouverte vers l'est. Les principaux avantages de cette carte sont la possibilité de connaître à tout instant, avec une grande précision, les coordonnées "x,y,z" d'un point quelconque (où "z" est la valeur de l'altitude relative), la possibilité de soumettre ce document à des traitements supplémentaires (surtout reclassification pour faire ressortir certains traits du territoire), et sa reproduction dans des compositions cartographiques variées.

Enfin, nous pouvons constater, après comparaison avec la carte des altitudes relatives, réalisée à partir du MNT, que les différences sont extrêmement réduites. Par conséquent, une personne intéressée seulement par l'étude des altitudes relatives et des traitements qui peuvent être réalisés sur celle-ci, traitements dont nous allons prouver l'importance plus loin dans le texte, n'est pas du tout obligée à investir des mois de travail soutenu sur ordinateurs puissants pour aboutir dans un premier temps au MNT, tandis qu'elle peut arriver à des résultats comparables en quelques semaines pour un territoire de la même taille que la Plaine de la Moldavie.

[63] Sauf précisions supplémentaires, toutes les cartes dressées par nous jusqu'en 1997 et présentées dans cet ouvrage ont une résolution de 500 m, qui correspond sur les cartes topographiques roumaines à une échelle 1 :25.000. La coordonnées sont : x_{min}=440000 m, x_{max}=575000 m, y_{min}=5208000 m, y_{max}=5346000 m. Pour des raisons qui tiennent strictement aux règlements en vigueur en Roumanie, prévoyant l`interdiction absolue de réproduction totale ou partielle d`une carte topographique, il nous est strictement impossible de présenter un échantillon de la base cartographique de départ...

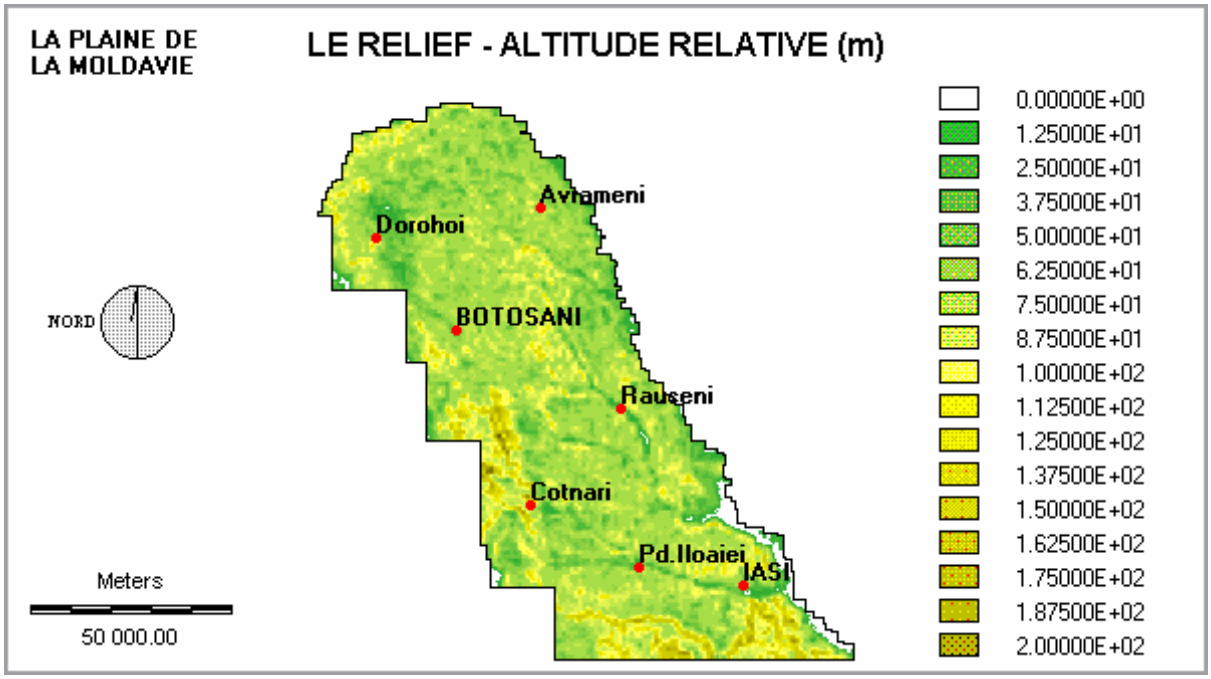


Figure 27

5.4.2 Dynamique et rythme spatial

La carte des altitudes relatives sous-entend, en fait, une autre : celle de la ***dynamique du relief***. Ou, plus précisément, une évaluation de la dynamique des altitudes absolues puisque l'altitude relative a été calculée dans des carrés de même dimension. Pour avoir une évaluation de la pente du relief dans ces carrés et, donc, de la dynamique, il suffit de diviser les valeurs présentées, dans chacun des carrés, par la longueur du côté de celui-ci : on obtient la tangente de l'angle de pente. Mais, puisque le valeur du côté des carrés est toujours le même, l'aspect visuel de la carte de la dynamique (pente) des altitudes réelles du relief sera le même que celui de la carte des altitudes relatives. Certes, ceci suffit pour une analyse de la distribution spatiale de ce paramètre mais, si dans des calculs ultérieurs la valeur de la pente est requise, le pas à franchir (le calcul) est très simple.

Dans ces conditions, il apparaît clairement que les altitudes relatives ainsi que les dynamiques les plus importantes se retrouveront : soit au long des principales vallées, bordées par des terrasses ou des cuestas ; soit dans les régions de contact entre la plaine et les plateaux

environnants. Quant aux lits des rivières et aux plateaux inter fluviaux ils apparaissent comme des endroits qui frappent la vue par la monotonie des étendues sans "accidents" morphologiques. Aussi, étant donné le fait que la pente régit en grande mesure l'intensité de l'érosion, nous pouvons dire que la carte de la dynamique est une manière possible de mettre en évidence et de faire une évaluation préliminaire des surfaces à risque d'érosion plus important.

Le pas suivant fait dans le traitement des données concernant l'altitude relative, a été de généraliser les valeurs (sur des étendues réduites, toutefois, de 1,5x1,5 km), pour avoir une image d'ensemble plus claire.

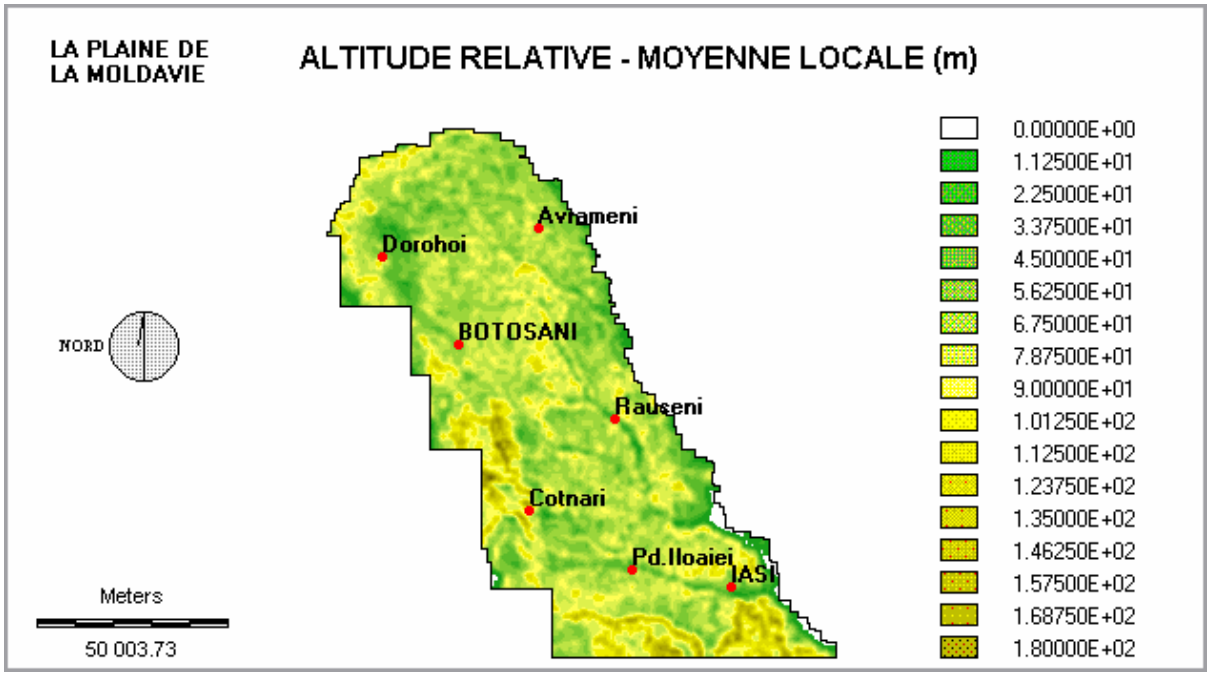


Figure 28

Cette fois-ci, les vallées sont toujours bien mises en évidence, ainsi que les contacts avec les plateaux limitrophes. La répartition des grandes unités aux valeurs d'énergie rapprochées apparaît mieux soulignée : on distingue facilement une moitié nord de la plaine moins entaillée par l'érosion, tandis que la moitié sud semble plus "hachée". La côte de Iaşi apparaît très clairement et, plus encore, nous arrivons à distinguer la partie basse du versant (la jonction avec la plaine proprement dite) et la corniche de celui-ci. Nous pouvons aussi

remarquer l'action intense développé par les affluents de droite de la rivière Bahlui qui ont fait reculer la côte. Dans la littérature, on parle même d'un dédoublement de la côte : à savoir un ancien front de côte qui se maintient aujourd'hui sous forme de collines témoins d'érosion, renfermant derrière elles des "dépressions" d'érosion qui bordent la côte principale située plus au sud. Ce détail (que nous pouvons voir aussi sur la carte de V.Băcăuanu de 1968) apparaît plus clairement sur les cartes que nous proposons, étant donnée la résolution plus grande.

Dans un des chapitres précédents, nous avons affirmé qu'il faut aller plus loin dans l'effort pour trouver les limites des zones relativement homogènes du point de vue de l'état et de la dynamique d'un paramètre caractérisant une CNG. Avec la carte des altitudes relatives (fig. 27) nous obtenons, simultanément :

- un aperçu bien précis de la dynamique des altitudes absolues (moins la valeur effective) ;
- saisir les topons qui s'imposent dans le paysage par certains aspects (ex : faible altitude relative, faible dynamique – c'est à dire vitesse potentiellement réduite de l'érosion –) et, toujours potentiellement, paysage constant sinon monotone.

Comme ce résultat ne nous semblait pas encore suffisant, nous avons proposé la notion de rythme (explicité dans la deuxième partie de la thèse).

La carte du ***rythme du relief***, a été obtenue en calculant la pente maximale entre un pixel et ses voisins sur la carte des pentes. D'un point de vue visuel, elle est identique à celle de la ***dynamique spatiale des altitudes relatives***, raison pour laquelle nous ne lui avons pas (encore) changé le nom dans la fig. 29.

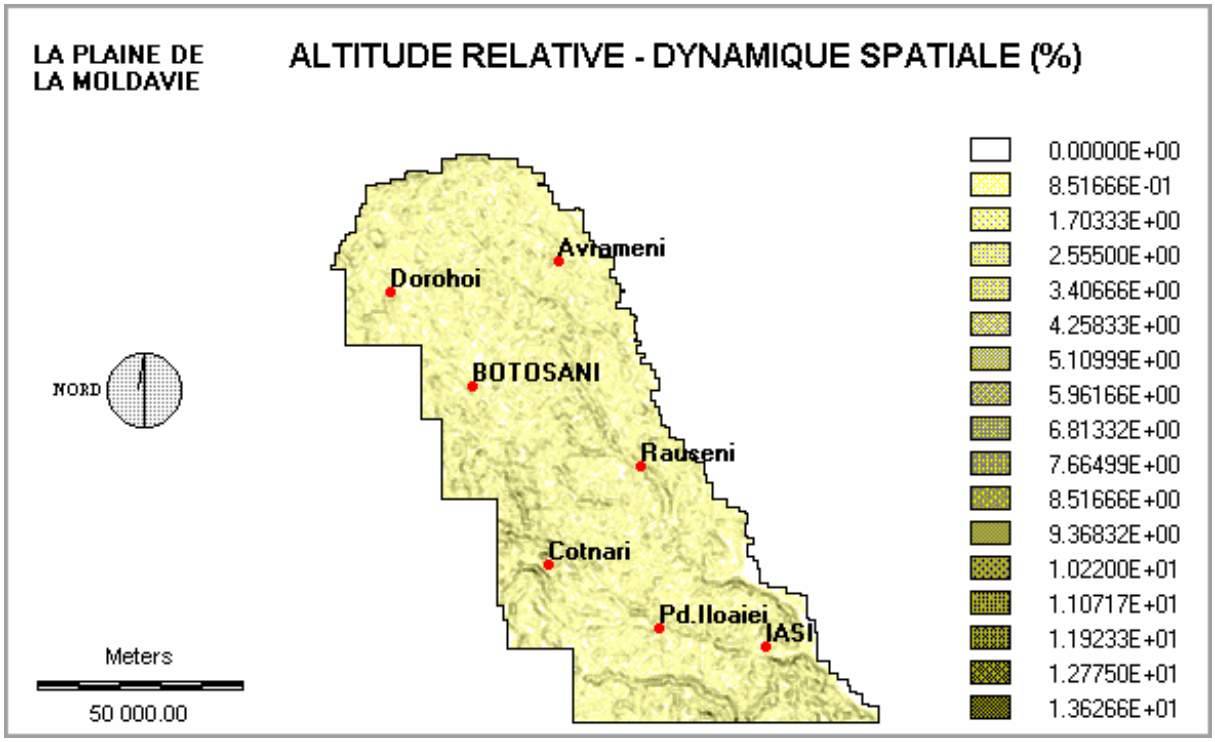


Figure 29

Comme précédemment, il s'agit d'une évaluation de la valeur de celle-ci, en pourcentage, qui rend compte des principaux endroits où ont lieu des changements importants dans la distribution spatiale du paramètre analysé (l'altitude relative et, à travers celle-ci, l'altitude absolue du relief). Malgré l'apparente discordance entre le texte et le titre de l'image, mais en tenant compte des propos tenus au sujet de la signification de l'altitude relative grâce à la méthode employée, nous pouvons dire que cette carte, d'un point de vue visuel est équivalent à celle du rythme des altitudes absolues (qui est équivalente aussi à telle de la dynamique des pentes).

Elle rend très bien compte des limites entre les versants et le fond des vallées ou les plateaux inter fluviaux, ainsi que des limites de la plaine par rapport au Plateau de Suceava et le Plateau Central de Moldavie. Cette fois-ci la limite inférieure du versant ainsi que la corniche qui le borde vers le plateau, dans le cas de la Côte de Iaşi et du cours des deux principales vallées (Jijia et Bahlui) se trouvent clairement tracés (avec la possibilité de déterminer avec précision la succession de coordonnées géographiques caractérisant leur position). Les vérifications effectuées sur les cartes topographiques et sur le terrain mettent en évidence le

fait qu'entre deux limites de ce type se trouvent les endroits les plus exposés aux processus de versant (notamment des glissements de terrain). Pour les régions de l'intérieur de la plaine, ce type de contact signalé par les fortes dynamiques, ayant une forme allongée sur des distances courtes, correspond généralement à des ravins ou abrupt de glissement. En outre, une réalisation à très grande échelle de cette carte nous a permis d'identifier sur le terrain (et donc de valider la méthode) des terrasses de lit majeur qui, autrement, auraient pu échapper à une analyse rapide de la carte topographique. C'est le contraste des valeurs, mis en évidence par le contraste des couleurs, qui fait ressortir tous ces détails.

Si dans la Plaine de la Moldavie l'utilité de cette méthode peut apparaître assez peu importante, le fait d'avoir retrouvé une correspondance quasi-parfaite entre la carte et le terrain nous permet de souligner son importance pour des territoires sans couverture cartographique détaillée. Par contre, un modèle numérique obtenu à partir d'un couple d'images satellitales stéréoscopiques (tel que c'est le cas pour SPOT, le fournisseur grand public le plus connu à l'heure actuelle et, depuis peu de temps, la NASA, après la mission *SRTM* de 2000), peut conduire à l'obtention de résultats intéressants pour des régions difficilement accessibles et faciliter les tâches d'aménagement.

Pourtant, les cartes ci-dessus présentées n'arrivent pas rendre compte de situations locales particulières ou, encore, de la position occupée par un pixel[64] dans l'ensemble de la population dont il fait partie. Pour cette raison, nous avons procédé à des traitements supplémentaires de la carte des altitudes relatives.

Dans un premier temps, nous avons analysé la position occupée par un pixel central dans le cadre d'une région donnée (à savoir, une fenêtre de taille 1,5x1,5 km) : ceci a été fait en

[64] Il faut souligner que, tant qu'on ne travaille pas avec des images proprement dites, l'appellation de pixel est forcée. En fait, il s'agit d'un carré du réseau UTM, échelle 1 :25.000, qui peut être assimilé à une unité élémentaire de la carte. Il serait probablement plus correct de parler de "faux pixels" mais c'est pour la facilité de l'expression que nous avions gardé l'appellation consacrée.

calculant la moyenne locale de l'altitude relative dans la fenêtre (fig. 28) et on a déterminé, ensuite, l'écart réel entre la valeur du pixel central et la moyenne précédente (fig. 30).

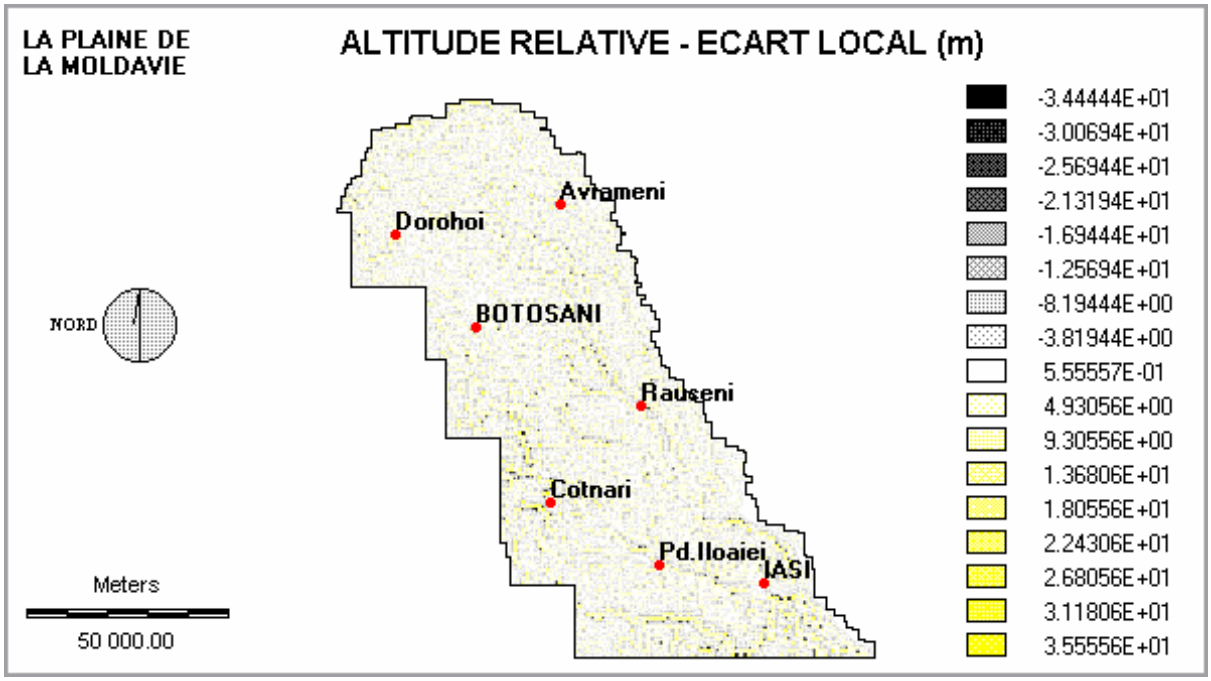


Figure 30

Sur cette carte, nous observons une large répartition des faibles valeurs de l'écart local, ce qui suggère un relief plutôt calme, sans accidents importants ou inattendus. Toutefois, nous trouvons par endroits de forts écarts, qu'ils soient en-dessus ou en-dessous de la moyenne locale. Dans la majeure partie des cas, il y a un voisinage clair entre les valeurs extrêmes. Les forts écarts positifs correspondent à des côtes ou des alignements de front de terrasse, tel que c'est le cas au NE de Iaşi, sur le versant droit de Jijia, entre les localités Holboca – Golăieşti – Cotu Morii. Ce type de situation apparaît aussi clairement tout au long de la côte de Iaşi ou celle de Cotnari – Hîrlău – N.Bălcescu. Par contre, les plus forts écarts négatifs correspondent à des "oasis" de "paix" ou de "tourmente" : soit sous la forme de zones plus ou moins plates dans une côte autrement très fragmentée (ex : au SSE de Iaşi, entre Tomeşti, Chicerea et Dealu Doamnei, où se trouve un fragment de terrasse du Bahlui, avec un fort écart négatif par rapport à la moyenne) ; soit comme des endroits fortement incisés par l'érosion dans la bordure d'un plateau interfluvial (ex : le bassin de type torrentiel qui sape la colline Cortez, au SE de Popricani et au NW de Iaşi, avec un fort écart positif). Le même résultat se confirme

si l'on dresse la carte de la dynamique de l'écart local, pour avoir une image plus précise de l'ampleur de cette différence entre le pixel central et le contexte local .

Pour en savoir davantage sur la position occupée par le pixel dans le contexte général de la plaine, nous avons la possibilité de dresser une carte de l'écart à la moyenne générale (fig. 31), soit en valeurs réelles, soit en pourcentages (et voir ainsi les dimensions du phénomène).

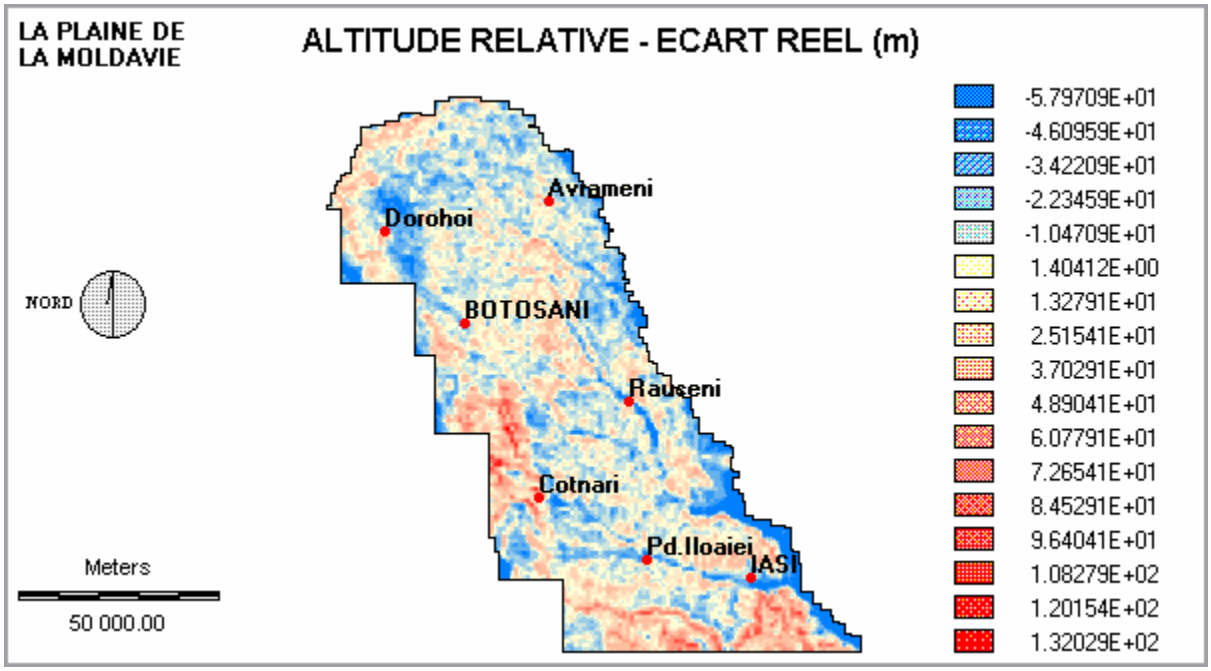


Figure 31

On peut remarquer la ressemblance, logique, qui existe avec la carte de la moyenne locale des altitudes relatives, ainsi qu'avec la carte de la dynamique spatiale de celles-ci. Mais c'est sur ces nouvelles cartes que nous pouvons nous rendre compte du contexte dans lequel se place telle ou telle partie de la plaine du point de vue de la caractéristique analysée ; nous acquiessons ainsi une idée sur l'ampleur des risques d'érosion potentiels encourus par certaines zones plus que d'autres, dans le contexte général de la plaine.

Quand nous reprenons les calculs et les cartes ci-dessus présentés, mais cette fois ci réalisées à partir du MNT, pour vérifier les résultats, nous constatons que les différences sont très

réduites. La conclusion s'impose d'elle même : pour ce genre d'analyse qui veut peut se dispenser du MNT et gagner beaucoup du temps.

5.4.3 Rapports hiérarchiques spatiaux dans le cas des altitudes

La meilleure image du paysage de la Plaine de la Moldavie nous est donnée, d'un point de vue morphologique et aussi non seulement, par la carte de rapports hiérarchiques (fig. 32) dressée à partir des valeurs de l'altitude relative avec une des méthodes préfigurées dans la deuxième partie de cet ouvrage *(*voir le sous-chapitre *Types de liens entre le pixel et son voisinage)*.

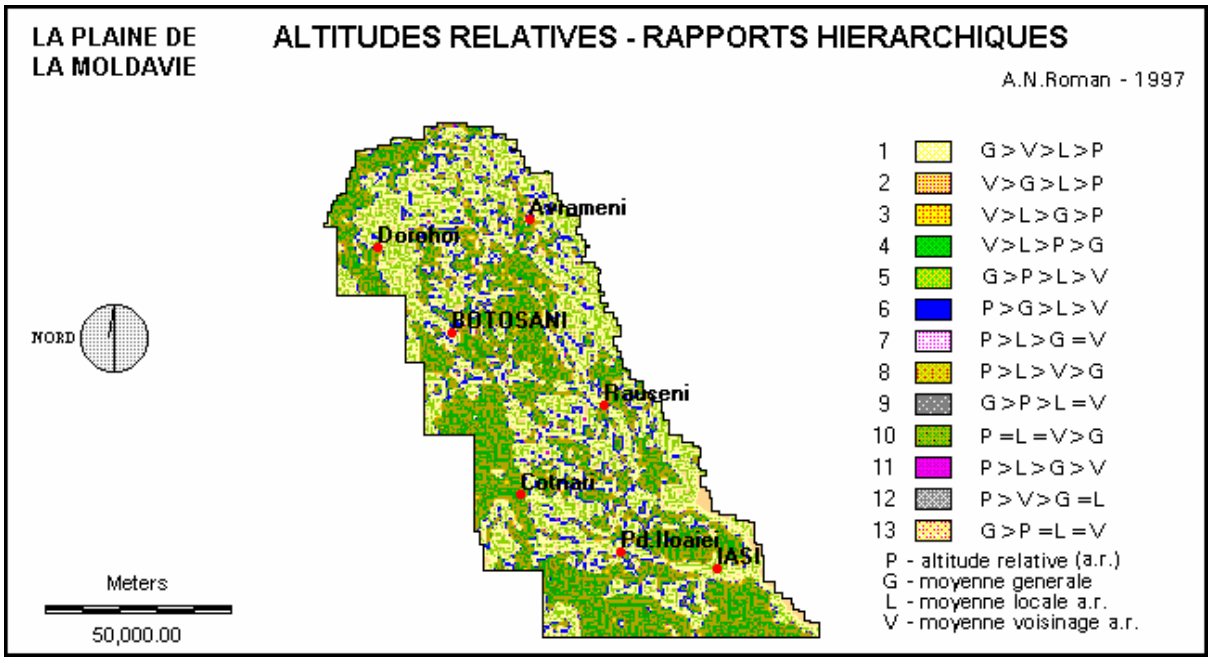


Figure 32

L'analyse de la carte (réalisée en 1997 sans disposer du MNT) et de l'histogramme (voir tab. 8 et fig. 32 et fig. 33) nous montre plusieurs situations caractéristiques.

La première est celle des territoires de la classe 1 (G>V>L>P) et de la classe 8 (P>L>V>G) : ces deux classes ensemble couvrent 52% du territoire étudié. La classe 1 regroupe les zones

« calmes », avec énergie et dynamique faibles, localisées dans un contexte avec des fortes valeurs de la dynamique (ex : partie du sommet plat d'un plateau ou d'une colline et qui se trouve relativement proche des marges, zone du lit majeur d'une rivière qui se trouve près de la base d'un versant etc.). A l'opposé, la classe 8 rassemble les zones les plus fragmentées, celle avec le plus fort rythme (ex : versants fortement affectés par l'érosion, front de cuesta etc.) et caractérise les bordures de la plaine (la Côte de Iaşi, la Côte de Başeu etc.) ainsi que la dorsale collinaire Copalău – Cozancea – Guranda.

En fait, en suivant le contour des classes 8 et 4, du sud au nord et en passant par l'ouest de la plaine, nous obtenons la limite de cette unité géographique majeure de la Roumanie. **Ce contour, obtenu strictement à partir du traitement de la carte des altitudes relatives par la méthode des rapports hiérarchiques spatiaux, correspond points par point avec la limite de la Plaine de la Moldavie**, telle que mentionnée par V.Băcăuanu en 1968. *Pour se convaincre, il suffit de comparer notre carte des rapports hiérarchiques spatiaux avec celles de V.Băcăuanu présentées dans les pages antérieures.*

Deuxièmement : en regardant la carte on constate que la classe 1 s'avoisine sur le terrain le plus fréquemment avec 5 (G>P>L>V, 12% du territoire) et 6 (P>G>L>V, 8% de la superficie totale). Il s'agit de discontinuités introduites, dans un paysage plutôt monotone (classe 1), par des éléments tels qu'un versant abrupt ou un ravin.

Enfin, dans le cas des territoires de la classe 8, ceux-ci s'avoisinent le plus souvent avec des zones appartenant à la classe 4 (V>L>P>G, 17% du territoire) et plus rarement de la classe 10 (P=L=V>G, 4% de la superficie totale du territoire).

La classe 13 (G>P=L=V, 5% du territoire), comprend les territoires qui apportent dans le paysage une grande uniformité en termes d'état, dynamique et rythme des altitudes relatives, ces trois paramètres ayant des valeurs égales et plus faibles que dans le reste du territoire. Cette classe est spécifique pour les grands lits majeurs (comme celui du Prut) ou plateaux étendus. Sur le terrain, les zones de classe 13 s'avoisinent presque toujours avec des zones de classe 5 et 6.

Nous croyons que les pages précédentes, ainsi que les images, apportent la preuve, après confrontation avec le terrain, les images satellitales et les sources bibliographiques, que l'application des méthodes développées dans la première et deuxième partie de cet ouvrage est utile dans les études géomorphologiques et paysagères. Ceci parce que car les résultats :

- dissèquent l'image système fournie par le relief
- facilitent la segmentation de l'espace selon les critères établis
- apportent de nouvelles informations sur l'état du système, sa structure et son fonctionnement potentiel aux endroits où le chercheur veut le savoir
- et souligne très clairement la manière dans laquelle le relief intervient dans la création des paysages.

Tableau no. 8 : Résultats de l'histogramme sur la carte des rapports hiérarchiques spatiaux pour les altitudes relatives (résolution 500x500 m) dans la Plaine de la Moldavie

Classes morphopaysagères	Caractères	Population	%
1.	G>V>L>P	9534	28
2.	V>G>L>P	237	1
3.	V>L>G>P	487	1
4.	V>L>P>G	5644	17
5.	G>P>L>V	4208	12
6.	P>G>L>V	2720	8
7.	P>L>G=V	0	0
8.	P>L>V>G	8229	24
9.	G>P>L=V	0	0
10.	P=L=V>G	1230	4
11.	P>L>G>V	94	0,
12.	P>V>G=L	0	0
13.	G>P=L=V	1617	5
Légende : P – altitude relative**, L –** moyenne locale de l'altitude relative (fenêtre 3x3 pixels), **V –** altitude relative moyenne du voisinage, **G –** moyenne générale de l'altitude relative calculée pour l'ensemble du territoire			

Evidemment, les mêmes résultats sont obtenus si nous travaillons sur une carte des altitudes relatives, en gardant la taille du pixel (500x500 m), mais dérivée du MNT.

Pourtant, une fois que nous avons obtenu le MNT, nous avons appliqué strictement les mêmes procédures sur des cartes dont la taille du pixel était inférieure à 500x500m. Nous avons vite constaté que la méthode continue à fonctionner – c'est-à-dire identifier des zones homogènes dans le cadre de la plaine – mais à des échelles d'autant plus grandes que la taille du pixel était plus fine. Les test ont été effectués sur des MNT dont la taille du pixel a été réduite successivement à : 250x250 m, 200x200 m, 150x150 m, 100x100, 50x50 m et 30x30 m. Pour la dernière des résolutions (30x30 m) la méthode tend à faire ressortir le tracé des courbes de niveau quand on travaille sur toute la plaine ; par contre, si la taille de la zone test est réduite à quelques kilomètres carrés, nous retombons sur une analyse pareille à celle effectuée pour tout le territoire mais avec des pixels de 500x500m ! Nous sommes arrivés aux même conclusions après avoir fait un test dans la zone Lepşa[65] des Montagnes de Vrancea (Roumanie)[66], sauf que dans le cas d'une région montagneuse d'un côté des pixels de 500x500 m sont inopérants, de l'autre les pixels de 5x5 m n'arrivent pas encore à retracer des « courbes de niveau », donc il faut augmenter la résolution du MNT !

Enfin, mais cet aspect sera discuté plus loin, nous avons employé strictement la même méthode sur des images satellitales et nous avons toujours obtenu des limites pertinentes. D'ailleurs, ce genre de traitement d'image peut être appliqué à des données des plus diverses, non seulement en géographie (physique ou humaine) mais aussi sur des images provenant d'autres domaines scientifiques, à condition que nous sachions ce que nous cherchons et ce à quoi nous voulons aboutir (notre présentation a été faite pour le cas d'une comparaison de trois paramètres à une moyenne générale).

[65] Le MNT pour la région Lepşa a été réalisé en septembre 2002 par Adrian Ursu, du Département de Géographie de l'Université « Al.I.Cuza » de Iaşi, Roumanie

[66] Roman A.N., Ursu A. (2002)

Pour conclure sur la méthode, nous pouvons constater qu'elle est effectivement utile pour identifier des limites morphologiques (et non seulement) sur des cartes ou images numériques, à des échelles établies par l'utilisateur par rapport aux objectifs de sa recherche.

Toujours dans ce souci d'atteindre un zonage pertinent de la plaine du point de vue d'une caractéristique pré-établie, nous avons simplifié la méthode au sens où on a successivement renoncé soit à la moyenne locale (PGLV → PGV), soit à la moyenne du voisinage (PGLV → PGL), soit à la moyenne générale (PGLV → PLV). Sans inclure toutes ces 3 cartes qui en résultent nous soulignons leur fort pouvoir « visuel » qui permet une très bonne observation des limites géomorphologiques.

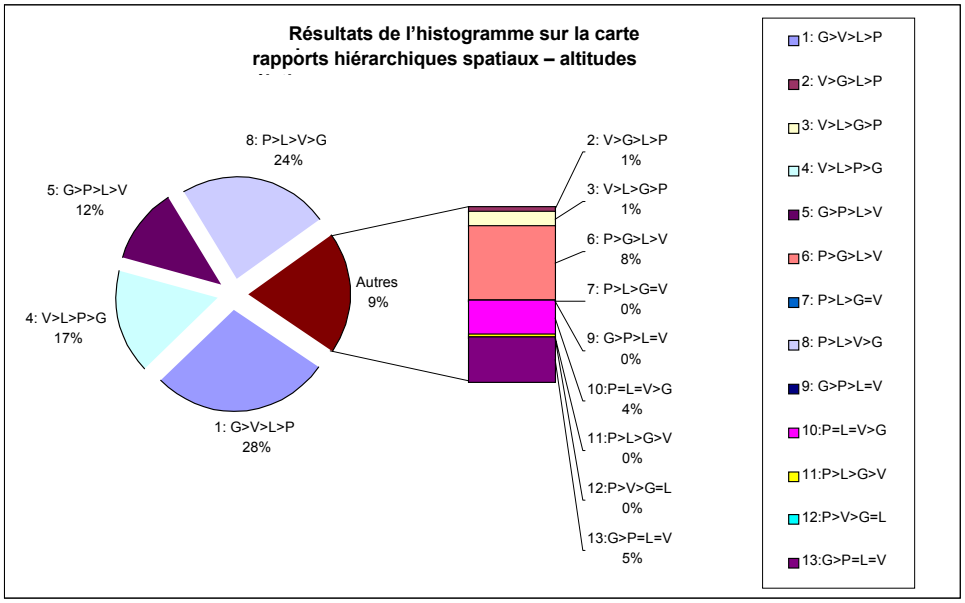


*Figure 33 : **Légende** : **P** – altitude relative, **L** – moyenne locale de l'altitude relative (fenêtre 3x3 pixels), **V** – altitude relative moyenne du voisinage, **G** – moyenne générale de l'altitude relative calculée pour l'ensemble du territoire.*

Toutefois, il peut arriver que des lecteurs qui n'ont jamais vu le territoire dont on parle ne soient pas convaincus des avantages apportés par la méthode ; ou, encore, qu'un jour on emploie cette méthode pour étudier des territoires où nous n'avons pas accès. Ce sont les raisons qui nous mènent à introduire dans ce travail **la carte du rythme du relief.** (fig. 34)

D'un point de vue technique, cette carte comporte deux échelles dans sa légende : celle des altitudes absolues et celle du rythme du relief. Cette situation s'impose d'elle même quand il le faut imprimer ce genre de carte du fait de sa réalisation : il s'agit d'une superposition de deux couches, le MNT (en couche opaque à la base de la carte) et la couche du rythme du relief (en couche semi-transparente au-dessus du MNT). Par contre, si on l'analyse dans le cadre d'un SIG, on garde l'effet visuel très saisissant de la composition cartographique décrite et on gagne le pouvoir d'analyse/affichage numérique offert par l'ordinateur.

Le principal avantage de cette carte est qu'elle apporte une amélioration visuelle nette au MNT, meilleure même que dans le cas de **l'ombrage du MNT** (fig. 35) : on observe beaucoup plus facilement aussi bien les traits morphopaysagers de l'ensemble du territoire, mais aussi dans le détail ; on identifie rapidement les situation dans lesquelles les altitudes absolues, ainsi que la dynamique de celles-ci change rapidement. C'est une carte non seulement utile pour la recherche mais aussi très didactique car chacun peut voir tout de suite les limites du haut et du bas du versants, les replats des cuestas (côtes), les bord et les replats des principales terrasses, la morphologie du réseau hydrographique etc.
En plus, les deux couches de cette composition cartographiques peuvent être sujet à une classification ultérieure, à côté du raster avec l'orientation des versants et de celui de la dynamique du relief pour aboutir à des **classes morphopaysagères simples (CMS) ou morphomérons**, semblables à celle de l'occupation du sol (voir le sous-chapitre *Les nouveaux développements conceptuels*).
Voilà le troisième pas auquel nous pensons, même si nous ne l'avons pas encore franchi : intégrer dans une seule classification les classes morphopaysagères complexes et l'occupation du sol.

Le désavantage de cette composition cartographique se trouve notamment au niveau de sa légende, mais seulement en version imprimée car sur ordinateur, dans le cadre d'un S.I.G., nous pouvons consulter les valeurs sur chacune des cartes superposées.

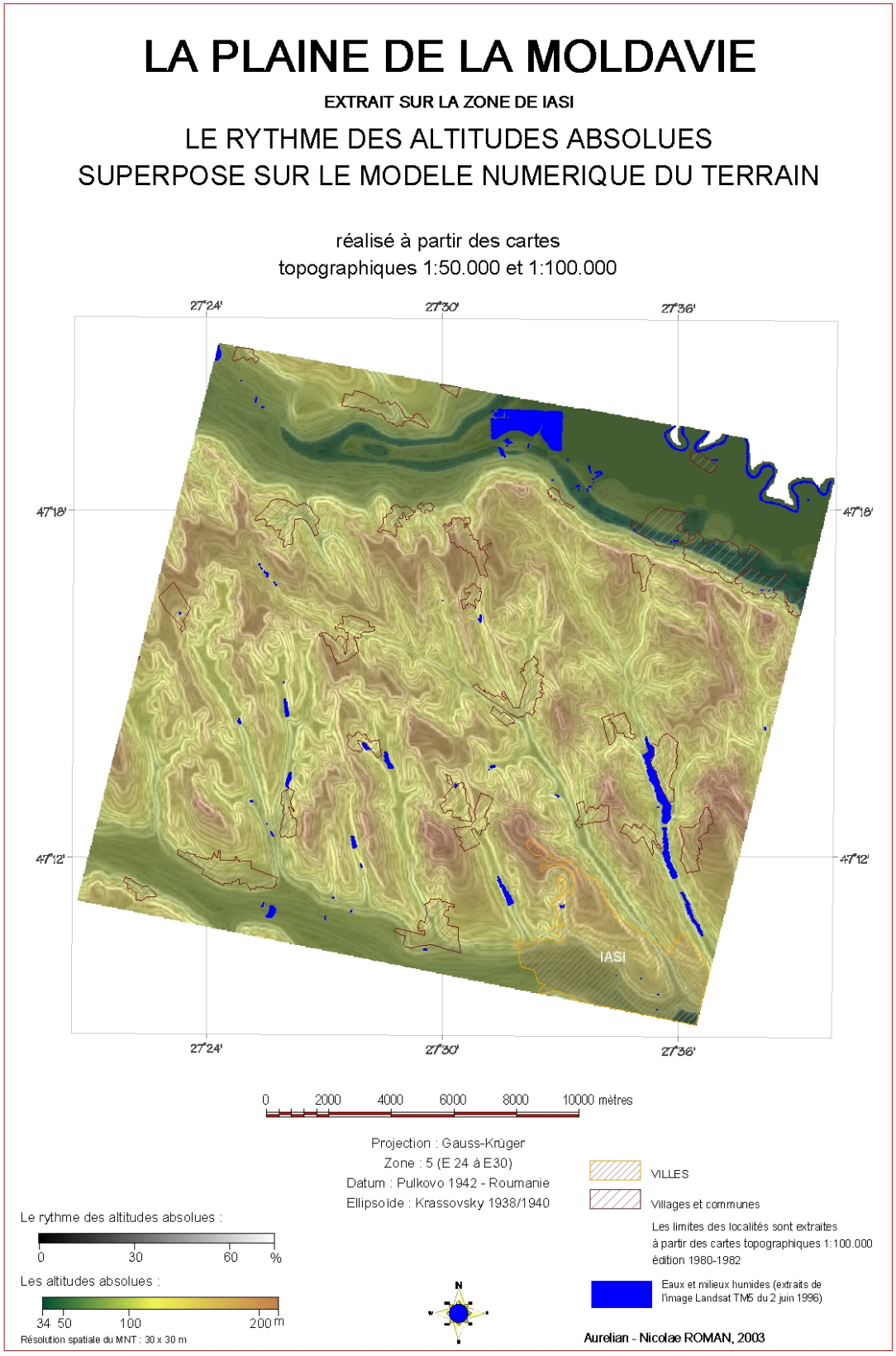

LA PLAINE DE LA MOLDAVIE
EXTRAIT SUR LA ZONE DE IASI
LE RYTHME DES ALTITUDES ABSOLUES
SUPERPOSE SUR LE MODELE NUMERIQUE DU TERRAIN
réalisé à partir des cartes
topographiques 1:50.000 et 1:100.000
27°24'
27°30'
27°36'
47°18'
47°12'
IASI
0 2000 4000 6000 8000 10000 mètres
Projection : Gauss-Krüger
Zone : 5 (E 24 à E30)
Datum : Pulkovo 1942 - Roumanie
Ellipsoïde : Krassovsky 1938/1940
VILLES
Villages et communes
Les limites des localités sont extraites
à partir des cartes topographiques 1:100.000
édition 1980-1982
Eaux et milieux humides (extraits de
l'image Landsat TM5 du 2 juin 1996)
Le rythme des altitudes absolues :
0 30 60 %
Les altitudes absolues :
34 50 100 200 m
Résolution spatiale du MNT : 30 x 30 m
N
Aurelian - Nicolae ROMAN, 2003

Figure 34

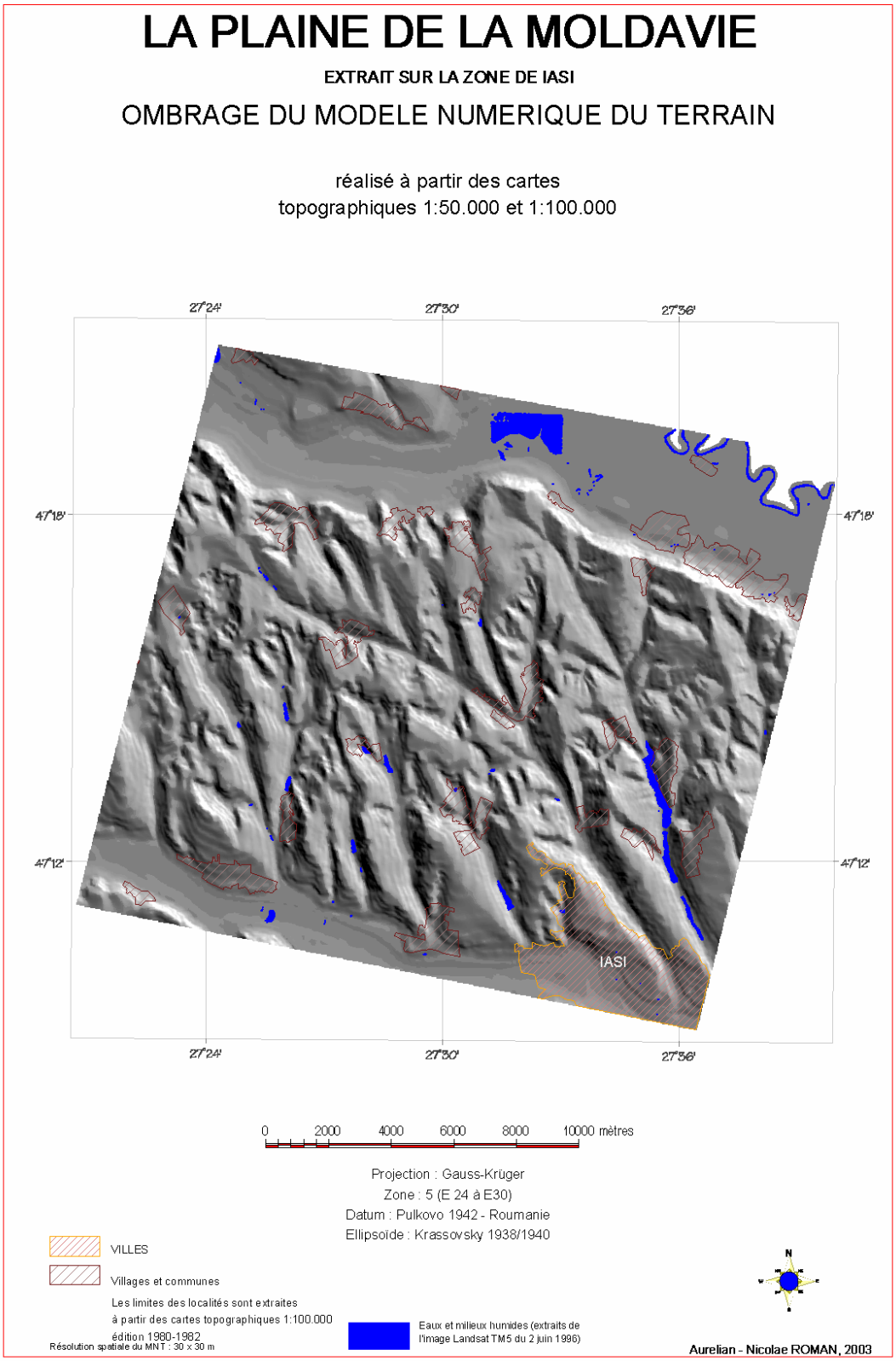

LA PLAINE DE LA MOLDAVIE
EXTRAIT SUR LA ZONE DE IASI
OMBRAGE DU MODELE NUMERIQUE DU TERRAIN
réalisé à partir des cartes
topographiques 1:50.000 et 1:100.000
27°24'
27°30'
27°36'
47°18'
47°12'
IASI
0 2000 4000 6000 8000 10000 mètres
Projection : Gauss-Krüger
Zone : 5 (E 24 à E30)
Datum : Pulkovo 1942 - Roumanie
Ellipsoïde : Krassovsky 1938/1940
VILLES
Villages et communes
Les limites des localités sont extraites
à partir des cartes topographiques 1:100.000
édition 1980-1982
Résolution spatiale du MNT : 30 x 30 m
Eaux et milieux humides (extraits de
l'image Landsat TM5 du 2 juin 1996)
N
Aurelian - Nicolae ROMAN, 2003

Figure 35

5.5 Conclusions et critiques

Avec une géologie relativement simple et peu spectaculaire (si nous pensons à son impact sur l'aspect actuel du relief), le territoire étudié offre des éléments géomorphologiques intéressants pour une étude soit classique, soit par les moyens que nous venons de proposer. Apparemment tranquille et monotone, ce territoire ne manque pas de personnalité : contacts saisissants avec les unités physico-géographiques qui l'entoure ; contraste sensible entre les interfluves (ou versants) et les lits des rivières ; érosion active et versants souvent malmenés par les glissements de terrain ; aspect souvent de plateau, et non de plaine, surtout dans sa moitié nord. Bref, un bon nombre d'éléments qui rend cet espace intéressant pour une étude géomorphologique et, pourquoi pas, permet de s'en servir comme banc d'essai lorsqu'on a des idées dans ce domaine.

Les méthodes proposées dans la deuxième partie de cet ouvrage et appliquées, pour certaines au relief de la région :

- **confirment** les résultats obtenus précédemment par voies classiques, surtout ceux de V.Băcăuanu (1968) ;
- apportent plus de **précision** sur tous les éléments analysés ;
- soulignent l'importance de l'**échelle** dans l'analyse du relief par rapport aux éléments recherchés ;
- permettent de tracer des limites plus fines fondées sur des analyses numériques précises, donc apportent un gain d'**objectivité** très important ;
- ouvrent la voie, en s'appuyant sur les équipements et les logiciels spécifiques des S.I.G., vers de **nouvelles représentations graphiques**, importantes pour la **compréhension** et l'**interprétation** des résultats ;
- peuvent être employées dans d'**autres régions**, quelles soient de plaine, de plateau ou de montagne ;
- sont faciles à intégrer dans des **S.I.G**., ce qui facilite aussi les **études diachroniques.**
- sont **faciles** et **rapides** à employer en partant d'un minimum de données ;

- rendent comptent de la **structure** de l'espace dans une perspective **dynamique** et **fonctionnelle multidimensionnelles** ;
- poussent à proposer le nom de "**Plaine collinaire Jijia-Başeu**" en raison : des altitudes absolues et relatives et de leur distribution spatiale ; des pentes et de leur distribution ; des principales artères hydrographiques qui drainent le territoire étudié ; de l'aspect général du relief (tel que le terrain nous le montre ainsi que les cartes dressées dans cet ouvrage). En plus, en travaillant au niveau de grand bassins-versants, notamment Jijia et quelques affluents plus petits du Prut (surtout Başeu), nous nous plaçons dans des limites physico-géographiques (structurelles, géodynamiques et fonctionnelles) largement acceptées par la communauté scientifique.

Dans la perspective géocinétique et géocybernétique, en ce qui concerne le paramètre « altitude absolue » du relief (en tant que CNG), nous mettons en évidence les *topons bradynamiques et les topons tachydynamiques* sur la carte des altitudes relatives - équivalente à celle de la dynamique des altitudes absolues – (fig. 27), ainsi que les *topons bradyrythmes et les topons tachyrythmes* sur la carte de la dynamique spatiale des altitudes relatives (fig. 29), unités taxo-chorologiques proposées dans *Les nouveaux développements* conceptuels de la première partie de l'ouvrage.

Le chapitre ignore délibérément un certain nombre de nouveaux indicateurs dédiés à l'analyse du relief pour les raisons suivantes : mauvais rapport « temps investi/temps disponible » pour les appliquer ; peur de l'auteur de se retrouver dans des applications et renvois à des domaines plus pointus et qu'il ne maîtrise pas (exemple : géotechnique) ; manque de données fiables et d'un support cartographique auquel on peut faire confiance pour leur application. Même si nous avons employé ces outils pour analyser des espaces montagneux en Roumanie (tel que les Montagnes de Vrancea), dans ce chapitre le degré de concentration du réseau de drainage (« gdh ») et l'indicateur de fragmentation longitudinale des versants (« fvh ») n'ont pas été appliqués.

6 LE CLIMAT

6.1 Introduction

Nous avions plutôt peur au début de la rédaction de ce chapitre (aussi peur qu'au début de l'analyse géomorphologique, d'ailleurs) : quoi apporter de neuf à la connaissance climatologique d'un territoire auquel se réfèrent des enregistrements de près de cent ans et des études remontant aux années 1920 ?

Dans notre démarche, qui vise la présentation des caractéristiques thermiques de la Plaine de la Moldavie, ainsi que des précipitations, dans le sens ci-dessus mentionné, nous nous sommes appuyés sur deux catégories de données.

Il s'agit d'abord d'informations recueilles dans la bibliographie. De ce point de vue, il faut préciser qu'à l'heure actuelle on dispose, avec un peu de chance, des données pour les principales stations météorologiques qui sont publiées dans les annuaires. Pourtant, à partir de 1975-1980, ces documents sont devenus de plus en plus rares sur le marché grand public, certaines institutions seulement ayant droit à un abonnement. Pour la période antérieure à 1955, nous pouvons consulter « *L'Atlas climatologique de la Roumanie* » ; malheureusement, les cartes qui sont présentes dans cet ouvrage sont à une échelle trop petite (en général 1 : 1.500.000) pour que nous puissions les utiliser dans des études détaillées. Enfin, ceux qui ont de la chance, des amis ou un solide financement, peuvent s'adresser au réseau météorologique ou hydrologique du pays (surtout dans les services régionaux) pour rassembler les données nécessaires : c'est aussi notre cas et, en plus, nous avons obtenu des données au Département de Géographie de l'Université de Iaşi qui été en train de réaliser l' *Atlas informatisé de la Moldavie*.

Les résultats des traitements des données statistiques ont montré que l'approche ne manque pas d'intérêt et qu'ils appuient les objectifs de ce chapitre, à savoir :

- présenter au lecteur les principaux traits climatologiques du territoire étudié, ainsi que les causes qui les déterminent ;
- apporter une nouvelle perspective, dans le sens de la dynamique et du rythme spatiaux (et qui peuvent être mesurés) sur les principaux éléments du climat (surtout, dans le cas de notre application, il s'agit des températures et des précipitations ;
- vérifier si la méthodologie d'approche de la dynamique et du rythme des composantes naturelles du géosystème (présentée dans la première partie de l'ouvrage) peut s'appliquer à un "objet" si peu "palpable" que le climat et ses éléments
- voir si la méthodologie d'approche de la dynamique et du rythme des composantes naturelles du géosystème peut servir, dans le cas des éléments climatiques, à tracer des limites ou confirmer des anciens acquis, avec beaucoup moins d'efforts, de temps et peut-être plus de précision.

Un deuxième aspect concerne la fiabilité des données, ainsi que la période durant laquelle on les a obtenues. En général, « *L'Atlas climatologique de la Roumanie* » présente les valeurs acquises de 1896 à 1915 et de 1921 à 1955. Pour la période d'après 1955, nous devons faire appel aux sources déjà mentionnées. Toutefois, les modifications intervenues dans la distribution des postes d'observation et dans la méthodologie d'acquisition des données font que celles-ci sont souvent très hétérogènes, sinon trop hétérogènes et fragmentaires (critique valable plus particulièrement pour les postes d'observation pluviométrique).

Nous avons choisi d'utiliser les données provenant des seules stations météorologiques permanentes[67] desservies dans de bonnes conditions. Les postes pluviométriques, en nombre

[67] Ces stations sont en nombre de 7 pour le territoire étudié : Iaşi (alt. 102 m), qui est aussi la plus ancienne, Avrămeni (alt. 240 m), Dorohoi (alt. 196 m), Botoşani (alt. 170 m), Răuseni (alt. 61 m), Cotnari (alt. 360 m) et Podu Iloaiei (alt. 91 m).

assez important sur ce territoire, ont eu souvent une période éphémère de fonctionnement à des emplacements différents. Le fait qu'il n'y avait aucune étude climatique détaillée pour la plaine nous a obligé à rester à un niveau descriptif assez sommaire, surtout qu'un modèle numérique du terrain pour l'ensemble de ce territoire n'existait pas avant 2003 (celui-ci étant un élément important quand il s'agit d'affiner l'analyse et la représentation des données). Enfin, pour assurer autant que possible l'homogénéité des données, nous les avons recueilles principalement à l'Agence de l'eau de Iaşi[68] et dans la base de données de l'Atlas informatisé de la Moldavie[69], et seulement pour une période d'enregistrements continus (janvier 1967 - décembre 1992).

Un autre aspect, concerne la validité des données représentées sur les cartes. La répartition des stations météorologiques, dont le réseau a été inscrit aussi sur les cartes précédemment présentées pour le relief, est assez homogène mais ne couvre que l'intérieur de la plaine proprement dite. Par conséquent, il n'y a pas de points d'appui retenus sur les hauteurs qui bordent la plaine et toutes les représentations, ainsi que toutes les interprétations qui seront faites à partir de nos cartes, ne concerneraient que l'intérieur de la plaine. Du fait des faibles variations de l'altitude absolue à l'intérieur du territoire et les grandes superficies occupées par des interfluves faiblement inclinés, l'évaluation d'ensemble apparaît correcte, tandis que les analyses pointues doivent être affinées en suivant les détails de surface topographique.

Enfin, au sujet des pages qui suivent, il faut dire que nous avons été obligés à choisir entre trois variantes :

- introduire l'intégralité des cartes (11232 pour être plus précis, sans compter les graphiques…) et les commentaires respectifs pour chaque donnée représentée (essentiellement température et précipitations), mois par mois pour le territoire et la

[68] La Régie Autonome "Les Eaux Roumaines", filiale de Iaşi, qui gère les ressources hydrologiques du bassin du Prut.

[69] Cette base de données, d`où nous avons extrait les valeurs mensuelles des précipitations et des températures pour la période 1967-1992, a été alimenté essentiellement de cette même agence de l`eau, ci-dessus mentionnée.

période analysée (1967-1992)… et arracher au lecteur tout espoir de parcourir l'intégralité de ce travail ;

- couper et descendre à un échantillon représentatif (environ 200 cartes et graphiques) pour une analyse toujours complète, mois par mois, moins détaillée mais pesant toujours trop lourd dans la structure de l'ouvrage
- se contenter de ce que nous allons faire : tester une partie des méthodes proposées antérieurement sur les données concernant les caractères annuels des températures et des précipitations, ainsi que de deux mois représentatifs (le plus froid, janvier, et le plus chaud, juillet).

6.2 Le climat - historique des recherches

Les études climatologiques qui se réfèrent à certaines parties de la Plaine de la Moldavie sont dues, dans leur plus grande partie, à deux spécialistes de Iaşi : I.Gugiuman et Elena Erhan. À côté d'eux, contributions importantes dans ce domaine ont apporté : V.Chiriac, I.Donisă, I.Hârjoabă, I.Stănescu, S.Petrescu, Gh.Pleşca, G.Davidescu, M.Apetrei etc.
Entre 1932, lorsque Şt.Hepites faisait les premières références à la climatologie de la région de Iaşi, et 1956, lorsque V.Chiriac analysait le vent à Iaşi et dans ses environs, il n'y a presque aucune publication dans ce domaine. La seule exception est représentée par les publications de Gr.Gh.Gheorghiu de 1915 et 1924.

La publication de 1956 allait ouvrir une série d'articles signés par I.Gugiuman et Elena Erhan, individuellement ou en collaboration avec différents auteurs, la majeure partie de ces articles étant orientée sur les problèmes de climatologie urbaine.
Dans ce sens, nous mentionnons les ouvrages parus dans les années 1958 (I.Gugiuman et S.Petrescu), 1960 (I.Gugiuman, Elena Erhan, I.Stănescu, Gh.Pleşca, pour l'analyse de certains éléments climatiques et la régionalisation climatique de l'est de la Roumanie), 1962, 1963 (I.Gugiuman et Elena Erhan), 1965 (I.Gugiuman, Elena Erhan et G.Davidescu), 1967, 1968, 1971 (Elena Erhan), 1970 (Rodica Rugină, avec un article concernant le régime de la

température de l'air à Botoşani), 1974 (I.Donisă et Elena Erhan, dans le cadre du cours de climatologie de la Roumanie) etc.

En 1979, en soutenant et publiant la thèse de doctorat *"Le climat et les microclimats dans la zone de la ville de Iaşi"*, Elena Erhan nous présente une synthèse de toutes les données existantes au moment respectif et les résultat d'études personnelles détaillées sur le microclimat de la région de Iaşi.

Du point de vue cartographique, nous soulignons le fait qu'il n'y a aucune carte à grande échelle publiée pour la Plaine de la Moldavie. Les seules cartes disponibles mais à des échelles beaucoup trop petites (1:1.000.000 et plus), sont celles de "*L'Atlas climatologique de la Roumanie*" (1966).

6.3 Les facteurs génétiques du climat

D'un point de vue climatique, le territoire de la Plaine de la Moldavie se trouve dans le domaine tempéré continental, lié à la dominance des masses d'air d'origine asiatique. Par conséquent, les précipitations sont réduites, les hivers secs et froids, les étés chauds, les amplitudes thermiques importantes.

Le facteur déterminant pour le climat de la Plaine de la Moldavie est sa position géographique, entendue comme position mathématique (sa latitude déterminant la caractéristique tempérée) et comme position par rapport aux territoires environnants situés a des distances différentes (ex : Dealu Mare – Hârlău, les Carpates Orientales, la Mer Noire, l'Océan Atlantique etc.). La surface active sous-jacente et la dynamique générale de l'atmosphère, ensemble et en étroite interaction avec la position géographique, déterminent les caractères du climat de la plaine.

La dynamique générale des masses d'air revêt une plus grande importance pour les caractéristiques du climat. Les quatre centres de pression qui agissent au niveau de cette région, ainsi que pour tout le pays d'ailleurs, sont : la dépression islandaise, l'anticyclone des

Açores, les cyclones méditerranéens et l'anticyclone sibérien. Leur position au niveau continental, leur intensité et donc leur influence se modifient périodiquement au cours de l'année.

L'hiver, c'est surtout la dépression islandaise qui agit et ses effets sont différents suivant la position et la trajectoire des cyclones mobiles qu'elle engendre. Elle autorise toutefois la pénétration, du nord, d'une masse d'air arctique continental, très froide et très sèche, d'une épaisseur de 400 à 600 m. Le talweg dépressionnaire qui peut se former entre la Mer Baltique et la Méditerranée, lorsqu'il passe au-dessus des régions de l'est de la Roumanie, détermine un réchauffement du temps et des précipitation abondantes. Par contre, lorsque ce talweg passe plus au nord et que, en même temps, existe au sud de l'Europe un régime de haute pression, les hivers sont cléments et moins arrosés.
Une dorsale dépressionnaire entre le nord de l'Atlantique et le SE de l'Europe, en passant au-dessus de l'est de la Roumanie, favorise une invasion d'air froid d'origine continentale tandis qu'au-dessus de cet air se déplacent en sens inverse des masses plus chaud, leur interférence engendrant l'apparition d'une strate de nuages diminuant la radiation solaire globale. Le passage de cette dorsale plus à l'ouest, laissant découvert l'est du pays, permet la pénétration de masse d'air froid et humide de N et NW, ce qui mène à de fortes chutes et tempêtes de neige.

Au printemps et à l'automne, les cyclones mobiles du nord de la Méditerranée (surtout en Mer Adriatique et Egée) déterminent les principaux caractères du temps. En formant une dorsale avec les cyclones de la Mer Noire, ils peuvent déterminer des précipitations abondantes si nous nous trouvons face aux fronts atmosphériques. Situé plus au sud, en automne-hiver, il favorise l'arrivé de masses d'air froid du nord et de l'est du continent. Située plus au nord, au printemps-été, cette dorsale permet l'arrivée d'un air très humide et de précipitations plus fortes.

En été, à l'exception de l'anticyclone des Açores, les 3 autres centres de pression voient diminuer leur influence sur l'est de la Roumanie. Les gradients de pression horizontaux sont

très faibles, d'où le ralentissement du transport d'air d'origine atlantique vers l'est. Aussi, surtout après la traversée des Carpates, ces masses d'air perdent une grande partie de l'humidité initiale, ce qui détermine à une baisse des précipitations d'autant plus qu'on se dirige vers l'est. Toutefois, c'est à cette époque qu'on enregistre les précipitations les plus importantes de l'année.

Etendue sur environ 1° de latitude, la Plaine de la Moldavie ne reçoit pas la même quantité de radiation solaire dans tous ses point : celle-ci décroît de 118 kcal/cm²/an au sud à 112 kcal/cm²/an au nord. Ainsi, le réchauffement du territoire se produit d'une manière inégale. Durant l'année, le soleil brille environ 2150 heures au sud et 1900 heures au nord.

Les altitudes plus fortes à proximité du contact avec les plateaux qui l'entoure, font que les précipitations près des côtes soient plus importantes que dans les parties internes ; en même temps, elles augmentent de l'est vers l'ouest (de 475 mm en moyenne, dans la partie aval de la vallée du Prut contre plus de 600 mm sur les hauteurs de côtes qui entourent la plaine collinaire).

L'orientation des versants joue aussi dans les différenciations locales concernant les températures et des précipitations, surtout au contact avec les régions limitrophes, mais elle reste limitée comme importance au niveau général car l'altitude moyenne absolue du relief est faible.

6.4 Températures et précipitations moyennes multiannuelles

6.4.1 Les températures moyennes multiannuelles

Les températures dans la plaine proprement-dite (tab. 9) connaissent des variations assez faibles, par rapport aux variations qui existent entre la plaine et les régions environnantes (ces dernières seront présentées à partir des données recensées dans la bibliographie).

Tableau no. 9 : Températures moyennes mensuelles et annuelles dans la Plaine de Moldavie (source: M. Apetrei, 1996)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
IASI													
Moyenne	-3,4	-1,7	3,0	10,9	15,8	19,2	20,7	20,1	15,6	10,1	4,3	-0,5	9,4
Maxima	1,5	4,2	9,1	13,2	19,1	22,6	23,6	24,2	18,4	14,2	8,6	5,2	11,3
Minima	12,8	-10,7	-2,7	6,2	13,3	17,2	18,6	16,6	13,2	7,4	-0,9	-5,1	7,8
Ecart type	3,2	3,4	2,9	1,8	1,6	1,2	1,2	1,	1,4	1,6	2,3	2,1	0,8
RAUSENI													
Moyenne	-3,6	-1,9	3,0	9,9	15,9	19,0	20,4	19,5	15,1	9,5	3,6	-0,7	9,1
Maxima	1,7	3,7	7,7	12,6	18,3	21,3	23,5	23,8	17,8	14,9	7,7	2,8	10,9
Minima	-10,5	-10,0	-3,2	6,2	13,1	17,4	18,3	16,5	12,8	6,5	-2,0	-3,7	7,6
Ecart type	3,2	3,3	2,5	1,8	1,4	1,1	1,2	1,3	1,3	1,9	,1	1,9	0,8
BOTOSANI													
Moyenne	-3,4	-1,7	2,6	9,5	15,2	18,4	20,1	19,4	15,0	9,8	3,9	-0,7	9,0
Maxima	2,4	4,4	8,6	12,5	18,9	22,6	22,8	23,6	17,8	21,0	8,4	3,1	11,0
Minima	-12,2	-11,6	-3,0	6,1	12,2	12,5	17,9	16,3	12,7	6,7	-0,9	-5,7	7,5
Ecart type	3,3	3,7	2,8	1,7	1,6	1,6	1,2	1,3	1,4	2,4	2,2	2,2	0,8
DOROHOI													
Moyenne	-3,8	-2,6	1,8	8,9	14,8	18,1	19,6	18,9	14,6	9,2	3,4	-1,3	8,5
Maxima	1,7	3,9	8,2	12,0	18,5	2,2	23,0	23,1	17,9	12,6	8,0	3,2	10,5
Minima	-12,7	-12,1	-3,4	5,6	11,4	16,4	17,2	15,9	12,2	6,4	-1,2	-6,6	7,2
Ecart type	-3,4	3,5	2,7	1,6	1,6	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	2,2	2,3	0,8

Les températures moyennes annuelles vont de 8,3°C pour la station d'Avrămeni (située tout au nord de la plaine) à 9,4°C pour la station de Iaşi[70] (située à l'extrémité SE). Donc 1,2°C d'écart réel entre les deux sites. A la station de Dorohoi, qui se trouve dans l'extrémité NW de la région, la température moyenne annuelle est de 8,4°C, soit un écart de 1,1°C par rapport à Iaşi (fig. 39).

[70] Selon les sources, pour Iaşi on trouve mentionnée soit la valeur de 9,5°C, soit celle de 9,6°C sinon 9,44°C. C'est la dernière de ces valeurs que nous avons prise en compte pour nos calculs.

Malgré la manque de corrections faites à l'aide d'un modèle numérique du terrain et le réseau de points d'interpolation plus réduit que celui employé pour les cartes de *L'Atlas climatologique*, l'image des températures moyennes multiannuelles (ainsi que des autres cartes montrées plus loin) est très proche de celle présentée dans l'atlas mentionné. La baisse des températures apparaît clairement sur une direction SE-NW, surtout si nous regardons la carte des écarts réels des températures par rapport à la moyenne thermique générale de la plaine – de 8,95°C d'après nos calculs. Encore, nous pouvons dire que d'un point de vue thermique il existe une division de la plaine en deux secteurs, nord et sud, qui correspondent aux deux grandes divisions morphologiques : la Plaine du bassin supérieur de la Jijia et du Başeu ; respectivement la Plaine du bassin inférieur de Jijia et du Bahlui. Pourtant, les écarts restent assez faibles : écarts maxima positifs de +0,48°C (5,39 %) et négatifs de -0,63°C (-7,11 %), ce qui est montré par les cartes des écarts thermiques réels et en pourcentage(fig. 41 et fig. 43)

Cette différence entre le nord et le sud de la plaine est très bien mise en évidence par la carte de la dynamique des écarts (fig. 42 et fig. 44). On peut remarquer aussi une différenciation entre l'est et l'ouest de la plaine, malgré le fait qu'il y a des postes météorologiques au long de la vallée du Prut que nous n'avons pas pris en compte, faute de continuité dans les enregistrements. Par contre, ce qui n'apparaît pas sur cette carte, car nous n'avons pas pris de points d'appui à l'extérieur de la plaine, ce sont les fortes différences qui existent au contact avec les plateaux environnants : des températures plus basses, en moyenne, de 1 à 2°C par rapport à l'intérieur de la plaine.

Enfin, au cas où il faut faire des comparaisons entre les températures moyennes multiannuelles et des situations particulières (ex : températures moyennes mensuelles en juin ou répartition de précipitations pour une certaine date, donc un élément climatique de nature différente) on peut employer une carte en valeurs standardisées (fig. 45). Plus précisément, nous obtenons cette carte en divisant la valeur de l'écart réel à la moyenne par la valeur de l'écart-type calculée pour l'ensemble de la région (égale à 0,30 dans notre cas).

Même dans ces conditions de précarité concernant les données nous considérons que la méthode d'analyse de la dynamique spatiale proposée dans cet ouvrage, qu'elle soit faite en valeurs réelles ou en pourcentages apporte un supplément d'informations assez intéressant ou, tout au moins, une autre manière de confirmer et de représenter des résultats déjà connus. Ce dont il faut se méfier, c'est de l'information incomplète, comme ce serait le cas par exemple de la seule présentation des valeurs réelles ou en pourcentages car souvent, même si des différences existent, elles ne sont pas forcément trop importantes.

6.4.2 Les précipitations moyennes multiannuelles

Au niveau des précipitations qui, d'après nos calculs pour l'ensemble de la plaine, sont en moyenne de 534 mm par an (avec un écart-type de 12,75), la distribution spatiale ressemble beaucoup à celle de températures mais dans un sens inversé (fig. 49). A savoir, qu'elles sont plus faibles à l'intérieur de la plaine d'environ 100-125 mm par rapport aux régions environnantes. Leurs valeurs sont plus grandes au contact de la bordure de hauteurs qui entoure la plaine et au nord (environ 600 mm), tandis que les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans les parties centrales et orientales de la région (en dessous de 500 mm).

Ce qui apparaît comme différent, par rapport à la distribution du champ thermique, est la faible quantité d'eau qui tombe dans les parties centrales de la plaine. En effet, des cartes plus détaillées (qui font appel à un plus grand nombre de points d'interpolation, à savoir les postes pluviométriques) montrent que la quantité d'eau reçue par les parties orientales de la région peut descendre jusqu'à 465 mm dans la vallée du Prut, à Bivolari (commune située à environ 50 km NNW de Iaşi). Des études plus récentes[71] semblent mettre en évidence un pôle de sécheresse dans la région de Belceşti (environ 20 km WNW de Podu Iloaiei) ce qui apparaît esquissé même sur la carte ci-dessous présentée (fig. 49).

Les écarts à la somme moyenne des précipitations, en valeurs réelles, semblent plus importants que dans le cas des températures : ils s'étalent entre -23 mm et +39 mm (fig. 51).

[71] M.Apetrei, doc. inédits, 1995

Ces mêmes écarts, mais en pourcentage montrent en fait qu'il n'y a pas de différence substantielle des traits de la plaine sauf si l'on considère les écarts relatifs positifs des précipitations qui sont plus forts que ceux des températures, tandis que les écarts relatifs négatifs sont plus faibles (fig. 53).

En ce qui concerne la dynamique spatiale des précipitations (fig. 50) et de ses écarts (fig. 52 et fig. 54), nous pouvons remarquer les faits suivants. D'abord, le tiers nord de la plaine qui montrait de forts changements du point de vue thermique, dans le cas des précipitations apparaît très homogène : au delà d'une limite est-ouest et vers le nord, limite qui passerait par les localités Botoşani-Ştefăneşti, il n'y a pas de modifications significatives, en ce qui concerne les quantités d'eau reçue par le territoire. Par contre, la proximité de la Côte de Iaşi et le pôle de sécheresse de Belceşti, au sud de la région, se traduisent assez bien : il apparaît une dynamique plus importante entre Podu Iloaiei et Iaşi. En fait, nous supposons que cette représentation sur la carte est légèrement décalée vers le nord car nous n'avons pas retenu de points d'appui au bas du versant de la côte où les précipitations sont plus importantes, car les altitudes sont plus grandes qu'à l'intérieur de la plaine et, surtout, car la Côte de Iaşi représente un obstacle devant la circulation des masses d'air.

Un deuxième constat concerne l'existence d'une région à forte dynamique spatiale (valeurs réelles des précipitations ainsi que des écarts) dans la partie centre-nord de la plaine, légèrement décalée vers le sud par rapport au même type de région apparaissant dans le cas des températures. Il y a donc un équivalent hydrique de la limite thermique entre les moitiés nord et sud de la plaine. Le décalage vers le sud est dû aux altitudes plus importantes (un gain d'environ 100 m par rapport aux alentours) de la dorsale collinaire Copalău – Cozancea – Guranda, dorsale qui se développe sur une direction WSW-ENE, du sud de la ville de Botoşani jusqu'à la vallée du Başeu. Même les faibles valeurs des précipitations au long de la partie orientale de la vallée du Prut, entre Sculeni (au sud) et Santa Mare (vers le nord, à la même latitude que Răuseni), plus faibles par rapport aux parties internes de la plaine, sont mises en évidence par des valeurs plus fortes de la dynamique spatiale.

La différenciation nord-sud apparaît aussi sur la carte des valeurs standardisées (fig. 55) des précipitations moyennes multiannuelles. Ces valeurs se distribuent entre -10,7 (dans les parties centrales) et 17,8 (dans les parties sud), pour un écart-type de 12,75.

Donc, il existe une différenciation nord-sud et E-W de la plaine, de point de vue hydrique, tandis que dans le cas des températures cette différenciation se marque plutôt sur une direction nord-sud.

6.4.3 Températures et précipitations moyennes mensuelles

6.4.3.1 Les températures - caractères généraux

En ce qui concerne les températures et les précipitations mensuelles, nous avons dressé deux catégories de graphiques. D'abord, une série d'histogrammes concernant les températures et les précipitations de chaque station météorologique, pour essayer de trouver une certaine périodicité climatique. Ensuite une série de cartes en employant les mêmes méthodes décrites précédemment. On verra, au fur et à mesure de la présentation des cartes, toutes étant réalisées en 1997, que la distribution spatiale des champs thermique et hydrique peut beaucoup changer d'un mois à l'autre.

La variation mensuelle des valeurs thermiques moyennes pour l'ensemble de la plaine suit une courbe régulière, tout à fait caractéristique pour les latitudes où se trouve cette région (fig. 36). Par rapport à la moyenne annuelle, ces températures restent supérieures d'avril jusqu'en octobre, tandis que de novembre à mars elles y sont inférieures. En valeur absolue, l'augmentation des températures dure de février jusqu'en juillet, pour décroître ensuite du mois d'août jusqu'en janvier. Les différences entre les mois apparaissent mieux lorsque nous regardons le même type de graphique, mais dressé pour l'écart-type des températures (fig. 37) et surtout si nous faisons le rapport des écarts-type pour deux mois consécutifs (fig. 38).

Nous observons tout de suite la symétrie remarquable du graphique des températures moyennes mensuelles d'un coté et de l'autre du mois de juillet, surtout pour la période avril-octobre. Si nous restons aux températures moyennes et aux différences qui existent entre les mois, nous observons de faibles écarts entre les mois d'hiver (surtout janvier et février, qui sont aussi les plus froids). Cette ressemblance se traduit aussi par une homogénéité de la distribution des valeurs sur le terrain, mise en évidence par l'écart-type et son rapport inter mensuel.

Les mois d'été, aussi, sont homogènes autant du point de vue des valeurs réelles (entre 18 et 20°C en moyenne) que du point de vue de la distribution de celles-ci, mise en évidence par les écarts qui restent faibles et très proches les unes des autres en termes d'écarts.

Les saisons de transition, printemps et automne, se font remarquer par des écarts réels significatifs (ex : 7,1°C entre les mois de mars et février, ou 5,85°C entre octobre et novembre). Par contre, en exceptant la forte valeur du rapport inter mensuel des écarts-type mars/février, la distribution des valeurs reste relativement homogène (moyenne égale à 1,01). Donc, il y a un printemps qui arrive en force, avec de grandes différences dans la distribution du champ thermique au niveau de l'ensemble de la plaine et un automne qui fait une transition moins marquée entre l'été et l'hiver.

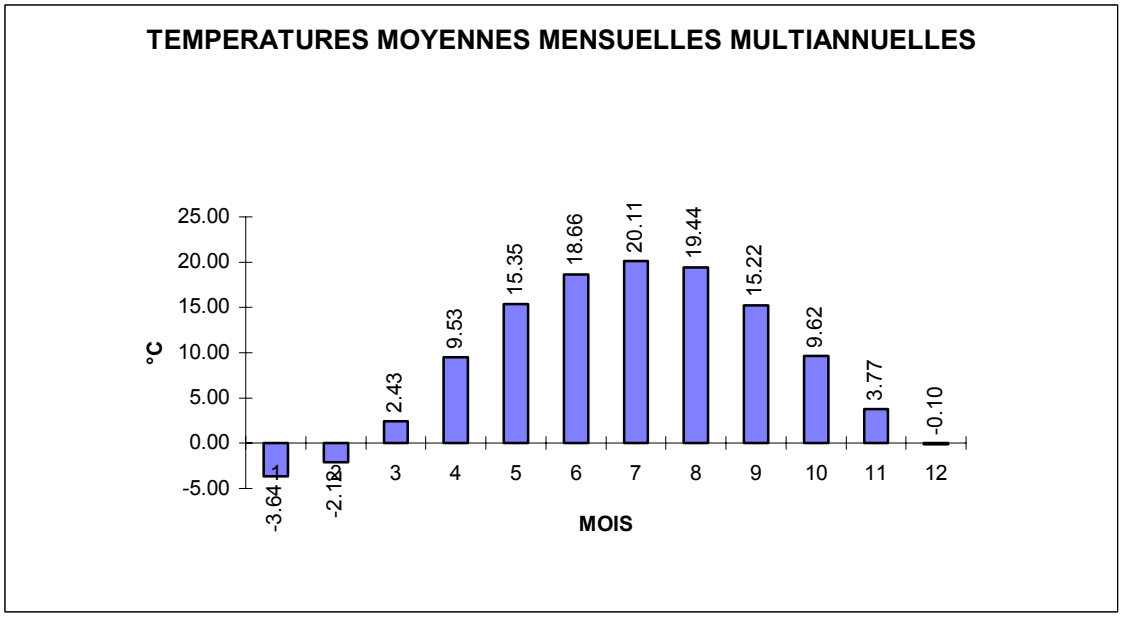


Figure 36

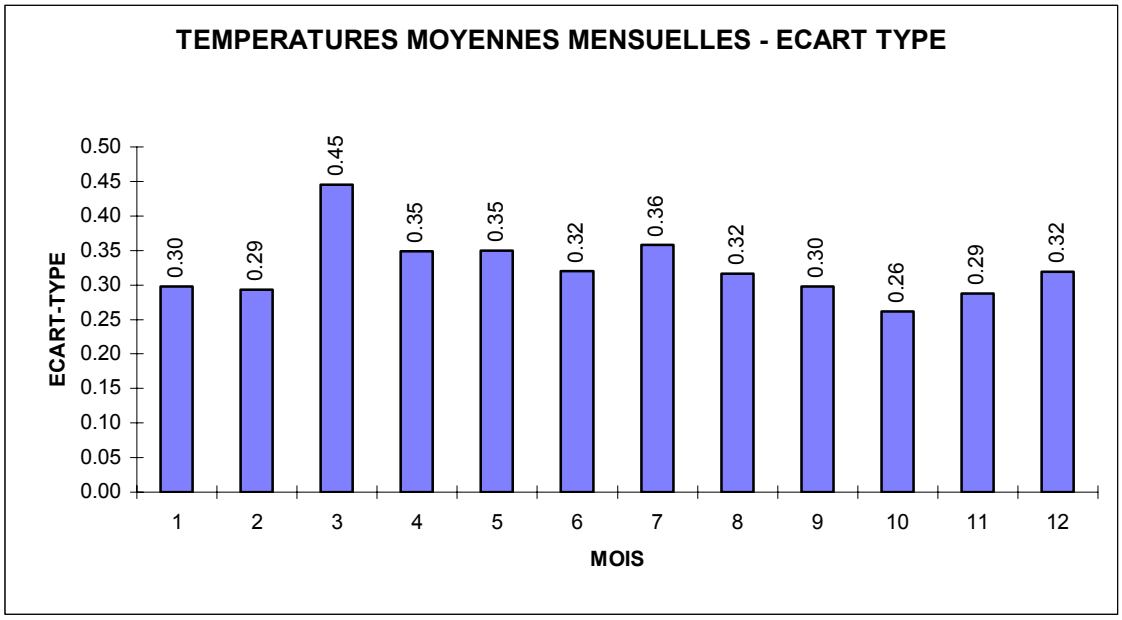


Figure 37

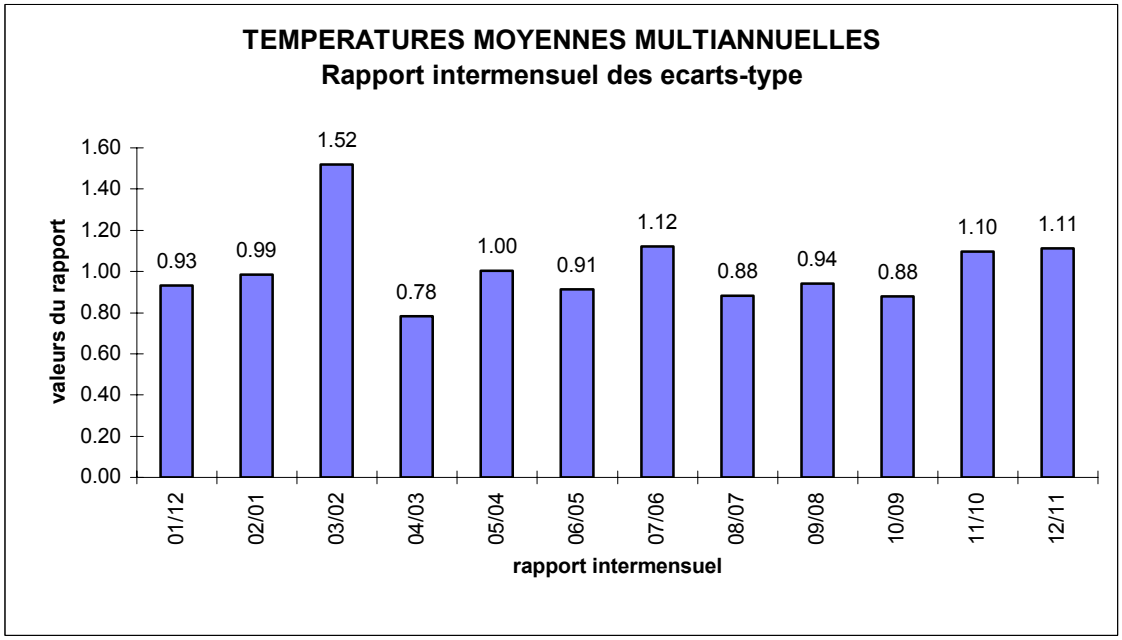


Figure 38

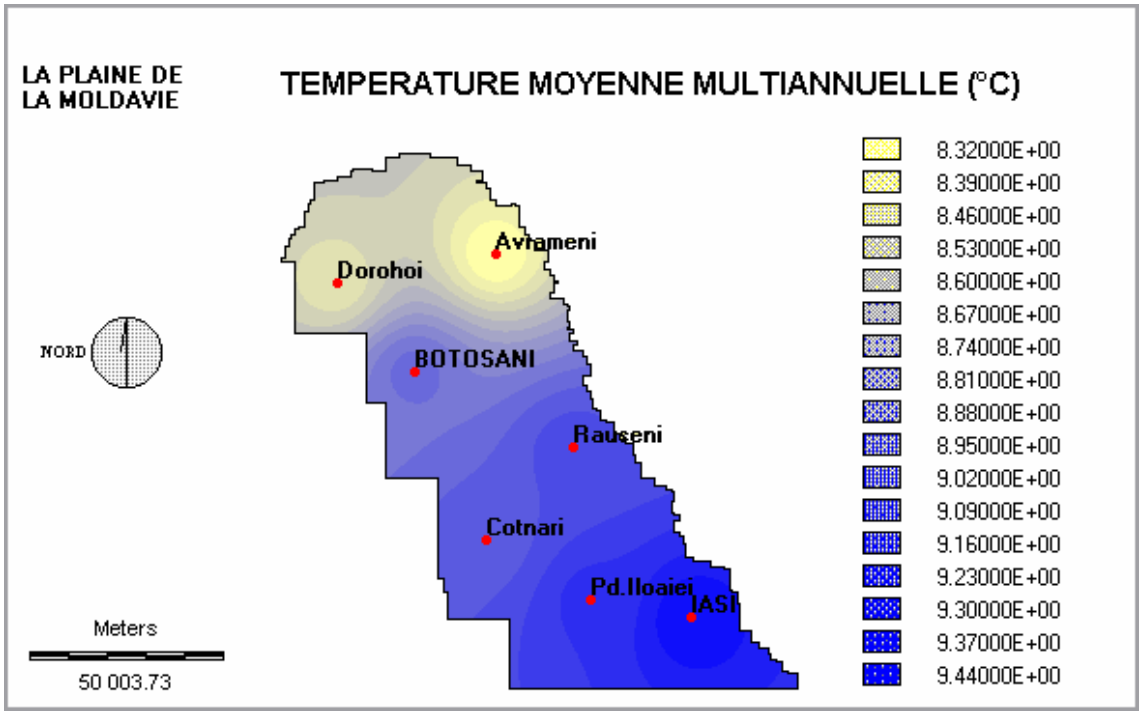


Figure 39

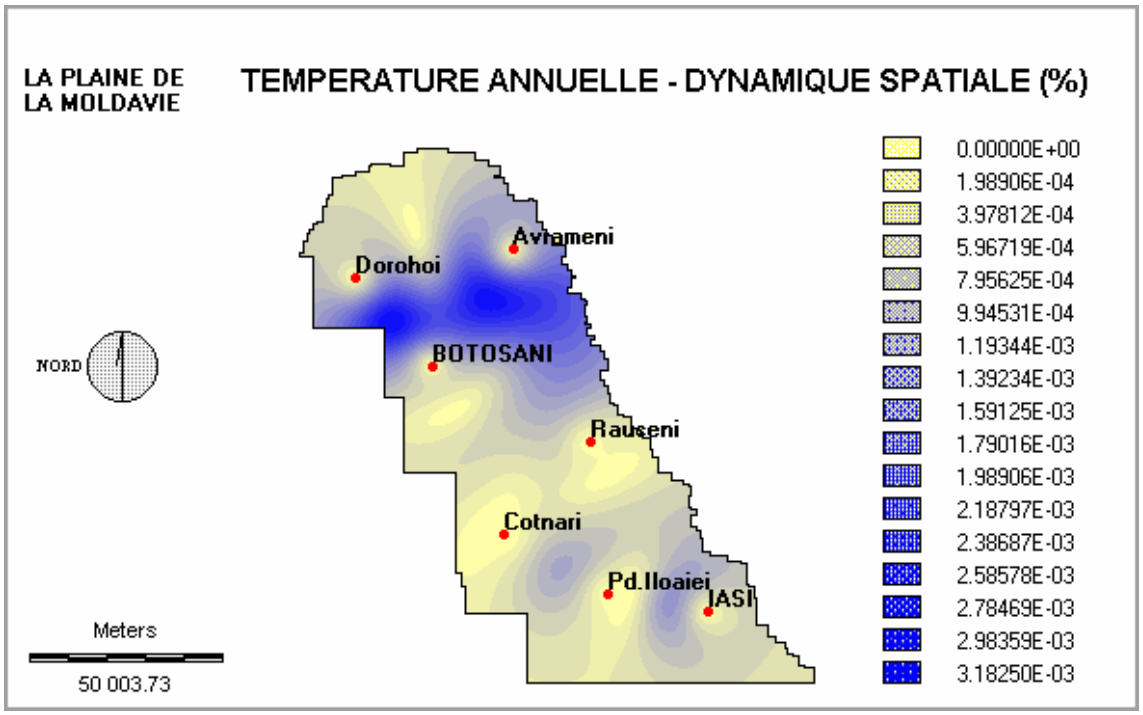


Figure 40

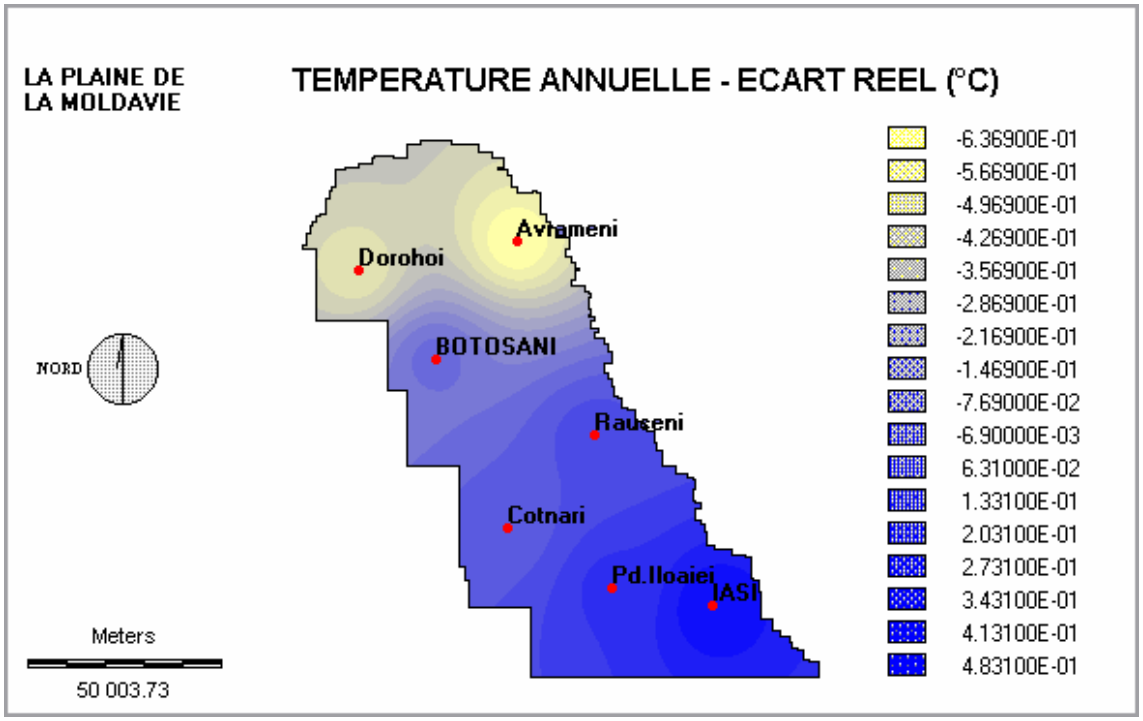


Figure 41

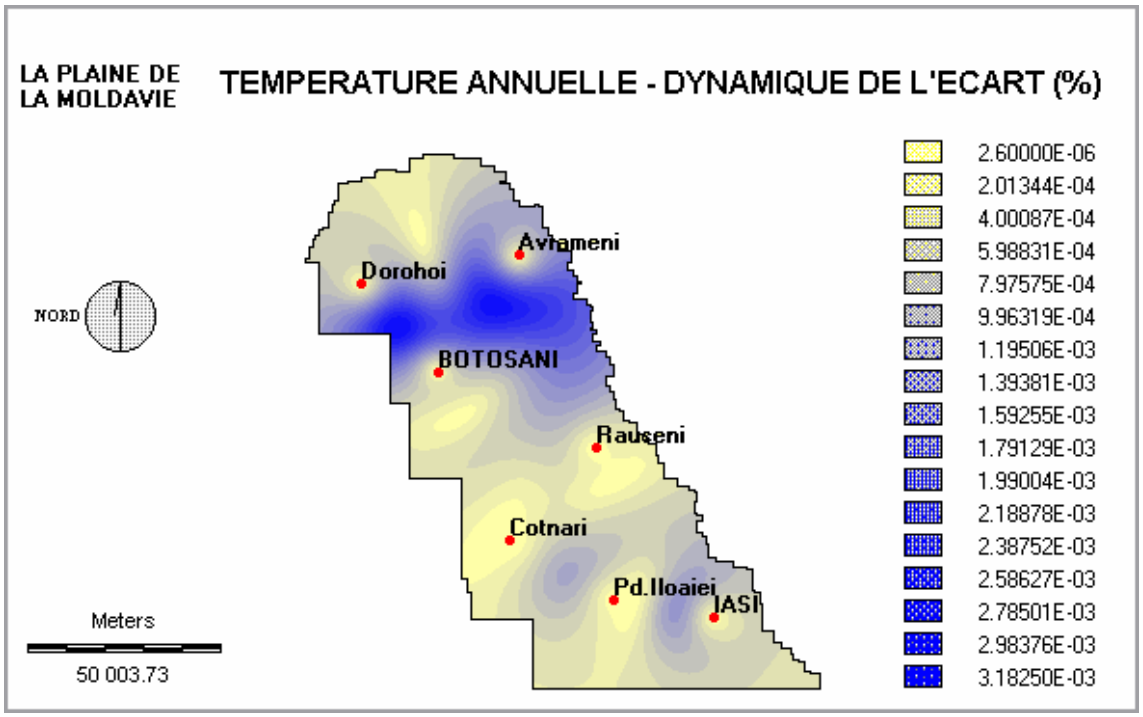


Figure 42

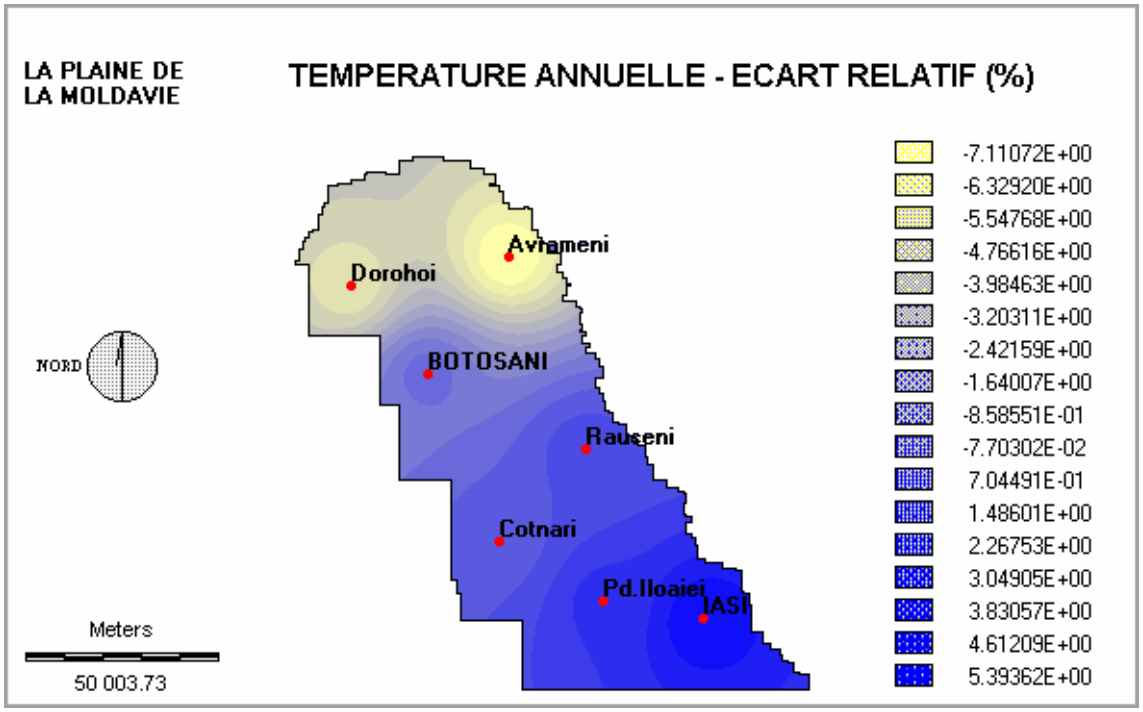


Figure 43

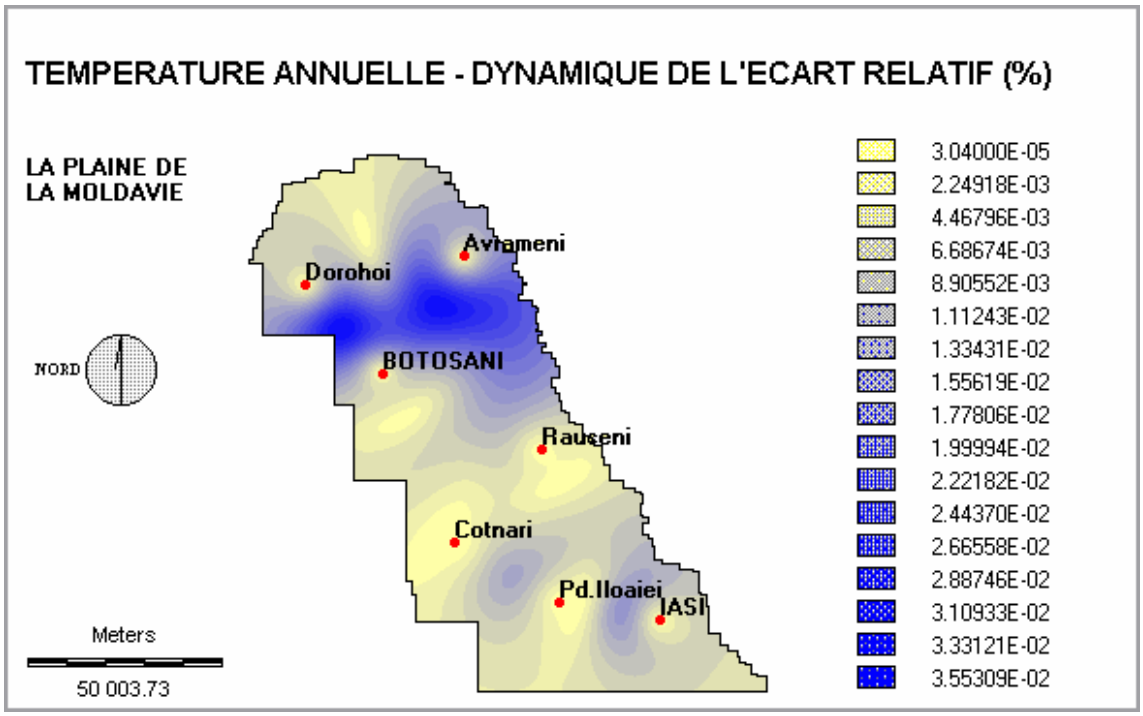


Figure 44

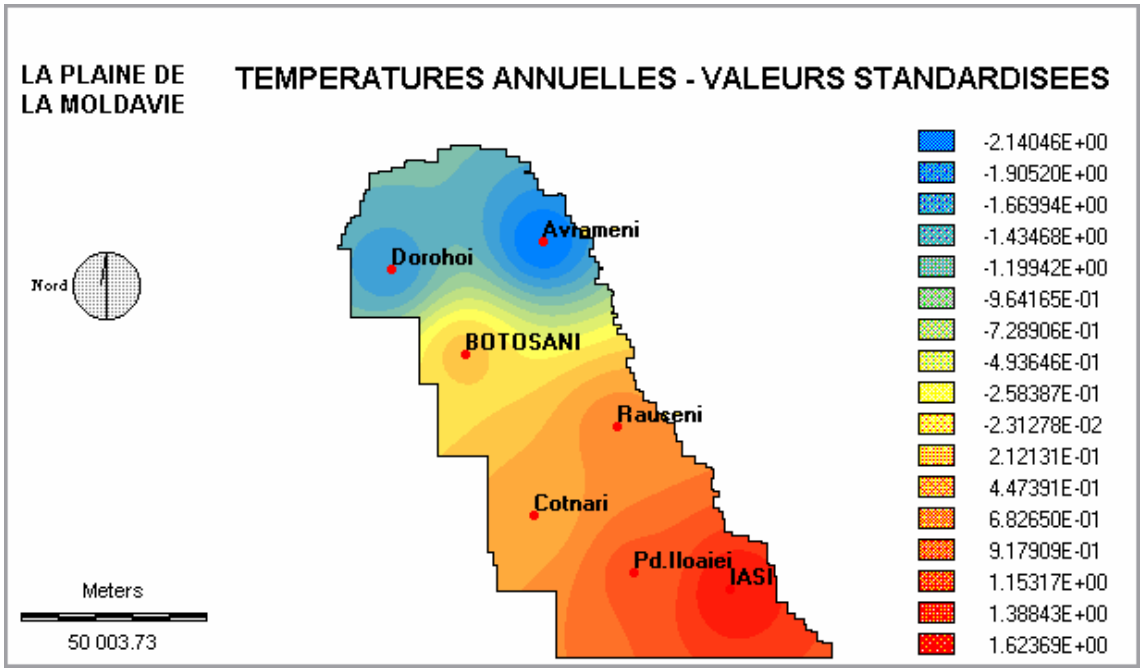


Figure 45

6.4.3.2 Les précipitations - caractères généraux

L'allure du graphique des précipitations moyennes mensuelles (fig. 46) ressemble en grande mesure à celle du graphique des températures : on observe une certaine symétrie du graphique, moins précise, d'un coté et de l'autre du mois de juin (et non pas de juillet), ainsi qu'une homogénéité des valeurs pour la période d'hiver (décembre - mars). Par contre, les maxima apparaissent plus clairement et la forme du graphique est plus pointue.

Deux autres différences importantes apparaissent au niveau des mois de mars et de novembre, mois pour lesquelles les données se présentent à l'inverse par rapport aux températures : dans le cas de mars, pour les précipitations, contrairement au cas des températures, il n'y a pas de changement important ni du point de vue des valeurs absolues, ni de leur distribution statistique. A l'inverse, par rapport aux températures, le mois de novembre se distingue fortement par une quantité de précipitations légèrement plus importante (c'est la période des premières chutes de neige), mais surtout par une plus grande hétérogénéité de la distribution statistique des valeurs : le rapport inter mensuel novembre/octobre de l'écart-type est de

4,88 , tandis que pour le mois d'octobre et celui de décembre ce même rapport est inférieur à 0,5 (fig. 47 et fig. 48).

D'une manière plus générale, ce qui semble différencier le plus les deux séries de graphiques (températures et précipitation) c'est la plus grande hétérogénéité de la distribution des valeurs dans le cas des précipitations. On retrouve dans cette caractéristique non pas la conséquence d'une forte différenciation des caractères morphologiques de la surface de la région (altitudes, expositions etc.) mais celle du caractère climatique continental des précipitations. Ce même élément sera mis en évidence plus loin, en présentant les histogrammes respectifs pour une période de 26 années.

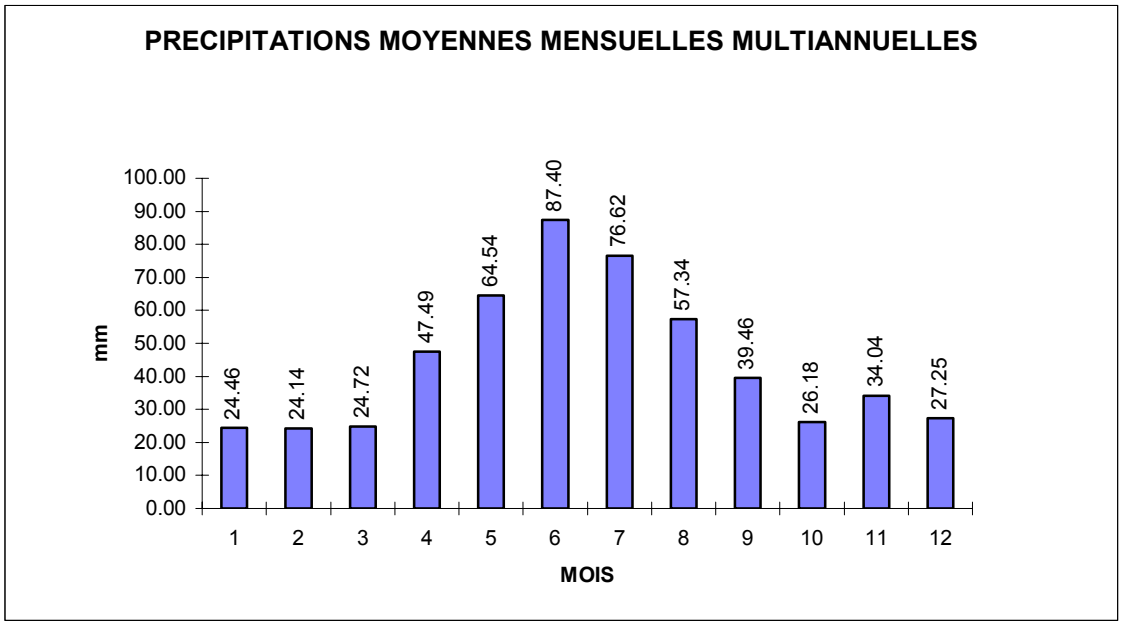


Figure 46

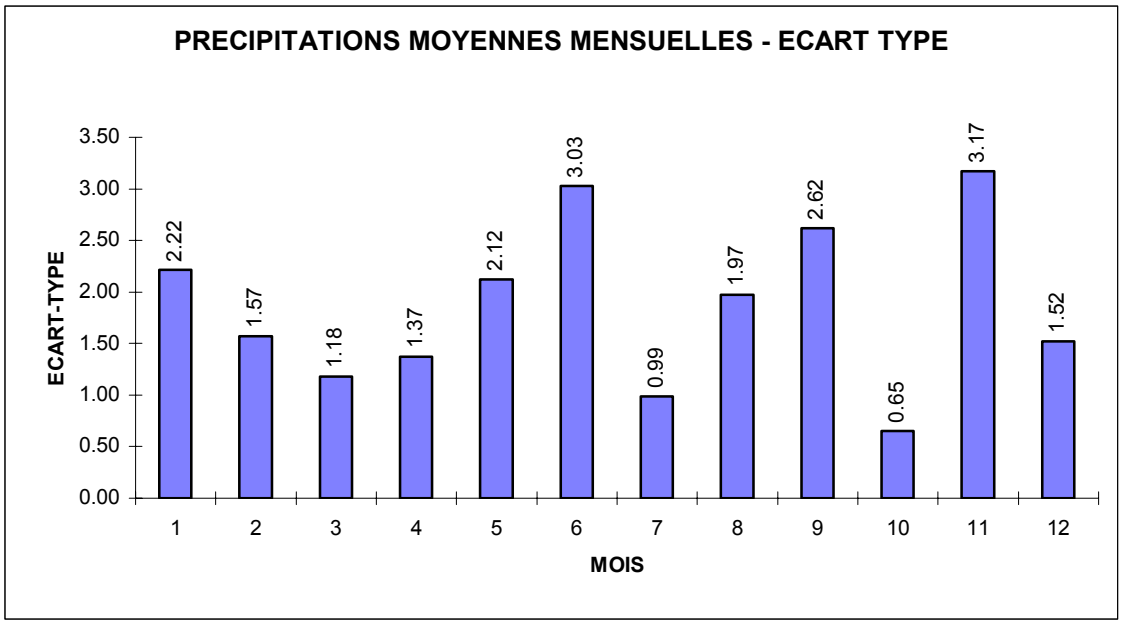


Figure 47

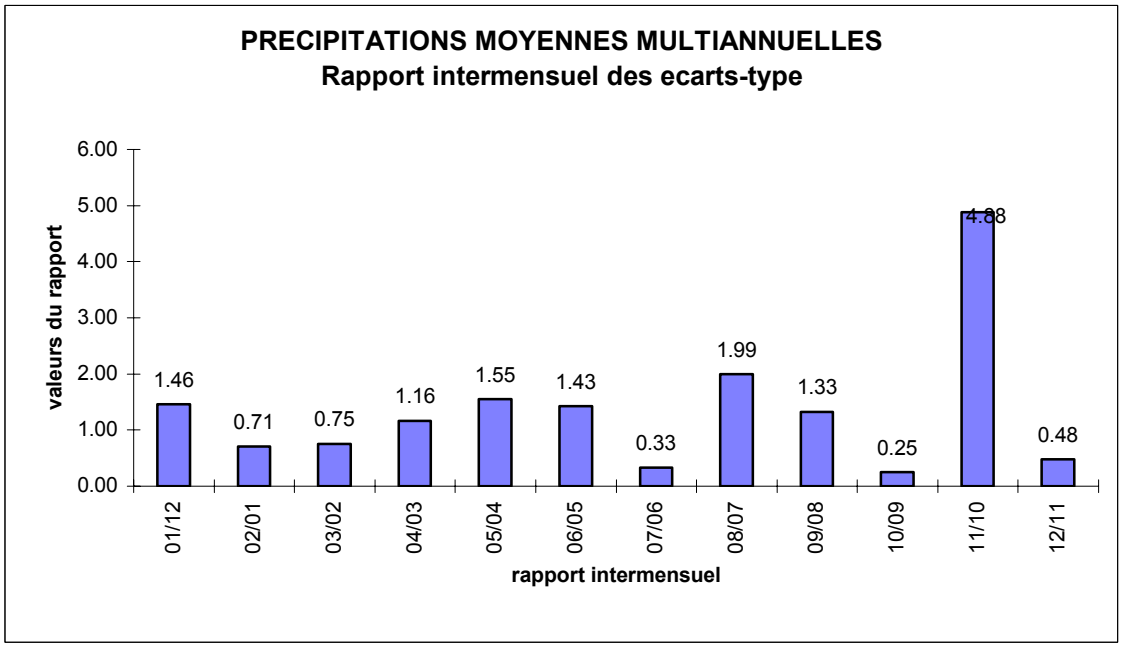


Figure 48

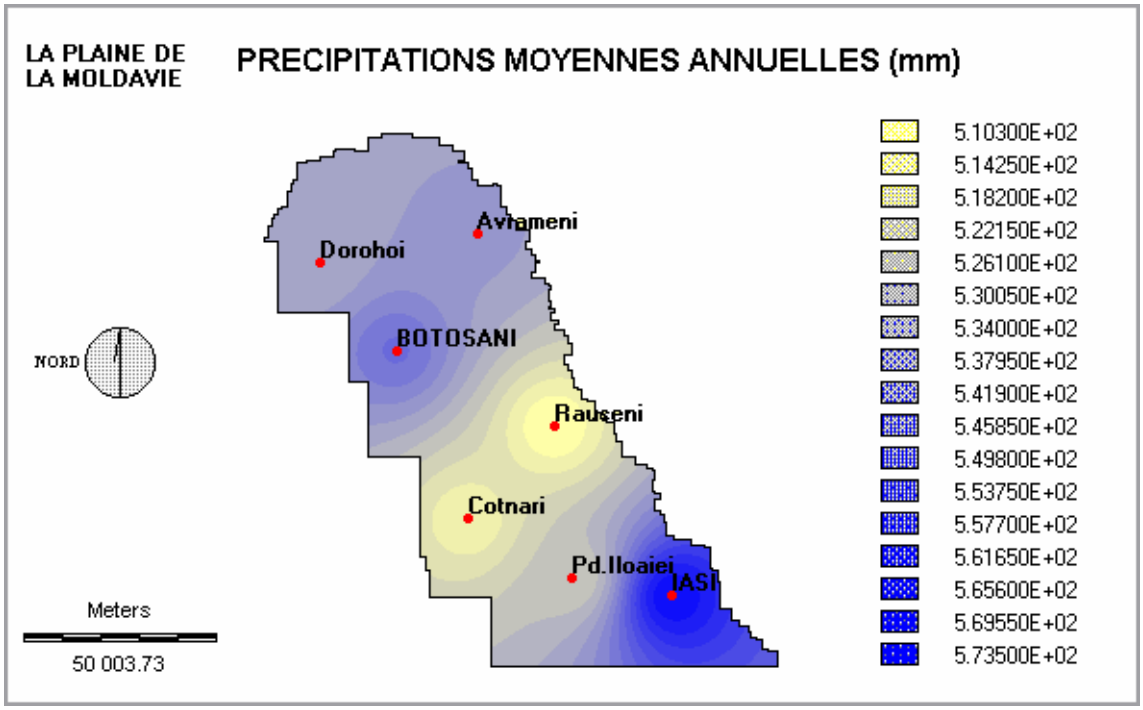


Figure 49

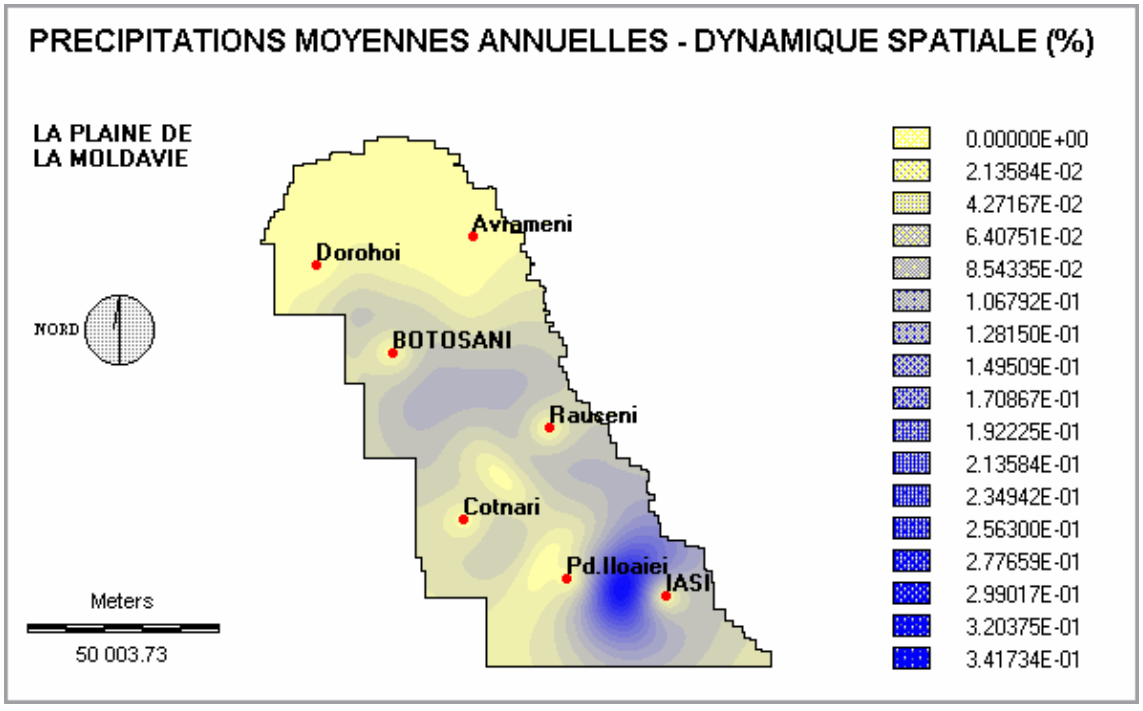


Figure 50

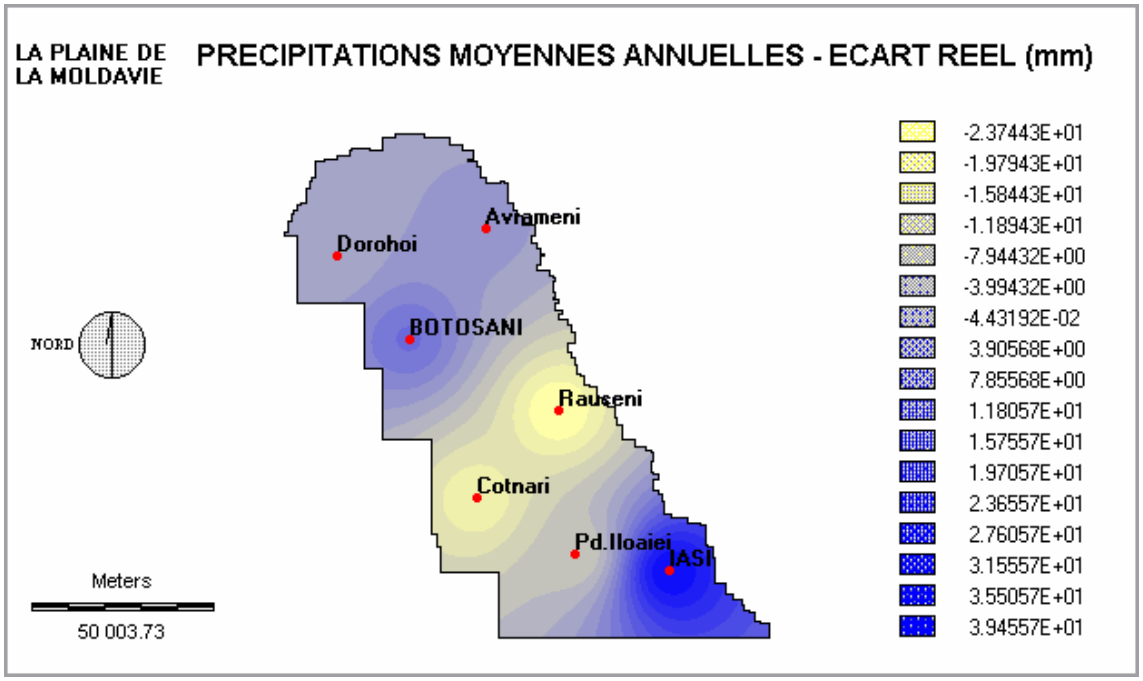


Figure 51

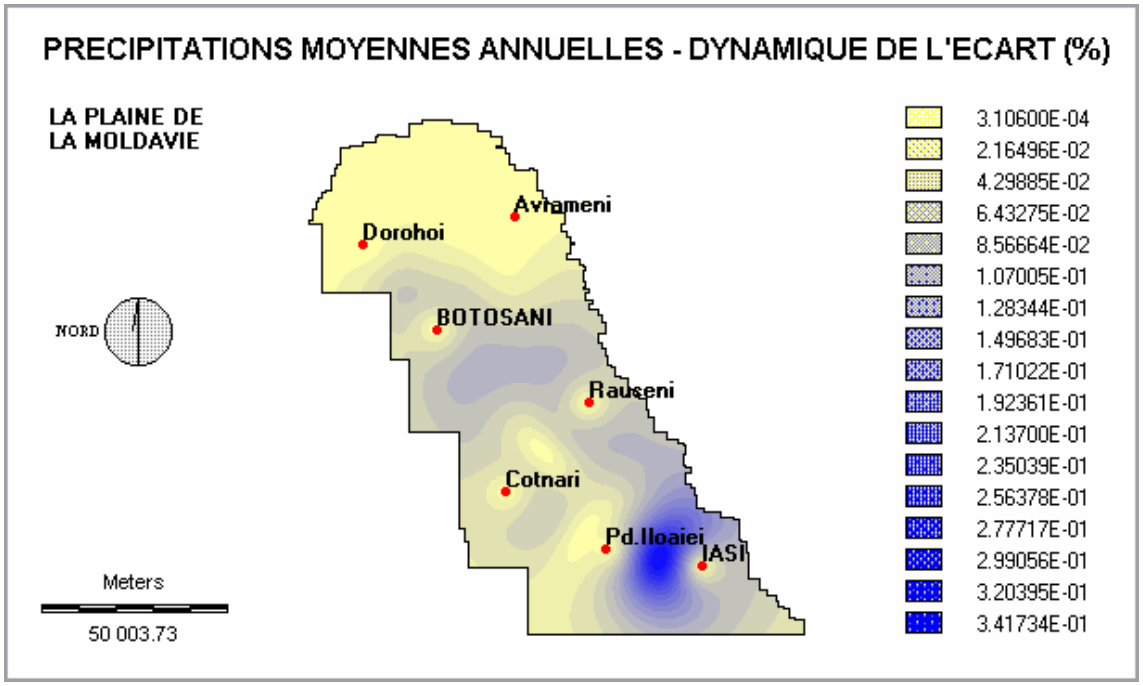


Figure 52

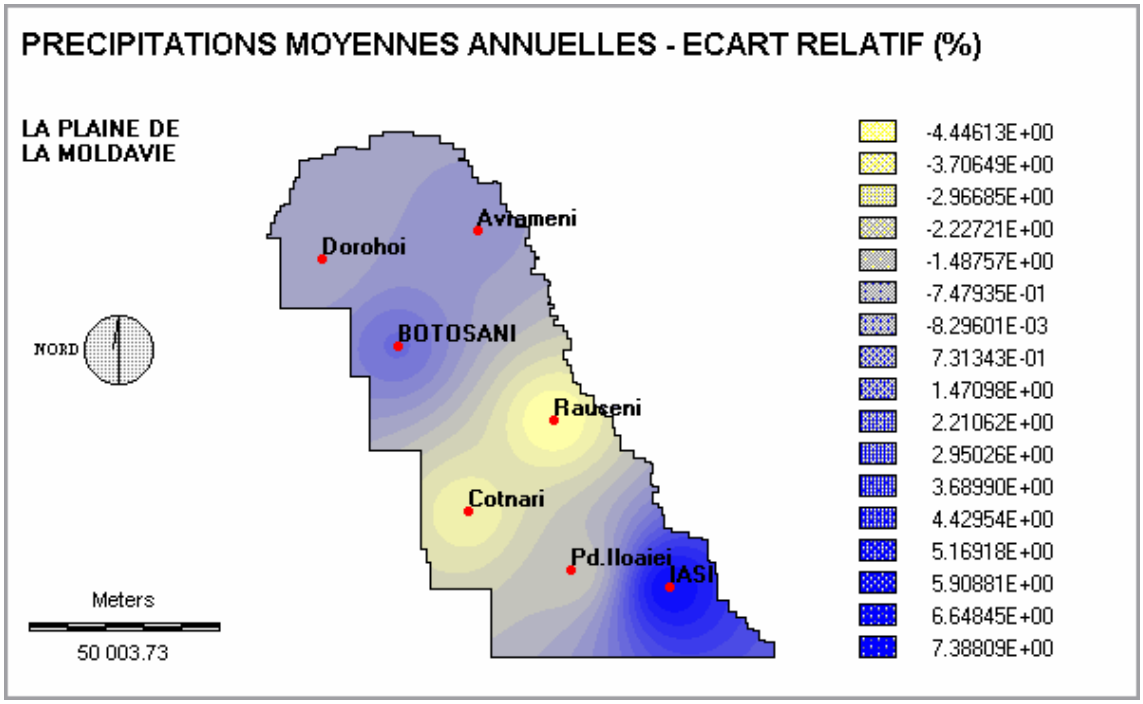


Figure 53

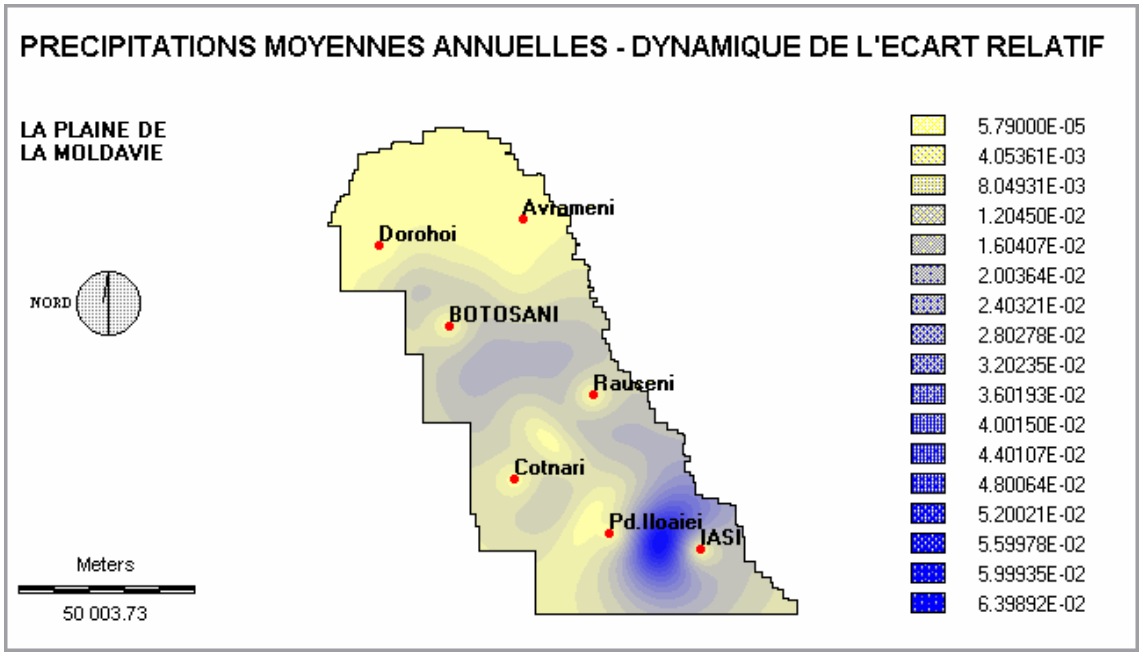


Figure 54

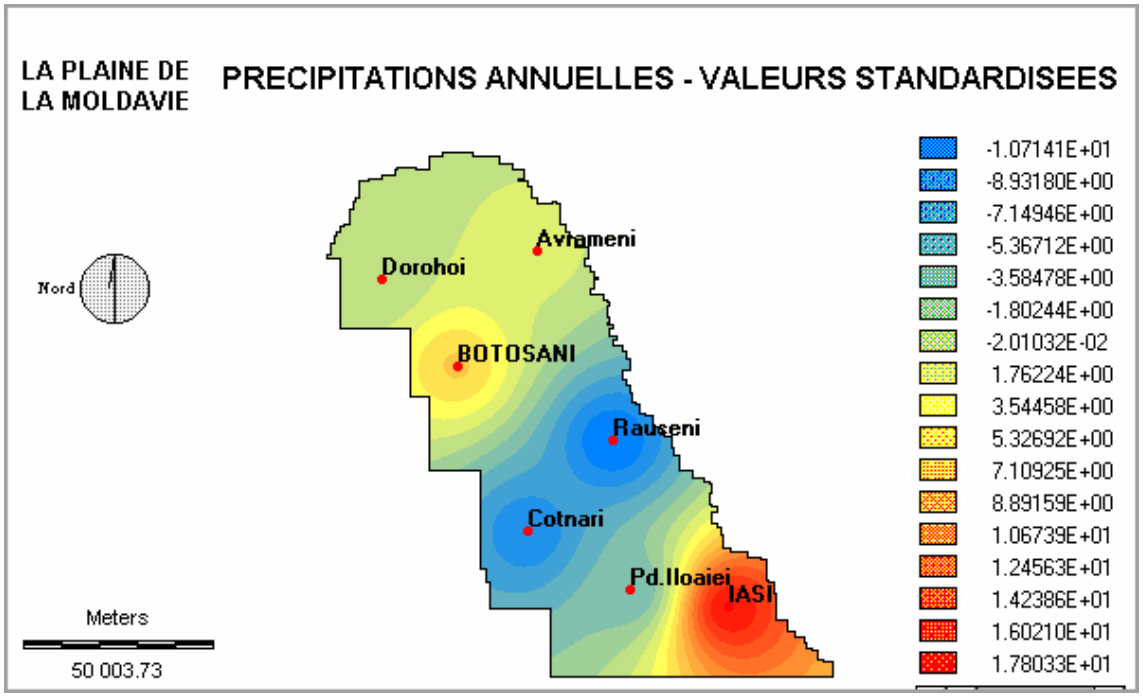


Figure 55

6.4.3.3 Températures et précipitations en janvier

Le mois de janvier est à la fois le plus froid et le plus sec de toute l'année. Les températures moyennes multiannuelles (fig. 56) augmentent constamment du nord vers le sud, tandis que pour les précipitations (fig. 65), cette tendance est interrompue par une région plus sèche dans la partie centrale de la plaine.

Les deux éléments présentent des écarts relatifs dont les valeurs sont assez proches (fig. 60 et 69), mais qui sont très différents en ce qui concerne la dynamique spatiale des valeurs (fig. 61 et 70).

Les deux cartes de cette dynamique spatiale mettent en évidence, pour les températures et les précipitations à la fois (fig. 57 et 66), les parties de la plaine où l'on enregistre les plus fortes modifications des valeurs de ces deux éléments. En regardant les cartes de valeurs moyennes de ces deux composantes, nous remarquons le fait que ces parties à forte dynamique spatiale

correspondent, d'une manière générale, aux zones de séparation entre les territoires qui sont en dessus de la moyenne mensuelle et ceux qui sont en dessous de celle-ci. Nous remarquons la différenciation nord-sud qui se fait sentir dans le cas des précipitations et les variations plus prononcées est-ouest enregistrées dans le cas des températures, ainsi que la différenciation qui existe entre les parties internes de la plaine et la bordure des plateaux environnants.

Toujours pour le mois de janvier (comme, d'ailleurs pour tout le reste de l'année), nous avons dressé le même type de cartes pour une période de 26 ans, soit de janvier 1967 à décembre 1992, avec l'objectif de saisir, si possible, certaines tendances dans l'évolution climatique. Ces cartes, dont le nombre est trop important pour qu'elles puissent être présentées dans cet ouvrage même si elles ne couvrent pas une période très longue, montrent une tendance cyclique surtout au niveau des températures. Pour prouver ce fait, nous avons pourtant dressé des histogrammes pour les stations météorologiques prises en compte et qui, bien que moins nombreuses que les cartes, montrent la même tendance.

Les deux histogrammes présentés, pour Iaşi et Avrămeni (fig. 63 et 64), montrent une relative périodicité dans l'évolution des températures.

Les deux courbes de tendance pour les températures, qui ressemblent à celles des autres stations, montrent un réchauffement quasi-constant pour cette période de l'année. Une exception est représentée par le début des années "80", où l'on observe un léger refroidissement amorcé vers la fin des années "70". Les périodes de réchauffement sont marquées, pourtant, par des années très froides (ex : 1969, 1972, 1987) en dehors des années très froides "normales" (températures très basses durant une période de refroidissement (ex : 1980, 1985). D'ailleurs, l'hiver 1984/1985 a été extrêmement rude pour toute la Roumanie, car on a enregistré le minimum absolu pour tout le pays (-40,2°C à Sf.Gheorghe, dans une dépression des Carpates Orientales).

Les courbes de tendance des précipitations (fig. 72 et 73), qui sont presque parallèles pour les différentes stations pour une période donnée, montre la même périodicité. On observe aussi que pour une tendance de refroidissement correspond une légère hausse des précipitations. Autrement dit, les hivers froids sont le plus souvent accompagnés de fortes chutes de neige. Un autre aspect à constater : l'amplitude des courbes, plus importante au nord qu'au sud, donc une nuance de continentalité, plus accentuée dans le cas de la station d'Avrămeni.

Une analyse plus détaillée de l'histogramme et de la courbe de tendance d'Avrămeni montre une périodicité d'environ 15 années : autant pour les températures que pour les précipitations, en corrélation avec les cycles solaires dont le dernier maximum remonte à 1992. Aux minima des tendances thermiques de 1969 et 1983 correspondent des maxima pluviométriques, tandis qu'aux maxima thermiques de 1975 et 1992 correspondent des minima pluviométriques. Soit une période de 7-8 ans entre deux inflexions de la courbe (1969-1975, 1975-1983, 1983-1992). A une année près, nous observons la même situation pour la station de Iaşi. Donc, suivant ce raisonnement, nous devrions avoir une période extrêmement chaude et sèche vers 1999-2000. Peut-on considérer ces propos, la méthode et les résultats obtenus, énoncés en 1995, validés par la réalité, en raison des événements climatiques de 1999-2000 ? A savoir, la plus forte sécheresse depuis celle de 1946-1947 et records de température pour toute la Roumanie ? Nous croyons que « oui ».

Pour l'année 1992 on remarque aussi, d'une part, la tendance décroissante de la courbe des températures et, d'autre part, une amorce d'augmentation des précipitations très claire à Iaşi.

Un autre aspect qui nous semble plus intéressant mais que, malheureusement, nous n'avons pas pu analyser de plus près, concerne le décalage entre les pics pluviométriques et thermiques. C'est un élément que nous pouvons remarquer sur les histogrammes de Iaşi, au début des années "70" : le minimum pluviométrique semble apparaître *avant* le maximum thermique ce qui permettrait, pour des séries longues de données, de cerner certaines lois d'évolutions utiles dans les prévisions climatiques. L'autre décalage apparaît entre les deux stations en ce qui concerne les températures : le maximum de la courbe de tendance semble

atteint à Iaşi une année avant Avrămeni (ex : 1991 au lieu de 1992), l'explication pouvant se trouver dans la différence de latitude (presque 1° entre les deux stations). Nous nous posons donc la question de savoir si, pour prévoir un réchauffement climatique, nous devons surveiller plutôt les stations météorologiques situées au sud de la région. Pour les précipitations, la situation est inversée : le maximum semble atteint plus tôt au nord qu'au sud (ex : 1983 à Avrămeni et 1984 à Iaşi).

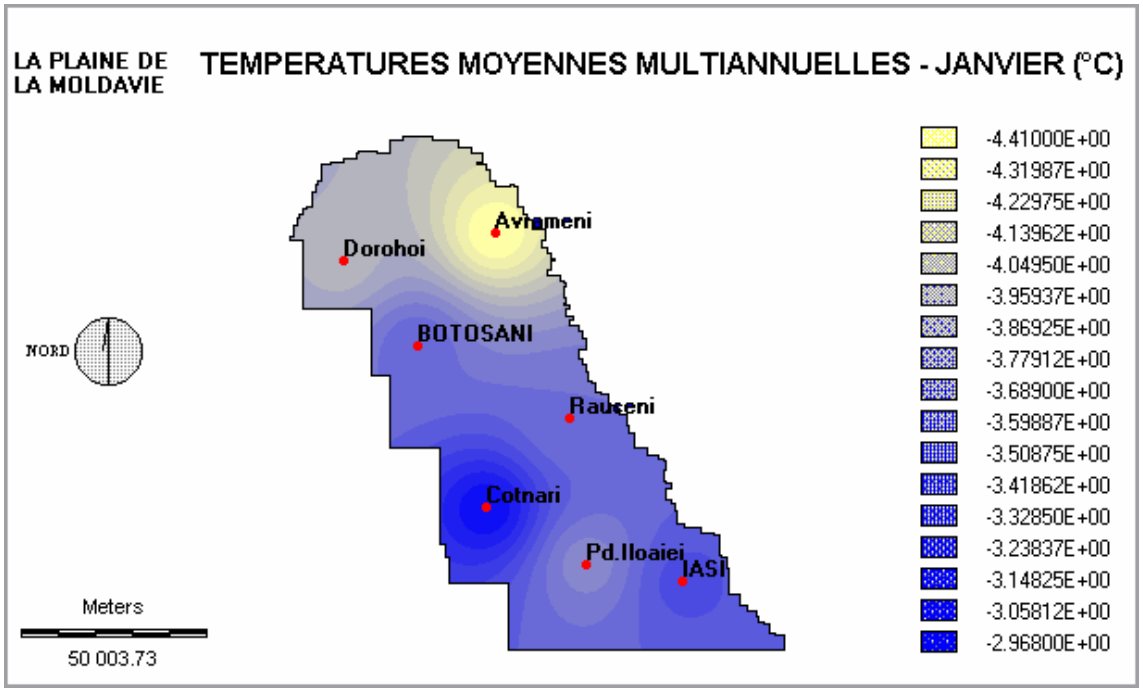


Figure 56

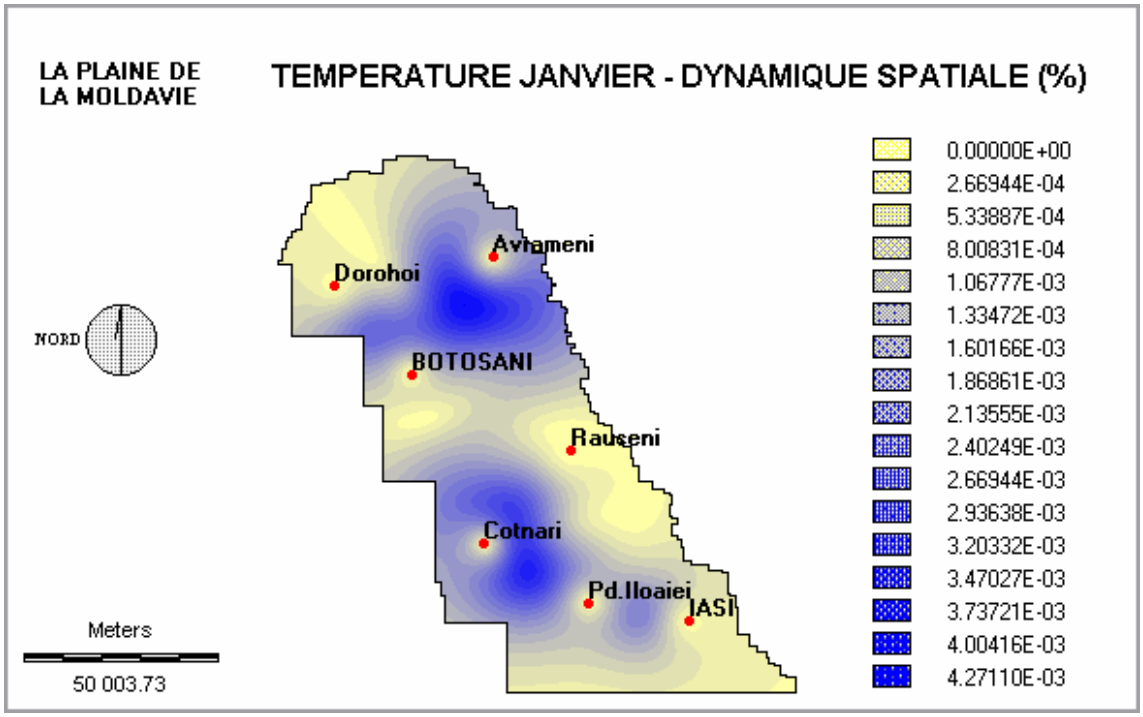


Figure 57

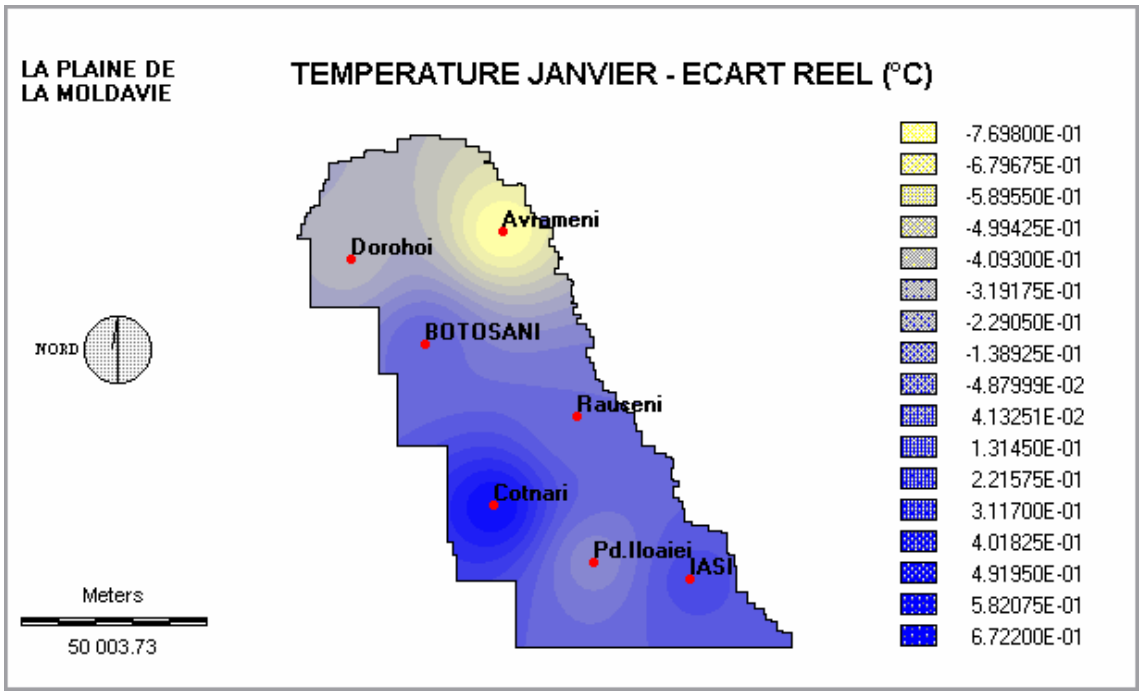


Figure 58

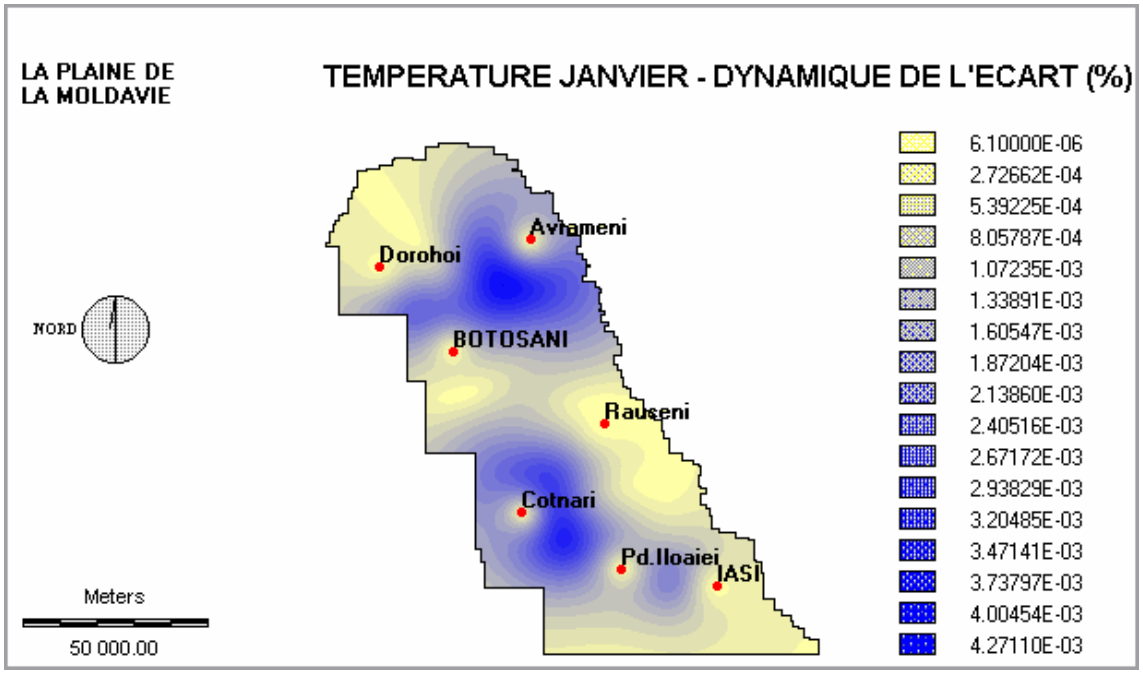


Figure 59

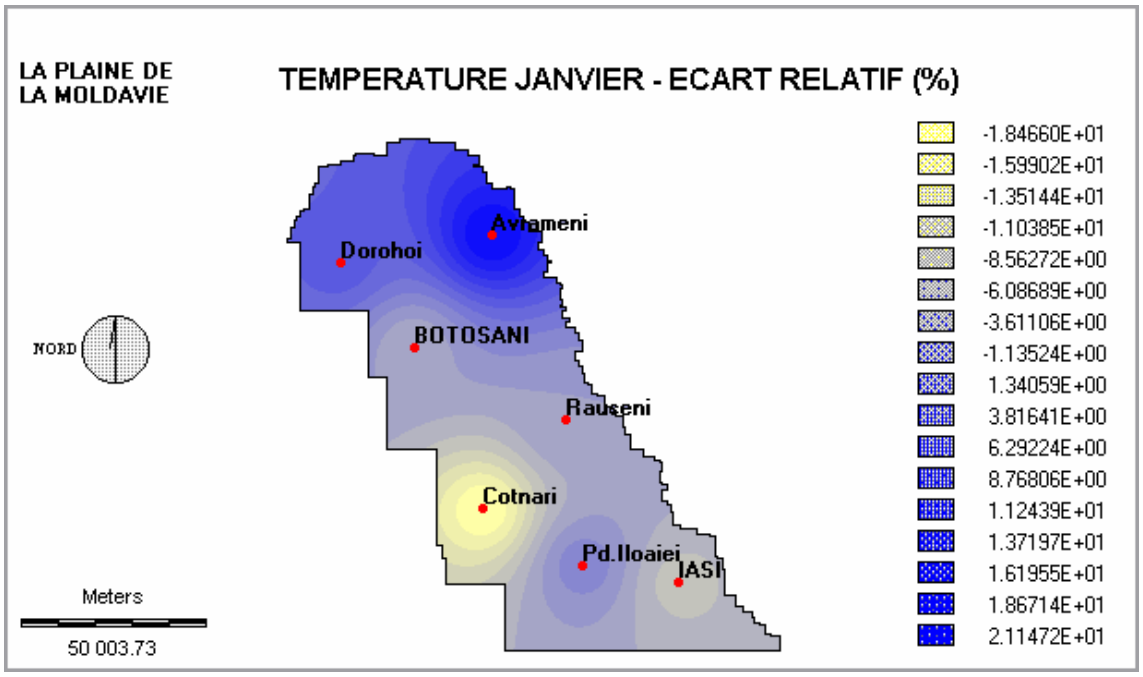


Figure 60

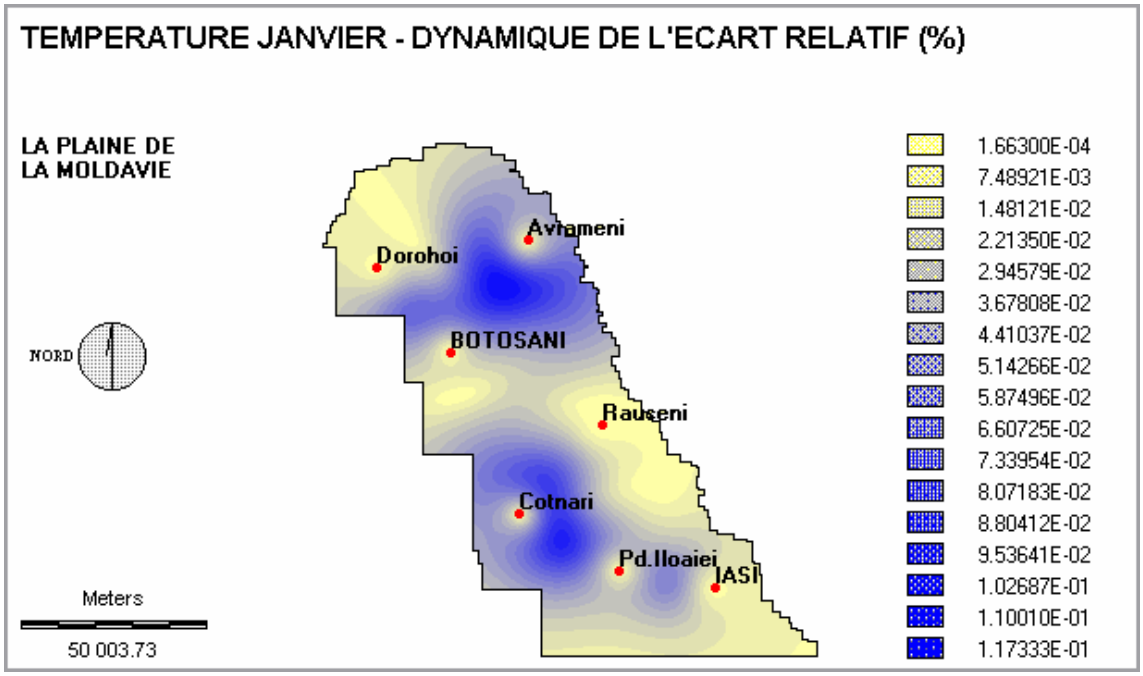


Figure 61

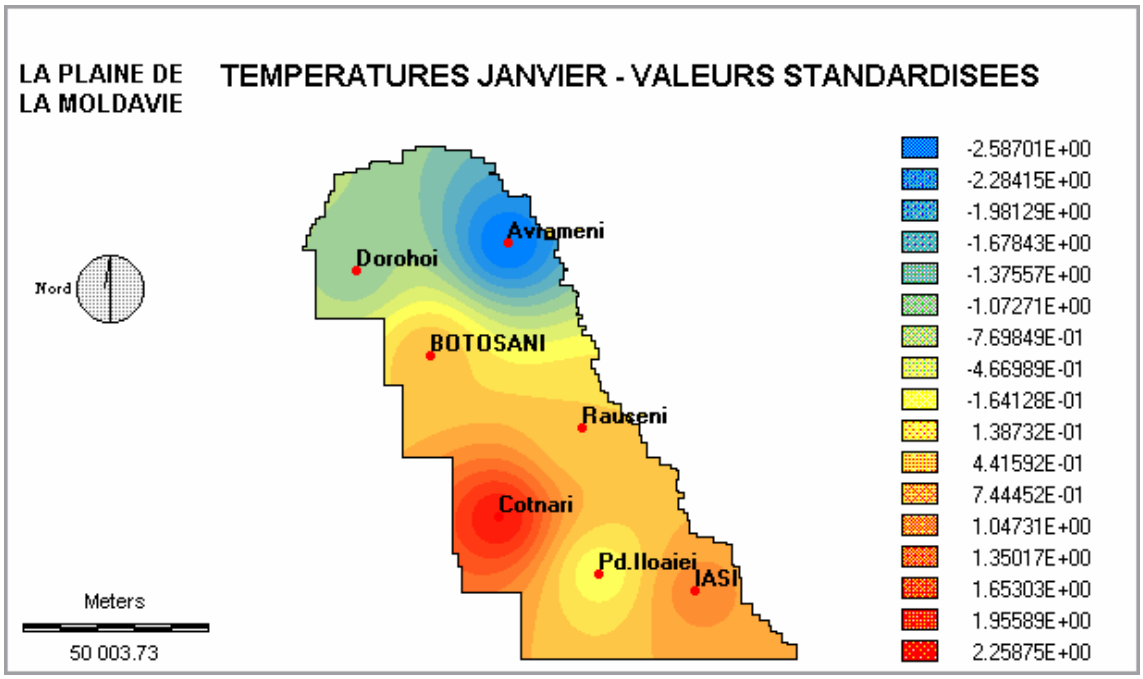


Figure 62

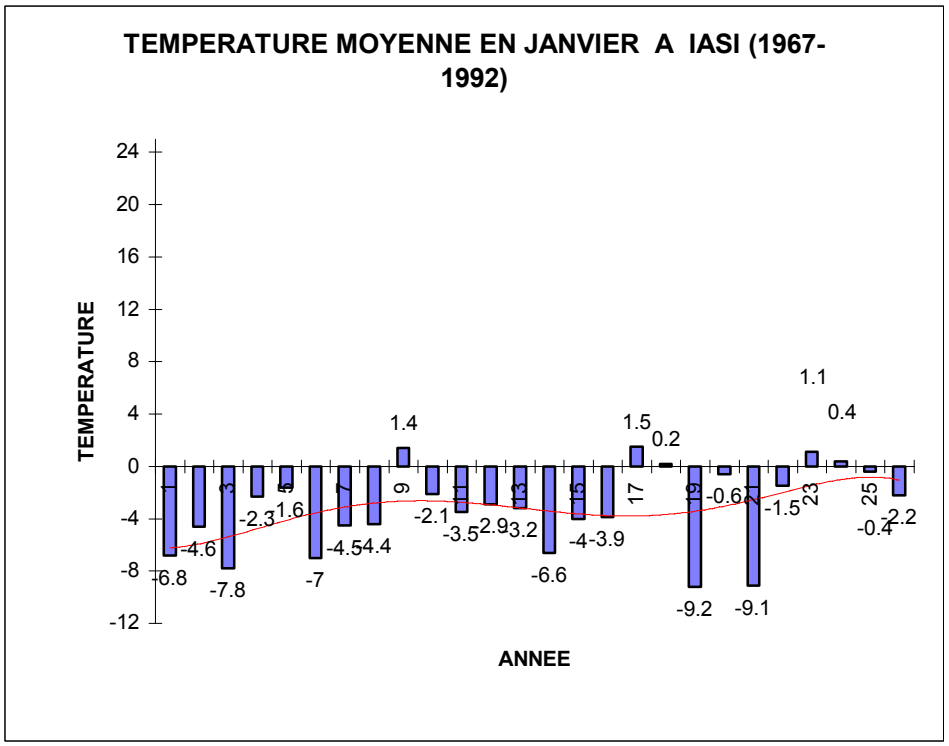


Figure 63

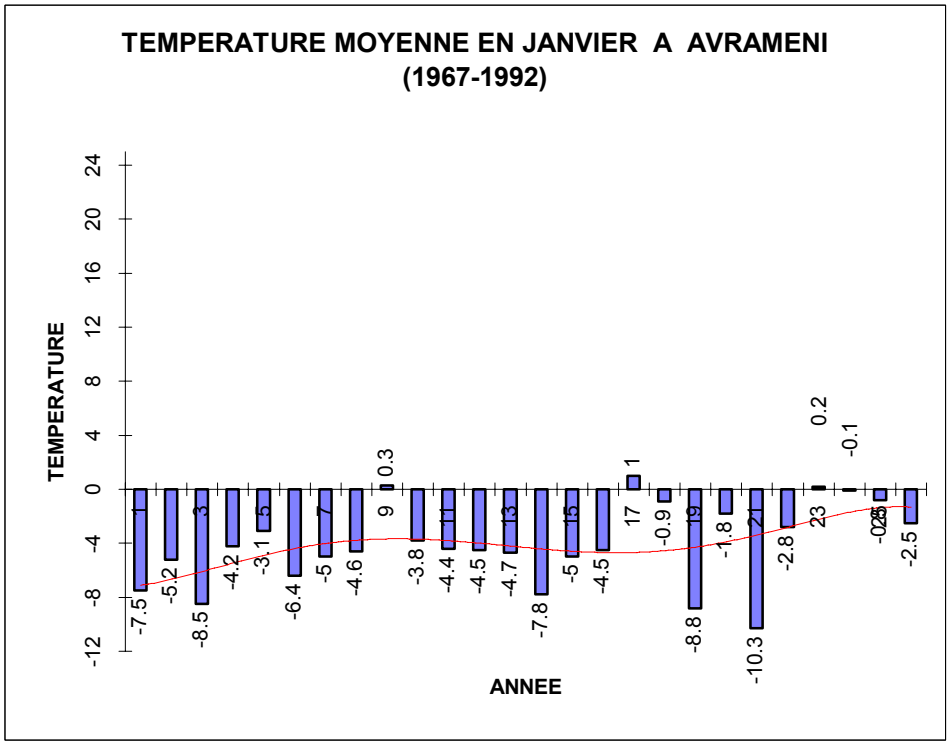


Figure 64

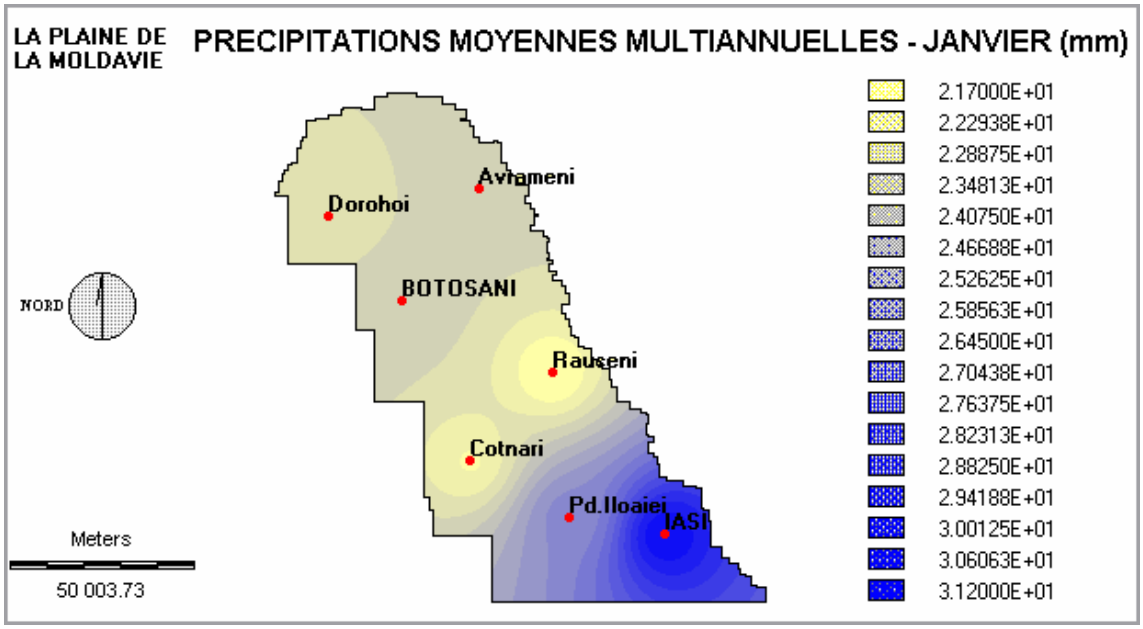


Figure 65

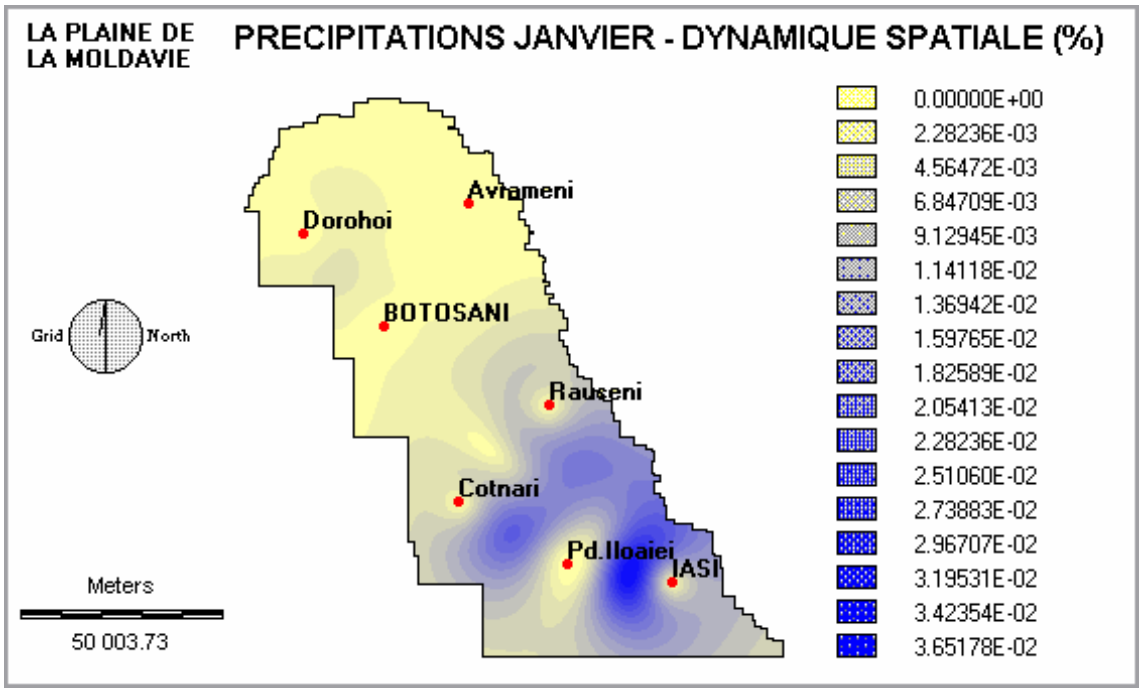


Figure 66

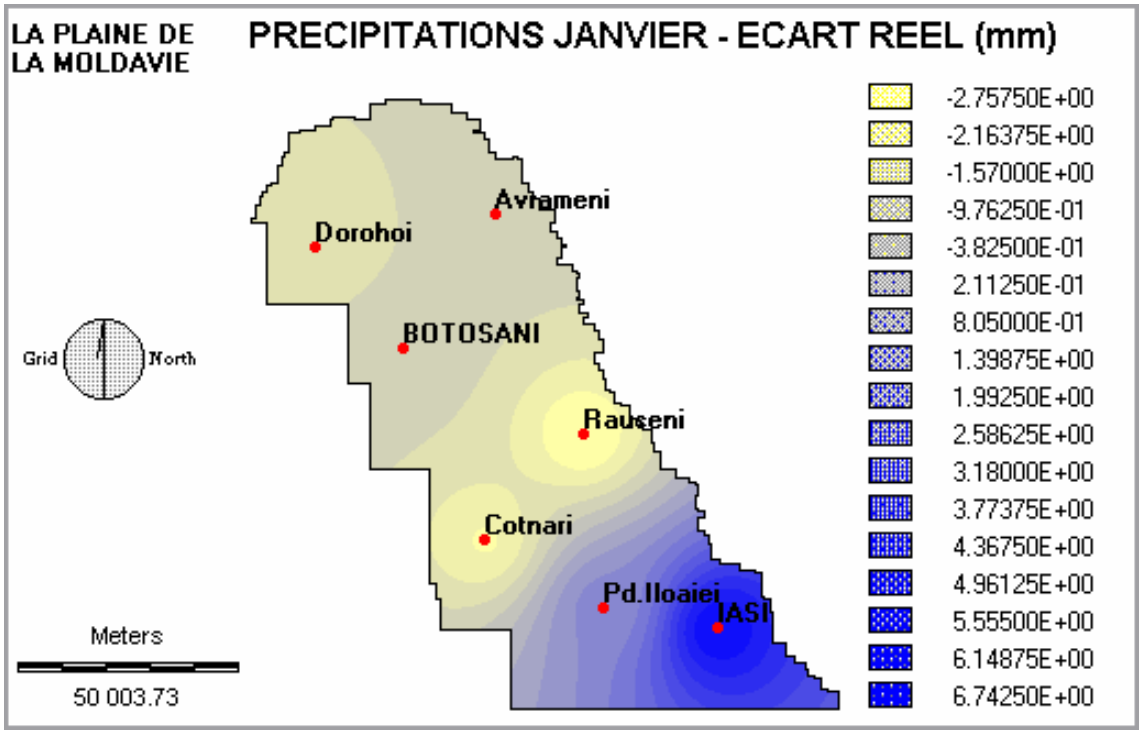


Figure 67

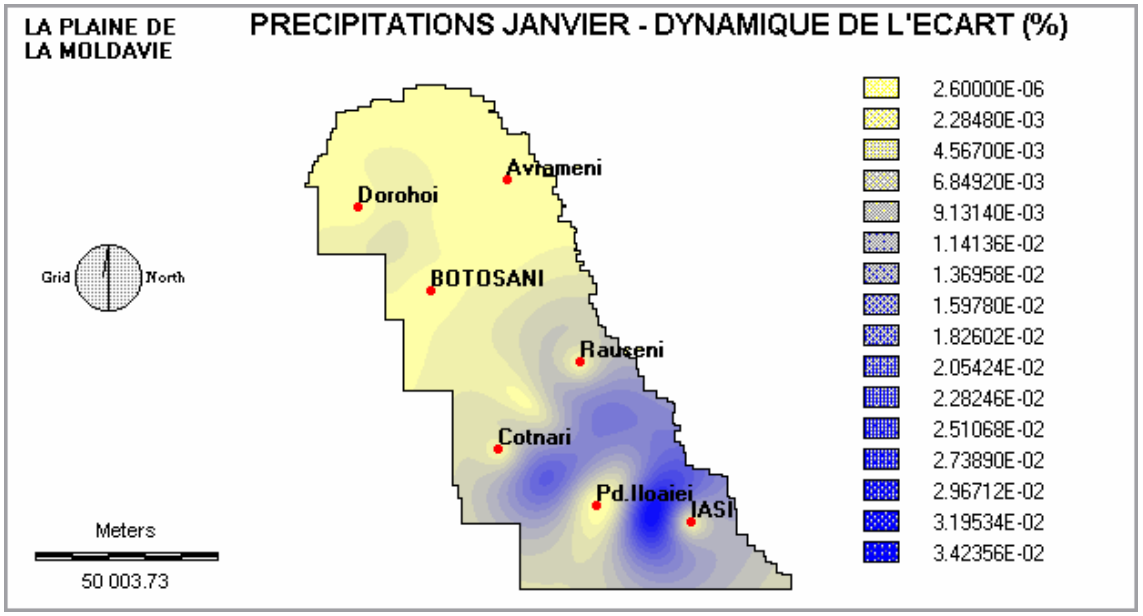


Figure 68

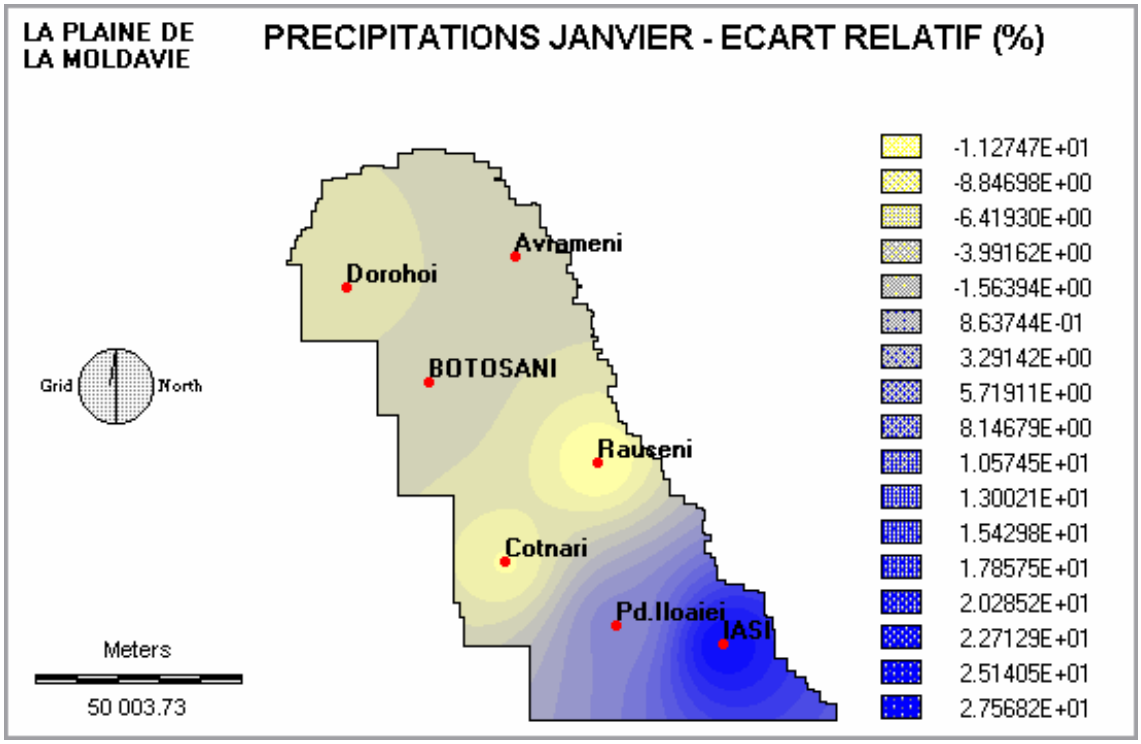


Figure 69

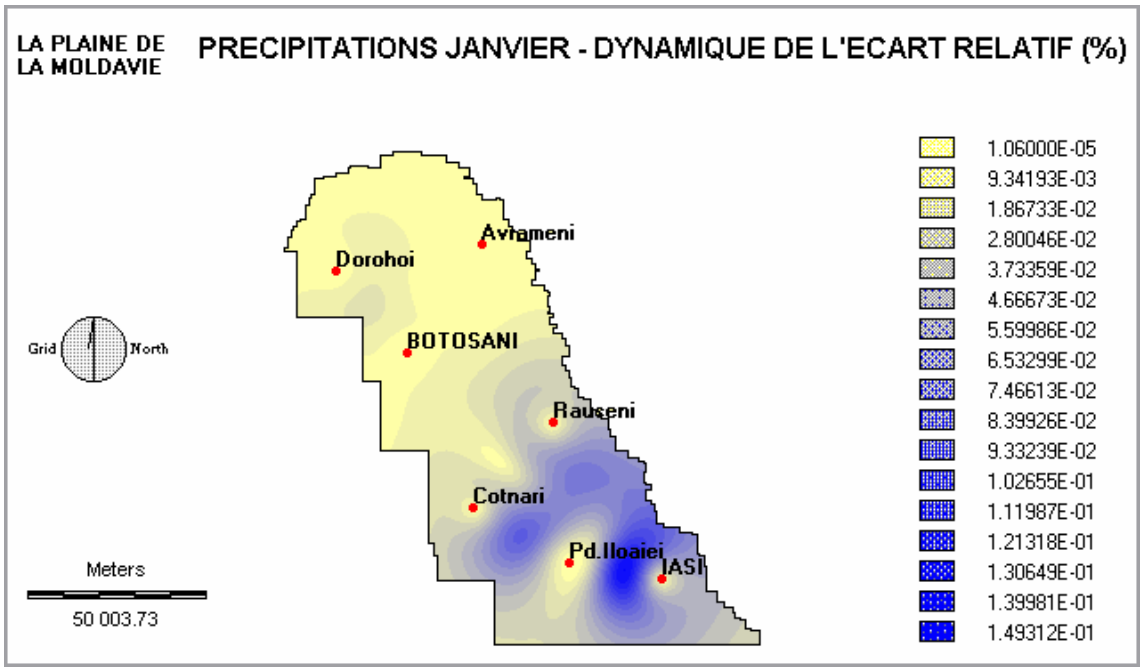


Figure 70

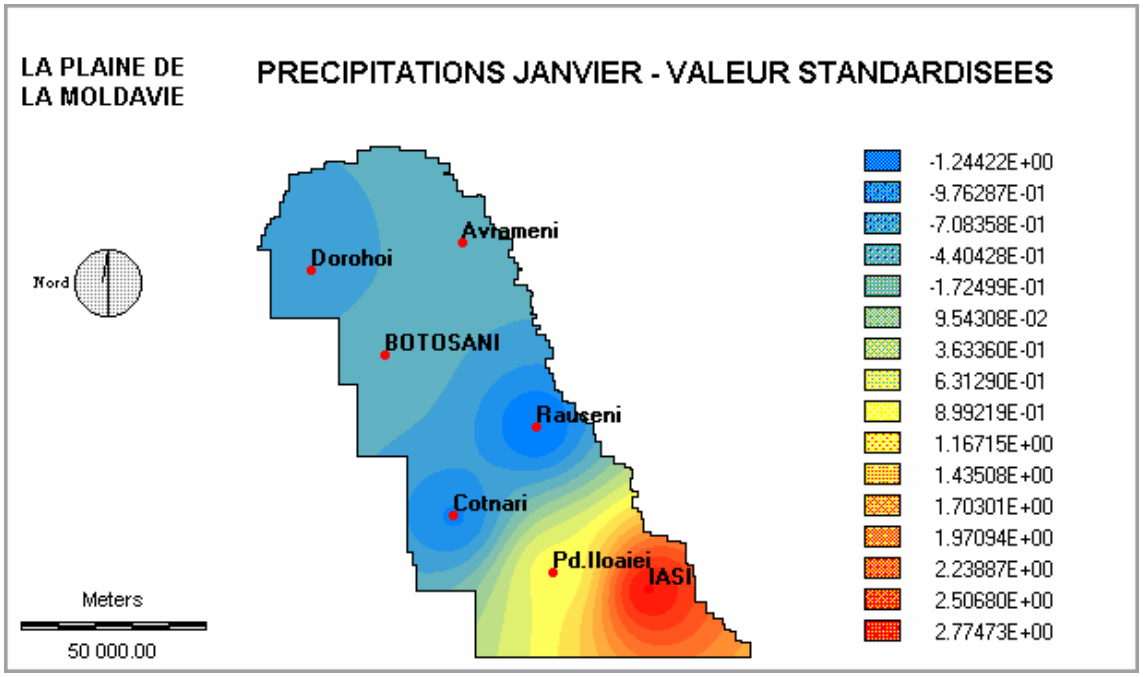


Figure 71

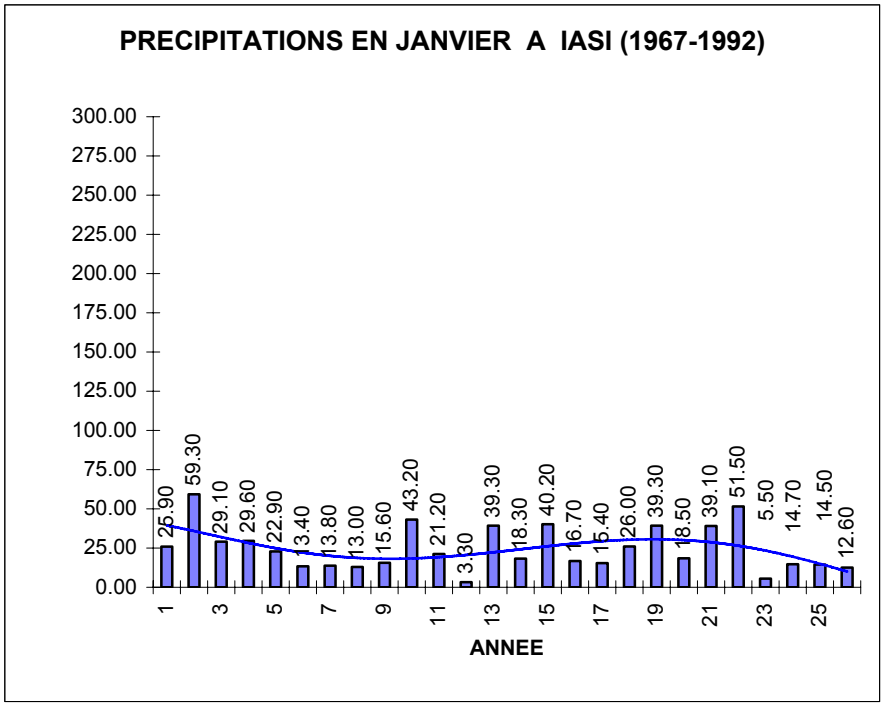


Figure 72

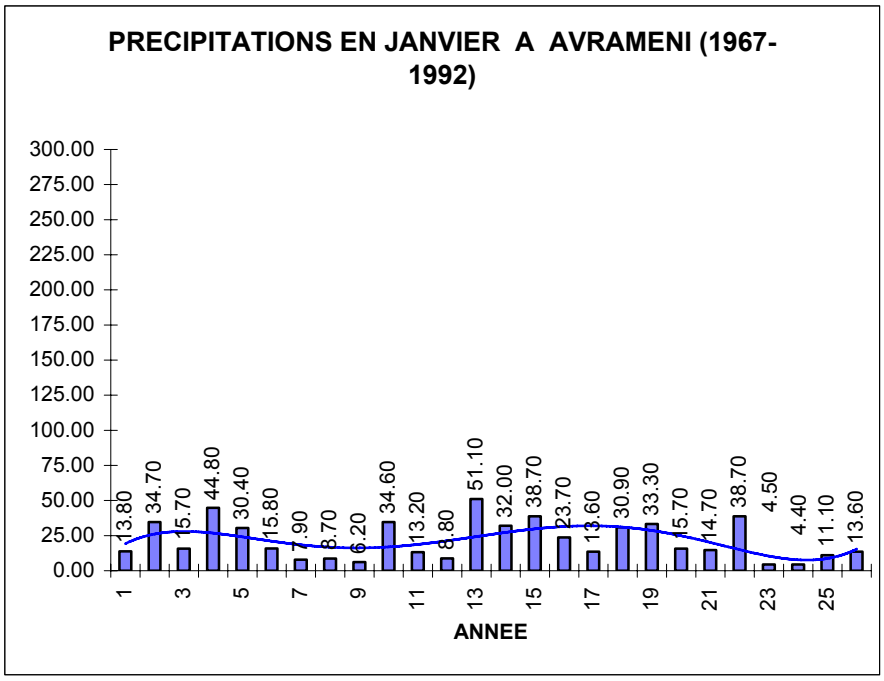


Figure 73

6.4.3.4 Températures et précipitations au mois de juillet

L'été bat son plein sur toute la plaine. Les températures sont au maximum, la chaleur est souvent écrasante. Lorsqu'il pleut, il s'agit d'averses fortes mais, tout de suite après, le soleil reprend sa place et remet tout au sec.

Les températures moyennes dépassent les 20°C pour dans la moitié sud et approchent de très près cette valeur au nord, pour donner un résultat final égal à 20,11°C (fig. 74). Leur distribution statistique est presque identique à celle de juin, avec un écart-type de 0,36 (soit un rapport inter mensuel de 0,99). La distribution spatiale des valeurs , à son tour, est la même que pour le mois précédent. Du point de vue des écarts (fig. 78 et 85), à part une très légère augmentation, il n'y a pas de modifications non plus, ce qui est également le cas pour la dynamique spatiale des valeurs (fig. 79 et 86).

Les précipitations (fig. 81), à l'inverse des températures, amorcent une baisse qui continuera jusqu'en février, même si elles restent assez proches des valeurs du mois de juin (76,62 contre 87,40 mm). La distribution statistique des valeurs est, pourtant, beaucoup plus homogène, l'écart-type étant un des plus faibles (0,99 contre 3,03 pour juin).
Du point de vue de la distribution spatiale des valeurs, nous pouvons remarquer trois régions de changement dans un contexte qui, par ailleurs, reste inchangé. Ces régions concernent les alentours de Iaşi, Cotnari et Dorohoi : elles passent de précipitations très élevées en juin, aux valeurs les plus faibles, pour toute la plaine, en juillet.

Ce renversement se traduit par un autre, au niveau des écarts qui, par suite de la baisse générale des précipitations pour le mois courant, sont moins importants que ceux de juin aussi bien en valeur relative qu'en pourcentage.
L'inversion du sens de l'écart pour les régions mentionnées, malgré un aspect visuel inchangé des cartes classiques, entraîne une modification dans la dynamique spatiale des précipitations. Pour le mois courant, la partition de la plaine est moins claire qu'en juin. La zone de forte dynamique qui partageait le territoire selon un axe nord-sud est faiblement représentée, sauf à ses extrémités NW et SW (fig. 75 et 82). En plus, il y a une augmentation de la dynamique entre Dorohoi et Avrămeni et, d'une manière plus générale, pour le quart nord du territoire. En revanche, les parties centrales (au SW de Răuseni, vers Plugari, Coarnele Caprei, dans la direction de Cotnari) sont plus homogènes du point de vue de la quantité de précipitations reçues.

Encore une fois, nous observons sur ce type de carte la mise en évidence du contact entre la plaine et la bordure haute, vers l'ouest, par des valeurs légèrement plus élevées de la dynamique spatiale des précipitations et des températures.

L'aspect des cartes en valeurs standardisées nous évoque une partition de la plaine en deux secteurs, dans le cas des températures (fig. 62 et 80), et quatre secteurs, dans le cas des précipitations (fig. 71 et 87).

Pour les températures, la ligne de partage part de Ştefăneşti (dans la vallée du Prut), passe par la dorsale collinaire Copalău – Cozancea – Guranda et tourne vers le sud, en suivant le contact morphologique de la plaine avec la Cime du Siret sur un trajet qui passe par Hîrlău – Cepleniţa – Cucuteni.

La partition selon les précipitations se fait en quatre bandes, orientées NE-SW. Une première limite, passant par Rădăuţi-Prut – Mileanca – Corlăteni, sépare le NW de la partie centre-nord. Une deuxième limite (Manoleasa – Mihălăşeni – Truşeşti – Copălău), qui suit partiellement le trajet de la dorsale Copălău – Cozancea – Guranda, coupe la plaine par son milieu, une région plus sèche s'étendant au sud de cette limite. Enfin, la séparation entre la partie centrale-orientale et le sud-est de la plaine, moins évidente, se fait au long d'une ligne qui passe par Trifeşti – Popricani – Durneşti (au SE de Podu Iloaiei).

L'évolution des températures et des précipitations à long terme est analysée toujours pour les stations de Iaşi et Avrămeni.
L'aplatissement des courbes de tendance des températures pour ces deux stations est tel qu'il est difficile à saisir des différences entre les deux. Ces courbes sont parallèles d'un bout à l'autre, donc une évolution identique affecte l'élément climatique considéré, mais suivant des valeurs d'état (température réelle) différant de 1-2°C. Les barres de l'histogramme ont des hauteurs qui varient parallèlement pour les deux stations, presque d'un bout à l'autre de la période.
Les deux courbes, bien que très aplaties, suivent l'allure de leurs homologues pour le mois de janvier.

La situation pour les précipitations diffère beaucoup de celle des températures (fig. 88 et 89). Les amplitudes des courbes de tendance sont très fortes, avec un maximum de la dynamique (pente) pour la période 1967-1970. D'ailleurs, en 1969 et 1970, période de fortes inondations en Roumanie, ont été enregistrés les débits maxima sur les rivières de cette région de plaine.
Un autre aspect est étonnant : le pic des précipitations sur la courbe de tendance de juin se situe, pour ces deux stations, vers 1984-1985, c'est-à-dire tout à fait à l'autre bout du

graphique, à 10-11 ans d'intervalle, dans les conditions où la succession de périodes pluvieuses et sèches reste la même. Pourrions-nous appuyer sur ce type de comparaison pour faire des prévisions climatologiques à très long terme ? Ou des reconstituions climatiques, pour des périodes antérieures au début des enregistrements de données d'une manière systématique ?

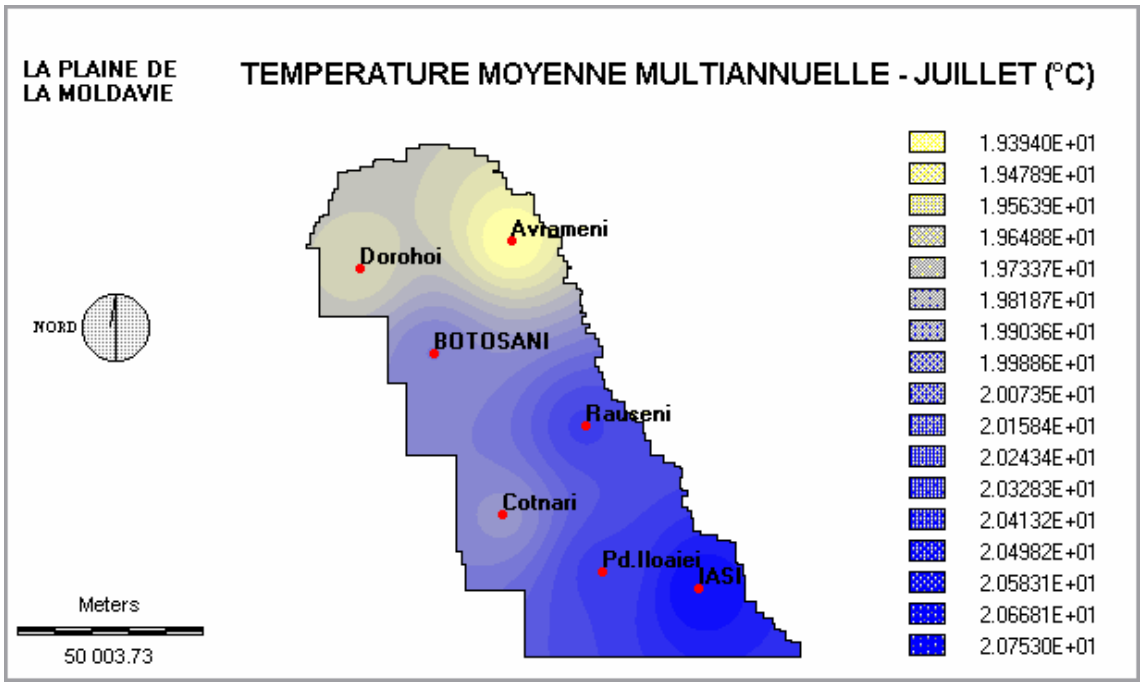


Figure 74

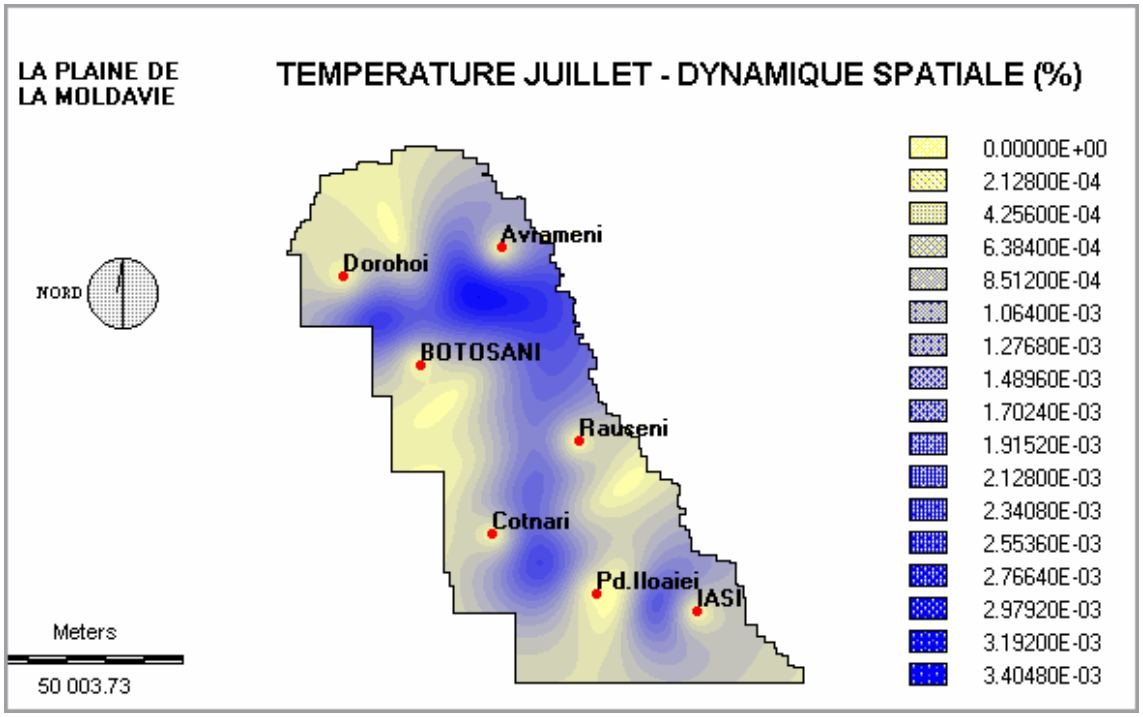


Figure 75

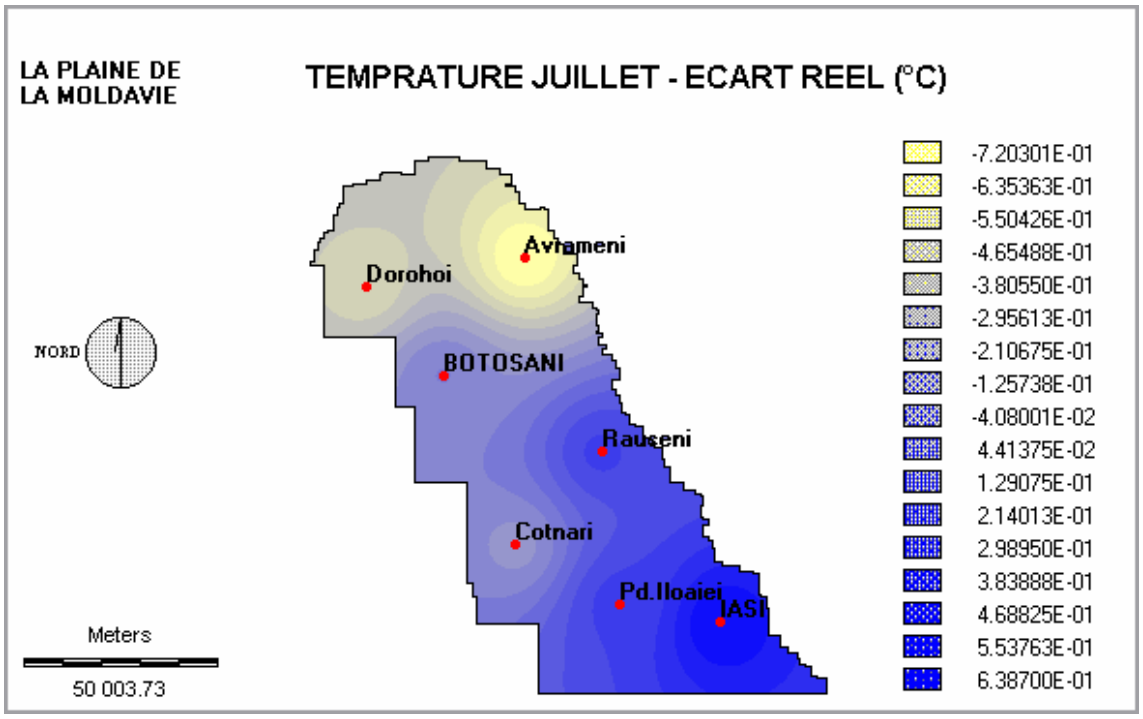


Figure 76

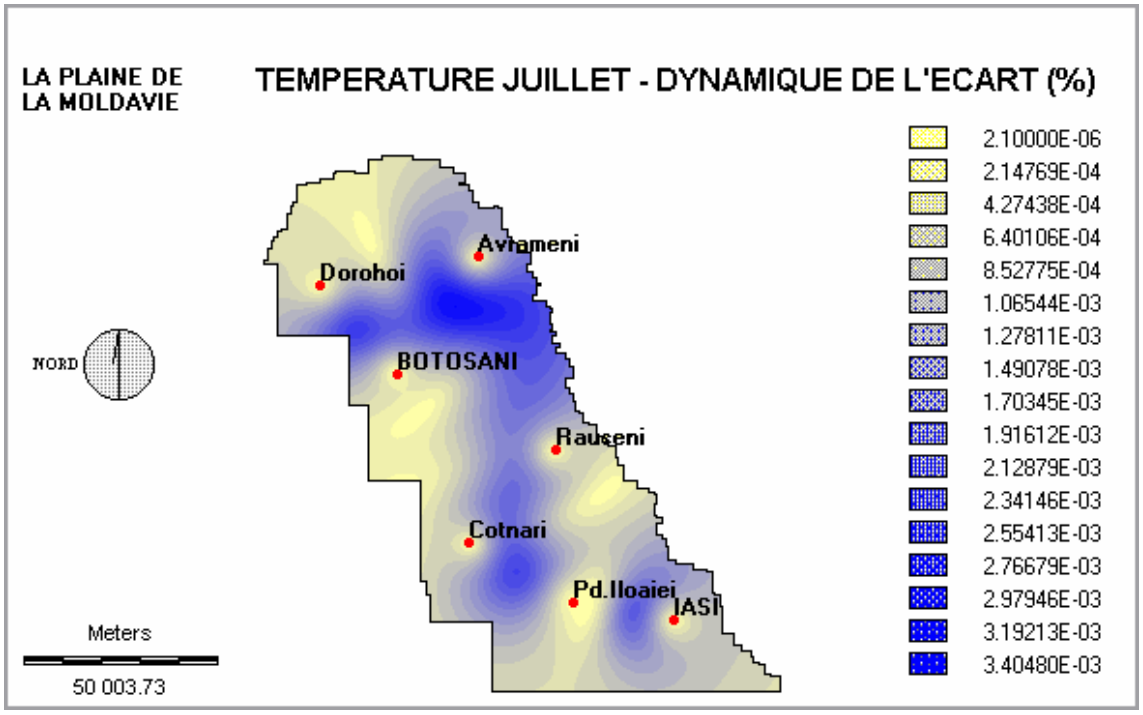


Figure 77

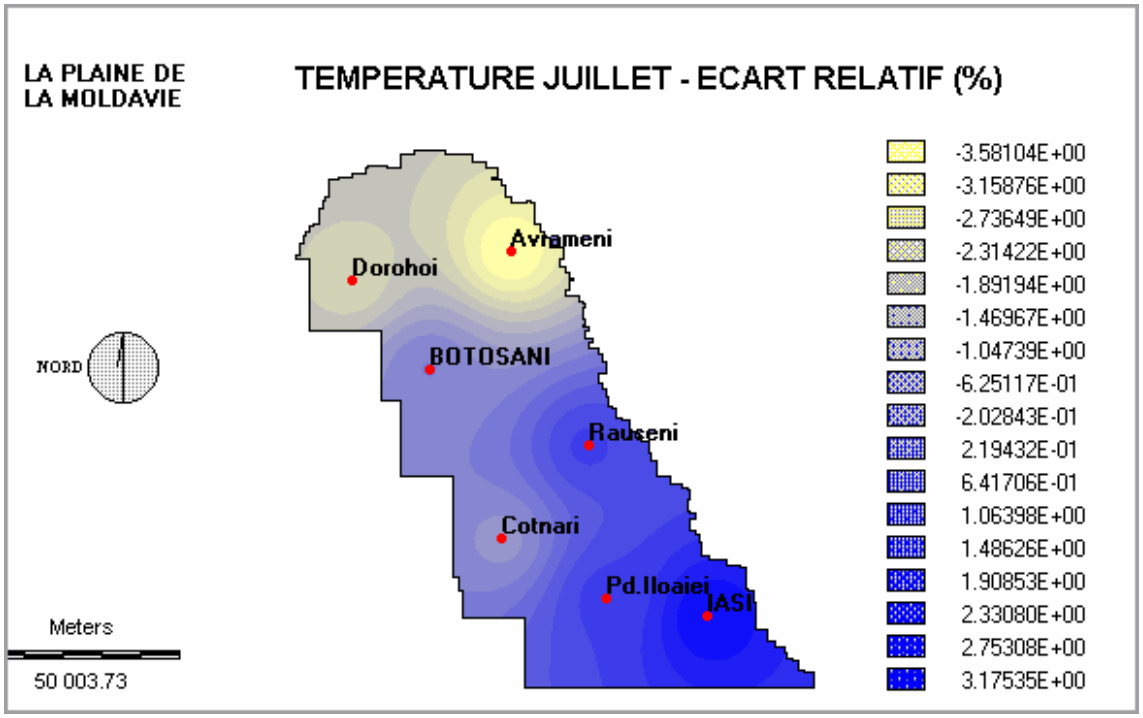


Figure 78

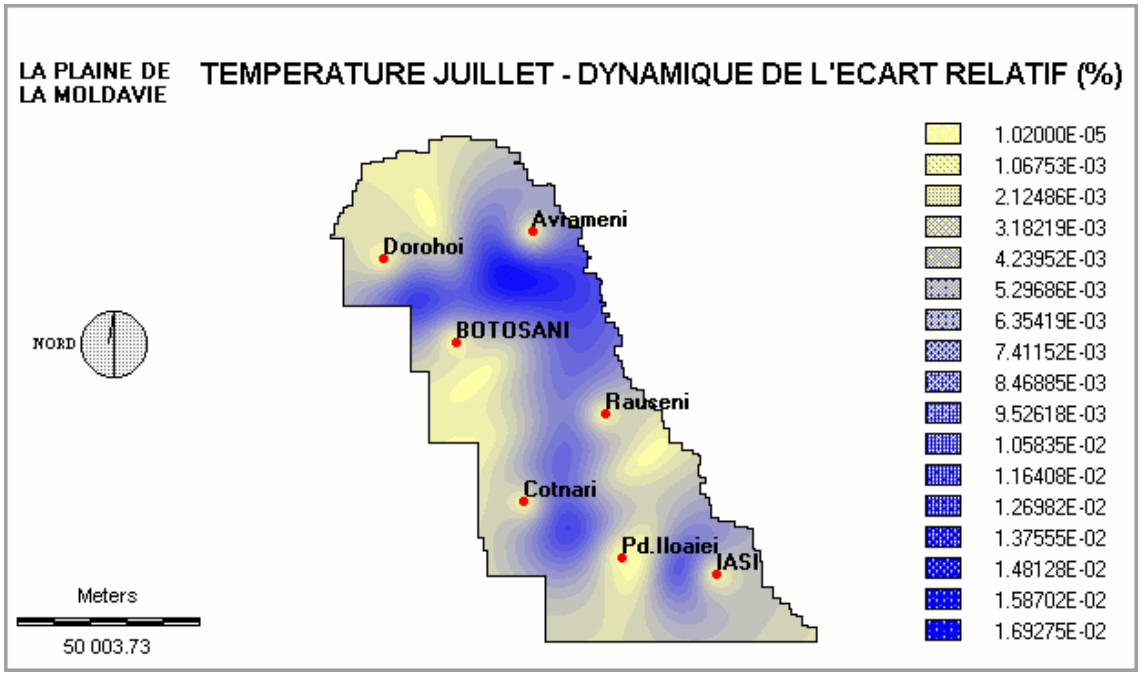


Figure 79

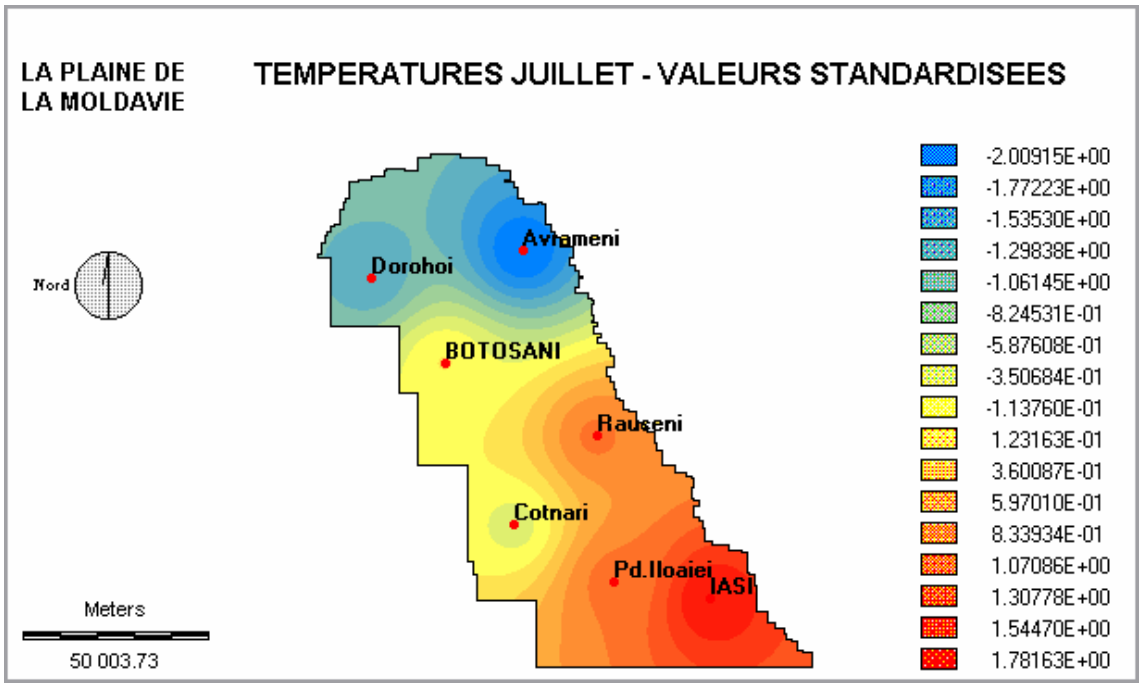


Figure 80

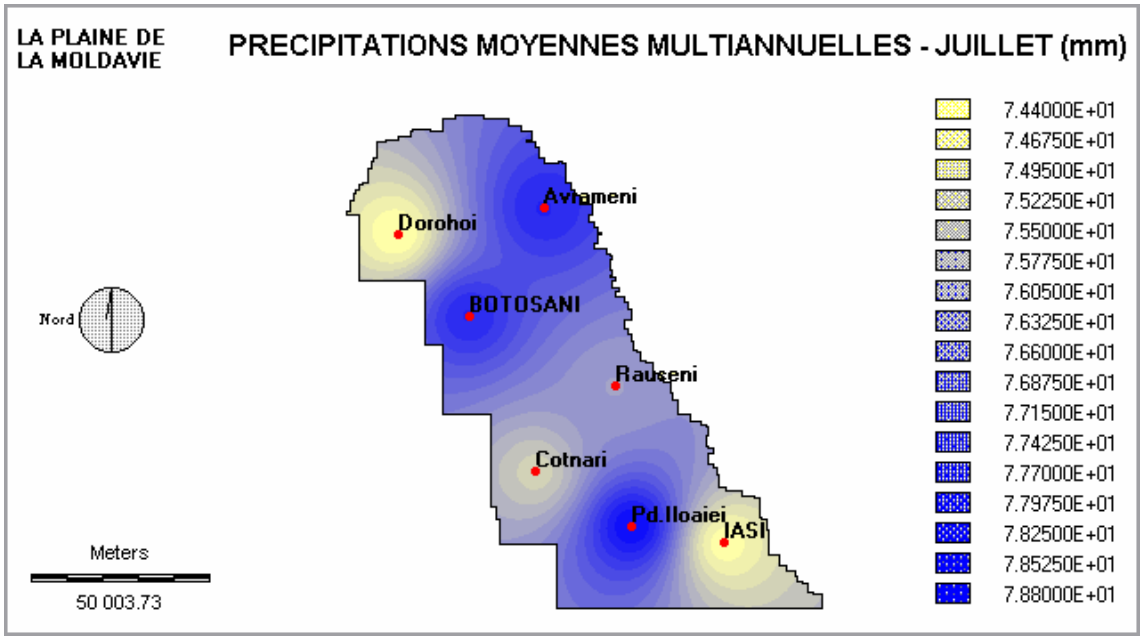


Figure 81

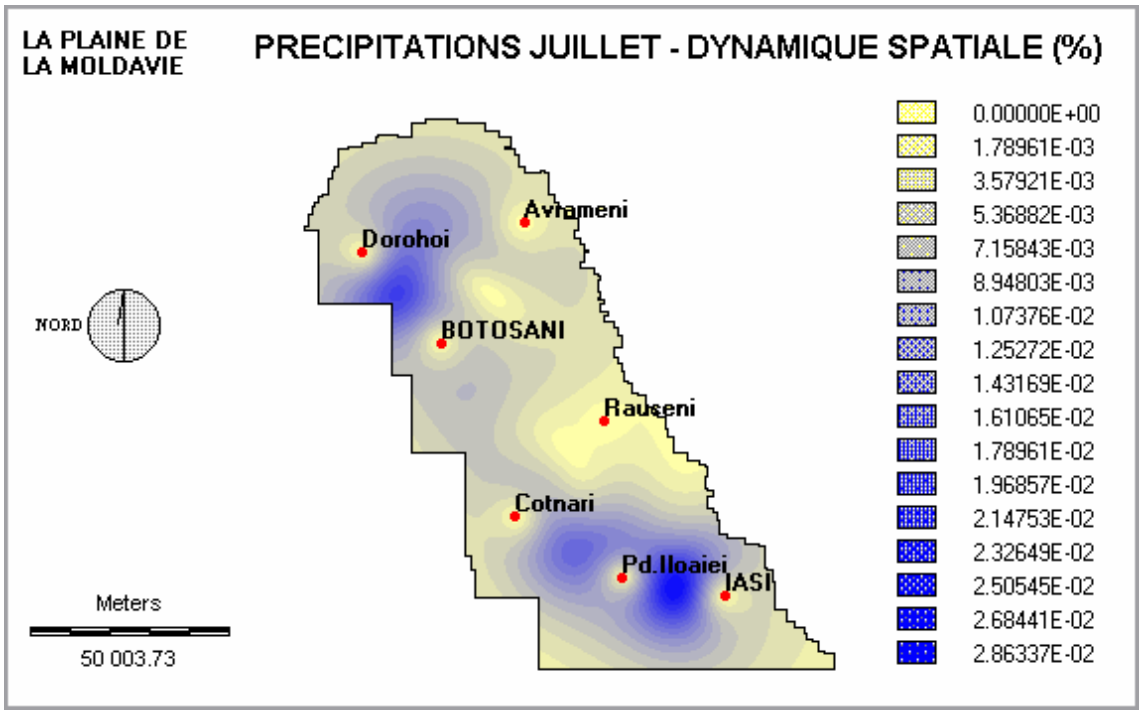


Figure 82

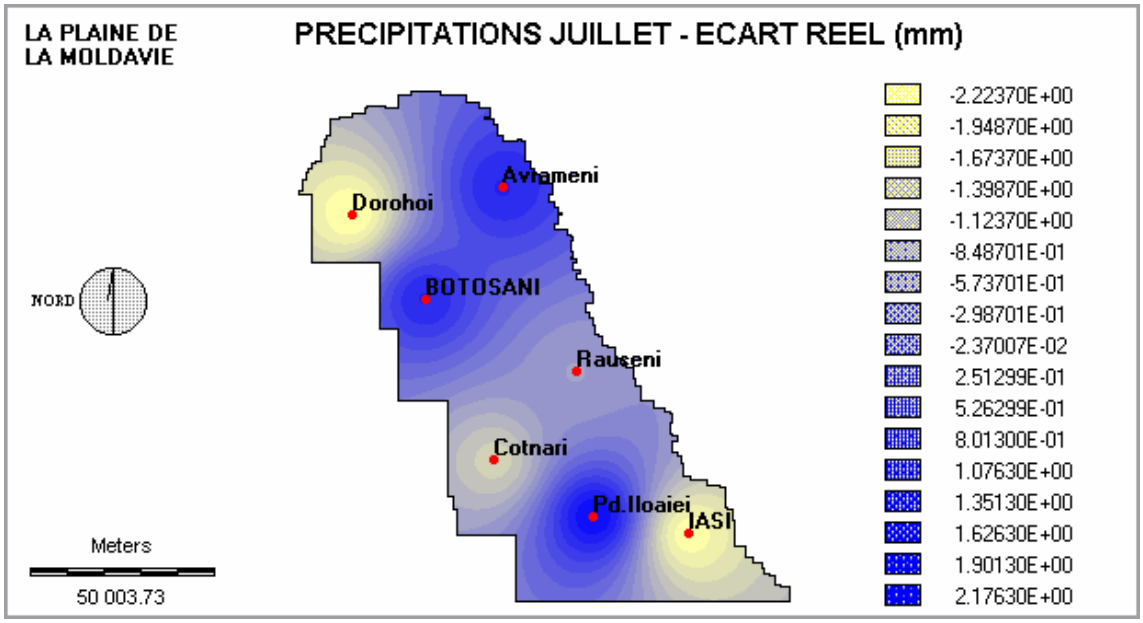


Figure 83

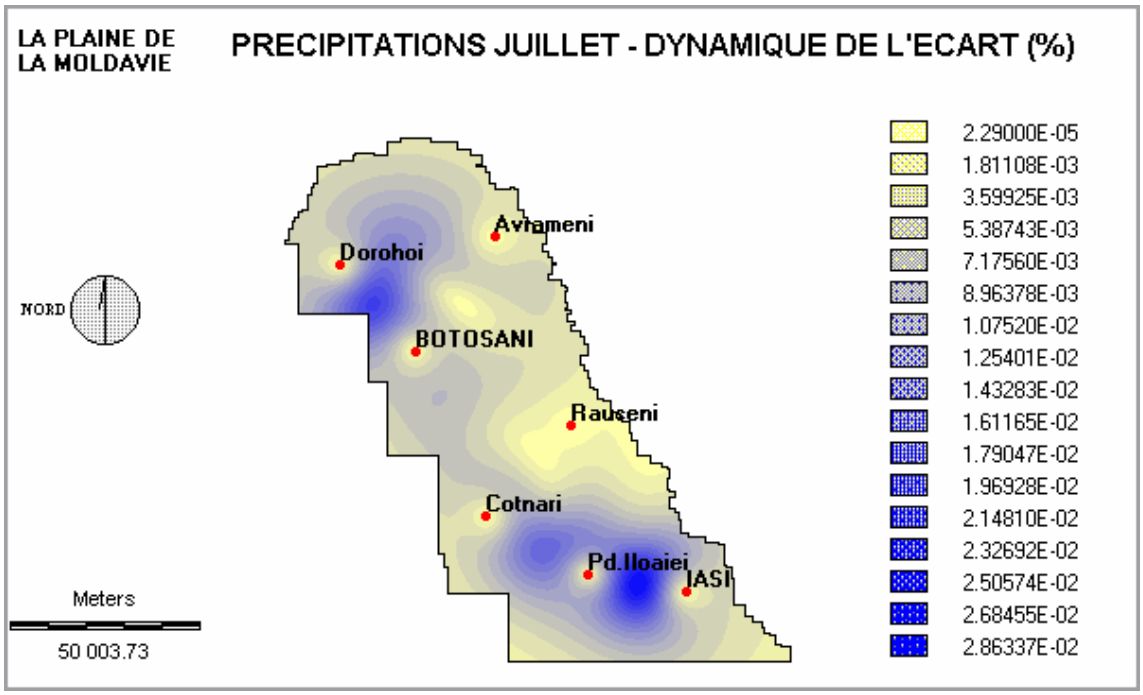


Figure 84

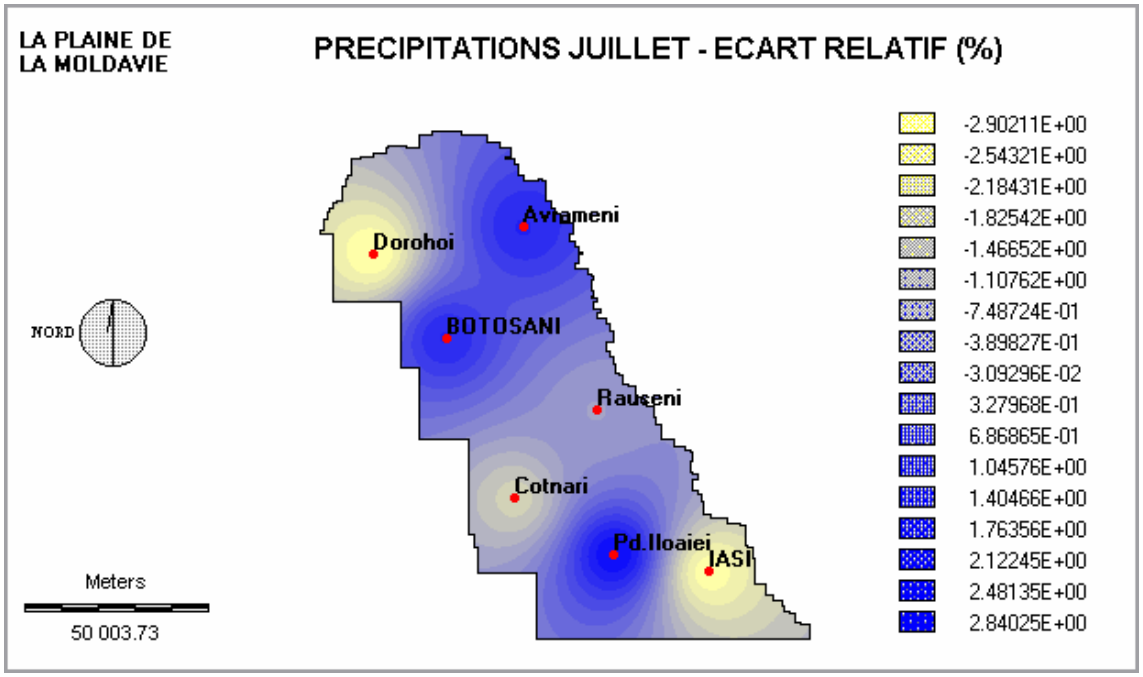


Figure 85

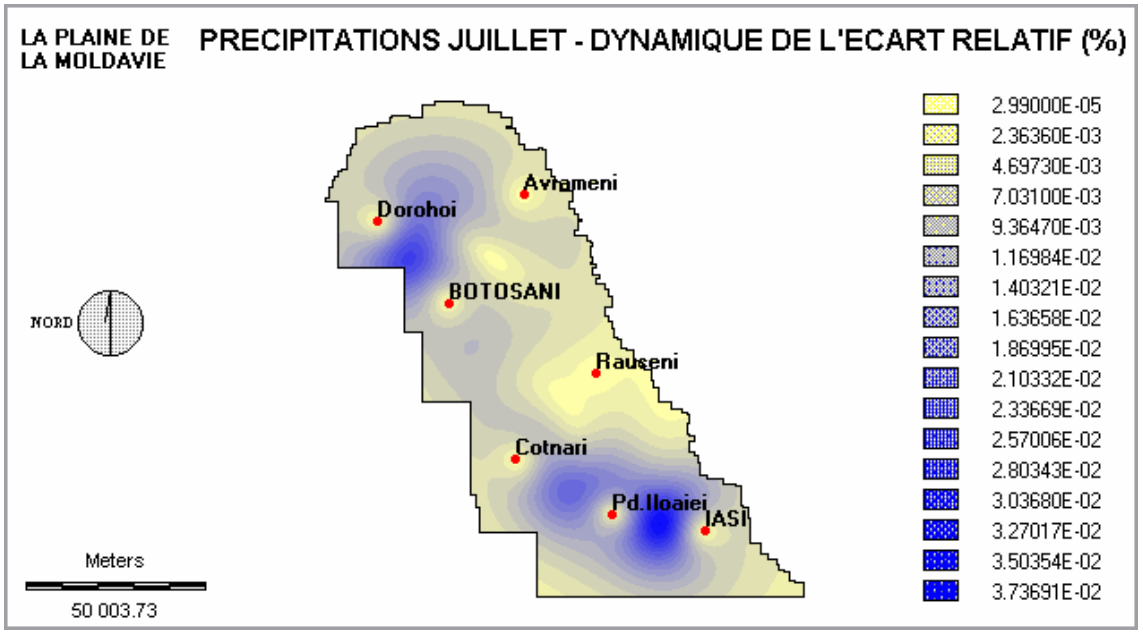


Figure 86

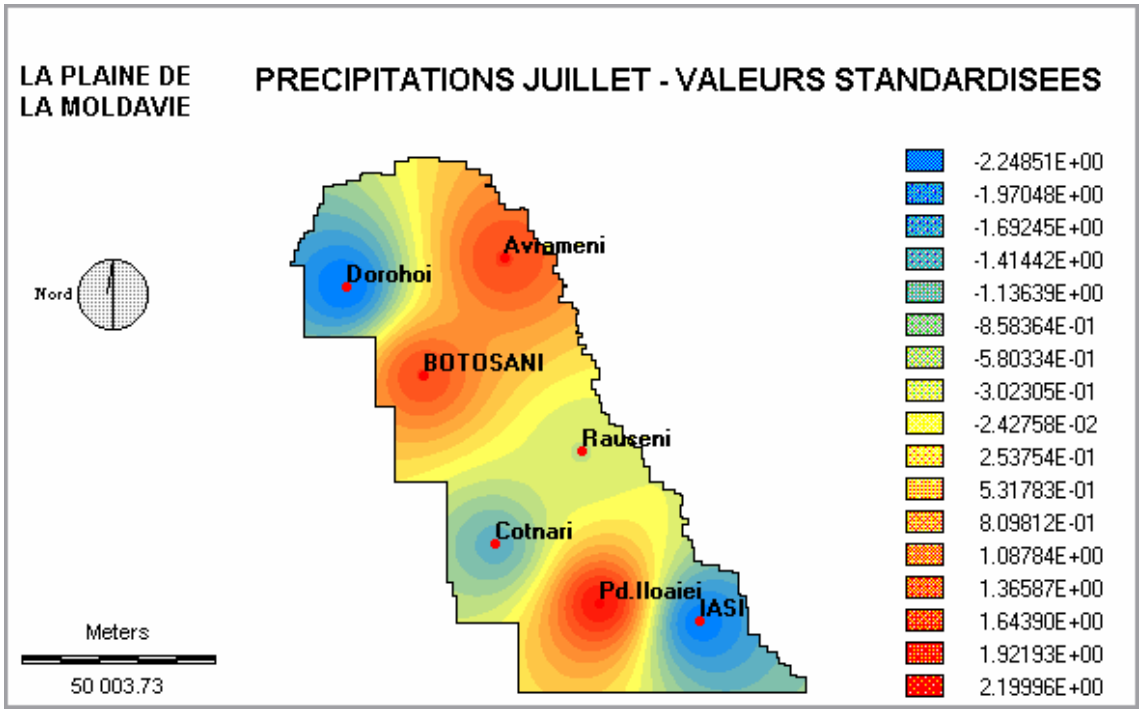


Figure 87

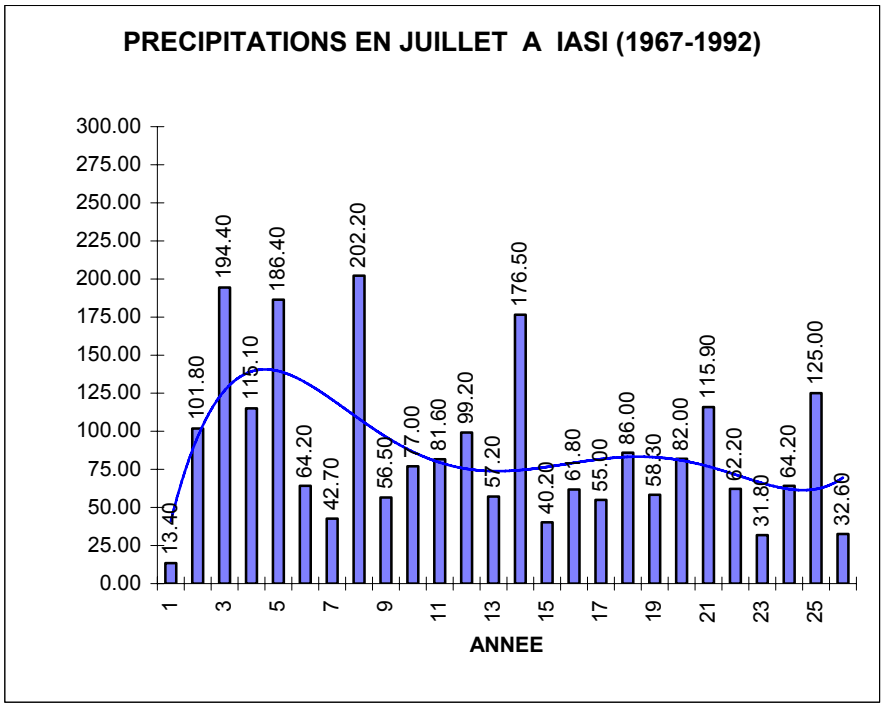


Figure 88

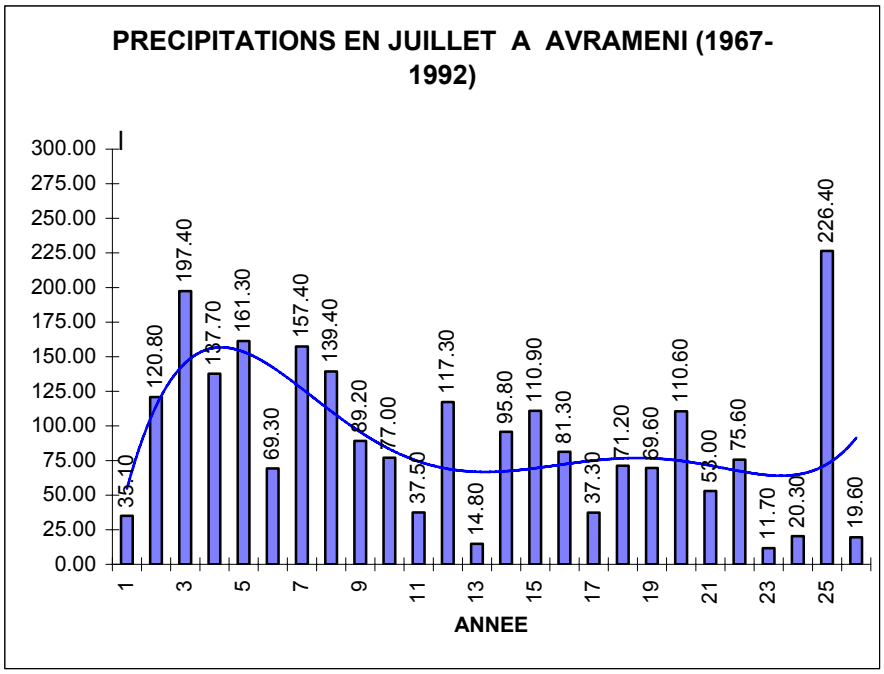


Figure 89

6.5 Conclusions et critiques

L'analyse des données bibliographiques, ainsi qu'une partie des traitements des données réalisé par nos soins, montrent que le climat de la Plaine de la Moldavie est tempéré continental, ce qui n'est qu'une simple **confirmation** de ce qui était déjà connu.

L'emploi des méthodes que nous avons proposées a permis de **présenter sous forme graphique les limites** mentionnées. Cette fois-ci il s'agit de limites **qui résultent de calculs précis**, et non d'une appréciation qui, en grande partie, s'appuie sur l'analyse des données et l'expérience de celui qui les interprète.

L'emploi du concept et de la méthode de la dynamique et du rythme spatial dans la distribution spatiale et l'évolution temporelle des différents éléments climatiques (exemple : températures, précipitations), *apporte une* **nouvelle perspective** sur le climat de la plaine. Les cartes obtenues par ces traitements rendent mieux compte de la distribution spatiale des

éléments climatiques et des limites climatiques entre les différentes parties de la plaine, dans une perspective **dynamique** et **fonctionnelle multidimensionnelles**, surtout en ce qui concerne la mise en évidence des limites mentionnées.

Dans la perspective géocinétique et géocybernétique, en ce qui concerne les paramètres températures moyennes multiannuelles, précipitations moyennes multiannuelles, températures et précipitations pour les mois de janvier et juillet (en tant que CNG), nous mettons en évidence les *topons bradynamiques et les topons tachydynamiques* sur les cartes respectives des valeurs des écarts - équivalentes à celles de la dynamique – (figures 58, 67, 76, et), ainsi que les *topons bradyrythmes et les topons tachyrythmes* sur les cartes de la dynamique spatiale des écarts (figures 59, 68, 77 et 84). Ces unités taxo-chorologiques nous les avons proposées et discutées dans *Les nouveaux développements* conceptuels de la première partie de l'ouvrage (et appliquées aussi dans le cas du relief).

À l'intérieur de la plaine on distingue deux grands secteurs : la partie nord et centre-ouest avec des influences scandinaves et baltiques ; le centre et la partie orientale avec une aridité plus marquée. Ce deuxième secteur recouvre la plus grande partie de la plaine, étant caractérisé par des contrastes thermiques et pluviométriques importants, contrastes qui ont tendance à s'effacer dès qu'on avance vers l'ouest et le nord.

Le climat des bords de la plaine est différent. Dans la région de Dealu Mare - Hârlău et la Côte de Cotnari, en raison de l'exposition S-SE, les températures sont plus élevées que les moyennes attendues pour ces altitudes et les précipitation plus réduites à cause du fœhn ; pour la Côte de Iaşi, avec exposition générale nord, on constate des températures dans la moyenne de la partie sud de la plaine, mais avec des précipitations plus élevées.
Enfin, la transition entre le secteur nord et sud de la plaine est observée dans la zone centrale correspondant au massif collinaire Copalău - Cozancea - Guranda.

Critiques ? Les principales, de notre point de vue, sont les suivantes :

- Comment se fier aux chiffres des analyses faites sur les données de seulement sept stations météorologiques pour un territoire de presque 8000 km² ? Parce qu'il n'y a pas plusieurs…
- Pourquoi ne pas avoir pris en considération les enregistrements météorologiques des postes hydrométriques ? Parce que ces postes ont eu une vie trop éphémère et le personnel qui les a desservi…
- Pourquoi ne pas avoir fait les corrections/compensations de températures et précipitations par rapport à l'exposition des versant, aux altitudes etc. et réinterprété les résultats ? Parce que nous avons créé trop tard le modèle numérique du terrain sur l'ensemble de la plaine…
- Pourquoi ne pas avoir appliqué des indicateurs climatiques tels que la répartition spatiale du potentiel érosif spécifique des précipitations ? Parce que nous avons besoin de données fiables, avec des marges d'erreur très réduites pour le faire, surtout si nous pensons à l'impacte pratique (aménagement) de ce genre d'indicateur…
- Pourquoi faire confiance à nos propres affirmations (y compris aux méthodes employées) de la première partie de ces conclusions ? Parce qu'aucune étude antérieure n'a pas encore infirmé les résultats et parce que nos méthodes apportent, tant bien que mal, une confirmation des acquis avec des efforts plus faibles qu'à travers les moyens classiques...

7 L'HYDROGRAPHIE

7.1 Introduction

Une présentation relativement succincte des ressources en eau de la Plaine de la Moldavie est proposée. L'approche est classique, c'est-à-dire les données et un bon nombre d'interprétations ont été collectés dans la bibliographie.

Depuis trente ans, l'approche satellitale des ressources en eau est répandue et les résultats sont très souvent satisfaisants car l'objet se discrimine bien radiométriquement. Dans ce chapitre, le thème de l'eau est abordé brièvement car la présentation des traitements des images satellitales est développée dans un chapitre ultérieur.

L'approche méthodologique est simple : analyse bibliographique et croisement des données ; sortie de terrain pour voir les caractéristiques des unités aquatiques ; traitements des images satellitales ; validation, sur le terrain, de la typologie des unités aquatiques ; confirmation de la typologie par croisement des informations.

7.2 Les ressources hydriques – historique des recherches

L'hydrographie de la Plaine de la Moldavie a constitué le sujet d'un nombre d'études, à partir des "années 30", en partie à cause des inondations qui se produisaient dans les vallées de Jijia, Bahlui et Prut.

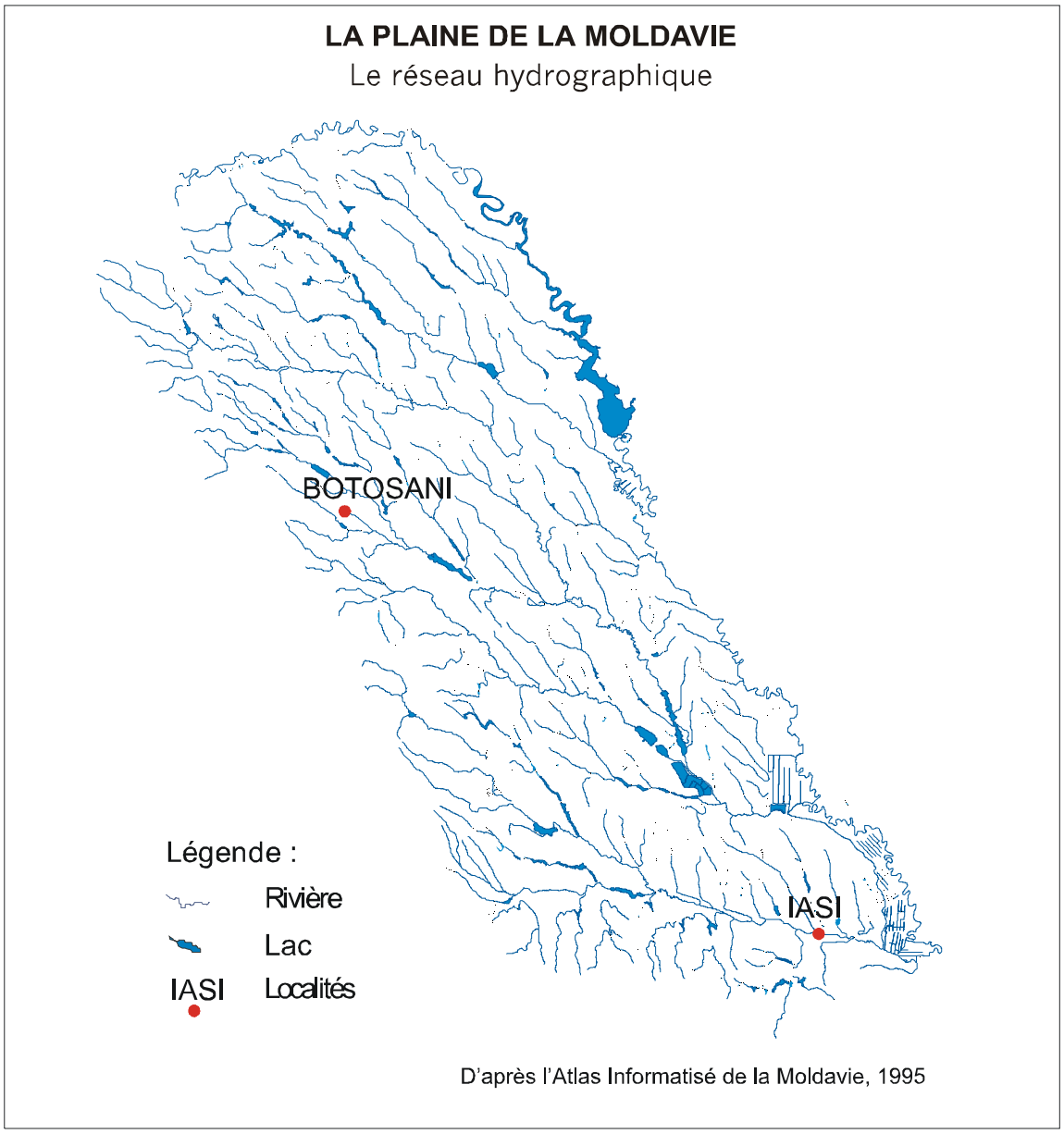


Figure 90

Iul.Rick analyse, en 1931, le problème de l'écoulement liquide en concluant que les inondations sont dues soit à l'intervention humaine, surtout à cause des défrichements effectués dans la partie supérieure des bassins-versants; soit à certains traits

géomorphologiques (pente, lithologie et forme des bassins-versants etc.); soit au caractère torrentiel que peuvent avoir les pluies.

En 1934, I.Atanasiu et R.Cernătescu font une analyse chimique des eaux de la rivière Bahlui et, en 1935 V.Tufescu analyse les inondations de cette męme rivière (avec un regard spécial sur l'année 1932) en suivant leur fréquence et leurs causes.
L'hydrographie de la Plaine de la Moldavie, après avoir constituée l'objet d'un certain nombre d'études dans les années "30", restera à l'attention des chercheurs aussi après la deuxième guerre mondiale.
Dans les "années '40-'50", I.Gugiuman se penche sur le problème des inondations produites entre 1921-1937 et 1941-1955 sur les rivières Bahlui, Jijia et Prut. En 1943 il réalise une étude sur "Les variations de niveau du Prut" pour la période 1928-1937, inondations suivies ensuite parallèlement sur les cours de Jijia et Bahlui. La conclusion est que ces variations sont surtout la conséquence des caractéristiques du climat et, en subsidiaire, la conséquence des autres facteurs géographiques.

La réorganisation du réseau et des postes hydrométriques, la première d'ampleur ayant lieu en 1953, a facilité les observations détaillées sur les caractéristiques de l'écoulement des rivières. Dans la période des "années '50" et ultérieurement, paraîtront plusieurs ouvrages concernant l'ensemble du réseau hydrographique du pays et de ses problèmes, ouvrages élaborés individuellement ou en collectif par des auteurs tels que: C.Diaconu (1957, 1962, 1964, 1971), L.Mustață(1962, 1964, 1967), Gh.Platagea (1958, 1961, 1965, 1965, 1968), I.Ujvàri (1956, 957, 1958, 1959, 1971), T.Morariu, Al.Savul et F.Dumbravă (1956, 1959) etc.

La première régionalisation hydrologique du bassin du Bahlui est effectuée en 1958 par Maria Pantazică. Ensuite, ce même auteur seul ou en collaboration (avec Maria Schram, I.Stănescu, C.Martiniuc, V.Băcăuanu, F.Tudorache etc.) publiera de nombreux articles concernant le réseau hydrographique du nord-est de la Moldavie. Le problèmes abordés concernaient: les caractéristiques physico-chimiques des eaux, les aspects de l'écoulement, la dynamique des eaux souterraines, les indices de qualité de l'eau, la turbidité etc.

Dans la même lignée se situent les travaux de Maria Schram. Sa sphère d'intérêt se situait surtout dans le domaine de la limnologie: bilan hydrologique des lacs, le régime de la température des eaux, analyse des sédiments, aspects géohydromorphologiques.
En tant que résultat de leurs recherches, Maria Pantazică et Maria Schram ont inclus une partie des données et conclusions dans leurs thèses de doctorat: "L'hydrographie de la Plaine de la Moldavie" et, respectivement, "Les lacs de la Plaine de la Moldavie".
D'autres travaux se référant aux rivières de la Plaine de la Moldavie ont été publiés par: M.Niculescu (1965), L.Mustață (1967) etc.

Les ressources d'eau de la Plaine de la Moldavie sont assurées par le cycle hydrologique global et local. Le précipitations, en tant qu'élément du cycle hydrologique varient entre 450-600 l/m² mais ne sont pas réparties uniformément sur toute la période de l'année (maximum d'été, lorsque les températures sont grandes). En plus, les caractères lithologiques (dominance des argiles) mènent à une baisse des quantités d'eau disponible pour le système hydrographique. Ainsi, plus de 75% des précipitations sont consommées par l'évapo-transpiration et environ 20% se retrouvent dans les eaux souterraines et dans l'écoulement superficiel. (M.Pantazică, 1974).

7.3 Les eaux souterraines

7.3.1 Les eaux de profondeur

Cette catégorie on la retrouve dans les dépôts siluriens, badéniens et sarmatiens. Elles contiennent souvent une grande quantité de sels minéraux et, dans le nord de la plaine, peuvent aussi être très dures (60 degrés Allemands) ou hypothermales (32ºC). Elles ont un caractère ascensionnel, voire artésien. Les débits sont réduits en raison de la structure monoclinale spécifique qui fait que les nappes se retrouvent dans une structure de type " écaille ".

7.3.2 Les nappes aquifères libres

D'après M.Pantazică (1974), dans la Plaine de la Moldavie on peut distinguer deux grandes unités :

- L'unité des plateaux et des collines hautes - qui inclue une grande variété de types de nappes aquifères libres, en raison du relief et de la pétrographie. Les eaux phréatiques se retrouvent : soit dans les fissures/vides de calcaires, grès ou intercalations sableuses (cas des plateaux structurels) ; soit lenticulaires dans les intercalations sableuses entre les argiles sarmatiennes ; soit dans les dépôts des versants modelés par les glissements de terrain. Ces nappes constituent la " source " de toutes les grandes rivières de la Plaine de la Moldavie et de leurs nombreux affluents.

- L'unité de la Plaine collinaire de Moldavie qui peut être divisée en plusieurs sous-unités. **A.** La sous-unité des toltry, peu étendue (ruban de 1-3 km au long de la rivière Prut en amont de Ştefăneşti). **B.** La sous-unité de la plaine collinaire (70% de la superficie de la Plaine de la Moldavie), avec des ressources d'eau soit à la base des limons éluviaux des interfluves ou en base des versants ; soit dans les terrasses des

rivières (les plus importantes d'ailleurs et largement utilisés pour l'alimentation des localités).

En terme de quantité, les nappes aquifères libres ne peuvent pas assurer la consommation car insuffisantes. Ce manque est dû : au climat pauvre en précipitations ; à l'imperméabilité générale des strates sarmatiennes ; à la fragmentation du relief etc. En plus, la minéralisation par les sels des strates sarmatiennes et quaternaires est assez importante dans toute la plaine, qui rend l'eau impropre à la consommation tant agricole que domestique.

7.4 L'écoulement liquide

L'alimentation du réseau hydrographique de la Plaine de la Moldavie (fig. 90) est réalisée par les précipitations en proportion de 85-90% et par les eaux souterraines (10-15%). Les précipitations sont relativement équilibrées du point de vue du rapport pluie – neige (55-60%, respectivement 40-45%). En hiver, les précipitations solides sont stockées sous forme de neige dans les conditions d'une évapotranspiration et d'une infiltration très réduites, raison pour laquelle elles contribuent d'une manière significative à l'alimentation du réseau. Au contraire, les précipitations liquides de la saison chaude s'écoulent très vite et, en même temps l'évaporation et l'infiltration en consomment une quantité supplémentaire importante.
L'écoulement moyen des rivières de la Plaine de la Moldavie (tab. 10) est caractérisé par des valeurs réduites des débits moyens mensuels et annuels et des débits spécifiques.

Tableau no. 10 : L'écoulement moyen (m³/s et l/s/km²) des principales rivières de la Plaine de la Moldavie (d'après M.Apetrei, 1997)

Rivière/Poste		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Volovăț/Manoleasa	m³/s	0,306	0,524	0,994	0,730	0,298	0,538	0,474	0,214	0,239	0,254	0,166	0,254	0,416
	l/s/km²	1,4	2,4	4,6	3,4	1,4	2,5	2,2	1,0	1,1	1,2	0,8	1,2	1,9
Başeu/Ştefăneşti	m³/s	0,827	1,75	4,27	3,21	1,61	2,36	2,62	0,975	1,10	1,15	0,915	0,97	1,81
	l/s/km²	0,9	1,9	4,6	3,5	1,7	2,6	2,8	1,1	1,2	1,2	0,9	1,1	1,9
Sitna/Todireni	m³/s	0,688	1,70	3,76	2,98	1,49	1,96	1,98	1,10	1,14	1,14	0,787	0,813	1,63
	l/s/km²	0,7	1,8	4,1	3,2	1,6	2,1	2,1	1,2	1,2	1,23	0,8	0,9	1,7
Miletin/Vlădeni	m³/s	0,457	1,17	2,67	2,83	1,53	1,75	1,41	0,720	0,475	0,352	0,563	0,629	1,21
	l/s/km²	0,6	1,5	3,7	2,4	1,6	2,5	1,4	1,0	0,7	0,6	0,8	0,9	1,5
Jijia/Victoria	m³/s	3,02	5,54	13,3	12,5	6,91	9,47	8,90	4,75	3,02	3,35	2,83	3,28	6,41
	l/s/km²	0,9	1,65	4,0	3,7	2,1	2,8	2,7	1,4	0,9	1,0	0,8	1,0	1,9
Bahlui/Iaşi	m³/s	1,53	3,27	6,21	5,79	4,13	4,72	3,42	2,28	2,01	1,69	1,63	1,82	3,21
	l/s/km²	1,1	2,3	4,3	4,0	2,9	3,3	2,4	1,6	1,4	1,2	1,1	1,3	2,2

Aux rivières permanentes les débits augmentent en continu des sources vers l'embouchure. Par contre, l'écoulement spécifique a une tendance inverse, ce que prouve la baisse du pouvoir d'alimentation au fur et à mesure que la superficie du BV augmente et que le climat est moins favorable (baisse des quantités de précipitation vers le sud et ver l'est).

Le régime annuel est caractérisé par deux maxima : le premier en mars-avril, suite à la fonte des neiges et, éventuellement, à la conjonction de la fonte avec les pluies de printemps ; le deuxième en juin, correspondant au maximum pluviométrique de la saison chaude et avec des crues fréquentes. Les minima s'enregistrent à l'automne, le plus fréquemment au mois de novembre (baisse des précipitations conjointement avec la hausse de l'infiltration après disparition du couvert végétal).

La répartition par saisons de l'écoulement montre le rôle de la neige accumulée en hiver pour l'alimentation des rivières. Ainsi, l'écoulement du printemps représente 40-50% du volume écoulé chaque année, tandis qu'en été s'écoule 25-30% du volume annuel ; à l'hiver l'écoulement descend à 15% et à l'automne il y a un minimum de 10%.

L'écoulement maximum se produit sous la forme des crues et des hauts niveaux du printemps. En tenant compte du climat continental et de son influence sur les précipitations (fréquence accrue des averses), les crues peuvent se produire tous les mois de l'année mais leur plus forte fréquence est durant les mois chaudes (mai-août). Ce qui est très caractéristique pour la Plaine de la Moldavie c'est l'ampleur de ces crues qui dépassent souvent plusieurs centaines de fois le débit moyen mensuel – ainsi, le volume de l'écoulement lors des crues peut représenter 80% du volume écoulé en un mois.
L'écoulement minima se produit aux mois d'août - novembre et aux mois de janvier – février. Les basses eaux de la saison chaude se produisent en raison des précipitations réduites et des sécheresses fréquentes. Le minima d'hiver est dû exclusivement au stockage de l'eau sous forme de neige et de glace et, parfois, au gel complet de l'eau des rivières.

7.5 Les eaux de surface

La Plaine de la Moldavie appartient entièrement au système hydrographique Prut. Les rivières forment un réseau dendritique, avec des confluences en général sous un angle aigu. La longueur totale dépasse 11000 km, dont 3000 km de cours permanents (27,27 %), 6000 km de cours temporaires (54,54 %) et 2000 km de cours intermittents (18,18 %) (M.Pantazică, 1974). Toutes les grandes rivières ont leurs sources dans les hautes collines du nord, de l'ouest et du sud de la plaine, collines représentant aussi la ligne de partage entre les bassins des rivières Siret et Prut.

Parce que le lit majeur du Prut (niveau de base pour les rivières de la Plaine de la Moldavie) est de 130 m plus bas que celui du Siret, la ligne de partage des eaux est relativement instable (à l'échelle du temps géologique, évidemment) et les affluents du Prut attaquent par érosion régressive cet interfluve principal.

Une des principales caractéristiques, avec des conséquences hydrologiques importantes est que les rivières principales forment avant la confluence des lits majeurs communs avec le

collecteur. Ainsi, nous rencontrons souvent la situation dans laquelle deux rivières continuent leur trajet parallèlement sur plusieurs kilomètres avant la confluence proprement dite (ex : Jijia et Prut coulent ensemble 70 km avant de confluer loin au delà de la Plaine de la Moldavie). Ces confluences de vallées déterminent lors des crues des inondations et se transforment dans de " lacs " temporaires étendus sur plusieurs kilomètres – c'était par exemple le cas avant la régularisation du cours de Bahlui en amont de la confluence avec Jijia.

L'orientation générale du réseau hydrographique et la position des sources de rivières font que les bassin ont une forme allongée très prononcée qui s'impose dans le paysage, parfois le rapport longueur/largeur dépassant la valeur 10 (ex : 14 pour le BV Jijia). La conséquence se traduit par une augmentation de la fréquence des inondations latérales qui entretiennent un excès d'humidité dans de nombreux secteurs. En même temps, la pente forte des versants en conjonction avec la pente forte des lits mineurs dans la partie supérieure des bassins-versants déterminent un écoulement rapide de l'eau des précipitations et favorise ainsi l'inondation des lits majeurs dès le contact entre la plaine et la bordure haute qui l'entoure.
La densité du réseau hydrographique est en moyenne de 0,4-0,5 km/km², avec de valeurs qui vont par endroits de 0,1 à > 1,0 km/km² après calculs sur des cartes à petite échelle (M.Pantazică, 1974). Par contre, quand on calcule ce même indicateur sur des cartes à l'échelle 1:25000, nous obtenons de valeurs de 1-1,5 km/km² plus fréquemment , ce qui semble plus proche de la réalité du terrain surtout dans les régions du nord et de l'ouest de la plaine (M.Apetrei, 1997).

Les principales rivières de la Plaine de la Moldavie sont : Prut, Jijia (affluent de Prut), Bahlui (affluent de Jijia), Başeu (affluent de Prut), Sitna (affluent de Jijia), Miletin (affluent de Jijia), Bahlueț (affluent de Bahlui), Chireni, Volovăț et Corogea (tous affluent de Prut).

La rivière ***Prut*** représente la limite est de la Plaine de la Moldavie sur plus de 200 km, après son entrée en Roumanie à Oroftiana (fig. 93). Elle est le collecteur principal pour toutes les rivières de la plaine et draine un bassin de plus de 7600 km² avant de quitter la plaine. Son lit

majeur large constitue une unité paysagère à part dans le cadre de la Plaine de la Moldavie non seulement par les dimensions, mais aussi par les nombreuses villages qui le borde, le méandres actifs ou recoupés, les surfaces d'eau, le lac de Stînca et la végétation caractéristique (alternance de forêts et végétation hydrophile).

A Mitoc, la rivière Prut reçoit les eaux de ***Chireni***, rivière de 22 km de long et avec un bassin de 63 km². Large de 4 km maximum, la vallée de la rivière a des versants fortement modelés par les glissements de terrain derrières lesquelles se sont formés des lacs.

La rivière ***Volovăț***, deuxième affluent important du Prut, coule sur 52 km et reçoit ses eaux d'un bassin de 220 km². La rivière est permanente (fig. 91) et, comme c'est le cas de la plupart des vallées, les versants sont fortement modelés par des glissements de terrain et organismes torrentiels (rigoles et ravins).

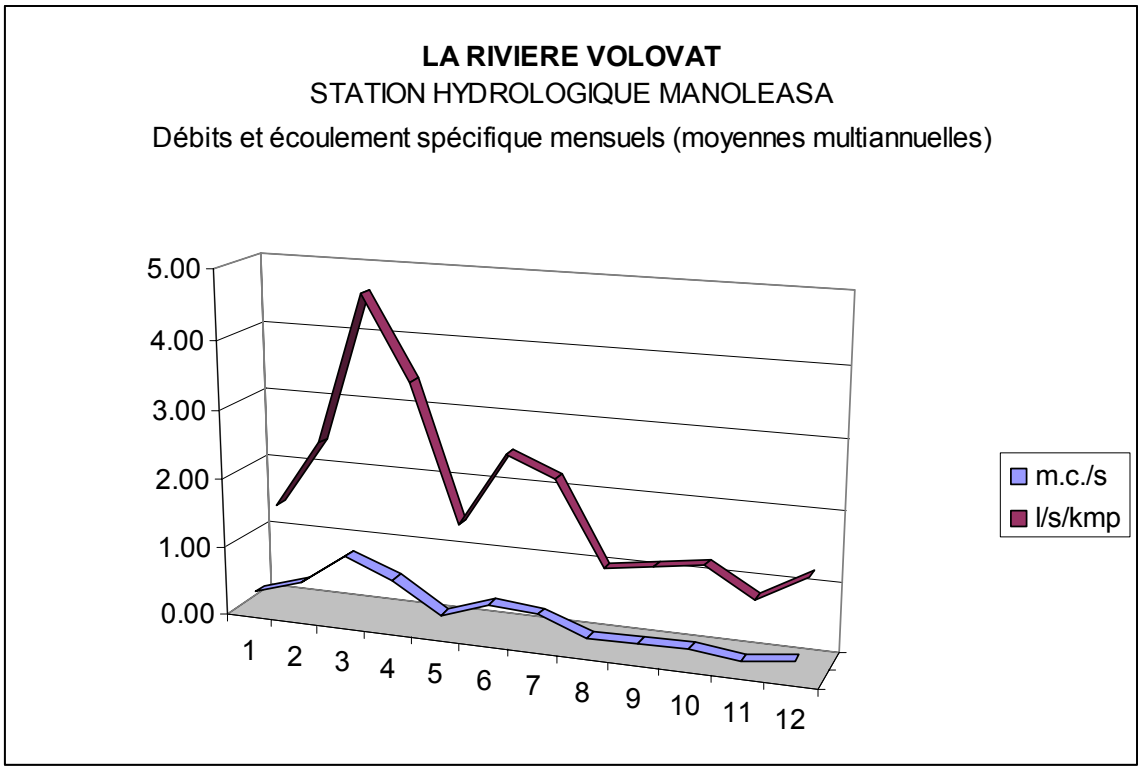


Figure 91

La rivière ***Başeu*** rejoint Prut au niveau de la localité Românești, après avoir coulé sur 106 km et drainé un bassin de 961 km² (fig. 92). L'une des principales caractéristiques de ce bassin versant est le grand nombre d'étangs construits, comme partout dans cette plaine, pour stocker des réserves d'eau. Malgré le fait que certains étangs ne sont plus fonctionnels car colmaté, on les rencontre toujours près des localités Hudești, Tătărășeni, Chișcăreni (sur la rivière Başeu) ; Pîșcov, Murgu, Sălişte, Podu Gruilor (sur la rivière Pîșcov) ; Borolea, Iazu Mare, Iazu Mic (sur la rivière Borolea) etc. Les principaux affluent de Başeu se trouvent sur sa gauche - Podriga (40 km), Bodeasa (30km), Avrămeni (14 km), Borolea (16 km) – et moins sur sa droite (Lişna, Ciumaşu et Pîșcov, tous ayant moins de 14 km). Dans le paysage ces rivières créent des collines très allongées aux cimes rondes et versant modelés par les glissement et les ravins, séparant les vallées proprement dites aux lit majeur plat étale sur plusieurs centaines de mètres de largeur.

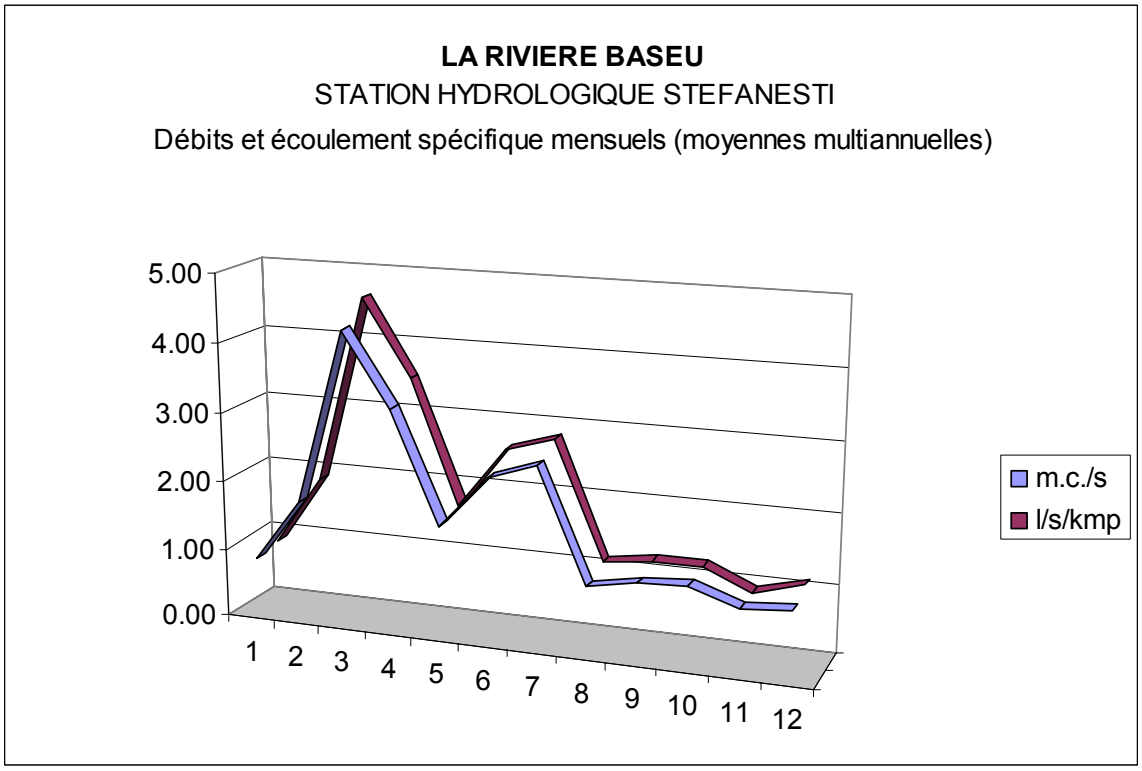


Figure 92

Après avoir reçu les eaux de Corogea 3 km à l'aval de Başeu, et jusqu'à la confluence avec Jijia, Prut ramasse que de très petits affluents (moins de 5 km de long) et souvent intermittents.

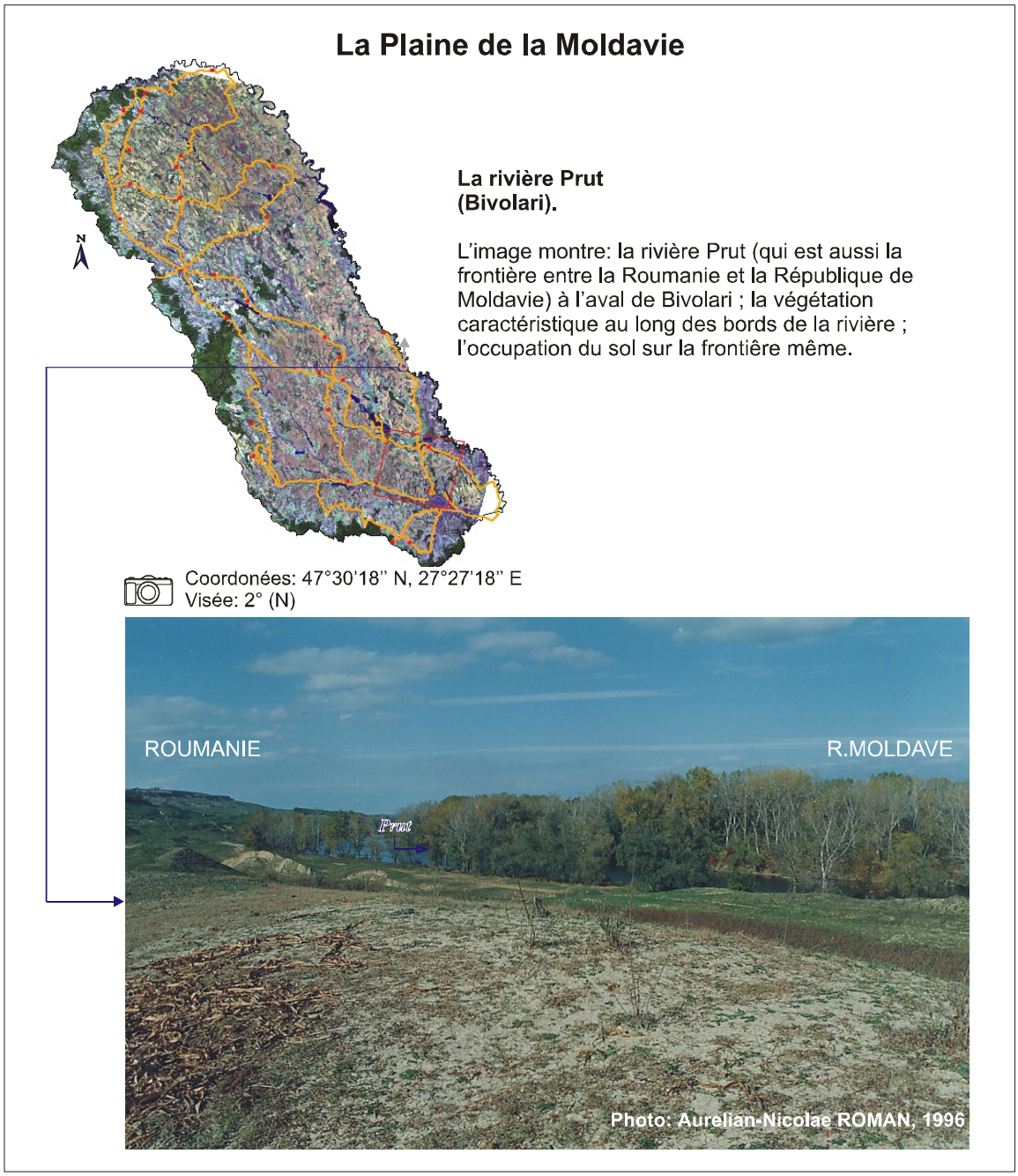

La Plaine de la Moldavie
N
La rivière Prut
(Bivolari).
L'image montre: la rivière Prut (qui est aussi la frontière entre la Roumanie et la République de Moldavie) à l'aval de Bivolari ; la végétation caractéristique au long des bords de la rivière ; l'occupation du sol sur la frontière même.
Coordonées: 47°30'18'' N, 27°27'18'' E
Visée: 2° (N)
ROUMANIE
R.MOLDAVE
Prut
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 1996

Figure 93

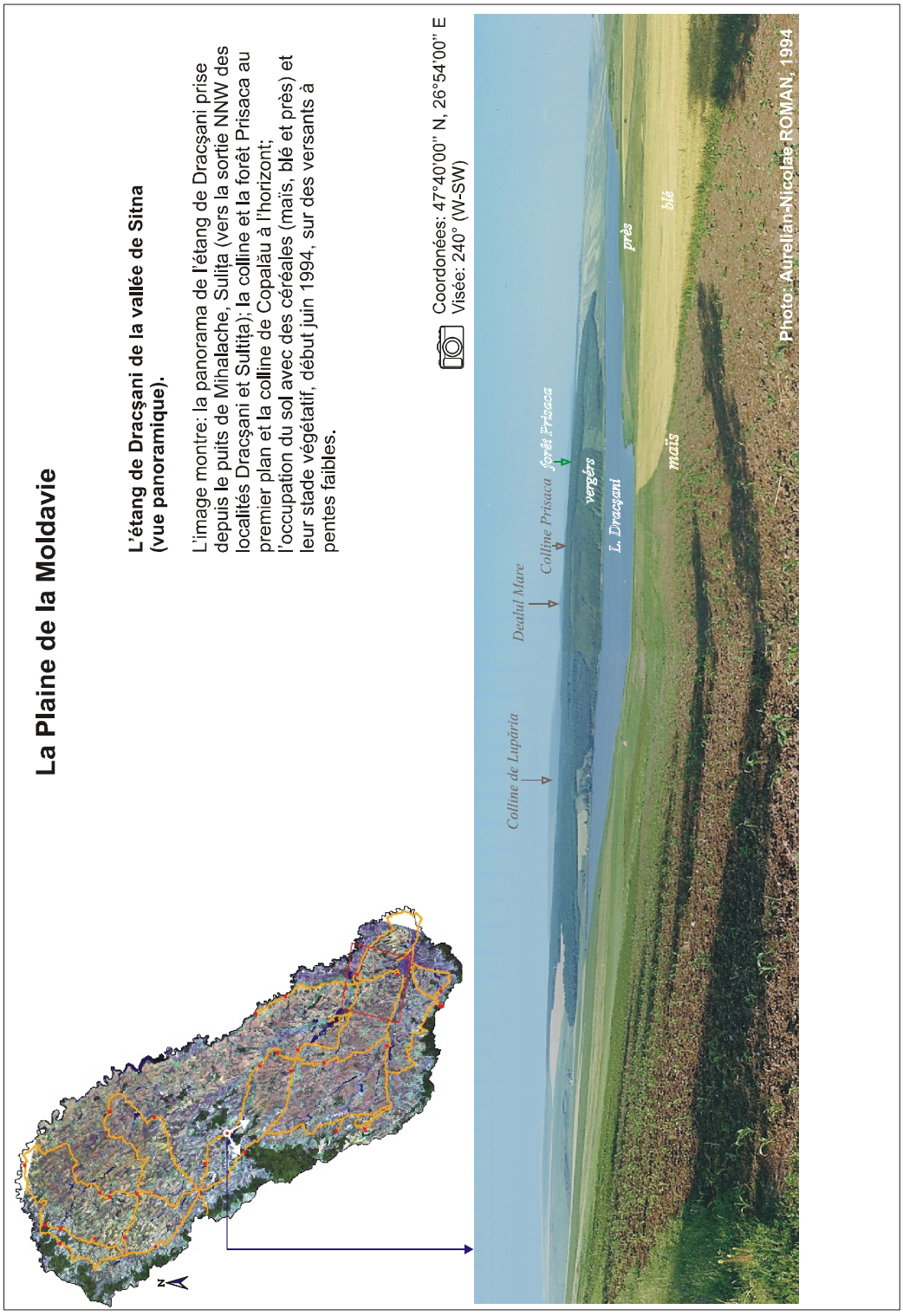

La Plaine de la Moldavie
L'étang de Dracşani de la vallée de Sitna (vue panoramique).
L'image montre: la panorama de l'étang de Dracşani prise depuis le puits de Mihalache, Sulita (vers la sortie NNW des localités Dracşani et Sultiţa); la colline et la forêt Prisaca au premier plan et la colline de Copalău à l'horizont; l'occupation du sol avec des céréales (maïs, blé et près) et leur stade végétatif, début juin 1994, sur des versants à pentes faibles.
Coordonées: 47°40'00" N, 26°54'00" E
Visée: 240° (W-SW)
Colline de Lupăria
Deahul Mare
Colline Prisaca
forêt Prisaca
vergers
L. Dracşani
maïs
près
blé
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 1994

Figure 94

Jijia avec ses trois principaux affluents (Sitna, Miletin, Bahlui) est la rivière qui s'impose aussi bien dans le système hydrographique que dans le paysage de la plaine. La rivière est suivie par une des principales voies de communication (la voie ferrée Iaşi – Botoşani), accompagnée tout au long de villages, avec un lit majeur très large (dépassant 2,5 km par endroits), occupé par de cultures, prés ou végétation hydrophile. Le versants souvent raides, sont affectés par des glissements de terrain et érosion torrentielle. Sur de nombreux secteur le cours et fortement méandre ; dans d'autres, il a été aménagé par l'homme (ex : les secteurs Iacobeni – Dîngeni et aval de Dîngeni) et dans les méandres ainsi recoupés se sont formés des petits lacs. En aval de Vlădeni il est difficile de suivre le cours de la rivière au milieu d'un lit très plat, très large, très humide qui se transforme en un vrai étang.

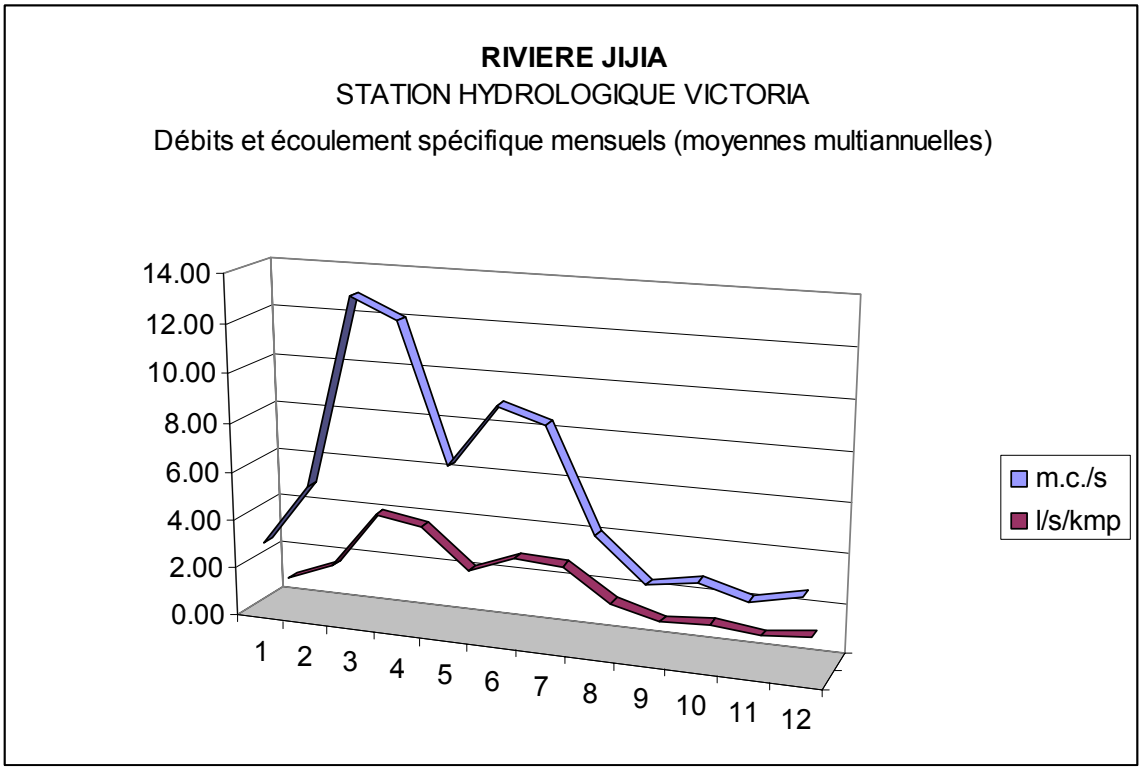


Figure 95

Partiellement aménagé, l'étang de Vlădeni introduit une forte discontinuité dans le paysage d'une vallée sinon plutôt monotone mais aussi dans la végétation et le type d'utilisation du sol. Avec 210 km de long à l'intérieur de plaine et plus de 5600 km², la rivière Jijia est la principale artère hydrographique de ce territoire (fig. 95).

Miletin, affluent de Jijia, a 87 km de long pour un bassin de 663 km². La rivière méandre surtout après avoir dépassé la dorsale collinaire Copalău –Cozancea –Guranda et dans ce secteur sèche souvent en été. Aval de Hălceni le cours a été aménagé en raison des inondations fréquentes. Dans le bassin supérieur, au contact avec le Plateau de Suceava, la vallée est très large (comme c'est le cas pour Jijia et Bahlui), ce qui crée une dépression de contact avec le plateau de l'ouest. Une des caractéristiques pour ce BV est le nombre très réduit d'étangs, donc la rivière a un régime d'écoulement naturel.

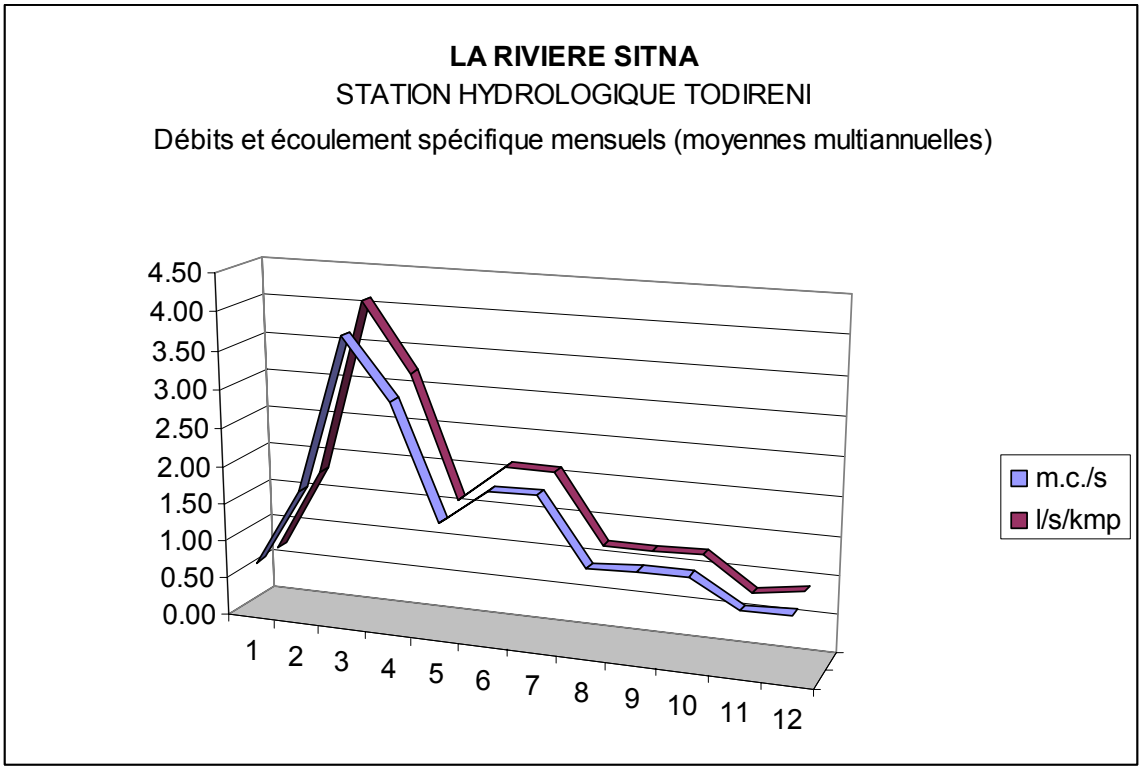


Figure 96

Sitna, autre rivière dont les sources se trouvent à l'extérieur de la plaine (à l'est du Plateau de Suceava), se jette dans Jijia après avoir coulé sur 95 km et drainé 955 km² (fig. 96). La plupart de ses affluents ont un caractère temporaire, y compris les affluents principaux dans leurs cours supérieur et moyen (Cotîrgaci, Burla, Cozancea). Dans son bassin on retrouve un grand nombre de lacs artificiels : Sulița – Dracşani (le plus grand avec 400-600 ha, selon le

niveau des eaux – voir aussi fig. 94), Mănăstireni, Unţeni, Burla (sur l'affluent Burla), Gorovei, Staroste, Iazul Nou, Teişoara, Costeşti (sur Moriştei), Popeni, Burduja, Nichifor, Urechioi, Sulița (sur Sitna).

Bahlui, affluent principal de Jijia, avec ses 111 km de longueur et un bassin-versant de 1960 km², est une des artères hydrographiques principales de la Plaine de la Moldavie (fig. 97). La rivière a ses sources à environ 500 m d'altitude dans le massif collinéaire Dealul Mare – Tudora (qui borde une partie de l'ouest de la plaine). A partir de 435 m d'altitude l'écoulement de la rivière devient permanent en raison des petits affluents qu'il reçoit et de l'alimentation par les nappes phréatiques. La vallée, qui est large et méandre faiblement dès le cours supérieur, s'élargit de plus en plus vers l'aval, après la ville de Hîrlău. Le lit majeur de la rivière a été aménagé surtout dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle pour lutter contre les inondations.

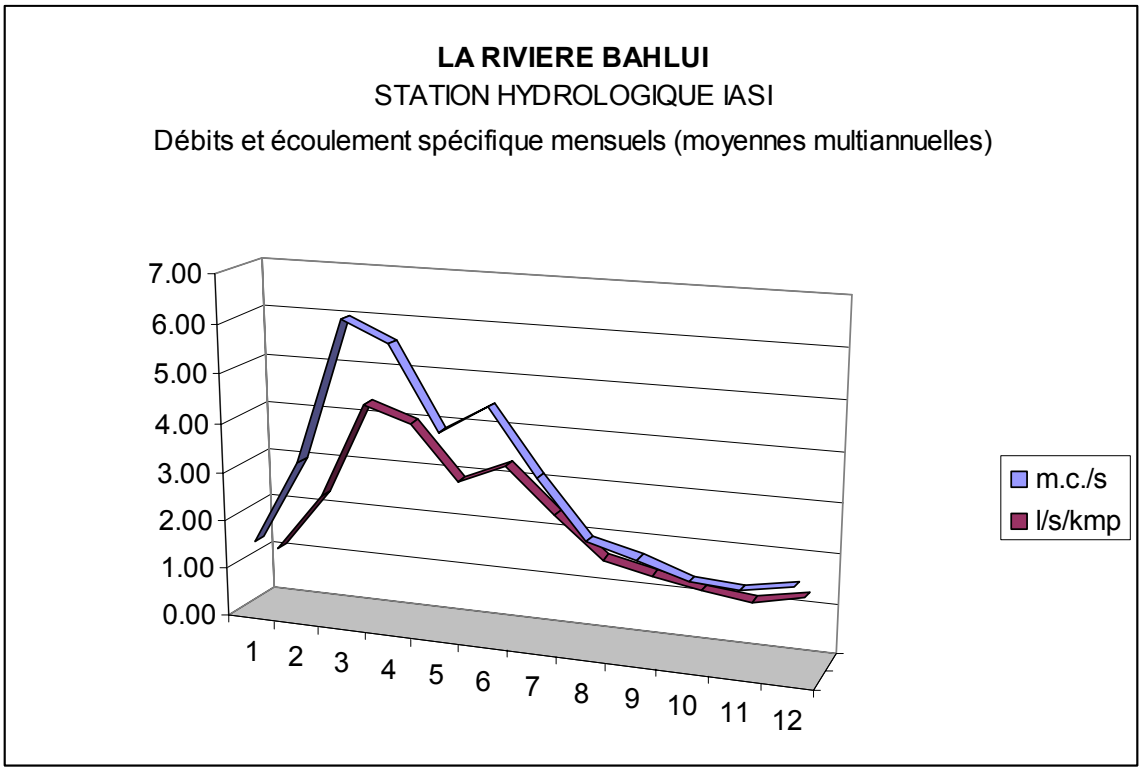


Figure 97

Au long de la rivière on rencontre quelques lacs artificiels dont le plus grand est celui de Tansa-Belceşti. Au contraire, les vallées des affluents de Bahlui et Bahluieț (principal affluent de droite de Bahlui) abritent un très grand nombre d'étangs : Gurguiata, Strîmbu, Ureche, Cicadia, Plopilor, Huc sur le cours de Valea Mare, affluent de gauche de Bahlui ; Sîrca, Mădîrjeşti, Valea Oilor, Podişu, Filiaşi, Boureni sur le cours de Valea Oii, affluent de gauche du Bahluieț ; Podu Iloaiei sur le cours de Bahluieț ; Scobîlțeni, Doroşcani, Ezăreni, Ciurbeşti et autres sur des affluents de droite de Bahlui.

La vallée de Bahlui s'élargit progressivement de Podu Iloaiei vers Iaşi (la principale ville du nord-est de la Roumanie et la deuxième du pays, en terme de dimensions, derrière Bucarest), atteignant 2 km de largeur. A partir de l'amont de la ville de Iasi et presque jusqu'à la confluence avec la vallée de Jijia dans laquelle se jette (10 km après avoir quitté Iaşi) le cours de la rivière est aménagé.

Au contraire de la plupart de la vallée de Jijia, celle de Bahlui offre des paysages plus contrastant : d'abord dans son cours supérieur qui se trouve à des altitudes plutôt élevées, ensuite dans son cours inférieur sur la droite, où la vallée longe la Côte Moldave dont l'altitude relative par rapport au fond de la vallée est d'environ 200 m.(au lieu de quelque 100 m en moyenne au long de la vallée de Jijia).

7.6 L'eau sous l'oeil du satellite

Les informations ci-dessus présentées proviennent pour la plupart des sources bibliographiques disponibles. En ce qui nous concerne, nous avons essayé d'analyser les eaux de surface aussi à partir des images satellitales offertes par le *Centre Roumain pour l'Utilisation de la Télédétection en Agriculture (CRUTA)* de Bucarest.

Il s'agit d'une image multispectrale Landsat TM5 du 2 juin 1996 et de plusieurs images SPOT panchromatiques (enregistrées : le 16 mai 1997 pour la région de Dorohoi - Darabani,

le 23 juin 1997 pour la région de Iaşi, le 12 septembre 1997 pour la région de Vlădeni – Hlipiceni et pour la région de Târgu Frumos, le 13 septembre 1997 pour la région de Botoşani)[72]

Les traitements faits sur ces images, dont une description plus détaillée sera faite dans le chapitre consacré à l'occupation du sol, nous ont permis d'extraire un certain nombre de classes d'occupation du terrain, dont celle des eaux et des milieux humides. La classification étant faite sur l'image Landsat TM5, nous avons comparé les résultats avec les images SPOT, d'un côté, et avec les cartes topographiques (1 :50.000 et 1 :100000), les cartes du cadastre de l'eau (1 :100000) et celles disponibles dans la bibliographie. La fig. 107, qui montre le trajet de nos principales sorties sur le terrain, est en quelque sorte une carte des milieux aquatiques et des milieux humides dressée à partir de l'image satellitale.

Premièrement, nous avons constaté que seulement les surfaces aquatiques ou les milieux humides de plus de 716 m² ont été identifié à travers la classification, tandis que la superficie maxima identifiée correspond au lac de Stînca (la partie qui appartient à la Roumanie plus une partie de la vallée juste à l'amont du lac), sur la vallée du Prut, et atteint 32,01 km².

Les autres surfaces comprises entre ces extrêmes appartiennent surtout aux étangs de la plaine et, dans quelques situations, au plan d'eau de la rivière Prut. Aucune des autres rivières de la Plaine de la Moldavie n'est suffisamment large pour que son plan d'eau soit saisi sur les images Landsat TM5 dont la résolution géométrique est de 30x30 m (pour les canaux 1, 2, 3, 4, 5 et 7 ; 120x120 m pour le canal 6). Pourtant, le réseau hydrographique et les vallées de la plaine restent faciles à observer même sur ces images pour plusieurs raisons qui se conjuguent dans la photo-interprétation : les vallées méandrent et sont suffisamment larges pour être observées ; l'occupation du terrain diffère entre le lit majeur, les versants et les interfluves ; le parcellaire change de couleur et de forme entre les deux versants d'une même vallée ; les vallées sont « parsemées » d'étangs etc.

[72] Pour plus d'informations sur les images satellitales employées dans ce travail voir le chapitre dédié à la végétation et à l'occupation du sol, ainsi que les annexes.

Quand on compare les surfaces aquatiques et les milieux humides extraits de l'image satellitale avec la carte topographique 1 :100.000 (édition 1980-1982, et qui est en fait une carte généralisée de la carte topographique 1 :50.000, édition 1973-1974) et les images SPOT de 1997 (pour validation de la comparaison) on observe rapidement des différences importantes au niveau du nombre, de la superficie et de l'emplacement des étangs. Le même constat on le fait si on compare notre spatio-carte avec la carte du cadastre des eaux (édition 1980, échelle 1 :100.000). Effectivement, de nombreux étangs soit se sont colmatés depuis l'année de la réalisation des cartes mentionnées ; soit on été vidés pour certaines raisons. En ce qui concerne le tracé des rivières, les différences entre ce qui montrent les images SPOT ou Landsat TM sont presque inexistantes car les grands travaux d'aménagement des cours ont été effectués avant les années 1980.

Il nous semble important de souligner, encore une fois, que la Roumanie hérite toujours d'un système de type communiste extrêmement restrictif en ce qui concerne l'accès aux données topographiques et, en même temps, que les données auxquelles on arrive à avoir accès ne sont plus d'actualité. Nous considérons cet état de choses malheureux du point de vue de l'accès à l'information d'intérêt publique mais aussi favorable pour prouver, à l'aide de traitements spécifiques, l'intérêt de la télédétection pour l'accès à l'information, la mise à jour et le suivi des transformations spatio-temporelles.

7.7 Conclusions et critiques

L'analyse du réseau hydrographique de surface par les moyens classiques, montre un territoire avec des rivières dont le régime hydrologique paie un large tribut au climat : les précipitations réduites et les fortes températures de l'été, conjuguées au potentiel faible des nappes phréatiques, déterminent des débits généralement faibles et soumis à des montées importantes durant les averses d'été. A l'exception du Prut, les deux autres grandes rivières de la plaine – Jijia et son affluent Bahlui – restent quand même très modestes. Dans le paysage ces rivières s'imposent par leurs vallées et les processus qui affectent leurs versants

et non par des plans d'eau étendus. Certes, il y a quelques millions d'années, leurs débits étaient très grands, comparables pour Bahlui et Jijia avec ceux d'un grand fleuve car nous ne pouvons pas expliquer autrement leur impact immense dans la création du relief actuel. Aujourd'hui, ces rivières ont permis l'aménagement d'un très grand nombre d'étangs qui, eux, s'imposent dans le paysage de toute la plaine et dans la vie socio-économique locale.

Lorsque nous faisons intervenir les images satellitales dans l'analyse des eaux de la plaine, nous constatons rapidement, après une comparaison avec les cartes, que si le tracé des rivières n'a pas connu des changements importants depuis les années 1970, le nombre et l'étendue des étangs se sont modifiés. Ceci prouve l'importance de cet outil dans la mise à jour des informations et permet une meilleure cartographie des eaux de surface et des milieux aquatiques au niveau d'un territoire très étendu, mais à condition de tenir compte, aussi, des limites des capteurs du point de vue de la résolution spatiale.

La critique vise surtout le « trop classique, trop simple » de l'approche employée dans ce chapitre, d'autant plus que nous n'avons pas innové en termes de méthodes de traitement des données. Mais, il faut aussi avouer, que nous n'avons pas eu pour objectif une analyse détaillée des ressources d'eau, ni l'étude de la morphométrie des vallées…
Puis, nous n'avons pas employé un certain nombre d'indicateurs classiques, largement utilisés et cités dans la bibliographie roumaine, tel que la densité du réseau hydrographique. La raison en est simple : les rivières de cette plaine sont si peu développées (à 2 ou 3 exceptions près[73]), avec des débits si réduits et inconstants, que de tels calculs semblent insensés. En plus, il ne faut pas oublier que près de 73 % de la longueur des cours des rivières ont un écoulement temporaire ou intermittent…

Dans la perspective géocinétique et géocybernétique, nous n'avons rien fait dans ce chapitre. La pensée exprimée dans les lignes suivantes est en égale mesure autocritique et ouverture pour une réflexion méthodologique : on aurait dû dresser la carte de la densité du réseau hydrographique par les moyens classiques ; numériser cette carte ; appliquer la

[73] même la rivière Bahlui, à Iaşi, a un débit de seulement 3,2 m^3/s…

méthode de la dynamique et du rythme et interpréter les résultats. C'est justement la précarité du support cartographique et la quasi-insignifiance des eaux courantes de cette plaine (observée sur le terrain, en termes de débits et d'importance des plans d'eaux) qui nous font douter du bien fondé de la carte de la densité du réseau hydrographique et de ses dérivées. Il aurait été plus intéressant (mais hors de notre portée, en raison de la taille du territoire et de cet… éternel problèmes de confiance dans les cartes topographiques roumaines) de prendre en compte le réseau de drainage potentiel et d'y chercher des topons bradynamiques, thachydynamiques, bradyrytmes et tachyrythmes….

8 LES SOLS

8.1 Introduction

Présenter les objectifs de ce chapitre n'est pas une chose facile pour une raison très simple : l'auteur de cette recherche est loin d'être spécialiste dans ce domaine. Malgré le fait que nous avons participé, au long des années, à de nombreuses sorties de terrain avec des spécialistes pédologues reconnus en Roumanie[74], nous n'avons pas acquis toutes les connaissances nécessaires.

Par conséquent, nous allons introduire le lecteur aux problèmes pédogéographiques de notre territoire d'une manière très succincte, avec : une présentation des principaux facteurs pédogénétiques spécifiques pour la région étudiée ; un passage en revue de ceux qui ont contribué à l'analyse des sols de cette plaine collinaire ; une présentation des principaux types de sols du territoire et de leur répartition, accompagnée des photos de quelques profils caractéristiques susceptibles d'aider à la compréhension des paysages d'aujourd'hui.

Les sols dans le géosystème, ne sont pas les éléments les plus perceptibles. Mais ils jouent un rôle fondamental dans le géosystème dans la mesure où ils influencent les couverts végétaux en fonction de leurs caractères édaphiques.

Les sols de la Plaine de la Moldavie sont le résultat d'une évolution orientée sur les processus de bioaccumulation et argilisation secondaire, sous l'interaction de plusieurs facteurs :

- Litho-morphologiques : dépôts sarmatiens (volhiniens, bugloviens et bessarabiens) avec des constituants argileux, marneux et sableux, favorables aux altérations et aux bio-accumulations avancées ; plateaux et interfluves larges dans la moitié nord, souvent dépassant 200 m d'altitude, morcelés par un réseau de vallées, cuestas et processus de versant (glissements, érosion torrentielle) ; mêmes aspects morphologiques et fonctionnels, mais à des altitudes plus réduites dans la moitié sud.

[74] G.Lupaşcu, C.Rusu, I.Bojoi pour ne citer que quelques uns…

- Climatiques : interférence entre les masses d'air continental, baltique et océanique, interférence plus accentuée dans la moitié nord de la plaine ; contrastes thermiques parfois accusés, quantités réduites de précipitations (575 – 650 mm/an).
- Hydriques : régime hydrique périodiquement percolatif ; excès d'humidité dans les lits des rivières et souvent à la base des versants.
- Phytogéographiques : végétation forestière (avec dominance du chêne) dans la moitié nord (conservé sur quelques interfluves et versants), sylvosteppe herbacée dans la moitié sud du territoire (pour la plupart cultivé aujourd'hui).

Les principales études publiées, dans un premier temps, dans ce domaine, ont été réalisées en collaboration par N.Bucur et N.Barbu : l'origine et l'implication des loess dans la constitution des sols de la plaine, les sols de la région des massifs collinaires Copalău – Cozancea – Guranda, la régradation des sols, la distribution spatiale et la signification des sols fossiles etc. En ce qui concerne les sols fossiles et enterrés, les auteurs sont arrivés à la conclusion que nous pouvons les rencontrer seulement sur les terrasses et dans le lit majeur des rivières, ayant une distribution locale.

À la connaissance des caractéristiques pédogéographiques a contribué aussi V.Butnaru, par ses articles où il analyse les sols fossiles de la zone Aroneanu, les sols de la région Belceşti – Şipote etc.

Il faut préciser aussi que "La carte des sols de la Roumanie" est disponible à l'échelle du 1:200.000 (1982), et que quelques feuilles de cette carte couvrent l'ensemble de la Plaine de la Moldavie. En effet, c'est le seul document où on peut trouver des informations complètes sur les sols de toute la région, présentées à un niveau de détail satisfaisant et, surtout, avec une légende homogène bien que déjà très ancienne. Ce caractère homogène doit être soligné car, à travers le temps, en Roumanie, plusieurs systèmes de classification des sols ont été utilisés. Aussi, selon la date de parution, les ouvrages utilisent des unités taxonomiques différentes, non seulement dans la répartition spatiale, mais aussi dans les classifications. Pourtant, même cette carte a perdu son actualité : elle a été dressée suivant le *Système*

roumain de classification des sols (SRCS) de 1980 et qui a changé en 2003, ce qui fait que les équivalences entre l'ancien et le nouveau système n'ont pas encore été actualisées (sans ajouter que le SRCS avait déjà souffert des modifications en 1973 et 1976…).

Les 10-15 dernières années se caractérisent par l'apparition des études pédologiques détaillées, effectuées sur des superficies restreintes, pour soutenir des travaux d'aménagement du territoire ou pédoammélioratives (élimination de l'excès d'humidité, installation de systèmes d'irrigation, correction de la salinité etc.). Ces travaux fournissent des informations de grande finesse.

8.2 Répartition des principaux types de sols

Les dernières recherches en date sur la couverture de sols de la Plaine de la Moldavie (I.Bojoi, C.Rusu, E.Rusu *et al.*, 1997) ont été réalisées dans des régions représentatives, au niveau des surfaces caractérisées par une évolution lente et de longue durée, ainsi qu'au niveau des lits majeurs des rivières, caractérisées par une évolution « tourmentée ». Les chercheurs ont insisté sur des situations typiques, qui reflètent la stabilité des conditions pédogénétiques, d'une part, et, d'autre part, sur l'évolution des sols jeunes des lits des rivières, qui révèlent les modifications relativement récentes de l'évolution du paysage à travers la présence et les caractères des sols enterrés, brutalement exhumés.

Au niveau des versants, où la dynamique des processus gravitationnels est très accélérée et la morphogenèse dépasse le rythme de la pédogenèse, la complexité des sols est doublée par les processus actifs géomorphologiques (érosion, éboulements, glissements, salinisation secondaire etc.).

Les différenciations dans la couverture de sols, avec leurs implications dans le paysage, sont massives et dues aux formations végétales majeures et au type d'occupation des sols. Dans des situations morphologiques et de roche mère identiques, nous rencontrons souvent des

situations dans lesquelles sous une forêt mature le stade d'évolution du sol est plus avancé (sol gris forestier typique – sol brun lessivé typique CN_{ti}-BP_{ti}, sol brun lessivé typique – luvisol typique BP_{ti}-SP_{ti} etc.). Mais, le plus souvent, nous pouvons observer les différenciations seulement au niveau des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. Tandis que dans les zones agricoles s'installent des processus d'érosion aréolaire et éolienne, accompagnés parfois d'un hydromorphisme pluvial, dans le cas des sols forestiers ces phénomènes ne sont pas rencontrés (par modification du régime aéro-hydrique et protection due aux arbres).

Les sols caractéristiques pour la Plaine de la Moldavie sont les mollisols[75], surtout dans la moitié sud du territoire, représentés par : tchernozems (CH), tchernozems cambiques (CC, voir fig. 99 et 101) et argiloilluviales (CI, fig. 100), sols gris forestiers (CN, voir fig. 102), qui se succèdent vers le nord et en altitude dans cet ordre. Dans la moitié nord de la plaine, ces types sont caractéristiques pour les secteurs qui se trouvent à l'est d'une ligne passant par les localités Săveni – Truşeşti – Todireni et au sud de l'alignement Săveni – Avrămeni – Manoleasa. Pour le reste du territoire, sur les formes basses de relief (terrasses, glacis et à la partie inférieure des versants) on rencontre des sols plus jeunes sur les dépôts alluviaux, alluvio-colluviaux et moins fréquemment déluviaux. Dans la majeure partie des situations, les mollisols tchernozomiques sont localisés à l'est du méridien de 27º long.E, ligne approximative où disparaissent les influences climatiques scandinaves et baltiques et où se ressentent surtout les influences climatiques continentales.

Dans la moitié sud de la plaine, les sols gris forestiers (CN, fig. 98) ont une extension plus restreinte et plus aléatoire dans l'aire des tchernozems argiloilluviaux, tandis que dans la moitié nord les CN remplacent souvent – mais sans former un étage proprement dit – les tchernozems argiloilluviales et les tchernozems cambiques. Plus on avance vers le nord, ainsi que dans les hautes collines de Copalău – Cozancea, Ibăneşti, les collines Bodron, Pustăi etc.,

[75] Les noms de sols présentés dans le texte correspondent au *Système Roumain de Classification des Sols* (SRCS) de 1980. Dans les figures nous avons donné aussi l'équivalence avec *World Reference Base – Soil Ressources*, (WRB-SR), no.19, édition FAO 2002.

les mollisols deviennent de plus en plus rares, les argilluvisols, comprenant entre autres des sols bruns lessivés (BP) et même des luvisols albiques (LV), deviennent de plus en plus dominants au détriment des mollisols.

Sur l'ensemble on constate une tendance claire de double segmentation, aussi bien sur la direction nord – sud que sur la direction est – ouest, segmentation marquée par des limites d'altitude différentes. Cette double zonalité est accompagnée par un étagement en altitude clairement exprimé dans les secteurs à forte énergie du relief. Ces lois pédogéographiques sont perturbées par certaines particularités pédogénétiques locales, telles que : la morphographie, le microrelief, les processus de versant, l'excès d'humidité, l'existence des dépôts déluviales, colluviales et alluviales plus jeunes etc. D'où, une mosaïque dans la couverture de sols, avec des implications directes dans l'état et la dynamique du paysage.

Les analyses physico-chimiques, la description des profils de sol et leur localisation mènent à l'idée que la partie nord de la Plaine de la Moldavie a appartenu au domaine forestier proprement dit (l'étage du chêne pédonculé, du chêne rouvre, voire chênaie – hêtraie tout au nord et sur les collines les plus hautes), tandis que la moitié sud a appartenu à la sylvosteppe. Le large développement des argilluvisols dans des conditions morphologiques spécifiques (fragmentation verticale, ampleur de la dénudation etc.) et sous un climat plus frais et plus humide, distinguent clairement la bordure ouest de la Plaine de la Moldavie, la dorsale collinaire Copalău – Cozancea – Guranda et la zone ouest de la moitié nord de la plaine (appartenant au domaine forestier, selon la couverture dominante de sols), du reste du territoire (qui appartient à la sylvosteppe).

Le sol enregistre avec fidélité toute transformation des composantes naturelles du paysage géographique. Mais, cette réadaptation à de nouvelles conditions se réalise dans un pas de temps très long, parce qu'il conserve une grande partie des caractéristiques initiales.

Parfois, certaines propriétés, déjà acquises, ont fort peu changé lors des modifications de l'occupation du sol. Ainsi, les sols bruns lessivés typiques,élaborés sous couvert forestier sont encore identifiables aujourd'hui malgré le déboisement et l'utilisation agricole du sol. Ses propriétés physico–chimiques et ses aptitudes productives ne sont pourtant pas favorables aux cultures. Ils présentent un régime aéro-hydrique déficitaire, un vertisolage à la base de l'horizon labouré, un pH faible à modérément acide, une absence en certains éléments nutritifs, un degré réduit de saturation en bases. On ajoute encore une recrudescence de l'érosion éolienne et de l'érosion par l'écoulement, ce qui engendre une diminution de l'épaisseur des horizons supérieurs. Sur cet horizon aminci se pratiquent des labours qui remontent à la surface l'horizon Bt pauvre en cations échangeables ce qui est préjudiciable pour les plantes cultivées.

Cette situation est assez répandue car plusieurs situations semblables ont été constatées. Ce remplacement brutal du paysage forestier par une occupation agricole aux rendements culturaux médiocres ne justifie pas du point de vue édaphique cette modification anthropique. Malgré ces transformations paysagères, les caractères structuraux, texturaux et physico-chimiques de ces sols transformés laissent transparaître les occupations antérieures.

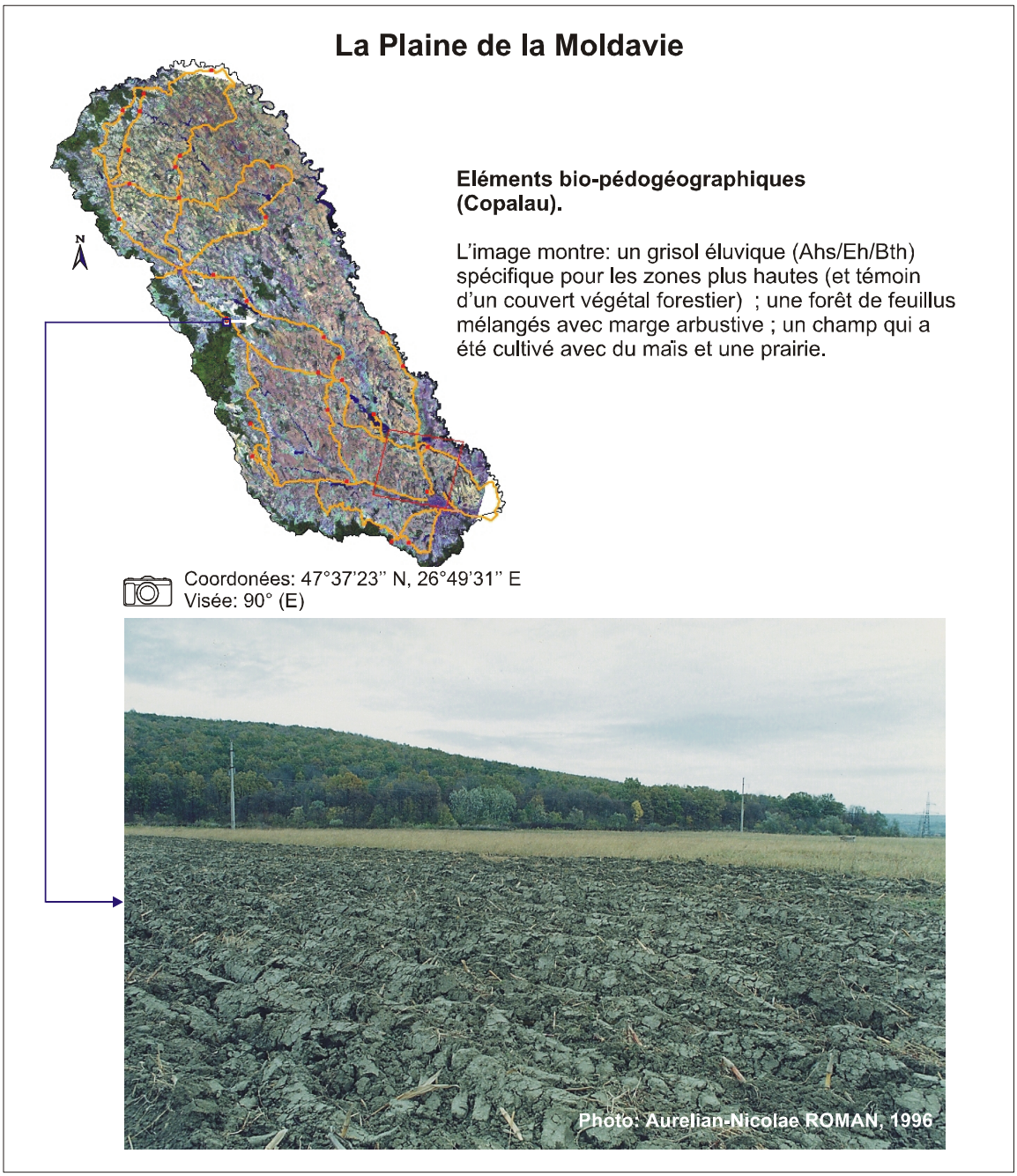

La Plaine de la Moldavie
N
Eléments bio-pédogéographiques (Copalau).
L'image montre: un grisol éluvique (Ahs/Eh/Bth) spécifique pour les zones plus hautes (et témoin d'un couvert végétal forestier) ; une forêt de feuillus mélangés avec marge arbustive ; un champ qui a été cultivé avec du maïs et une prairie.
Coordonées: 47°37'23'' N, 26°49'31'' E
Visée: 90° (E)
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 1996

Figure 98

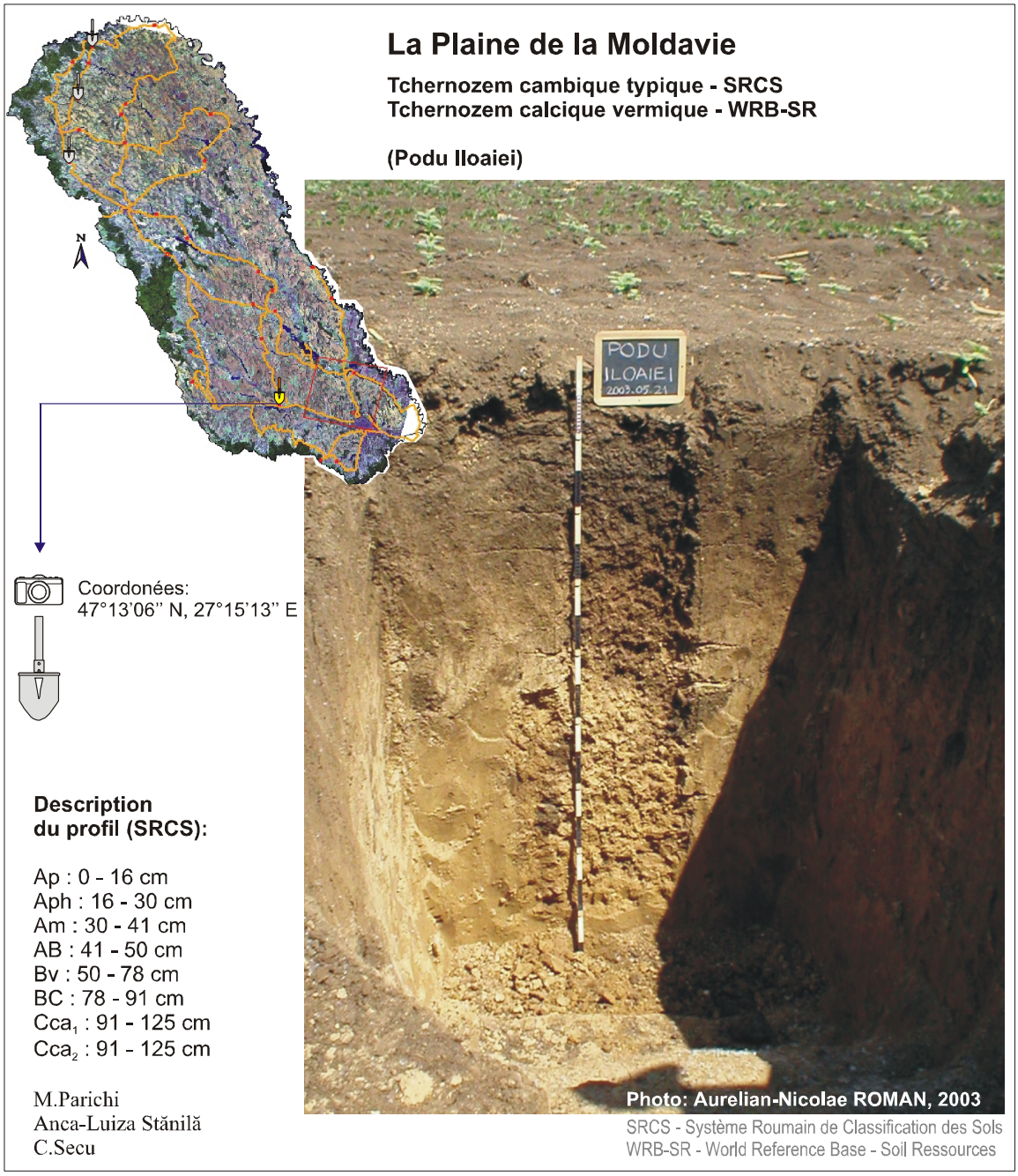

La Plaine de la Moldavie
Tchernozem cambique typique - SRCS
Tchernozem calcique vermique - WRB-SR
(Podu Iloaiei)
N
PODU ILOAIEI 2003.05.21
Coordonées:
47°13'06'' N, 27°15'13'' E
Description du profil (SRCS):
Ap : 0 - 16 cm
Aph : 16 - 30 cm
Am : 30 - 41 cm
AB : 41 - 50 cm
Bv : 50 - 78 cm
BC : 78 - 91 cm
Cca1 : 91 - 125 cm
Cca2 : 91 - 125 cm
M.Parichi
Anca-Luiza Stănilă
C.Secu
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 2003
SRCS - Système Roumain de Classification des Sols
WRB-SR - World Reference Base - Soil Ressources

Figure 99

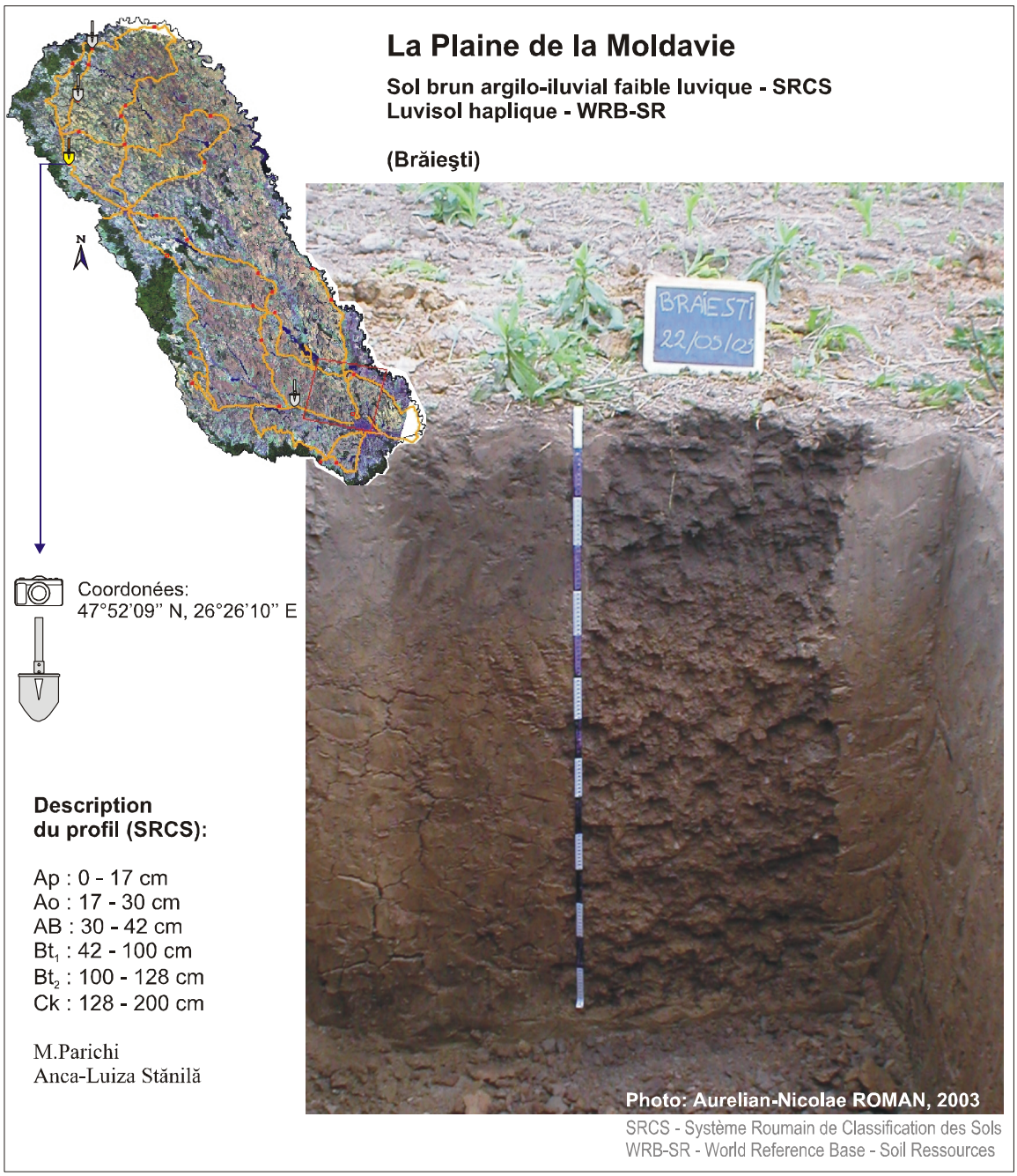

La Plaine de la Moldavie
Sol brun argilo-iluvial faible luvique - SRCS
Luvisol haplique - WRB-SR
(Brăieşti)
N
BRAIESTI
22/05/03
Coordonées:
47°52'09'' N, 26°26'10'' E
Description
du profil (SRCS):
Ap : 0 - 17 cm
Ao : 17 - 30 cm
AB : 30 - 42 cm
Bt1 : 42 - 100 cm
Bt2 : 100 - 128 cm
Ck : 128 - 200 cm
M.Parichi
Anca-Luiza Stănilă
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 2003
SRCS - Système Roumain de Classification des Sols
WRB-SR - World Reference Base - Soil Ressources

Figure 100

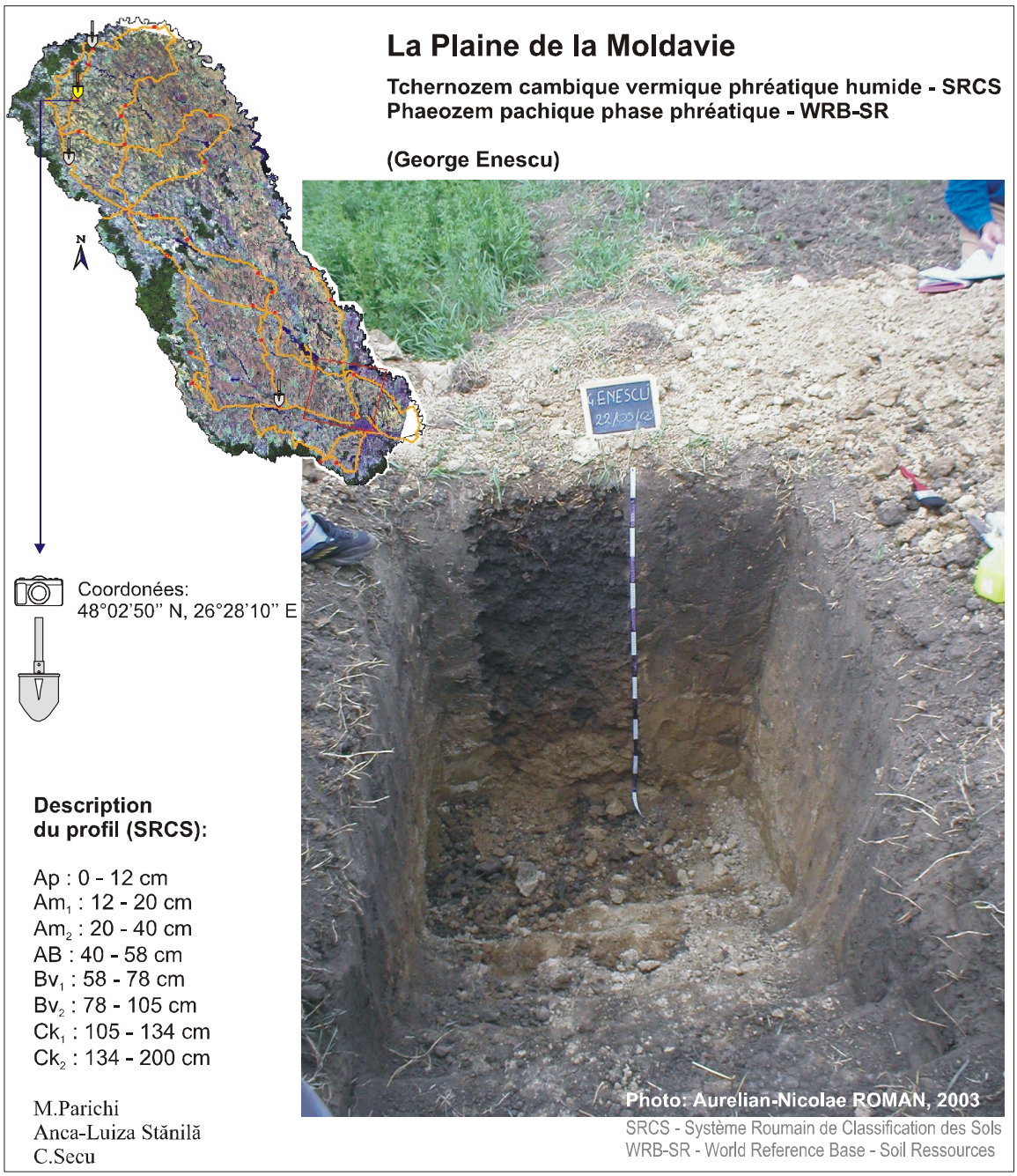

La Plaine de la Moldavie
Tchernozem cambique vermique phréatique humide - SRCS
Phaeozem pachique phase phréatique - WRB-SR
(George Enescu)
N
Coordonées:
48°02'50" N, 26°28'10" E
Description
du profil (SRCS):
Ap : 0 - 12 cm
Am1 : 12 - 20 cm
Am2 : 20 - 40 cm
AB : 40 - 58 cm
Bv1 : 58 - 78 cm
Bv2 : 78 - 105 cm
Ck1 : 105 - 134 cm
Ck2 : 134 - 200 cm
M.Parichi
Anca-Luiza Stănilă
C.Secu
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 2003
SRCS - Système Roumain de Classification des Sols
WRB-SR - World Reference Base - Soil Ressources

Figure 101

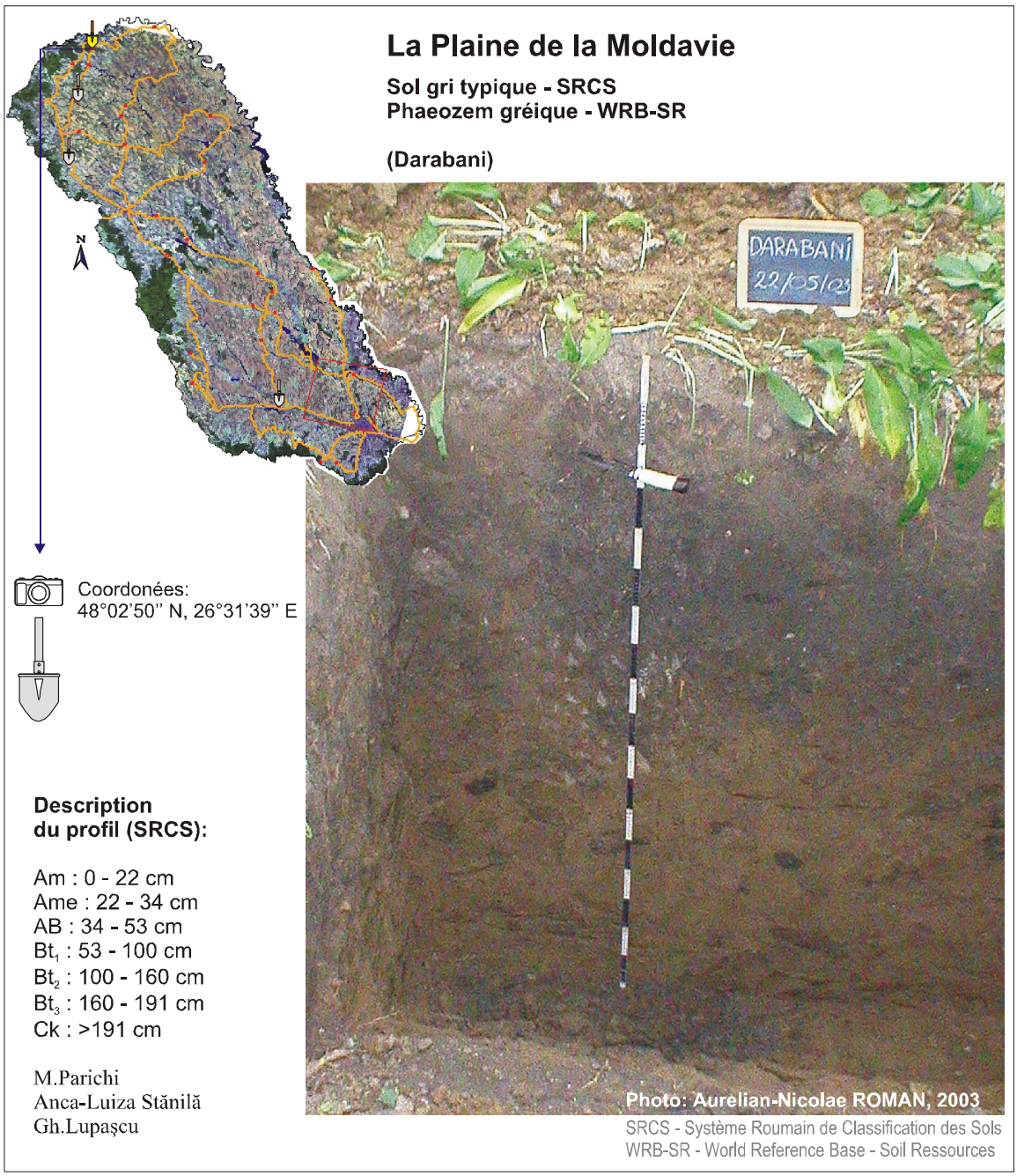

La Plaine de la Moldavie
Sol gri typique - SRCS
Phaeozem gréique - WRB-SR
(Darabani)
N
Coordonées:
48°02'50" N, 26°31'39" E
Description
du profil (SRCS):
Am : 0 - 22 cm
Ame : 22 - 34 cm
AB : 34 - 53 cm
Bt1 : 53 - 100 cm
Bt2 : 100 - 160 cm
Bt3 : 160 - 191 cm
Ck : >191 cm
M.Parichi
Anca-Luiza Stănilă
Gh.Lupaşcu
DARABANI
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 2003
SRCS - Système Roumain de Classification des Sols
WRB-SR - World Reference Base - Soil Ressources

Figure 102

8.3 Conclusions et critiques

Reflet des conditions climatiques plus anciennes superposées aux matériaux parentaux spécifiques de la plaine et conjugués à la végétation, les sols de la Plaine de la Moldavie s'imposent dans le paysage au moins pour trois raisons :

- La première et la plus visible est sa couleur avant que les cultures les recouvrent durant la période végétative. Cette situation est caractéristique de fin octobre (après les moissons et les labours d'automne) à fin avril, lorsque les céréales poacées ne sont assez bien développées pour recouvrir le terrain. Durant cette période, le brun foncé ou noir, parsemé de tâches jaunâtres dues à l'érosion aréolaire, dominent les terres de culture. Plus vers le brun ou le jaune sont les sols des vignes. Sinon, les prés, les forêts ou les éléments anthropiques permanents cachent le sol toute l'année.

- La deuxième raison tient aux couverts végétaux développés sur tel ou tel type de sol mais, dans ce cas, les différenciations sont plus difficiles à faire. Toutefois, nous pouvons déceler certains caractères édaphiques en fonction de la position topographique ou de la proximité ou non d'une nappe phréatique, par exemple. Ainsi des prés situés en haut d'un versant ont des sols plus ressuyés que ceux situés en bas de versant, ce qui se traduit par un tapis herbacé plus dense et plus vert à la base. De même, les roseaux et les typhas traduisent la présence d'une eau calme ou stagnante.

- La troisième est la possibilité de reconstituer des paysages anciens grâce à des caractéristiques édaphiques. Ainsi, l'analyse de la structure, de la texture et des composants physico-chimiques d'un sol cultural peut révéler l'existence préalable d'un sol forestier. L'étude pédologique doit être intégrée dans l'approche dynamique des paysages compte tenu de la qualité des informations qu'elle peut révéler sur la composition des paysages anciens.

Nous considérons que les principales critiques au sujet de ce chapitre sont les suivantes :

- beaucoup trop court et manque d'une carte détaillée des sols, pour les raisons présentées en introduction.
- manque d'application de l'indicateur de différenciation qualitative générale des sols. Raisons : *a* - absence d'une carte détaillée des sols ; *b* – les logiciels employés exigent des connaissances de programmation supérieures aux nôtres pour leur faire calculer l'indicateur proposé.

9 ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES ET OCCUPATION DU SOL

9.1 Introduction

Discuter des caractères biogéographiques de la Plaine de la Moldavie, surtout de ses caractères phytogéographiques, est fort intéressant mais pas vraiment facile, malgré le nombre important d'articles qui ont été publiés à ce sujet. Les raisons en sont multiples et nous allons en évoquer quelques unes.

Les premiers inventaires floristiques remontent au milieu du XIX^{ème} siècle, époque à laquelle, déjà, l'intervention anthropique était forte. Depuis, cette intervention n'a pas cessé d'augmenter, tandis qu'au niveau des inventaires on a parfois repris les informations précédemment publiées. Les changements de nom de nombreuses unités taxonomiques, des espèces jusqu'aux alliances, n'ont pas facilité la tâche d'un géographe désirant appréhender la répartition du couvert végétal. Même les botanistes ont parfois du mal à s'y retrouver et à se mettre d'accord pour décider des correspondances, entre noms, après les changements d'appellation.

Appréhender l'espace et ses différentes composantes sans l'appui d'une carte est certes possible, mais assez désagréable pour un géographe. Malheureusement, les références bibliographiques disponibles ne présentent aucune esquisse de localisation des espèces ou des associations végétales, encore moins des cartes biogéographiques. Les seules représentations concernent l'ensemble du pays (notamment la carte géobotanique de N.Doniță *et al.*, 1960, échelle 1 : 500.000) et, le plus souvent, à des échelles beaucoup trop petites pour permettre des analyses détaillées. Plus fréquentes sont les cartes des limites chorologiques : par exemple, la limite de répartition de *Fagus silvatica* vers l'est (arbre caractéristique du climat tempéré océanique) ; essence que nous observons sur les hauteurs qui bordent la Plaine de la

Moldavie vers l'ouest et le sud. Enfin, pour certaines espèces endémiques, nous pouvons trouver des cartes de répartition mais, toujours, à des échelles très réduites.
Un autre problème intervient au moment où, faute de représentation graphique, nous tentons de dresser les cartes biogéographiques par nos propres moyens, à partir des données bibliographiques. Et, c'est justement le point le plus délicat.
Mettre à jour les noms latins exige un temps précieux mais c'est faisable, finalement, à travers tables de détermination, dictionnaires et autres encyclopédies (M.Răvăruț, 1941). Ce travail a été réalisé et confirmé par un ouvrage qui traitait de ce sujet simultanément (M.Mititelu *et al.*, 1995). Cet inventaire floristique de la région de Iaşi comprend plus de 1454 espèces appartenant à 502 genres et 102 familles. Pour avoir un fond de carte on joue avec les sources et les règlements, le papier calque et la table à digitaliser.

Mais le problème fondamental, sauf si on reprend le travail de cartographie sur le terrain à zéro est la précision des localisations botaniques. Prenons des cas théoriques représentatifs : l'association S est signalée comme présente dans les cantons (au mieux dans les villages) A, B, C, mais ces sites ont chacun 20, 30 respectivement 40 km² ; l'association T est présente sur la vallée V, à la sortie du village X en direction de Y mais la vallée compte 2-3 km de large et il y a 15 km entre les deux villages... Pas une seule coordonnée UTM, encore moins de coordonnées géographiques représentatives pour le taxon évoqué (ex : T, 47°15' N, 27°08' E). Par contre, on peut lire dans la bibliographie que l'association *Puccinellietum distansis* est présente, parmi d'autres, dans la vallée de Miletin, mais cette vallée fait 87 km de long pour un bassin versant de 663 km². En conséquence il est impossible de localiser, voire de cartographier les dites associations. Sachant la précision de l'information et que nos cartes sont dressées sur un maillage de 500x500 m, il nous semble impossible de spatialiser le couvert végétal à ce degré de finesse. Seule une esquisse peut des grandes formations végétales peut être réalisée.

Quel degré de fiabilité accorder aux données bibliographiques ; où chercher l'information et à laquelle se référer ? Comment harmoniser les données ?

Certes, nous pouvons faire appel à des photos aériennes, à condition qu'elles bénéficient d'un régime d'utilisation beaucoup moins restrictif ; ou à des images satellitales, à condition de trouver les financements.

Ce qui a été exploité c'est les informations bibliographiques, parmis lesquelles ont été sélectionnées les plus caractéristiques et les plus fiables pour la région étudiée, malheureusement dépourvues de tout matériel cartographique annexe.

Toutefois, nous avons eu la chance de dernier moment[76] d'analyser la végétation et l'occupation du sol à partir des images satellitales offertes par le *Centre Roumain pour l'Utilisation de la Télédétection en Agriculture (CRUTA)* de Bucarest. Comme nous l'avons déjà dit, il s'agit d'une image multispectrale Landsat TM5 du 2 juin 1996 et de plusieurs images SPOT panchromatiques.

9.2 L'approche classique : une approche morcelée

9.2.1 Traits généraux de la végétation

Le différences morphologiques rencontrées au sein de la plaine, ainsi que les caractères climatiques et pédologiques spécifiques de ses principales régions, déterminent une différenciation du couvert végétal assez prononcée.

Sur le territoire de la plaine on rencontre deux grands types de végétation, en raison du relief et du climat : la sylvosteppe, surtout à l'est et dans les parties internes, plus basses et la forêt de feuillus, sur les hauteurs. Les bords de la plaine sont également soulignés par les forêts de feuillus, avec la dominance des *Quercus sp.* et le lit majeur du Prut est bordé de ripisylves.

[76] Nous avons obtenu les images satellitales au mois de novembre 2002 ; le traitement de celles-ci a été effectué de novembre 2002 à janvier 2003 et les résultats intégrés dans le texte à partir du mois d'avril 2003.

En fait, il est difficile de rencontrer une végétation naturelle proprement dite, car les terrains agricoles ou le bâti l'ont remplacée presque totalement. Celle-ci, aussi "naturelle" qu'elle pourrait l'être encore, se trouve dispersée en petits lambeaux dans les fonds de vallées, sur les versants difficilement accessibles et utilisables, sur le sommet de quelques collines ou sur des plateaux. Quant à l'évolution dans le temps, un indice important est constitué par le type de sol qui, même après la disparition du couvert végétal naturel, garde encore, pour longtemps, ses caractères d'origine.

Deux articles relativement récents, portant sur la flore et la végétation des départements de Iaşi et Botoşani (donc plus que la plaine proprement-dite), parus sous la coordination de D.Mititelu et T.Chifu (1995), rassemblent les dernières informations concernant les aspects biogéographiques du territoire qui nous intéresse, sans qu'ils soient pour autant plus précis dans leur localisations. Ces publications font état de la richesse floristique du territoire : 1278 espèces de plantes vasculaires, appartenant à 507 genres et 105 familles, pour le département de Botoşani et 1758 espèces de plantes vasculaires, appartenant à 570 genres et 112 familles pour le département de Iaşi. En d'autres termes, - et on souligne encore une fois qu'il s'agit du niveau départemental et non de la plaine -, presque la moitié du nombre d'espèces inventoriées en Roumanie est présente sur ce territoire. Dans cet ensemble, environ 75 % sont plantes pérennes et 25 % annuelles ; 5 % sont des plantes aquatiques. Plus de la moitié sont des plantes herbacées. Dans ces deux départements (Botoşani, Iaşi) la plus grande parties de ces espèces est d'origine eurasiatique (42-44 %) ; 12 % sont européennes ; 8 %, circumboréale ; 6 %, cosmopolites etc.

9.2.2 La steppe

La végétation de steppe a été largement remplacée par des cultures agricoles. On la rencontre encore par endroits au sud et à l'est de la plaine (le cours inférieur de Başeu, au long de la vallée du Prut, aux alentours de Iaşi). La partie de cette végétation qui résiste encore sous forme de lambeaux est très pauvre en espèces, fortement dégradée et rencontrée au niveau le plus bas du relief (moins de 70 m d'altitude). Les espèces caractéristiques sont : *Stipa*

lessingiana, S.joanis, Agropyrum cristatum, Festuca valesiaca, F.pseudovina. Sur les terrains dégradés, la végétation secondaire est constituée de *Andropogon ischaemum, Cynodon dactylon* et *Poa bulbosa.* Les graminées sont accompagnées par des dicotylédones telles que : *Artemisia austriaca, Euphorbia stepposa, Bromus inermis, Medicago lupulina, Trifolium repens, Lotus corniculatus, Medicago minima, Astragalus onobrychis* etc. (N.Barbu, 1961)

Sur les terrains humides et souvent avec un excès de sel (dans le lit des rivières, la base de certains versants, derrière les monticules formés sur les loupes de glissement etc.), on rencontre des espèces hygrohalophiles, adaptées à ce genre de conditions : *Alopecurus pratensis, Juncus gerardi, Sium latifolium, Peucedanum latifolium, Plantago schwartenbergiana, Puccinellia distans, Silaum flavescens, Podospermum canum, Statice gmelini, Lepidium latifolium, Artemisia salina* etc. Sur les sols humides à gley et forte concentration en calcium, on rencontre : *Alopecurus pratensis, Beckmannia erucaeformis, Festuca arundinacea, Catabrosa aquatica, Glyceria fluitans, G.aquatica, Scirpus lacustris, S.maritimus, Phragmites communis, Typha latifolia, T.angustifolia, Bromus commutatus, Carex vulpina, C.nutans* etc.

Pour avoir une idée de la richesse floristique des prairies steppiques originelles, il faut se référer à la végétation de la réserve naturelle " Valea lui David ". Située à 7 km ouest de Iaşi, sur le versant à exposition ouest (80-180 m alt.), la réservation occupe 50 ha des 180 ha de prairies séculaires ici présentes. La richesse floristique (plus de 500 espèces de plantes supérieures) et la diversité phytogéographique (éléments eurasiatiques, européens, pontiques-sarmatiens) donnent une idée de ce que a pu être la richesse floristique de ces prairies (C.Burduja *et al.*, 1956, 1959, D.Mititelu *et al.*, 1969 etc.). On y retrouve des éléments non seulement rares pour la flore du pays mais, en même temps, caractéristiques de la flore de cette prairie : *Stipa capillata, S.joanis, S.stenophylla, S.pulcherrima, Adonis vernalis, Sisymbrium polymorphum, Erysimum diffusum, Filipendula hexapetala, Astragalus onobrychis, Onobrychis viciaefolia, Oxytropis pilosa, Euphorbia virgata, Ferulo silvatica, Nepeta nuda, Lenaria genistifolia, Plantago cornuti, Campanula sibirica, Achillea setacea, Crocus variegatus, Crambe tataria, Iris hungarica, I.graminea, Cytisus austriacus, Linum*

hirsutum, L.flavum, L.tenuifolium, Trinia kitaibelii, Nonnea pulla, Ajuga laxmanni, Veronica jacquini, V.orchidea, Cephalaria uralensis, Inula ensifolia, I.germanica, Centaurea orientalis, C.micrathos, Serratula radiata, Bromus japonicus, Dorycnium herbaceum, Vicia pannonica, Dianthus capitatus, Pastinaca graveolens, Coronilla varia, Stachys recta, Asperula cynanchica, A.glauca, Aster lynosiris etc. Il y a aussi des espèces très rares ou endémiques : *Asperula moldavica, Iris brandzae, Rumex tuberosus, Polygala sibirica, Erysimum mixtefurcatum.*

Le microrelief du versant, le degré variable d'humidité et de salinité du sol conduisent à une mosaïque de végétation dans cette prairie : associations xérophiles (*Medicagini-Festucetum valesiacae, Andropogonetum ischemi, Stipetum capillatae, Stipetum lessingianae, Koelerietum gracilis*), associations halophiles (*Champhorosmetum annuae, Staticeto-Artemisietum maritimae*), associations hygro-hallophiles (*Juncetum gerardi, Puccinelietum distansis*) etc.

La faune suit la diversité de la végétation, quelques espèces rares s'y rencontre comme : le papillon *Evergestis astrogovichi* (deuxième endroit au monde où il a été capturé), la cigale *Dinarchus desipus*, la vipère *Vipera ursini renardi, V.ursini ursini,* le lézard *Lacerta agilis chersonensis* etc.

Malheureusement, la résèrve se trouve depuis plusieurs années dans un état lamentable en raison du manque de conscience des habitants et des autorités locales.

9.2.3 La sylvosteppe

Ce type de végétation, caractérisé par une alternance de prairie et d'îlots boisés, est difficile à retrouver dans son état naturel, dans la plaine de la Moldavie, du fait de l'utilisation agricole du terrain. Cette sylvosteppe, en suivant les conditions climatiques (plus particulièrement le découpage latitudinal) peut être divisée en deux parties, nord et sud, de part et d'autre de la dorsale collinaire Copalău – Cozancea – Guranda.

Les forêts s'installent sur les collines, sur les versants, dans les lits majeurs des principales rivières, notamment la vallée du Prut, et sur les versants qui limitent la Plaine de la Moldavie. Chênes, charmes, érables, peupliers et tilleuls sont les genres dominants. Cette richesse

s'accroît lorsqu'on atteint le niveau des espèces : *Quercus petraea* et *Quercus robur,* accompagnées de : *Tilia tomentosa, T.cordata, Acer campestre, A.tataricum, A.platanoides, A.tataricum, Carpinus betulus, Fraxinus excelsior, Ulmus foliacea, Cotinus coggygria* et, moins fréquent, les espèces thermophiles telles : *Quercus dalechampii, Q.polycarpa, Carpinus orientalis, Fraxinus ornus* (N.Barbu, 1987).

A l'intérieur des forêts, ainsi qu'au lisières, les arbustes sont très nombreux : *Cornus mas, C.sanguinea, Viburnum lantana, Evonymus europaea, E.verrucosa, Ligustrum vulgare, Staphylea pinnata, Rhamnus tinctoria, Coryllus avellana, Crataegus monogyna, Prunus spinosa, Rosa canina* etc.

Le cortège floristique de la strate herbacée est également très : *Poa nemoralis, Dactylis glomerata, Veronica chamaedrys, Pulmonaria officinalis, Asperula odorata, Geum urbanum, Lamium maculatum, L.galebdolon, Polygonatum officinale, Glechoma hederacea, G.hirsuta, Ranunculus ficaria, Asarum europaeum, Arum maculatum, Muscari racemosum, Fragaria vesca, Mercurialis perennis, Asparagus officinalis, A.tenuifolius, Stellaria media, Alliaria officinalis, Galanthus nivalis, Viola odorata, Scilla bifolia, Corydalis solida, C.cava, Anemone ranunculoides, A.nemorosa* etc.

Pour avoir une image plus précise de la végétation de ces îlots boisés, nous allons présenter l'exemple de la forêt de Breazu.

Celle-ci occupe 47 ha et se trouve à 6 km au nord de Iaşi, sur la colline portant le même nom (Breazu, 206 m alt.). C'est une forêt de transition entre la sylvosteppe et l'étage des chênes (N.Barbu, 1987). Les recherches effectuées (P.Pascal, 1958) montrent une grande richesse de la flore : plus de 300 espèces, y compris des espèces rares en Roumanie (la mousse *Buxbaumia aphylla*, relique boréale).

La végétation arborescente est constituée de : *Quercus petraea* (très bien représenté sur le plateau supérieur et à la partie supérieure du versant)*, Q.robur* (fréquent à la partie inférieure des versants)*, Carpinus betulus, Acer campestre, A.platanoides, A.tataricum, Tilia tomentosa, T.cordata, T.plathyphyllos, Quercus pedunculiflora, Fraxinus excelsior, Ulmus foliacea, Sorbus torminalis, S.aucuparia, Ailanthus glandulosa, Cerasus avium, Pirus piraster, Malus silvestris.*

Les arbustes sont représentés par : *Cotinus coggygria, Staphylea pinnata, Evonymus verrucosa, E.europaea, Viburnum lantana, Rhamnus cathartica, Cornus mas, C.sanguinea, Ligustrum vulgare, Crataegus monogyna, Prunus spinosa, Rosa canina, Sambucus nigra* ; rarement *Corylus avellana, Prunus fruticosa, Berberis vulgaris, Amygdalus nana, Rosa gallica*. On rencontre fréquemment le lierre (*Hedera helix).* Les arbustes sont présents dans toute la forêt, surtout sur les versant et à la périphérie de la forêt.

Le couvert herbacé est représenté par des espèces caractéristique pour la forêt (*Poa nemoralis, Brachypodium silvaticum, Melica uniflora, M.nutans, Campanula persicifolia, Convallaria majalis, Glechoma hederacea, G.hirsuta, Tulipa silvestris, Euphorbia amygdaloides, Mercurialis perennis, Pulmonaria officinalis, Arum maculatum, Lathyrus niger*) à travers lesquelles on rencontre mélangées des espèces de steppe et rudérales (*Poa bulbosa, P.pratensis, Festuca valesiaca, F.pseudovina, Andropogon ischaemum, Achillea millefolium, A.setacea, Dorycnium herbaceum, Inula hirta, Salvia nemorosa, S.pratensis, Berteroa incana, Stachys recta, Urtica ebulus, Cirsium arvense, Alliaria officinalis, Capsella bursa pastoris, Lamium maculatum, L.purpureum, L.amplexicaule, Veronica chamaedrys, V.spicata, V.serpyllifolia*) etc.

En conclusion, nous pourrions dire que la sylvosteppe n'est plus représentée que par les îlots boisés dont la richesse floristique est incontestable et qui semblent posséder une dynamique de reconquête latérale certaine. En conséquence une question terminologique se pose : la sylvosteppe pourrait-elle se reconstituer en cas d'abandon des terres agricoles, ou bien la forêt dominerait-elle l'ensemble de l'espace ? Dans ce dernier cas, le terme de sylvosteppe serait-il encore convenable ? Dans une étude prospective, quel sens pourrait-on donner à la dynamique ?

9.2.4 Forêt et paysage

Le couvert végétal de la Plaine de la Moldavie se trouve sous l'incidence des activités humaines depuis plusieurs millénaires. Certes, la pression anthropique a connu une tendance croissante et s'est manifesté de plus en plus fort dès le Moyen Age ; il suffit de suivre

l'évolution du réseau de localités pour s'en rendre compte de ce fait. Le développement de la société humaine a signifié du point de vue qui nous intéresse une diminution constante des superficies couvertes par la végétation naturelle devant l'extension des cultures, du bâti et des axes de transport. Suivre l'évolution des superficies couvertes par des forêts dans la perspective de l'analyse des paysages n'exclut pas les éléments concernant la végétation basse (arbustive et herbacée) : la diminution des forêts s'est fait en faveur des cultures agricoles mais ces cultures ressemblent souvent – certes, jusqu'à un certain point – à une végétation basse naturelle.

Les recherches entreprises jusqu'à cette date (notamment par V.Băican, 1996, 1997) montrent qu'il est difficile de tenter une reconstitution des surfaces forestières avant le XVIII^{ème} siècle. Ces reconstitutions ont été réalisées principalement à partir d'anciennes cartes militaires : " La carte de la Moldavie " dressée par le général russe F.G.Bawr (1769-1772) à l'échelle 1 :288000 ; " la carte russe ", dressée entre 1828-1829 à l'échelle 1 :420000 et imprimé en 1835 ; la carte topographique de Roumanie (1915) à l'échelle 1 :200000 ; la carte topographique de Roumanie (1972-1975) à l'échelle 1 :200000. Du point de vue des mentions historiques concernant la superficie totale de la Moldavie entière, dans l'ouvrage de L.de Carra (1781, cité par V.Băican, 1997) on apprécie qu'il y a " …au maximum la 40^{e} partie du pays défriché et transformé en terres de labour… ". Donc, à partir de cette citation on peut déduire que 60% du territoire étaient encore recouverts de forêts. Plus tard, d'autres chercheurs ont fait des estimations similaires (E.Pop, 1941).

Pour la Plaine de la Moldavie il ne faut pas extrapoler ces estimations en raison du contexte climatique et morphologique du territoire : les précipitations moyennes plus réduites, les altitudes plus basses empêchent le développement d'un couvert massif sur de telles superficies. On a estimé au maximum à 30-35% les surfaces boisées. D'ailleurs, les mesures effectuées sur la carte de F.G.Bawr (V.Băican, 1997) montrent une superficie de 1663 km² boisés à l'intérieur de la plaine, soit 24,2% de sa superficie totale.

L'analyse de l'extension des forêts est difficile à faire massif par massif en raison des échelles et des projections différentes des cartes trouvées et employées. Dans ces conditions, les forêts des interfluves ont été analysées préférentiellement et on peut constater des inégalités importantes dans leur répartition spatiale.

Tableau no. 11 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie entre 1769-1772 (d'après V.Băican, 1997)

UNITE GEOGRAPHIQUE	SUPERFICIE TOTALE	SUPERFICIE BOISEE		INTERFLUVE	SUPERFICIE TOTALE		SUPERFICIE BOISEE	
		Km²	%		Km²	%	Km²	%
LA PLAINE DE LA MOLDAVIE	6860	1663	24,2	Başeu-Prut	864	12,5	116	13,4
				Jijia-Başeu-Prut	1875,6	27,3	389	20,7
				Sitna-Jijia	1038	15,3	298	28,7
				Miletin-Sitna-Jijia	714,4	10,4	276	38,6
				Bahlui-Miletin	1372	20,0	246	17,9
				Côte de Iaşi-Bahlui	996	14,5	338	33,9
Total					6860,0	100	1663	24,2

Tableau no. 12 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie entre 1828-1829 (d'après V.Băican, 1997)

UNITE GEOGRAPHIQUE	SUPERFICIE TOTALE	SUPERFICIE BOISEE		INTERFLUVE	SUPERFICIE TOTALE		SUPERFICIE BOISEE	
		Km²	%		Km²	%	Km²	%
LA PLAINE DE LA MOLDAVIE	6860	555,7	8,1	Başeu-Prut	864	12,5	58,2	
				Jijia-Başeu-Prut	1875,6	27,3	19,5	
				Sitna-Jijia	1038	15,3	105,8	
				Miletin-Sitna-Jijia	714,4	10,4	31,8	
				Bahlui-Miletin	1372	20,0	186,9	
				Côte de Iaşi-Bahlui	996	14,5	153,5	
Total					6860,0	100	555,7	8,1

Tableau no. 13 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie en 1915 (d'après V.Băican, 1997)

UNITE GEOGRAPHIQUE	SUPERFICIE TOTALE	SUPERFICIE BOISEE		INTERFLUVE	SUPERFICIE TOTALE		SUPERFICIE BOISEE	
		Km²	%		Km²	%	Km²	%
LA PLAINE DE LA MOLDAVIE	6860	671	9,8	Başeu-Prut	864	12,5	84,2	9,8
				Jijia-Başeu-Prut	1875,6	27,3	126,4	6,7
				Sitna-Jijia	1038	15,3	110,0	10,6
				Miletin-Sitna-Jijia	714,4	10,4	108,8	15,3
				Bahlui-Miletin	1372	20,0	241,6	17,6
				Côte de Iaşi-Bahlui	996	14,5	126,8	12,7
Total					6860,0	100	797,8	11,6

Tableau no. 14 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie en 1975 (d'après V.Băican, 1997)

UNITE GEOGRAPHIQUE	SUPERFICIE TOTALE	SUPERFICIE BOISEE		INTERFLUVE	SUPERFICIE TOTALE		SUPERFICIE BOISEE	
		Km²	%		Km²	%	Km²	%
LA PLAINE DE LA MOLDAVIE	6860	676,8	9,9	Başeu-Prut	864	12,5	81,2	9,4
				Jijia-Başeu-Prut	1875,6	27,3	116,4	6,2
				Sitna-Jijia	1038	15,3	106,0	10,2
				Miletin-Sitna-Jijia	714,4	10,4	90,4	12,7
				Bahlui-Miletin	1372	20,0	196,8	14,3
				Côte de Iaşi-Bahlui	996	14,5	86,0	8,6
Total					6860,0	100	677,2	9,9

Tableau no. 15 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie entre 1769-1975 (d'après V.Băican, 1997)

UNITE GEOGRAPHIQUE	SUPERFICIE TOTALE Km²	INTERFLUVE	SUPERFICIE TOTALE Km²	SUPERFICIE BOISEE							
				1769	1772	1828 - 1829		1915		1975	
				Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
LA PLEINE DE LA MOPLDAVIE	6860	Başeu-Prut	864	116	13,4	58,2	6,7	84,2	9,8	81,2	9,4
		Jijia-Başeu-Prut	1875,6	389	20,7	19,5	1,0	126,4	6,7	116,4	6,2
		Sitna-Jijia	1038	298	28,7	105,8	10,2	110,0	10,6	106,4	10,2
		Miletin-Sitna-Jijia	714,4	276	38,6	31,8	4,4	108,8	15,3	90,4	12,7
		Bahlui-Miletin	1372	246	17,9	186,9	13,6	241,6	17,6	196,8	14,3
		Côte de Iaşi-Bahlui	996	338	33,9	153,5	15,4	126,8	12,7	86,0	8,6
TOTAL			6860,0	1663	24,2	555,7	8,1	797,8	11,6	677,2	9,9

On constate d'abord que le degré de boisement n'est pas proportionnel avec la superficie représentée par l'interfluve respectif : l'interfluve Miletin-Sitna-Jijia est le plus petit mais le mieux boisé en 1772. On constate aussi en regardant la carte de F.G.Bawr que les surfaces boisées se trouvent surtout au nord-ouest des interfluves, c'est-à-dire aux endroits les plus hauts et les mieux arrosés (V.Băican, 1997).

En 1774, après la paix de Kuciuk-Kainargi la Moldavie obtient le droit d'exportation de céréales et de bois ailleurs qu'en Empire Ottoman. La conséquence a été l'extension de terres de labour et le défrichement massif, irrationnel des forêts, qui a continué jusqu'à la fin du XVIII^{ème} siècle (voir les tableaux de 11 à 15). Pratiquement, depuis cette date la Plaine de la Moldavie n'a plus retrouvé son couvert de forêts. Le plus déboisées ont été les collines couvertes de chênaies qui, au milieu du XX^{ème} siècle ont été presque rasées.

En somme, les chercheurs distinguent deux étapes majeures dans l'évolution des forêts en Roumanie : de l'époque ancienne jusqu'à la fin du XVIII^{ème} siècle qui est caractérisée par l'exploitation modérée même avec des scies actionnée par la force de l'eau (mentionnée en 1559) ; les époques moderne et contemporaine qui connaissent une exploitation intense des

forêts, surtout après la paix d'Adrianopol (1829), au-delà de la capacité de régénération naturelle (C.C.Giurescu, 1975). Le maximum a été atteint dans la période d'entre les deux guerres mondiales. Cette exploitation irrationnelle a été favorisée par le développement des moyens d'exploitation et d'usinage du bois, la demande à l'exportation etc. La capacité de régénération naturelle du bois en Roumanie, entre les deux guerres, était de 2,9m³/an, soit 18,62 milions m³/an, dans les conditions d'une sylviculture extensive, d'un mauvais entretien des forêts, d'un pâturage intensif etc. Or, l'exploitation du bois atteint des niveaux de l'ordre de 20-24 milions m³/an, donc de 20 à 30% plus élevé que la capacité de régénération naturelle. Dans la Plaine de la Moldavie l'exploitation des feuillus a atteint, dans la période 1928-1937, des niveaux compris entre 12.3 et 14.0 milions m³/an (V.Băican, 1996). Il faut dire que ces exploitations abusives se réalisaient surtout sur les parcelles privées et en moindre mesure sur dans domaines de l'Etat.

Devant ce désastre, les autorités ont tenté des actions pour reconstituer les surfaces boisés mais sans succès : 334000-358000 ha replantés entre 1920-1937 et seulement 437000 ha entre 1938-1989 (V.Băican, 1997).

A l'heure actuelle, la situation ne diffère pas beaucoup (tab. 16). En 1995, le département de Botoşani était recouvert de forêts en proportion de 11,48% et le département de Iaşi en proportion de 17,9%. La faible augmentation des surfaces boisées par départements est due plus à l'extension administrative vers le sud (dans le Plateau Central de Moldavie, mieux boisé) qu'à la plantation de forêts. D'ailleurs, les plantations des forêts dans la plaine proprement dite sont insignifiantes.

Tableau no. 16 : L'occupation du sol dans les départements de Iaşi et Botoşani - km² (d'après I.Muntele, 1997)

Année	Total	Agricole	Labour	Près	Prairie de fauche	Vignes	Arbres fruitiers	Forêts	Autres
1985	7523,35	5858,21	4222,09	1152,79	282,42	119,68	81,23	878,60	786,54
1989	7548,73	5786,13	4122,97	1167,04	280,85	125,71	89,56	896,69	865,91
1995	7551,78	5746,72	4040,95	1229,50	267,94	123,74	84,59	908,40	896,66

Les conséquences de cette déforestation (ainsi que la mise en culture des friches) sont souvent des plus graves et facilement observables sur le terrain : versants nus entaillés par des organismes torrentiels, glissements de terrain, lit majeurs ou la vue porte a des kilomètres sans entrave (fig. 103). On a coupé la forêt pour avoir du bois et gagner en surfaces agricoles, sans aménagements ultérieurs pour protéger les terres contre l'érosion, ni pour assurer un équilibre entre forêts – friches – terres agricoles. La réalité montre que les gains tirés de ces déboisements ont été éphémères en raison de la dégradation des sols.

Depuis plus de deux siècles la Plaine de la Moldavie perd ses forêts. Pire, en quelques décennies seulement, nous sommes passées d'un paysage de sylvosteppe typique à un paysage de steppe cultivée ou, mieux dit, de terres de cultures parsemées, de temps en temps, par un lambeaux de forêt (eux mêmes influencée par les actions anthropiques). Qu'à l'heure actuelle cette dégradation des forêts ne se traduit plus par des coupes sauvages mais par l'intervention de l'homme à travers des plantations monospécifiques..
Un autre phénomène qui dégrade les forêts, et qui échappe au contrôle, doit d'être souligné : les vols dans les forêts, après 1989, ont atteint des niveaux alarmants et s'observent surtout à l'intérieur des massifs boisées, à proximité des lisières.

La forêt est la composante du paysage qui a connu les plus forts et les plus spectaculaires changements, au niveau de la plaine, durant les deux derniers siècles (XIX^{ème} et XX^{ème}), cédant la place aux cultures. Certes, les cultures changent, le parcellaire se modifie, des terrains se dégradent sous l'action de l'érosion, les localités deviennent de plus en plus

grandes et nombreuses. Ces modifications de l'occupation du sol se fon la plupart du temps au détriment des formations végétales.

La présentation de la couverture végétale de la Moldavie pose un certain nombre de questions :

- la steppe peut-elle encore exister et quel est le devenir des quelques lambeaux restants ?
- la sylvosteppe est-elle condamnée à se transformer en forêt plus ou moins claire sur les terrains agricoles abandonnés ?
- la forêt résistera-t-elle au déboisement et au développement des cultures ?

Les changements de rapports dans le binôme forêt - terres agricoles et la modification du sens de la dynamique des paysages de la Plaine de la Moldavie semblent déterminants pour le devenir paysager de ce territoire.

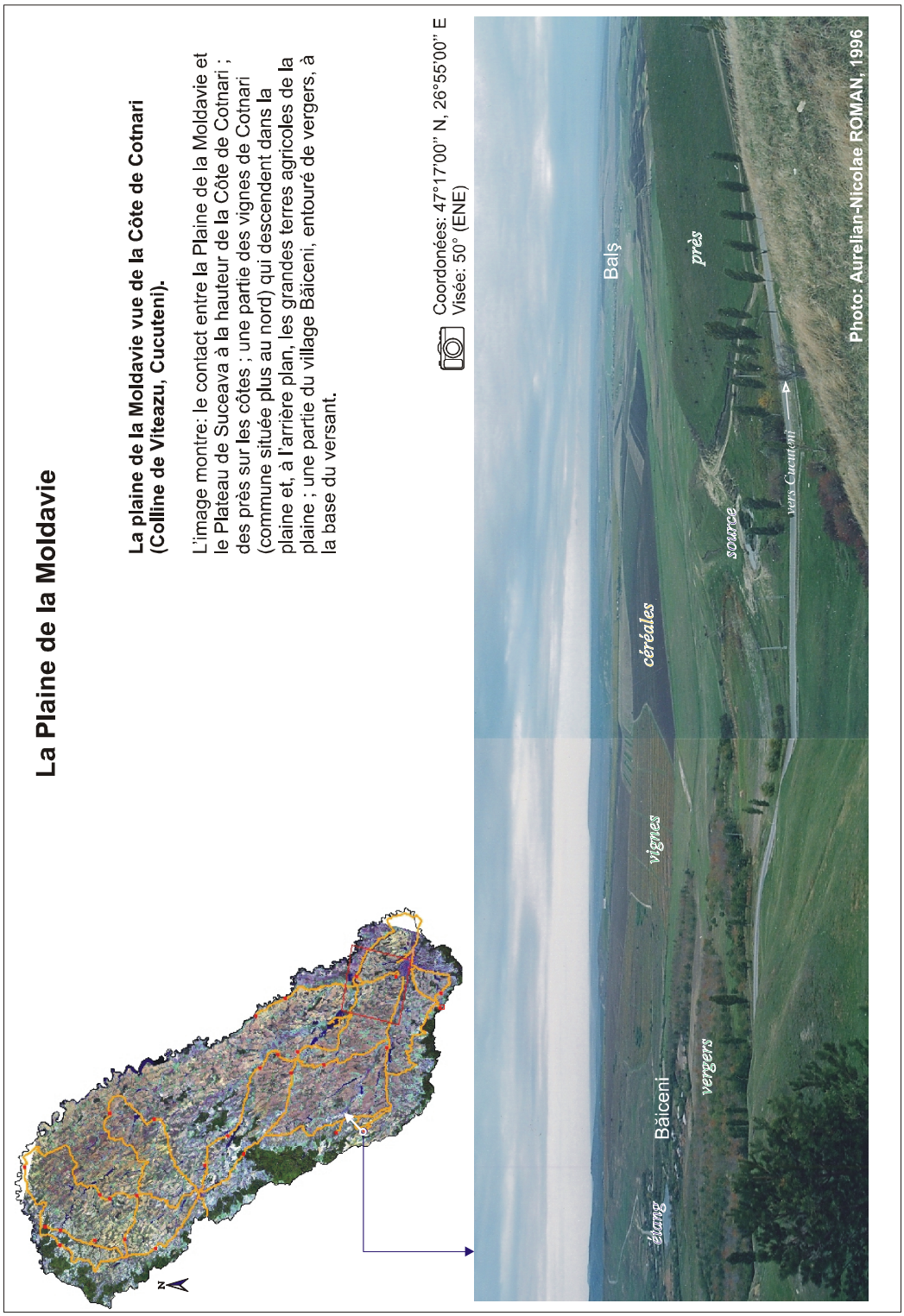

La Plaine de la Moldavie
La plaine de la Moldavie vue de la Côte de Cotnari (Colline de Viteazu, Cucuteni).
L'image montre: le contact entre la Plaine de la Moldavie et le Plateau de Suceava à la hauteur de la Côte de Cotnari ; des près sur les côtes ; une partie des vignes de Cotnari (commune située plus au nord) qui descendent dans la plaine et, à l'arrière plan, les grandes terres agricoles de la plaine ; une partie du village Băiceni, entouré de vergers, à la base du versant.
Coordonées: 47°17'00" N, 26°55'00" E
Visée: 50° (ENE)
Balş
cérèales
vignes
Băiceni
vergers
étang
source
près
vers Cucuteni
Photo: Aurelian-Nicolae ROMAN, 1996

Figure 103

9.3 L'approche satellitale : une vision exhaustive du couvert végétal

Après avoir accompli l'étude classique de la végétation, nous étions toutefois mécontents des résultats obtenus. Ceci pour deux raisons : nous n'avions ni une carte de la végétation couvrant l'ensemble du territoire (soit environ 7660 km²), ni une carte de l'occupation du sol. En plus, parler de végétation seulement par listes de termes latins ne nous semblait pas satisfaisant pour une étude géographique.

L'obtention et les traitements des images satellitales Landsat TM 5 et SPOT panchromatiques pour ce territoire (fig. 104 et fig. 105) a permis d'apporter plus d'informations dans cet ouvrage, de valider et surtout d'étendre la plage d'emploi d'un certain nombre de méthodes proposées dans la deuxième partie du texte et, personnellement, de beaucoup progresser du point de vue des connaissances techniques.

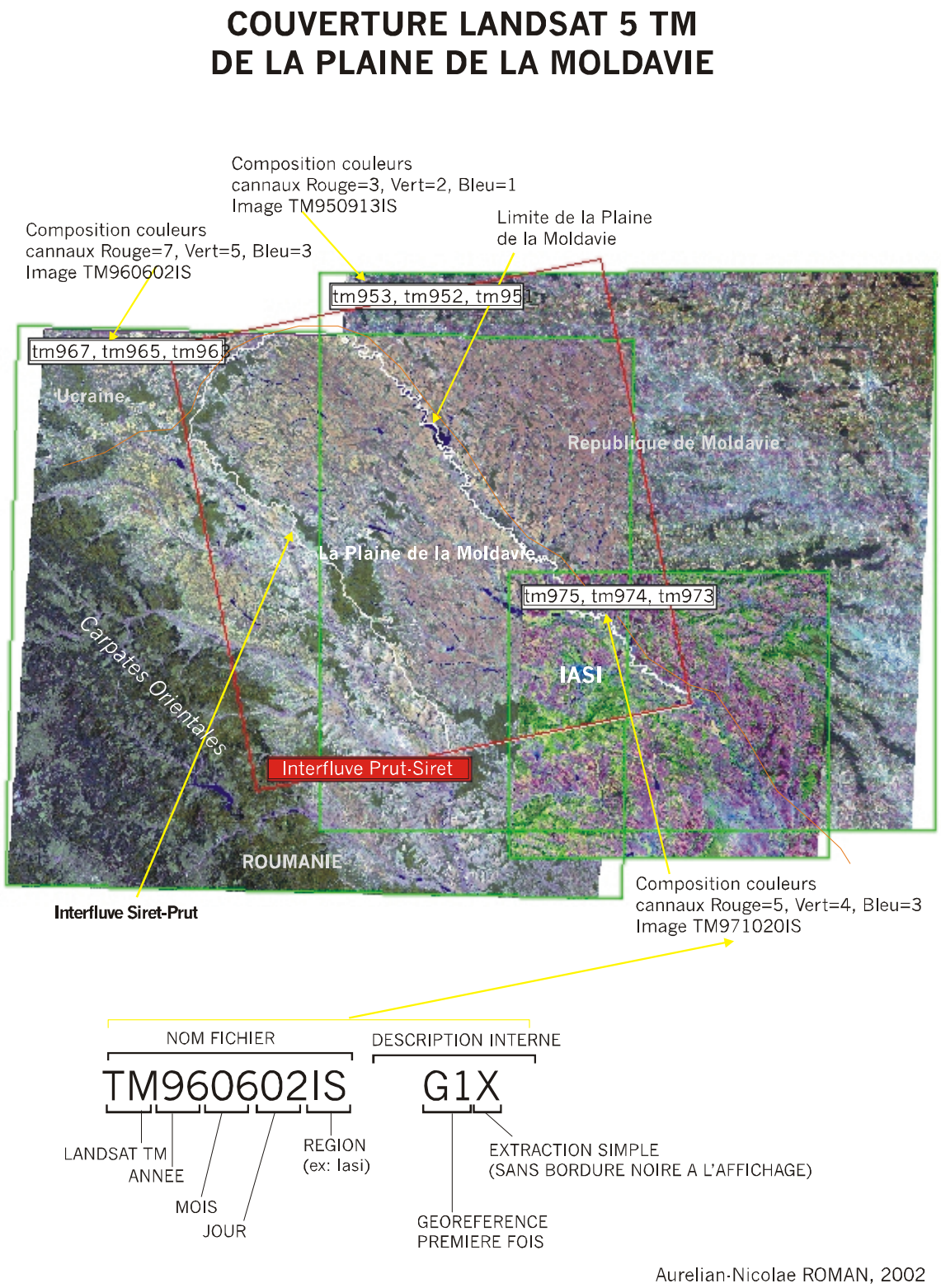

COUVERTURE LANDSAT 5 TM
DE LA PLAINE DE LA MOLDAVIE
Composition couleurs
cannaux Rouge=3, Vert=2, Bleu=1
Image TM950913IS
Composition couleurs
cannaux Rouge=7, Vert=5, Bleu=3
Image TM960602IS
Limite de la Plaine
de la Moldavie
tm953, tm952, tm951
tm967, tm965, tm963
Ucraine
Republique de Moldavie
La Plaine de la Moldavie
tm975, tm974, tm973
IASI
Carpates Orientales
Interfluve Prut-Siret
ROUMANIE
Interfluve Siret-Prut
Composition couleurs
cannaux Rouge=5, Vert=4, Bleu=3
Image TM971020IS
NOM FICHIER
DESCRIPTION INTERNE
TM960602IS
G1X
LANDSAT TM
ANNEE
MOIS
JOUR
REGION
(ex: Iasi)
GEOREFERENCE
PREMIERE FOIS
EXTRACTION SIMPLE
(SANS BORDURE NOIRE A L'AFFICHAGE)
Aurelian-Nicolae ROMAN, 2002

Figure 104

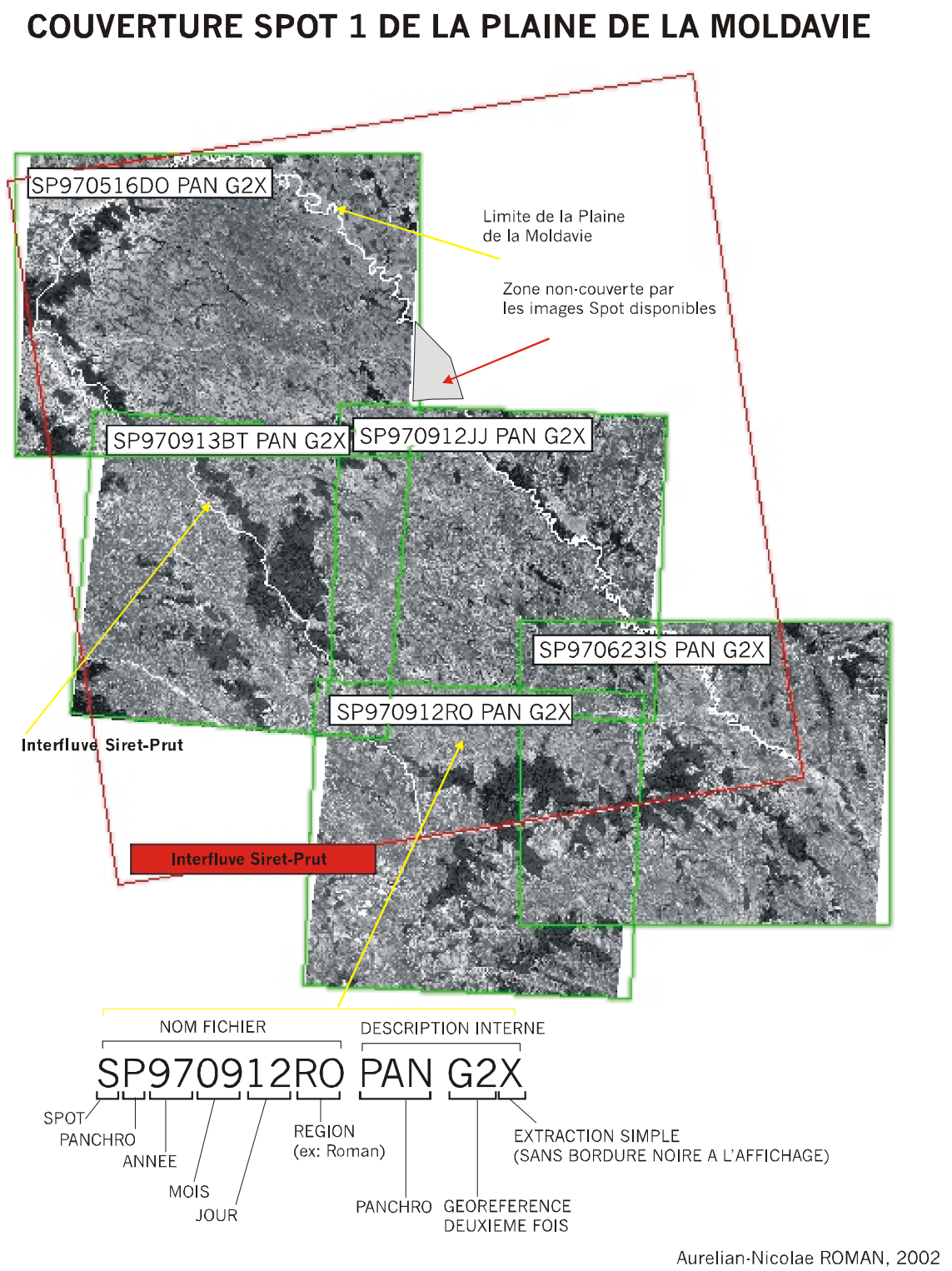

COUVERTURE SPOT 1 DE LA PLAINE DE LA MOLDAVIE
SP970516DO PAN G2X
Limite de la Plaine de la Moldavie
Zone non-couverte par les images Spot disponibles
SP970913BT PAN G2X
SP970912JJ PAN G2X
SP970623IS PAN G2X
SP970912RO PAN G2X
Interfluve Siret-Prut
Interfluve Siret-Prut
NOM FICHIER
DESCRIPTION INTERNE
SP970912RO PAN G2X
SPOT
PANCHRO
ANNEE
MOIS
JOUR
REGION (ex: Roman)
PANCHRO
GEOREFERENCE DEUXIEME FOIS
EXTRACTION SIMPLE (SANS BORDURE NOIRE A L'AFFICHAGE)
Aurelian-Nicolae ROMAN, 2002

Figure 105

9.3.1 Le traitement des données

Pour avoir un aperçu global de la manière dont nous avons procédé pour introduire dans cet ouvrage les données satellitales (et non seulement), le schéma de la figure 106 a été élaboré. Sa construction répond au désir de mettre au point une méthodologie transposables pour d'autres lieux et réitérable pour approcher les dynamiques paysagères.

9.3.1.1 Etapes préliminaires

Les deux premières étapes du travail, **l'importation** des images satellitales d'une part, **la numérisation** des cartes topographiques (dont la taille est d'environ 40x40 cm) d'autre part, sont essentielles pour le bon déroulement du travail.

Pour les cartes, il faut s'assurer que la numérisation est réalisée à une résolution assez bonne pour pouvoir ensuite extraire les éléments qui nécessaires à l'étude : une résolution trop basse de la numérisation (en dessous de 200 dpi[77]) rend difficile l'identification de certains éléments sur la carte, tandis qu'une résolution trop fine (au dessus de 400 dpi) pose de sérieux problèmes pour la manipulation de fichiers en raison de leur taille.

Dans le cas des images satellitales il faut vérifier l'intégrité du fichier importé, et la qualité de la distribution du nombre de lignes et de colonnes. C'est le premier contrôle et la première validation à faire[78].

[77] dpi : dots per inch (*anglais)* = points par pouce

[78] Pour que le schéma sur la méthode d'acquisition et de traitement des données ne soit pas excessivement charcgée nous n'avons plus figuré les étapes de contrôle et de validation.

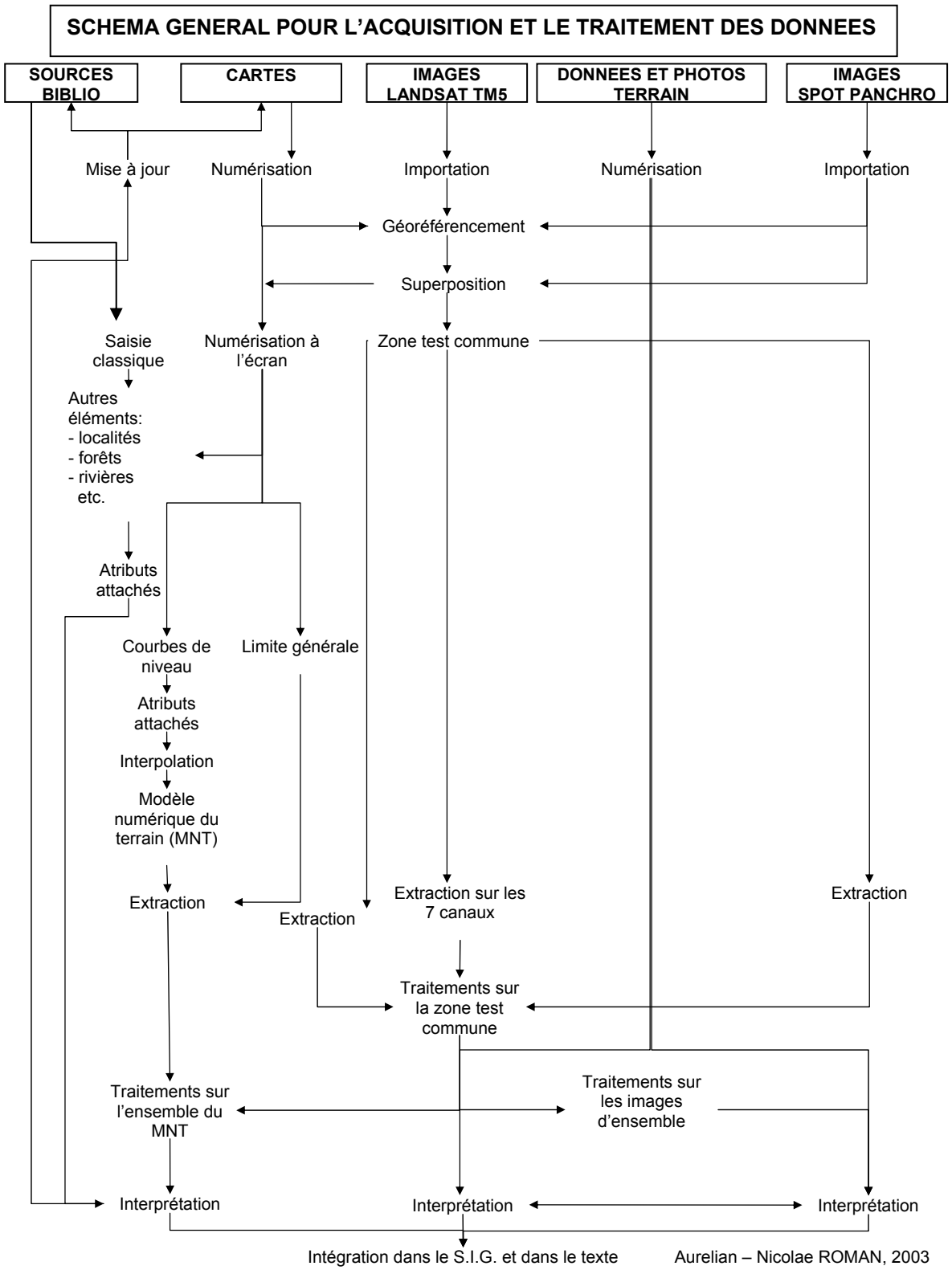

SCHEMA GENERAL POUR L'ACQUISITION ET LE TRAITEMENT DES DONNEES
SOURCES BIBLIO
CARTES
IMAGES LANDSAT TM5
DONNEES ET PHOTOS TERRAIN
IMAGES SPOT PANCHRO
Mise à jour
Numérisation
Importation
Numérisation
Importation
Géoréférencement
Superposition
Saisie classique
Numérisation à l'écran
Zone test commune
Autres éléments:
- localités
- forêts
- rivières
etc.
Atributs attachés
Courbes de niveau
Limite générale
Atributs attachés
Interpolation
Modèle numérique du terrain (MNT)
Extraction
Extraction
Extraction sur les 7 canaux
Extraction
Traitements sur la zone test commune
Traitements sur l'ensemble du MNT
Traitements sur les images d'ensemble
Interprétation
Interprétation
Interprétation
Intégration dans le S.I.G. et dans le texte
Aurelian – Nicolae ROMAN, 2003

Figure 106

Le géoréférencement des cartes topographiques est l'opération suivante qui offre non seulement la possibilité d'une bonne orientation mais aussi la capacité d'effectuer des mesures dans le S.I.G. Certes, nous pouvons extraire les éléments que nous voulons et les géoréférencer plus tard au cours de l'étude mais ceci alourdi énormément le travail. En plus, sans géoréférencement on ne peut pas parler de S.I.G., ni assurer la superposition correcte des couches thématiques. Dans le cas de ce travail, l'erreur résiduelle après avoir géoréférencé toutes les cartes[79] est d'environ 4 m. Les cartes topographiques roumaines sont en projection Gauss-Krüger sur ellipsoïde Krassovski 1938/1940, datum Pulkovo 1942 – Roumanie et le territoire étudié se trouve dans la zone 5 nord (24-30º long. E).

Après le géoréférencement les bordure des cartes ont été éliminées afin d'ajuster les feuilles topographiques d'obtenir la couverture complète du territoire étudié. Sur S.I.G., à partir des données bibliographiques une première identification et un tracé vectoriel des limites de la plaine ont été exécutés.

Le géoréférencement des images satellitales revêt la même importance que celle décrite dans le cas des cartes topographiques. Par contre, cette opération s'avère beaucoup plus délicate et fastidieuse : la principale difficulté est de repérer sur les images satellitales des pixels ou groupes de pixels que nous pouvons reconnaître sur la carte topographique sous forme d'intersections de routes, confluences, grands bâtiments etc. Et tout ceci avec une distribution relativement homogène des groupes de pixels sur l'ensemble du territoire. La résolution des images satellitales joue beaucoup dans cette opération : l'identification des pixels de géoréférence sur les images SPOT panchromatiques (résolution spatiale de 10x10 m) est beaucoup plus facile que dans le cas des images Landsat TM 5 (résolution spatiale de 30x30 m pour les canaux 1-5 et 7, 120x120 m pour le canal 6). Dans le cas de ce travail, l'erreur résiduelle après avoir géoréférencé toutes les images satellitales est d'environ 70 m pour les images Landsat TM 5 (soit ± 2 pixels sur l'image, ce qui nous a semblé raisonnable) et 25 m pour les images SPOT 1 panchromatiques (soit ± 2 pixels sur l'image). Dans le cas du canal 6 du Landsat TM 5 nous avons d'abord rééchatillonné l'image

[79] 12 feuilles à l'échelle 1 :100.000

(interpolation par la méthode du plus proche voisin) pour atteindre une taille du pixel de 30x30 m.

Prise une par une, images Landsat TM 5 et carte topographique 1 :100.000, ou images SPOT 1 et carte topographique, les résultats sont satisfaisants au premier coup d'oeil. Par contre, la superposition des images Landsat TM 5 avec SPOT 1 met mieux en évidence les erreurs de géoréférencement que la comparaison carte – image satellitale (en moyenne 2 pixels Landsat ou .4-5 pixels SPOT, soit environ 1 mm en tenant compte de la résolution de 0,28 mm de l'écran de l'ordinateur).

Toutefois, étant donnée l'étendue du territoire étudié (7660 km²) et de la zone test choisie (376 km², zone qui sera présentée plus loin), nous avons considéré que ces erreurs semblent acceptables *a priori*.

9.3.1.2 Saisie des données et tests

L'essentiel de la saisie des données à partir des **cartes topographiques** a été effectuée à l'écran à l'aide du logiciel TNTmips 6.7 (comme la majeure partie des autres opérations d'ailleurs). Il s'agit surtout de la numérisation des courbes de niveau et des points topographiques, du réseau hydrographique, des limites des localités, des routes, des toponymes et des hydronymes. Même si le logiciel employé propose une option automatique, elle s'avère inopérante sur les cartes utilisées étant donnée l'usure et la qualité de l'impression de celles-ci.

Dans le cas des **images satellitales** nous n'avons pas procédé à une saisie de données proprement-dite. Pour les images Landsat TM 5, la faible résolution spatiale et les éventuelles erreurs d'interprétation, canal par canal, nous ont déterminé à renoncer à cette procédure mais, toutefois, nous avons extrait automatiquement des couches thématiques (extension des forêts ou des milieux humides, par exemple) après les classifications supervisées.

Les images SPOT panchromatiques sont utiles pour vérifier si certains éléments présents sur les cartes se retrouvent encore sur le terrain (chemins de campagne, ravins actifs, vignes et vergers etc.) ou s'il y en a d'autres qui sont apparus entre temps (bâtiments, routes, nouvelles plantations ou canaux d'irrigation etc.). On peut facilement faire une saisie à l'écran pour un

grand nombre d'éléments mais, dans le cas de cette étude, nous nous sommes contentés de les employer en tant qu'élément de référence et matériel d'appui pour les validations et les interprétations des classification faites sur les images Landsat TM 5.
Enfin, dans les pages qui suivent nous présentons les résultats des traitements sur l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, image choisie car c'est la seule qui couvre presque l'intégralité du territoire étudié et aussi de la très bonne qualité de restitution.

Le choix de la **zone test commune** (ZTC) et des points de prise de **photos** a été fait par rapport à plusieurs critères. Chronologiquement parlant, nous avons d'abord fait plusieurs sorties de terrain à des dates et sur des trajets différents (781 km de routes) et pris un grand nombre de photos (environ 400) en plusieurs endroits, dont les plus important(e)s sont présentés dans la figure 107. Ces sorties nous ont permis de vérifier un certain nombre de questions (notamment les résultats des premiers traitements de données effectués au sujet de la dynamique spatiale du relief), de nous familiariser avec la problématique du territoire (du point de vue géosystémique et paysager) et de choisir les lieux d'échantillonnage.
Ensuite, de retour au bureau, nous avons superposées les diverses images satellitales pour délimiter après intersection le territoire avec la meilleure couverture satellitale (la zone test qui commune à toutes les images Landsat qui entoure la ville de Iaşi et qui couvre 376 km²). En même temps nous avons constaté que cette région offre presque toute la palette de des situations paysagères et des géosystèmes rencontrées dans les autres parties de la plaine.
Dans le cas des photos de terrain nous avons noté pour chacune les coordonnées de prise de vue, l'orientation de celle ci et la focale de l'objectif employé. Ces éléments ont été très utiles lorsqu'il a fallu les utilisées pour vérifier si les classifications sur des images satellitales contenaient des erreurs. Sur S.I.G. les photos ont été géoréférencées pour placer les points sur la carte ; le géoréférencement a une erreur résiduelle moyenne de ±3 m.

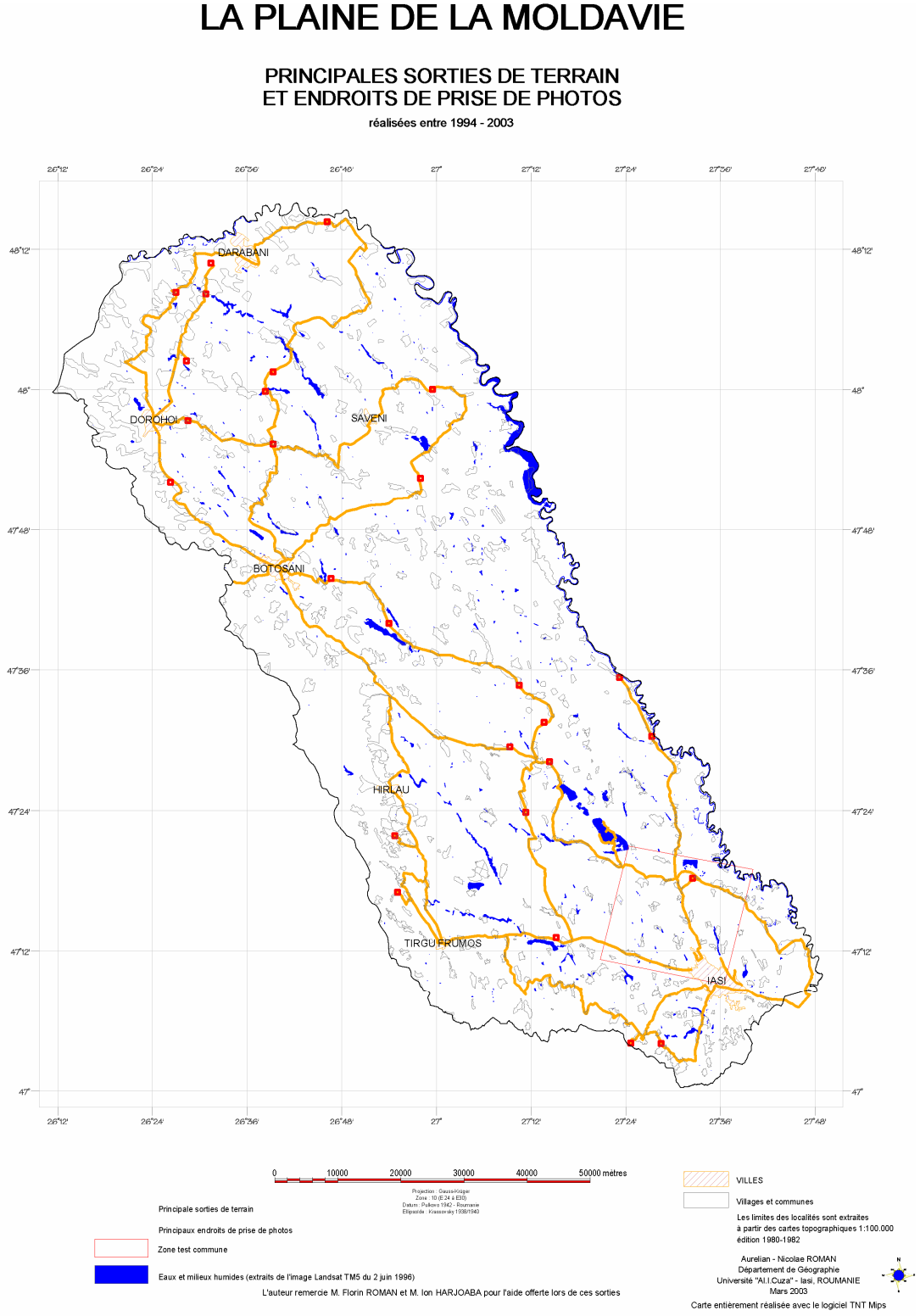

LA PLAINE DE LA MOLDAVIE
PRINCIPALES SORTIES DE TERRAIN
ET ENDROITS DE PRISE DE PHOTOS
réalisées entre 1994 - 2003
DARABANI
DOROHOI
SAVENI
BOTOSANI
HIRLAU
TIRGU FRUMOS
IASI
0 10000 20000 30000 40000 50000 mètres
Principale sorties de terrain
Principaux endroits de prise de photos
Zone test commune
Eaux et milieux humides (extraits de l'image Landsat TM5 du 2 juin 1996)
L'auteur remercie M. Florin ROMAN et M. Ion HARJOABA pour l'aide offerte lors de ces sorties
VILLES
Villages et communes
Les limites des localités sont extraites
à partir des cartes topographiques 1:100.000
édition 1980-1982
Aurelian - Nicolae ROMAN
Département de Géographie
Université "Al.I.Cuza" - Iasi, ROUMANIE
Mars 2003
Carte entièrement réalisée avec le logiciel TNT Mips

Figure 107

9.3.1.3 Interprétation et classification des images Landsat TM 5

A travers les procédures décrites ci-dessous nous avons essayé de combler une manque essentielle d'information au sujet de ce territoire : celle d'une carte générale de l'occupation du sol. En plus, comme nous l'avons déjà mentionné, il n'y a aucune carte suffisamment détaillée rendant compte de la végétation de la Plaine de la Moldavie, sans parler du fait que les cartes topographiques sont trop anciennes et que les photographies aériennes sont quasiment inaccessibles.

A. COMPOSITIONS COLOREES ET INDICES DE VEGETATION

Avant de commencer les classifications, l'analyse de l'occupation du sol de la Plaine de la Moldavie est effectuée à partir des compositions colorées et des indices de végétation (notamment l'indice de végétation normalisé ou NDVI[80] - fig. 112). Même si dans cet ouvrage, seules quelques extractions de compositions colorées[81] ont été jointes (figures de 108 à 111), ainsi que les classifications de la zone test commune (ZTC), l'ensemble de la plaine a été traité afin de vérifier la pertinence des traitements réalisés sur les extractions.

[80] Le principe du NDVI (*normalized differential vegetation index*, Rouse *et al.*, 1974) repose sur le fait qu'un couvert végétal absorbe l'énergie dans la bande rouge R (canal 3 de Landsat TM) et réfléchit beaucoup dans la bande proche infrarouge PIR (canal 4 de Landsat TM), d'où le ratio : NDVI = (PIR-R)/(PIR+R)

[81] Nous avons testé environ 60 variantes de compositions colorées



Figure 108 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 1, Vert = canal 2 et Rouge = canal 3). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, resolution spatiale du pixel 30 m.

La composition colorée BVR(123) ci-dessus est très proche des couleurs naturelles. Elle fait ressortir les terrains fortement minéralisés, tels que la ville (Iaşi, en bas à droite), le parcellaire sans couverture végétale ou les zones complètement dépourvus de végétation (dans le lit majeur de Jijia, le coin gauche en haut), parfois les endroits à forte érosion (qui peuvent apparaître au long des versants des vallées) etc.

En vert foncé on ce sont les forêts et en vert pâle ce sont soit des cultures agricoles couvrantes, soit des prés. Les terres agricoles, avec un parcellaire en lanières qui sont faiblement végétalisées ont des nuances de mauve. Il est difficile de l'état phytosanitaire des végétaux, les différents stades de leur développement et la qualité des eaux.

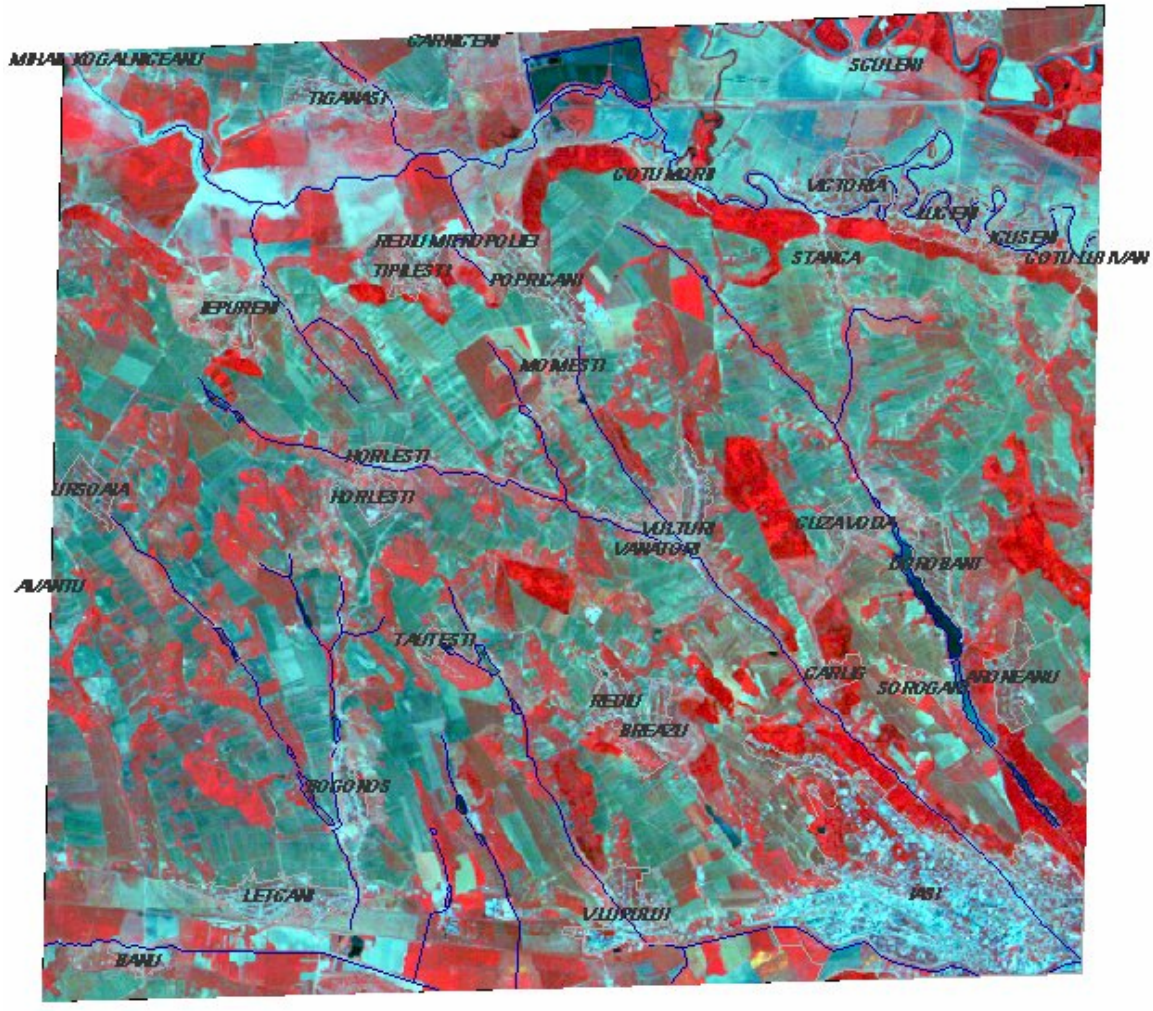


Figure 109 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 1, Vert = canal 3 et Rouge = canal 4). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, résolution spatiale du pixel 30 m

Cette deuxième composition colorée BVR(134) est excellente pour montrer l'état de la végétation : le rouge vif traduit une végétation à forte activité chlorophyllienne, le rouge plus foncé correspond à des espèces ligneuses, le bleu-vert dans les parcelles géométriques discriminent une végétation à faible taux de recouvrement. Le bleu clair permet d'identifier les surfaces minéralisées et le bleu foncé les eaux claires, plutôt profondes et non turbides (sans matière organique ou minérale en suspension, tel le lac Dorobanți, au nord de Iaşi).

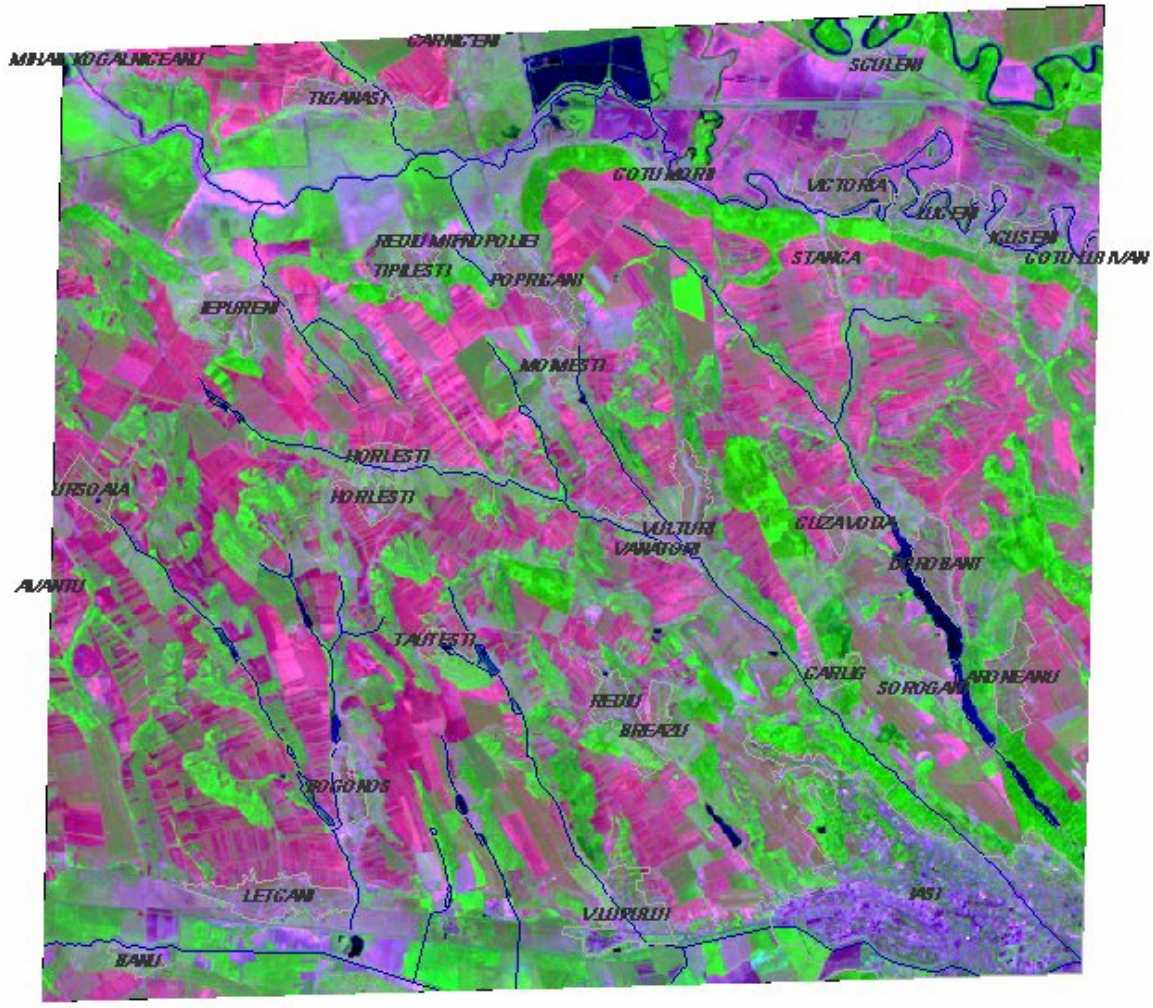


Figure 110 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 3, Vert = canal 4 et Rouge = canal 7). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, résolution spatiale du pixel 30 m

Cette autre composition colorée BVR(347) est très bonne pour délimiter les plans d'eau (le bleu très foncé correspond l'eau limpide et la couleur se dégrade vers les bleus plus clairs en fonction de la présence plus ou moins importante des éléments en suspension) et les terres sèches. Toutefois, à l'intérieur de la ville peuvent apparaître des confusions. L'état de la végétation est très bien rendu, comme dans le cas de la composition colorée BVR(134), sauf qu'elle apparaît en vert. Les couleurs lilas vives ou foncées font ressortir les terres agricoles soit avec des cultures peu développées, soit avec des sols nus.

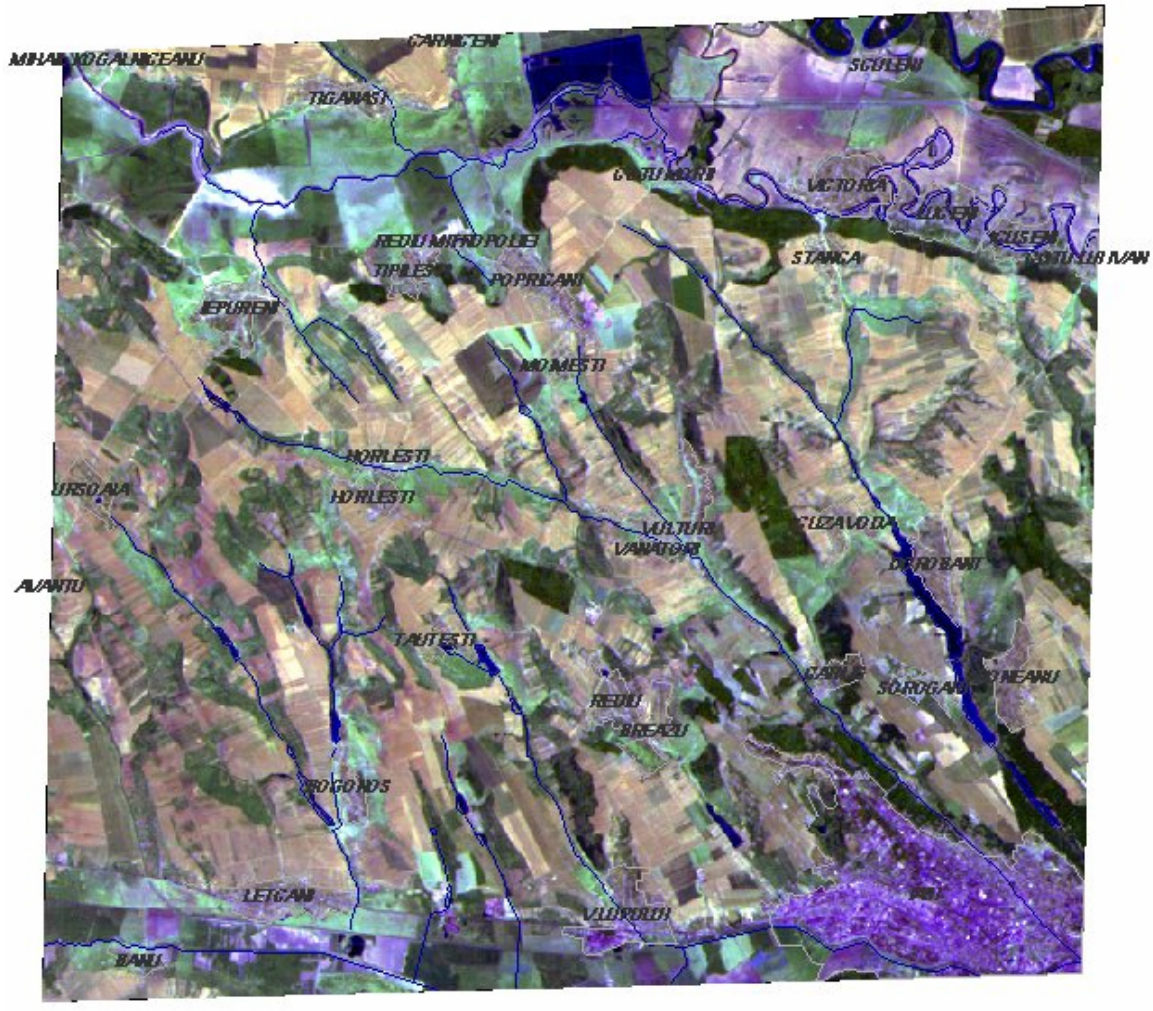


Figure 111 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 3, Vert = canal 5 et Rouge = canal 7). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, résolution spatiale du pixel 30 m

La dernière composition colorée, BVR(357), est proche dans sa restitution de la composition BVR(123). Mais, elle a un fort pouvoir discriminatoire entre eau et terres agricoles ainsi qu'à l'intérieur des surfaces aquatiques. La végétation apparaît en vert (foncé pour celle mature, moyen pour une forte activité chlorophyllienne, pâle pour celle peu développée) ; le parcellaire en beige ou brun ; les surfaces fortement minéralisées en blanc ; en mauve-bleu, la ville ou les près piétinés.

Nous croyons que c'est une très bonne solution pour analyser les traits de l'ensemble du territoire, les structures de l'occupation du sol, la répartition des milieux aquatiques, les forêts etc. Toutefois, à l'intérieur des surfaces végétalisées il est assez difficile de faire une distinction entre espèces ou en fonction de leur état de santé.

Ces compositions colorées démontrent l'intérêt d'effectuer diverses combinaisons entre les canaux pertinents afin d'extraire une nomenclature, la plus complète possible en compilant l'ensemble des résultats.

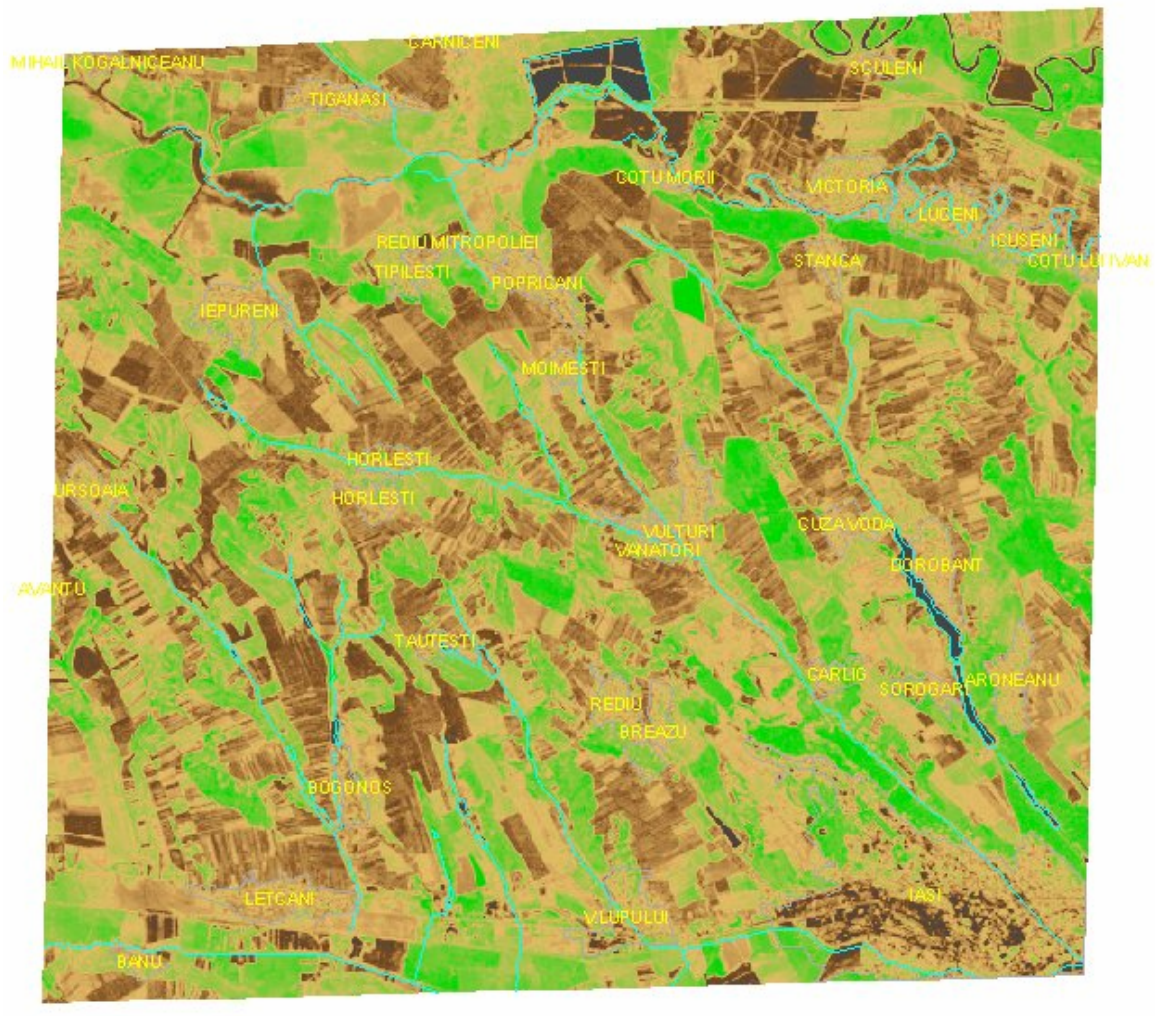


Figure 112 : Indice de végétation normalisé NDVI calculé à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi : la bande rouge R = canal 3, la bande proche infrarouge PIR = canal 4,
ratio : NDVI = (PIR-R)/(PIR+R). Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, résolution spatiale du pixel 30 m

L'indice de végétation normalisé NDVI s'est avéré un outil très utile dans l'interprétation d'un grand nombre de compositions colorées, dans l'analyse des structures agricoles et dans les classifications pour déterminer l'occupation du sol.

Parce que la date de l'image satellitale est du 2 juin 1996, pour l'interprétation de l'état de la végétation nous avons regardé d'abord les températures et les précipitations du mois de mai 1996 ainsi que l'évolution de ces deux paramètres climatiques pour l'hiver 1995-1996. On a

observé que le mois de mai 1996 à Iaşi, par exemple, a été très sec, cette situation se retrouvant aussi dans le reste de la plaine ; et que l'hiver a été rude et très sec.

Tous ces facteurs ont contribué au faible développement de la végétation à la date d'enregistrement de l'image Landsat :

- le maïs, qui représente près de la moitié des cultures agricoles à l'intérieur de la plaine, était bas et éparse, ce qui donne un très faible indice de végétation ;
- le blé, l'avoine, le seigle, la betterave, encore peu développées (sauf l'orge, le colza et la luzerne) pour marquer de façon significative le NDVI ;
- les vergers (surtout des pommiers, qui ont des petites feuilles mais plantées en rangs espacés et sur terres labourées) et les vignes (toujours en rangées espacées et sur terres labourées) ne sont pas identifiables à travers le NDVI ;
- les près et les friches se trouvaient dans un stade de développement moyen.
- seuls les buissons et la végétation forestière, qui ont mieux passé l'hiver, avaient un indice foliaire important.

Sur l'image du NDVI et sur les compositions colorées on pourrait s'attendre à une meilleure identification des espaces construits, aussi bien en ville qu'à la campagne. Or, la situation est différente : les espaces bâtis se confondent (même dans la plupart de la ville de Iaşi) avec les terres agricoles, du point de vue radiométrique.

Les raisons de ces confusions sont simples : la ville de Iaşi a de la verdure (arbres, pelouses, végétation ornementale ou petits jardins autour d'un bon nombre de bâtiments) et, pour les bâtiments, les toitures sont souvent en tôle de zinc, en tuile ou, dans le cas des HLM, recouvertes de bitume et de graviers – ce qui engendre des confusions avec les terres de la zone périurbaine.

Pour les villages il y a une forte imbrication entre l'espace construit et les terres agricoles, d'une part ; d'autre part, la majorité écrasante des habitations ont des jardins avec des arbres fruitiers, ce qui rend impossible un tracé précis des localités à partir des images Landsat. D'ailleurs, cette structure des localités et façon d'utiliser le terrain, auxquels s'ajoute la faible résolution géométrique des capteurs embarqués sur Landsat, ont créé de sérieux problèmes dans la classification des images.

B. LA METHODE DES RAPPORTS HIERARCHIQUES SPATIAUX APPLIQUEE AUX IMAGES SATELLITALES

Dans le chapitre consacré au relief de la Plaine de la Moldavie nous avons déjà employé la méthode des **rapports hiérarchiques spatiaux** (RHS), mentionné et prouvé qu'elle est très utile pour tracer des limites de territoires homogènes. La même méthode a été employée pour les images satellitales, dans ce cas (fig. 113) sur l'indice de végétation normalisé (NDVI) calculé à partir des canaux 4 et 3 de l'image Landsat TM5 du 2 juin 1996.

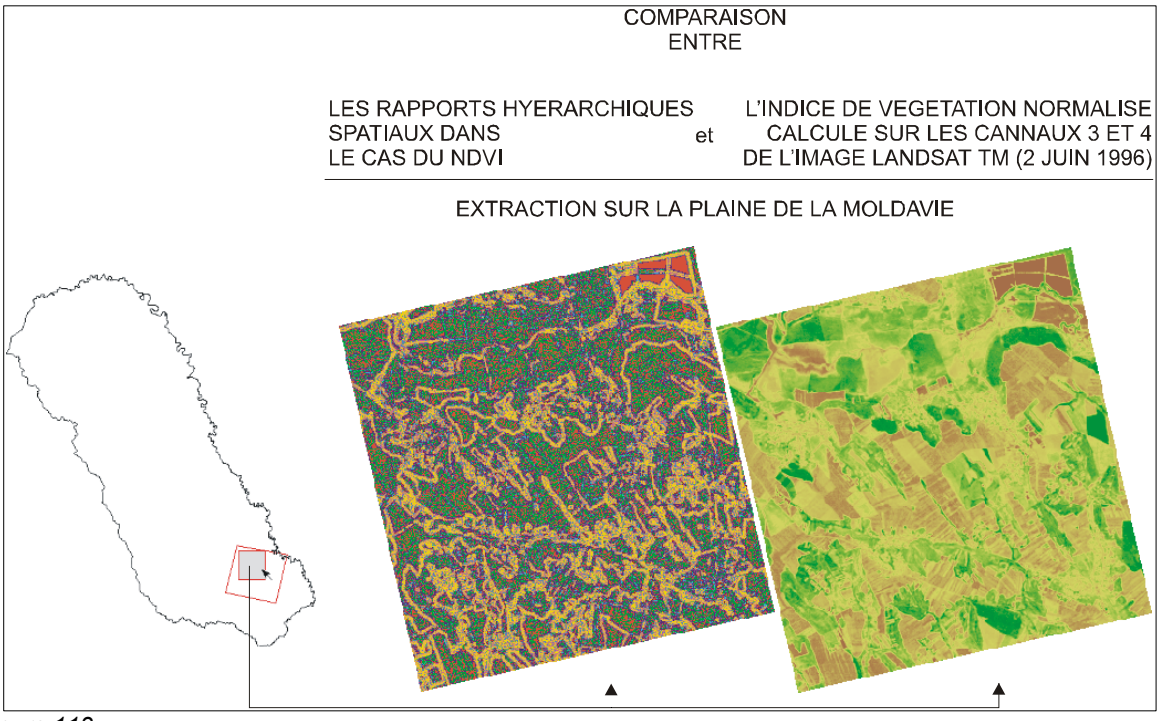


Figure 113

L'image RHS a été calculée pour l'ensemble de la plaine et la figure 113 montre juste une extraction de celle-ci. Sans entrer dans une analyse détaillée des situations (classes) présentes dans cette image, il faut souligner le fait que *la méthode*[82] *est efficace aussi dans le cas des images satellitales* (canaux bruts ou images dérivée, comme celle du NDVI) quand on cherche les limites ou les caractéristiques d'un pixel et par rapport à ses voisins, et par

[82] testée d'ailleurs y compris sur des canaux individuels et avec des résultats comparables

rapport au contexte local et, enfin, par rapport à la moyenne de l'ensemble. *Effectivement, la méthode peut être employée sur toute image codée de 0-255 couleurs (8 bits).*

Afin de démontrer la capacité de faire ressortir des limites (fig. 114), la même méthode RHS a été appliquée sur une composition colorée BVR(345).

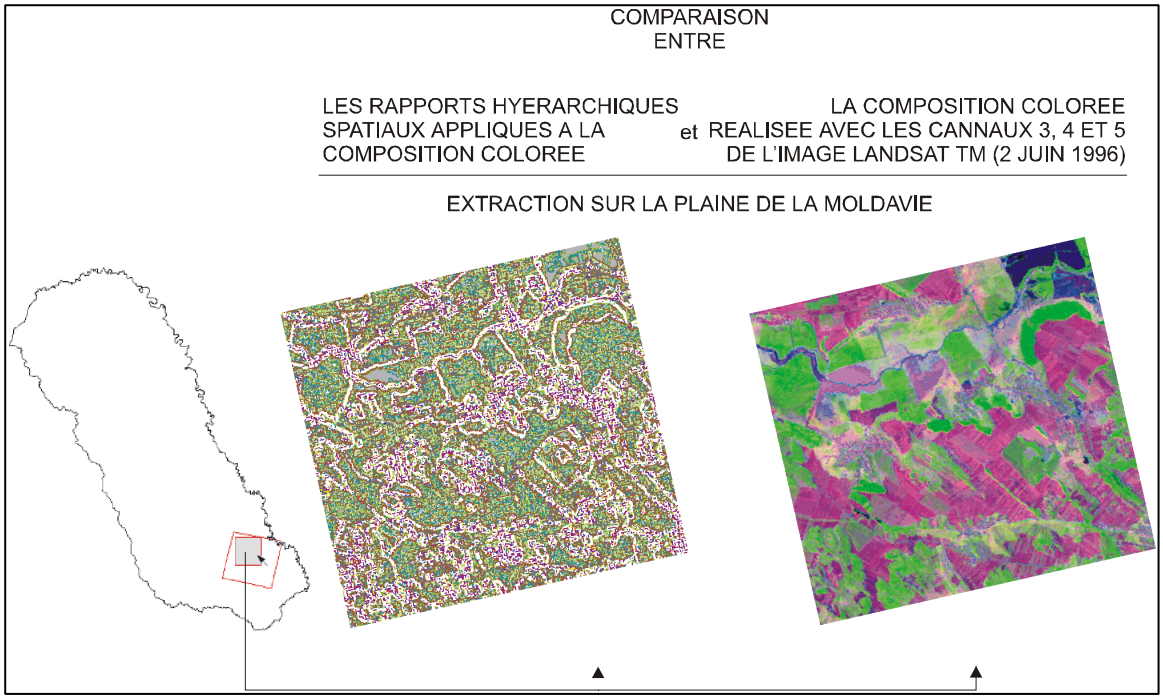


Figure 114

B. CLASSIFICATION DES IMAGES LANDSAT TM 5 ET OCCUPATION DU SOL

Les méthodes de classifications proposées par le logiciel TNTmips 6.3 et 6.7 ont été testées, une par une, d'abord sur la zone test commune (ZTC) délimitée précédemment. Celles qui nous ont parues intéressantes, nous les avons ensuite testées sur l'ensemble de la plaine. En plus, chaque méthode a été testée en demandant un nombre de classes en sortie allant de 2 à 40 classes (figures de 116 à 121).

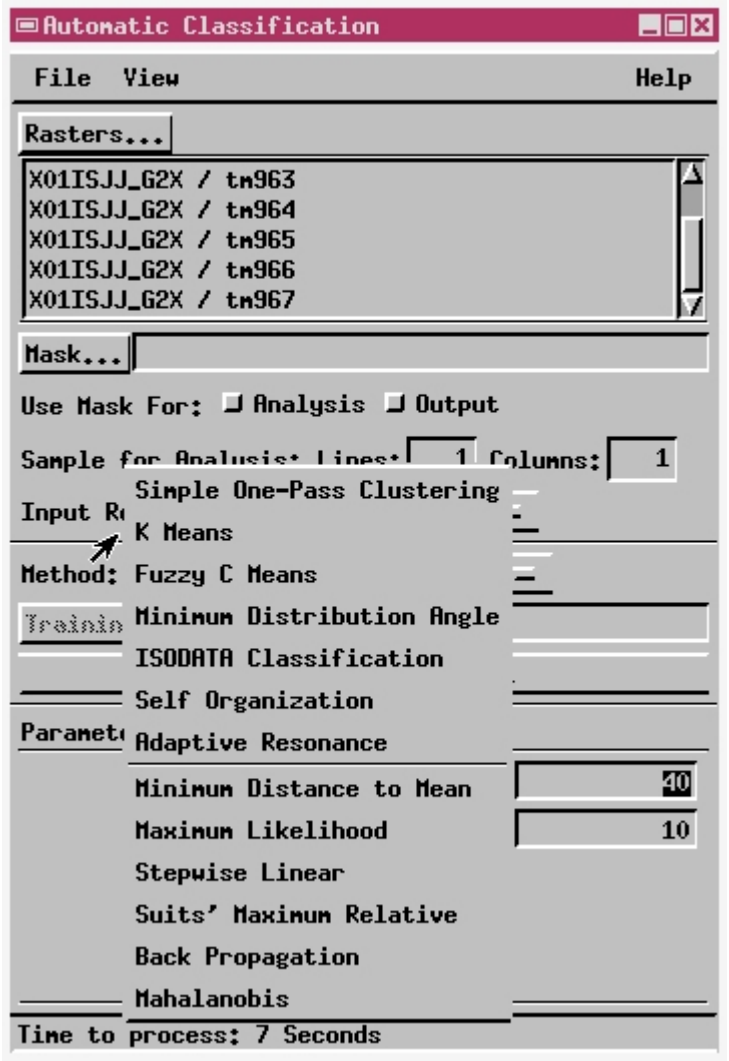


Figure 115

Evidemment, nous ne pouvons rien faire avec une classification sur 2 classes mais les tests ont été faits pour voir au-delà de quel nombre minimum de classes, la procédure utilisée atteint un pouvoir discriminatoire satisfaisant. Quant à la limite supérieure de 40 classes, nous avons considéré qu'au-delà de ce chiffre c'est le manque d'informations détaillées sur la situation dans le terrain et la capacité d'interprétation de l'opérateur qui limite la pertinence du résultat final. Ces procédures de classification ont été testées aussi bien sur des images brutes que sur des images standardisées[83].

Enfin, dans ces tests nous avons utilisé plusieurs combinaisons de canaux bruts (exemples : 7, 5 et 3 ; 3, 4 et 5 ; 3 et 4 ; 5 et 7 ; 1, 2, 3, 4, 5, 7) mais aussi des canaux bruts et indices différents (exemples : 1, 2, 3, 4, 5, 7 et NDVI); 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 ; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et NDVI etc.).

Après chaque classification nous avons fait une interprétation préliminaire des résultats, dont une partie est présentée dans les figures de 116 à 121. On commence à se faire une idée sur l'occupation du territoire, aussi bien avec la classification par méthode *k-means* que par

[83] On obtient une image standardisée en divisant la valeur de l'écart réel à la moyenne calculé en chaque point sur l'image d'entrée par la valeur de l'écart-type calculée pour l'ensemble de l'image d'entrée.

méthode *fuzzy c-means* même pour un nombre réduit de classes (4). La complexité des images s'accroît et les confusions sont moins fréquentes au fur et à mesure que nous augmentons le nombre de classes. A 20 classes nous pouvons tenter avec confiance une classification de l'occupation du sol mais il faut encore faire attention à quelques confusions : le plus souvent entre villages et terres agricoles, eau et ville, ainsi qu'entre certaines cultures agricoles et la forêt. Toutefois, nous pouvons déjà mieux distinguer les différences qui existent à l'intérieur de la ville de Iaşi, les variations à l'intérieur de la forêt et les marges forestières.

La carte de l'occupation du sol, dont une extraction sur la zone de Iaşi est présentée dans la fig. 122, a été dressée par méthode semi-supervisée à partir d'une classification non-supervisée en 40 classes sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6, et 7 plus l'indice de végétation normalisé, avec l'algorithme *fuzzy c-means* (dendrogramme présentée dans la fig. 123). Un certain nombre de classes a été regroupé après analyse du dendrogramme (fig. 124), de la matrice de co-occurrence, de la carte topographique, de l'indice de végétation, des images SPOT panchromatiques et les photos de terrain. Même si les couleurs de la légende ne sont pas nécessairement les mieux adaptées aux classes respectives, pour un certain nombre de cas nous avons délibérément choisi des couleurs très rapprochées plutôt que les regrouper : par exemple, c'est le cas des classes correspondant aux forêts, à l'eau et aux milieux humides, car en analyse S.I.G. à l'écran l'ordinateur affiche les numéros qui les individualise parfaitement ce qui est très utile pour les analyses plus détaillées.

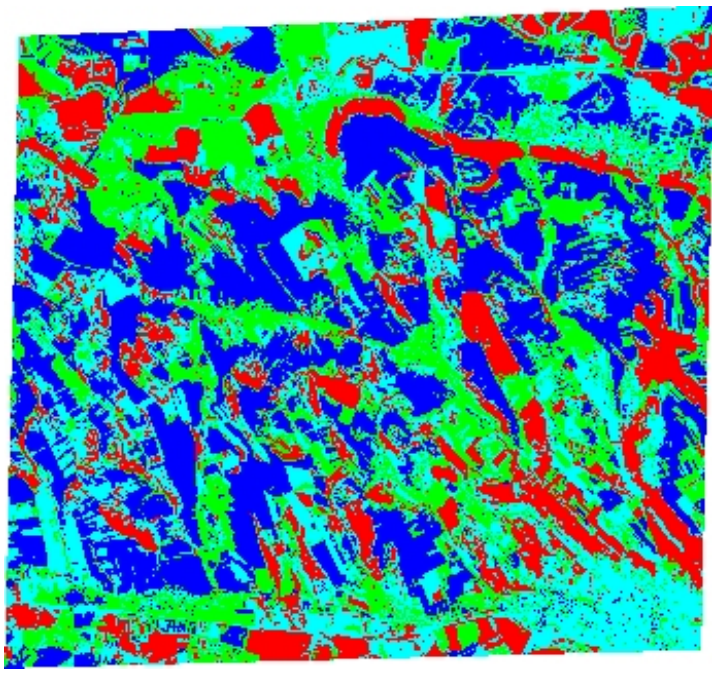


Figure 116 : Classification non supervisée en 4 classes, par la méthode k-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).

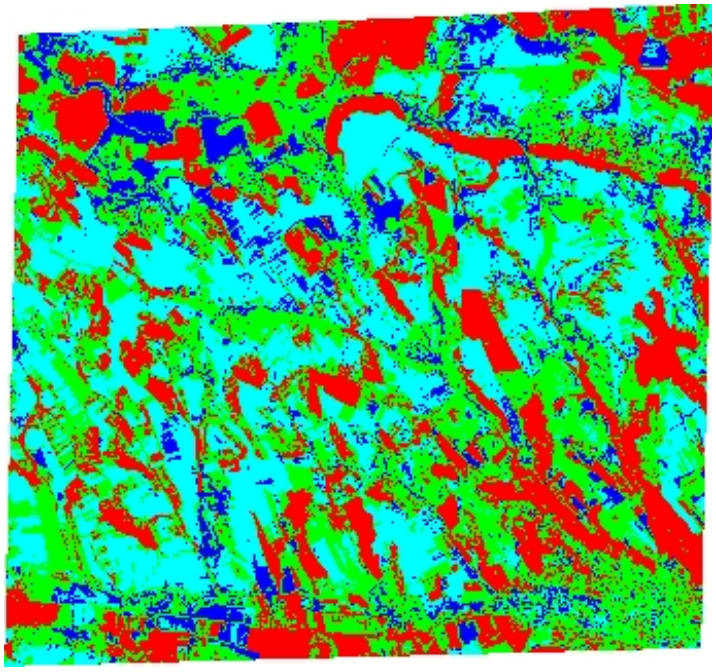


Figure 117 : Classification non supervisée en 4 classes, par la méthode fuzzy c-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'image 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).

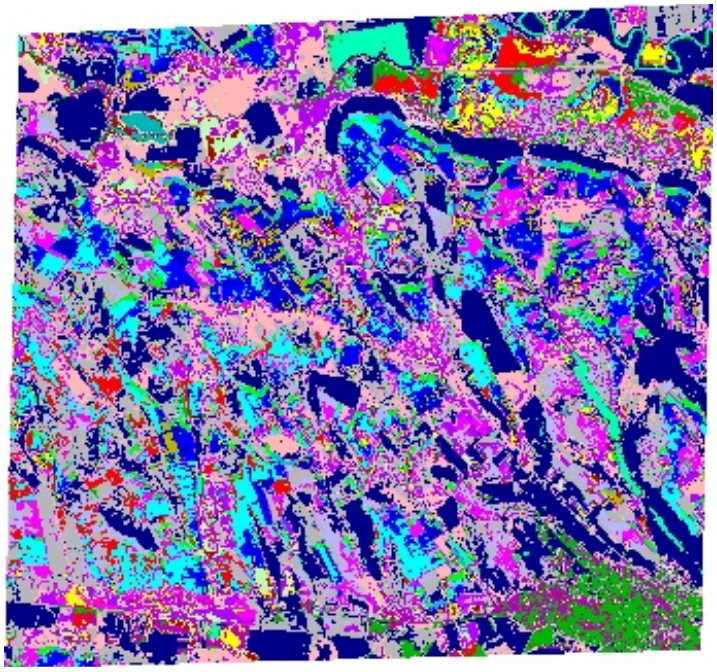


Figure 118 : Classification non supervisée en 20 classes, par la méthode k-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).

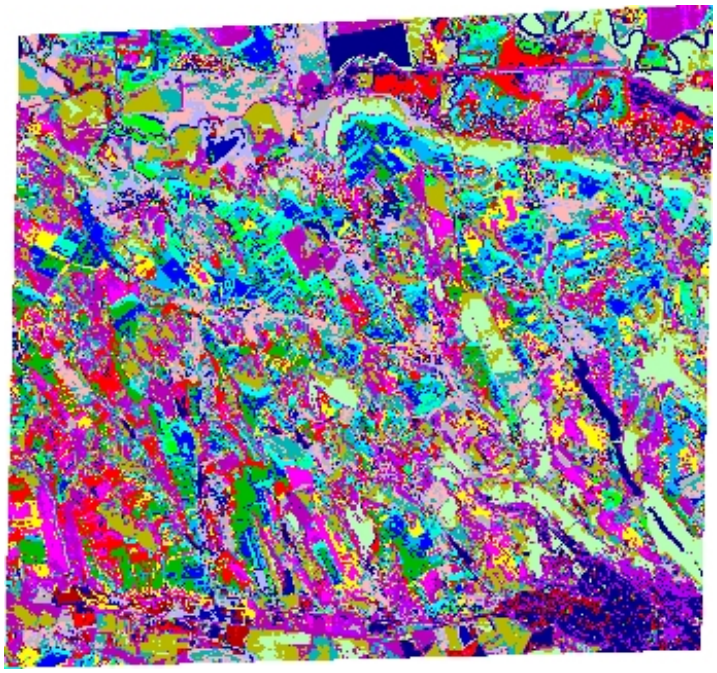


Figure 119 : Classification non supervisée en 20 classes, par la méthode *fuzzy c-means*, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).

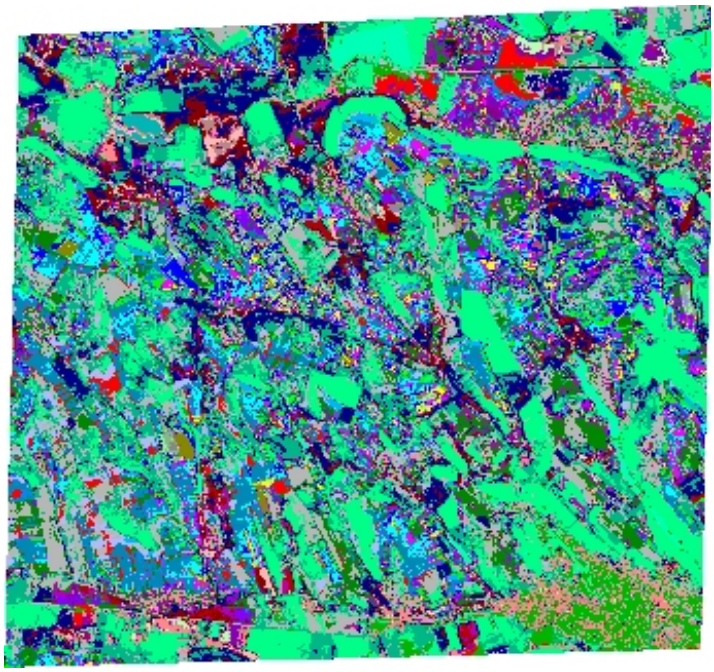


Figure 120 : Classification non supervisée en 40 classes, par la méthode k-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).

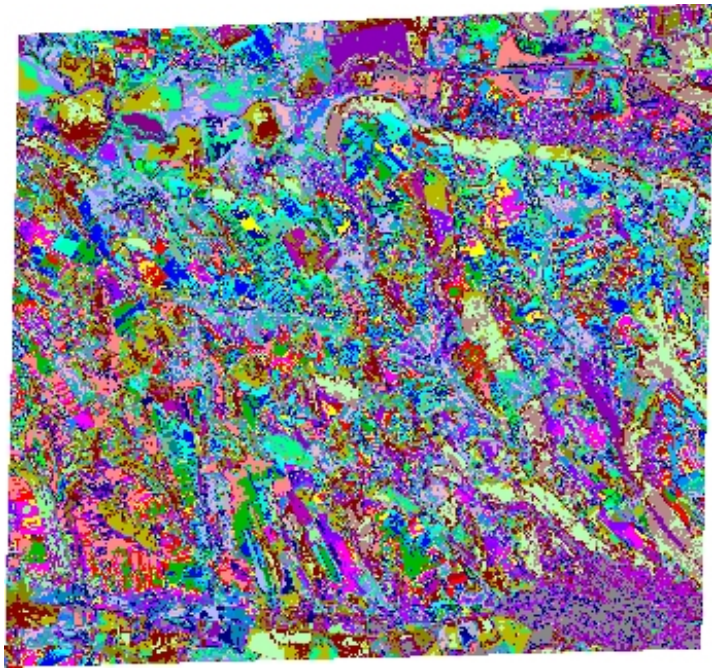


Figure 121 : Classification non supervisée en 40 classes, par la méthode fuzzy c-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).

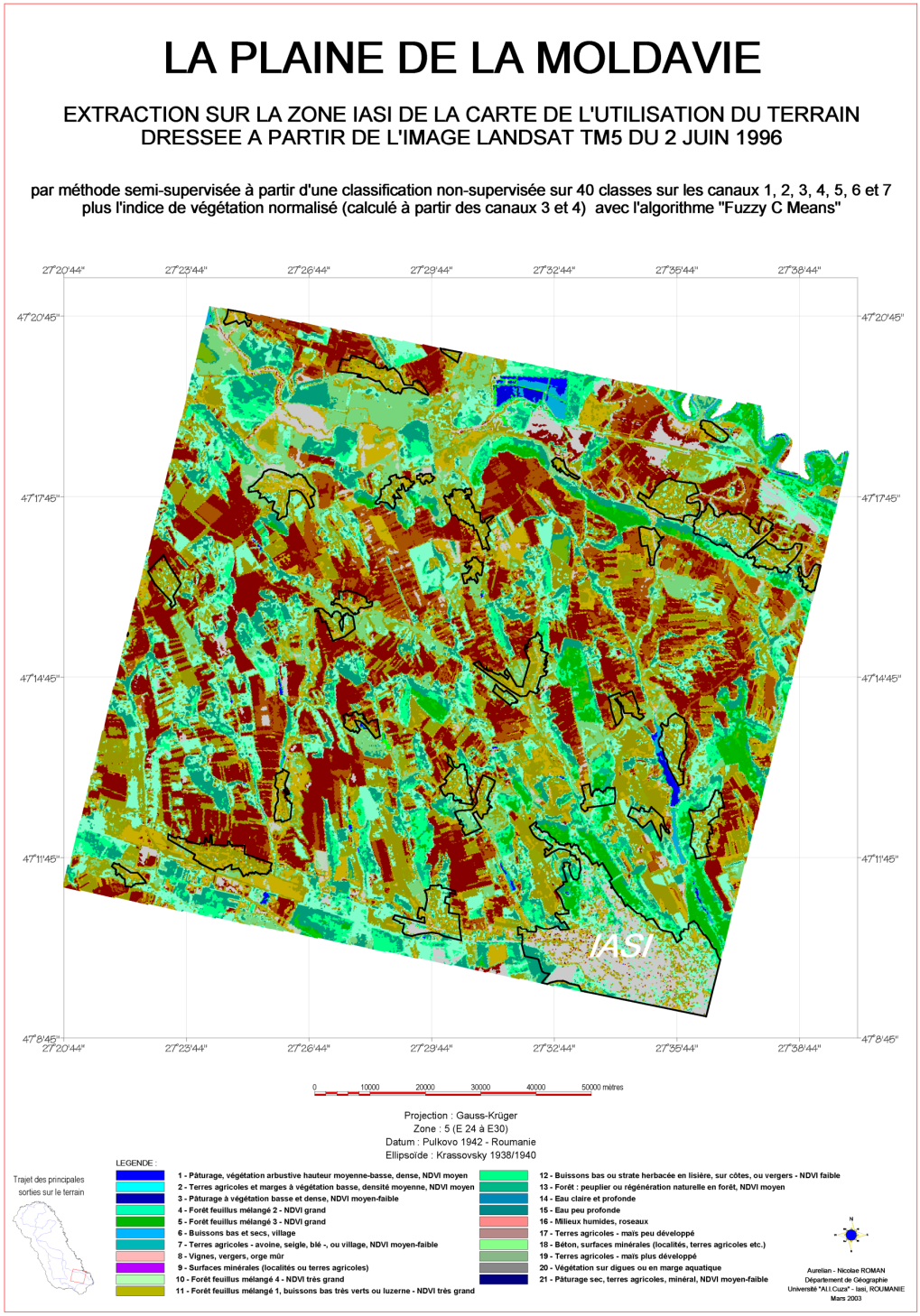

LA PLAINE DE LA MOLDAVIE
EXTRACTION SUR LA ZONE IASI DE LA CARTE DE L'UTILISATION DU TERRAIN
DRESSEE A PARTIR DE L'IMAGE LANDSAT TM5 DU 2 JUIN 1996
par méthode semi-supervisée à partir d'une classification non-supervisée sur 40 classes sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7
plus l'indice de végétation normalisé (calculé à partir des canaux 3 et 4) avec l'algorithme "Fuzzy C Means"
27°20'44"
27°23'44"
27°26'44"
27°29'44"
27°32'44"
27°35'44"
27°38'44"
47°20'45"
47°17'45"
47°14'45"
47°11'45"
47°8'45"
IASI
0 10000 20000 30000 40000 50000 mètres
Projection : Gauss-Krüger
Zone : 5 (E 24 à E30)
Datum : Pulkovo 1942 - Roumanie
Ellipsoïde : Krassovsky 1938/1940
LEGENDE :
1 - Pâturage, végétation arbustive hauteur moyenne-basse, dense, NDVI moyen
2 - Terres agricoles et marges à végétation basse, densité moyenne, NDVI moyen
3 - Pâturage à végétation basse et dense, NDVI moyen-faible
4 - Forêt feuillus mélangé 2 - NDVI grand
5 - Forêt feuillus mélangé 3 - NDVI grand
6 - Buissons bas et secs, village
7 - Terres agricoles - avoine, seigle, blé -, ou village, NDVI moyen-faible
8 - Vignes, vergers, orge mûr
9 - Surfaces minérales (localités ou terres agricoles)
10 - Forêt feuillus mélangé 4 - NDVI très grand
11 - Forêt feuillus mélangé 1, buissons bas très verts ou luzerne - NDVI très grand
12 - Buissons bas ou strate herbacée en lisière, sur côtes, ou vergers - NDVI faible
13 - Forêt : peuplier ou régénération naturelle en forêt, NDVI moyen
14 - Eau claire et profonde
15 - Eau peu profonde
16 - Milieux humides, roseaux
17 - Terres agricoles - maïs peu développé
18 - Béton, surfaces minérales (localités, terres agricoles etc.)
19 - Terres agricoles - maïs plus développé
20 - Végétation sur digues ou en marge aquatique
21 - Pâturage sec, terres agricoles, minéral, NDVI moyen-faible
Trajet des principales sorties sur le terrain
N
Aurelian - Nicolae ROMAN
Département de Géographie
Université "Al.I.Cuza" - Iasi, ROUMANIE
Mars 2003

Figure 122

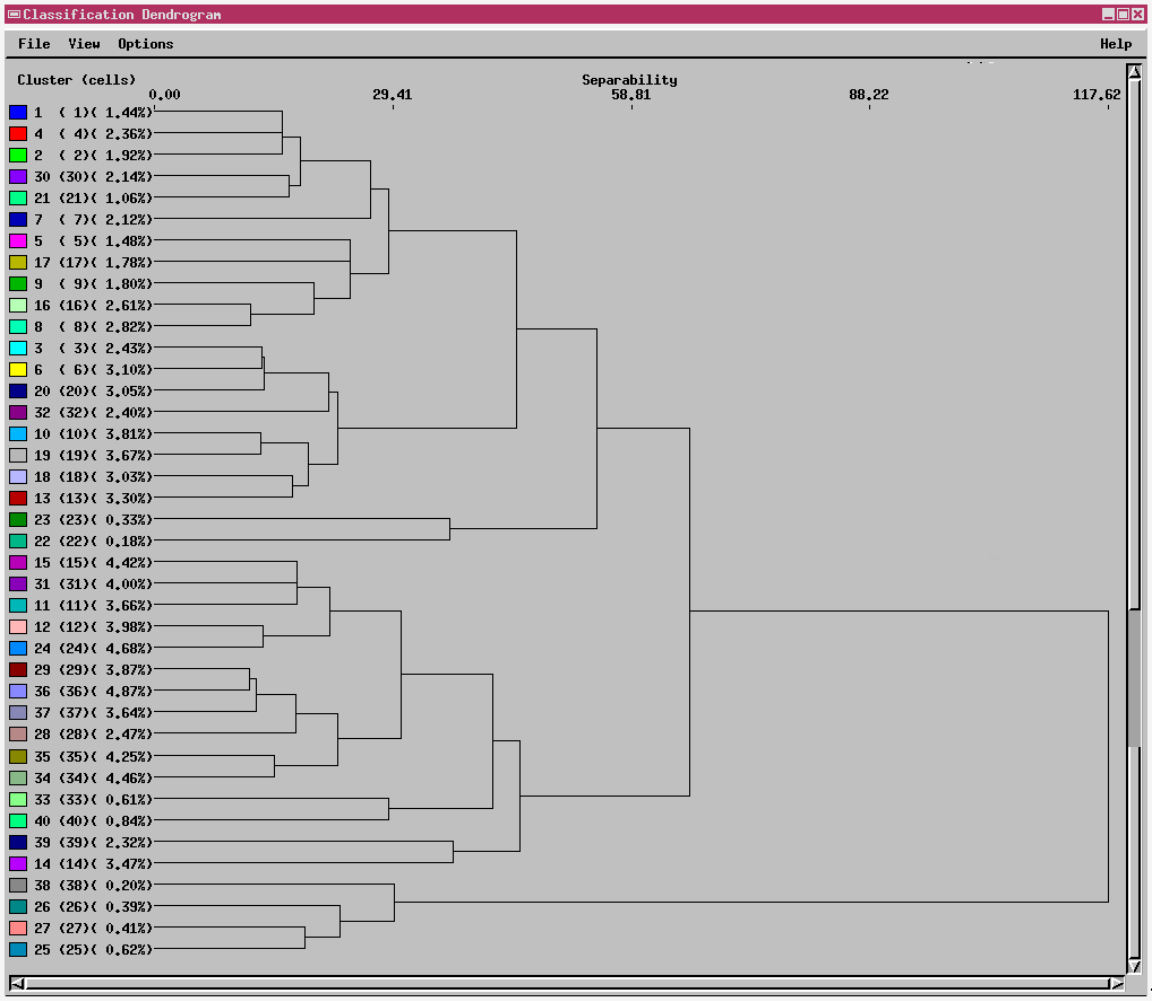

Classification Dendrogram
File View Options Help
Cluster (cells)
Separability
0.00
29.41
58.81
88.22
117.62
1 (1)(1.44%)
4 (4)(2.36%)
2 (2)(1.92%)
30 (30)(2.14%)
21 (21)(1.06%)
7 (7)(2.12%)
5 (5)(1.48%)
17 (17)(1.78%)
9 (9)(1.80%)
16 (16)(2.61%)
8 (8)(2.82%)
3 (3)(2.43%)
6 (6)(3.10%)
20 (20)(3.05%)
32 (32)(2.40%)
10 (10)(3.81%)
19 (19)(3.67%)
18 (18)(3.03%)
13 (13)(3.30%)
23 (23)(0.33%)
22 (22)(0.18%)
15 (15)(4.42%)
31 (31)(4.00%)
11 (11)(3.66%)
12 (12)(3.98%)
24 (24)(4.68%)
29 (29)(3.87%)
36 (36)(4.87%)
37 (37)(3.64%)
28 (28)(2.47%)
35 (35)(4.25%)
34 (34)(4.46%)
33 (33)(0.61%)
40 (40)(0.84%)
39 (39)(2.32%)
14 (14)(3.47%)
38 (38)(0.20%)
26 (26)(0.39%)
27 (27)(0.41%)
25 (25)(0.62%)

Figure 123

Les regroupements ont été faits à la lumière des résultats obtenus à travers tous les traitements et confortés par la vérification terrain. Les classes ainsi obtenues (tab. 17) ont permis de construire la carte des types d'occupation des sols.

Tableau no. 17 : Regroupement des classes pour obtenir la carte de l'occupation du sol

Classes regroupées (voir fig. 123)	**Type d'occupation du sol et (%) de la surface totale (7660 km²)**	**Correspondance dans le dendrogramme de la fig. 124 après regroupement**	**Correspondance dans la légende de la carte de la fig. 122**
3+6+20+32	10.98% = 841.07 km²	3	2
	Terres agricoles et marges à végétation basse, densité moyenne, NDVI moyen		
12+24	8.66% = 663.36 km²	12	8
	Vignes, vergers, orge mûr		
21+30	3.20% = 245.12 km²	21	12
	Buissons bas ou strate herbacée en lisère, sur côtes, ou vergers, NDVI faible		
1+4+5+2	7.20% = 551.52 km²	1	1
	Pâturage, végétation arbustive hauteur moyenne-basse, dense, NDVI moyen		
13+7+18	8.45% = 647.27 km²	7	3
	Pâturage à végétation basse et dense, NDVI moyen – faible		
28+29+36+37	14.84% = 1136.74 km²	28	17
	Terres agricoles avec maïs peu développé		
33+40	1.45% = 111.07 km²	33	18
	Béton, surfaces minérales (localités, terres agricoles, piste de l'aéroport Iaşi etc.)		
35+34	8.71% = 667.19 km²	34	19
	Terres agricoles avec maïs plus développé		
22+23	0.51% = 39.07 km²	22	13
	Forêt : peuplier ou régénération naturelle en forêt, NDVI moyen		
15+31+11	12.07% = 924.56 km²	11	7
	Terres agricoles – avoine, seigle, blé-, ou village, NDVI moyen – faible		
10+19	7.49% = 573.73 km²	10	6
	Buissons bas et secs, village		
9	1.80% = 137.88 km²	9	5
	Forêts feuillus mélangés 3, NDVI grand		
16	2.61% = 199.93 km²	16	10

	Forêts feuillus mélangés 4, NDVI très grand		
8	2.82% = 216.01 km²	8	4
	Forêts feuillus mélangés 2, NDVI grand		
17	1.78% = 136.35 km²	17	11
	Forêts feuillus mélangés 1, buissons bas très verts ou luzerne, NDVI très grand		
39	2.32% = 177.71 km²	39	21
	Pâturage sec, terres agricoles, minéral, NDVI moyen – faible		
14	3.47% = 265.80 km²	14	9
	Surfaces minérales (localités ou terres agricoles)		
38	0.20% = 15.32 km²	38	20
	Végétation sur digues ou en marge aquatique		
26	0.39% = 29.87 km²	26	15
	Eau peu profonde		
27	0.41% = 31.41 km²	27	16
	Milieux humides, roseaux		
25	0.62% = 47.49 km²	25	14
	Eau claire et profonde		
Non classifié	0.02% = env.1 km²	Non classifié	Non montré

40 classes en entrée	21 classes en sortie

Pour mieux se rendre compte si les classes d'occupation du sol obtenues à partir de l'image satellitale sont pertinentes, elles ont été comparées aux données chiffrées de *L'annuaire statistique de Roumanie – 1997* (qui offre les informations au niveau de l'année 1996, donc l'année à laquelle a été enregistrée l'image satellite). Il faut faire attention car ces données statistiques (voir tab. 18 et tab. 19) sont au niveau de l'ensemble des départements de Iaşi et Botoşani qui sont plus étendus (10461 km²) que la Plaine de la Moldavie (7660 km²) et non au niveau du découpage territorial effectué pour cette recherche.

Les chiffres de l'annuaire statistique, même s'ils concernent un territoire plus étendu, sont assez proches de l'interprétation de notre classification. Les pourcentages prouvent aux niveaux des départements mentionnés, que la majorité des terres de culture est recouverte par du maïs (environ 46%) ; viennent ensuite il y a les près de pâture (environ 15%) et enfin la

végétation forestière (environ 11%). A l'intérieur de la plaine, cette hiérarchie reste la même, sauf que la surface de la végétation forestière est légèrement inférieure avec environ 9% et que les milieux humides sont révélés pour 1,62% de l'espace (mais, ces derniers, étant extraits de l'image satellitale dont la résolution géométrique est faible, ne tiennent pas compte des petites unités aquatiques et des plans d'eau des rivières).

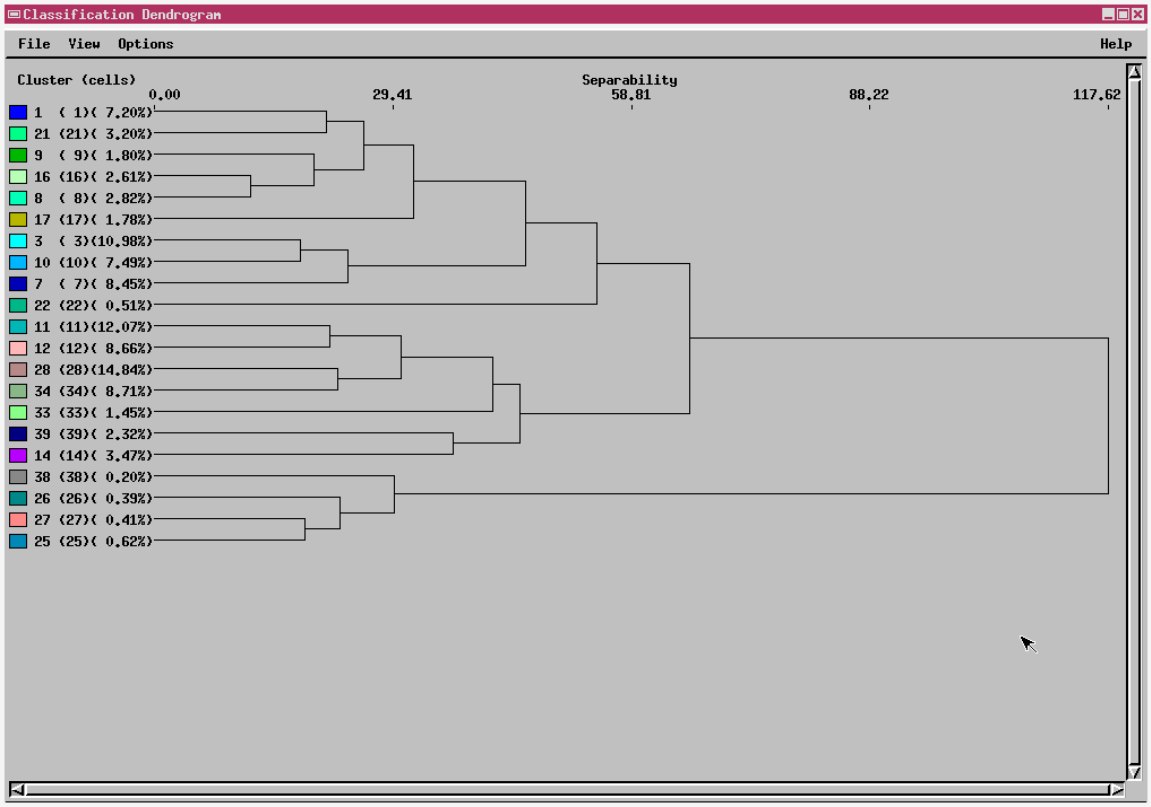


Figure 124

Tableau no. 18 : Occupation du sol dans les départements de Iaşi et Botoşani en 1996 (source : *Annuaire statistique de Roumanie*, 1997)

	Département de Botoşani (km²)	%	Département de Iaşi (km²)	%
Total	4985.69		5475.58	
Terrain agricole...	3877.85	77.78	3758.81	68.65
...dont en propriété privée	3122.91	62.64	3025.72	55.26
Terres de labour	2915.78	58.48	2486.64	45.41
Pâturage	750.83	15.06	854.07	15.60
Près	142.02	2.85	200.58	3.66
Vignes	33.33	0.67	126.78	2.32
Vergers	35.89	0.72	90.74	1.66
Forêts et végétation forestière	572.15	11.48	980.42	17.91
Eaux	138.81	2.78	137.86	2.52
Autres	396.88	7.96	598.49	10.93

Tableau no. 19 : Principales cultures agricoles dans les départements de Iaşi (IS) et Botoşani (BT) en 1996
(source : Annuaire statistique de Roumanie, 1997)

		TOTAL CULTIVE... km²	...DONT EN PROPRIETEE PRIVE km²
TOTAL CULTIVE	BT	2864.69	2548.47
	IS	2349.38	2123.12
	TOT.	***5214.07***	***4671.59***
Céréales pour grains	BT	1967.99	1808.07
	IS	1571.45	1481.50
	TOT.	***3539.44***	***3289.57***
Blé, seigle	BT	509.09	448.41
	IS	253.45	230.50
	TOT.	***762.54***	***678.91***
Orge	BT	161.79	102.4
	IS	78.23	51.70
	TOT.	***240.02***	***154.1***
Avoine	BT	69.98	64.39
	IS	68.70	64.32
	TOT.	***138.68***	***128.71***
Maïs	BT	1227.11	1192.87
	IS	1171.07	1134.98
	TOT.	***2398.18***	***2327.85***
Oléagineuses	BT	260.04	195.02
	IS	117.03	98.66
	TOT.	***377.07***	***293.68***
Tournesol	BT	233.58	183.64
	IS	106.84	94.97
	TOT.	***340.42***	***278.61***
Betterave	BT	107.09	101.14
	IS	76.96	75.20
	TOT.	***184.05***	***176.34***
Fourrages	BT	319.18	248.83
	IS	389.69	289.07
	TOT.	***708.87***	***537.90***

Plantes	BT	97.37	89.73
annuelles pour	IS	169.13	145.79
foin	***TOT.***	***266.50***	***235.52***

Une dernière chose doit être soulignée en regardant les tableaux statistiques : en observant la forte proportion des terres en propriété privée et tout en connaissant le faible niveau associatif dans ce monde rural pour cultiver ensemble des surface de terres plus grandes, nous nous rendons compte pourquoi la carte de l'occupation du sol présente un parcellaire en lanières. D'ailleurs, ce phénomène s'observe dans la figure 125 qui donne un exemple d'analyse des « images » par superposition avec un certain degré de transparence (voir aussi la figure 34 avec le rythme des altitudes superposé sur le modèle numérique du terrain).

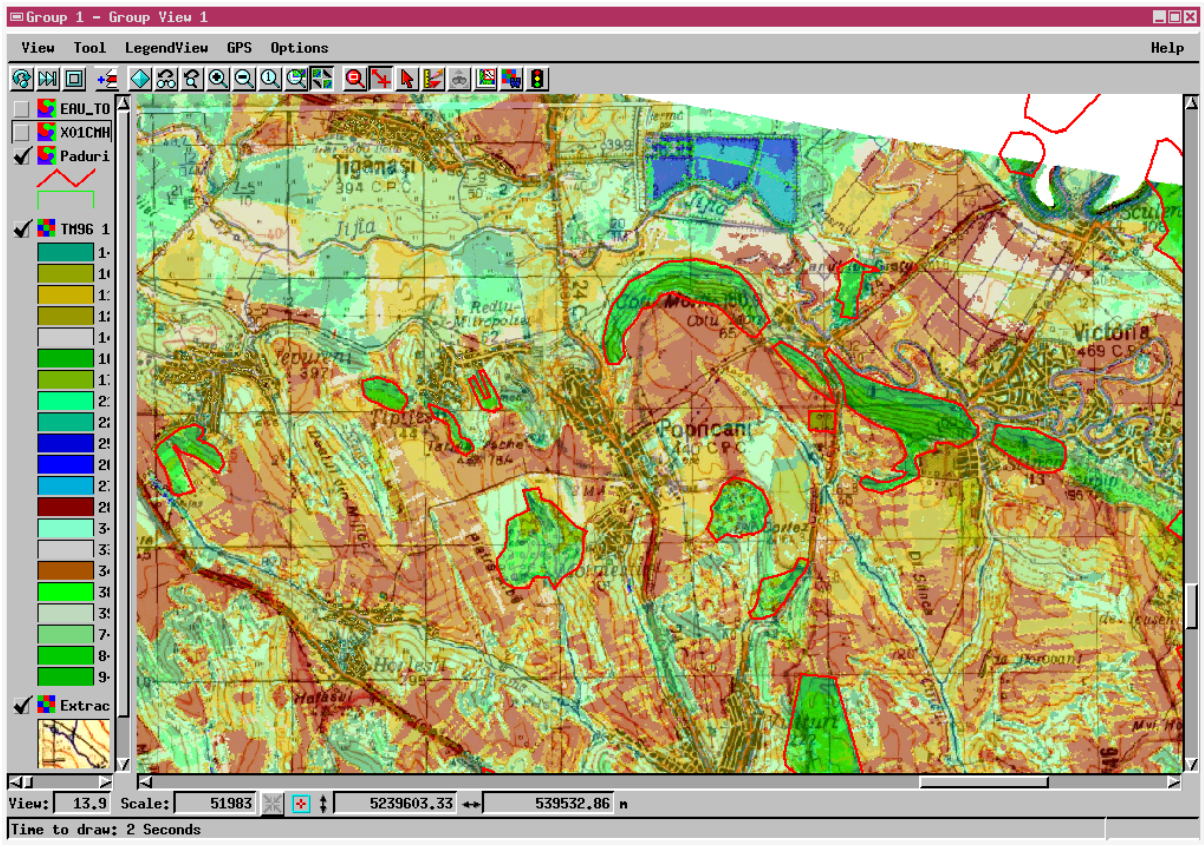


Figure 125

Dans ce cas il s'agit de la superposition, de bas vers le haut, des « images » : carte topographique 1 :100.000 (sans transparence), de la carte de l'occupation du sol dressée à partir de l'image Landsat TM5 du 2 juin 1996 (transparence 50%) et de la limite des forêts et des plantations extraite de la carte topographique (polygones transparents avec trait rouge épais). Cette figure est une capture d'écran ; en décrivant la manière dont on obtient l'effet visuel sans l'inclure dans une composition cartographique comme celle de la figure 125 nous voulons souligner la difficulté (sinon **l'impossibilité)** d'en créer une légende correcte. Pourtant, nous avons essayé mais nous avons renoncé et procédé juste à une analyse à l'écran : par exemple on peut se rendre compte des situations topographiques spécifiques pour tel ou tel type d'occupation du sol ; des différences qui existent entre l'extension d'une formation végétale sur la carte et sur l'image satellitale ; des erreurs de géoréférencement entre les images satellitales et la carte topographique…

9.4 Conclusions et critiques

Chacune des approches présentées antérieurement – celle classique, avec des textes bibliographiques, statistiques, cartes imprimées sur papier etc. et celle satellitale et S.I.G.– les aspects biogéographiques et de l'occupation du sol apportent des informations complémentaires sur la Plaine de la Moldavie.

L'approche classique peut être très détaillée en ce qui concerne les espèces présentes et confirme le fait que le territoire qui nous intéresse appartient à la sylvosteppe mais entre, sur sa bordure et dans la région des collines Copalău – Cozancea – Guranda dans l'étage du hêtre. En même temps, cette approche n'est pas capable d'assurer un suivi rapide des changements qui interviennent dans le couvert végétal et l'occupation du sol ni leur exhaustivité.

L'approche satellitale et S.I.G., malgré le fait qu'elle peut couvrir un territoire large en peu de temps, manque de précision si nous voulons effectuer des études fines mais c'est une

approche qui peut assurer un suivi quasi-permanent de l'état du terrain. Un autre défaut est le coût élevé des équipements qui dépendent en trop grande mesure de l'alimentation électrique : sur le terrain on peut analyser une carte mauvaise à la lumière du feu mais jamais mettre en marche un super S.I.G. sur un ordinateur avec les accumulateurs vides... Aussi, il faut dire que ce n'est pas toujours évident de transférer sur papier les résultats de certaines analyses affichées à l'écran et de les rendre compréhensibles à l'aide d'une légende. Toutefois, la méthode de traitement d'images sélectionnée doit pouvoir rendre compte en même temps de l'occupation du sol, des formations végétales et du contexte géomorphologique pour aboutir à une carte des paysages.

Un point important est aussi d'avoir réalisé une *analyse de l'ensemble de la plaine collinaire* avec les outils de la télédétection. C'est aussi un des premiers essais qui vise l'obtention d'une carte de l'occupation du sol pour tout ce territoire à un grand niveau de détail (rappelons nous que la taille du pixel sur les images Landsat TM est de 30x30 m) et à un instant précis, avec une marge d'erreur très faible dans un pays (la Roumanie) qui est loin d'avoir un cadastre bien mis au point.

Dans la perspective géocinétique et géocybernétique, nous avons fait assez peu dans ce chapitre. Toutefois, en ce qui concerne l'emploi des nouvelles méthodes proposées par nous dans la deuxième partie de l'ouvrage, le lecteur a pu voir que celle des **rapports hiérarchiques spatiaux** peut être employée avec succès même dans le cas des images satellitales.

10 ET LE PAYSAGE ?

10.1 La thèse : notice de lecture

On a parlé de paysage, mais où est-il ? La présentation du relief, du climat, des eaux, de la végétation et du sol de la manière pratiquée dans les pages précédentes tient plutôt de l'étude du géosystème. Pourtant, nous affirmons que le paysage se trouve sur ces mêmes cartes, graphiques et photos de terrain, au moins pour le géographe. Pour soutenir cette affirmation nous allons nous rapporter à la définition proposée pour le paysage (page 64) et l'analyser en détail par rapport aux résultats obtenus.

La Plaine de la Moldavie est **un espace réel, complexe** malgré certaines apparences d'uniformité. A commencer par la géologie et les problèmes de l'évolution du relief, en continuant avec le climat, les eaux, les sols, la végétation... Un versant, un plateau, une rivière etc. sont des "objets" qui interagissent, donc entre lesquels s'établissent un certain nombre de relations.

La pluie d'automne, qui tombe doucement mais longtemps, n'aura pas le même effet que la pluie d'été, averse forte et de courte durée qui tombe brutalement sur le même versant : l'érosion sera moins intense dans le premier cas que dans le deuxième, les plantes moins arrosées. Une relation entre le type de versant, le type de pluie et le type d'érosion existe. Nous pouvons **établir une autre relation** (ou, plus souvent, modifier celle qui existe déjà) en changeant le type de couverture végétale du versant (plantation, déboisement etc.), la circulation de l'eau (drainage artificiel) etc., donc saisir le rôle de l'intervention humaine.

La Plaine de la Moldavie est un **système** qui, en tout point, nous envoie une image-système constituée de plusieurs objets. Il s'agit d'**images-système** puisque nous nous rendons compte que ces objets ont une certaine structure et disposition spatiale et que, selon leur nature,

s'établissent entre eux des relations qui déterminent un certain type de fonctionnement du système. La complexité de l'image dépend énormément de la manière dont elle a été acquise (observation directe sur le terrain, photographie, cartes, traitements S.I.G.) et détermine dans notre esprit une **réaction psychologique** (voir les exemples de la fig. 34 avec le rythme des altitudes superposé sur le modèle numérique du terrain ou fig. 125

Cette réaction est **consciente**, forcément, du moment où nous émettons un **jugement** à son sujet. Le mot est "esthétique" dans la définition proposée, mais est-ce qu'il a un sens précis ? Difficile à dire car tout tient dans notre système d'évaluation de la réalité environnante et/ou des images-système qui la représente. Un touriste dira que tel paysage est superbe, le paysan du lieu qu'il est quelconque et, pourquoi pas, le géographe que le même paysage est fort intéressant. Pour un touriste c'est la nouveauté esthétique dans le sens artistique du terme ; pour le paysan c'est la monotonie qui efface toute trace d'exaltation devant une image vue et utilisée toute une vie. Le géographe est le plus mal placé : il y a son côté humain qui lui dit que l'endroit est beau, son côté voyageur qui lui dit que c'est du "déjà vu 36 fois" et son esprit scientifique qui, à partir de certains détails, lui montre que ce lieu est particulier. Ce qui est intéressant à savoir, pour le géographe, c'est comment procéder pour que ce paysage reste beau pour lui et le touriste, devienne intéressant à regarder et à utiliser par le paysan et garde toute son intérêt scientifique suite à un aménagement. C'est aussi simple que de donner la définition du paysage...

Incomplet, certes, est le paysage qui se trouve sur les cartes dont on a parlé ci-dessus, plus particulièrement sur celle de l'altitude absolue et de ses rythmes.

La topographie du lieu est la donnée la plus importante à côté des facteurs qui jouent dans la définition du jugement esthétique (culture, intérêt, expérience, bonheur ou malheur d'un instant etc...). La topographie supporte toutes les autres couches (sol, végétation, faune, climat, eaux, habitat) tout en influant sur chacune d'entre elles. On serait tenté de dire qu'elle supporte même l'impact de notre regard...

On a déjà souligné le fait que ce n'est pas l'altitude absolue qui est la plus importante mais les écarts d'altitude (la dynamique), la fragmentation et le rythme. Ainsi, nous pouvons nous trouver dans un endroit quasiment plat et avoir soit un large champ de vision (plateau, par exemple), soit un champ étroit (le lit majeur d'une rivière). Ceci peut arriver aussi bien en plaine, à 32 m d'altitude qu'en haute montagne. Il faut que l'entrave au regard soit très élevée, très importante, pour que nous réfléchissons d'abord en termes d'altitude absolue.

Pour **l'aspect visuel général** du paysage, les plus importantes semblent être, les cartes de l'altitude absolue en valeurs réelles et moyenne locale (la fameuse fenêtre glissante 3x3 pixels) et de son rythme « mariées » dans une composition cartographique (fig. 34). Sur ces cartes on distingue les régions dont l'aspect général est plus ou moins plat. Il s'agit d'interfluves et de quelques secteurs de lit majeur sur la Jijia et le Prut (pour autant qu'on regarde dans la bonne direction...). Les interfluves, bien qu'entaillés par des ravines ou des rivières qui s'assèchent durant l'été, ont l'avantage de se trouver non seulement en position dominante mais aussi d'être très arrondis, parfois presque plats, et proches comme altitude absolue. La vue dépasse donc l'entaille pour porter plus loin. Surtout vers le nord de la plaine, de Dorohoi vers Avrămeni, Coţuşca, Mileanca, Havîrna (la « plaine » de Başeu), ainsi que de Dorohoi vers Botoşani, nous sommes surpris par l'aspect presque plat (... ?!) ou largement arrondi du relief, tant que nous restons sur le plateau et que nous ne descendons pas dans les vallée car, même à moins de 40 m d'altitude relative, le champ de vision commence à se refermer.
Le « ... ?! » précédent n'est pas une faute de frappe car les cartes avec l'ombrage du MNT et celle du rythme des altitudes absolues semblent nous contredire si les on regarde à une échelle 1 :500.000 (la taille d'une feuille A3 – 297x420 mm – sur laquelle rentre toute la plaine). Mais les choses changent à des échelles plus grandes (1 :100.000 par exemple) ou si nous allons sur le terrain et le « ... ?! » tombe. C'est ainsi que nous nous rendons compte de l'importance de l'échelle de représentation des images-système dans l'analyse des paysages.

Nous ressentons la même impression dans les parties centre-ouest (entre Coşula–Cristineşti–Botoşani) ou plus au sud, sur les interfluves Jijia–Miletin (entre Hlipiceni–Prăjeni–Plugari) et

Miletin–Bahlui. Assez saisissant est, par endroits, l'aspect plat des interfluves qui séparent les rivières descendant du Plateau Central Moldave proche à la plaine au sud. Plus forte encore est l'impression dans la vallée de la Jijia (à l'aval de Vlădeni) et dans la vallée du Prut (à l'aval de Bivolari, vers Trifeşti–Probota). La confluence des vallées de la Jijia et du Prut dans le secteur de Popricani–Trifeşti–Victoria nous montre un micro-paysage de plaine, comme dans le cas précédent (en fait, un lit majeur de plus de 3 km de large, parfaitement plat). Encore une fois, mais moins nettement, il faut que les observations s'effectuent dans le sens de la vallée et non perpendiculairement. Dès que nous regardons transversalement, le regard butte sur les versants, changement radical qui ressort fort bien en évidence sur les cartes de la dynamique spatiale de l'altitude relative.

Nous passons donc, de vues générales à des **vues plus particulières**. Nous avons parlé du fait qu'il ne faut pas descendre dans les petites vallées entaillant les plateaux : il suffit de regarder cette carte du rythme des altitudes absolues pour saisir la multitude de ces situations, de très petites dimensions en elles-mêmes, mais assez fortes et nombreuses pour marquer le paysage (surtout au nord de la plaine, mais aussi entre Jijia et Bahlui, au sud). Le versant mordu par le petit torrent, pétri par le glissement de terrain est un trait très caractéristique de cette plaine, en opposition avec la quasi-planéité des interfluves ou de leurs formes largement arrondies.

Nous pensons que le paysage est présent sur ces cartes, que *les images du territoire offertes par nos cartes sont assez fortes pour éveiller une* ***prise de conscience accompagnée d'un jugement esthétique***. Et, surtout, que *ces cartes représentent en elles-mêmes la première étape dans le découpage du paysage suivant des critères physico-géographiques complexes*. Ce qu'il faudra ajouter, absolument, pour parvenir à une partition presque complète c'est l'intégration de l'utilisation détaillée du terrain et des corrections thermiques et hydriques selon l'orientation des versants. Mais ce sont des éléments essentiels à draper sur le MNT : l'impact visuel et fonctionnel créé par la morphologie de la surface topographique, d'abord par le biais des altitude relatives et de leur dynamique, et ensuite par les altitudes absolues.

La combinaison de ces cartes nous donne le support de base pour le développement d'une analyse paysagère, voire une bonne partie de celle-ci : on ne connaît pas encore le paysage mais on sait, avec un faible degré de probabilité, à quoi s'attendre sur le terrain.

La transition du général vers le particulier peut, et doit, être poussée plus loin. Sur la base du même raisonnement, en termes d'altitude relative, nous descendons aux grandes échelles avec l'écart de l'altitude relative du point par rapport à la moyenne de ce même élément dans une fenêtre de 3x3 pixels, ou par rapport à la moyenne de ses voisins (l'analyse des rapports hiérarchiques spatiaux). Aussi bien dans un cas que dans l'autre, ceci nous permet de savoir en quelle mesure le point où nous nous trouvons diffère par rapport à l'aspect général de la zone respective. Ceci est juste un *a priori*, une évaluation, car l'analyse complète impose la connaissance du type de recouvrement du sol et sa prise en compte. Nous disons qu'il s'agit d'une approche plus détaillée, à l'opposé de la carte des écarts à la moyenne générale. Ici nous regardons strictement les points inhabituels pour l'environnement local tandis que dans le cas des écarts à la moyenne générale il s'agit de savoir si tel ou tel point est fréquemment rencontré sur tout le territoire. Et pour finir, connaître l'importance de la différence par le biais de la carte de la dynamique des écarts locaux, telle que nous l'avons proposée.

Une fois accomplie cette prise de conscience sur le premier et le principal support matériel du paysage – le relief – nous commençons à le drapper avec les autres composantes (naturelles ou anthropiques) du géosystème, composantes qui vont finalement structurer notre réaction psychologique et jugement esthétique. Ainsi, la carte de l'occupation du sol, dressée à partir des images satellitales (et de laquelle on peut extraire les éléments nécessaires pour une analyse composante par composante) s'avère absolument nécessaire. Cette carte – une fois reprise dans une composition cartographique superposant les cartes topographique, de l'ombrage du MNT (et éventuellement celle du rythme des altitudes absolues) – nous permet une évaluation paysagère plus complète du territoire étudié.

On ressent, au fur et à mesure de l'approche, *une transition de plus en plus profonde, du visuel vers le structurel et le fonctionnel. Structurel puisque la carte de la dynamique et celle*

du rythme font ressortir "l'ossature" de l'espace. Comment pourrait-on appeler autrement les traits précis qui montrent le trajet des vallées, la base et le sommet du versant, les principales côtes, tout en sachant que nous avons fait appel au modèle numérique du terrain au dernier moment (les vérification on été faites d'abord sur le terrain et sur la carte topographique) ?

Fonctionnel parce que nous nous rendons compte du fait que les variations d'altitude relative, d'orientation des versants et les pentes introduisent, *a priori*, des différences aussi bien au niveau micro climatique, qu'au niveau du type de sol, de l'érosion, de la végétation, de l'occupation du sol en général. Même si nous n'arrivons pas à définir clairement en quoi consistent ces changements, nous avons au moins un repérage précis des endroits où aller prospecter. Nous bénéficions d'un point d'appui solide pour un échantillonnage supervisé : on connaît assez bien les secteurs homogènes ou, au contraire, hétérogènes, les régions où s'enregistre la plus forte variabilité climatique spatiale etc. Rappelons-le : tout ceci à partir d'abord d'une seule mesure sur la carte topographique et d'un traitement élémentaire des données ; ensuite, d'une analyse des images satellitales et des photos de terrain.

Ces analyses pourraient être poussées plus loin, au moins pour certains éléments, car les différents écarts calculés sont une voie possible pour établir des hiérarchies spatiales générales (dans le cas de la plupart des composantes naturelles du géosystème) tandis que les structures spatiales observées sur le terrain nous renvoient à des analyses sur les sociétés et leur rôle dans la définition finale des aspects paysagers et fonctionnels du géosystème (dans le cas des types d'occupation du sol et leur évolution à travers le temps).

Serait-ce suffisant pour induire une réaction psychologique consciente, accompagnée d'un jugement esthétique même partiel, au sujet d'une image-système reposant sur un espace réel complexe ? Espace d'une étendue quelconque, constitué par l'ensemble des objets qui y sont présents et par les différentes relations qui s'établissent ou sont établies entre ces objets ? Nous répondrons "oui"...

10.2 La carte qui existe

Il existe déjà une carte des paysages qui couvre le territoire de la Plaine de la Moldavie. Il s'agit de *La carte des types de paysages* (Popova-Cucu A., 1973) de *L'atlas de la R.S.Roumanie* (1972-1979), échelle 1 : 1.000.000. Cette carte a été dressée à partir des cartes thématiques présentes dans ce même atlas. La typologie des paysages a été élaborée en partant des formes majeures de relief (montagnes, collines et plateaux, plaines), ce qui a déterminé la séparation de tout autant de grandes catégories de paysages de I^{er} ordre[84]. Dans ces ensembles, l'auteur de la carte distingue, en fonction des influences climatiques (océaniques, continentales, pontiques, subméditerranéennes) des paysages de II^{e} ordre, car ces influences entraînent des variations dans le régime thermique et hydrique et en matière de végétation et de sols. Enfin, une troisième distinction a été réalisée en fonction de la lithologie et des caractères écologiques. Dans le tab. 20 nous présentons les catégories de la légende de cette carte rencontrées dans la Plaine de la Moldavie

Tableau no. 20 : Les paysages de la Plaine de la Moldavie (d'après la légende du : *Atlasul R.S.România*, 1973)

PAYSAGES DE I^{er} ORDRE
PAYSAGE DE COLLINES ET DE PLATEAUX
PAYSAGES DE II^{e} ORDRE
Hautes collines et plateaux
Paysages de III^{e} ordre
Plateau à forêts de hêtre avec charme, de rouvre et chêne pédonculé, prairies stépisées et terrains agricoles
Plateau avec forêts de différentes espèces de chêne mêlées à d'autres arbres feuillus, de hêtre avec charme, de rouvre avec charme, prairies steppiques et steppisées fortement modifiées et terrains agricoles
PAYSAGES DE II^{e} ORDRE
PAYSAGE DE DEPRESSIONS
Paysages de III^{e} ordre
D'aspect collinaire à forêts de rouvre avec charme et de chêne pédonculé avec rouvre et tilleul, prairies

[84] La typologie présentée exprime le point de vue de l'auteur de cette carte.

steppisées et terrains agricoles
D'aspect collinaire à terrains agricoles et prairies steppiques et steppisées fortement modifiées, à îlots de forêts de chêne pédonculiflore avec érable tartare et chêne pubescent
PAYSAGES DE I^{er} ORDRE
PAYSAGE DE PLAINE
PAYSAGES DE II^{e} ORDRE
SOUS L'INFLUENCE DU CLIMAT CONTINENTAL – PLAINES COLLINAIRES
Paysages de III^{e} ordre
A terrains agricoles, prairies steppisées fortement modifiées et îlots de forêts de chêne pédonculé avec érable tartare
A terrains agricoles, rares prairies steppisées fortement modifiées et prairies à plantes halophiles et îlots de forts de chêne pédonculé avec érable tartare
PAYSAGES DE II^{e} ORDRE
SOUS L'INFLUENCE DU CLIMAT CONTINENTAL – PLAINES DE DIVAGATION
Paysages de III^{e} ordre
Avec des lacs, marais et jonchaies-cannaies, prairies mésohygrophiles, bocages et vastes terrains agricoles

10.3 La carte qui manque

Chacun s'attend à voir une carte de typologie des paysages de la Plaine de la Moldavie en fin de cette recherche. La méthodologie pour obtenir cette carte est relativement simple car elle peut être conçue par l'imbrication des diverses couches thématiques du géosystème afin d'obtenir une typologie paysagère, selon les étapes suivantes :

Première étape : dresser les cartes de l'état, de la dynamique et du rythme d'un nombre important de composantes naturelles du géosystème (altitude absolue, dynamique et rythme des altitudes absolues, densité de la fragmentation du relief, températures et précipitations moyennes multiannuelles absolues, dynamique et rythme des températures et précipitations moyennes multiannuelles, potentiel érosif des précipitations, dynamique et rythme du potentiel érosif des précipitations, écoulement spécifique moyen multiannuel, dynamique et rythme de l'écoulement spécifique moyen multiannuel, différenciation qualitative des sols,

différenciation qualitative des associations végétales, l'indice de végétation moyen multiannuel calculé à partir d'images satellitales et peut-être d'autres encore). Dans le cas des territoires s'étendant dans des climats différents, nous pouvons envisager aussi les cartes climatiques et de l'écoulement dressées à partir des moyennes mensuelles multiannuelles. Il faut aussi établir une carte de l'occupation du sol. En fait, chacune de ces cartes au format numérique est une image-système.

Deuxième étape : calcul des rapports hiérarchiques spatiaux dans le cas de chaque carte mentionnée antérieurement, à l'exception de celle de l'occupation du sol. Ces rapports, même s'ils sont exprimés sous forme numérique, le chiffre caractérisant chaque pixel exprime une classe (voir le sous-chapitre *Analyse multidimensionnelle des rapports interzonaux (rapports hiérarchiques spatiaux)*). Une grande partie de ces cartes peuvent être vérifiées sur le terrain à l'aide de l'échantillonnage aléatoire[85].

Troisième étape : pour chaque pixel de ces cartes, y compris celle du type d'occupation du sol, il faut identifier le type de combinaison des classes entre toutes les composantes prises en considération et lui attribuer une valeur spécifique, en fonction de chacune des combinaisons à laquelle il appartient. Ensuite, il faut regrouper les pixels sur une carte finale, **la carte des paysages**, et définir – en fonction de la combinaison des composantes et des caractères spécifiques à celles-ci – le **type de paysage** dans chaque maille.

Quatrième étape : procéder à un échantillonnage aléatoire et se rendre sur le terrain pour valider le classement typologique.

Cinquième étape : établir la carte finale de la typologie des paysages.

[85] Cette procédure n'a pas été employée dans cette thèse ; c'est une critique qui s'applique pleinement à notre recherche bâtie sur un cheminement et sur une bonne connaissance du terrain.

10.4 Les paysages de synthèse

Dans l'analyse et l'interprétation des paysages nous nous sommes appuyés sur la connaissance du terrain, ainsi que sur un nombre de différents documents : les photos du terrain, les cartes disponibles dans la bibliographie, les cartes dressées par nous mêmes et les images satellitales (SPOT panchromatique et Landsat TM5 que nous avons déjà présentées). N'ayant pas pu dresser notre propre carte des paysages, nous avons toutefois reconstitué à l'aide de l'ordinateur l'image virtuelle 3D, ou les *paysages de synthèse*, de la plaine collinaire.

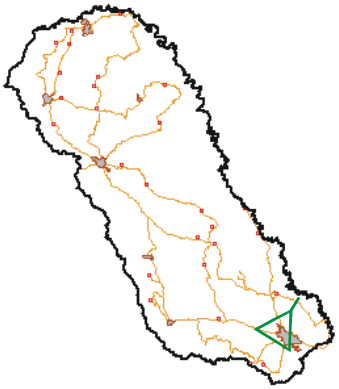
Ces images de synthèse s'appuyent sur la réalité de terrain : la technique est de superposer sur le MNT soit des images satellitales ou cartes, soit des photos de terrain. Dans le deuxième cas, les procédures sont très complexes car il faut identifier sur la photo de terrain les profondeurs de champ, ensuite procéder à un drapage successif des différents plans sur le MNT, suivant la profondeur de l'image. Sans photos de terrain horizontales stéréoscopiques et faute d'un logiciel adapté, cette procédure est très difficile à mettre en œuvre.

Dans le premier cas, nous avons superposé successivement, sur le MNT :

- soit des cartes proprement dites (ex : la carte de l'occupation du sol toute seule) ;
- soit des images stellitales seules (ex : une scène SPOT panchromatique) ;
- soit une combinaison d'images satellitales avec différents degrés de transparence pour obtenir l'effet visuel souhaité (ex : une composition colorée des canaux de l'image Landsat TM5 et une image SPOT panchroimatique) ;
- soit une combinaison d'images satellitales et cartes, avec différents degrés de transparence.

Une partie des résultats sont présentés dans les figures de 126 à 129.

La Plaine de la Moldavie



Paysages virtuels : Vue sur la côte de Iasi
Caractéristiques techniques

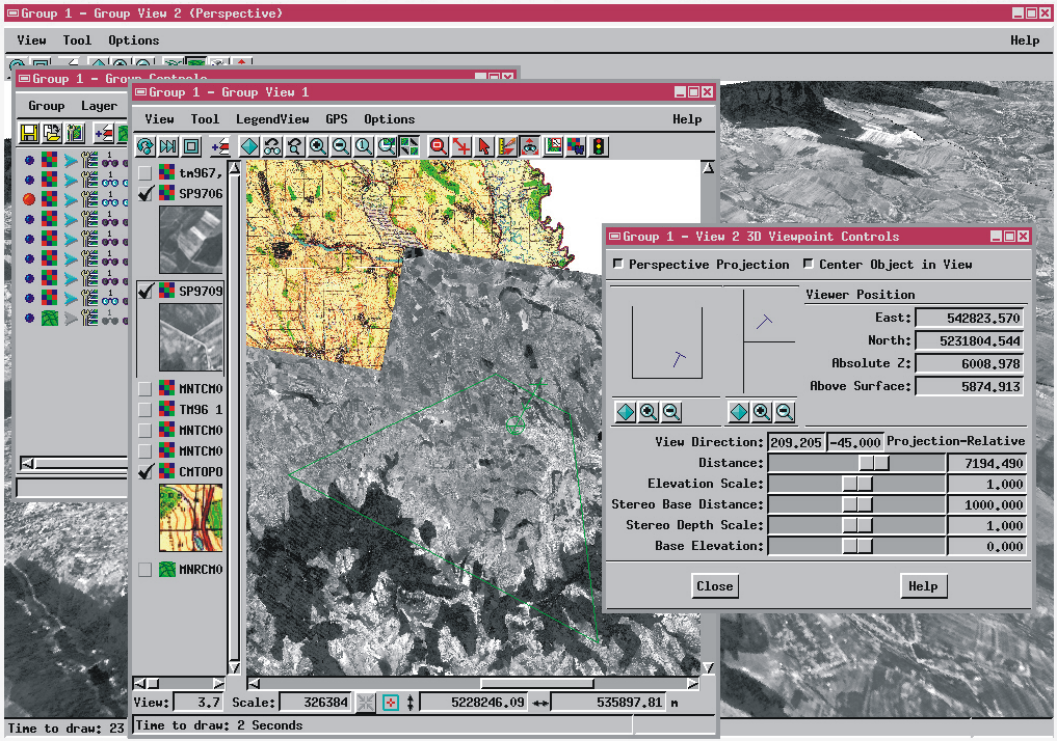
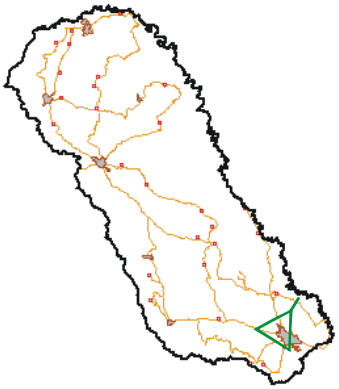


Figure 126

La Plaine de la Moldavie



Paysages virtuels : Vue sur la côte de Iasi

Vue 3D vers la côte de Iasi, obtenue après superposition des images : de la carte topographique 1:100.000 et de l'ombrage du relief, sur le modèle numérique du terrain dressé à partir des cartes topographiques roumaines aux échelles 1:50.000 et 1:100.000.

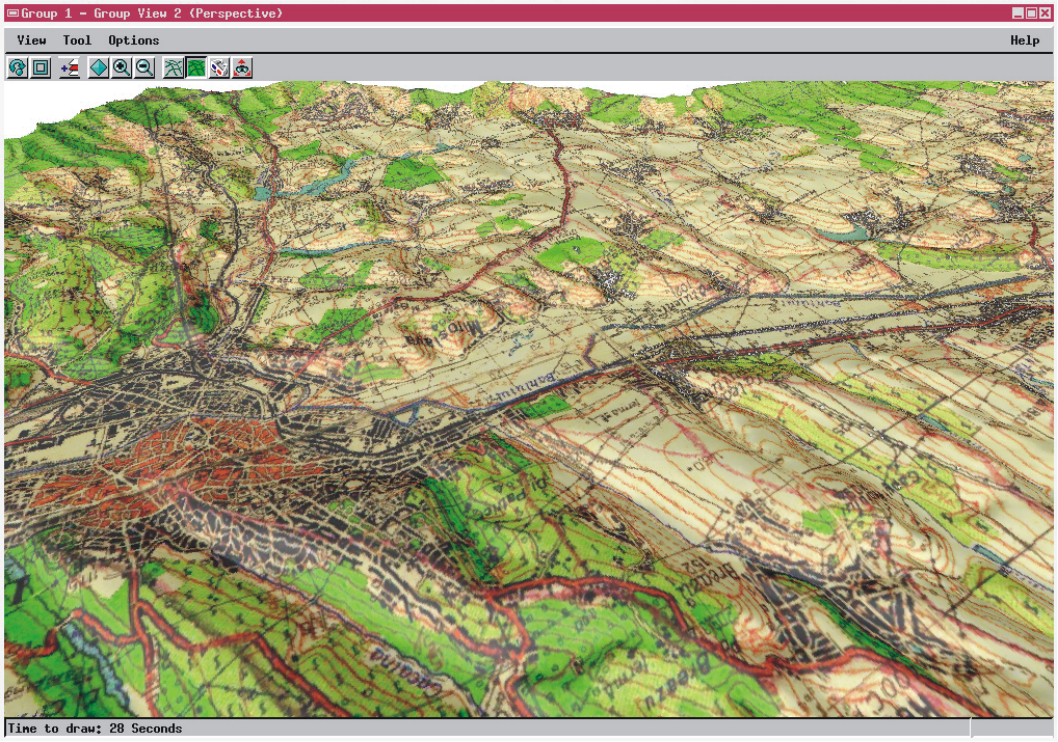
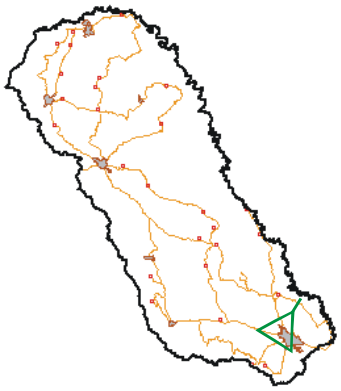


Figure 127

La Plaine de la Moldavie



Paysages virtuels : Vue sur la côte de Iasi

Vue 3D vers la côte de Iasi, obtenue après superposition des images : de la carte des altitudes absolues et de celle leur rythme, sur le modèle numérique du terrain dressé à partir des cartes topographiques roumaines aux échelles 1:50.000 et 1:100.000.

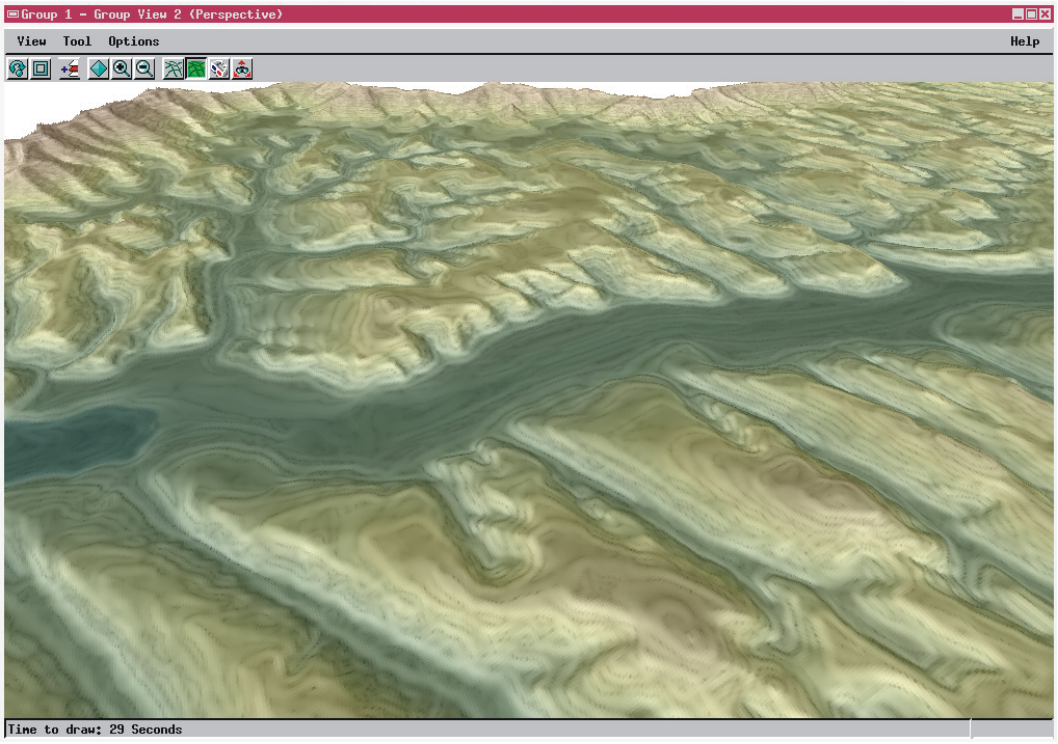
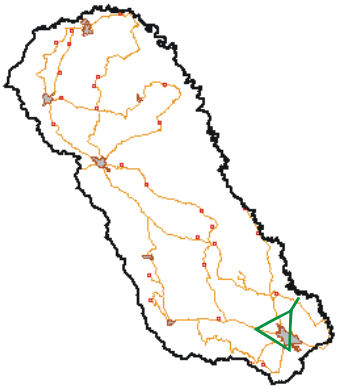


Figure 128

La Plaine de la Moldavie



Paysages virtuels : Vue sur la côte de Iasi

Vue 3D vers la côte de Iasi, obtenue après superposition de l'image SPOT panchromatique du 23 juin 1997 sur le modèle numérique du terrain dressé à partir des cartes topographiques roumaines aux échelles 1:50.000 et 1:100.000.

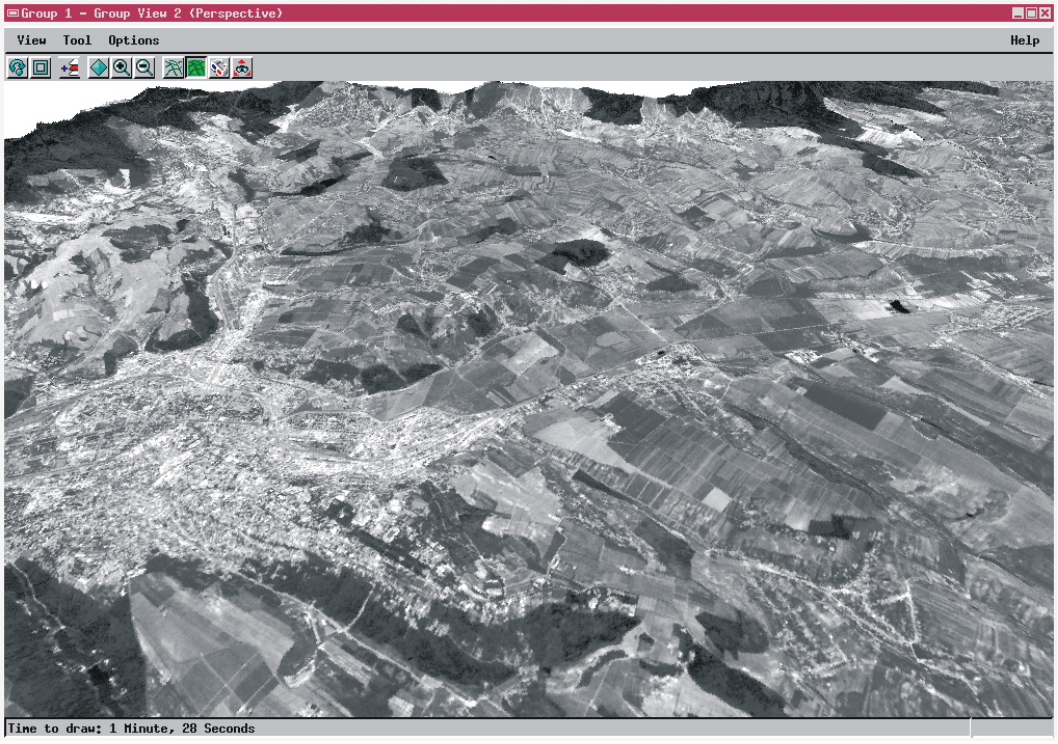


Figure 129

Toutes ces techniques nous pourrions les appeler d'analyse visuelle statique. Mais, d'un réel intérêt dans l'analyse des paysages, sont les animations 3D (que nous pourrions appeler techniques dynamiques d'analyse visuelle) bâties à partir des superpositions d'images-système précédement décrites.

En ce sens, nous avons créé plusieurs animations simulant un vol virtuel au-dessus de la Plaine de la Moldavie[86]. Ainsi, à l'écran de l'ordinateur se déroulent paraléllement et synchrones deux séquences video :

- soit une première séquence vidéo réalisée à partir de la superposition de la carte topographique échelle 1 :100.000 sur le MNT et une deuxième séquence bâtie sur la superposition d'une composition colorée sur le MNT ;
- soit une première séquence vidéo réalisée à partir de la superposition de la carte topographique échelle 1 :100.000 sur le MNT et une deuxième séquence bâtie sur la superposition d'une mosaïque d'images SPOT panchromatiques sur le MNT ;
- soit une première séquence vidéo réalisée à partir de la superposition d'une composition colorée sur le MNT et une deuxième séquence bâtie sur la superposition d'une mosaïque d'images SPOT panchromatiques sur le MNT etc.

Quelle que soit la combinaison testée, nous nous sommes rendus compte qu'il est nécéssaire d'imposer une exagération de l'échelle verticale du modèle numérique du terrain : ceci, pour éviter l'effet du vol à grande altitude qui « écrase » en grande partie la morphologie du terrain. Nous avons établi la valeur de l'exgération par des test successifs et les résultats nous les avons validé en montrant l'animation à des chercheurs géographes qui connaissent cette plaine collinaire : nous avons ainsi évité de fausser la réalité du terrain devant les personnes qui ne connaisent pas ce territoire, information très facile à fausser si nous avions imposé un trop fort coefficient d'exagération.

Une capture à l'écran réalisée durant le déroulement de ces animations prouve l'intérêt de ces techniques de visualisation du terrain et de ses composantes naturelles et anthropiques

[86] Hélas, le papier n'est pas capable de les rendre...

dans l'analyse complexe spatio-temporelle des paysages et des géosystèmes. Dans le cas de la fig. 130, qui est une capture à l'écran d'une de nos animations, il s'agit : d' une première séquence vidéo réalisée à partir de la superposition de la carte topographique échelle 1 :100.000, édition 1980-1982, sur le MNT, à gauche ; et une deuxième séquence bâtie sur la superposition d'une composition colorée BVR(357), image Ladsat TM5 du 2 juin 1996, sur le MNT, à droite de l'écran.

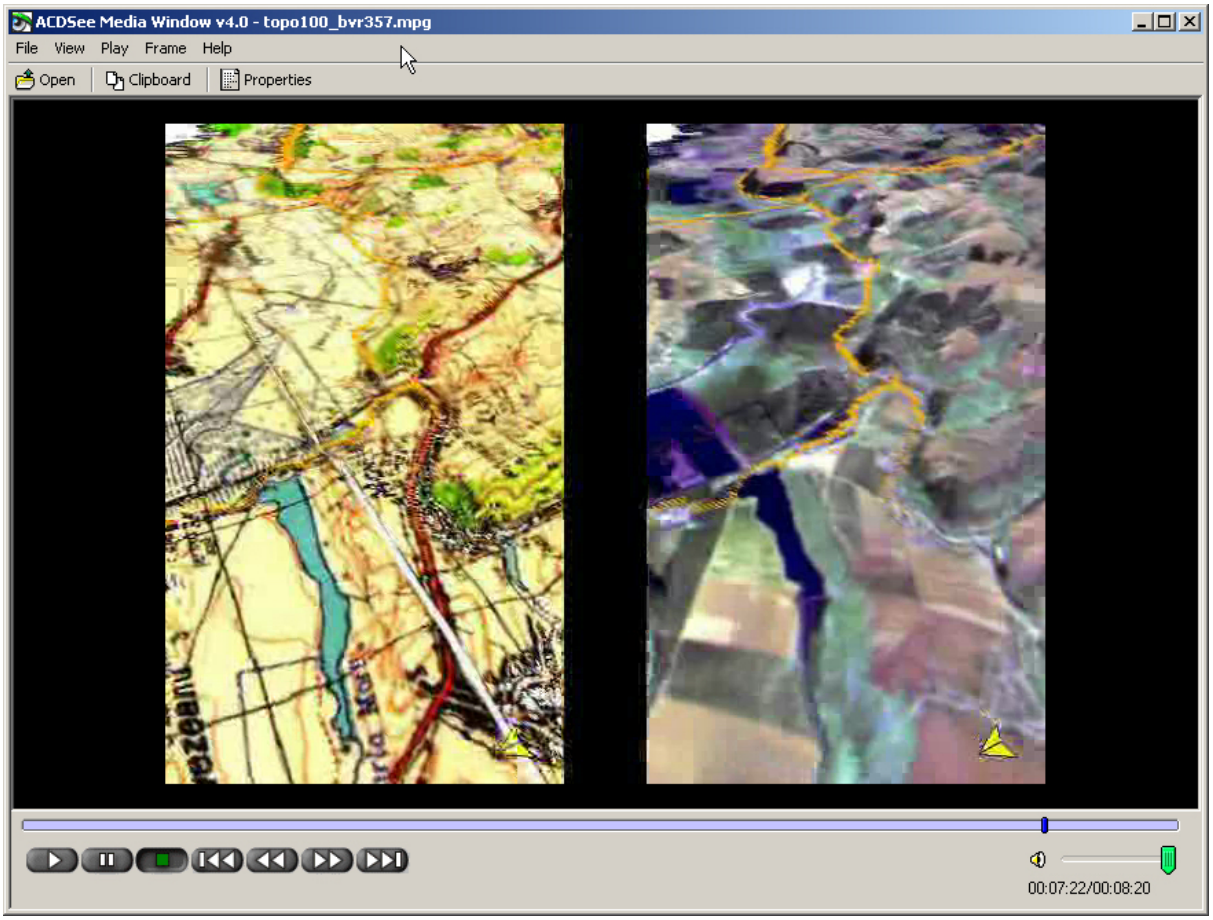


Figure 130

10.5 Conclusions et critiques

Effectivement, ce chapitre n'est qu'une esquisse sous forme de notice d'emploi pour le lecteur afin qu'il puisse reconstituer le paysage à travers les images insérées dans les chapitres précédents. Cette critique est le point positif du "chapitre" car il reprend la définition proposée pour le paysage dans le sous-chapitre *Analyse critique des définitions du paysage*.

La carte des paysages n'a pas été réalisée pour des raisons faciles à comprendre ou à deviner :

- le volume de travail qu'elle implique est imposant mais pas insurmontable : nous avons eu l'idée de cette méthodologie dans la phase terminale de la rédaction de la thèse ;
- les sources d'information doivent être cohérentes et fiables. Du point de vue de la fiabilité, les cartes roumaines sont perfectibles ;
- le manque de sources de données fiables (on pense surtout aux données concernant l'écoulement spécifique moyen multiannuel et l'occupation du sol) ;
- le manque, pure et simple, de strates que nous considérons importantes, tel qu'un indice de végétation moyen multiannuel faute d'images satellite multiples ;
- le manque d'homogénéité de nombreux documents cartographiques du point de vue de l'échelle et de la date de réalisation etc.
- elle nécessite un travail d'équipe pluridisciplinaire pour collecter l'ensemble des paramètres exigés.

Le deuxième point positif c'est la présentation des techniques de visualisation 3D du terrain et la « présentation » des animation, les deux se montrant très utile d'ans l'analyse du territoire étudié.

11 FINIR POUR RECOMMENCER : CONCLUSIONS

11.1 Peut-on parler de « La Plaine de la Moldavie » ?

Il ne reste plus qu'à reprendre et se mettre d'accord sur le nom attribué à ce territoire. Avant tout, il faut préciser que le nom le plus fréquemment utilisé est celui que nous avions déjà adopté dans cet ouvrage : la Plaine de la Moldavie. Pourtant, dans les références bibliographiques, nous rencontrons aussi les appellations suivantes : la Dépression du [bassin hydrologique du] Prut moyen (M.David, 1933) ; la Plaine Moldave (I.Simionescu, 1938, par comparaison avec la Plaine de la Transylvanie) ; la Plaine de la Moldavie (V.Tufescu, 1942) ; la Plaine de Jijia et la Dépression de Jijia (dans la monographie géographique de la Roumanie de 1960, en raison de la plus importante rivière qui traverse cette plaine).

Les caractères morphologiques de ce territoire répondent en grande partie aux différentes définitions de la plaine : la plus grande partie des altitudes absolues (environ 82 %) ne dépasse pas les 200 m ; la moyenne des altitudes absolues est d'environ 70 m à l'intérieur de la plaine (155 m entre les limites et suivant les calculs proposées par nous plus loin) tandis que les altitudes relatives maxima atteignent ou dépassent rarement 200 m ; la structure est monoclinale ; les plateaux interfluviaux, faiblement pentus (1-3 ‰). Par contre, sa surface, plus abaissée que celle des territoires environnants de 100 à 200 m, justifierait l'appellation de dépression. En même temps, il ne s'agit plus d'une plaine accumulative mais d'une plaine résultant d'une dénudation intense, de longue durée, dont l'acteur principal est le réseau hydrographique qui a sculpté une surface de plaine initiale, ce qui impose l'ajout de l'appellation « sculpturale ».

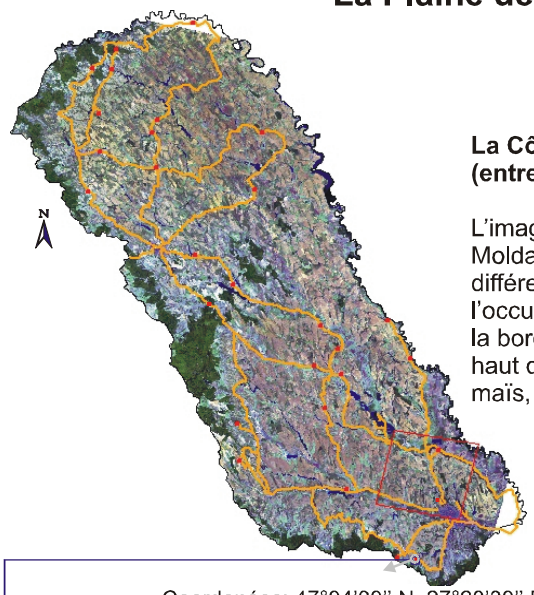
En fait, il y a d'autres éléments qui pourraient justifier soit l'appellation de plaine, soit celle de dépression. Si nous mettons la limite à la base des versants qui constituent la bordure qui

entoure le territoire, il faut alors parler d'une plaine (ce que nous avons fait d'ailleurs), tandis que si nous nous déplacions la limite vers la cime des collines bordières qui dominent le territoire au nord, à l'ouest et au sud, il faut parler de dépression. Si nous sommes loin à l'intérieur de ce territoire et si nous regardon autour, nous voyons un paysage de plaine proprement dite, si nous nous trouvons sur un des larges plateaux interfluviaux ou un paysage de collines dans d'autres endroits. Si, par contre, nous nous trouvons à proximité de la bordure, au sud par exemple, et nous regardons vers le Plateau Central de la Moldavie, nous avons l'impression d'une vraie dépression (presque en région montagneuse, tant les dénivelées sont fortes et peuvent encore être soulignées par des conditions atmosphériques particulières). Reste à décider de l'emplacement choisi et de ce que nous voulons voir... Enfin, cette discussion pourrait continuer car en Roumanie on trouve des unités nommées « plateau », avec des caractères physico-géographiques relativement similaires et qui ne s'appellent pas « plaine »…

Pour ce qui concerne le nom de plaine de "la Moldavie", ou de "Jijia – Bahlui", V.Băcăuanu (1968) a raison de souligner les faits suivants : dans le premier cas l'appellation n'est pas assez précise car la plaine continue au-delà d'une frontière d'Etat qui n'a rien à voir avec les réalités géographiques ou historiques ; dans le deuxième cas, la rivière de Bahlui étant un affluent de Jijia, il serait plus correct de dire "***la Plaine collinaire Jijia – Başeu***". Car, d'une part, nous mettons en évidence les principaux traits morphologiques du relief ; d'autre part, la localisation géographique est bien plus précise en raison du fait que la rivière de Başeu draine la moitié nord du territoire et se jette directement dans la rivière Prut.

En conclusion, si nous devons mettre en relief à tout pris les caractères physico-géographiques et donc la réalité scientifique, nous devrons changer le nom en **"*Plaine collinaire Jijia – Başeu*"** ou "***Plateforme collinaire Jijia – Başeu***" ; si nous devons nous plier à l'appellation la plus courante sur les cartes géographiques, nous devrions continuer à employer l'appellation de "Plaine de la Moldavie", voire celle de "Dépression Jijia – Başeu".

La Plaine de la Moldavie



La Côte Moldave et la Plaine de la Moldavie (entre Mînjeşti et Voineşti).

L'image montre: le contact entre la Plaine de la Moldavie et le Plateau Central de Moldavie ; les différences qui existent du point de vue de l'occupation du sol entre la plaine proprement dite et la bordure qui l'entoure; les forêts qui occupent le haut des côtes ; le stade végétatif des cultures de maïs, début juin 1994, au sud de la plaine.

Coordonées: 47°04'00'' N, 27°28'30'' E
Visée: 250° (W-SW)



Figure 131

11.2 Petite synthèse sur ce travail

Nous devrions pouvoir dire, après tous ces discussions, ces années, ces cartes et graphiques, ces critiques, ces descriptions et ces métaphores, que la ***Plaine collinaire Jijia-Başeu***, le paysage et ses paysages sont un chapitre clos. Car il n'en est rien.
Hier[87], nous espérions que cette thèse apporterait une synthèse de la plaine. Aujourd'hui nous constatons, avec une joie amère, qu'elle pourrait constituer tout juste un début pour des recherches et des synthèses ultérieures, espérons-le, plus claires et plus fructueuses.

Ce qui nous reste, personnellement, après ce travail, c'est une expérience professionnelle et de vie, la découverte d'un concept à mille visages et trois fois plus de méthodes d'étude, la découverte d'une partie de l'univers géographique et humain (français en particulier). Et quelques idées concernant le contenu et les méthodes pour une analyse du paysage.

D'abord, nous considérons que l'étude du paysage, pour les géographes, peut commencer par le relief mais sans s'y borner. Tout au moins, cette étude du paysage doit, dans tous les cas, prendre en compte cette composante, car elle représente au moins un point d'appui ferme. Nous considérons comme fondamentales certaines expressions graphiques du relief, pour rendre compte de l'aspect visuel du paysage. Il en est ainsi de l'altitude relative d'un point, de sa moyenne locale et de son écart local ou par rapport au voisinage. Ces écarts et la méthode qui les accompagnent sont utiles pour extraire, parmi une vaste population, les sites particuliers où cohabitent des individus ayant une personnalité opposée.

Au niveau topologique structurel, les cartes dynamiques de l'altitude relative sont l'équivalent du rythme du relief (du point de vue de leur apparence) et d'une première partition de l'espace en unités paysagères. Nous rejoignons ici les appellations de topons bradyrythmes et tachyrythmes proposées antérieurement, le tracé de limites et l'identification

[87] Hier, c'est à dire il y a dix ans... mais c'est juste un détail...

de zones homogènes (ensemble avec la méthode des rapports hiérarchiques spatiaux). Une fois cette partition primaire effectuée, il faudra absolument introduire le type d'occupation du sol (végétation naturelle ou culture, sol, habitat humain etc.). A partir de cet instant, nous pouvons parler d'une réelle partition paysagère dont le détail dépend essentiellement de la taille du maillage et de la précision des données d'habillage.

Au niveau fonctionnel, les mêmes cartes dynamiques indiquent non seulement les endroits caractérisés par un fort ou un faible échange de matière et/ou d'énergie (c'était déjà le cas avec les écarts), mais aussi l'intensité potentielle de ceux-ci. Pour nous, cette perspective revêt une importance particulière, car on considère que ce sont les endroits les plus productifs en termes d'information paysagère, et aussi les plus exposés aux changements, enfin ceux qui accrochent avant les autres la vue et l'esprit.

Au niveau général et local, topologique, fonctionnel et visuel, la synthèse des rapports hiérarchiques spatiaux, sous forme cartographique, nous permet de connaître la position de chaque point et le rôle qu'il joue aussi bien dans un contexte local que général.

Il faut souligner que les informations ci-dessus présentées peuvent être obtenues à partir d'une base documentaire réduite, avec un minimum de moyens techniques et dans un temps très court (lorsqu'on dispose de la méthode et quand on connaît les procédures à suivre...).

Le point de départ est la simple carte topographique et les courbes de niveau qui y figurent. A défaut de carte topographique, nous pouvons faire appel au modèle numérique du terrain dérivé d'un couple stéréoscopique d'images aériennes ou satellitales. Dans le premier cas, l'avantage principal réside dans les moyens techniques très réduits, car on peut arriver même en travaillant à la main avec du crayon et du papier (et c'est comme ça que nous avons commencé) et en vérifiant la méthode sur quelques zones test. Dans le deuxième cas, la contrainte "carte topo" disparaît, nous pouvons couvrir intégralement la Terre ou toute autre surface planétaire dans un temps très court mais... il nous faut, alors, des moyens astronomiques. Enfin, tout dépend du rapport prix / intérêt / temps disponible.

La segmentation de l'espace, dès le départ, en unités géométriques identiques en termes de taille et uniformément réparties assure la pérennité des documents et la possibilité de reprendre les mesures dans les études diachroniques. Ce découpage nous rend indépendants de la notion d'échelle : on peut les agrandir, les réduire selon le degré de précision recherché et de l'objectif à atteindre. De plus, par le fait de leur distribution spatiale uniforme, la transition d'un niveau d'échelle à un autre est très aisée par interpolation. En poussant plus loin, nous nous rendons compte que nous pouvons rejoindre les théories fractales, car les changements d'échelles nous conduisent aussi à des changements de structures et de formes.

Pour les analyses géomorphologiques ou d'aménagement du territoire, dresser les différentes cartes dynamiques permet d'extraire très vite les principales structures spatiales, et offre une base de départ en cartographie du terrain, en indiquant les principaux ensembles et types de processus auxquels on peut s'attendre. D'autant plus que l'aspect visuel d'un bon nombre de cartes (comme celle de la dynamique des altitudes ou les compositions cartographiques MNT plus rythme des altitudes) reproduit de très près l'aspect du modèle numérique du terrain. Ceci se traduit par un important gain de temps (et financier) dans la préparation des excursions de terrain, notamment.

La méthode d'analyse et de synthèse présentée ci-dessus peut s'appliquer pratiquement à toutes les autres composantes naturelles du géosystème, qu'elles soient visibles ou non, et on peut même envisager de l'étendre aux composantes anthropiques. La preuve de l'utilité de la méthode est apportée par les cartes dynamiques présentées au chapitre climatologie ou les tests de la méthode des rapports hiérarchiques spatiaux sur les images satellitales.

En dépit de la pauvreté d'une base de données, nous pouvons compter sur des résultats proches de ceux obtenus avec une information initiale plus développée. Cette affirmation mérite quelques explications : les enregistrements des postes pluviométriques, trop hétérogènes et trop éphémères ont été délibérément ignorés. La correction des températures suivant l'exposition des versants n'a pu être faite au moment où les cartes ont é dressées,

faute de MNT. Les cartes climatiques de *l'Atlas climatique de R.S.R*[88]. (1974-1979) n'ont pas été utilisées à cause de l'incompatibilité des échelles. D'une manière ou d'une autre, pour écarter tout préjugé dans le traitement et l'interprétation des données, les références ont été laissées de côté au départ, mais retrouvées au moment de la vérification des résultats. Ainsi, nous avons pu mettre en évidence un découpage nord-sud et est-ouest de la plaine et le fait que la morphologie du terrain joue un rôle important pour certains éléments climatiques, même si c'est une plaine.

A l'intérieur d'un territoire homogène (quelle est la signification d'un degré Celsius d'écart thermique sur 100 km de distance ?), la méthode dynamique arrive à révéler les limites du champ thermique et hydrique en dépit de valeurs infimes. Avec cette méthode le gain de temps nous semble énorme, pour atteindre ce but. Par exemple, lorsqu'on a sur papier les coordonnées des 7 stations et un jeu de données (disons les températures en janvier), produire un ensemble de 18 cartes (jeu complet) prend moins d'une heure. Pour un néophyte en informatique, il faut compter une journée de formation en plus. Automatisée, la production de 12000 cartes prend environ 2 heures. Pour notre compte, nous avons eu besoin de 2 ans pour développer la méthode, comprendre et automatiser les traitements. Et s'il ne s'agissait que de cela...

Enfin, la démarche délibérément choisie pour mener cette thèse à été de partir du discours sur les concepts et les méthodes avant de les appliquer sur le terrain. De ce point de vue, aussi bien au début qu'à la fin, le livre de G.Rougerie et N.Beroutchachvili (1991) nous est apparu comme un instrument remarquablement complet : débutant ou chercheur chevronné, chacun peut y trouver ce dont il a besoin sur le paysage et découvrir de nouveaux sujets de réflexion chaque fois qu'on le lit.

Durant la première campagne de terrain, et la plus importante, nous avons compté sur deux éléments : la carte topographique et un chercheur expert de la montagne, F.Roman (1994). Le but était de voir ce territoire comme si c'était pour la première fois et avec des points de vue aussi divers que possibles. Les autres sorties sont intervenues après le traitement des données,

[88] R.S.R. – République Socialiste de Roumanie, actuellement République de Roumanie

pour les vérifications directes, les principales avec I.Hârjoabă (1996), F.Roman (1996, 2003) et des spécialistes belges et roumains participants à l'Excursion pédologique du Service Pédologique de Belgique (2003). Enfin, les références on été consultées au retour pour savoir si les résultats confirmaient les acquis, en apportaient des nouveaux ou, tout simplement, étaient erronés. Tout ceci puisque, ayant tenté de mettre au point une méthode nouvelle de traitement de l'information géographique, il fallait aller sur le terrain sans préjugés et c'est ce que nous avons toujours essayé de faire.

Tous ces mots et ces aveux, pour convaincre du fait que l'essentiel ne se trouve pas toujours dans des montagnes de données mais souvent dans la méthode dont on dispose pour traiter quelques miettes. Pour montrer que la course à la puissance informatique est un avantage incontestable, mais aussi que le crayon et le papier n'appartiennent pas au passé. Pour souligner le fait que la réflexion sur l'ancien nous fait toujours découvrir du nouveau, et avancer.
Enfin, pour acquérir la confiance dans le fait que, même en sachant très peu, on peut apprendre beaucoup.

11.3 Je critique, j'apprécie, j'espère

Je critique un certain nombre d'aspects de mon propre travail. Ces critiques appartiennent en égale mesure à moi-même et à un grand nombre de personnes qui ont lu ce matériel avant sa présentation devant le jury. Tout en sachant que les critiques sont comme une thèse, sans fin,…

Je critique aussi un certain manque d'articulation entre les trois parties du travail. La troisième aurait mérité d'être plus développée. Souvent j'en ai eu l'impression d'effectuer un recueil de concepts et surtout de méthodes, plutôt qu'un ouvrage « tout rond ». Les raisons sont simples et se sont conjuguées : plusieurs refontes du matériel d'un point de vue structurel (5 en tout) ; coupure dans la communication ; travail sous la pression du temps,

d'une certaine part de la collectivité et des moyens techniques trop souvent impuissants ; arrêts et reprises trop nombreuses de la recherche. Solution ? Remise autour de la table de travail, avec ceux qui ont contribué d'une manière décisive à la forme actuelle du texte, refonte partielle et peaufinage en vue d'une éventuelle publication du mémoire. Une thèse c'est un travail d'équipe et les piliers de l'équipe doivent se retrouver sur la couverture.

Je critique aussi l'absence d'application de *tous* les concepts et méthodes proposées. Les raisons tiennent surtout à : l'absence de documents fiables, pertinents (je pense à la qualité des cartes et des données disponibles), mais aussi aux moyens techniques à mettre en œuvre dans les contextes socio-professionnel et personnel dans lesquels s'est déroulée cette recherche. Solution : s'offrir le temps pour réfléchir comment surmonter les obstacles qui tiennent aux documents ; s'offrir le temps et l'atmosphère pour travailler, bien focalisé, sur les applications qui manquent au terrain.

J'apprécie que la permanente remise en question des ce qu'on croyait « bon » dans la pensée et les textes des autres ouvre des perspectives et la possibilité d'avancer. C'est exactement ce que nous avons voulu faire : avec le passage en revue des définitions du paysage ; avec le développement, au moins au niveau esquisse, de nouveaux concepts pour l'analyse des paysages et du géosystème ; avec le développement de moyens méthodologiques et outils techniques pour analyser toujours ces deux… objets, modèles, concepts (?!)… géosystème et paysage ; avec la remise en question de la validité de cartes, données, appellations etc. considérées par trop de monde « sacro-saintes ».

Avec le recul, la méthode peut être améliorée et un schéma méthodologique peut synthétiser l'ensemble du travail et des perspectives possibles.

J'espère trouver la force, le temps et les conditions nécessaires pour découvrir et toucher le fond d'un sac sans fond comme, par exemple, une thèse…

A.-N.ROMAN

Focşani, 21 octobre 2003

Liste des tableaux

Tableau no. 1 : Approches taxo-chorologiques des complexes géographiques naturels.....41
Tableau no. 2 : Composition de termes nouveaux.....79
Tableau no. 3 : Echelle taxo-chorologique simple proposée pour l'analyse des géosystèmes et des paysages.....83
Tableau no. 4 : Echelle taxo-chorologique complexe proposée pour l'analyse des géosystèmes et des paysages.....83
Tableau no. 5 : Le format de tableau pour la saisie de données numériques 123
Tableau no. 6 : Types de zones (convergence ou divergence) par rapport à la valeur d'un paramètre d'état et de la dynamique 146
Tableau no. 7 : Principaux cycles de sédimentation et d'émersion dans la Plaine de la Moldavie 163
Tableau no. 8 : Résultats de l'histogramme sur la carte des rapports hiérarchiques spatiaux pour les altitudes relatives (résolution 500x500 m) dans la Plaine de la Moldavie 203
Tableau no. 9 : Températures moyennes mensuelles et annuelles dans la Plaine de Moldavie (source: M. Apetrei, 1996).....218
Tableau no. 10 : L'écoulement moyen (m^3/s et $l/s/km^2$) des principales rivières de la Plaine de la Moldavie (d'après M.Apetrei, 1997) 266
Tableau no. 11 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie entre 1769-1772 (d'après V.Băican, 1997).....305
Tableau no. 12 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie entre 1828-1829 (d'après V.Băican, 1997).....305
Tableau no. 13 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie en 1915 (d'après V.Băican, 1997) 306
Tableau no. 14 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie en 1975 (d'après V.Băican, 1997) 306

Tableau no. 15 : Répartition des forêts dans la Plaine de la Moldavie entre 1769-1975 (d'après V.Băican, 1997).....307
Tableau no. 16 : L'occupation du sol dans les départements de Iaşi et Botoşani - km² (d'après I.Muntele, 1997) 309
Tableau no. 17 : Regroupement des classes pour obtenir la carte de l'occupation du sol...339
Tableau no. 18 : Occupation du sol dans les départements de Iaşi et Botoşani en 1996 (source : Annuaire statistique de Roumanie, 1997).....342
Tableau no. 19 : Principales cultures agricoles dans les départements de Iaşi (IS) et Botoşani (BT) en 1996 (source : Annuaire statistique de Roumanie, 1997) 343
Tableau no. 20 : Les paysages de la Plaine de la Moldavie (d'après la légende du : Atlasul R.S.România, 1973) 353

Liste des figures

Figure 1 : Structure rédactionnelle de l'ouvrage *23*
Figure 2 : Structure méthodologique générale *24*
Figure 3 : Le « point » du lecteur : première partie, chapitre 1 ..... *25*
Figure 4 : La position géographique de la Roumanie et de la Plaine de la Moldavie en Europe *28*
Figure 5 : La Plaine de la Moldavie – carte générale (d'après Géostratégies, 1996, modifié) *29*
Figure 6 : Le « point » du lecteur : première partie, chapitre 2 ..... *34*
Figure 7 : Ecosystème et géosystème, selon S.Preobrajenski *43*
Figure 8 : Le contenu du paysage géographique selon I.Donisă (Source : I.Donisă, 1987) *44*
Figure 9 : Le contenu du sociogéosystème selon I.Donisă (Source : I.Donisă, 1987) *45*
Figure 10 : Complexe naturel territorial et géosystème dans la conception de l'école russe *48*
Figure 11 : Le paysage vu comme un « canal d'information » entre espaces abiotiques et biotique, d'après M.Phipps. *49*
Figure 12 Le modèle systémique "paysage", selon l'Ecole de Besançon. *51*
Figure 13 : Organigramme d'une méthode d'étude de paysage forestier utilisant la télédétection satellitaire. (Source : extrait de J.P.Amat et M.Hotyat, 1983) *57*
Figure 14 : Le « point » du lecteur : première partie, chapitre 3 ..... *72*
Figure 15 : Ecosystème, CNT et géosystème, selon N.Beroutchachvili (extrait de N.Beroutchachvili et J.L.Mathieu, 1977) *76*
Figure 16 : Emboîtement des niveaux de recherche et de connaissance, du méron au niveau planétaire *86*
Figure 17 : Le « point » du lecteur : deuxième partie, chapitre 4 ..... *93*
Figure 18 : Le « point » du lecteur : troisième partie *158*
Figure 19 : La Plaine de la Moldavie – carte géologique (extrait de V.Băcăuanu, 1968) *161*
Figure 20 ..... *168*

Figure 21.....181
Figure 22.....182
Figure 23.....184
Figure 24 : La Plaine de la Moldavie – la carte des altitudes absolues (extrait de V.Băcăuanu, 1968).....188
Figure 25: La Plaine de la Moldavie – la carte des altitudes moyennes (extrait de V.Băcăuanu, 1968).....189
Figure 26: La Plaine de la Moldavie – carte des altitudes relatives (extrait de V.Băcăuanu, 1968).....191
Figure 27.....194
Figure 28.....195
Figure 29.....197
Figure 30.....199
Figure 31.....200
Figure 32.....201
*Figure 33 : **Légende** : **P** – altitude relative, **L** – moyenne locale de l'altitude relative (fenêtre 3x3 pixels), **V** – altitude relative moyenne du voisinage, **G** – moyenne générale de l'altitude relative calculée pour l'ensemble du territoire.*.....205
Figure 34.....207
Figure 35.....208
Figure 36.....223
Figure 37.....224
Figure 38.....224
Figure 39.....225
Figure 40.....225
Figure 41.....226
Figure 42.....226
Figure 43.....227
Figure 44.....227
Figure 45.....228

Figure 46.....229
Figure 47.....230
Figure 48.....230
Figure 49.....231
Figure 50.....231
Figure 51.....232
Figure 52.....232
Figure 53.....233
Figure 54.....233
Figure 55.....234
Figure 56.....237
Figure 57.....238
Figure 58.....238
Figure 59.....239
Figure 60.....239
Figure 61.....240
Figure 62.....240
Figure 63.....241
Figure 64.....241
Figure 65.....242
Figure 66.....242
Figure 67.....243
Figure 68.....243
Figure 69.....244
Figure 70.....244
Figure 71.....245
Figure 72.....245
Figure 73.....246
Figure 74.....249
Figure 75.....250

Figure 76.....250
Figure 77.....251
Figure 78.....251
Figure 79.....252
Figure 80.....252
Figure 81.....253
Figure 82.....253
Figure 83.....254
Figure 84.....254
Figure 85.....255
Figure 86.....255
Figure 87.....256
Figure 88.....256
Figure 89.....257
Figure 90.....261
Figure 91.....270
Figure 92.....271
Figure 93.....272
Figure 94.....273
Figure 95.....274
Figure 96.....275
Figure 97.....276
Figure 98.....288
Figure 99.....289
Figure 100.....290
Figure 101.....291
Figure 102.....292
Figure 103.....311
Figure 104.....313
Figure 105.....314

Figure 106.....316
Figure 107.....320
Figure 108 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 1, Vert = canal 2 et Rouge = canal 3). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, resolution spatiale du pixel 30 m. 322
Figure 109 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 1, Vert = canal 3 et Rouge = canal 4). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, résolution spatiale du pixel 30 m 324
Figure 110 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 3, Vert = canal 4 et Rouge = canal 7). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, résolution spatiale du pixel 30 m 325
Figure 111 : Composition colorée réalisée à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi (Bleu = canal 3, Vert = canal 5 et Rouge = canal 7). Le réseau hydrographique et les toponymes sont extraits de la carte topographique 1 :100.000. Dimension de l'image : environ 18 km N-S et 20 km E-W, résolution spatiale du pixel 30 m 326
Figure 112 : Indice de végétation normalisé NDVI calculé à partir de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996, sur la zone de Iaşi : la bande rouge R = canal 3, la bande proche infrarouge PIR = canal 4,.....328
Figure 113.....330
Figure 114.....331
Figure 115.....332

Figure 116 : Classification non supervisée en 4 classes, par la méthode k-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).....334
Figure 117 : Classification non supervisée en 4 classes, par la méthode fuzzy c-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'image 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).....334
Figure 118 : Classification non supervisée en 20 classes, par la méthode k-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).....335
Figure 119 : Classification non supervisée en 20 classes, par la méthode fuzzy c-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m). 335
Figure 120 : Classification non supervisée en 40 classes, par la méthode k-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m).....336
Figure 121 : Classification non supervisée en 40 classes, par la méthode fuzzy c-means, sur les canaux 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 (extraction de l'image Landsat TM 5 du 2 juin 1996) sur la zone de Iaşi (taille approximative de l'extraction 361 km², résolution spatiale du pixel 30 m). 336
Figure 122.....337
Figure 123.....338
Figure 124.....342
Figure 125.....344
Figure 126.....357
Figure 127.....358
Figure 128.....359
Figure 129.....360
Figure 130.....362
Figure 131.....366

Bibliographie

AVERTISSEMENT

La bibliographie ci-dessous présentée a été rédigée, *autant que possible*, conformément aux normes ISO 690:1987 et ISO 690-2 (les Normes internationales ISO 690:1987 et ISO 690-2 ont été élaborées par le comité technique ISO/TC 46, sous-comité SC 9 qui élabore les Normes internationales relatives à l'identification et la description des documents), NF Z 44-005, et aux normes de l'Université Paris IV - Sorbonne. Ces normes peuvent être consultées sur Internet aux adresses :
http://www.nlc-bnc.ca/iso/tc46sc9/standard/690-1f.htm
http://www.paris4.sorbonne.fr/article.php3?id_article=813
http://www.iamm.fr/ress/docs/docu/norm_biblio.pdf

LISTE ALPHABETIQUE DES OUVRAGES CONSULTES :

ALLAIRE, G. (1973). L'analyse quantitative du paysage. *Espace géographique*, 1973, tome 2, nº 3, Paris, p. 241-242.

ALLAIRE, G., PHIPPS, M., STOUPY, M. (1973). Analyse écologique des structures de l'utilisation du sol. *Espace géographique*, 1973, tome 2, nº 3, Paris, p. 185-197.

AMAT, J.P. *et al.* (1984). Forêt et télédétection. In *Travaux Centre de Recherches Géogr. phys. Environnement*, 1984, Caen, p. 31-39.

AMAT, J.P., HOTYAT, M. (1984). Étude de couvert forestier par les images Landsat : bilan et évaluation sur la forêt domaniale de Fontainebleau. *Travaux Inst. Géogr. Reims*, 1984, nº 57-58, Reims, p. 103-135.

AMAT, J.P., HOTYAT, M. (1985). Paysages forestiers et télédétection. *Revue géographique de l'Est*, 1985, vol. 25, nº 4, Nancy, p. 379-383.

APETREI M. (1994). L'influence de la structure géologique sur la morphométrie des bassins hydrographiques. Applications au bassin du Bahlui. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1994, s. IIc, tom XXXVIII-XXXIX, 1992-1993, Iaşi : Universității, p. 71-80.

APETREI, M. (1987). La rhytmicité - caractéristique fondamentale de la fonctionnalité de l'environnement, *Lucr. Sem. Geogr. "Dimitrie Cantemir"*, 1986, nr. 6, Iaşi : Universității, p. 309-316.

APETREI, M. (1993). L'influence de la structure geologique sur la morphometrie des bassins hydrographiques. Application au bassin du Bahlui, *An. Şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, XXXVIII-XXXIX, 1992-1993, sect II-c, Geogr., Iaşi : Universității, p. 71-80.

APETREI, M. *et al.* (1990). Considerații privind unele proprietăți ale depozitelor de suprafață din sudul Cîmpiei Moldovei (zona Tansa-Belceşti), *Lucr. Sem. Geogr. "Dimitrie Cantemir"*, 1988, nr. 9, Iaşi : Universității, p. 231-239.

APPLETON, J. (1987). Évaluation des paysages : problèmes d'actualité. *Annales de Gembloux*, 1987, nº2, Gembloux, p. 123-132.

APPLETON, J. (1996). *The Experience of Landscape*. Éd. révisée. Londres : John Wiley and Sons. 300 p.

ARMAND, A.D. (1966). Les complexes naturels en tant que systèmes d'information auto-régulateurs. Trad. In *Soviet Geography*, 1969, vol. 10, nº 1, New York, p. 1-13.

ARMAND, A.D. (1971). Use of Theory of Information in Modelling Natural Systems. In *Topology of Geosystems – 71. Symposium international*, 1971, Irkoutsk : Inst. Géogr. Sibérie et Extrême-Orient, p. 59-63.

ARMAND, A.D. (1973). The Information-gradient Method in Geographical Regionalisation. *Izv. Akad. Nauk SSSR*, 1973, Moscou, nº 3, p. 104-114. Trad. In *Soviet Geography*, 1973, vol. 14, nº 10, New York, p. 613-624.

ARMAND, A.D. (1985). Processus d'auto-organisation et d'auto-régulation dans le paysage. In *Paysage et systéme*, 1985, Ottawa : Universitaires. p. 75-86.

ARMAND, D.L. (1964). The Geophysics of Landscape. *Izv. Akad. Nauk SSSR*, Moscou, nº 2, p. 12-23

ATANASIU I. (1940). Contributions à la géologie des pays Moldaves. 1940, Anal. Ins. Geol., Mem. şt., vol. XX, Bucureşti : Inst. Geol., p. 147-173.

ATANASIU I. (1945). Le sarmatien du plateau Moldave. Anal. Acad. Rom., tom III, nº XX, Bucureşti : Academiei. 36 p.

ATANASIU I. (1961). *Cutremurele de pământ din România. (Concluzii, sistematizări şi unele completări de E.Saulea)*. Bucureşti : Academiei. 196 p.

ATANASIU I., MACAROVICI N. (1950). Les sédiments miocènes de la partie septentrionale de la Moldavie - Départ. de Dorohoi, de Botoşani et de Iaşi. *Ann. Com. Géol.*, tom XXIII, Bucureşti : Inst. Geol., p. 49-52.

AVOCAT, Ch. (1982). Approche du paysage. *Revue de géographie de Lyon*, 1982, nº 4, Lyon, p. 332-342.

BĂCĂUANU V. (1958). Contribuții la studiul geomorfologic al Cîmpiei Moldovei (partea de sud). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, s. II, tom VI, nº 1, Iaşi : Universității, p. 175-184.

BĂCĂUANU V. (1961). Observații geomorfologice asupra văii Prutului dintre Rădăuți și Stînca Ştefăneşti. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1961, s. II, tom VII, nº 2, Iaşi : Universității, p. 433-442.

BĂCĂUANU V. (1964). Contribuții la studiul ochiurilor glodoase din Câmpia Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1964, s. IIb, XII, Iaşi : Universității, p. 129-135.

BĂCĂUANU V. (1964). Terasele din regiunea de confluență a văii Jijiei cu Prutul. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1964, s. IIb, XII, Iaşi : Universității, p. 129-135.

BĂCĂUANU V. (1967). Cercetări geomorfologice asupra Cîmpiei Moldovei (partea de sud). Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi, s. IIb, XII, Iaşi : Universității, p. 101-114.

BĂCĂUANU V. (1968). *Cîmpia Moldovei - studiu geomorfologic*. Bucureşti : Academiei. 221 p.

BĂCĂUANU V. (1968). Evoluția văilor din partea nord-estică a Podişului Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1968, s. IIb, XIV, Iaşi : Universității, p. 105-112.

BĂCĂUANU V. (1973). *Evoluția văilor din Podişul Moldovenesc*. In *Realizări în geografia României*. Bucureşti : Ştiințifică. 20 p.

BĂCĂUANU V. (1977). Processus et formes actuelles de relief dans le Plateau Moldave. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1977, s. IIc, XII, Iaşi : Universității, p. 65-74.

BĂCĂUANU V. (1983). Podişul Moldovei. In *Geografia României*. Cap. 10, Unităţile fizico-geografice, Vol. I, Bucureşti : Academiei. p. 629-633.

BĂCĂUANU V. (1984). Consideraţii geomorfologice asupra repartiţiei monolaterale alternative a teraselor fluviatile din Podişul Moldovei. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1983, nº 4, Iaşi : Universităţii, p. 21-27.

BĂCĂUANU V. (1986). Quelques considérations concernant les sous-unités géomorphologiques du Plateau Moldave. 1986, *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, s. IIb, XXXII, Iaşi : Universităţii, p. 45-52.

BĂCĂUANU V. (1988). *Geomorfologie*. Iaşi : Universităţii. 467 p.

BĂCĂUANU V. *et al.* (1958). Cîteva observaţii geomorfologice şi hidrologice asupra oraşului Dorohoi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, s. II, IV, 2, Iaşi : Universităţii, p. 463-470.

BĂCĂUANU V. *et al.* (1980). *Podişul Moldovei. Natură, om, economie*. Bucureşti : Ştiinţifică şi enciclopedică. 345 p.

BĂCĂUANU V., MARTINIUC C. (1966). Cercetări geomorfologice asupra teraselor din bazinul Bahluiului. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1966, s. IIc, XII, Iaşi : Universităţii, p. 147-156.

BĂCĂUANU V., PALADE L. (1963). Studiul alunecărilor de teren de la Coada Stîncii. *Lucr. şt. Inst. agr.*, 1963, Iaşi : Universităţii, p. 125-132.

BĂCĂUANU V., STĂNESCU I. (1976). Cîteva aspecte geomorfologice ce interesează sistematizarea comunei Belceşti din judeţul Iaşi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1976, s. IIc, XXII, Iaşi : Universităţii, p. 81-86.

BADEA L. *et al.* (1983). *Geografia României*. Vol. I, Bucureşti : Academiei. Cap. 3, Relieful, p. 64-194.

BĂICAN V. (1996). *Geografia Moldovei relflectată în documentele cartografice din secolul al XVIII-lea*. Bucureşti : Academiei. 200 p.

BAILLY *et al.* (1995). *Stratégies spatiales : comprendre et maîtriser l'espace*. Montpellier : Reclus. (Collection Alidade). 206 p.

BAILLY, A.S. (1974). La perception des paysages urbains. Essai méthodologique. *Espace géographique*, 1974, nº 3, Paris, p. 211-217.

BAILLY, A.S. (1985). Distances et espaces : vingt ans de géographie des représentations. *Espace géographique*, 1985, nº 3, Paris, p. 197-205.

BAILLY, A.S. *et al.* (1980). Les concepts du paysage : problématique et représentations. *Espace géographique*, 1980, nº 4, Paris, p. 277-286.

BĂNĂRESCU P. *et al.* (1983). *Geografia României*. Vol. I, Bucureşti : Academiei. Cap. 7, Fauna, p. 442-493.

BĂNĂRESCU P., BOŞCAIU N. (1973). *Biogeografie*. Bucureşti : Ştiinţifică. 302 p.

BARBU N. (1965). Interpretarea paleogeografică a profilului de la Malul Galben-Mitoc (Valea Prutului). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1965, s. IIb, XI, Iaşi : Universităţii, p. 205-208.

BARBU N. (1971). Poziţia pedogeografică a României. *Bul. Soc. şt. Geogr.*, 1971, tom I, vol. LXXI, Bucureşti : Inst. geogr., p. 163-166.

BARBU N. (1974). Raporturi pedogeomorfologice în Cîmpia Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1974, s. IIc, XX, Iaşi : Universităţii, p. 32-48.

BARBU N. (1985). Regionarea pedogeografică a Podişului Moldovenesc. *Stud. şi cercet.*, 1985, s. geogr., XXXII, Bucureşti : Societatea de Ştiinţe Geografice din România (SSGR), p. 25-32.

BARBU N. (1987). *Geografia solurilor României*. Iaşi : Centr. Multipl. Univ. "Al.I.Cuza". 230 p.

BARBU N. (coord.) (1987). *Geografia municipiului Iaşi*. Iaşi : Universităţii. 312 p.

BARBU N., BĂCĂUANU V. (1985). L'évolution du relief de la Moldavie sous l'action des processus de versant. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1985, s. IIb, XXXI, Iaşi : Universităţii, p. 63-66.

BARBU N., BRÎNDUŞ C. (1967). Solurile de pe teritoriul oraşului Iaşi şi a împrejurimilor sale. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1967, s. IIb, XIII, Iaşi : Universităţii, p. 171-174.

BARBU N., STĂNESCU I. (1977). Asupra alunecărilor de la Burla-Botoşani. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1977, s. IIb, XXIII, Iaşi : Universităţii, p. 125-130.

BARRETT, E.C., CURTIS, L.F. (1992). *Introduction to Environmental Remote Sensing*. Third edition. London : Chapman & Hall. 426 p.

BAWR F.G. (1781). *Carte de la Moldavie 1769-1772*, échelle 1:288.000. Amsterdam.(document photocopié).

BEAUDOU, A.G. *et al.* (1978). Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu naturel (Tropiques Humides). *(Séminaires de Paris, Montpellier et Abidjan). Travaux et Documents*, 1978, n° 91, Paris : ORSTOM, 143 p.

BEGUIN, F. (1995). *Le Paysage*. Paris : Flammarion (Collection Dominos). 124 p.

BEGUIN, H. (1979). *Méthodes d'analyse quantitative en géographie*. Paris : Litec. 252 p.

BELDIE AL *et al.* (1968). *Dicţionar etnobotanic cuprinzînd denumirile populare româneşti şi în alte limbi ale plantelor din România.* Bucureşti : Academiei. 320 p.

BEROUTCHACHVILI, N., BERTRAND, G. (1978). Le Géosystème ou « système territorial naturel ». *Revue géographique Pyrénées et du Sud-Oest.*, 1978, tome 49, nº 2, Toulouse, p. 167-180.

BEROUTCHACHVILI, N., MATHIEU, J.L. (1984). L'éthologie des géosystèmes. *Espace géographique*, 1984, nº 2, Paris, p. 73-84.

BEROUTCHACHVILI, N., RADVANYI, J. (1978). La structure verticale des géosystèmes. *Revue géographique Pyrénées et du Sud-Oest.*, 1978, tome 49, nº 2, Toulouse, p. 181-198.

BEROUTCHACHVILI, N., RICHARD, J.F. (1975). *Aspects modernes et aspects traditionnels dans la "Science du Paysage" en Union Soviétique*. 1975, Adiopodoumé et Paris : ORSTOM et Université de Paris VII, 11 p. (rapp. mult.)

BERQUE, A. (1984). Paysage-empreinte, paysage-matrice. Éléments de problématique pour une géographie culturelle. *Espace géographique*, 1984, nº 1, Paris, p. 169-181.

BERQUE, A. (1985). Représentation de la nature et aménagement du paysage. In *Actes* du Colloque *Les Représentations en actes*, 1985, Lescheraines : Inst. de Géogr. alpine, Univ. de Grenoble, p. 221-229.

BERQUE, A. (1995). *Les raisons du paysage. De la Chine antique aux environnements de synthèse*. Paris : Hazan. 190 p.

BERQUE, A. (dir.). (1994). *Cinq propositions pour une théorie du paysage*. Seyssel : Champ Vallon. (Pays/paysages). 122 p.

BERTRAND, G. (1968). Paysage et géographie physique globale. *Revue géographique Pyrénées et du Sud-Oest.*, 1968, tome 39, nº 3, Toulouse, p. 249-272.

BERTRAND, G. (1978). Le paysage entre la nature et la société. *Revue géographique Pyrénées et du Sud-Oest.*, 1978, tome 49, nº 2, Toulouse, p. 239-258.

BERTRAND, G., DOLLFUS, O. (1973). Le paysage et son concept. *Espace géographique*, 1973, nº 3, Paris, p. 161-163.

BISCHOF, H. *et al.* (1992). Multispectral classification of Landsat-images using neural networks. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1992, vol. 30, p. 482–490.

BLAJ C. (1959). Pădurile din R.P.Română. Evoluția suprafeței şi importanța economică. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1959, s. II, V, 2, Iaşi : Universității, p. 429-436.

BLANDIN, P., LAMOTTE, M. (1988). Recherche d'une entité écologique correspondant à l'étude des paysages : la notion d'écocomplexe. *Bulletin d'écologie*, 1988, Paris.

BLANDIN, P., LAMOTTE, M. (1990). Paysage-écologie. In *Encycolpædia Universalis*, 1990, Paris : Encycolpædia Universalis.

BOGDAN O. *et al.* (1983). *Geografia României*. Vol. I, Bucureşti : Academiei. Cap. 4, Clima, p. 195-292.

BOJOI I. (coord.). (1997). *Dinamica peisajului geografic din Câmpia Moldovei*. Iaşi : Universității. 256 p.

BOJOI I., APETREI M., VÂRLAN M. (1998). *Geomorfometria luncilor. Model de analiză în bazinul superior al Jijiei*. Bucureşti : Academiei. 260 p.

BOJOI I., IAȚU C., ROMAN N. (1992). Elemente geografice de fundamentare a eliminării excesului de umiditate din lunca rîului Jijia, sectorul Vlădeni-Cîrniceni. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1990, nr.10, Iaşi : Universității, p. 18-24.

BOJOI, I., VARLAN, M., APETREI, M. (1990). Aspecte ale morfodinamicii actale a şesului şi versanților limitrofi din sectorul inferior al văii Jijiei, *Lucr. Sem. Geogr. "Dimitrie Cantemir"*, 1988, nr.9, Iaşi : Universității, p. 29-40.

BONN, F. (éd). (1996). *Précis de télédétection*. Vol. 2 : Applications. Sillery : PUQ-AUPELF. 650 p.

BONN, F., ROCHON G. (1992). *Précis de télédétection*. Vol. 1 : Principes et méthodes. Sillery : PUQ/UREF. 508 p.

BORZA A. (1959). Cercetări fitocenologice asupra pădurilor basarabene. *Bul Grăd. Bot. Cluj*, 1959, vol. 17, nº 1-2, Cluj : Tipografia națională, p. 1-85.

BOTEZATU R. (1962). Măsurători magnetice regionale în Moldova de nord. *Dări de seamă Com. geol.*, 1955-1956, 43, Bucureşti : Inst. Geol., p. 68-75.

BOUCHOT, B. (1984). Principes et méthodes d'analyse visuelle des images Landsat en milieu forestier ardennais. *Travaux Inst. Géogr. Reims*, 1984, nº 57-58, Reims, p. 137-138.

BOUCHOT, B. (1990). Éléments pour une prospective paysagère. In *Paysages, Aménagement, Cadre de Vie. Mélanges jubiliaires G.Rougerie*, 1990, Paris : AFGP – Univ.Paris VII, p. 47-53.

BROSSARD, Th. (1985). Regards sur le paysage et sa production : objets produits et forces productrices ; la sensibilité fonctionnelle. *Revue géographique de l'Est*, 1985, nº 4, Nancy, p. 249-272.

BROSSARD, Th. *et al.* (1981). Des objets aux images. Analyse des flux du système « paysage visible ». *Cahiers géogr. Besançon*, 1981, nº 21, Besançon, p. 159-174.

BROSSARD, Th. *et al.* (1995). Pratique des systèmes d'information géographique et analyse des paysages. *Revue Internationale de Géomatique*, 1995, vol. 4, n° 3-4, p. 243-256.

BROSSARD, Th. *et al.* (1996). Paysage et sensibilité visuelle. *Séminaire "Corine Land Cover, France" : un nouvel outil au service de l'environnement et de la gestion de l'espace*. 12-13 déc. 1996, Paris : Ministère de l'Environnement, p. 47 (volume de résumés).

BROSSARD, Th. *et al.* (1997). Système d'information géographique et cartographie par carroyage. In *Colloque GEOPOINT*. 1997, Groupe Dupont, 6 p.

BROSSARD, Th., WIEBER, J.C. (1979). Structure des paysages et géographie zonale. *Annales Univ. Besançon*, 1979, Paris : Les Belles Lettres, p. 93-122.

BROSSARD, Th., WIEBER, J.C. (1980). Essais de formulation systémique d'un mode d'approche du paysage. *Bull. A.G.F.*, 1980, nº 468-469, Paris, p. 103-111.

BRUNET, P. (dir.). (1992). *L'atlas des paysages ruraux en France*. Paris : J.P. de Monza. 200 p.

BRUNET, R., Ferras, R., THERY, H. (1993). *Les mots de la géographie. Dictionnaire critique*. Paris : Reclus – La documentation française. 518 p.

BUCUR N. (1953). Caracterizare elementară a complexului pedologic din Depresiunea Jijia-Bahlui. *St. cerc. şt. Acad. Română, Fil. Iaşi*, 1953, IV, 1-4, Iaşi : Academiei, p. 14-19.

BUCUR N. (1954). Complexul de glimee din regiunea dealurilor şi colinelor Moldovei. *Natura*, 1954, nº 2, Bucureşti : SSGR, p. 16-19.

BUCUR N. (1960). Microrelieful de coşcove din partea de răsărit a ţării. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1960, s. II, IV, 2, Iaşi : : Universităţii, p. 32-38.

BUCUR N., BARBU N. (1954). Complexul agro-pedologic din podgoria de la sud de Iaşi. *Bul. şt. Acad. Română*, 1954, Sect. şt. bio., agr., geol. şi geogr., vol. VI, nº 4, Iaşi : Universităţii, p. 13-26.

BUCUR N., BARBU N. (1954). Complexul de condiţii fizico-geografice din coasta Dealului Mare-Hîrlău. *Probl. geogr.*, 1954, I, Bucureşti : Inst. geogr., p. 28-32.

BUCUR N., BARBU N. (1957). Complexul de condiţii naturale din coasta de tranziţie Mogoşeşti-Strunga. *An. Lucr. şt. Inst. agr.*, 1957, Iaşi : Inst. agron., p. 45-51.

BUCUR N., BARBU N. (1959). Contributions à l'étude des roches loessoïdes de la dépression Jijia et Bahlui. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1959, s. II, VII, 1, Iaşi : Universităţii, p. 149-164.

BUCUR N., BARBU N. (1961). Complexul fizico-geografic din regiunea masivelor deluroase Copălău-Cozancea-Guranda. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1961, s. II, VII, 1, Iaşi : Universităţii, p. 28-46.

BUITEN, H.J., CLEVERS, J.G.P.W. (éd.). (1993). *Land Observation by remote sensing : Theory and applications*. Current Topics in Remote Sensing, Vol. 3. Switzerland : Gordon and Breach Science Publishers. 642 p.

BURDUJA C. (1957). Material dendrologic şi observaţii geobotanice referitoare la pădurile din Moldova. *St. şi Cerc. şt. Acad. R.P.Române, Fil. Iaşi*, VIII, 1, Iaşi : Academiei, p. 87-109.

BURDUJA C. *et al.* (1956). Contribuţii la cunoaşterea pajiştilor naturale din Moldova sub aspect geobotanic şi agroproductiv. *St. şi Cerc. Acad. R.P.Roâmâne, Fil. Iaşi*, VII, 1, Iaşi : Academiei, p. 83-119.

BUREL, F., BAUDRY, J. (1999). *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Paris : Tec et Doc, 392 p.

BUTNARU V. (1961). Cercetări preliminare asupra solurilor din regiunea Belceşti-Şipote (Depr. Jijia-Bahlui). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, s. II (Şt.nat.), VII, 1, Iaşi : Universităţii, p. 167-180.

CĂLINESCU R. (coord.) (1969). *Biogeografia României*. Bucureşti : Academiei. 410 p.

CANTEMIR D. (1973). *Descrierea Moldovei*. 1716. (rééd.). Bucureşti : Academiei. 404 p.

CARON, C., ROCHE, S. (2001). vers une typologie des représentations spatiales. *Espace géographique*, 2001, tome 30, nº 3, Paris, p. 1-12.

CHATELIN, Y., RICHARD, J.F., LENEUF, N. (1982). Modèles verbaux et transdisciplinarité dans l'étude des sols et des paysages. – 1. Essais critique en fonction de l'analyse de système. *Cahiers ORSTOM*, série *Pédol.*, 1982, tome 19, nº 1, Paris, p. 51-63.

CHIFU T. (coord.) (1997). *Cercetări pentru cunoaşterea biodiversităţii în bazinul Prutului. Biodiversitatea din bazinul inferior al râului Jijia*. Contract de cercetare ştiinţifică nr. 7011/1997 (disponibil la Facultatea de Biologie, Universitatea « Al.I.cuza » Iaşi, România). 130 p.

CHIFU T. (coord.) (1998). *Cercetări pentru cunoaşterea biodiversităţii în bazinul Prutului. Biodiversitatea din bazinul superior al râului Jijia*. Contract de cercetare ştiinţifică nr. 15/1998, tema 40/1 (disponibil la Facultatea de Biologie, Universitatea « Al.I.cuza » Iaşi, România). 93 p.

CHIRIŢĂ C. (coord.). (1981). *Pădurile României. Studiu monografic*. Bucureşti : Academiei. 575 p.

CHIRIŢĂ C., PĂUNESCU C., TEACI D. (1967). *Solurile României*. Bucureşti : Agro-silvică. 184 p.

CLAVAL, P. (1974). *Éléments de géographie humaine*. Paris : M. Th. Génin. 412 p.

COBÂLCESCU GR. (1862). Calcariul de la Răpidea. *Rev. Română pentru sciințe, littere şi arte*, 1962, II, p. 686-699. (photocopie).

COBÂLCESCU GR. (1888). *Geografia fizică a Daciei Moderne* (manuscris). 1888, Jassy : Autografia şcolii de fii de militari. 170 p. (photocopie).

COBICHON, C. (1994). *L'information géographique : nouvelles technologies, nouvelles pratiques*. Paris : Hermes. 122 p.

COCQUEREZ, JP., PHILIPP, S. (2000). *Analyse d'images : filtrage et segmentation*. Paris : Masson. 457 p.

COLWELL, J. E., WEBER F.P. (1981). Forest change detection. *Proceedings 15th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Environment Research Institute of Michigan*, 1981, Ann Arbor, MI, p. 839–852.

CORNEA I *et al.* (1977). *Harta mişcărilor crustale verticale recente*, scara 1:1.000.000. Bucureşti : Inst. Geol. geod.

COTEȚ P. (1973). *Geomorfologia României*. Bucureşti : Tehnică. 146 p.

DANSEREAU, P. (1975). *Inscape and Landscape. The Human Perception of Environment*. New York – Londres : Columbia University Press. 118 p.

DAVID M. (1921). O schiță morfologică a Podişului sarmatic din Moldova. *Bul Soc. Rom. Geogr.*, 1920, XXXIX, Bucureşti : SRG, p. 51-52.

DAVID M. (1922). Cercetări geologice în Podişul Moldovenesc. *Anal. Inst. geol. Rom.*, IX, 1915-1921, Bucureşti : Inst. geol., 152 p. (thèse de doctorat).

DAVID M. (1923). Formes caractérisriques dans la morphologie du Plateau Moldave. *Ann. sc. Univ. Jassy*, 1923, XI, Iaşi : Université, p. 81-104.

DAVID M. (1933). *Lecțiuni de geografie fizică. Morfologia terestră - reliefuri*. Curs litografiat, Iaşi. 256 p.

DAVID M. (1941). Relieful Coastei Iaşilor şi problemele pe care le ridică sub raportul geomorfologic şi antropogeografic. *Lucr. Soc. Geogr. "D. Cantemir"*, 1941, III, Iaşi : Universității, 56 p.

DEFFONTAINES, J.P. (1986). Un point de vue d'agronome sur le paysage. In *Lecture du paysage*, Inst. Nat. Rech. et Applic. pédagogiques, 1986, Paris : Foucher.

DEFFONTAINES, J.P., PRIGENT, Ph. (1987). Lecture agronomique du paysage. *Mappemonde*, 1987, nº 4, Montpellier : Reclus, p. 34-37.

DEMEK, J. (1978). The Landscape as a Geosystem. *Geoforum*, 1978, vol. 9, nº 1, Oxford, New York, p. 29-34.

DESJARDINS, R., CAVAYAS, F. (1991). Possibilités et limites des images satellites TM LANDSAT en matière d'occupation du sol : le cas de Montréal (Québec), *Cahiers de Géographie du Québec*, 1991, vol. 35, no. 94, Québec, p. 137-151.

DIACONU C. *et al.* (1971). *Rîurile României. Monografie hidrologică*. Bucureşti : Inst. Meteo. Hidro. 752 p.

DOBRESCU C., BÎRCĂ C., LAZĂR M. (1958). Schiță floristică şi geobotanică a văii Ciric, cu referire specială la iazul şi pădurea Ciric-Iaşi. Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi, s. II, IV, 1, Iaşi, p. 109-142.

DOBRESCU C., EFTIMIE E., MITITELU D., PASCAL P. (1969). Aspecte floristice şi geobotanice cu privire la pădurea şi pajiştile de la Mîrzeşti-Iaşi. Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi, s. IIa, XV, Iaşi, p. 165-179.

DONISĂ I. (1977). *Bazele teoretice şi metodologice ale geografiei*. Bucureşti : Didactică şi Pedagogică. 200 p.

DONISĂ I. (1987). *Bazele teoretice şi metodologice ale geografiei*. Iaşi : Universității. 242 p.

DONISĂ I. *et al.* (1980). *Aerofotointerpretare geografică*. Bucureşti : Didactică şi Pedagogică. 196 p.

DONISĂ I. *et al.* (1996). Atlasul Geografic Informatizat al Moldovei. Vol. I : 45 p., Vol. II : 208 p. Document non publié disponible au Département de Géographie, Université « Al.I.Cuza » (Iaşi, Roumanie).

DONISĂ I., ERHAN E. (1974). *Curs de climatologie a R.S.România*. Iaşi : Centr. de Multip. Univ. "Al.I.Cuza". 195 p.

DONISĂ V, DONISĂ I. (1998). *Dicționar explicativ de teledetecție şi sisteme informaționale geografice*. Iaşi : Junimea. 434 p.

DONISĂ, I. *et al.* (1995). Întocmirea hărții densității rețelei hidrografice utilizînd pachetul de programe MIPS, *Lucr. Simp. "Sisteme informaționale geografice"*, 1993-1994, nr. 1-2, Iaşi, p. 29-35.

DONIȚĂ N., LEANDRU V., PUŞCARU-SOROCEANU E. (1960). *Harta geobotanică a R.P.Române*, scara 1:500.000. Bucureşti : Academiei.

DONIȚĂ N., PURCELEAN ŞT. (1975). *Pădurile de şleau din R.S.România şi gospodărirea lor*. Bucureşti : Ceres. 188 p.

DUBOIS, J.-M.M. *et al.* (dir.). (1997). *Télédétection des milieux urbains et périurbains*. AUPELF, Réseau Télédétection de l'AUPELF-UREF. Sherbrooke : AUPELF-UREF. 361 p.

DUCRUC, J.P. (1985). Le «système écologique » : un niveau privilégié du paysage. In *Paysage et Système*, 1985, Ottawa : Universitaire. p. 22-32.

DUMITRESCU R. *et al.* (1962). Mémoire de la carte tectonique de la Roumanie. *Ann. Com. Géol. Roum.*, 1962, XXXII, Bucureşti : Inst. Geol. Geod.

DUVERNOY, J., LEGER, J. (1980). Karhunen-Loeve analysis of multispectral data from landscapes. *Optics Communications*, 1980, vol. 32, nº 1, p. 39–44.

ENCULESCU P. (1923). Zonele de vegetație lemnoasă din România. Mem. Inst. Geol. Rom., I, Bucureşti : Cartea românească. 338 p.

ERHAN E. (1963). Observații microclimatice în zona oraşului Iaşi. Regimul temperaturii aerului. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1963, IX, Iaşi : Universității, p. 196-202.

ERHAN E. (1965). Contribuții la cunoaşterea regimului umezelii relative a aerului şi al precipitațiilor atmosferice în zona oraşului Iaşi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1965, s. IIb, XI, Iaşi : Universității, p. 197-202.

ERHAN E. (1967). Stratul de zăpadă la Iaşi în perioada 1921-1966 (cu referire specială la condițiile iernii din 1965-1966). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1967, s. IIb, XIII, Iaşi : Universității, p. 197-204.

ERHAN E. (1968). Dinamica atmosferei şi regimul vîntului în zona oraşului Iaşi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1968, s. IIb, XIV, Iaşi : Universității, p. 207-212.

ERHAN E. (1971). Diferențieri climatice în zona urbană şi periurbană a oraşului Iaşi. *Lucr. şt. geogr.*, 1971, Inst. Ped., Oradea : Inst. Ped, p. 85-94.

ERHAN E. (1979). *Clima şi microclimatele din zona oraşului Iaşi*. Iaşi : Junimea. 248 p.

ERHAN E. (1983). Fenomenul de secetă în Podişul Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1983, s. IIb, XXIX, Iaşi : Universității, p. 67-74.

ERHAN E. (1985). Date noi privind diferenţierile climatice între zona urbană şi periurbană a Iaşului. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1984, nº 5, Iaşi : Universităţii, p. 85-97.

ERHAN E. (1986). Fenomenul de grindină în Podişul Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1986, s. IIb, XXXII, Iaşi : Universităţii, p. 77-80.

ERHAN E. (1995). The thermal potential of the Moldavian Plain. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1992-1993, s. IIc, XXXVIII-XXXIX, Iaşi : Universităţii, p. 93-108.

ERHAN E. (1995). The wind regime an dits local particularities in the Moldavian Plain. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1992-1993, s. IIc, XXXVIII-XXXIX, Iaşi : Universităţii, p. 109-118.

FILLERON, J.C., RICHARD, J.F. (1974). Recherches sur les paysages subsoudanais. Les géosystèmes de la région d'Odienne. *Annales Univ. Abidjan*, 1974, vol. IV, p. 103-168.

FLOREA N. *et al.* (1983). *Geografia României*. Vol. I, Bucureşti : Academiei. Cap. 8, Solurile, p. 494-547.

FLORESCU M. *et al.* (1981). *Cibernetica*. Bucureşti : Academiei. 372 p.

FORMAN, R.T.T., GODRON, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York : John Wiley. 619 p.

FRIEDL, M.A., BRODLEY, C.E., (1997). Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 1997, nº 61, p. 399–409.

FROLOVA, M. (2000). Le paysage des géographes russes : l'évolution du regard géographique entre le XIX^{e} et le XX^{e} siècle. *Revue européenne de géographie*, nº 143, 18 p.

FURY, R., JOLY, D. (1997). Introduction de données thermiques dans les SIG. *Informatique pour l'environnement, Première Conférence Européenne sur les Technologies de l'Information pour l'Environnement*, septembre 1997, Strasbourg, p. 698-707.

GADAL, S., GILG, JP. (2000). Geographic didactical approach in remote sensing and sampling techniques. From satellite imagery to the territorial model. In *2nd European GIS Education Proceedings*, Markus B. (éd.). Budapest : UniGIS Publications.

GÂŞTESCU P. (1971). *Lacurile din România. Limnologie regională*. Bucureşti : Academiei. 372 p.

GÂŞTESCU P. *et al.* (1983). *Geografia României*. Vol. I, Bucureşti : Academiei. Cap. 5, Apele, p. 293-387.

GEROYANNIS H., SIMON L. (1997). Télédétection et reconnaisance des structures paysagères : mise au point méthodologique. *Photo-interprétation*, 1997, nº 1-2, p. 35-40.

GHEORGHIU GH. GR. (1915). Contribuțiuni la climatologia Iaşilor. Temperatura Iernii la Iaşi. *Anal. Acad. Rom.*, 1915, II, XXXVII, Bucureşti : Academiei, p. 37-38.

GHEORGHIU GH. GR. (1924). Contribuțiuni la climatologia Iaşilor. Umezeala, precipitațiile atmosferice, presiunea atmosferică şi vîntul în timpul iernilor la Iaşi. *Mem. Sect. şt. Acad. Rom.*, 1924, s. III, t. II, Bucureşti : Academiei. 4 p.

GHERASIMOV, I.P *et al.* (1979). Soviet Physical and Biological Geography. *Geoforum*, 1979, vol. 10, nº 3, Oxford, New York, p. 261-265.

GIBSON, P.J., POWER, C.H. (2000). *Introductory remote sensing : digital image processing and applications*. London : Routledge. 249 p. + CD-Rom.

GIRARD, MC., GIRARD, CM. (1999). *Traitement des données de télédétection*. Paris : Dunod. 526 p.

GOPAL, S. WOODCOCK, C.E. (1996). Remote sensing of forest change using artificial neural networks. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1996, vol. 34, p. 1-7.

GOULD, P., WHITE, R. (1986). *Mental Maps*. 2e éd. Harmondsworth: Penguin. 172 p.

GOUROU, P. (1973). *Pour une géographie humaine*. Paris : Flammarion. 388 p.

GUGIUMAN I. (1956). Inundațiile Bahluiului şi pericolul lor pentru dezvoltarea spațială a oraşului Iaşi. *Probl. geogr.*, 1956, III, Bucureşti : Academiei, p. 169-181.

GUGIUMAN I., DAVIDESCU G. (1965). Evolution de la température de l'air à Jassy pendant la période de 70 ans (1894-1963). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1965, s. IIb, XI, Iaşi : Universității, p. 192-196.

GUGIUMAN I., ERHAN E. (1960). Regimul precipitațiilor atmosferice la Iaşi în perioada 1921-1955. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, s. II, VI, 1, Iaşi : Universității, p. 211-222.

GUGIUMAN I., PETRESCU S. (1958). Contributions à la connaisance du climat de la ville de Jassy (Roumanie). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, IV, Iaşi : Universităţii, p. 1-16.

HAASE, G. (1976). The Chorical Structure of the Natural Landscape. In *Actes du XXIII^e Congrès UGI.* 1976, Moscou. p. 14-18.

HAASE, G., RICHTER, H. (1983). Curent Trends in Lanscape Research. *Geo Journal*, 1983, vol. 7, nº 2, Wiesbaden, p. 107-120.

HANSEN, M. *et al.* (1996). Classification trees: An alternative to traditional land cover classifiers. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, vol. 17, p. 1075–1081.

HARA, Y. *et al.* (1994). Application of neural networks to radar image classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 32, p. 100–111.

HÂRJOABĂ I. (1968). Relieful Colinelor Tutovei. Bucureşti : Academiei. 156 p.

HÂRJOABĂ I. (1977). Le problème des platesformes d'érosion dans le Plateau de la Moldavie. *Travaux du Département de Géographie*, 1977, Université Nationale du Zaïre, Lubumbashi. 14 p.

HEPITES ŞT. (1903). *Culegere de extrase privind climatologia diferitelor regiuni din ţară*. Bucureşti : Inst. Arte « Gr.Göbl. ». 460 p.

HOTYAT M. (1990-1997). Documents inédits.

HOTYAT M., GALOCHET M., LIÈGE F. (1999). Structure et dynamique des îlots boisés : intérêt de l'étude multicapteurs et de l'analyse diachronique. L'exemple du Gâtinais. In *Paysages agraires et environnement*, Wicherek S. (éd.), Paris : CNRS, p. 357-370.

HOTYAT, M. (1980). Application de deux types de traitement aux images Landsat de la forêt de Fénétrange (Moselle, France). In *Recherches géographiques en France*, XXIV^e Congrès UGI, Tokyo, 1980, Paris : Comité nat. Français de géographie, p. 110-115.

HOTYAT, M. (1988). Dynamique et cartographie des formations végétales. In *Actes* du Colloque *Biogographie, environnement, aménagement*, Paris : CNRS.

HOTYAT, M. (1988). Forêt, pixels. Quels paysages ? In *Actes* de la Table Ronde PIREN-CNRS « Quadrature du Paysage », Toulouse.

IAȚU C. (1992). Regimul precipitațiilor atmosferice în Valea Jijiei. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir", nr.10/1990*, Iaşi : Universității, p. 57-64.

IONESI L. (1985). Alcătuirea şi evoluția geologică a județului Iaşi. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1984, nº 5, Iaşi : Universității, p. 32-41.

IONESI L. (1994). *Geologia unităților de platformă şi a orogenului nord-dobrogean*. Bucureşti : Tehnică. 279 p.

IONESI L., BĂCĂUANU V. (1985). The Hudeşti conglomerates and their paleogeographical significance. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1985, s. IIb, XXXI, Iaşi Iaşi : Universității, p. 59-62.

ISACHENKO, A.G. (1972). [Géotopologie et étude du paysage]. Trad. française : Centre de Documentation et Cartographie géographique CNRS. *Izv. Vses. Geogr. Obščestva*, nº 3, Moscou, p. 161-173.

ISACHENKO, A.G. (1986). Integration and Differenciation in Modern Geography. Trad. In *Soviet Geography*, 1986, nº 9, New York, p. 1-13.

JOLY, D., FURY, R. (1997). Modélisations à grande échelle de la variation spatiale des températures. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol. 9, p. 219-227.

KRAUKLIS, A.A. (1984). Geosystems Dynamics on Landscape Maps. In *Geography in Siberia*, 1984, Irkoutsk : Inst. Géogr. Sibérie et Extrême-Orient, p. 19-29.

LACOSTE, Y. (1977). A quoi sert le paysage ? *Hérodote*, 1977, nº 7, Paris, p. 3-41.

LACOSTE, Y. (1987). Paysages en action. *Hérodote*, 1987, nº 44, Paris, p. 3-7.

LAMBIN, E. F., EHRLICH, D. (1996). The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, vol. 17, nº 3, p. 463–487.

Le FLOCH, S. (1996). Bilan des définitions et méthodes d'évaluation des paysages. *Revue Ingénieries - EAT* , mars 1996, n°5, p. 23-31.

LEHRER A., LEHRER M. (1990). *Cartografierea faunei şi florei României (coordonate arealografice)*. Bucureşti : Ceres. 293 p.

LIZET, B., RAVIGNAN, F. de (1987). *Comprendre un paysage. Guide pratique de recherches.* Paris : INRA. 147 p.

LUPAŞCU, Gh. *et al.* (1989). Some Geographical Research on the Influence of Irrigations on the Soil within Tansa-Belceşti Perimeter (South of Moldavian Plain), *An. Şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*,1989, t. XXXV, sect. II-b, Geol.-Geogr., Iaşi : Universității, p. 69-74.

MACAROVICI N. (1946). Asupra hidrogeologiei împrejurimilor oraşului Iaşi. *Studii*, 1946, III, Bucureşti : Academiei, p. 14-20.

MACAROVICI N., JEANRENAUD P. (1958). Revue générale du Néogène de la plateforme de la Moldavie. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, s. II, IV, 2, Iaşi : Universității, p. 423-450.

MĂRGĂRINT C. (1999). Considerații asupra proceselor şi stării actuale de degradare a terenurilor din lungul văii Prutului. In *Colaborarea trans-frontalieră Moldova – România*, Chişinău, p. 29-45.

MARTINIUC C. (1954). Pantele diluviale. Contribuții la studiul degradărilor de teren. Probl geogr., I, Bucureşti : Academiei, p. 217-226.

MARTINIUC C., BĂCĂUANU V. (1959). Harta geomorfologică a oraşului Iaşi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1959, s. II, V, 1, Iaşi : Universității. 8 p.

MARTINIUC C., BĂCĂUANU V. (1961). Geomorfologia teritoriului G.A.C. Dumeşti (reg. Iaşi) şi a împrjurimilor sale. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1961, s. II, VII, 1, Iaşi : Universității, p. 181-192.

MARTINIUC C., BĂCĂUANU V. (1962). Contribuții la studiul geomorfologic al regiunii Cotnari. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1962, s. II, VII, 1, Iaşi : Universității, p. 33-44.

MARTINIUC C., BĂCĂUANU V., DUMITRAŞCU M. (1956). Cîteva observații geomorfologice asupra bazinului rîului Ciric din Cîmpia Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1956, s. II, II, 2, Iaşi : Universității. 14 p.

MARTINIUC C., BARBU N. (1958). Cîteva observații geomorfologice asupra terasei inferioare a Miletinului de la Şipote (C. Jijijei). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, s. II, IV, 1, Iaşi : Universității, p. 243-246.

MARTINIUC C., GHEORGHIU E. (1976). O structură periglaciară la Vlădeni - județul Iaşi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1976, s. IIb, XXII, Iaşi : Universității, p. 87-89.

MARTINIUC C., UNGUREANU AL. (1970). Județul Iaşi. Caracterizare geografică. *Terra*, nº 1, Bucureşti : SSGR, p. 41-50.

MIHAI GH. (1967). Cîteva aspecte privind flora şi vegetaţia acvatică şi palustră din Bazinul inferior al Başeului. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1967, 1, Iaşi : Universităţii, p. 153-166.

MIHAI GH. (1969). Cercetări asupra vegetaţiei halofite din Bazinul Başeului. *Stud. Comunic*., 1969, Bacău : Muz. şt. Nat., p. 129-140.

MIHAI GH. (1970). Cercetări asupra vegetaţiei lemnoase din silvostepa bazinului Başeului (jud. Botoşani). *Stud. Comunic*., 1970, Bacău : Muz. şt. Nat., p. 137-142.

MIHAI GH. (1970). Cercetări asupra vegetaţiei ruderale din Bazinul Başeului. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1970, 1, Iaşi : Universităţii, p. 133-146.

MIHAI GH. (1971). Cercetări asupra pajiştilor de luncă din Bazinul Başeului (jud. Botoşani). *Stud. Comunic*., 1971, 2, nº 1, Muz. Jud., Suceava, p. 127-140.

MIHAI GH. (1971). Vegetaţia lemnoasă din zona forestieră a Bazinului Başeu (jud. Botoşani). Stud. *Comunic*., 1971, Bacău : Muz. şt. Nat., p. 699-722.

MIHAI GH. (1971). Vegetaţia palustră din Bazinul Başeului. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1971, XVII, 1, Iaşi : Universităţii : p. 217-224.

MIHAI GH., SÎRBU I. (1978). Cercetări asupra vegetaţiei din pădurea Gurada (I). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1978, XXIV, IIa, 24, Universităţii : p. 7-9.

MIHAI GH., SÎRBU I. (1979). Cercetări asupra vegetaţiei din pădurea Gurada (II). *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1979, XXV, IIa, 25, Universităţii : p. 13-16.

MIHĂILESCU V. (1922). Cîteva observaţii asupra formelor de teren din partea nordică a Podişului Moldovei. *Rev. Moldovei*, II, p. 7-8.

MIHĂILESCU V. (1930). Podişul înalt din vestul Botoşanilor. Regiunile Dealu Mare şi Mîndreşti. Bul. Soc. Rom. Geogr., XLVIII, 1929, Bucureşti : SSGR, p. 49-50.

MIHĂILESCU V. (1936). *România (geografie fizică)*. Bucureşti : Academiei. 282 p.

MIHĂILESCU V. (1966). *Dealurile şi cîmpiile României*. Bucureşti : Ştiinţifică. 352 p.

MIHĂILESCU V. (1969). *Geografia fizică a României*. Bucureşti : Ştiinţifică. 320 p.

MÎNDRU C. (1958). Cîteva date zoogeografice referitoare la unele păsări în Moldova. *St. Cerc. Acad. Rom.*, Fil. Iaşi, 1958, IX, 1, Iaşi : Academiei, p. 97-103

MITITELU D., BARABAŞ N. (1975). Vegetaţia din Lunca Prutului. *Stud. Comunic*., 1975, Bacău : Muz. şt. Nat., p. 219-283.

MITITELU D., CHIFU T. (1995). Flora şi vegetaţia judeţului Botoşani. *Stud. şi Comunic*., 1980-1993, Compl. Muz. şt. Nat. "I.Borcea", Bacău, p. 109-126.

MITITELU D., VIŢĂLARIU GH. (1967). Caracterul florei şi vegetaţiei împrejurimilor oraşului Iaşi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, s. IIa, XIII, Iaşi : Universităţii, p. 131-135.

MITITELU *et al.* (1995). Flora şi vegetaţia judeţului Iaşi. *Bul. Grăd. Bot. Iaşi*, 1995, Iaşi : Universităţii, p. 99-124.

MOROŞAN N. (1938). *Le Pléistocène et le Paléolithique de la Roumanie de NE*. Bucureşti : Imprimeria Naţională. 160 p.

MOŢOC M. (1963). *Eroziunea solului pe terenurile agricole şi combaterea ei*. Bucureşti : Agro-silvică. 320 p.

MUTIHAC V., IONESI L. (1974). *Geologia României*. Bucureşti : Tehnică. 648 p.

NĂSTASE GH. (1937). "Centum monticuli" (Suta de movile). Contribuţie la studiul geografiei fizice şi umane a alunecărilor de teren din bazinul Prutului mijlociu. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1937, nº 1, Iaşi : Brawo. 72 p. (extrait).

NĂSTASE GH. (1946). Valea Prutului. *Rev. Geogr*., II, 1-4, Bucureşti : Academiei, p. 53-56.

NAVEH, Z., LIEBERMAN, A.S. (1984). *Landscape Ecology. Theory and Application*. 2e éd. New York : Springer-Verlag Telos. 356 p.

NIMIGEANU V. (1985). *Câmpia Moldovei – studiu geografico-economic*. Iaşi : Universităţii.

OBREJA AL. (1957). Observaţiuni geomorfologice asupra teraselor Jijiei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1957, s. II, III, 1-2, Iaşi : Universităţii, p. 411-422.

OBREJA AL. (1958). Morfohidrografia şesului Jijiei dintre Larga şi Vlădeni. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, s. II, IV, 1, Iaşi : Universităţii, p. 489-494.

OBREJA AL. (1961). Cîteva profile cuaternare în terasa înaltă a Jijiei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, s. II, VII, 2, Iaşi : Universităţii, p. 397-400.

PANTAZICĂ M. (1958). Regionarea hidrologică a bazinului rîului Bahlui. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1958, s. II, IV, 1, Iaşi : Universităţii, p..

PANTAZICĂ M. (1966). Contribuţii la studiul hidrologic al rîurilor din partea de nord-est a Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1966, s. IIb, XII, Iaşi : Universităţii, p..

PANTAZICĂ M. (1969). Caracterizarea hidrochimică a rîurilor din nord-estul Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1969, s. IIc, XV, Iaşi : Universităţii, p..

PANTAZICĂ M. (1971). Scurgerea minimă pe rîurile din nord-estul Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1971, XVII, Iaşi : Universităţii, p..

PANTAZICĂ M. (1974). *Hidrografia Cîmpiei Moldovei*. Iaşi : Junimea. 320 p.

PANTAZICĂ M., SCHRAM M. (1967). Contribuţii la cunoaşterea hidrologică a rîului Miletin. *Hidrobiologia*, nº 8, Bucureşti : Tehnică.

PANTAZICĂ M., SCHRAM M. (1983). Analiza unor indici de calitate a apei rîurilor dintre Siret şi Prut. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1982, nº 3, Iaşi : Universităţii, p. 105-109.

PÂNZARIU, L., APETREI, M. (1996). La variation dans l'espace et dans le temps des précipitations de la Plaine de la Moldavie, *An. Şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, t. XL-XLI, 1994-1995, sect II-c, Geogr., Iaşi : Universităţii, p. 123-130.

PAPP C. *et al.* (1940). Contribuţii la cunoaşterea vegetaţiei de la Stînca Ştefăneşti, Botoşani. *Lucr. Soc. Geogr. "D.Cantemir", Univ "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1940, III, Iaşi : Brawo, 34 p.

PAŞCOVSCHI S., DONIŢĂ N. (1967). *Vegetaţia lemnoasă din silvostepa României*. Bucureşti : Academiei. 294 p.

PAŞCOVSCHI S., LEANDRU V. (1958). *Tipuri de pădure din R.P.Română*. Bucureşti : Agro-silvică. 312 p.

PHIPPS, M. (1981). Information Theory and Landscape Analysis. In *Perspectives in Landscape Ecology*, 1981, Wageningen : Pudoc, p. 57-64.

PHIPPS, M. (1985). Théorie de l'information et problématique du paysage. *Paysage et systéme*, 1985, Ottawa : Universitaires. p. 59-74.

PINCHEMEL, Ph. *et al.* (1987). Lire les paysages. *Documentation Photographique*, 1987, nº 6088, Paris : La Documentation française.

PINCHEMEL, Ph., PINCHEMEL, G. (1988). *La face de la Terre*. Paris : Armand Collin (Coll. « U »). Chapitre 12, p. 288-298, Chapitre 15, p. 373-390.

PÎRVU C. (1980). *Ecosistemele din România*. Bucureşti : Ceres. 303 p.

PITTE, J.R. (1990). Paysages et géographie. In *Encycolpædia Universalis*, 1990, Paris : Encycolpædia Universalis.

POPOVA-CUCU A. *et al.* (1983). *Geografia României*. Vol. I, Bucureşti : Academiei. Cap. 6, Flora şi vegetaţia, p. 288-441.

POSEA GR., BADEA AL. (1980). *Republica Socialistă România. Harta geomorfologică*, scara 1:400.000. Bucureşti : Didactică şi pedagogică.

POSEA GR., POPESCU N., IELENICZ M. (1974). *Relieful României*. Bucureşti : Ştiinţifică. 484 p.

PREOBRAJENSKI, V.S. (1983). Geosystems as an Object of Landscape Study. . *Geo Journal*, 1983, vol. 7, nº 2, Wiesbaden, p. 131-134.

PREOBRAJENSKI, V.S. (1984). Trends in the Evolution of Graphic Models of Geosystems. *Geoforum*, 1984, nº 1, Oxford, New York, p. 83-88.

RACINE, J.B. (1972). La notion de paysage géographique dans la géographie française. *The Canadian Geographer*, 1972, nº 2, Ottawa, p. 149-164.

RĂVĂRUŢ M. (1941). Flore et végétation du district de Jassy. *Annales Scientifiques de l'Université de Jassy*. Iaşi : Universităţii. 41 p.

RĂVĂRUŢ M. *et al.* (1956). Contribuţiuni la studiul păşunilor şi fînețelor din Depresiunea Jijiei şi a Başeului şi dealurile Copălău-Cozancea. *Stud. Cercet. şt. Acad. Română*, Fil. Iaşi, 2, Iaşi : Academiei, p. 93-132.

RICHARD, J.F. (1975). Paysage, écosystème et environnement, une approche géographique. *Espace géographique*, 1975, nº 2, Paris, p. 81-92.

RICHARD, J.F. (1978). La constitution d'un schéma intégrateur transdisciplinaire. In *Recherche d'un langage pour l'étude du milieu naturel (Tropiques humides)*. Paris : ORSTOM. p. 55-72.

RICHARD, J.F. (1985). La science du paysage ; relations, dépendances et autonomies. *Revue géographique de l'Est*, 1985, nº 4, Nancy, p. 347-353.

RICHARD, J.F. (1990). Milieux, paysages et cadre de vie. Question de vocabulaire. In *Paysages, Aménagement, Cadre de Vie. Mélanges jubiliaires G.Rougerie*, 1990, Paris : AFGP – Univ.Paris VII, p. 55-63.

RICHARD, J.F., BEROUTCHACHVILI, N. (1996). Towards the development of an information system on the landscapes of the world. *Cahier des Sciences Humaines de l'ORSTOM*, vol. 32, n°4, p. 823-842.

RICHARD, J.F., BEROUTCHACHVILI, N. (1996). Vers l'élaboration d'un système d'information sur les paysages du monde. *Cahiers des Sciences Humaines de l'Orstom*, 1996, vol.32, n° 4, Paris : ORSTOM, p. 823-842.

RICHARD, J.F., KAHN, F., CHATELIN, Y. (1978). Vocabulaire pour l'étude du milieu naturel (Tropiques humides). *Cahiers ORSTOM*, série *Pédol.*, 1982, tome 10, nº 1, Paris, p. 43-62.

RICHLING, A. (1983). Subject of Study in Complex Physical Geography (Landscape Geography). *Geo Journal*, 1983, vol. 7, nº 2, Wiesbaden, p. 185-187.

RICK IUL. (1931). Cercetări geografice şi antropogeografice în depresiunea Jijiei. *Bul. Soc. Rom. Geogr.*, 1931, nº 1, Bucureşti : SSGR. 36 p.

RIOU, G. (1986). Les représentations de la nature : sur les chemins des parallèles de l'esthétique et de la connaissance. In *Milieux et paysages*, Paris : Masson. p. 123-138.

RIOU, G. (1988). Réflexions sur une géographie du paysage. In *Actes* de la Table Ronde PIREN-CNRS « Quadrature du Paysage », Toulouse.

RIOU, G. (1990). Du grain de sable au paysage, du cristal au géon. In *Paysages, Aménagement, Cadre de Vie. Mélanges jubiliaires G.Rougerie*, 1990, Paris : AFGP – Univ.Paris VII, p. 33-45.

ROBIN, M. (1995). *La télédétection. Des satellites aux systèmes d'information géographiques*. Paris : Nathan. (Collection « fac. », série « géographie »). 318 p.

ROCHEFORT R. (1974). La perception des paysages. *Espace géographique*, 1974, nº 3, Paris, p. 205-209.

ROCHEFORT, R. (1978). Le Concept de paysage. In *Actes* du Colloque *Géopoint*, 1988, Avignon, p. 243-250.

ROGER A. (dir.). (1999). *La théorie du paysage en France*. (rééd.) Seyssel : Champ Vallon. 464 p.

ROMAN A.N. (1991). Contribuţii la cunoaşterea caracteristicilor cantitative ale reliefului, cu aplicaţii la zona Vrancea. Lucrare de licenţă în geografie : Universitatea « Al.I.Cuza » (Iaşi, România). 28 p.

ROMAN A.N. (1995). Harta altitudinilor relative din Cîmpia Moldovei : probleme de întocmire şi elemente derivate utilizate în analiza componenetelor naturale ale geosistemului. Comunicare la Lucrările seminarului geografic « Dimitrie Cantemir » Iaşi (România), 24-26 octombrie 1995. Document nepublicat disponibil la Departamentul de Geografie, Universitatea « Al.I.Cuza », (Iaşi).

ROMAN A.N. (1995). Méthode d'analyse du rythme de la variation spatiale des composantes primaires du géosystème-l'indicateur d'évaluation et possibilités de représentation graphique. In *"Analele ştiinţifice ale Universităţii "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1995, Tom XXXVIII-XXXIX, s.II.c. Geografie, 1992-1993.

ROMAN A.N. (1995). Nouveaux indicateurs pour l'analyse des caractéristiques du relief-le degré de concentration du réseau de drainage, l'indice de fragmentation transversale des versants et l'indice de flexionnement du relief. In *Analele ştiinţifice ale Universităţii "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1995, Tom XXXVIII-XXXIX, s.II.c. Geografie, 1992-1993.

ROMAN A.N. (1996). Aprecieri referitoare la definiţiile peisajului. Comunicare la Lucrările seminarului geografic « Dimitrie Cantemir » Iaşi (România), 24-26 octombrie 1996. Document nepublicat disponibil la Departamentul de Geografie, Universitatea « Al.I.Cuza », (Iaşi).

ROMAN A.N. (1997). Dinamică şi ritm spaţial în cadrul geosistemului. Studiu de caz : altitudinea relativă din Cîmpia Moldovei. Comunicare la Lucrările seminarului geografic « D.Cantemir » Iaşi (România), 24-26 octombrie 1997. Document nepublicat disponibil la Departamentul de Geografie, Universitatea « Al.I.Cuza », (Iaşi).

ROMAN A.N., APETREI M. (1997). Metode de prelucrare a hărţilor numerice pentru evaluarea zonelor cu risc erozional. Comunicare la "Simpozionul de sisteme informaţionale geografice" Iaşi (România), 1-2 noiembrie 1997. Document

nepublicat disponibil la Departamentul de Geografie, Universitatea « Al.I.Cuza », (Iaşi).

ROMAN A.N., APETREI M. (1997). Metode de prelucrare a hărților numerice pentru stabilirea limitelor climatice. Comunicare la "Simpozionul de sisteme informaționale geografice" Iaşi (România), 1-2 noiembrie 1997. Document nepublicat disponibil la Departamentul de Geografie, Universitatea « Al.I.Cuza », (Iaşi).

ROŞU AL. (1973). *Geografia fizică a României*. Bucureşti : Didactică şi pedagogică. 484 p.

ROUGERIE, G. (1973). Le paysage vu sous l'angle de sa dynamique. *Espace géographique*, 1973, nº 3, Paris, p. 163-164.

ROUGERIE, G. (1985). Le dessus ou le dedans ? (approches paysagères). *Revue géographique de l'Est*, 1985, nº 4, Nancy, p. 355-363.

ROUGERIE, G., BEROUTCHACHVILI, N. (1991). *Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes*. Paris : Armand Colin (Coll. « U », Géographie). 302 p.

SĂNDULACHE A., SFICLEA V. (1970). *Cartografie-Topografie*. Ed. a II-a. Bucureşti : Didactică şi pedagogică. 464 p.

SANGUIN, A.L. (1981). La géographie humaniste ou l'approche phénoménologique des lieux, des paysages et des espaces. *Annales de Géographie*, 1981, nº 501, Paris, p. 560-587.

SAUER, C.O. (1925). The Morphology of Landscape. *Publications in Geography*, 1925, nº 2, Berkeley : University, p. 19-53.

SAUTTER, G. (1979). Le paysage comme connivence. *Hérodote*, 1979, nº 16, Paris, p. 40-67.

SCHRAM M. (1968). Cîteva aspecte privind bilaţul hidrologic al lacurilor din Cîmpia Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1968, s. IIb, XIV, Iaşi : Universităţii, p. 151-162.

SCHRAM M. (1969). Regimul de îngheţ al lacurilor din Cîmpia Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1969, s. IIb, XIV, Iaşi : Universităţii, p. 19-30.

SCHRAM M. *et al.* (1970). Contribuţii la studiul sedimentelor depuse în lacurile din Cîmpia Moldovei. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1970, s. IIc, XVI, Iaşi : Universităţii, p. 53-64.

SCHRAM M., PANTAZICĂ M. (1963). Observaţii hidrologice în bazinul rîului Sitna. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1963, s. IIb, IX, Iaşi : Universităţii, p. 109-116.

SCHRAM M., PANTAZICĂ M. (1978). Contribuţii la studiul geohidromorfologic al teritoriului comunei Şipote-judeţul Iaşi în sprijinul sistematizării. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1978, s. IIb, XXIV, Iaşi : Universităţii, p. 87-96.

SCHRAM M., PANTAZICĂ M., MARTINIUC C. (1977). Aspecte hidrogeologice din zona municipiului Iaşi şi împrejurimi. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, s. IIb, XXIII, Iaşi : Universităţii, p. 107-113.

SIMIONESCU I. (1902). Contituţia geologică a ţărmului Prutului din nordul Moldovei. Acad. Română, 1902, *Publ. Fond. "V.Adamachi"*, VII, Bucureşti : Academiei, p. 27-28.

SIMIONESCU I. (1903). Contribuţiuni la geologia Moldovei dintre Siret şi Prut. Acad. Română, 1903, *Publ. Fond. "V.Adamachi"*, IX, Bucureşti : Academiei. 16 p.

SIMIONESCU I. (1920). Sur la présence des cendres andésitiques à la base du Sarmatien de Dorohoi. *Bull. Sec. Sci. Acad. Roum.*, VI, (1919-1920), Bucureşti : Academiei, p. 68-71.

SIMIONESCU I. (1938). *Ţara noastră. Natură, oameni, muncă*. Ed. a II-a. Bucureşti : Academiei. 513 p.

SÎRCU I. (1971). *Geografia fizică a R.S.România*. Bucureşti : Didactică şi pedagogică. 444 p.

SOCHAVA, V.B. (1971). Topological Aspects in the Study of Geosystems. In *Topology of Geosystems – 71. Symposium international*, 1971, Irkoutsk : Inst. Géogr. Sibérie et Extrême-Orient, p. 9-15.

TEODOREANU-NICULESCU S.L. (2002). Approche géographique de la dynamique des paysages du plateau de Fălticeni (Roumanie) par la télédétection. Thèse de doctorat : Université Paris IV – Sorbonne. 399 p.

TRICART, J. (1979). Paysage et écologie. *Revue géomorphol. dynam.*, 1979, nº 3, Paris, p. 81-85.

TRICART, J. (1985). Paysage et télédétection. In *Paysage et systéme*, 1985, Ottawa : Universitaires. p. 113-123.

TUFESCU V. (1934). Observări asupra limitei de vest a Depresiunii Jijiei. *Bul Soc. Rom. Geogr.*, 1934, LIII, Bucureşti : SSGR. 30 p.

TUFESCU V. (1935). Inundațiile Bahluiului. *Rev. "V.Adamachi"*, 1935, XXI, 2-3. Iaşi : Universității. 7 p.

TUFESCU V. (1937). Dealu Mare-Hîrlău - observări asupra reliefului şi aşezărilor omeneşti. *Bul. Soc. Rom. Geogr.*, LVII, Bucureşti : SSGR, p. 174-176.

TUFESCU V. (1937). Observations géologiques sur les Collines de Hîrlău (Moldavie). *Ann. Sci. Univ. Jassy*, 1937, XXIV, Iaşi : Universității, p. 107-134.

TUFESCU V. (1940). Fundamentul Podişului Moldovenesc. *Rev. Geogr. Rom.*, 1940, III, 1, Bucureşti : Academiei. 34 p.

TUFESCU V. (1942). Asupra numirii de "Cîmpia Moldovei". *Bul. Soc. Rom. Geogr.*, 1942, LIX, Bucureşti : SSGR. 6 p.

TUFESCU V. (1966). *Modelarea naturală a reliefului şi eroziunea accelerată*. Bucureşti : Academiei. 620 p.

TUFESCU V. (1974). *România - om, natură, economie*. Bucureşti : Academiei. 532 p.

TUFESCU V. (1977). *Județul Botoşani*. Bucureşti : Academiei. 157 p.

TURNER, M. G. *et al.* (1989). Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, nº 3, p. 153–162.

UJVARI I. (1959). *Hidrografia R.P.R*. Bucureşti : Ştiințifică. 288 p.

UJVARI I. (1972). *Geografia apelor României*. Bucureşti : Ştiințifică. 592 p.

UJVARI I. (1979). *Geoecologie, sisteme şi modele în geografie*. Vol. I. Cluj : Universității. 207 p.

UNGUREANU AL. (1993). *Geografia podişurilor şi cîmpiilor României*. Iaşi : Universității. 245 p.

UNGUREANU I. (1978). *Hărți geomorfologice*. Iaşi : Junimea. 188 p.

UNGUREANU I. (1980). L'Evolution de la notion d'environnement dans la géographie roumaine. *Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi*, 1980, s. IIb, XXVI, Iaşi : Universității, p. 89-96.

UNGUREANU I. (1982). Quelques aspects géographiques de la protection de l'environnement dans le Plateau Moldave. Anal. şt. Univ. "Al.I.Cuza" Iaşi, s. IIb, XXVIII, Iaşi : Universității.

UNGUREANU I. (1988). *Cartare, cartografiere şi elemente de analiză geomorfologică*. Iaşi : Universității. 107 p.

UNGUREANU I., NIMIGEANU V. (1987). Aspecte actuale ale organizării spațiului geografic în Dealul Mare – Hârlău. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1986, nº 7 Iaşi : Universității, p. 193-203.

UNGUREANU I., NIMIGEANU V. (1988). Perspectiva organizării spațiului geografic în podgoria Cotnari. *Lucr. sem. geogr. "D.Cantemir"*, 1987, nº 8, Iaşi : Universității, p. 193-203.

VÂRLAN, M., APETREI, M., LUPAŞCU, Gh. (1995). Rural enterprise and the geomorphic impact in the Central Moldavian Tableland. In "*Rural Change in Romania*", Univ. of Leicester, Occasional Paper, 33, Leicester, p.71-77.

WIEBER, J.C. (1980). Établissement d'un modèle régional de classification des paysages. *Bull. A.G.F.*, 1980, nº 468-469, Paris, p. 115-129.

WIEBER, J.C. (1981). Étude du paysage et (ou) analyse écologique. *Travaux Inst. Géogr. Reims*, 1981, nº 45-46, Reims, p. 13-21.

WIEBER, J.C. (1984). Le paysage visible, objet géographique. *Courrier du CNRS*, 1984, nº 57, Paris, p. 5-8.

WIEBER, J.C. (1985). Le paysage visible, un concept nécessaire. In *Paysage et Système*, 1985, Ottawa : Universitaire. p. 167-178.

WIEBER, J.C. (1987). Le paysage. Questions pour un bilan. *Bull. A.G.F.*, 1987, nº 2, Paris, p. 146-155.

WIEBER, J.C. (1990). La forêt dans le paysage. In *Paysages, Aménagement, Cadre de Vie. Mélanges jubiliaires G.Rougerie*, 1990, Paris : AFGP – Univ.Paris VII, p. 109-120.

WOODCOCK, C. E. *et al.* (1994). Mapping forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model. *Remote Sensing of Environment*, 1994, nº 50, p. 240–254.

WOODCOCK, C. E., STRAHLER, A.H. (1987). The factor of scale in remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, nº 21, p. 311–332.

YOSHIDA, T., OMATU, S. (1994). Neural network approach to land cover mapping. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, nº 32, p. 1103–1110.

ZĂVOIANU I. (1978). *Morfometria bazinelor hidrografice*. Bucureşti : Academiei. 176 p.

OUVRAGES COLLECTIFS :

*** *Atlasul Moldovei*. (1894). (scara 1:50.000). Bucureşti : Marele Stat Major.

*** *Anuarul hidrologic*. (1920-1972). Bucureşti : Inst. Meteor.

*** *Atlasul cadastrului apelor din R.S.România*. (1968,1972). Bucureşti : Inst. Meteor.

*** *Atlasul climatologic al R.P.Române*. (1962-1966). Bucureşti : Inst. Meteor.

*** *Atlasul R.S.România*. (1972-1979). Bucureşti : Academiei.

*** *Baza de date din "Atlasul informatizat al Moldovei"*. (1995). Catedra de Geografie, Univ. "Al.I.Cuza", Iaşi. [document électronique sur CD-Rom].

*** *Clima R.P.Române. Date climatice*. (1962-1966). Vol. II. Bucureşti : Inst. Meteor.

*** *Flora României*. (1952-1976). Vol. I-XIII. Bucureşti : Academiei.

*** *Harta geologică a României* (1966). (scara 1:200.000). Foile şi textele explicative: 1 (Darabani), 6 (Suceava), 7 (Ştefăneşti), 14 (Iaşi). Bucureşti : Inst. Geol.

*** *Harta solurilor R.S.România*. (1971) (scara 1: 1.000.000). Bucureşti : Inst. Geol.

*** *Monografia geografică a R.P.Române*. (1960). Vol. I-II. Bucureşti : Academiei.

*** *Pădurile României. Studiu monografic*. (1981). Bucureşti : Academiei.

*** *Zonarea şi regionarea ecologică a pădurilor din R.S.România*. (1980). Institutul de Cercetări şi Amenajări Silvice (ICAS), s.II. Bucureşti : I.C.A.S.

SITES INTERNET CONSULTES :

http://www.nasa.gov

http://www.geostrategies.ro

http://www.nlc-bnc.ca/iso/tc46sc9/standard/690-1f.htm

http://www.paris4.sorbonne.fr/article.php3?id_article=813

http://www.iamm.fr/ress/docs/docu/norm_biblio.pdf

TABLE DE MATIERES

PREMIERE PARTIE : PROBLEMATIQUE, BILAN, CONCEPTS

1 AU DEPART 13

1.1 Le cadre des recherches 13

1.2 Objectifs et méthode de la recherche développée dans ce travail 14

1.3 Structure de l'ouvrage 21

1.4 Survol du territoire étudié 26

2 PAYSAGE, GEOSYSTEME ET ENCORE : LA VALSE DES MOTS, LA VALSE DES DEFINITIONS 33

2.1 Introduction 33

2.2 Paysage et géosystème à travers quelques dictionnaires 35

2.3 Paysage et géosystème dans le monde scientifique 37

2.3.1 Parmi les définitions 37

2.3.2 Parmi les méthodes 52

2.4 Analyse critique des définitions du paysage 58

2.5 Zones d'ombre dans l'analyse du géosystème : pourquoi continuer les recherches 66

2.6 Conclusion 70

3 UNE NOUVELLE BASE CONCEPTUELLE POUR ETUDIER LE GEOSYSTEME 71

3.1 Les prémices du développement conceptuel 71

3.2 Les nouveaux développements conceptuels 77

3.3 Conclusions 88

CONCLUSIONS DE LA PREMIERE PARTIE 89

DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE, METHODES, OUVERTURES

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE 91

4 ETAT, DYNAMIQUE ET RYTHME DANS LE GEOSYSTEME 92

4.1 Introduction 92

4.2 Approche de l'état du géosystème 94

4.3 Quelques indicateurs et outils employés dans la géographie physique 96

4.3.1 L'amplitude 97

4.3.2 La fragmentation du relief et la pente 98

4.3.3 La densité de la fragmentation du relief 101

4.3.4 Les traitements statistiques élémentaires 101

4.3.4.1 La moyenne 102

4.3.4.2 L'écart à la moyenne 102

4.3.4.3 L'écart-type 105

4.4 Nouveaux indicateurs pour l'étude du géosystème 106

4.4.1 La fragmentation spécifique du relief 107

4.4.1.1 Le degré de concentration du réseau de drainage ("gdh") et l'indicateur de fragmentation longitudinale des versants ("fvh") 108

4.4.2 Les indicateurs climatiques 110

4.4.2.1 Le potentiel érosif des précipitations ("PEP") 110

4.4.2.2 La répartition spatiale du potentiel érosif spécifique des précipitations (“PSP”) 111
4.4.3 Indicateurs de diversité 112
4.4.3.1 Indicateurs de différenciation qualitative générale (“QG”) 113

4.5 Dynamique et rythme : les concepts 118

4.6 La dynamique des composantes naturelles du géosystème 121
4.6.1 Définition 121
4.6.2 Méthodologie de travail 122
4.6.3 Utilisation des résultats 125
4.6.4 Signification des résultats 128

4.7 Le rythme de la dynamique des composantes naturelles du géosystème 132
4.7.1 Définition 132
4.7.2 Méthodologie de travail 133
4.7.3 Utilisation des résultats 134
4.7.4 Signification des résultats 135

4.8 Les images du terrain et l’approche complexe des composantes du géosystème 138
4.8.1 Types de liens entre le pixel et son voisinage 140

4.9 Géocinétique et géocybernétique : espace qui bouge, messages qui changent 143

4.10 Analyse multidimensionnelle des rapports interzonaux (rapports hiérarchiques spatiaux) .. 152

4.11 En guise de conclusions 154

CONCLUSIONS DE LA DEUXIEME PARTIE 155

TROISIEME PARTIE : LA PLAINE DE LA MOLDAVIE - UN BANC D’ESSAI

INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE 157

5 LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE 159

5.1 Introduction 159

5.2 Genèse d'une plaine ... 160
5.2.1 Le fondement ... 160
5.2.2 La couverture sédimentaire ... 162
5.2.2.1 Le cycle Vendéen supérieur – Dévonien ... 164
5.2.2.2 Le cycle Crétacé – Paléocène? – Eocène ... 164
5.2.2.3 Le cycle Badénien supérieur – Méotien ... 165

5.3 Points de vue au sujet de l'évolution du relief ... 169
5.3.1 Entre tectonique et modelé (XIX^{ème} – début XX^{ème} siècle) ... 170
5.3.2 L'option tectonico-structurale et des cycles d'érosion (la période 1930-1945) ... 171
5.3.3 Le relief de la plaine de la Moldavie – confirmation de l'origine érosive (la période 1945-1996) . 174

5.4 Caractéristiques actuelles du relief ... 178
5.4.1 L'état du relief ... 179
5.4.1.1 Le modèle numérique du terrain (MNT) ... 185
5.4.1.2 Les altitudes absolues ... 187
5.4.1.3 Les altitudes relatives ... 190
5.4.2 Dynamique et rythme spatial ... 194
5.4.3 Rapports hiérarchiques spatiaux dans le cas des altitudes ... 201

5.5 Conclusions et critiques ... 209

6 LE CLIMAT ... 211

6.1 Introduction ... 211

6.2 Le climat - historique des recherches ... 214

6.3 Les facteurs génétiques du climat ... 215

6.4 Températures et précipitations moyennes multiannuelles ... 217
6.4.1 Les températures moyennes multiannuelles ... 217
6.4.2 Les précipitations moyennes multiannuelles ... 220
6.4.3 Températures et précipitations moyennes mensuelles ... 222
6.4.3.1 Les températures - caractères généraux ... 222
6.4.3.2 Les précipitations - caractères généraux ... 228
6.4.3.3 Températures et précipitations en janvier ... 234
6.4.3.4 Températures et précipitations au mois de juillet ... 246

6.5 Conclusions et critiques..... 257

7 L'HYDROGRAPHIE..... 260

7.1 Introduction 260

7.2 Les ressources hydriques – historique des recherches 260

7.3 Les eaux souterraines 264
7.3.1 Les eaux de profondeur 264
7.3.2 Les nappes aquifères libres..... 264

7.4 L'écoulement liquide 265

7.5 Les eaux de surface..... 267

7.6 L'eau sous l'oeil du satellite..... 277

7.7 Conclusions et critiques..... 279

8 LES SOLS 282

8.1 Introduction 282

8.2 Répartition des principaux types de sols 284

8.3 Conclusions et critiques..... 293

9 ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES ET OCCUPATION DU SOL 295

9.1 Introduction 295

9.2 L'approche classique : une approche morcelée 297
9.2.1 Traits généraux de la végétation 297
9.2.2 La steppe..... 298
9.2.3 La sylvosteppe 300
9.2.4 Forêt et paysage 302

9.3 L'approche satellitale : une vision exhaustive du couvert végétal..... 312
9.3.1 Le traitement des données 315

9.3.1.1 Etapes préliminaires 315
9.3.1.2 Saisie des données et tests 318
9.3.1.3 Interprétation et classification des images Landsat TM 5 321

9.4 Conclusions et critiques 345

10 ET LE PAYSAGE ? 347

10.1 La thèse : notice de lecture 347

10.2 La carte qui existe 353

10.3 La carte qui manque 354

10.4 Les paysages de synthèse 356

10.5 Conclusions et critiques 363

11 FINIR POUR RECOMMENCER : CONCLUSIONS 364

11.1 Peut-on parler de « La Plaine de la Moldavie » ? 364

11.2 Petite synthèse sur ce travail 367

11.3 Je critique, j'apprécie, j'espère 371

LISTE DES TABLEAUX 373

LISTE DES FIGURES 375

BIBLIOGRAPHIE 381

TABLE DE MATIERES 411

ANNEXES 418

ANNEXE 1 : Les abréviations employées dans le texte 419

ANNEXE 2 : Le voisinage intra-image et inter-images 420

ANNEXE 3 : Le code source du logiciel *Roger*© 427

ANNEXE 4 : La carte générale de la Plaine de la Moldavie (composition cartographique) 432

ANNEXE 5 : Le modèle numérique du terrain et le rythme des altitudes absolues (composition cartographique) 433

ANNEXE 6 : L'orientation des versants calculée à partir du MNT (composition cartographique) 434

ANNEXE 7 : L'ombrage du MNT (composition cartographique) 435

ANNEXE 8 : Les pentes calculées à partir du modèle numérique du terrain (composition cartographique) 436

ANNEXE 9 : Composition colorée BVR(321) (spatio-carte) 437

ANNEXE 10 : Composition colorée BVR(431) (spatio-carte) 438

ANNEXE 11 : Composition colorée BVR(532) (spatio-carte) 439

ANNEXE 12 : Composition colorée BVR(543) (spatio-carte) 440

ANNEXE 13 : Composition colorée BVR(753) (spatio-carte) 441

ANNEXE 14 : L'occupation du sol (composition cartographique) 442

ANNEXES

ANNEXE 1 : Les abréviations employées dans le texte

Abréviation		Signification
BVR	:	bleu – vert – rouge
CAG	:	composantes anthropiques du géosystème
CMS	:	classes morphopaysagères simples ou morphomérons
CNG	:	composantes naturelles du géosystème
CNT	:	complexe naturel territorial
fvh	:	l'indicateur de fragmentation longitudinale des versants
gdh	:	le degré de concentration du réseau de drainage
MNT	:	modèle numérique du terrain
MR_T	:	moyenne de référence territoriale
MR_x	:	moyenne de référence zonale
NDVI	:	Normalized Differential Vegetation Index
PEP	:	potentiel érosif des précipitations
PEP	:	répartition spatiale du potentiel érosif spécifique des précipitations
QG	:	indicateur de différenciation qualitative générale
RD_T	:	moyenne de référence du rythme de la dynamique territoriale
rd_x	:	moyenne de référence du rythme de la dynamique élémentaire
RD_x	:	moyenne de référence du rythme de la dynamique zonale
RGB	:	Red – Green – Blue (rouge – vert – bleu)
RHS	:	rapports hiérarchiques spatiaux
SRCS	:	Système Roumain de Classification des Sols
WRB-SR	:	World Reference Base – Soil Ressources
ZTC	:	zone test commune
	:	

N.B. : le tableau ne comprend ni les abréviations qui peuvent apparaître dans les figures (celle-ci étant expliquées dans les légendes), ni celles employées pour les unités de mesure courantes (ex : ºC pour degrés Celsius) ou les institutions (ex : FAO) et marques (ex : SPOT) reconnues au niveau international.

ANNEXE 2 : Le voisinage intra-image et inter-images

L'analyse du voisinage intra-image ("VIR") se propose de mettre en évidence des différences quantitatives et qualitatives qui peuvent exister : soit entre un pixel (p_{ic}) et son proche environnement (voisinage $V(p_{ic})$) ; soit entre p_{ic} et l'ensemble des pixels constituant l'image.

En fait, dans la première situation il s'agit d'identifier les rapports d'équilibre qui existent entre p_{ic} et $V(p_{ic})$). S'il n'y a pas de différences quantitatives entre ces deux éléments, nous pourrons dire que nous la situation est en équilibre stable ; plus ces différences augmentent, plus l'instabilité potentielle agrandit. Donc, il y a des "tensions" qui se manifestent entre p_{ic} et $V(p_{ic})$), ayant une certain ordre de grandeur et d'intensité spatiale.

Dans cette situation, l'ordre de grandeur du déséquilibre qui existe pourrait être donné par la différence entre les valeurs p_{ic} et $V(p_{ic})$. Etant donné qu'entre les deux pixels il y a toujours une certaine distance, la différence de valeur s'étale dans l'espace de façon que, pour une même amplitude réelle, plus la distance entre deux points est réduite, plus la vitesse du changement est forte. Ainsi qu'il a été dit au sujet de la dynamique des CNG, on peut considérer que la valeur de la vitesse de changement est donnée par la pente[89] entre p_{ic} et $V(p_{ic})$. Plus la valeur de ce paramètre est forte, plus les "tensions" entre les deux zones sont fortes.

Comme nous l'avons indiqué auparavant, les rapports entre une zone centrale (p_{ic}) et son environnement proche ($V(p_{ic})$) peuvent être suivis direction par direction, ou d'une manière globale, non-orientée, généralisée.

Les rapports entre les pixels dans le contexte territorial

[89] entendue dans le sens de *dynamique spatiale*

Dans l'un des paragraphes antérieurs nous rappelions, parmi d'autres outils statistiques élémentaires, l'intérêt que présente le calcul de l'écart à la moyenne.

En fait, une image raster se présente sous la forme d'un grand tableau de données, avec plusieurs colonnes et lignes, ce qui nous autorise à effectuer toute une série de calculs statistiques. Remplacer, dans ce type de tableau, la valeur de chacune des cellules avec une couleur spécifique nous permet d'obtenir une image raster. L'avantage majeur de ce nouveau "tableau" réside dans le fait qu'à chaque cellule correspond aussi une position spatiale bien déterminée.

Nous disposons donc, en même temps, d'une information spatiale et d'une information quantitative. Il y a, toutefois, une troisième dimension que nous pouvons rajouter, d'une certaine manière, à cette représentation graphique qu'est le raster : la dispersion mathématique réelle de l'information quantitative autour d'un seuil de référence, tout en gardant le support de la localisation géographique. Bref, il s'agit de l'écart à la moyenne. De cette manière nous pouvons disposer d'un côté d'une nouvelle base de départ pour la comparaison des images et, de l'autre côté, d'une nouvelle base de départ pour leur zonage[90].

Les rapports entre les pixels dans le contexte local

Connaître ces rapports permet d'avoir un aperçu sur le potentiel des changements qui pourraient affecter la région dans laquelle on se trouve. En termes d'analyse d'images-système, sources de paysages, il s'agit : soit d'une amplitude qui indique la dimension réelle du changement auquel on peut s'attendre si l'on se déplace d'un endroit à un autre ; soit d'une pente qui traduit la dynamique des changements.

[90] voir plus loin le sous-chapitre *Analyse multidimensionnelle des rapports interzonaux (rapports hiérarchiques spatiaux)*.

a. L'écart à la moyenne et la dynamique moyenne locale généralisés. L'écart à la moyenne locale généralisé rend compte de la position occupée par le pixel central dans l'ensemble de la région analysée (ici représentée par la fenêtre 3x3 pixels prise en compte).

Dans cette nouvelle image, la valeur de chaque pixel rend compte de la différence qui existe entre lui et la moyenne des neuf pixels constituant la région prise en compte : cette image peut faire ressortir un ensemble de zones (pixels) ayant des particularités spéciales.

Pour saisir la **dynamique moyenne locale** de l'élément présenté ci-dessus, en pourcentage, il faut ajouter une autre étape : celle du calcul de la pente, en divisant la valeur de chaque pixel de l'image a_{eml}.img[91] par la valeur de la distance moyenne qui existe entre le barycentre du p_{ic} et les barycentres des pixels constituant la bordure de la fenêtre, d_m, le tout multiplié par 100 → $eml_{\%\alpha}$.img

b. Les rapports zone centrale - voisinage. Comme l'expression l'indique, il s'agit de rendre compte de la différence qui existe entre le pixel central p_{ic} et l'ensemble des huit pixels avoisinants ($V(p_{ic})$), traités sous la forme d'une valeur moyenne.

c. L'amplitude réelle partielle, orientée "x", rend compte de la différence effective qui existe entre le pixel central p_{ic} et un seul de ses voisins, p_x ; "x" indiquant la position du pixel avoisinant (1 = NW, 2 = NN, 3 = NE, 4 = WW, 6 = EE, 7 = SW, 8 = SS, 9 = SE)[92].

d. La pente réelle entre p_{ic} et l'un des pixels de son voisinage, p_x, peut être calculée selon la procédure suivante (pour la direction NW) :

- filtrage de l'image d'origine a.img avec la matrice

  $f_{1(NW)} = [-1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0] \rightarrow a_1$.img
- filtrage de l'image intermédiaire a_1.img avec la matrice

[91] *.img = image ; eml = écart à la moyenne locale

[92] "5" correspond au pixel central p_{ic}

f_{mp2} = [0, 0, 0, 0, 1/mp√2, 0, 0, 0, 0] → image $a_{t\alpha x}$.img de la tangente de l'angle de pente, en valeur réelle

- filtrage de l'image $a_{t\alpha x}$.img avec la matrice

  $f_{\%\alpha}$ = [0, 0, 0, 0, 100, 0, 0, 0, 0] → image $a_{\%\alpha x}$.img de la pente, en valeur en pourcent, selon l'orientation "x".

En fait, pour procéder au calcul de la pente selon toutes les directions, le premier filtrage de l'image d'origine doit être effectué, successivement, avec les matrices : $f_{1(NW)}$ = [-1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0], $f_{2(NN)}$ = [0, -1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0], $f_{3(NE)}$ = [0, 0, -1, 0, 1, 0, 0, 0, 0], $f_{4(WW)}$ = [0, 0, 0, -1, 1, 0, 0, 0, 0], $f_{6(EE)}$ = [0, 0, 0, 0, 1, -1, 0, 0, 0], $f_{7(SW)}$ = [0, 0, 0, 0, 1, 0, -1, 0, 0], $f_{8(SS)}$ = [0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, -1, 0], $f_{9(SE)}$ = [0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, -1].

Ensuite, la procédure reste *inchangée pour les direction secondaires* (NW, NE, SW, SE).

Par contre, à la deuxième phase de filtrage (f_{mp2} = [0, 0, 0, 0, 1/mp√2, 0, 0, 0, 0]), la valeur de la cellule centrale de la matrice (= $1/(mp*2^{½})$) doit être remplacée par $1/m_p$, *dans le cas des directions principales* (NN, SS, WW, EE). Ceci car, dans le cas du calcul de la pente selon l'une des directions secondaires, il faut faire la division avec la *diagonale* du pixel ($1/(mp*2^{½})$) ; dans le cas du calcul de la pente selon l'une des directions principales, la division est faite avec le *côté* du pixel (m_p).

L'interprétation des valeurs obtenues sur l'image finale dépend directement du signe +/- employé dans les matrices de filtrage. Le fait que le signe algébrique reste présent, facilite et enrichit l'interprétation de l'image. Suite aux signes employés dans les matrices présentées précédemment :

- la présence d'une valeur positive signifie que celle-ci augmente selon une orientation qui va du pixel appartenant au voisinage vers le pixel central (orientation convergente).
- la présence d'une valeur négative signifie que celle-ci augmente selon une orientation qui va du pixel central vers le voisinage (orientation divergente).

Analyse inter-image ("AIM")

L'analyse inter-image se veut une prolongation et un développement des techniques appliquées pour l'analyse intra-image (AIM) et pour le voisinage intra-image (VIR), ceci en vue de saisir l'évolution de certaines caractéristiques du géosystème décelées à travers une série d'images.
Les deux principales directions dans lesquelles se décline ce type d'analyse sont l'étude des modifications quantitatives et qualitatives qui se produisent entre deux images et la recherche des changements de forme entre les objets géographiques observables à travers une série d'images.

Le voisinage inter-image ("VIM")

Le voisinage inter-image VIM a pour but : de montrer, d'une part, les changements qui interviennent avec le temps dans une zone (pixel) donnée ; de faire apparaître, d'autre part, les changements qui interviennent entre les pixels centraux et leurs voisinages respectifs, que ce soit selon une orientation "x" prédéfinie, ou d'une manière généralisée. Cette analyse peut se faire à partir de valeurs réelles, pourcentages ou de valeurs dynamiques (ces dernières sous la forme réelle - tgα, ou sous forme de pourcentages - %).

Ainsi conçue, l'analyse du voisinage inter image apparaît comme une couche supplémentaire de l'analyse du voisinage intra-image (VIR) et, en même temps, comme une continuation logique de celle-ci.
Dans le cas VIR, il s'agissait d'analyser les rapports d'équilibre (les "tensions") qui existent entre un pixel et son voisinage, sur une seule et même image. L'un des buts du VIM est de saisir les changements qui interviennent dans cet équilibre, du point de vue de son ordre de grandeur, de son intensité et de son sens (augmentation, diminution ou valeur constante de cet équilibre).

C'est en outre une manière indirecte de rendre compte de la diversité du contexte du pixel central, étant donné que plus la dispersion des valeurs des pixels du voisinage est importante, et plus les différences entre le pixel central et son environnement sont importantes.

Dans les pages suivantes, nous allons présenter quelques voies susceptibles de permettre le suivi des changements quantitatifs et qualitatifs du géosystème, changements apparaissant entre plusieurs images appartenant à une série.

a. Dans un contexte territorial, **l'amplitude classique** entre chacun des pixels respectifs appartenant à deux images différentes est obtenue par une simple soustraction : a_2.img - a_1.img → b.img.

Sur l'image finale, chaque pixel rend compte de l'ordre de grandeur du changement quantitatif qui a affecté sa zone, entre les deux moments temporels pris en compte. Cette image peut constituer la base d'autres traitements ayant comme but de mieux montrer la distribution spatiale des changements (ex : calcul de la moyenne et de l'écart à la moyenne, celui de la dynamique intra-image etc.) ;

b. Toujours dans un contexte territorial, nous pouvons suivre **l'évolution de la dispersion des valeurs sur deux images**, à partir des images de l'écart à la moyenne globale qui a été calculée pour chacune d'entre elles. A travers l'amplitude ou une ratio des images de l'écart à la moyenne globale, on peut suivre à tout endroit les changements de position des pixels, du point de vue quantitatif, dans une grille de valeurs géoréférencées.
Une autre possibilité est de calculer les valeurs standardisées sur chaque image (le rapport entre l'écart à la moyenne et l'écart-type) et de faire le rapport de ces images standardisés.

c. En passant à un contexte local, il y a possibilité d'analyser **l'évolution des écarts pour chaque moyenne locale** (donc, à l'intérieur d'une fenêtre mobile 3x3 pixels). Ceci permet de voir dans quelle mesure une zone (pixel) quelconque a subi une évolution vers l'intégration dans le contexte quantitatif local ou, bien si affectée par un certain facteur, elle surgit comme

une partie de l'espace local ayant acquis de nouvelles particularités. Autrement dit, on peut déceler la stabilité ou la mobilité quantitative temporelle de la CNG analysée à l'intérieur d'un espace donné.

d. Toujours dans un contexte local, **l'évolution des rapports entre les pixels centraux et leurs voisinages** respectifs permet de saisir, en fait, l'évolution des potentialités du changement local entre deux images consécutives. Ce but peut être atteint, à partir des images calculées pour les rapports centre - voisinage, soit en utilisant l'amplitude (a_{cv1}.img - $a_{cv2} \rightarrow b_{cv1}$.img) ; soit en utilisant une ratio (a_{cv2}/a_{cv1}.img $\rightarrow b_{cv2}$.img).

Dans cette perspective, l'analyse inter-image présente deux caractéristiques : elle garde la voie d'approche spatiale horizontale rencontrée dans le cas de l'analyse intra-image ; elle ajoute la prise en compte des changements intervenus dans le temps (intégration temporelle verticale) qui lui est propre.

ANNEXE 3 : Le code source du logiciel *Roger*©

Le code source du logiciel ***Roger***© développé en language Fortran 77, par Hélène Géroyanis d'après la méthode proposée par A.N.Roman (1997), pour réaliser le test des rapports hiérarchiques spatiaux sur des images au format logiciel *Idrisi*. Le logiciel ***Roger***© est protégé par de droits d'auteur.

```
c*************************************************************

c       logiciel ROGER maximum entre 4 images
c       le nom fichier est toujours "rhs.par"
c       il contient sur chaque ligne le format suivant:
c nombre colones sur ( 5 caracteres)
c separateur 1 blanc
c nombre lignes  sur ( 5 caracteres)
c separateur 1 blanc
c nom des fichiers 1.2.3.4.sortie (toujours *.img ou
*=8caracteres
c sinon les premiers caracteres sont des blancs comme
dans le cas des
c lignes et des colones)
c  268  284     p1k.img   medp1k.img    p1mlk.img
p1mvk.img    p1rhs.img
c le fich entree sont toujours reels ascii; sortie entier ascii
c pour mettre plus de 4 images a la fois il faut modifier la
source de
c de la maniere suivante
c       nbreim= Nombre souhaite


c  ************************************************************
      character*15 image(4),imags
      real*4 ipix(4)
      open (80,file='rhs.par',status='old',form='formatted',
     *   access='sequential')
      nbreim=4
  1     read(80,1999,end=3600)
inc,inl,(image(i),i=1,4),imags
      print*, inc,inl,(image(i),i=1,4),imags
      call prcomp  (inl,inc,nbreim,image,imags,ipix)
       goto 1
 1999   format(i5,1x,i5,5(1x,a12))
 3600   close(80)
      end
c*************************************************************
      subroutine prcomp (inl,inc,nbreim,image,imags,ipix)
      integer inl,inc,nbreim
        character*15 image(nbreim),imags
       print*, (image(i),i=1,4)
        real*4 ipix(nbreim)
      do 5 i=1,nbreim
      ii=10+i
      open(ii,file=image(i),status='old',form='formatted',
     * access='sequential')
  5   continue
       open(71,file=imags,status='new',form='formatted',
     * access='sequential')

c -------  LECTURE DES  IMAGES-------------------------------
------

        do 100 i = 1, inl*inc
       do 120 j=1,nbreim
       jj=10+j
       read(jj,*) ipix(j)
  120  continue


c
*********************************************************************
**

c  Calcul du maximum des 4 images
c

c
*********************************************************************

C       TEST SUR LES ZEROS ET LES CAS D EGALITE

        IF
(ipix(1).eq.0..and.ipix(2).eq.0..and.ipix(3).eq.0..and.
     *  ipix(4).eq.0.) THEN
        k=-1
        write(71,*) k
        ELSE

        IF
(ipix(1).eq.ipix(2).and.ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(1).eq
     *  .ipix(4)) THEN
        k=0
        write(71,*) k
        ELSE

        if (ipix(2).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(1)) then
        k= 1
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(1)) then
        k= 2
        write(71,*) k
        else
```

```
      if (ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  gt.ipix(1)) then
        k= 3
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  gt.ipix(2)) then
        k= 4
        write(71,*) k
        else

       if (ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(4)) then
       k= 5
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(4)) then
       k= 6
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  gt.ipix(4)) then
       k= 11
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(2)) then
       k= 8
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  gt.ipix(3)) then
       k= 29
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  gt.ipix(4)) then
       k= 30
       write(71,*) k
       else

        if (ipix(2).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  gt.ipix(3)) then
       k= 31
       write(71,*) k
       else

        if (ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  gt.ipix(4)) then
        k= 32
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  gt.ipix(4)) then
        k= 33
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  gt.ipix(2)) then
        k= 34
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  gt.ipix(3)) then
        k= 35
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  gt.ipix(3)) then
        k= 36
        write(71,*) k
        else

       if (ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(3)) then
       k= 37
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(2)) then
       k= 38
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(3)) then
       k= 39
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(1)) then
       k= 40
       write(71,*) k
       else

        if (ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(2)) then
        k= 41
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(1)) then
        k= 42
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  gt.ipix(1)) then
        k= 43
        write(71,*) k
        else

        if (ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(2)) then
        k= 44
        write(71,*) k
        else


       if (ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).
     *      eq.ipix(4)) THEN
```

```
      k= 45
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(3).eq
     *  .ipix(4)) THEN
      k= 13
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(4)) then
      k= 46
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(3)) then
      k= 47
      write(71,*) k
      else

       if (ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 48
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 28
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(3)) then
       k= 49
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 7
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(3)) then
       k= 12
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  eq.ipix(2)) then
       k= 50
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 9
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 51
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 52
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(3)) then
       k= 53
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  eq.ipix(3)) then
       k= 54
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     *  eq.ipix(2)) then
       k= 55
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).eq.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(4)) then
       k= 56
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).eq.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(3)) then
       k= 57
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).eq.ipix(2).and.ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 58
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).gt.ipix(2).and.ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).
     *  gt.ipix(4)) then
       k= 21
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  gt.ipix(4)) then
       k= 24
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     *  gt.ipix(2)) then
       k= 16
       write(71,*) k
       else

       if (ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     *  eq.ipix(4)) then
       k= 17
       write(71,*) k
       else
```

```
      if (ipix(1).gt.ipix(3).and.ipix(3).eq.ipix(4).and.ipix(4).
     * gt.ipix(2)) then
      k= 18
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(1).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     * gt.ipix(3)) then
      k= 59
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(1).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     * gt.ipix(2)) then
      k= 60
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(1).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     * eq.ipix(3)) then
      k= 61
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(1).gt.ipix(4).and.ipix(4).eq.ipix(2).and.ipix(2).
     * gt.ipix(3)) then
      k= 62
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     * gt.ipix(4)) then
      k= 63
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).
     * gt.ipix(1)) then
      k= 64
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     * eq.ipix(4)) then
      k= 65
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(3).
     * gt.ipix(4)) then
      k= 19
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(4).and.ipix(4).
     * gt.ipix(3)) then
      k= 20
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).gt.ipix(3).and.ipix(3).eq.ipix(4).and.ipix(4).
     * gt.ipix(1)) then
      k= 14
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     * gt.ipix(3)) then
      k= 66
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     * gt.ipix(1)) then
      k= 22
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(3).and.ipix(3).
     * eq.ipix(1)) then
      k= 67
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).eq.ipix(4).and.ipix(4).
     * gt.ipix(1)) then
      k= 23
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(3).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).
     * gt.ipix(2)) then
      k= 15
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(3).eq.ipix(4).and.ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).
     * gt.ipix(1)) then
      k= 68
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(3).gt.ipix(4).and.ipix(4).eq.ipix(1).and.ipix(1).
     * gt.ipix(2)) then
      k= 25
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(3).gt.ipix(2).and.ipix(2).eq.ipix(4).and.ipix(4).
     * gt.ipix(1)) then
      k= 69
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(3).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(2).and.ipix(2).
     * gt.ipix(4)) then
      k= 70
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(2).and.ipix(2).
     * gt.ipix(3)) then
      k= 71
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(4).gt.ipix(2).and.ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).
     * gt.ipix(1)) then
      k= 26
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(4).gt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(3).
     * gt.ipix(2)) then
      k= 27
      write(71,*) k
```

```
       else
      if (ipix(4).lt.ipix(2).and.ipix(2).eq.ipix(3).and.ipix(3).
     *  eq.ipix(1)) then
      k= 72
      write(71,*) k
      else

      if (ipix(2).lt.ipix(1).and.ipix(1).eq.ipix(3).and.ipix(3).
     *  eq.ipix(4)) then
      k= 10
endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
                                    endif
      endif
      endif                         endif
     endif                          endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif

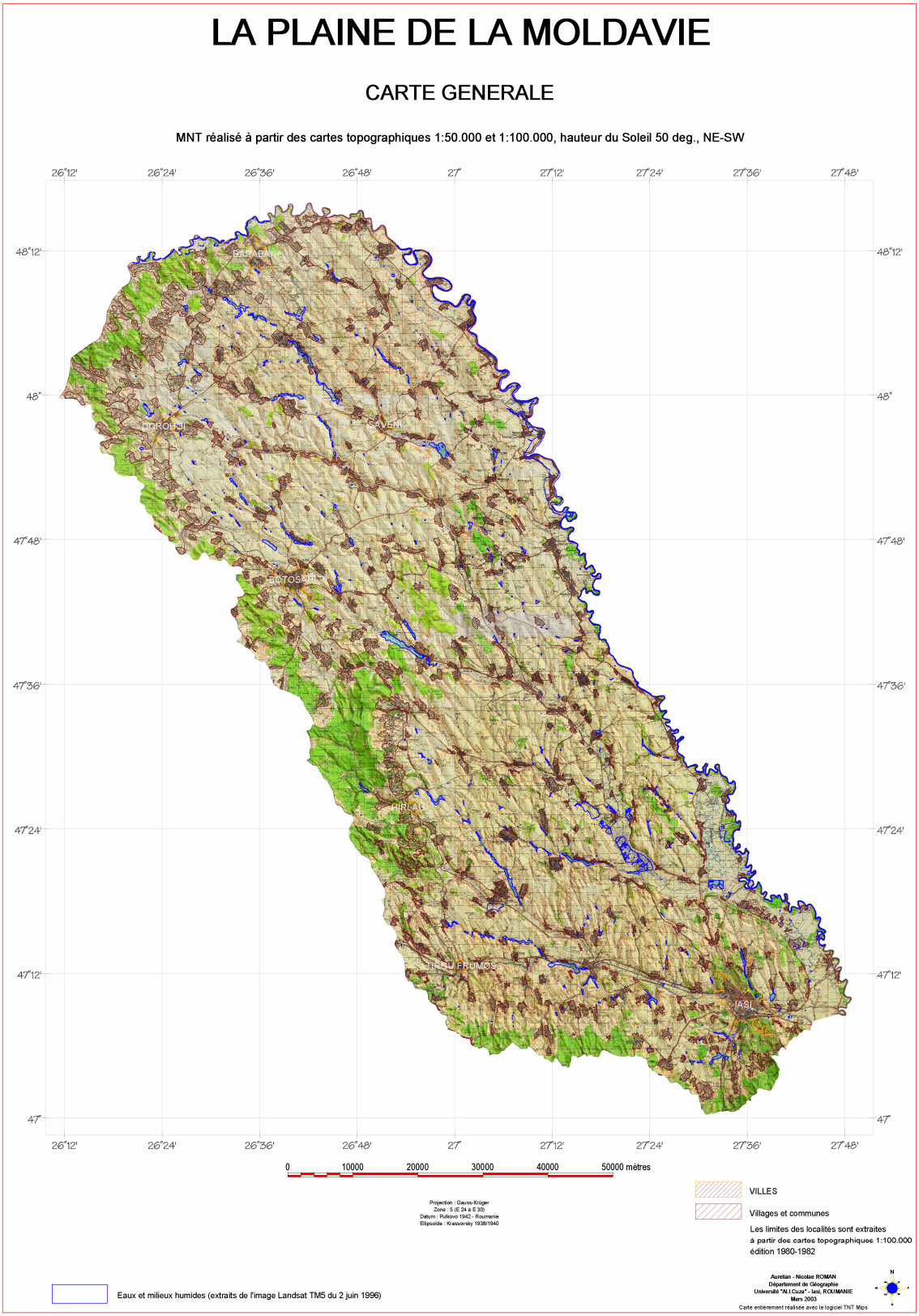
 100  continue
      close(71)
      do 456 i=1,nbreim
      ii=10+i
      write(71,*) k
c  ********************************************************

      ELSE
      k=100
      write(71,*) k
c  ********************************************************
c

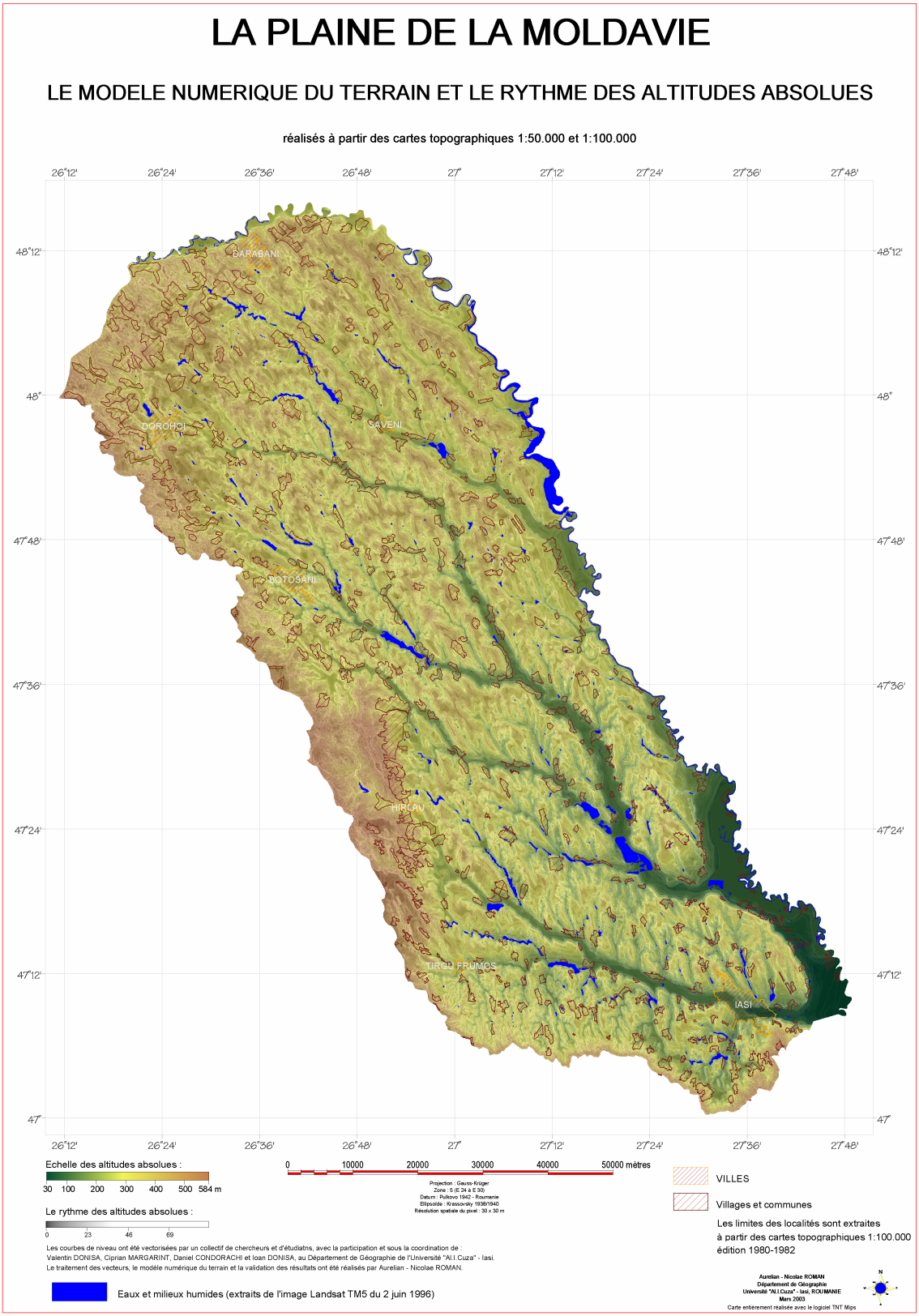
      endif                         endif
                                    endif
      endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
                                    endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif                         endif
      endif
      endif
      endif
      close(ii)
456   continue
      return
      end
```

Exemple de fichier *.par : 701 701 ism4.img ism5.img ism7.img rhrism3.img

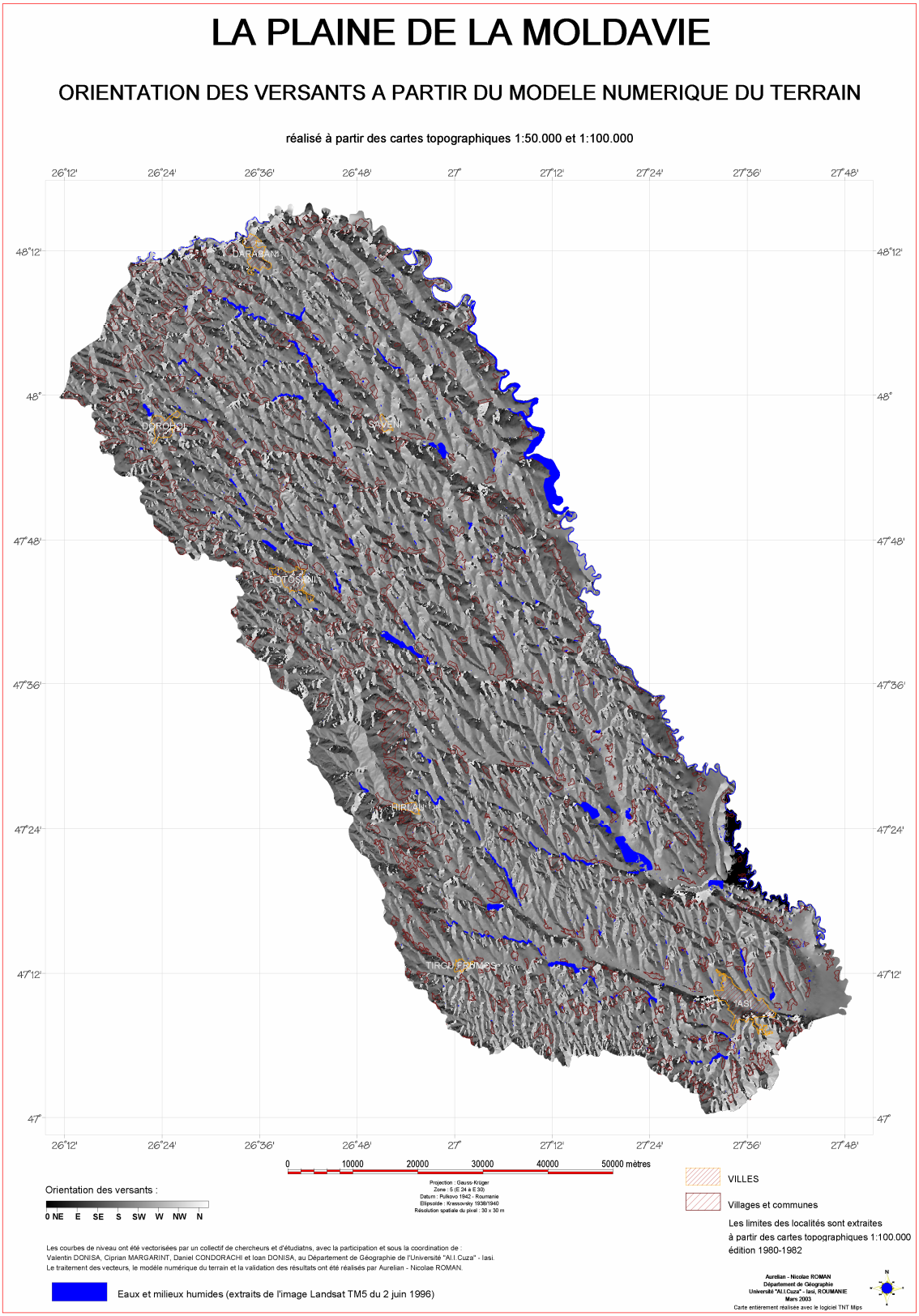
ANNEXE 4 : La carte générale de la Plaine de la Moldavie (composition cartographique)



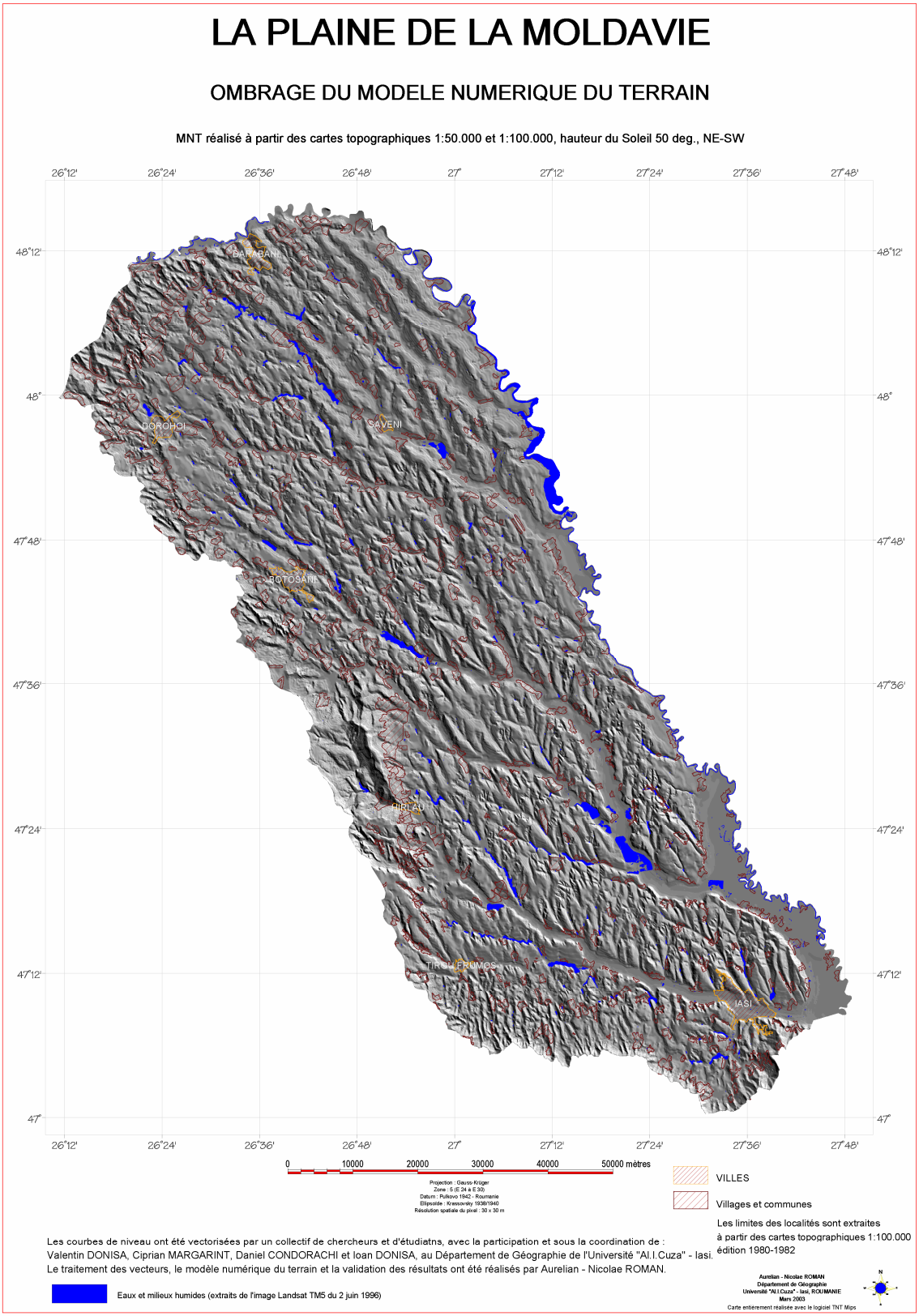
ANNEXE 5 : Le modèle numérique du terrain et le rythme des altitudes absolues (composition cartographique)



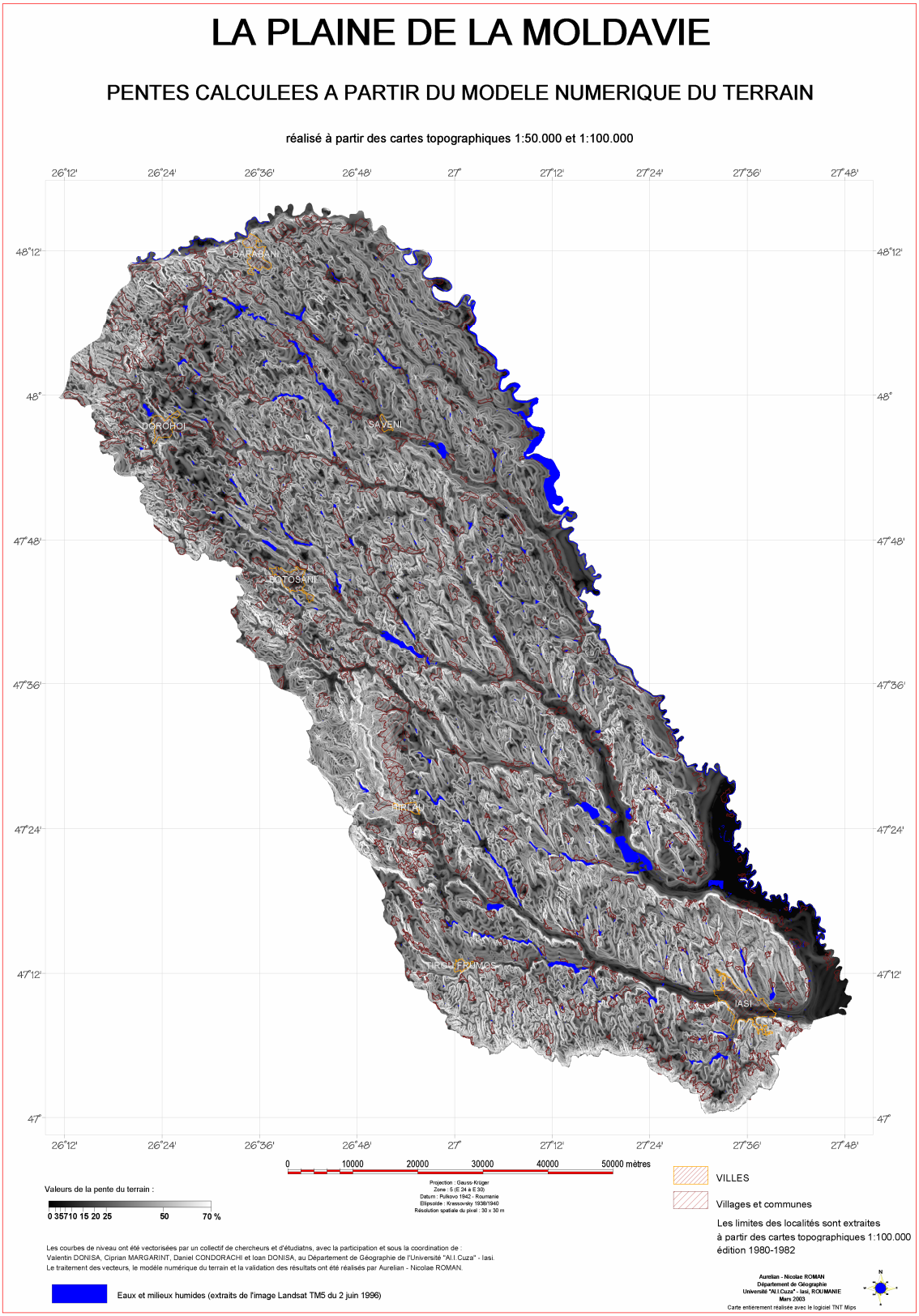
ANNEXE 6 : L'orientation des versants calculée à partir du MNT (composition cartographique)



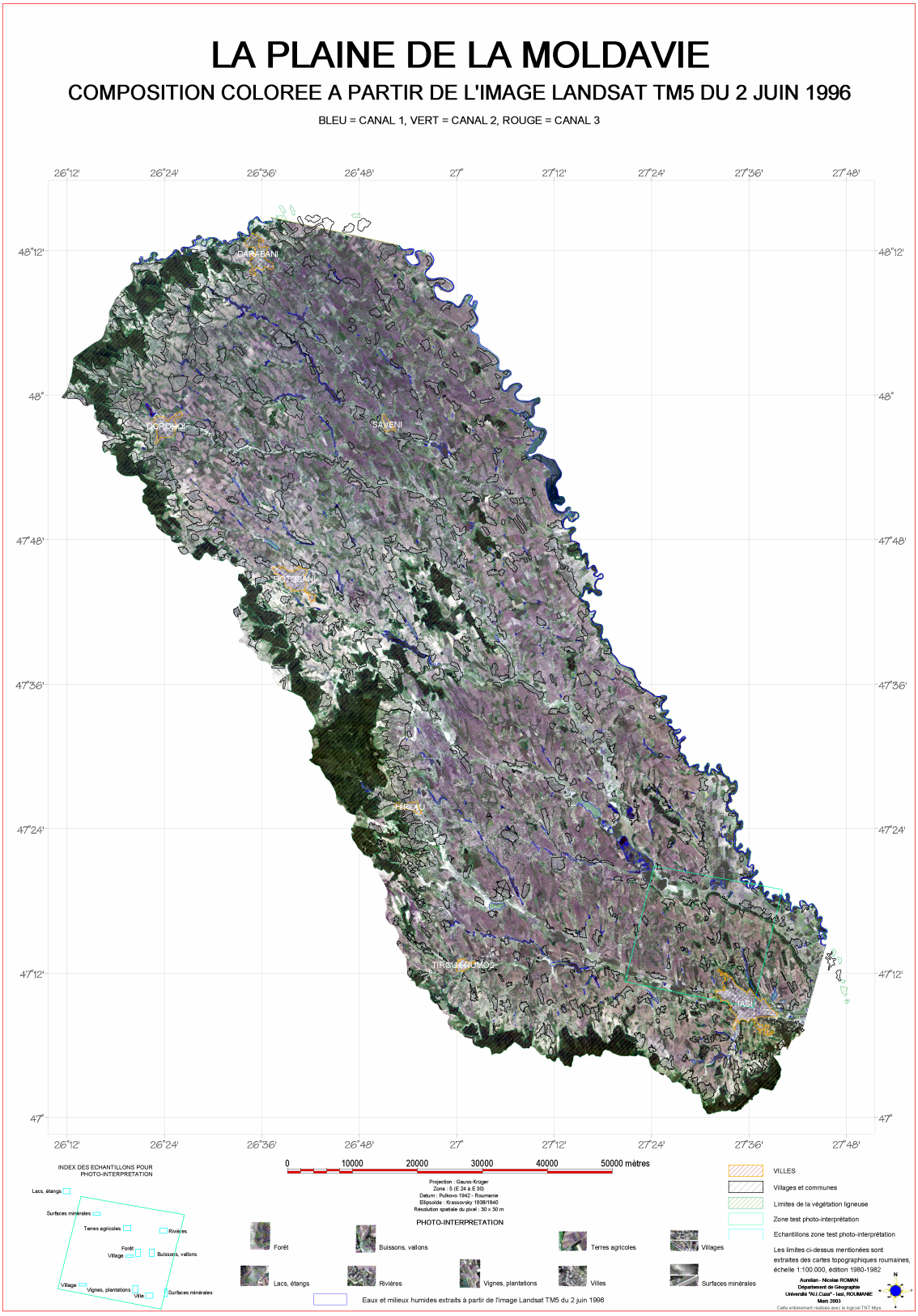
ANNEXE 7 : L'ombrage du MNT (composition cartographique)



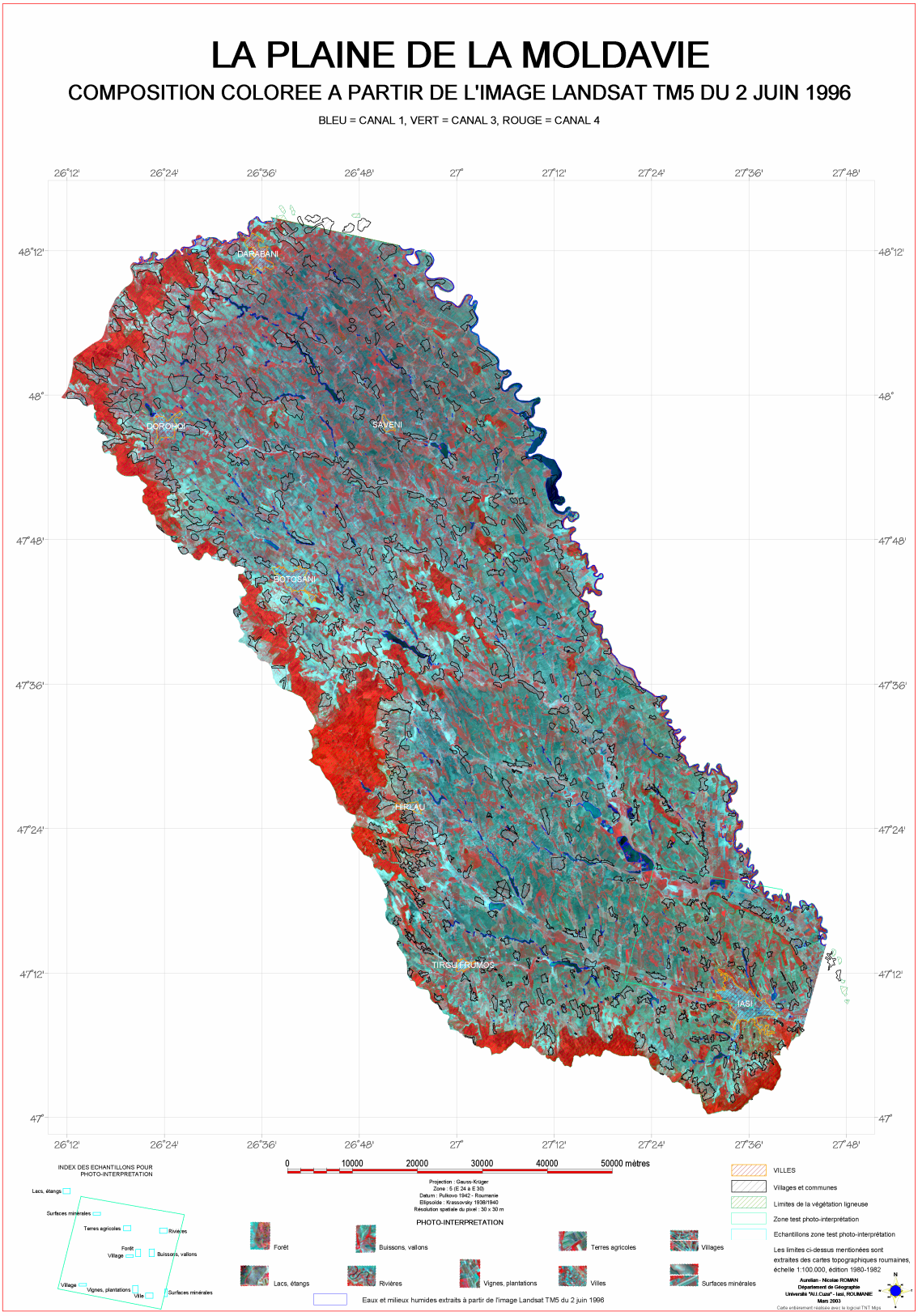
ANNEXE 8 : Les pentes calculées à partir du modèle numérique du terrain (composition cartographique)



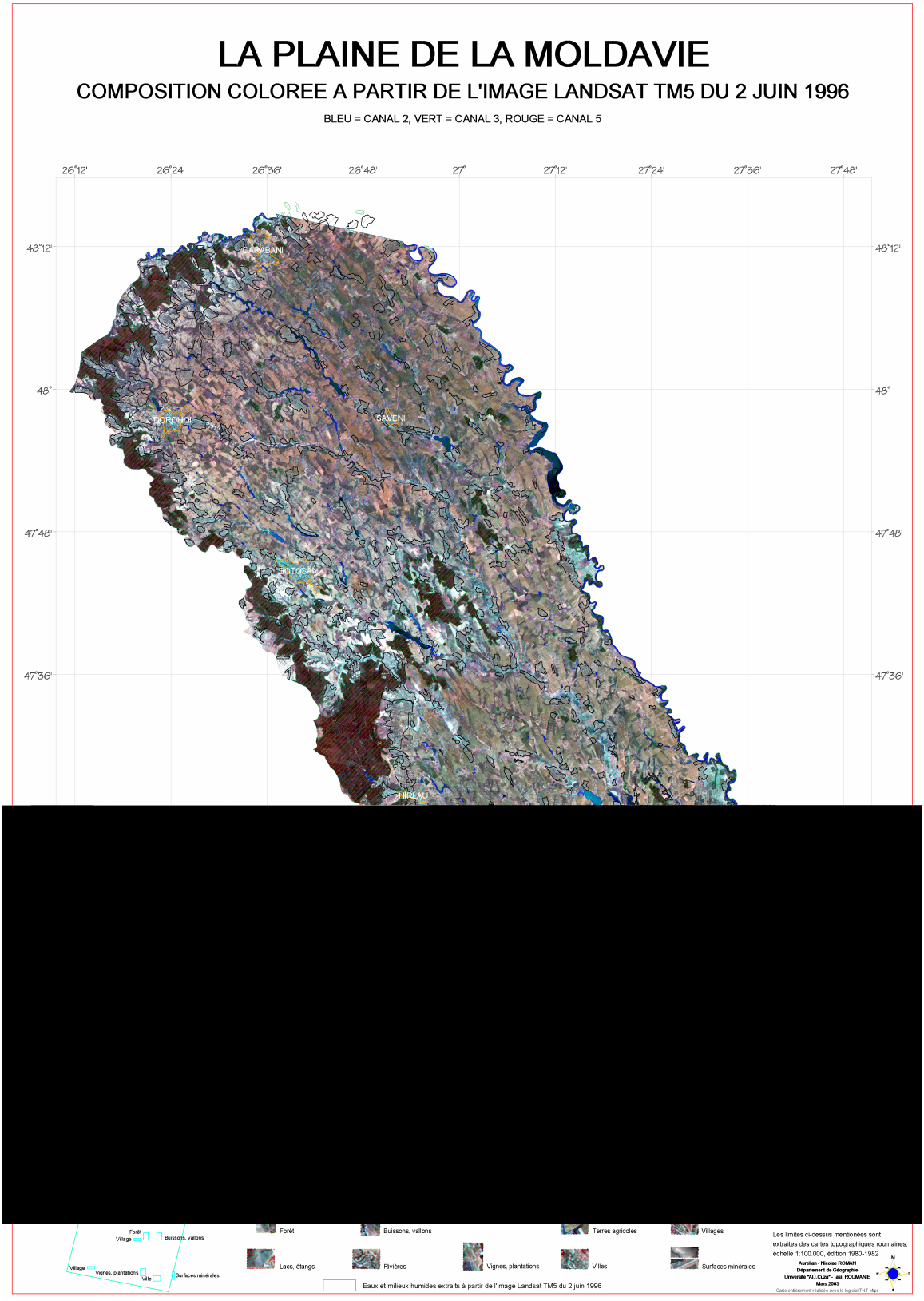
ANNEXE 9 : Composition colorée BVR(321) (spatio-carte)



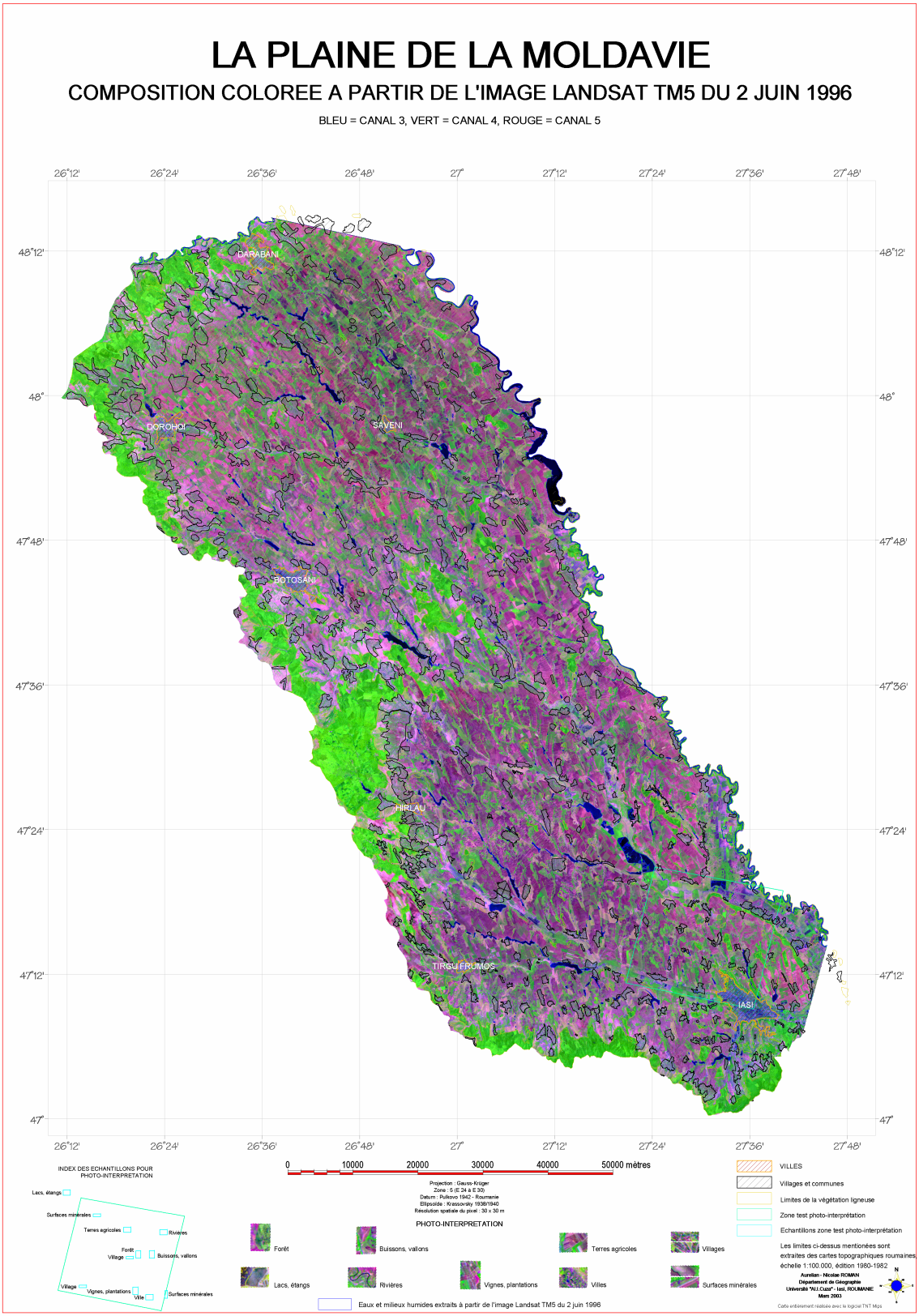
ANNEXE 10 : Composition colorée BVR(431) (spatio-carte)



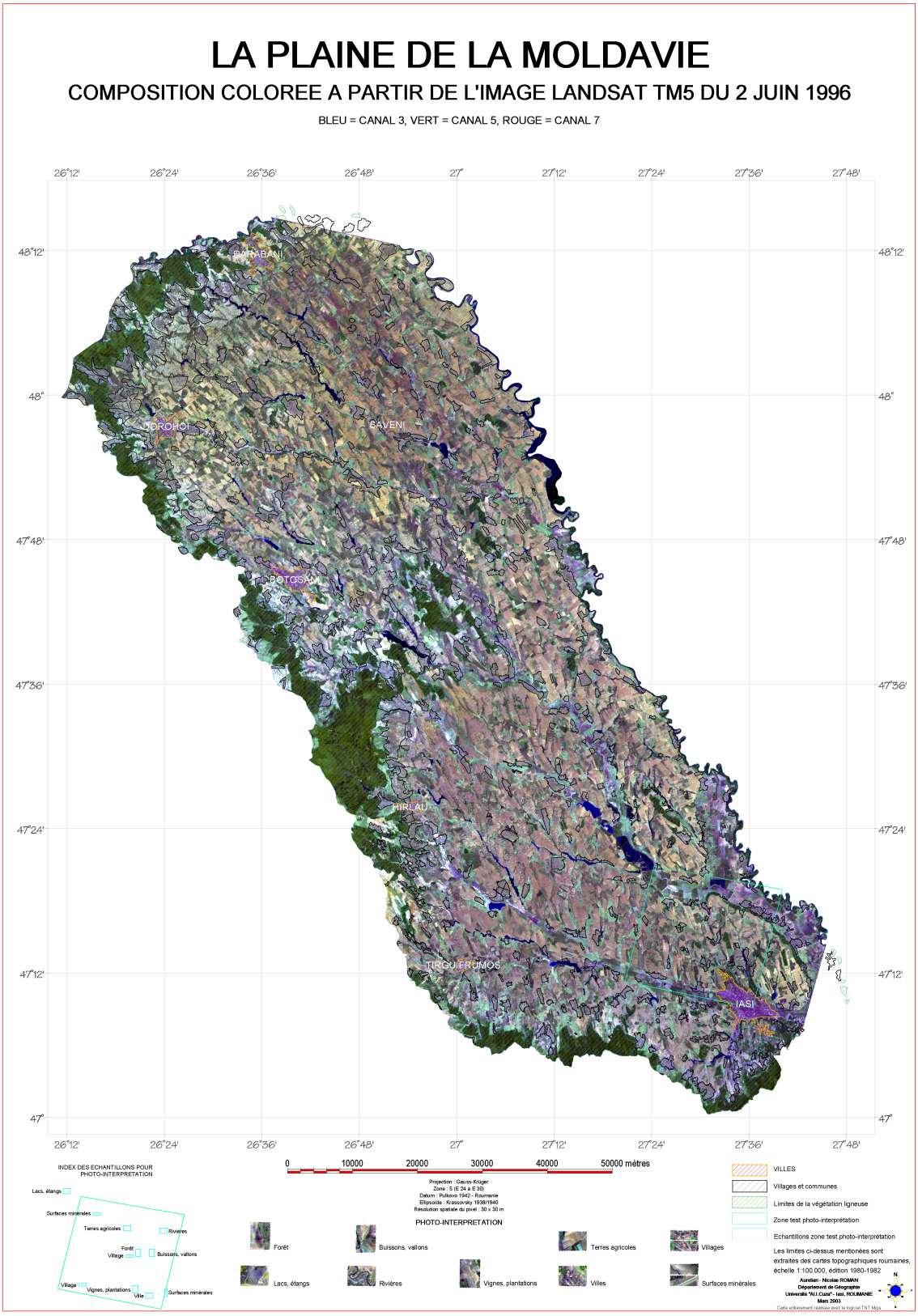
ANNEXE 11 : Composition colorée BVR(532) (spatio-carte)



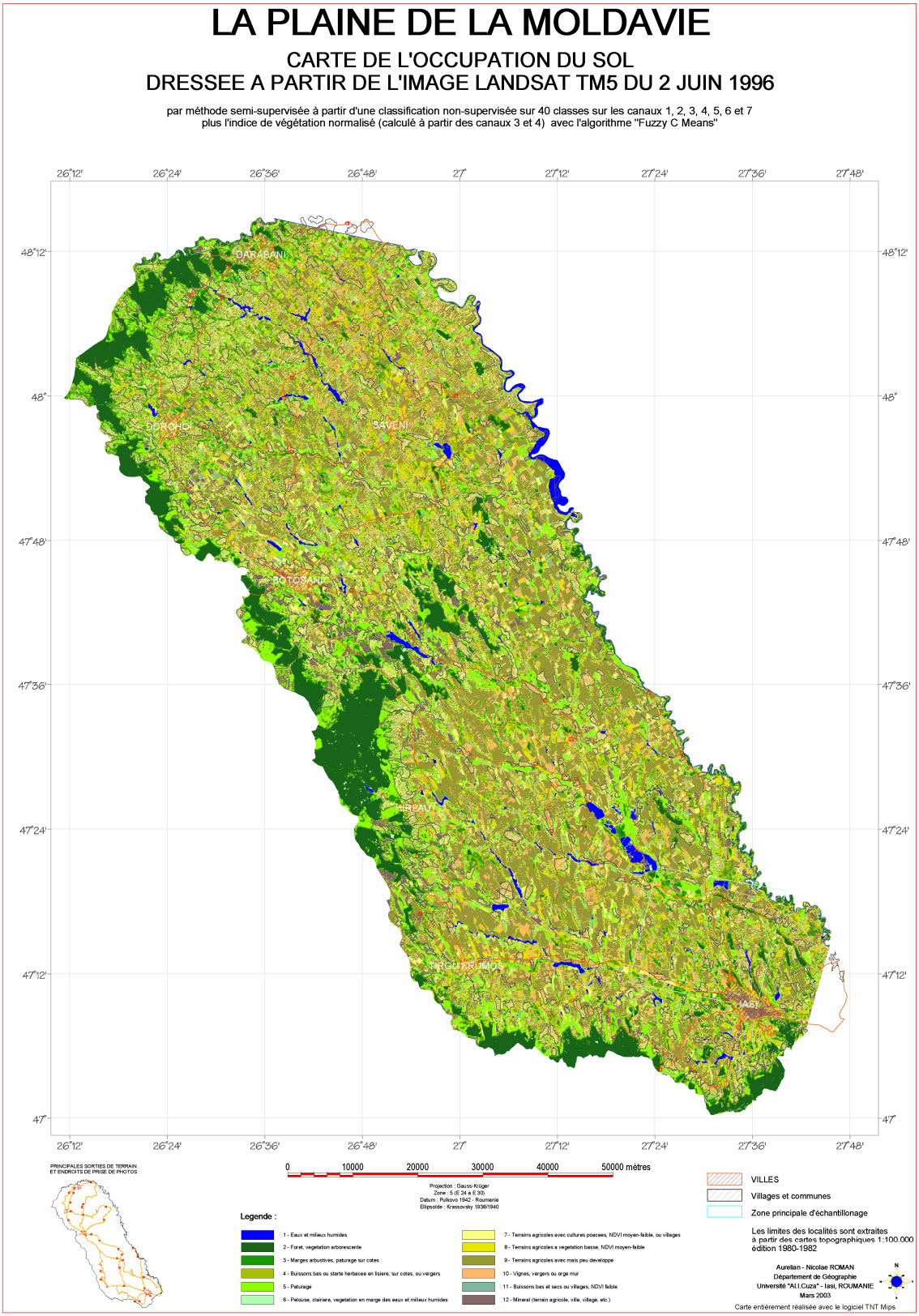
ANNEXE 12 : Composition colorée BVR(543) (spatio-carte)



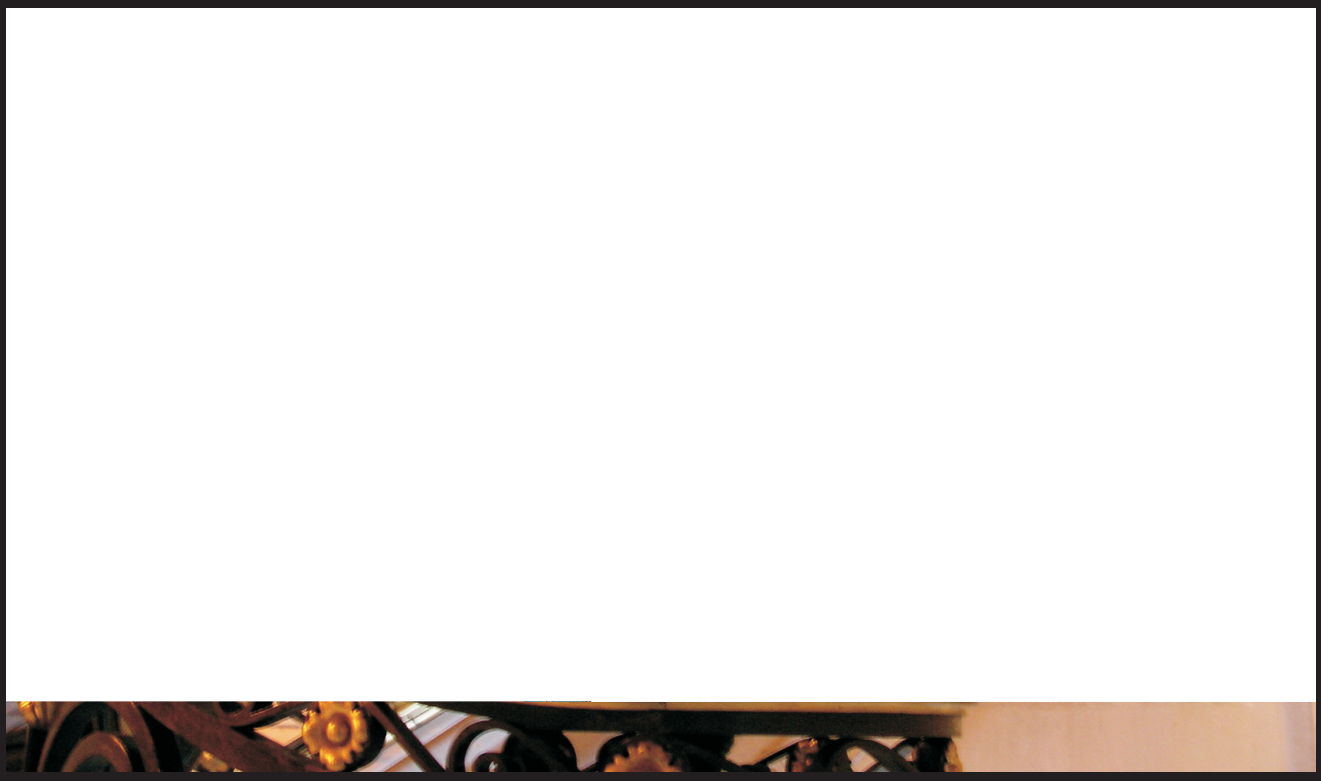
ANNEXE 13 : Composition colorée BVR(753) (spatio-carte)



ANNEXE 14 : L'occupation du sol (composition cartographique)



Editura şi tipografia STEF
Editură recunoscută de către CNCSIS
700705, IAŞI, Bd. Carol I nr. 8, parter
Tel./fax. 0232-216829; 0745-236413; 0788-897267
E-mail: editura@stef.ro
http://www.editurastef.ro





Aurelian - Nicolae ROMAN (n. 1968) a absolvit cursurile Facultății de Biologie, Geografie şi Geologie, secția Geografie - Limba şi literatura franceză, de la Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" Iaşi (România) în 1991. De la această dată a lucrat permanent în cadrul Departamentului de Geografie. A urmat pe parcursul mai multor ani (1990, 1991-1992, 1995-1997, 2003, 2005, 2006) numeroase stagii de cercetare şi pregătire profesională în străinătate la universități de prestigiu (Universitățile Paris - Sorbona şi Paris - Jussieu, ENS St. Cloud - Fontenay aux Roses) sau la firme specializate în domeniul Sistemelor Informaționale Geografice (din Canada şi România).

Autorul a colaborat la proiecte internaționale în domeniul geomaticii, cu Agenția Spațială Română precum şi cu societăți de media şi publicitate. Este expert pe probleme de infrastructură de date spațiale în cadrul grupului de lucru inter-ministerial pentru implementarea directivei europene INSPIRE. În domeniul universitar, autorul predă cursuri de teledetecție şi fotointerpretare, S.I.G., biogeografie, gestiunea şi valorificarea resurselor biosferei, multimedia şi tehnică fotografică. În anul 2003 a susținut teza de doctorat la Sorbona, obținând titlul de doctor în geografie şi amenajarea teritoriului cu mențiunea *summa cum laude.* În această publicație textul lucrării este prezentat integral.

ISBN: 973-8961-46-7

9 789738 961463

http://www.editurastef.ro