

CA

Département de géographie et télédétection
Faculté des lettres et sciences humaines
Université de Sherbrooke

***OUTIL D'AIDE À L'INTERPRÉTATION AUTOMATIQUE
D'IMAGES DE TÉLÉDÉTECTION TM DE LANDSAT
POUR LA CARTOGRAPHIE FORESTIÈRE***

par
Marie-Chantal Vincent

Mémoire présenté pour l'obtention du grade
Maître ès sciences (M.Sc.) en géographie

21 janvier 1998

Directeur de recherche: Goze Bertin Béné

Membre du jury:

André Poulin (Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke)

Kalifa Goita (École de sciences forestières, Université de Moncton)

Résumé

L'utilisation de la télédétection et du traitement d'images dans les pays en voie de développement a pris une place de plus en plus importante au cours de la décennie. Les techniques cartographiques modernes présentent un énorme potentiel dans la lutte pour la gestion et la conservation des forêts.

Les exigences de formation académique en télédétection et en traitement d'images sont différentes des autres disciplines plus pointues. Elles sont habituellement offertes par les universités au niveau des études supérieures, ou encore par formation continue incluant des stages de durée variable. Dans tous les cas, cette formation ne garantit pas suffisamment l'autonomie des utilisateurs de ces systèmes. Surtout dans les pays en voie de développement où les professionnels pratiquants ou en formation connaissent des problèmes comme l'isolement académique et professionnel ainsi qu'un accès limité au matériel informatique et aux références bibliographiques et techniques. Pour faciliter l'utilisation de l'information spatiale par une clientèle diversifiée, il convient donc d'élaborer un outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection.

Ce projet de recherche est une procédure interactive d'outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection (OAIIT). Son objectif est d'assister les usagers qui ne sont pas des spécialistes en télédétection, dans les diverses étapes du traitement d'images. Ce projet se situe dans le cadre d'une application en foresterie utilisant des images TM de Landsat pour la production de cartes forestières.

La procédure régissant l'interface usager fonctionne sous Windows 3.1. Elle est constituée d'écrans et de fenêtres permettant un encadrement simple et stable. L'utilisateur accède successivement à différentes fenêtres lui permettant de suivre les étapes du traitement d'images. L'OAIIT est supporté par une base de données comprenant des textes et références bibliographiques permettant à l'utilisateur de comprendre les étapes à suivre et de se référer à des ouvrages déjà existants.

Table des matières

| | |
|-------------------------------------------------|-----|
| Table des matières | I |
| Liste des figures | III |
| Liste des annexes | IV |
| Remerciements | V |
| | |
| 1. Introduction | 1 |
| 1.1. Problématique | 2 |
| 1.2. Objectifs | 2 |
| 1.2.1. Objectif général | 2 |
| 1.2.2. Objectifs spécifiques | 2 |
| | |
| 2. Hypothèses scientifiques | 3 |
| | |
| 3. Méthodologie | 3 |
| 3.1. Aspect pédagogique du projet | 5 |
| 3.1.1. L'outil pédagogique | 6 |
| 3.1.2. Apprentissage | 6 |
| 3.1.3. Compréhension | 7 |
| 3.1.4. Hiérarchisation des processus | 8 |
| 3.2. Aspect technique du projet | 10 |
| 3.2.1. L'élaboration du système | 11 |
| 3.2.2. Phase d'analyse de système | 12 |
| A. Technologie informatique | 12 |
| B. Contenu scientifique (base de données) | 12 |

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.3. La conception et développement de la procédure | 13 |
| A. Interface utilisateur | 13 |
| B. Description des processus | 14 |
| 3.2.4. Protocole d'utilisation | 17 |
| A. Écran de thème | 18 |
| B. Écran d'aide | 19 |
| C. Écran de références | 20 |
| 3.3. Aspect scientifique du projet | 21 |
| 3.3.1. Résumé des étapes | 22 |
| 3.3.2. Processus d'apprentissage du traitement d'images | 25 |
| 4. Résultats | 48 |
| 5. Conclusion | 49 |
| 6. Recommandations | 50 |
| 7. Références | 51 |

Liste des figures

| | | |
|-----|----------------------------------------|----|
| 1 | Organigramme de la méthodologie | 3 |
| 2 | Organigramme de l'aspect pédagogique | 5 |
| 3 | Organigramme de l'aspect technique | 10 |
| 4 | Boutons d'action - liaison | 14 |
| 5 | Boutons d'action - base de données | 14 |
| 6 | Choix multiples | 15 |
| 7 | Flux des choix multiples | 15 |
| 8 | Choix uniques | 16 |
| 9 | Flux des choix uniques | 16 |
| 10 | Fenêtre - thème | 18 |
| 11 | Fenêtre - aide | 19 |
| 12 | Fenêtre - références | 20 |
| 13 | Organigramme de l'aspect scientifique | 21 |
| 14 | Explication des organigrammes | 24 |
| 15 | Fenêtre - résumé | 25 |
| 16a | Organigramme de l'Outil d'Aide | 26 |
| 16b | Fenêtre - bienvenue | 26 |
| 17 | Organigramme du résumé des étapes | 27 |
| 18 | Fenêtres - résumé | 28 |
| 19a | Organigramme - choix des bandes | 29 |
| 19b | Fenêtre - choix de bandes | 29 |
| 20a | Organigramme - prétraitements | 30 |
| 20b | Fenêtre - prétraitements | 30 |
| 21 | Organigramme - corrections | 31 |
| 22a | Organigramme - amélioration de l'image | 32 |
| 22b | Fenêtre - amélioration de l'image | 32 |
| 23a | Organigramme - contrastes | 33 |
| 23b | Fenêtre - contrastes | 33 |

IV

| | | |
|-----|----------------------------------------------|----|
| 24a | Organigramme - rehaussement | 34 |
| 24b | Fenêtre - rehaussement | 34 |
| 25 | Organigramme - linéaire et-non linéaire | 35 |
| 26a | Organigramme - filtrage | 36 |
| 26b | Fenêtre - filtres | 36 |
| 27 | Organigramme - réduction de bruit | 37 |
| 28a | Organigramme - extraction | 38 |
| 28b | Fenêtre - extraction | 38 |
| 29 | Organigramme - Hotelling et segmentation | 39 |
| 30a | Organigramme - classification | 40 |
| 30b | Fenêtre - classification | 40 |
| 31a | Organigramme - indices de végétation | 41 |
| 31b | Fenêtre - indices de végétation | 41 |
| 32 | Organigramme - LAI - NDVI - TVI | 42 |
| 33a | Organigramme - production des résultats | 43 |
| 33b | Fenêtre - production des résultats | 43 |
| 34a | Organigramme - production | 44 |
| 34b | Fenêtre - production | 44 |
| 35 | Organigramme - cartes - calcul - analyse | 45 |
| 36 | Organigramme - exportation et enregistrement | 46 |
| 37a | Organigramme - fin | 47 |
| 37b | Fenêtre - fin du processus | 47 |

Liste des annexes

| | | |
|---|--------------------------------------|----|
| 1 | Organigramme méthodologique détaillé | 53 |
| 2 | Exemples de texte d'aide | 55 |
| 3 | Exemples de page de codification | 61 |
| 4 | Suite logique des modules | 68 |

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier très sincèrement mon directeur de maîtrise, Goze B. Béné, pour la confiance qu'il m'a témoigné et la patience dont il a fait montre à mon égard.

Ma reconnaissance va aussi à Monsieur Larry Bernais qui m'a apporté une aide fort appréciable de même qu'un soutien technique on ne peut plus professionnel.

J'exprime enfin ma gratitude à l'endroit des membres de ma famille pour leur support moral, tout au cours de la rédaction de cette thèse.

1. Introduction

Les technologies entourant la géographie se sont développées de façon vertigineuse au cours de la décennie, mais il n'en demeure pas moins que l'aspect le plus important de tout système est le savoir-faire humain et la mise en pratique d'idées qui permettent la maîtrise de la puissance de l'ordinateur en vue d'un résultat. Tout système conçu pour usage sur ordinateur n'est utile que s'il fonctionne correctement, s'il est facile à utiliser et s'il répond aux besoins de l'utilisateur qui en profitera. S'il permet aux usagers une prise de décision plus efficace, ils l'utiliseront, sinon, ils l'éviteront.

Ces concepts sont la base même de l'outil que nous avons développé. Ils expliquent les trois aspects fondamentaux du projet, soit les aspects pédagogique, technique et scientifique. Concernant l'aspect pédagogique, ce dernier met à profit le savoir de l'enseignement et une attention particulière sur le diagnostic de connaissances préinstructionnelles, en proposant une démarche étagée conviviale et relativement simple. Pour sa part, l'aspect technique tient compte du volet entourant le développement informatique à l'aide du langage Pascal, ce volet n'étant que le moyen ou le médium pour faire parvenir à l'utilisateur les connaissances véhiculées dans cet outil d'aide à l'interprétation des images de télédétection. Finalement, l'aspect scientifique se veut le contenu présentant les étapes et les processus de traitement d'images et les connaissances à transmettre à l'utilisateur, dans le cas d'une application en foresterie utilisant des images TM de Landsat pour la production de cartes forestières.

1.1. Problématique

La télédétection est aujourd'hui une discipline utilisée dans le monde entier, comme outil de gestion du territoire. Les exigences de formation académique en télédétection et en traitement d'images sont différentes des autres disciplines plus pointues. Elles sont habituellement offertes par les universités au niveau des études supérieures, ou encore par formation continue incluant des stages de durée variable. Dans tous les cas, cette formation ne garantit pas suffisamment l'autonomie des utilisateurs de ces systèmes. Surtout dans les pays en voie de développement où les professionnels pratiquant ou en formation connaissent des problèmes comme l'isolement académique et professionnel et un accès limité au matériel informatique et aux références bibliographiques et techniques. Pour faciliter l'utilisation de l'information spatiale par une clientèle diversifiée, il convient donc d'élaborer un outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection.

1.2. Objectifs:

1.2.1. Objectif général

Ce projet de recherche est une procédure interactive d'outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection (OAIIT). Cette application est limitée aux images TM de Landsat pour la cartographie de forêts. Son objectif est d'assister les usagers qui ne sont pas des spécialistes en télédétection dans les diverses étapes du traitement d'images.

1.2.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques retenus sont les suivants:

- faire les analyses et les recherches préliminaires au projet;
- développer une procédure interactive d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection utilisant des images TM de Landsat pour la production de cartes forestières en milieu tropical;
- faire les recommandations nécessaires pour l'utilisation de la procédure.

2. Hypothèses scientifiques

Pour réaliser ce travail nous avons posés les deux hypothèses suivantes:

- il est possible de développer une procédure interactive d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection;
- cet outil pédagogique facilitera l'interprétation des images de télédétection.

3. Méthodologie

La méthodologie générale est développée selon l'organigramme méthodologique détaillé en annexe 1. Ses principaux points sont résumés dans la prochaine section.

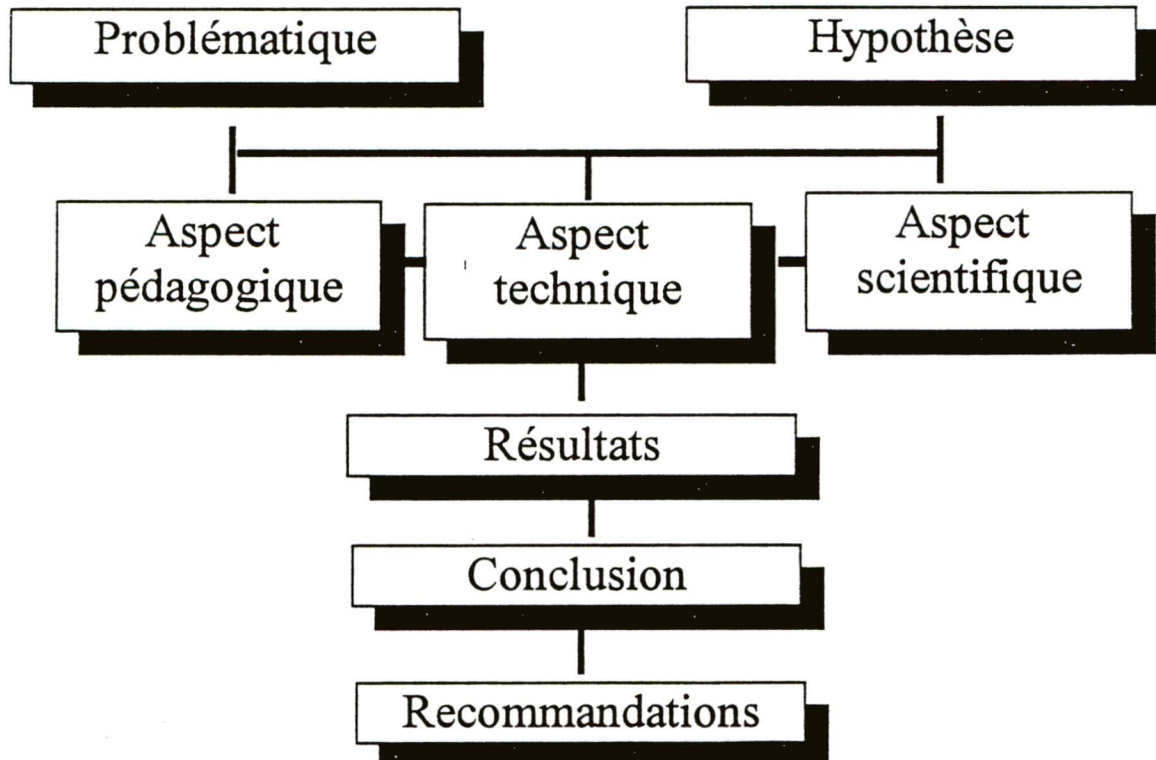


Figure 1: Organigramme de la méthodologie

En observant l'organigramme méthodologique, on peut voir les différentes étapes nécessaires au développement du projet d'outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection (OAIT).

Tout d'abord, il a fallu préparer l'aspect pédagogique afin de définir laquelle des stratégies pédagogiques serait la plus efficace dans le cas de notre projet. Il est en lien étroit avec l'aspect technique puisqu'il dépend du médium de communication, en ce sens que tout le développement technique et informatique doit se faire en harmonisation avec la technologie de l'informatique, l'interface usager et le côté graphique et visuel du système et vice versa.

De plus, l'aspect pédagogique doit être intimement lié à l'aspect scientifique. Ce dernier est la base même de l'information à véhiculer à l'utilisateur. C'est à cette étape du projet que le contenu matière ou le choix du contenu scientifique dans le domaine de la télédétection sera élaboré et placé dans des bases de données faciles à manipuler, corriger et modifier à volonté.

Voilà pourquoi, dans l'organigramme méthodologique, on peut voir les différentes étapes du développement placées une à côté de l'autre sur un même palier.

Suivent les résultats, la conclusion et les recommandations faits pour la continuité du projet dans un sens plus spécialisé qu'un simple outil d'aide.

3.1. Aspect pédagogique du projet

L'aspect pédagogique du projet fait appel à la psychologie cognitive qui stipule que l'enseignement et l'apprentissage sont fondamentalement des activités de traitement d'informations chez l'humain. Dans le développement de cet outil, nous avons dû élaborer un contenu matière, c'est à dire tout le contenu scientifique et technique sur la télédétection et le traitement d'images (voir aspect scientifique du projet). Il a fallu ensuite planifier une séquence d'actions pédagogiques en vue de permettre à l'utilisateur de s'approprier des connaissances générales de la télédétection et du traitement d'images. Dans ce processus de planification et de mise en application, nous avons à traiter d'un grand nombre d'informations en rapport avec les connaissances retenues et de la façon de les placer dans les modules logistiques.

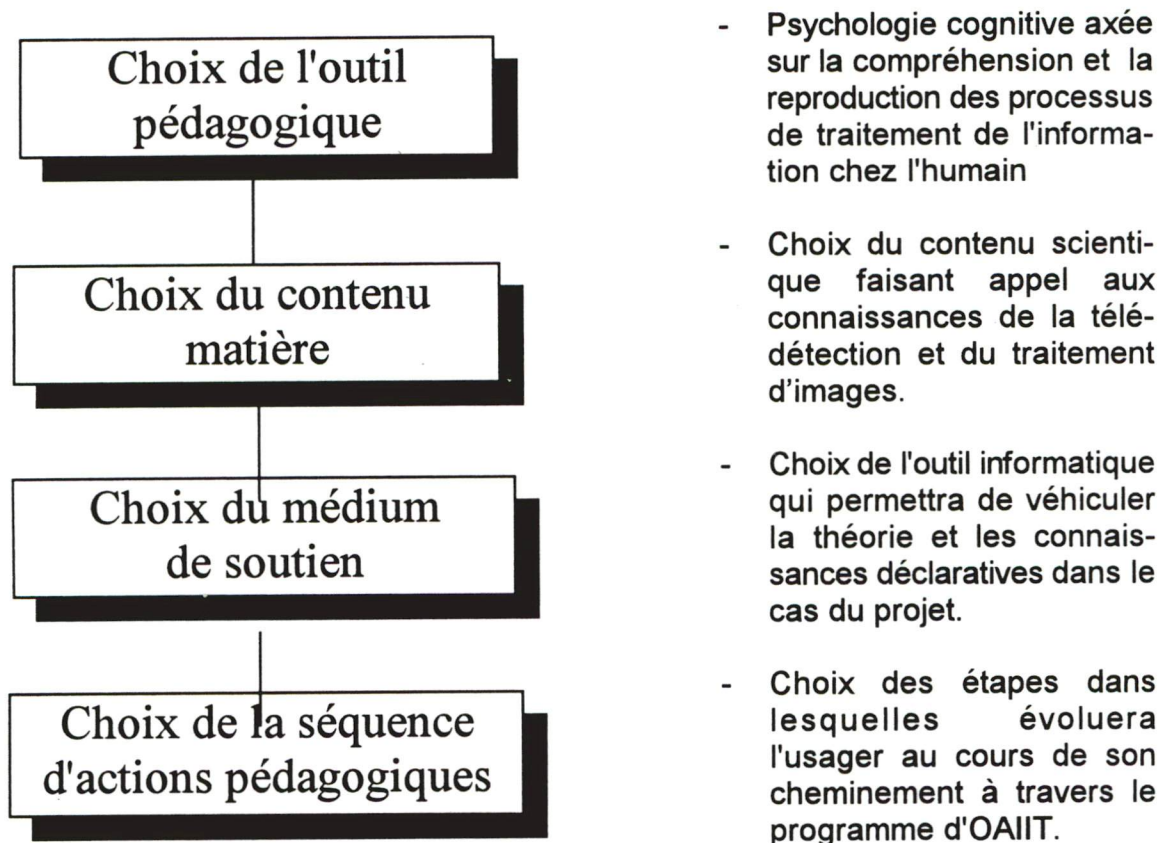


Figure 2: Organigramme de l'aspect pédagogique

3.1.1. L'outil pédagogique

L'outil pédagogique utilisé dans ce logiciel est essentiellement basé sur la psychologie cognitive axée sur l'acquisition, l'analyse, la compréhension et la reproduction des processus de traitement de l'information chez l'humain. La psychologie cognitive considère que l'enseignement et l'apprentissage sont deux activités connexes. Nous avons donc élaboré dans ce projet, l'outil pédagogique traitant des informations et des connaissances de la télédétection ainsi que des connaissances techniques de base que possède l'utilisateur. L'aspect pédagogique s'appuie sur le principe des connaissances antérieures et stipule que la seule façon efficace d'apprendre est d'essayer de relier les expériences nouvelles à ce que l'utilisateur sait déjà (Anderson, 1983). En d'autres termes, la compréhension et l'apprentissage sont inséparables. Ainsi, à l'aide de notre OAIT, il sera possible à l'utilisateur d'intégrer de façon pertinente et organisée, divers éléments et habiletés connexes à la télédétection et du traitement d'images et d'être plus mesure de résoudre les problèmes et de prendre des décisions éclairées à la lumière des cartes thématiques produites.

3.1.2. Apprentissage

Dans le cas de l'apprentissage, il s'agit d'un processus actif et constructif; on doit donc supposer un changement de la structure cognitive et un nouvel acquis de connaissances techniques dans un contexte dynamique encadré et contrôlé par OAIT et ainsi faciliter l'interprétation des images de télédétection.

"L'apprentissage est l'établissement de liens entre les nouvelles informations et les connaissances antérieures. Il est donc une relation entre les catégories cognitives connues et nouvelles. Ainsi, l'apprentissage peut se produire par le développement ou la modification du réseau des relations qu'il y a entre les catégories cognitives." (Gagné, 1985). La hiérarchie et les liens relationnels logiques entre les modules de l'OAIT sont donc très importants puisqu'ils assistent l'utilisateur dans son apprentissage en contrôlant les relations entre les catégories cognitives, ces contrôles sont présentés dans la section de l'aspect technique).

Un principe important de la psychologie cognitive est que l'apprentissage est un processus actif et dynamique, donc constructif. La personne qui apprend ne reste pas passive devant ce qui lui est présenté. Au contraire, en recevant les informations qui lui parviennent de l'extérieur, peu importe le récepteur sensoriel qui capte ces informations, elle fait une sélection. Ce processus de sélection implique la création de règles qui permettent d'interagir de façon significative avec les éléments présentés (Tardif, 1992).

De la même façon, l'outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection permet à l'utilisateur d'approfondir sa structure cognitive sur la télédétection et le traitement d'images. Les écrans d'aide et les références fournis dans ce logiciel atteignent précisément ce but en faisant ressortir de façon structurée, par des explications, des définitions et des références pertinentes, la nature et l'interaction entre les objets ou phénomènes.

3.1.3. Compréhension

Dans le cas de la compréhension, les hypothèses s'appuient sur une structure cognitive existante, où l'apprentissage doit être enclenché par celui qui apprend (Brown, 1989). Un tel apprentissage est significatif parce qu'il suppose un changement cognitif qui a du sens, parce que cet apprentissage est intimement intégré à tout ce que l'utilisateur sait du monde de la télédétection et du traitement d'images. Ainsi, la structure cognitive existante, c'est à dire la compréhension d'éléments connus, est le pilier de l'apprentissage et de la maîtrise de cet outil.

L'utilisateur doit donc avoir une connaissance minimale de la physique de la télédétection et du traitement d'images en général pour profiter au maximum de l'OAIIIT.

3.1.4. Hiérarchisation des processus

L'OAIT permet donc à l'utilisateur d'approfondir sa structure cognitive de la télédétection et du traitement d'images en se basant sur la représentation schématique de la réalité qui l'entoure. Dans la mémoire à long terme d'une personne, les connaissances déclaratives, conditionnelles et procédurales ne sont pas dissociées les unes des autres, elles sont reliées entre elles d'une façon systématique; elles sont organisées et fortement hiérarchisées (Tardif, 1992).

On entend par connaissances déclaratives, des connaissances essentiellement théoriques. Il s'agit, selon Gagné, de la connaissance de faits, de règles, de lois, de principes. Dans notre cas, par exemple, une connaissance dite déclarative serait les différentes lois régissant le rayonnement électromagnétique. Il est à noter que les connaissances déclaratives sont fondamentalement statiques (Jones, 1987). Dans la conception du logiciel, ces connaissances sont mises à profit et bien soutenues dans les différentes bases de données conçues à cet effet, (voir Contenu scientifique).

Pour ce qui est des connaissances procédurales, elles correspondent au comment de l'action, aux étapes pour réaliser une action, à la procédure permettant la réalisation d'une action (Tardif, 1992). Ce sont des connaissances dynamiques mises à profit dans l'OAIT à travers un cheminement convivial et une succession d'étapes faciles à suivre, comme nous le verrons à la section 3.2. Aspect technique.

Tant qu'aux connaissances conditionnelles, elles concernent le quand et le pourquoi. À quel moment et dans quel contexte est-il approprié d'utiliser telle ou telle stratégie, telle ou telle démarche, d'engager telle ou telle action? Ce sont des connaissances qui correspondent essentiellement à des classifications, à des catégorisations (Tardif, 1992).

Ces connaissances sont exploitées dans l'outil d'aide à l'interprétation des images de télédétection à travers des choix multiples que l'utilisateur aura à faire dans certains contextes comme la classification ou les indices de végétation. Le logiciel supporte l'utilisateur dans sa démarche à l'aide de fenêtres d'explications ou de fenêtres de références bibliographiques du sujet discuté (voir Processus d'apprentissage du traitement d'images).

Le logiciel OAIIIT est conçu afin d'intégrer à la fois, dans la même organisation, les connaissances déclaratives, conditionnelles et procédurales, ce qui se veut la représentation la plus vraisemblable de l'organisation et de la hiérarchisation qui existe dans le système de traitement de l'information de l'être humain (Tardif, 1992).

3.2. Aspect technique du projet

Ce volet du projet est tout ce qui est compris au niveau du développement du système. Il couvre le côté informatique du projet.

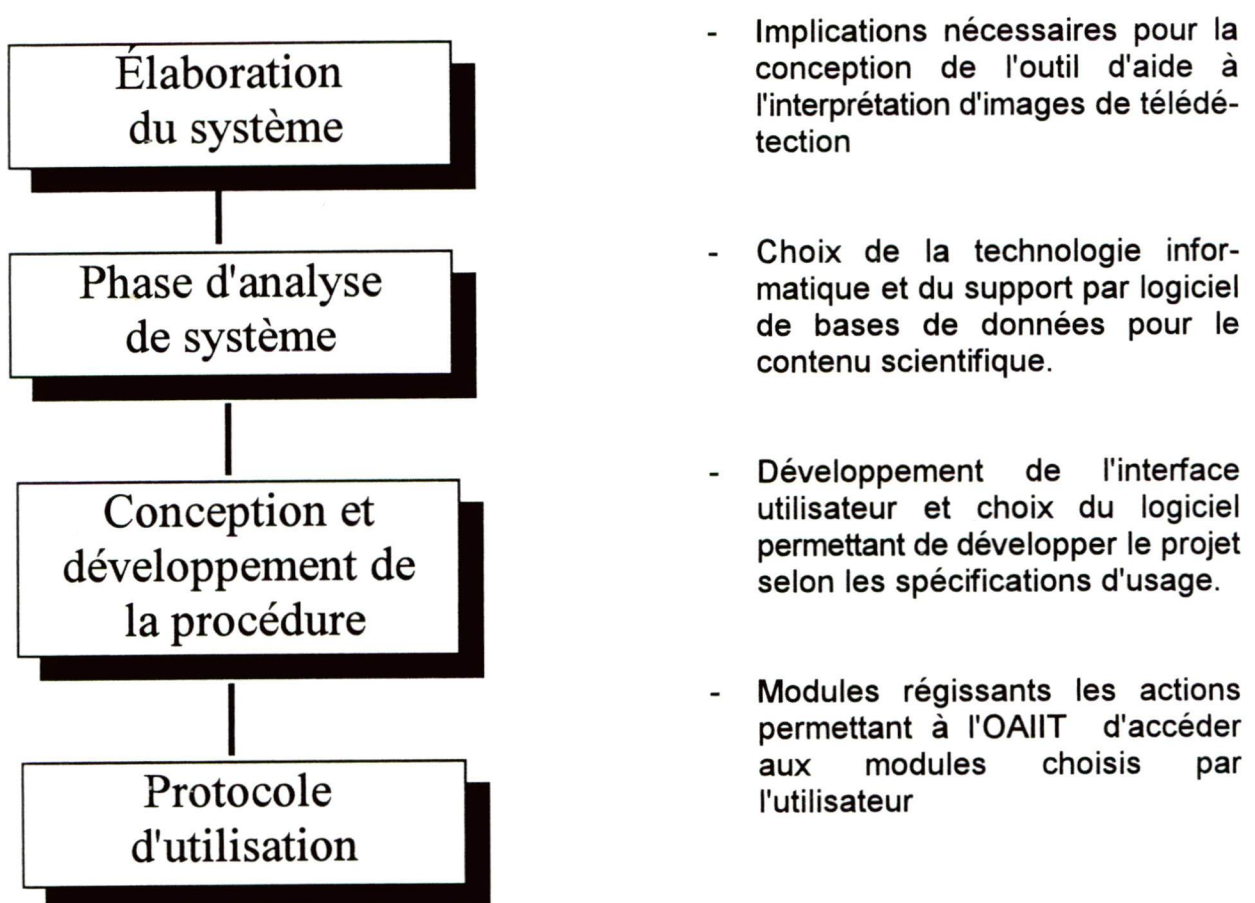


Figure 3: Organigramme de l'aspect technique

3.2.1. L'élaboration du système

La conception de l'OAIT exige, en premier lieu, une connaissance suffisante de l'informatique, de la programmation et de l'environnement WINDOWS 3.1 pour permettre le développement de ce système en plus d'une compréhension assez exhaustive des étapes et processus utilisés dans le cas des traitements à effectuer sur une image TM de Landsat. Elle est au niveau de l'aspect scientifique à la section 3.3. La conception de cet outil doit permettre:

1. d'examiner la problématique et de déterminer quelle technologie informatique est la plus adaptable au projet, dans ce cas-ci un ordinateur de type PC pour l'accessibilité et le bas prix des ordinateurs;
2. d'interpréter les faits permettant un diagnostic pédagogique en l'associant à un système informatique, dans un environnement convivial, le choix retenu étant l'environnement WINDOWS 3.1 qui permet le développement d'une interface usager déjà connue et facile à utiliser;
3. de déterminer quel outil informatique de développement sera le plus versatile et permettra une programmation simple et efficace; DELPHI, un nouvel outil de développement par BORLAND a été utilisé;
4. de concevoir et de développer des spécifications pour un système d'information d'après l'étude et l'analyse;
5. de pouvoir soutenir le système avec des informations diverses sur le traitement d'images;
6. de bien percevoir le développement du logiciel, des méthodes de test, et des stratégies de programmation pour la mise en oeuvre du système;
7. de communiquer les connaissances à l'aide d'un support pédagogique adéquat.

3.2.2. Phase d'analyse de système

Au niveau de la phase d'analyse, il est important de connaître tous les aspects du système à développer. Il faut; décider de la technologie informatique qui supportera le développement et la conception du logiciel de la façon la plus adéquate possible; connaître toutes les étapes du traitement d'images et la chronologie de ces étapes, cette chronologie est primordiale pour la création adéquate d'une carte thématique; et enfin mettre sur pied des mécanismes de contrôle de l'information.

A. Technologie informatique

Pour permettre le développement d'un outil convivial et simple à utiliser, l'environnement WINDOWS est retenu parcequ'il est efficace, commun et convivial. Le choix s'est arrêté sur un ordinateur compatible de type PC, étant donné sa grande popularité. L'environnement WINDOWS 3.1 se manipule avec la souris et consiste en une série de fenêtres consécutives qui permettent une communication facile et efficace avec l'utilisateur, puisque le temps nécessaire à l'utilisateur pour contrôler son environnement d'apprentissage est réduit à sa plus simple expression. Dans le cas d'un système interactif comme celui-ci, la personne manipule le système et reçoit des résultats de façon directe. À ce point, l'utilisateur connaît l'environnement WINDOWS 3.1 mais n'a pas nécessairement de connaissances avancées en traitement d'images.

B. Contenu scientifique

Cette étape de l'analyse implique une revue bibliographique et une recherche en profondeur sur le traitement d'images TM de Landsat dans le cas d'une application en foresterie dont le but final est de créer des cartes forestières. Elle consiste à choisir l'information scientifique (textes d'aide) que l'on veut placer dans les bases de données DBASE IV dans le but de soutenir l'utilisateur dans son apprentissage.

Les textes des aides, trouvés à la section 3.2.4. Protocole d'utilisation, apparaissent à l'intérieur de l'écran aide à chaque fois que l'utilisateur choisis le bouton [AIDE] dans un écran thème. Vous trouverez à l'annexe 2 des exemples de texte d'aide proposés à l'utilisateur dans l'OAIT.

3.2.3. Conception et développement de la procédure

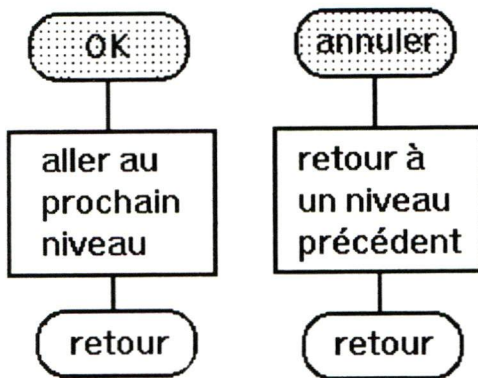
La procédure qui régie l'interface utilisateur est constituée d'écrans et de fenêtres permettant un encadrement simple et stable. Les protocoles sont mis en place afin de lier toutes les fenêtres pour répondre aux objectifs et aux besoins de l'utilisateur. Le développement de la procédure s'est fait à l'aide du logiciel DELPHI de la compagnie BORLAND. C'est ce logiciel qui permet le mieux d'intégrer, de manipuler et de modifier les informations. Ce logiciel supporte une structure de bases de données qui permet de modifier les informations sans avoir à recompiler et lier les instructions machines. Nous avons donc placé dans des bases de données DBASE IV toutes les informations retrouvées dans les sous-écrans d'aide et de références. Voir l'annexe 2 pour des exemples de texte d'aide disponibles à l'utilisateur. Vous trouverez aussi à l'annexe 3 un exemple de code créé à l'aide du logiciel DELPHI.

A. Interface utilisateur

L'interface utilisateur est l'environnement que nous avons créé et qui a pour but d'encadrer l'utilisateur en permettant d'accéder successivement à différentes fenêtres. Ces fenêtres encadrent l'utilisateur dans un environnement stable et simple à comprendre, puisque le même patron revient d'une étape à l'autre. Un code de couleur pour chaque type de fenêtre est utilisé pour rendre plus visuel et plus catégorisé l'usage de cet outil. Vous trouverez à la section 3.2.4. le protocole d'utilisation expliquant les différentes fenêtres que contient l'OAIT.

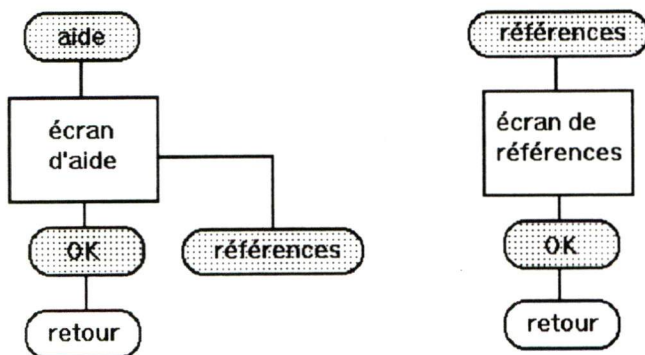
B. Description des processus

Pour que la conception du système soit faite de façon modulaire, tous les processus doivent être bien décrits afin d'éviter tout chevauchement de tâches qui apporterait une confusion au niveau des écrans. Les différentes étapes, que l'utilisateur franchit avec le système, dépendent des choix qu'il fait à l'intérieur des fenêtres de thèmes. Chacune des fenêtres de thèmes est liée à un écran d'aide et de références.



Voici les organigrammes des modules qui régissent les actions de l'utilisateur. Ils représentent les boutons d'actions qui permettent à l'utilisateur de progresser à travers l'OAIT. Ainsi le bouton [OK] permet à l'utilisateur d'accéder au prochain niveau

Figure 4: Bouton d'action - liaison



Le bouton [ANNULER] permet de retourner au niveau précédent; les boutons [AIDE] et [RÉFÉRENCES] permettent d'obtenir les textes explicatifs ainsi que les références pertinentes sur le sujet discuté

Figure 5 : Boutons d'action - base de données

a. Écran de choix multiples

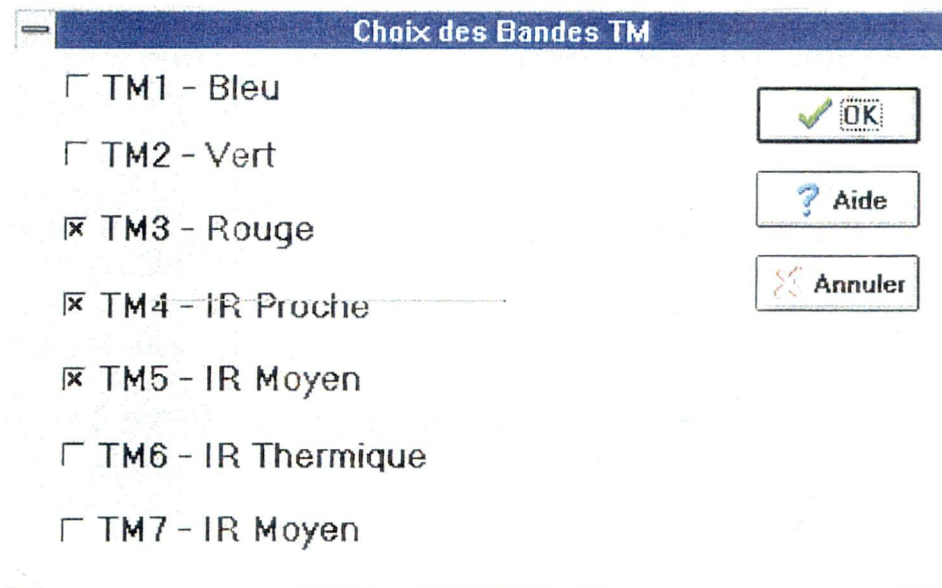
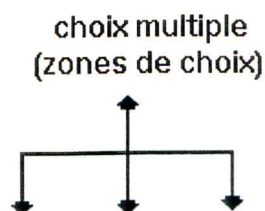


Figure 6: Choix multiples

Dans cette fenêtre l'utilisateur peut sélectionner plusieurs options en même temps. L'OAIIIT se chargera d'exécuter les modules nécessaires de façon subsequente afin de couvrir tous les choix de l'utilisateur.



Voici la façon dont un choix multiple est représenté dans l'organigramme système retrouvé à la section 3.2 Processus d'apprentissage.

Figure 7: Flux des choix multiples

b. Écran de choix uniques

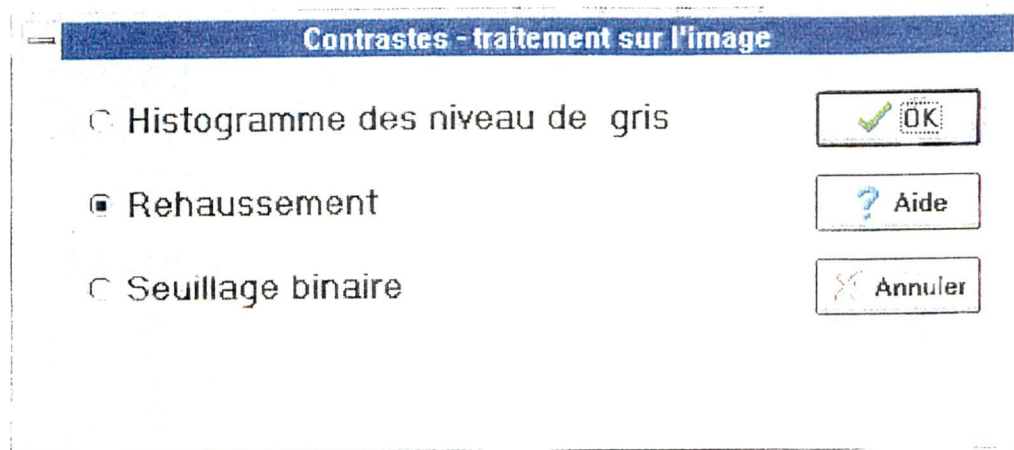
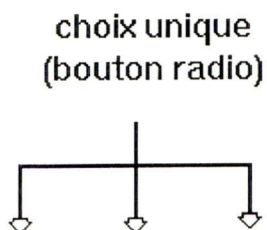


Figure 8: Choix uniques

Dans cette fenêtre l'utilisateur peut sélectionner qu'une seule option, les autres seront automatiquement désactivées. L'OAIIIT se chargera d'exécuter le module choisi par l'utilisateur.



Voici la façon dont un choix unique est représenté dans l'organigramme système retrouvé à la section 3.2 Processus d'apprentissage.

Figure 9: Flux des choix uniques

3.2.4. Protocole d'utilisation

L'OAIT comprend essentiellement trois types de fenêtres de base. Ces fenêtres permettent un interface utilisateur simple, puisqu'elle encadrent l'utilisateur à l'aide d'un patron permettant des fenêtres récursives. Ainsi, les fenêtres dont le fond est gris sont les fenêtres représentant les thèmes ou les différentes étapes du traitement d'images. Les fenêtres vertes sont les fenêtres d'aide, alors que les fenêtres bleues sont les références bibliographiques sur l'étape en question.

Au début du programme OAIT, on retrouve des fenêtres roses qui contiennent un résumé de chaque étape du traitement d'images. Vous trouverez cet écran à la figure 15 (3.3.2 Processus d'apprentissage du traitement d'images), ainsi que le résumé de chaque module à la section 3.3.1 Résumé des étapes.

A. Fenêtre de thème (gris)

Cette fenêtre introduit le thème correspondant à une étape du traitement de l'image. Elle apparaît à l'utilisateur avec des choix prédéterminés d'options. Ces options retenues dans ce sous système ont été choisies pour leur efficacité dans le cas d'une application en cartographie forestière d'un satellite TM de Landsat. La fenêtre permet à l'utilisateur de faire des choix différents autres que ceux suggérés à l'aide de zones à cocher (choix multiples) ou à l'aide d'un bouton radio (choix uniques). Cet écran est lié à l'écran aide et permet aussi d'annuler les choix avec un retour au module précédent.

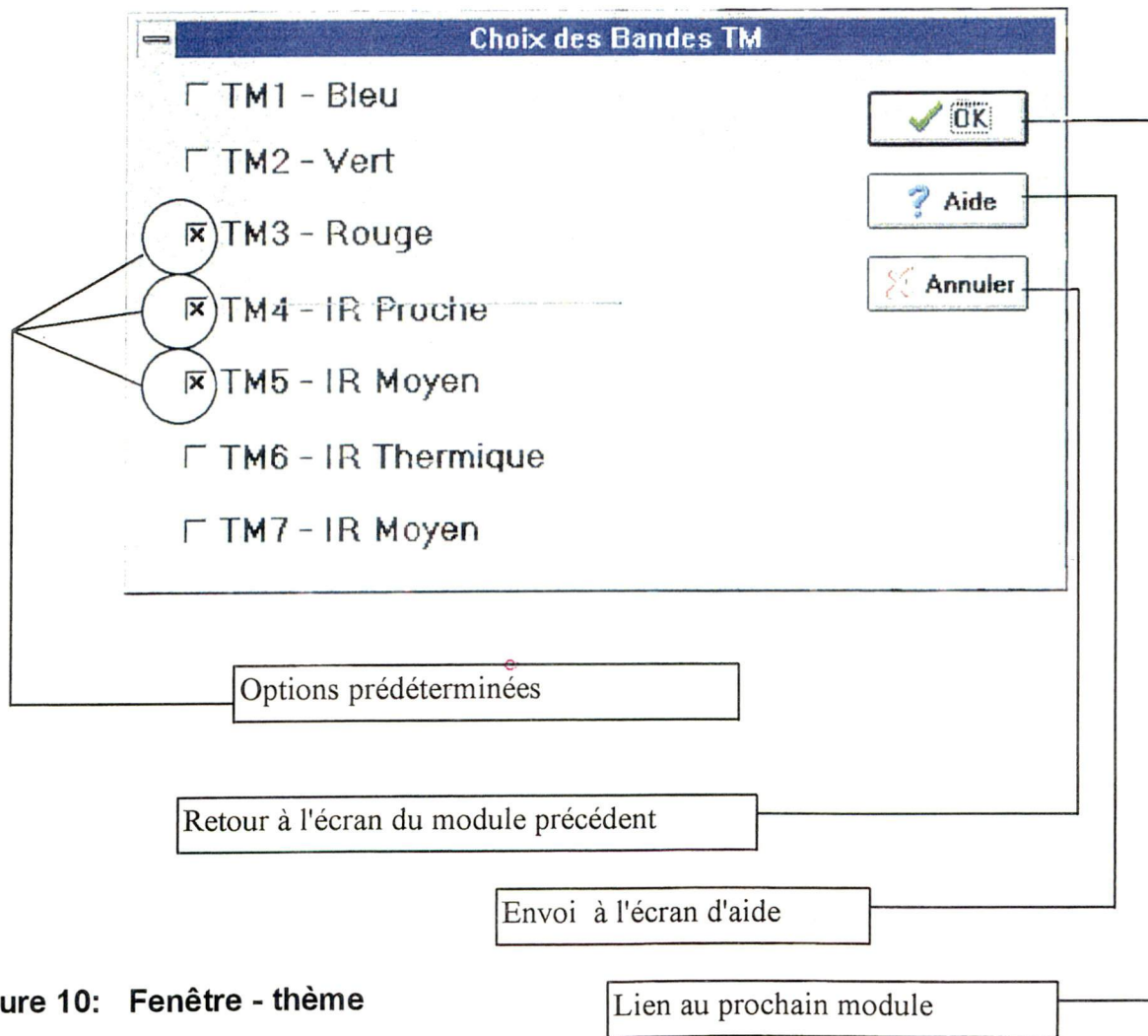


Figure 10: Fenêtre - thème

B. Fenêtre d'aide (vert):

Cette fenêtre est une structure interactive et fournit des explications précises et concises sur les divers processus et étapes du traitement d'images. Ces explications ont été placées dans une sous-fenêtre à déroulement vertical, facile à manipuler. Les informations à transmettre à l'utilisateur se retrouvent dans une base de données permettant la mise à jour rapide et facile. Cet écran est lié à l'écran de référence et permet aussi d'annuler avec un retour au module précédent. Vous trouverez à l'annexe 2 des exemples de textes d'aide, par sujets, proposés à l'utilisateur par l'OAIT.

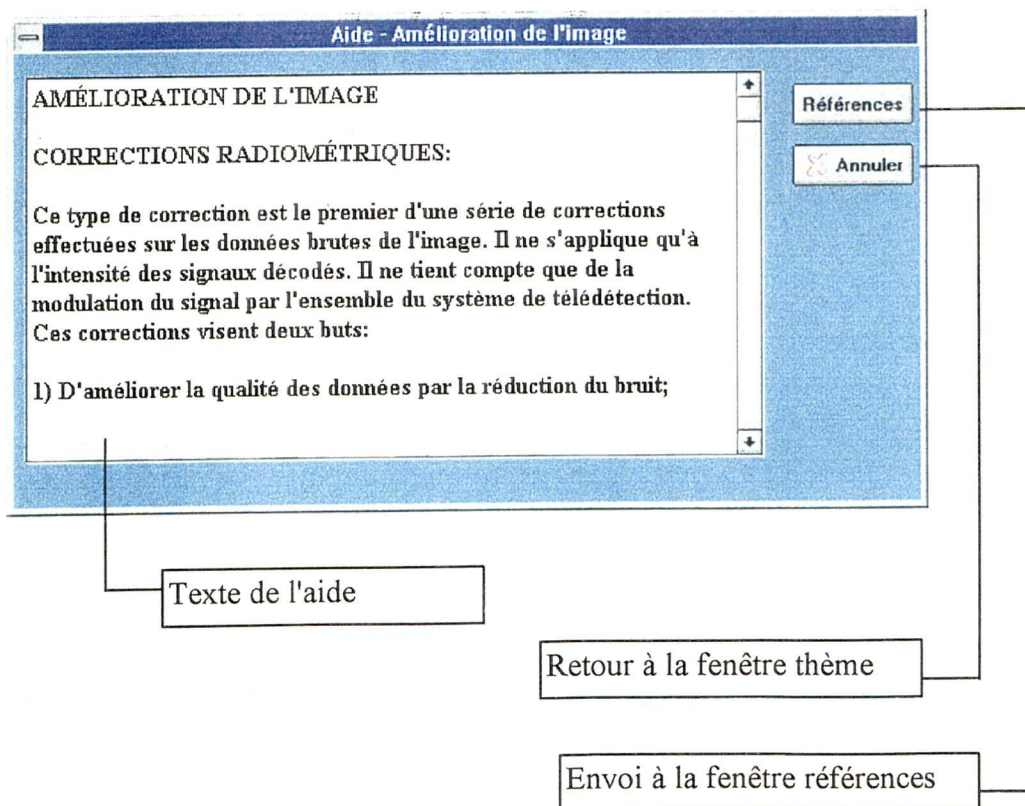


Figure 11: Fenêtre - aide

C. Fenêtre références (bleu):

Cette fenêtre contient une série de références d'articles sur le sujet discuté. Comme la fenêtre d'aide, ces références sont gardées dans une base de données et placées dans une sous-fenêtre à déroulement vertical, facile à manipuler. Elle permet aussi d'annuler et de retourner au module précédent.

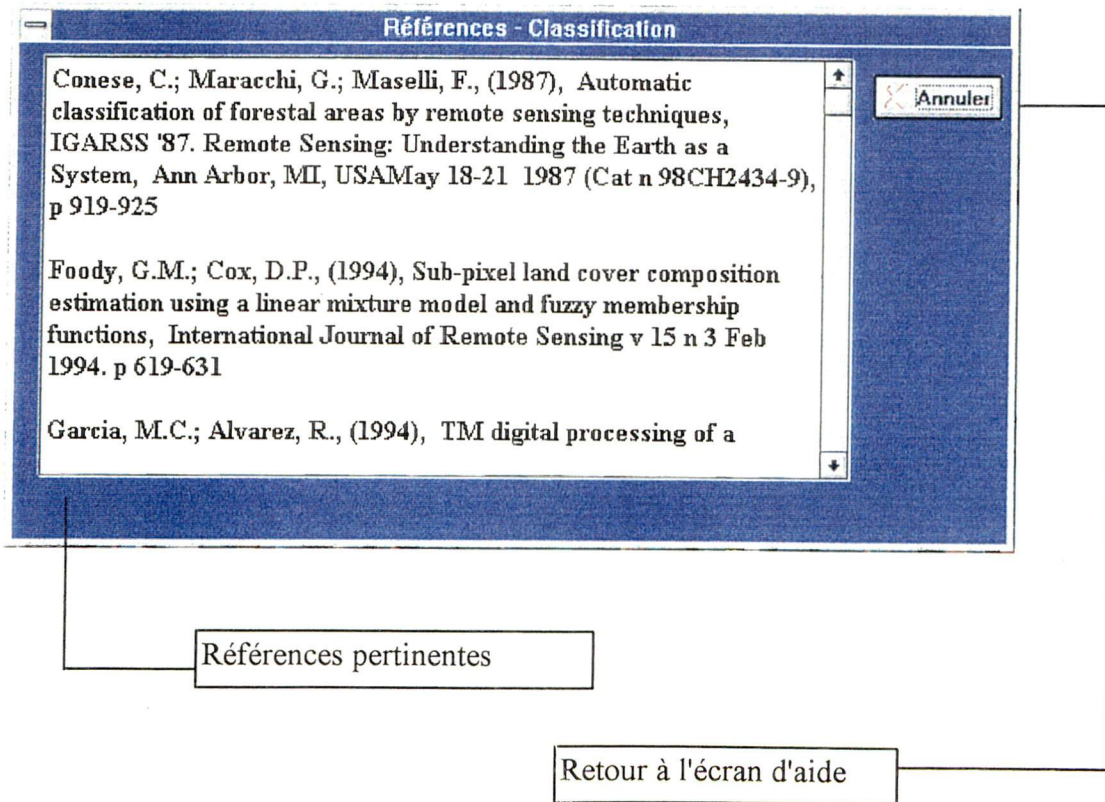


Figure 12: Fenêtre - références

3.3. Aspect scientifique du projet

Cette section représente l'essentiel du contenu scientifique du système. C'est à ce niveau que les connaissances en traitement d'images entrent en jeu. Elle décrit toutes les étapes à travers lesquelles l'utilisateur doit évoluer pour arriver à produire une carte d'une forêt tropicale. On trouve à ce niveau-ci toutes les informations techniques et les références nécessaires à l'utilisateur.

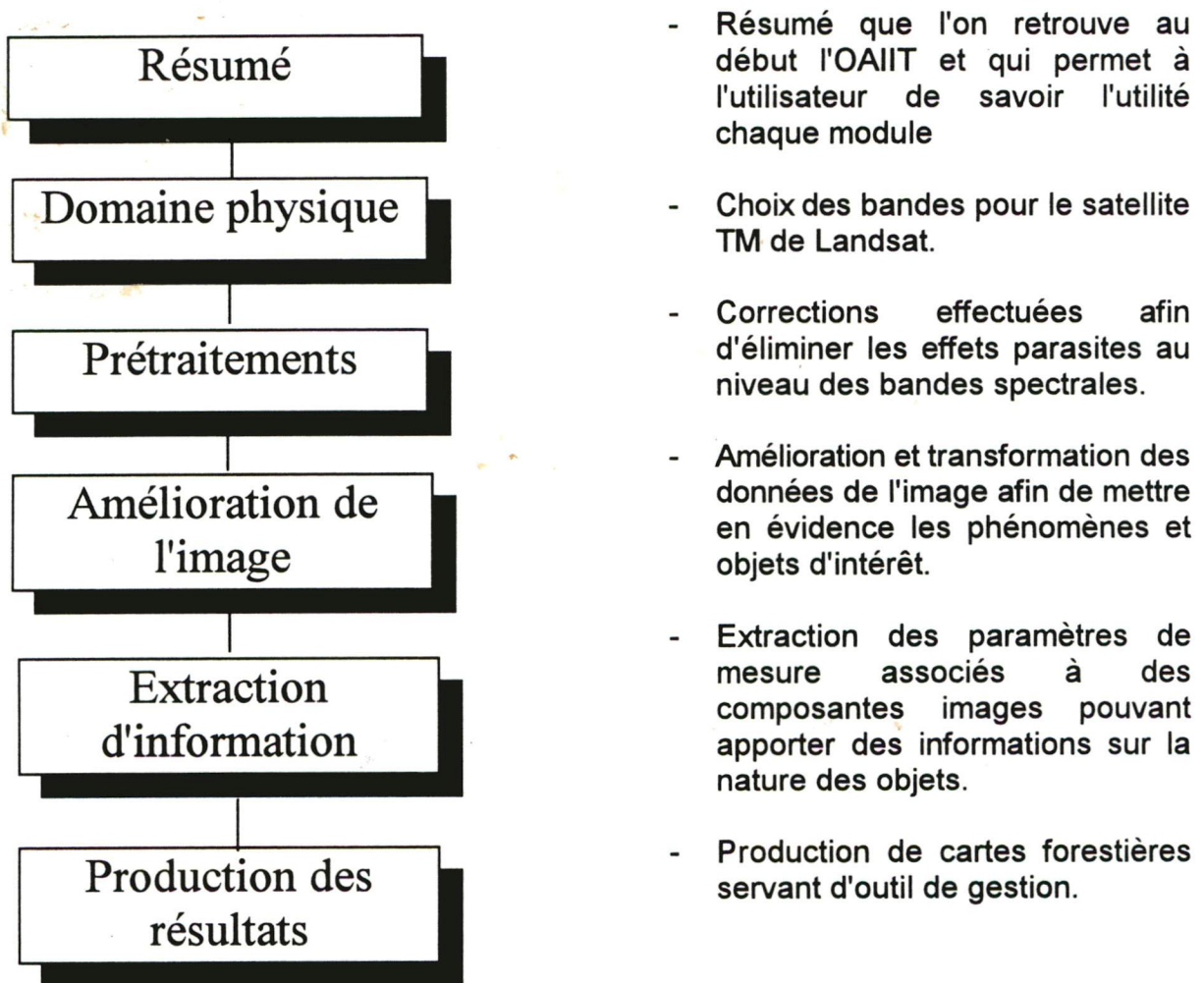


Figure 13: Organigramme de l'aspect scientifique

3.3.1. Résumé des étapes

On retrouve un court résumé, au début, dès qu'on accède au logiciel OAIT. Il permet à l'utilisateur de se familiariser avec chaque étape et d'accéder directement à l'étape de son choix.

A. Introduction

Ce logiciel se veut une procédure interactive d'outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection. Il se situe dans le cadre d'une application en foresterie utilisant des images TM de Landsat pour la production de cartes forestières ou tempérées. Son objectif est d'assister les usagers dans les différentes étapes du traitement d'images satellitaires.

B. Domaine physique

Le traitement d'images satellitaires doit tenir compte des caractéristiques physiques des données utilisées par l'utilisateur. Pour commencer le processus d'interprétation d'images, il faut faire le choix des bandes selon des besoins spécifiques. Il est important de bien connaître les mécanismes d'interaction du rayonnement électromagnétique avec différents éléments atmosphériques et physiques.

C. Prétraitements

Le rayonnement électromagnétique a subi des atténuations par absorption et diffusion suivant différentes lois physiques. Les données brutes reçues devront donc être corrigées. Diverses corrections seront effectuées afin d'éliminer les effets que l'on retrouve au niveau des bandes spectrales.

D. Amélioration de l'image

Différents traitements, fait à partir de l'image, permettent d'améliorer celle-ci en vue de son interprétation. Ces techniques visent à transformer les données pour ainsi mettre en évidence les phénomènes ou objets d'intérêt.

E. Extraction d'informations

Les paramètres de mesure auxquels sont associées les composantes images peuvent comprendre des mesures spectrales du rayonnement électromagnétique (luminance). Ces paramètres peuvent également comprendre des mesures de la forme des objets ou des mesures faites en fonction du temps, des mesures de la position d'observation ou de toute autre variable qui puisse nous apporter de l'information sur la nature des objets. Ce niveau-ci permet à l'utilisateur d'extraire certaines informations pour faciliter la gestion du territoire.

F. Production des résultats

Cette étape se veut être la finalité du projet, puisqu'il consiste en la production de cartes forestières qui serviront ensuite d'outil pour une meilleure gestion des forêts. Il sera donc possible à l'utilisateur de choisir le type de résultats qu'il souhaite.

3.3.2 Processus d'apprentissage du traitement d'images

C'est à cette étape du projet que le processus d'apprentissage, nous permettant d'introduire le traitement d'images à l'utilisateur, commence. Il est question ici des différents modules informatiques qui ont été dessinés puis programmés. Ces modules se suivent de façon logique et sont conformes au traitement d'images.

L'organigramme des pages qui suivent décrit la séquence de ces processus. On retrouve avec chaque organigramme de module la fenêtre thème correspondante.

Voici une brève explication de la structure des organigrammes.

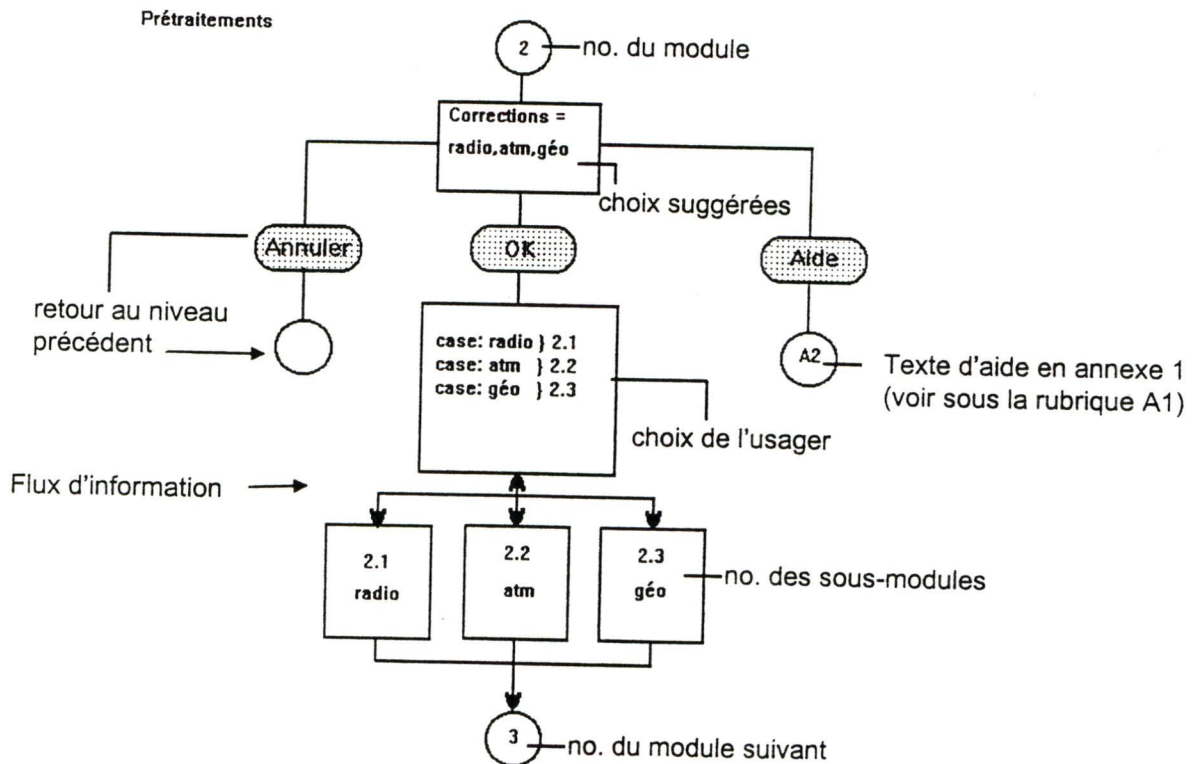
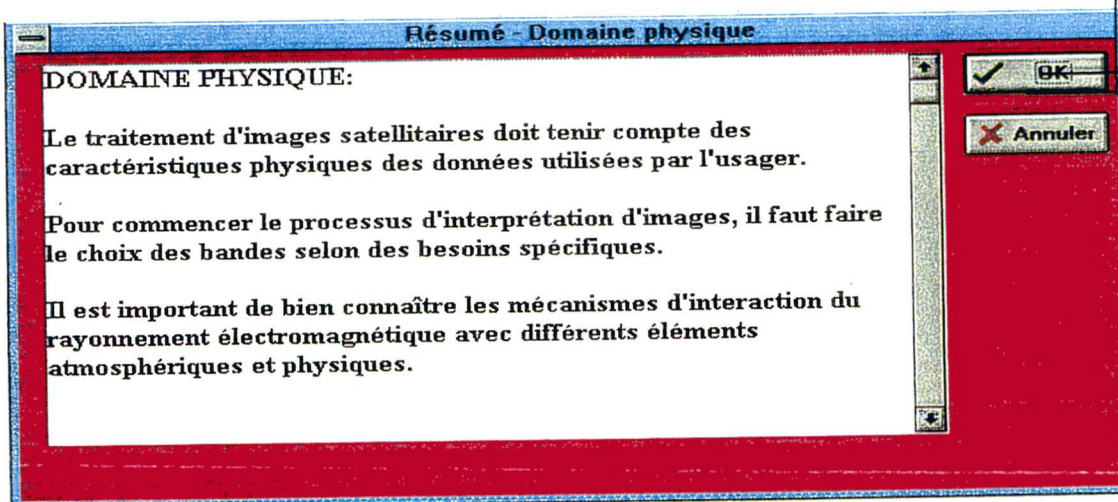
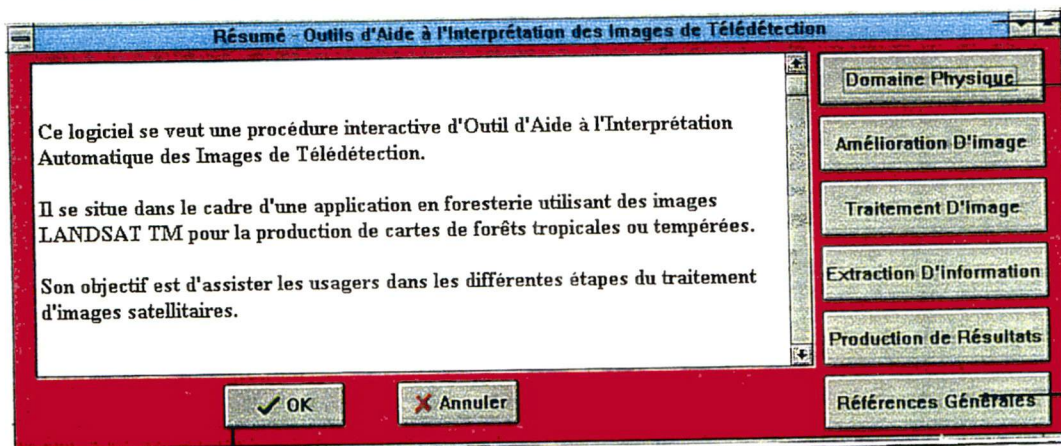
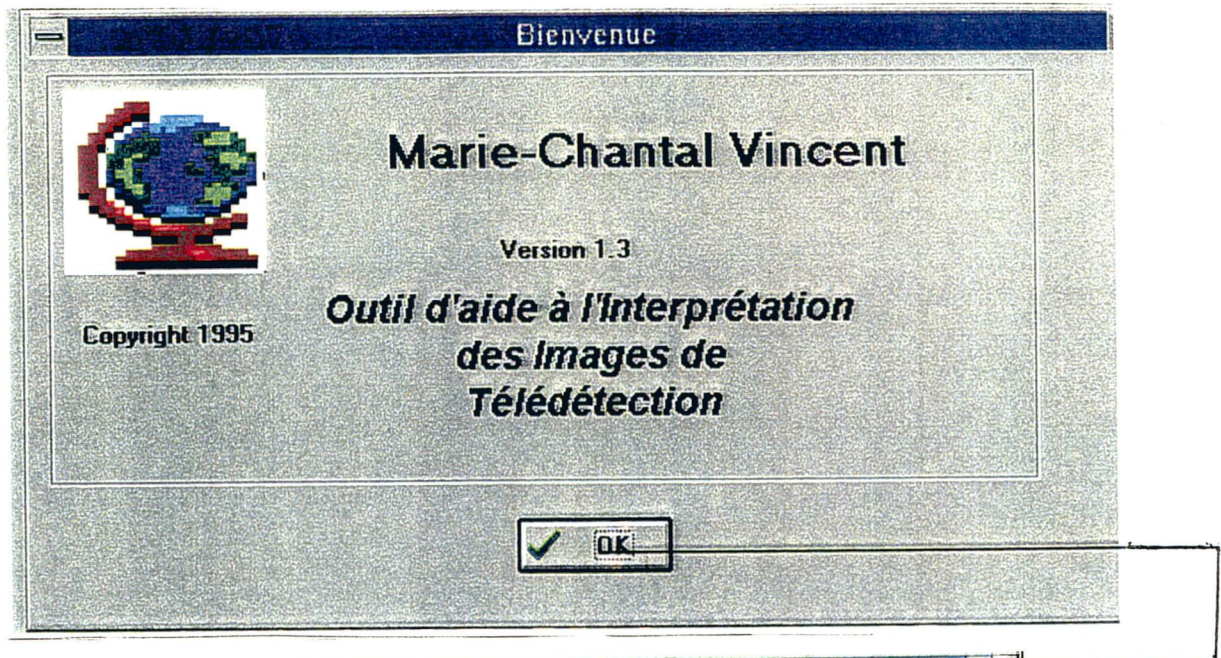


Figure 14: Explication des organigrammes



Domaine Physique

Figure 15: Fenêtre - résumé

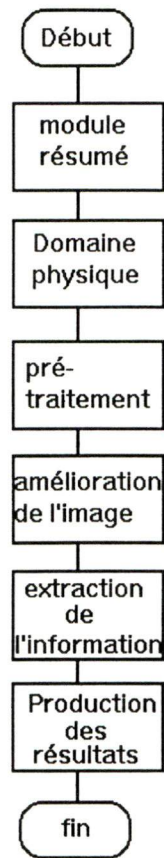


Figure 16a: Organigramme de l'Outil d'Aide

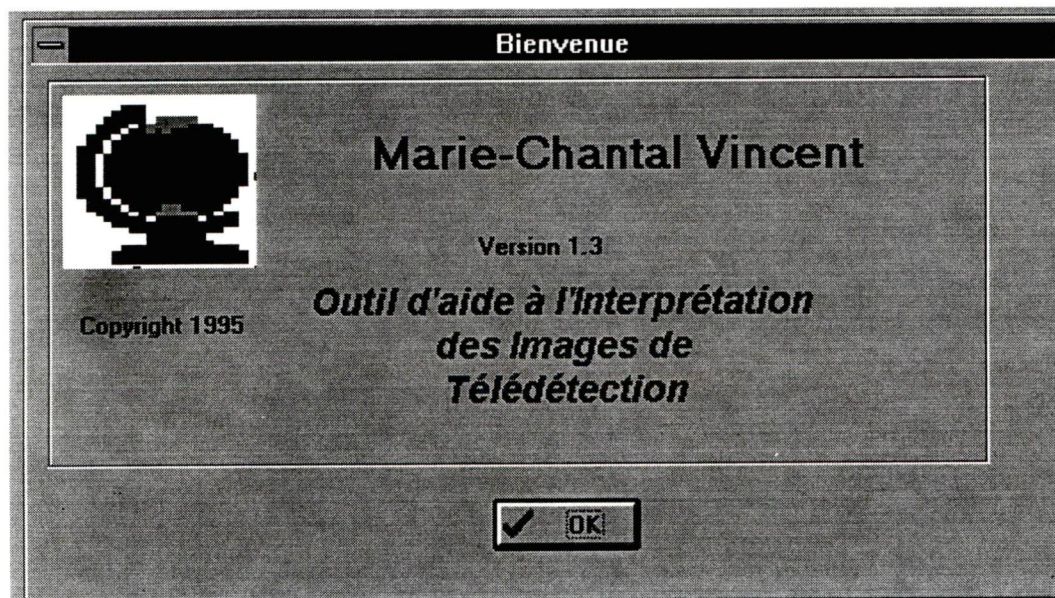


Figure 16b: Fenêtre - bienvenue

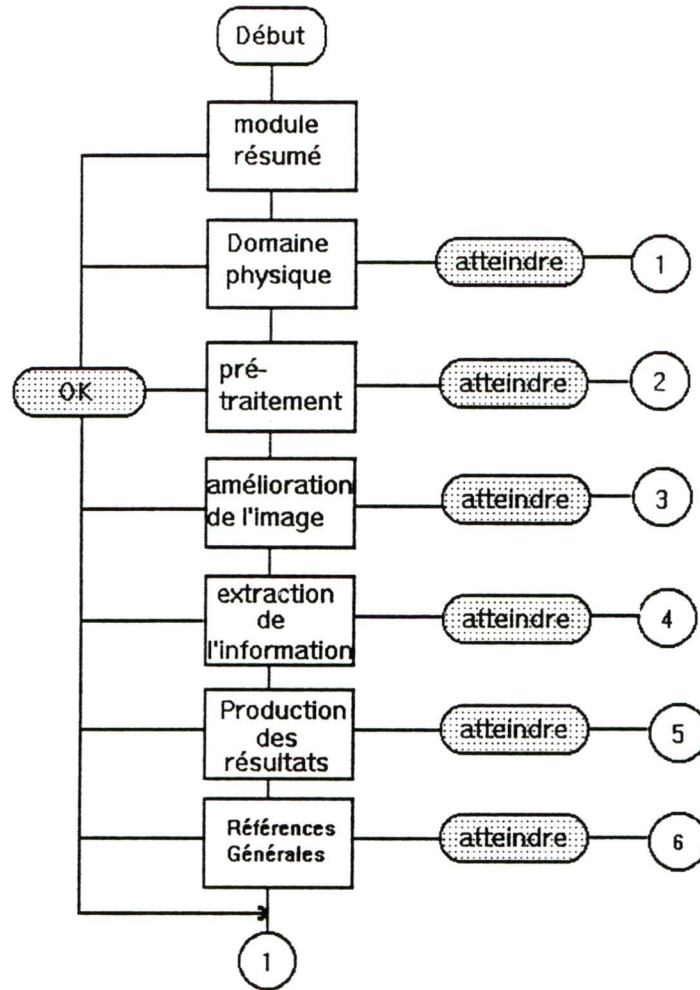


Figure 17: Organigramme du résumé des étapes

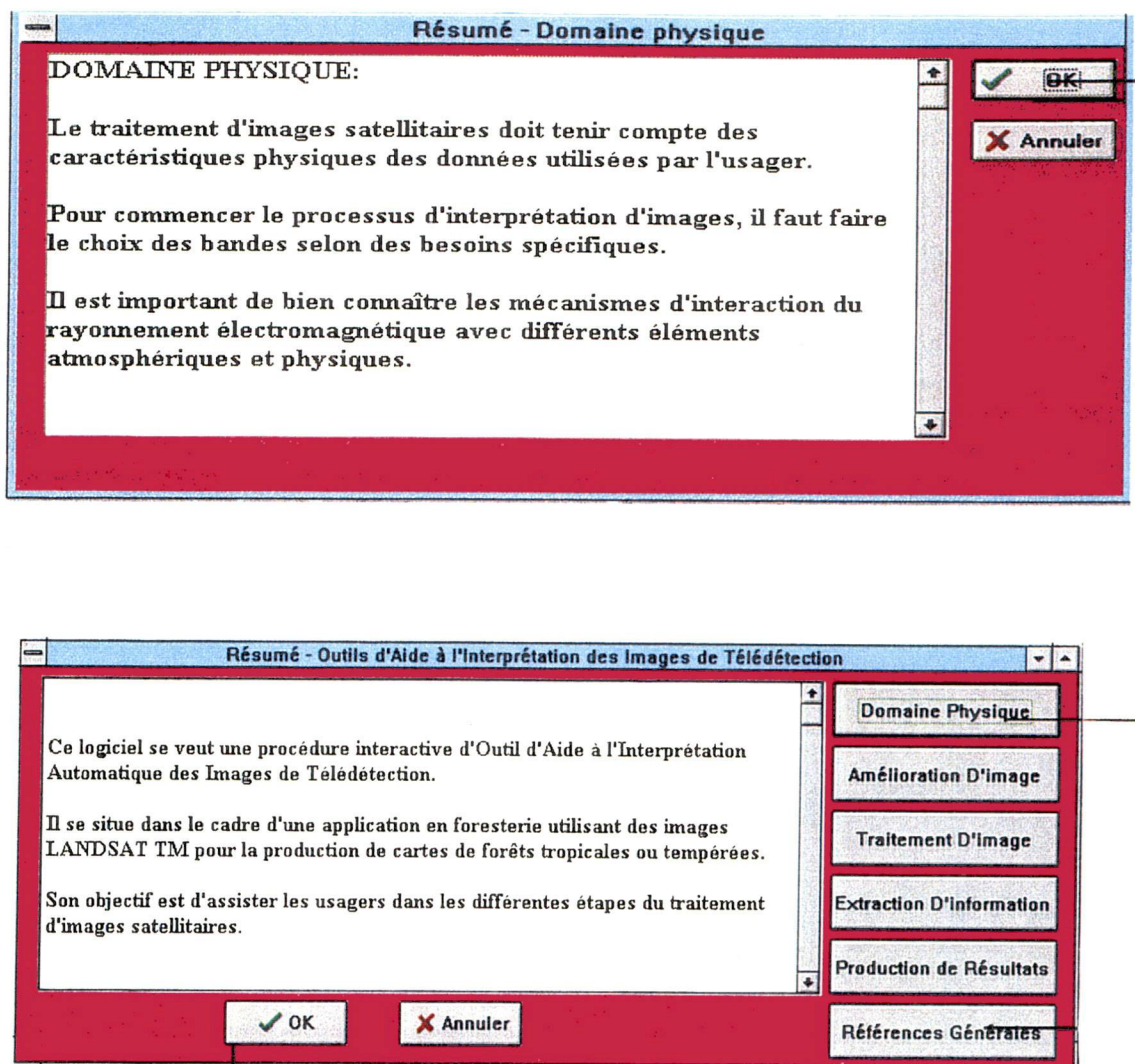


Figure 18: Fenêtres - résumé

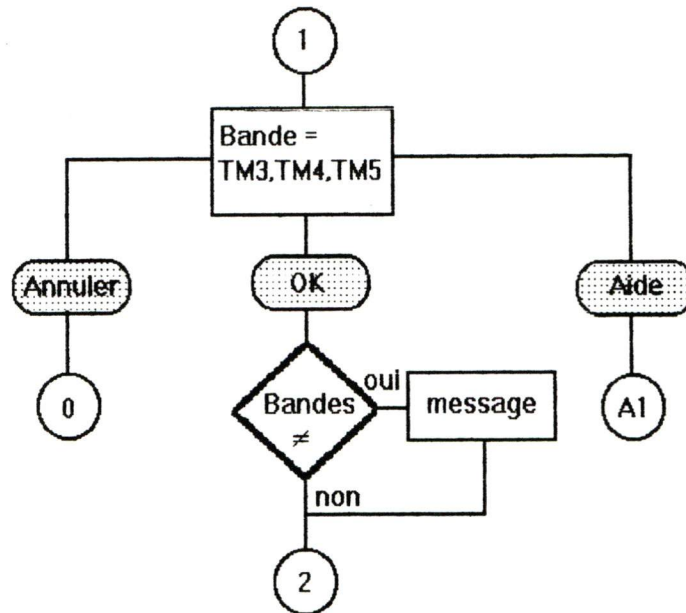


Figure 19a: Organigramme - choix des bandes

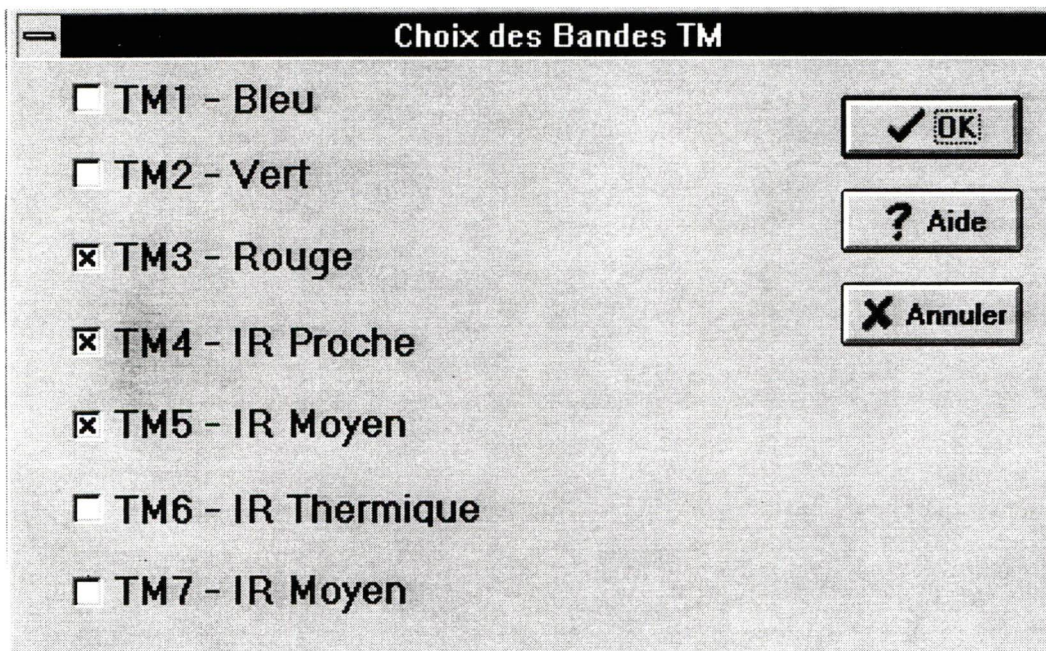


Figure 19b: Fenêtre - choix des bandes

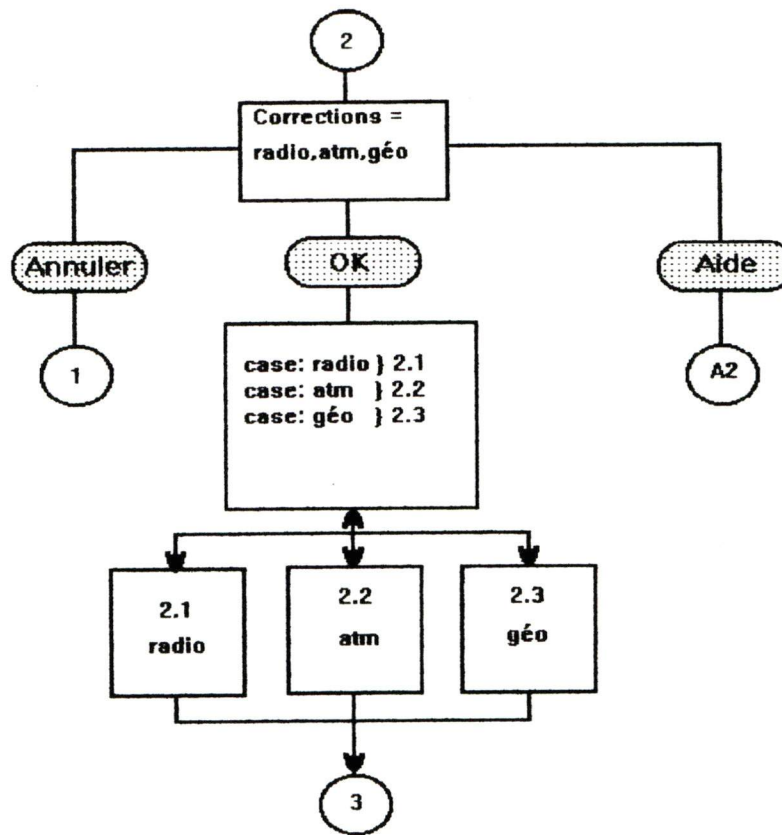


Figure 20a: Organigramme - prétraitements

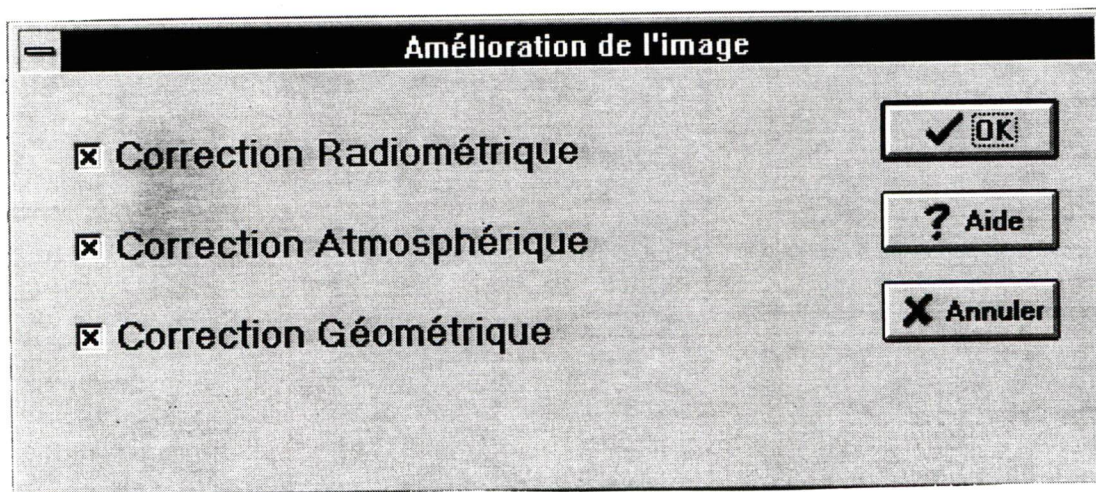


Figure 20b: Fenêtre - prétraitements

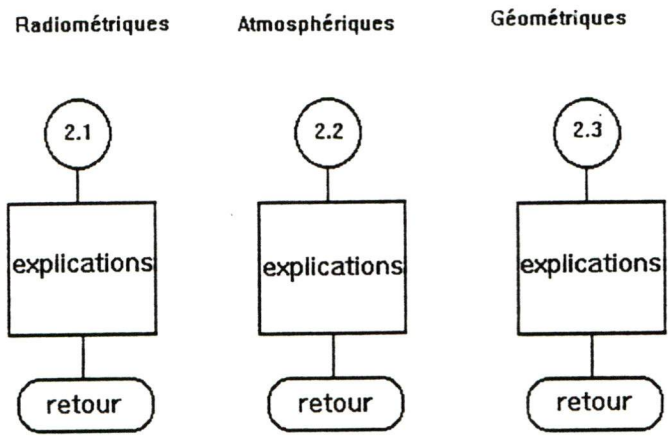


Figure 21: Organigramme - corrections

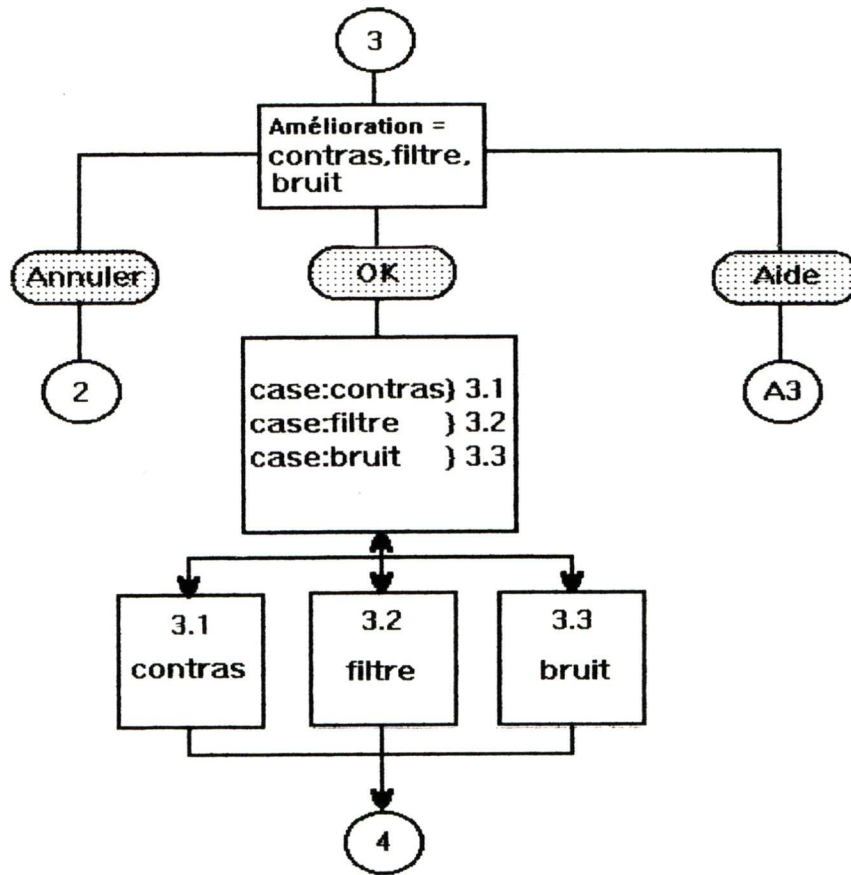


Figure 22a: Organigramme - amélioration de l'image

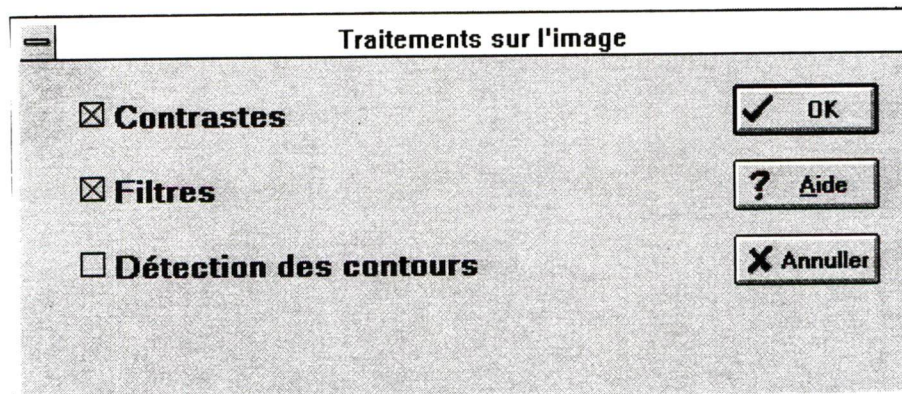


Figure 22b: Fenêtre - amélioration de l'image

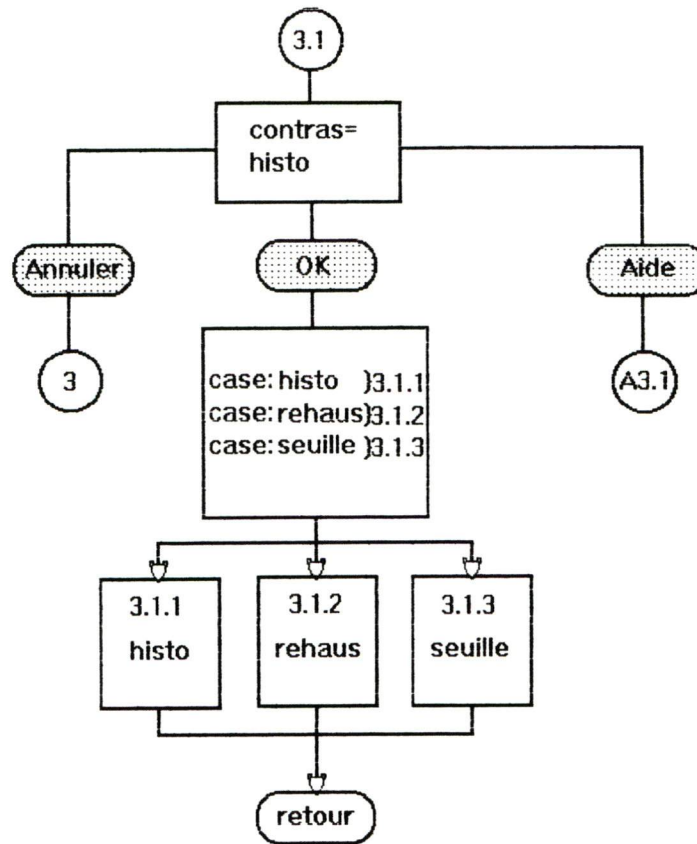


Figure 23a: Organigramme - contrastes

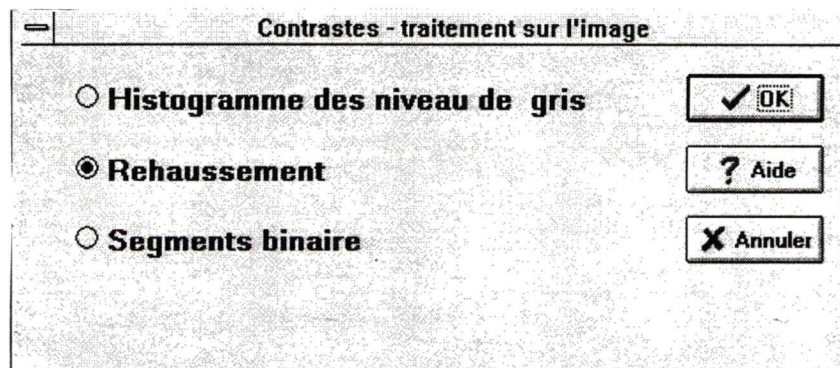


Figure 23b: Fenêtre - contrastes

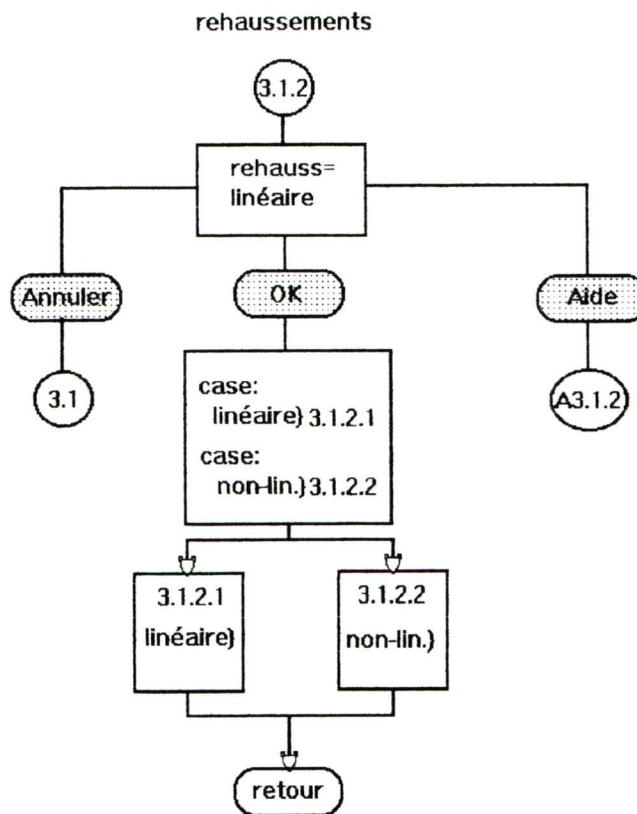


Figure 24a: Organigramme - rehaussement

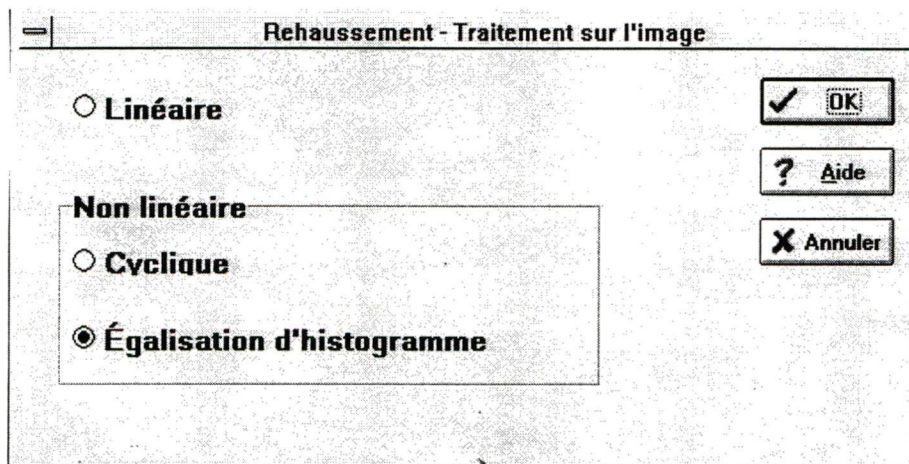


Figure 24b: Fenêtre - rehaussement

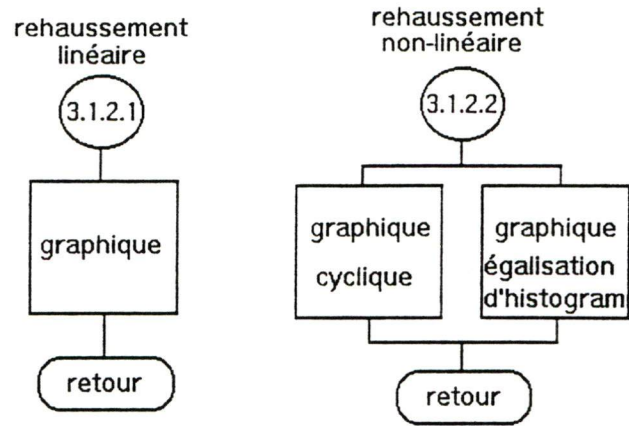


Figure 25: Organigramme - linéaire et-non linéaire

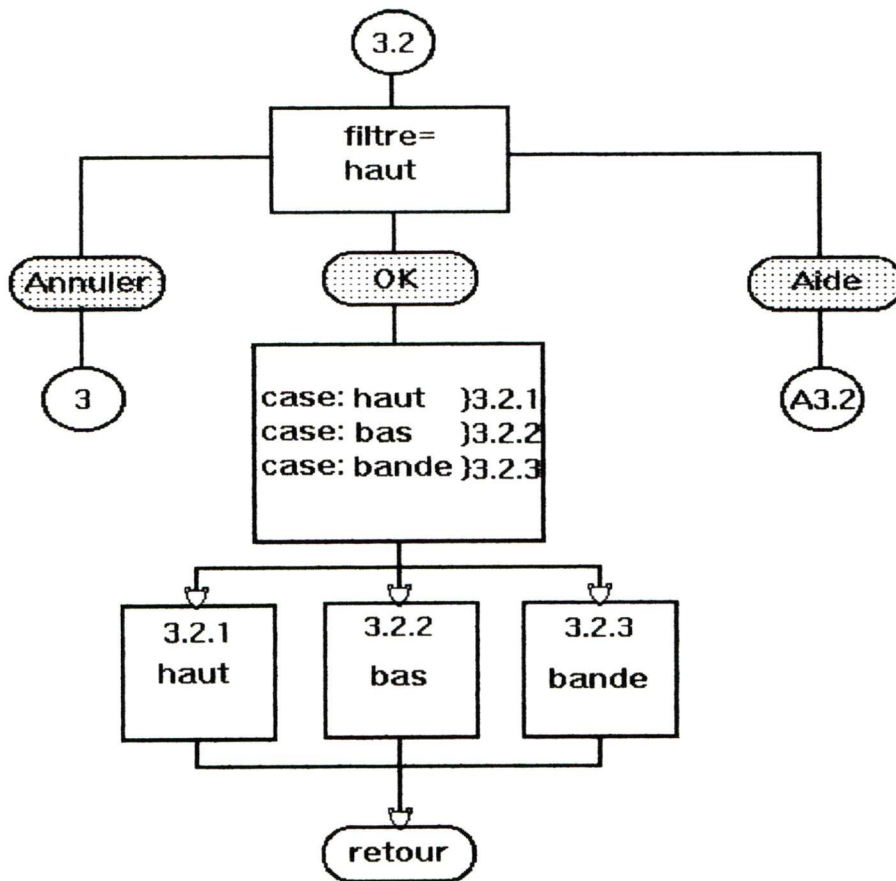


Figure 26a: Organigramme - filtres

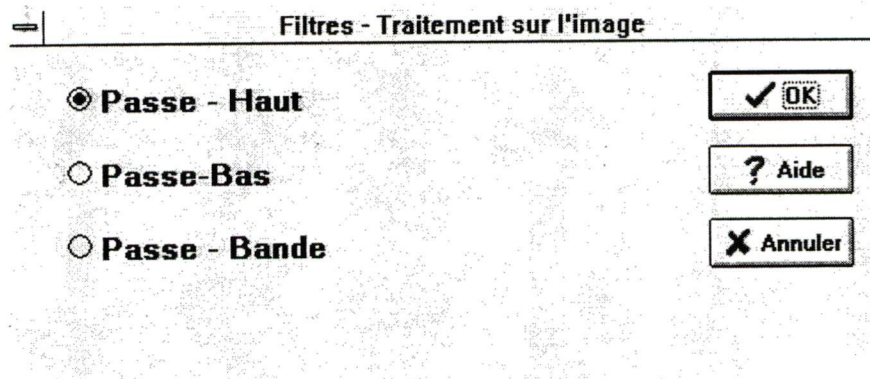


Figure 26b: Fenêtre - filtres

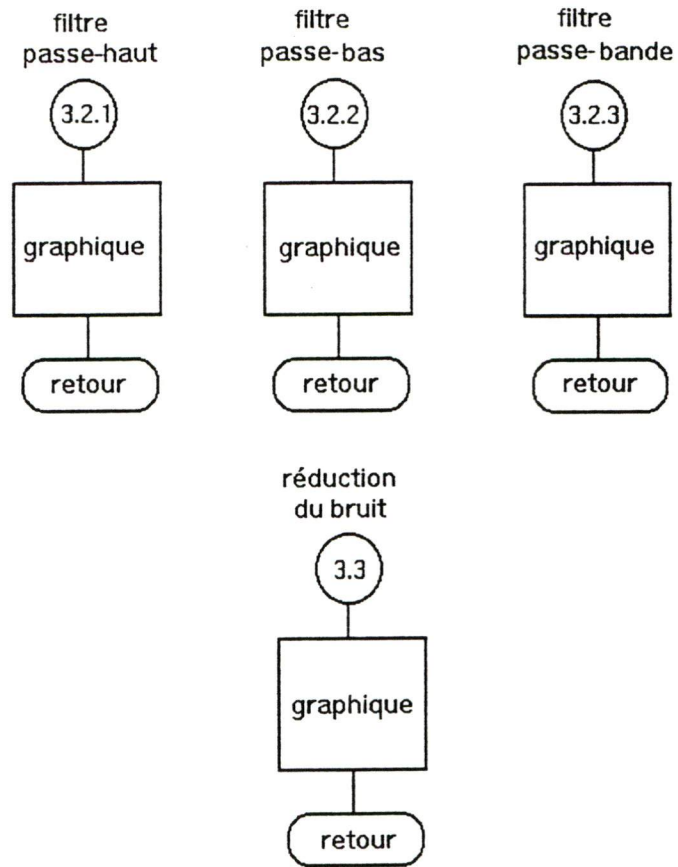


Figure 27: Organigramme - réduction de bruit

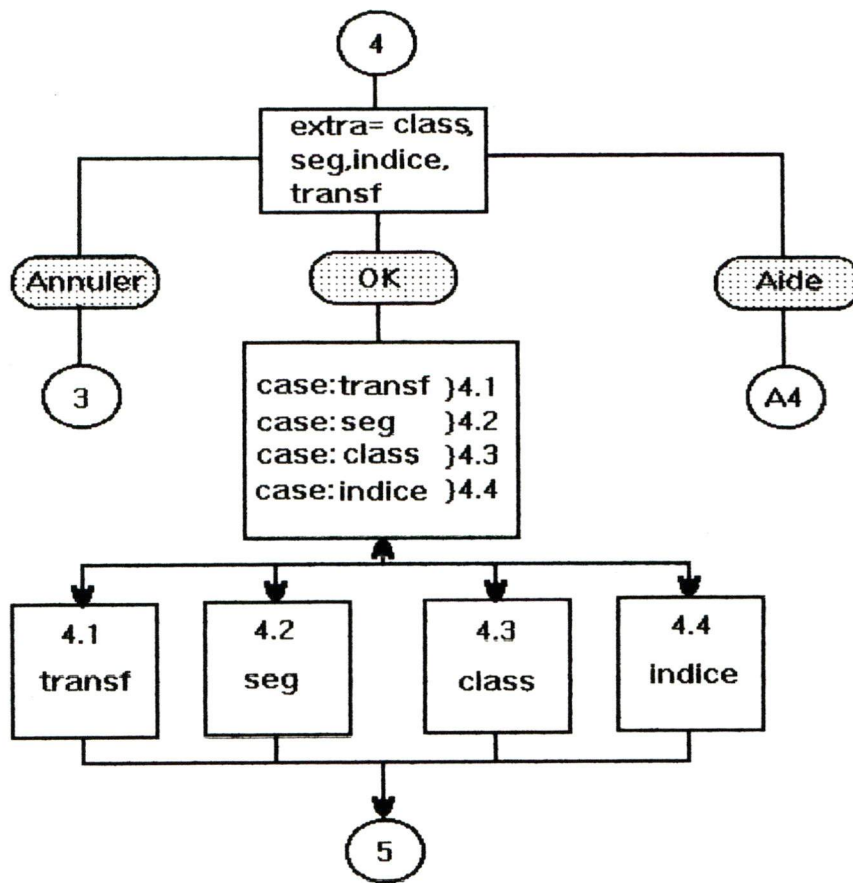


Figure 28a: Organigramme - extraction

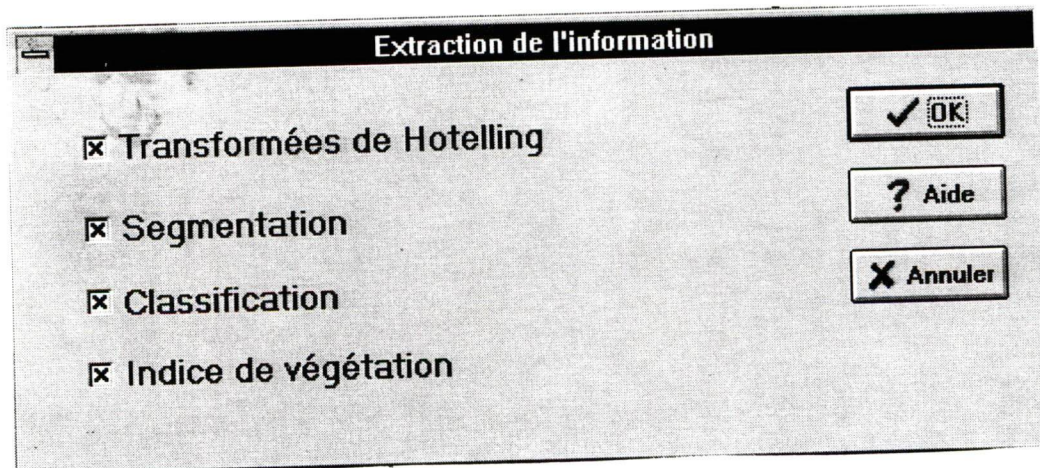


Figure 28b: Fenêtre - extraction

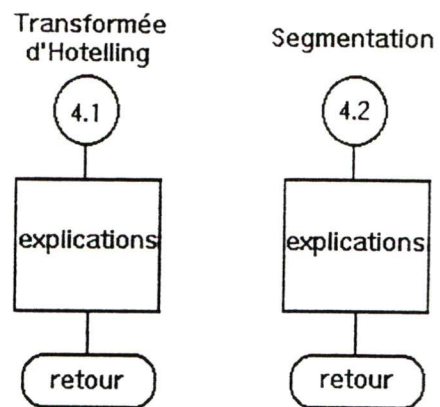


Figure 29: Organigramme - Hotelling et segmentation

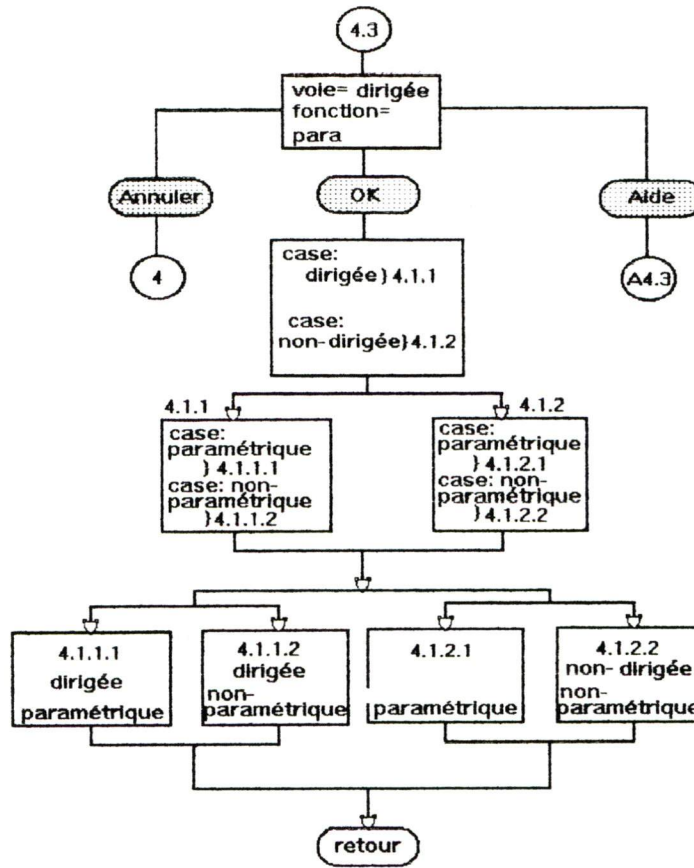


Figure 30a: Organigramme - classification

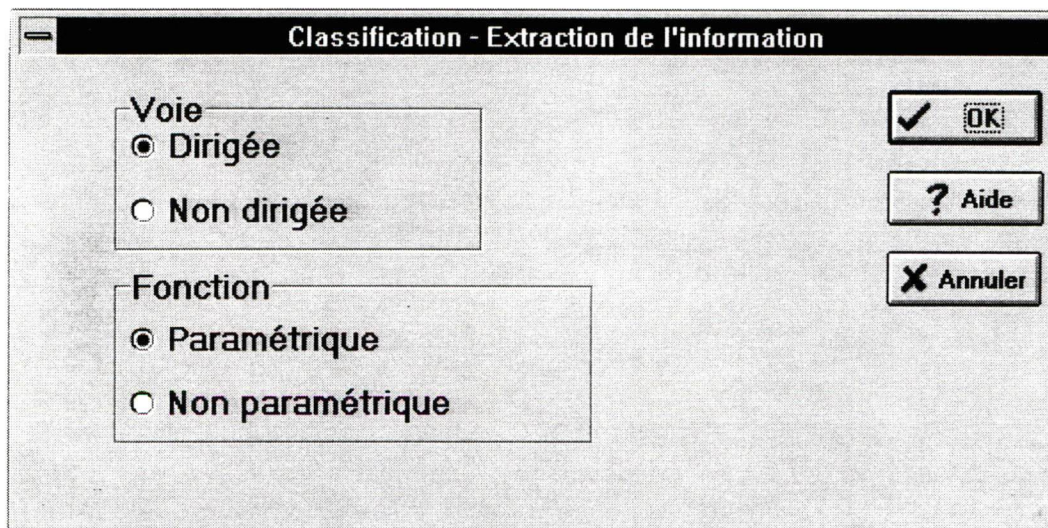


Figure 30b: Fenêtre - classification

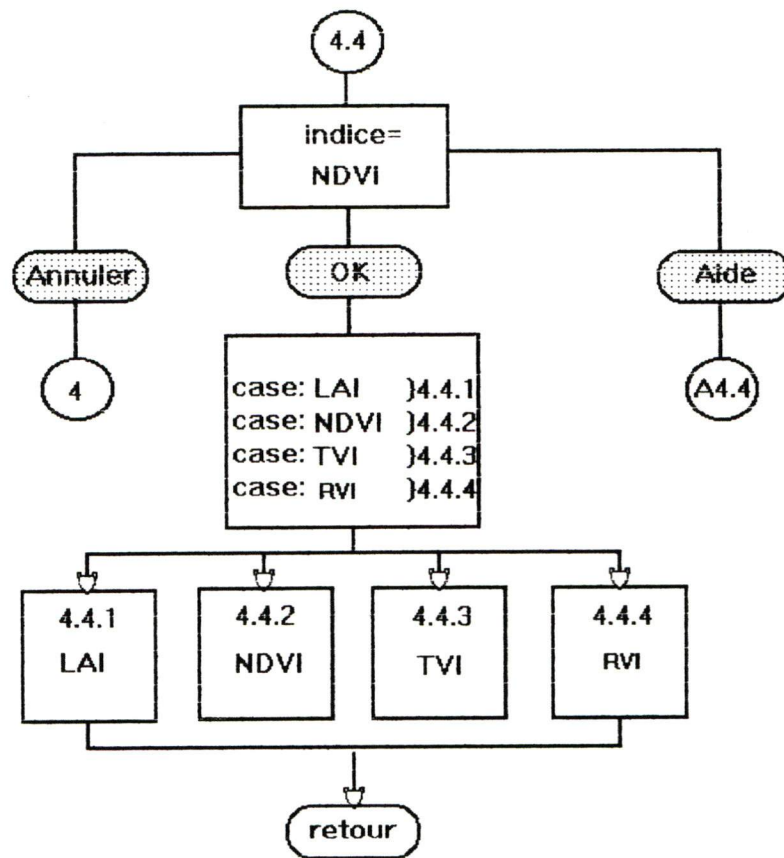


Figure 31a: Organigramme - indices de végétation

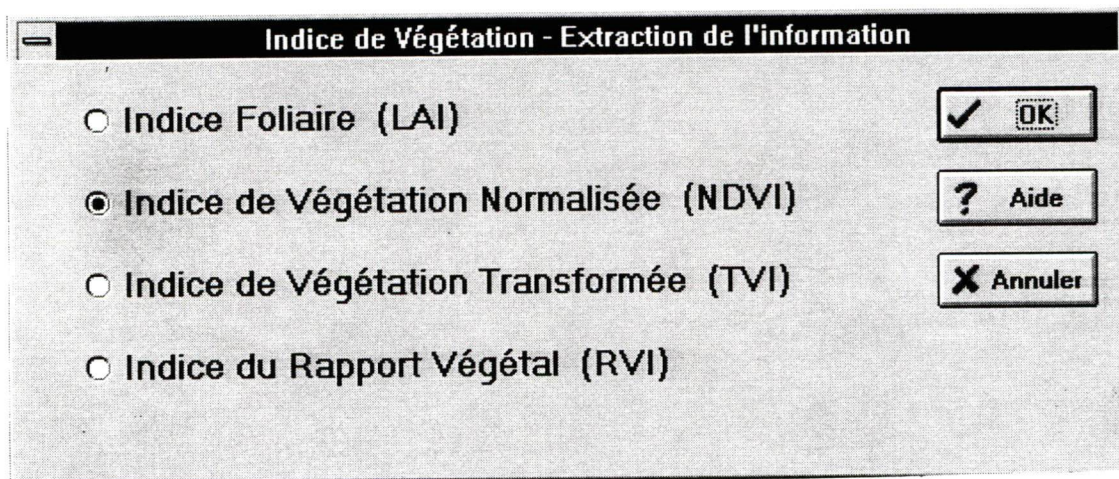


Figure 31b: Fenêtre - indices de végétation

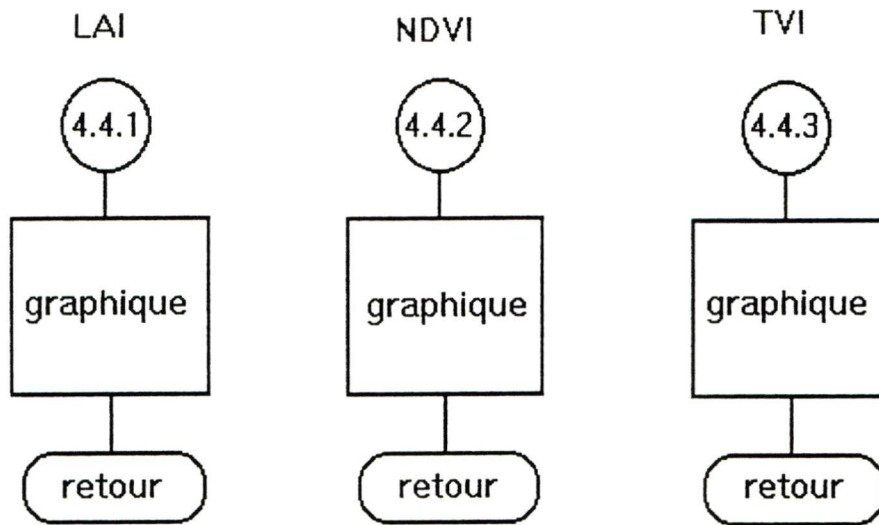


Figure 32: Organigramme - LAI - NDVI - TVI

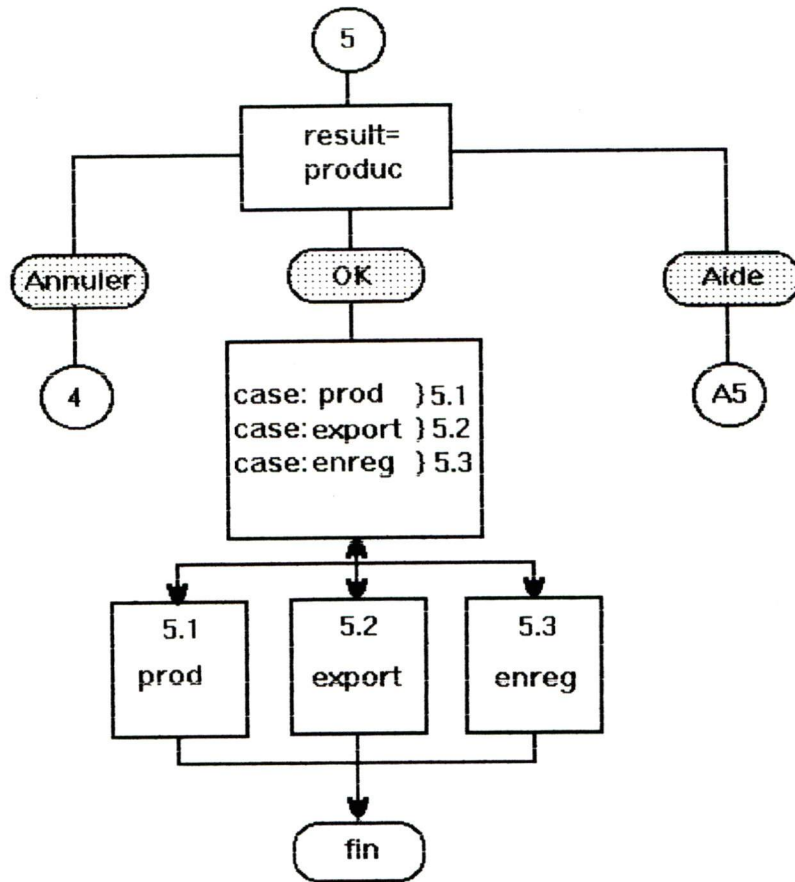


Figure 33a: Organigramme - production des résultats

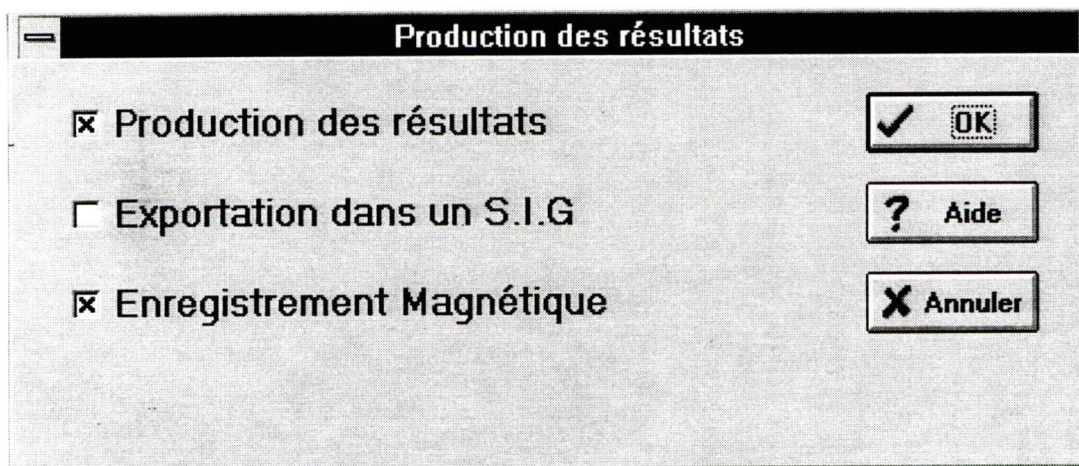


Figure 33b: Fenêtre - production des résultats

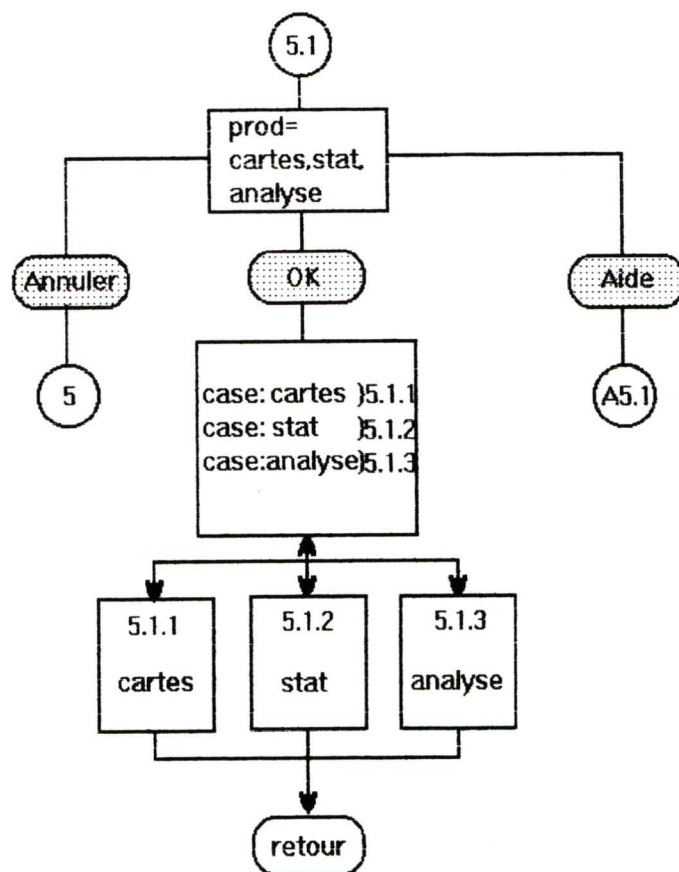


Figure 34a: Organigramme - production

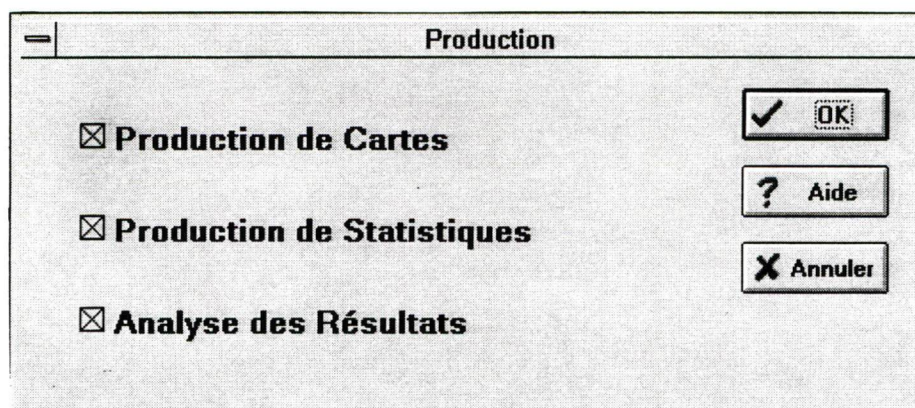


Figure 34b: Fenêtre - production

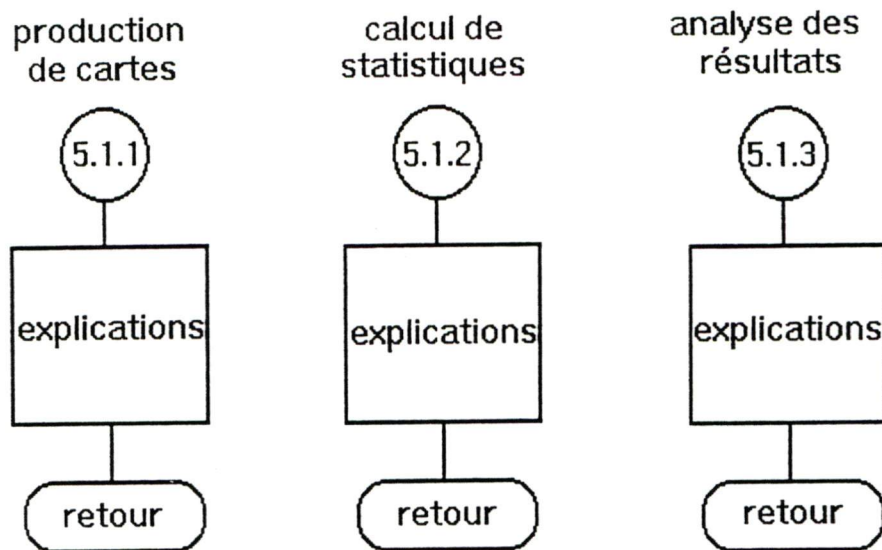


Figure 35: Organigramme - cartes - calcul - analyse

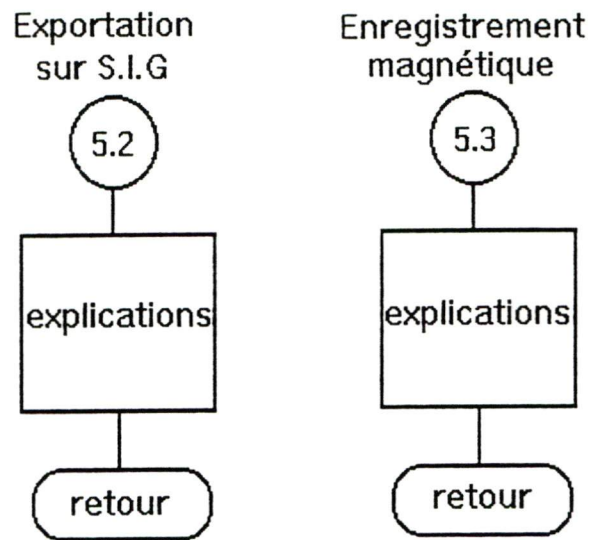


Figure 36: Organigramme - exportation et enregistrement



Figure 37a: Organigramme - fin du processus

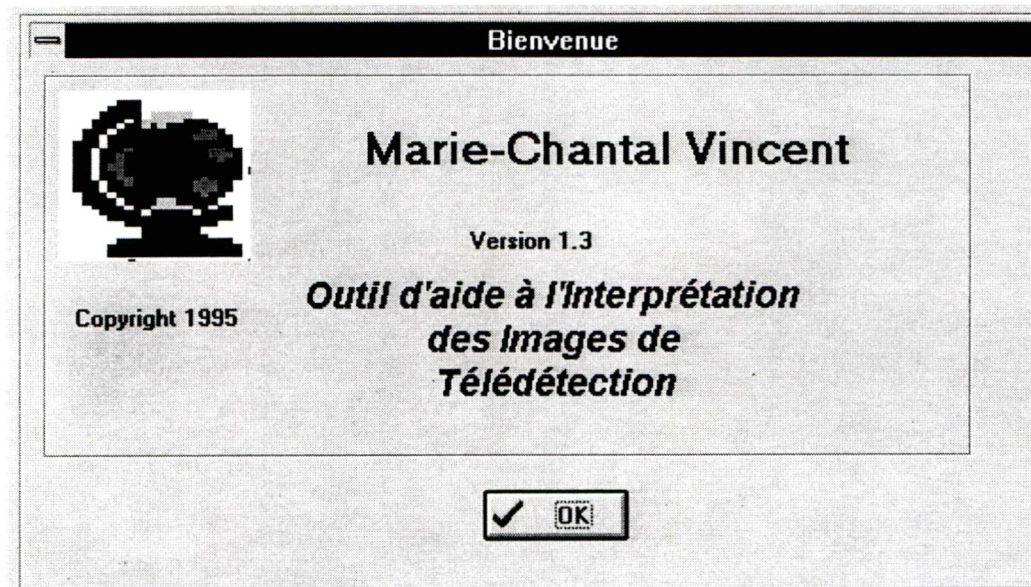


Figure 37b: Fenêtre - fin du processus

4. Résultats

Nous avons développé une procédure interactive d'outil d'aide à l'interprétation automatique des images de télédétection appliquée à la foresterie à l'aide d'images TM de Landsat pour la production de cartes forestières.

L'objectif de l'OAIIT est d'assister les usagers qui ne sont pas des spécialistes en télédétection dans les diverses étapes du traitement d'images. Nous pouvons affirmer qu'il a été bien atteint puisque la procédure se veut simple à utiliser et conviviale.

Cet outil d'aide facilite grandement l'utilisateur dans les étapes chronologiques du traitement et de l'interprétation des images de télédétection.

5. Conclusion

L'analyse et l'interprétation des images de télédétection disposent d'une panoplie de logiciels et matériels informatiques de plus en plus sophistiqués et puissants. Le système OAIT a été conçu pour un usage utile et facile qui répond au besoin de l'utilisateur non spécialiste du traitement d'images.

Avec un ordinateur de type 486 ou plus puissant, doté d'un environnement windows 3.1, l'utilisateur sera en mesure de parcourir les étapes du traitement d'images tout en comprenant les implications de ses choix d'opérations lors de l'utilisation de systèmes plus complexes de traitement d'images.

Nous soumettons donc avec ce rapport une disquette contenant le logiciel OAIT.

6. Recommandations

Nous recommandons la poursuite du projet à un niveau supérieur, le but ultime étant de mettre au point un système expert d'aide à l'interprétation d'images de télédétection. Tous les modules développés peuvent être interfacés avec un logiciel de traitement d'images comme PCI ou autre.

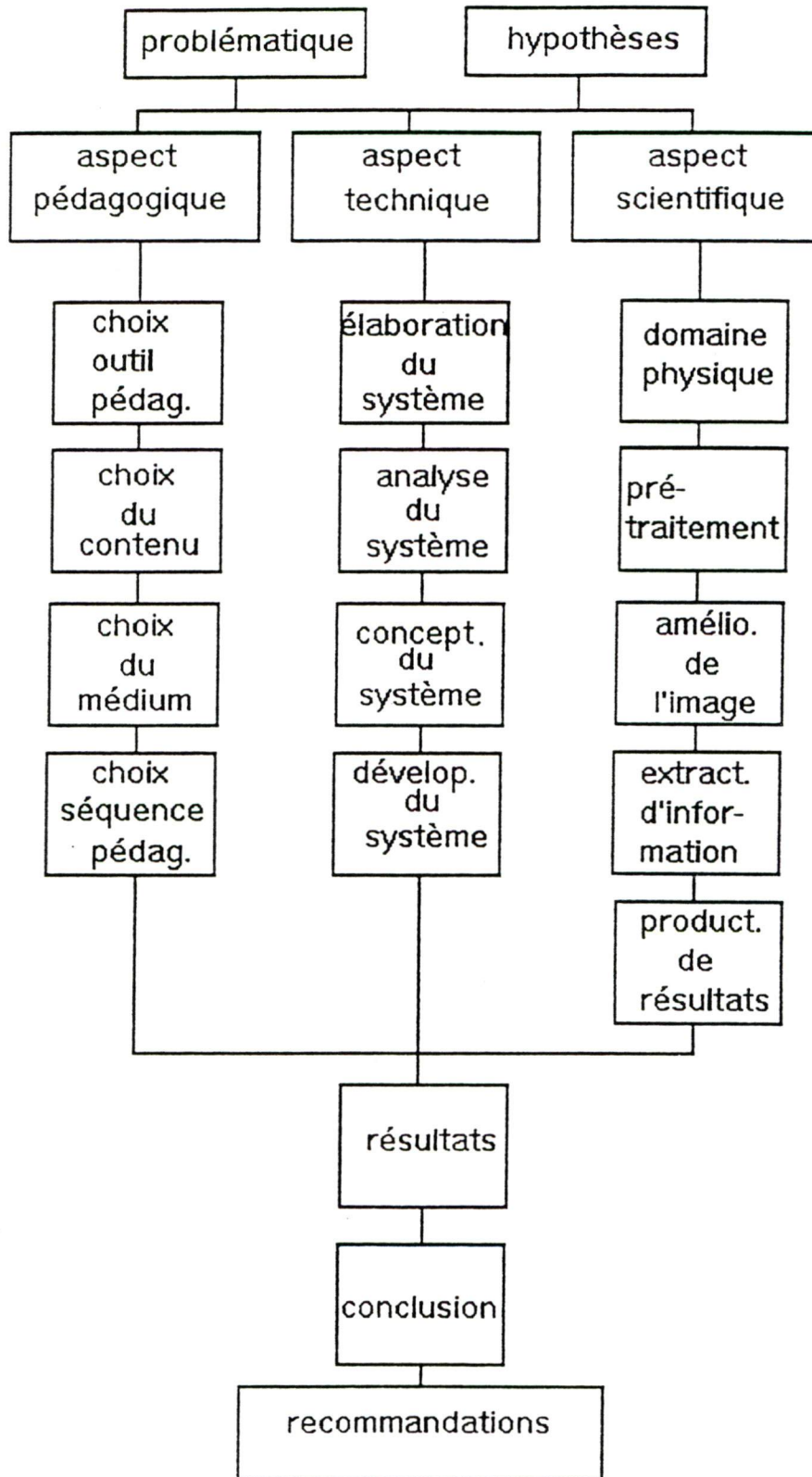
Il serait possible et relativement simple de se servir de l'OAIIT comme «coquille» à un système comme PCI, par exemple, afin de permettre à l'utilisateur de programmer d'avance les étapes du traitement à faire sur une image de télédétection et de lancer les paramètres en traitement par lot. De cette façon, les traitements se feraient automatiquement sans l'intervention de l'utilisateur.

7. Références

- Anderson J.R. (1983) *The architecture of cognition*. Presse de l'Université de Harvard, Cambridge, MA, 297 p.
- Bonn, F. et Rochon, G. (1992) *Précis de télédétection. volume 1, Principes et Méthodes*, Presse de l'Université du Québec / AUPELF, 485 p.
- Brown, A.L. and Palincsar, A.S. (1989) *Knowing, learning and instructions*. Édition L. Ealbaum, Hillsdale, NJ, 457 p.
- Campbell, J.B. (1987) *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press, New York, 551 p.
- Gagné, E.D. (1985) *The cognitive psychology of school learning*. Édition Little, Brown, Boston, 353 p.
- Jones, B.F. and Carr, E.G. (1987) *Strategic teaching and learning*. Éditions Alexandria, VA, 375 p.
- Schowengerdt, R. (1983) *Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing*. Academic Press Inc., New York, 249 p.
- Sen, J.A. (1987) *Analyse et conception de systèmes informatisés*. Éd. McGraw-Hill, 567 p.
- Tardif, J. (1992) *Pour un Enseignement Stratégique - L'apport de la psychologie cognitive*. Édition Logique / École, Montréal, Québec, 374 p.

ANNEXE 1

Organigramme méthodologique détaillé



Organigramme méthodologique
(détaillé)

ANNEXE 2

Exemples de textes d'aide

A1 Domaine physique

En télédétection, on utilise les propriétés physiques des objets observés, en particulier leurs propriétés optiques, pour acquérir de l'information sur la nature de ces objets. Cette information est portée vers le système d'observation à l'aide d'un rayonnement électromagnétique, comme la lumière, qui est la manifestation visible de ce rayonnement. Le traitement d'images satellitaires doit tenir compte des caractéristiques physiques des données utilisées par l'utilisateur. Pour commencer le processus d'interprétation d'images, il faut faire le choix des bandes selon des besoins spécifiques. Il est important de bien connaître les mécanismes d'interaction du rayonnement électromagnétique avec différents éléments atmosphériques et physiques (Bonn et Rochon, 1992).

L'atmosphère joue un rôle important en télédétection, parce qu'elle affecte le signal reçu par le capteur en modifiant son contenu en information. À certains endroits du spectre électromagnétique, l'atmosphère est transparente au rayonnement; elle laisse donc passer le signal. Ce sont des fenêtres atmosphériques. Lors de la fabrication d'un satellite de télédétection, le choix des bandes spectrales sera fait en fonction de ces fenêtres atmosphériques. En voici les principales:

Fenêtres atmosphériques

tiré de Bonn et Rochon (1992, p.25)

| Fenêtres | de | à |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ultraviolet et visible | 0,35 μm | 0,75 μm |
| Proche infrarouge | 0,77 μm 1,00 μm 1,19 μm | 0,91 μm 1,12 μm 1,34 μm |
| Infrarouge moyen | 1,55 μm 2,05 μm | 1,75 μm 2,40 μm |
| Infrarouge thermique | 3,35 μm 4,50 μm 8,00 μm 10,20 μm 17,00 μm | 4,16 μm 5,00 μm 9,20 μm 12,40 μm 22,00 μm |

A2.3 Corrections géométriques

Les images créées lors du processus d'acquisition des données de télédétection contiennent des déformations spatiales et des effets géométriques. Ces images ne sont pratiquement jamais superposables à une représentation cartographique du territoire. Les déformations associées aux images de télédétection peuvent être divisées en trois groupes:

1. les distorsions causées par l'environnement observé (courbure de la terre, variation d'altitude du sol, réfraction atmosphérique, etc.);
2. les distorsions dues aux erreurs des systèmes de mesure;
3. les distorsions provenant du mouvement du satellite (BonnetRochon, 1992).

Dans tous les cas, à chaque capteur correspondent des corrections géométriques qui lui sont propres. Les données brutes contiennent des déformations provenant de processus connus et modélisés.

Habituellement, pour rendre superposables deux images ou une image et une carte de référence, il est recommandé d'appliquer l'une des méthodes suivantes :

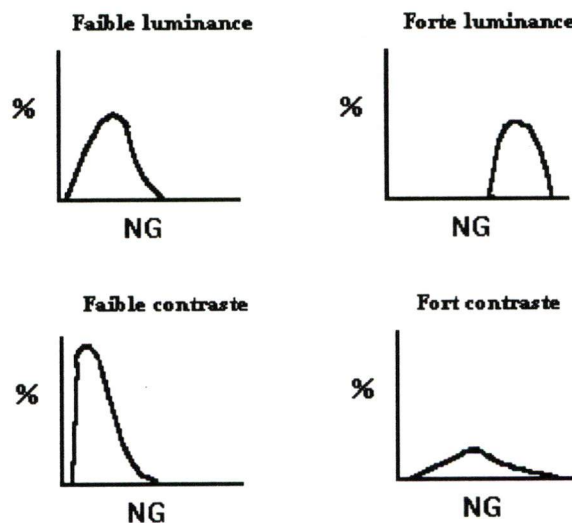
1. la transformation de l'image par un modèle mathématique fondé sur la connaissance précise des paramètres liés à la prise de données, soit l'ensemble de transfert entre la position d'une cible au sol et la position de l'image de cette cible dans le système de référence de l'image;
2. en redressant l'image à partir d'une comparaison avec des points de contrôle ou des points de calage. Cette transformation ne requiert aucune connaissance à priori du système d'acquisition (Bonn et Rochon, 1992).

A3.1 Contrastes

Cette technique consiste à appliquer une transformation à l'amplitude de chaque niveau de gris pour que l'ensemble des amplitudes occupe plus efficacement l'échelle de gris disponible et par conséquent une image résultante plus contrastée que l'image originale (Bonn et Rochon, 1992).

A3.1.1 Histogramme des niveaux de gris

L'histogramme des niveaux de gris décrit la distribution statistique des niveaux de gris de l'image en terme de pourcentage du nombre de pixels par niveau de gris. Cet histogramme ne contient aucune information sur la distribution spatiale des niveaux de gris. La connaissance de cette distribution statistique facilite la manipulation du contraste de l'image (Schowengerdt, 1983).

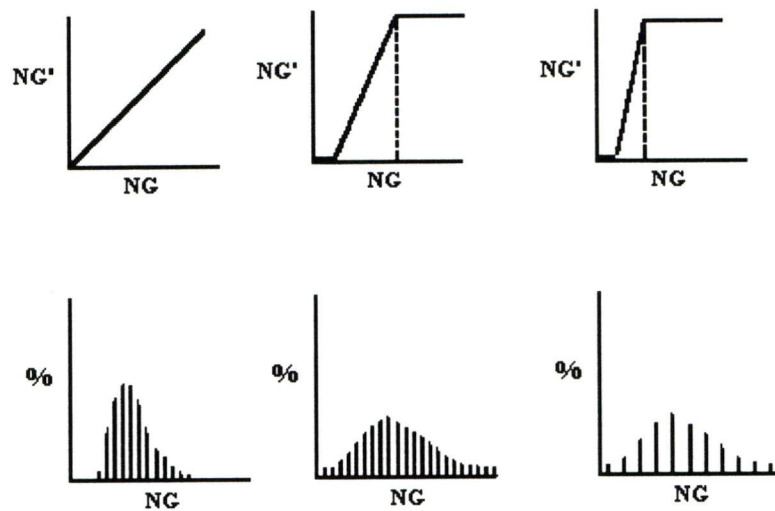


inspiré de Schowengerdt (1983, p.63)

Niveaux de gris

A.3.1.2.1 Transformation linéaire

Étirement du contraste souvent utilisé afin d'augmenter le contraste de l'image affichée, en étirant la région originale des valeurs thématiques de niveaux de gris afin de mieux remplir la zone dynamique des niveaux de gris du périphérique d'affichage (Schowengerdt, 1983).



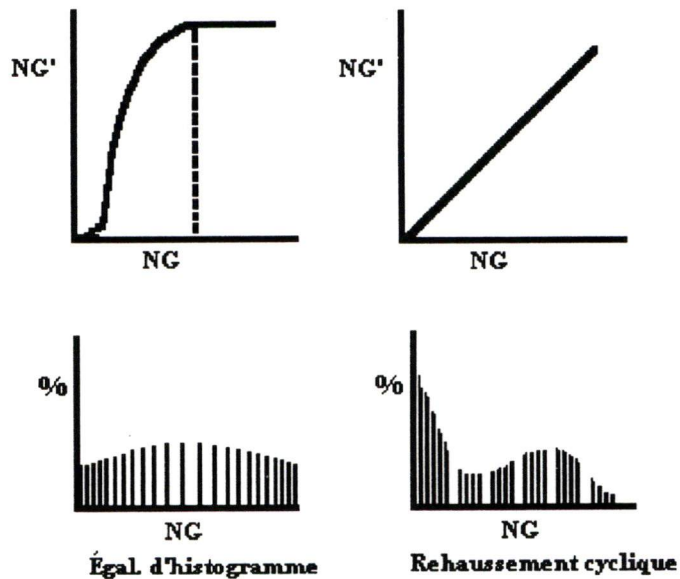
inspiré de Schowengerdt (1983, p.62)

Linéaire

A3.1.2.2 Transformation non linéaire

1. Égalisation d'histogramme : Cette méthode tend à réduire automatiquement le contraste dans les régions très pâles ou très foncées de l'image et à faire un étirement du contraste dans les régions de niveau de gris moyen (Schowengerdt, 1983).

2. Traitement cyclique : Cette transformation divise tous les niveaux de gris d'entrée en plusieurs petites portions, qui, à leur tour, sont assujetties à une tranformation similaire (Schowengerdt, 1983).



inspiré de Schowengerdt (1983, p. 64)

Non-linéaire

ANNEXE 3

Exemple de page de codification

Module - Introduction

```
unit Geointro;
```

```
interface
```

```
uses WinTypes, WinProcs, Classes, Graphics, Forms, Controls, StdCtrls,  
Buttons, ExtCtrls;
```

```
type
```

```
TAboutBox = class(TForm)  
  Panell: TPanel;  
  OKButton: TBitBtn;  
  ProductName: TLabel;  
  Version: TLabel;  
  Copyright: TLabel;  
  Comments: TLabel;  
  Image1: TImage;  
  procedure form1(Sender: TObject);  
private  
  { Private declarations }  
public  
  { Public declarations }  
end;
```

```
var
```

```
AboutBox: TAboutBox;
```

```
implementation
```

```
uses geotit;  
{SR *.DFM}
```

```
procedure TAboutBox.form1(Sender: TObject);
```

```
var
```

```
form1 : TForm1;
```

```
begin
```

```
  form1 := TForm1.create(self);
```

```
try
```

```
  form1.showmodal;
```

```
finally
```

```
  form1.free;
```

```
end;
```

```
end;
```

Module - Aide 4.1 (Transformée d'Hotelling)

```
unit Geoa401;
```

```
interface
```

```
uses WinTypes, WinProcs, Classes, Graphics, Forms, Controls, Buttons,  
    StdCtrls, DBCtrls, DB, DBTables;
```

```
type
```

```
  TBtnRightDlg2 = class(TForm)
```

```
    BitBtn1: TBitBtn;
```

```
    BitBtn2: TBitBtn;
```

```
    Table1: TTable;
```

```
    DataSource1: TDataSource;
```

```
    DBMemo1: TDBMemo;
```

*on retrouve l'aide au champ Mémor1 de la
base de donnée*

```
private
```

```
  { Private declarations }
```

```
public
```

```
  { Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
  BtnRightDlg2: TBtnRightDlg2;
```

```
implementation
```

```
{SR *.DFM}
```

```
end.
```

| |
|-----------------------------------------------------------------|
| <p>Module - Référence 4.1.1.1 (Class. Dirigée/Param)</p> |
|-----------------------------------------------------------------|

```
unit Georcdp;
```

```
interface
```

```
uses WinTypes, WinProcs, Classes, Graphics, Forms, Controls, Buttons,
    StdCtrls, DB, DBTables, DBCtrls;
```

```
type
```

```
  TBtnRightDlg37 = class(TForm)
    CancelBtn: TBitBtn;
    DBMemo12: TDBMemo;
```

*on retrouve la référence au champ
Mém 12 de la base de donnée*

```
    DataSource1: TDataSource;
    Table1: TTable;
```

```
  private
```

```
    { Private declarations }
```

```
  public
```

```
    { Public declarations }
```

```
  end;
```

```
var
```

```
  BtnRightDlg37: TBtnRightDlg37;
```

```
implementation
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
end.
```

| |
|-----------------------------------------|
| Module - Amélioration de l'image |
|-----------------------------------------|

| |
|------------------------|
| choix multiples |
|------------------------|

```
unit Geopr;
```

```
interface
```

```
uses WinTypes, WinProcs, Classes, Graphics, Forms, Controls, Buttons,
    StdCtrls;
```

```
type
```

```
TBtnRightDlg44 = class(TForm)
    OKBtn: TBitBtn;
    CancelBtn: TBitBtn;
    HelpBtn: TBitBtn;
    CheckBox1: TCheckBox;
    CheckBox2: TCheckBox;
    CheckBox3: TCheckBox;
    procedure btn45(Sender: TObject);
    procedure btn52(Sender: TObject);
    procedure btn57(Sender: TObject);
```

Choix contraste

Choix filtre

Choix bruit

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
BtnRightDlg44: TBtnRightDlg44;
```

```
implementation
```

```
uses geoapr, geoproduct;
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
procedure TBtnRightDlg44.btn45(Sender: TObject);
```

Procédure contraste

```
var
```

```
btnrightdlg45 : tbtnrightdlg45;
```

```
begin
```

```
    btnrightdlg45 := tbtnrightdlg45.create(self);
```

```
try
```

```
    btnrightdlg45.showmodal;
```

```
finally
```



```
btnrightdlg45.free;  
close;  
end;  
end;
```

```
procedure TBtnRightDlg44.btn52(Sender: TObject);
```

Procédure filtre

```
var  
btnrightdlg52 : tbtnrightdlg52;  
begin  
  btnrightdlg52 := tbtnrightdlg52.create(self);  
try  
  btnrightdlg52.showmodal;  
finally  
  btnrightdlg52.free;  
  close;  
  end;  
end;
```

```
procedure TBtnRightDlg44.btn57(Sender: TObject);
```

Procédure bruit

```
var  
btnrightdlg57 : tbtnrightdlg57;  
begin  
  btnrightdlg57 := tbtnrightdlg57.create(self);  
try  
  btnrightdlg57.showmodal;  
finally  
  btnrightdlg57.free;  
  close;  
  end;  
end;  
  
end.
```

Module - Voie Dirigée/ Fonction Paramétrique

Choix uniques

```
unit Geovdfp;
```

```
interface
```

```
uses WinTypes, WinProcs, Classes, Graphics, Forms, Controls, Buttons,
    StdCtrls, DB, DBTables;
```

```
type
```

```
TBtnRightDlg29 = class(TForm)
    RadioButton2: TRadioButton;
```

*Bouton « maximum de vrai
semblance »*

```
    BitBtn1: TBitBtn;
```

```
    BitBtn2: TBitBtn;
```

```
    BitBtn3: TBitBtn;
```

```
    procedure btn41(Sender: TObject);
```

*bouton envoi à la procédure
« classification »*

```
    procedure btn33(Sender: TObject);
```

bouton envoi la l'écran précédent

```
private
```

```
    { Private declarations }
```

```
public
```

```
    { Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```

```
    BtnRightDlg29: TBtnRightDlg29;
```

```
implementation
```

```
uses geoacdp, geondvi;
```

```
{ $R *.DFM }
```

```
procedure TBtnRightDlg29.btn41(Sender: TObject);
```

```
var
```

```
    btnrightdlg41 : tbtnrightdlg41;
```

```
begin
```

```
    btnrightdlg41 := tbtnrightdlg41.create(self);
```

création de l'écran « classification »

```
try
```

```
    btnrightdlg41.showmodal;
```

```
finally
```

```
    btnrightdlg41.free;
```

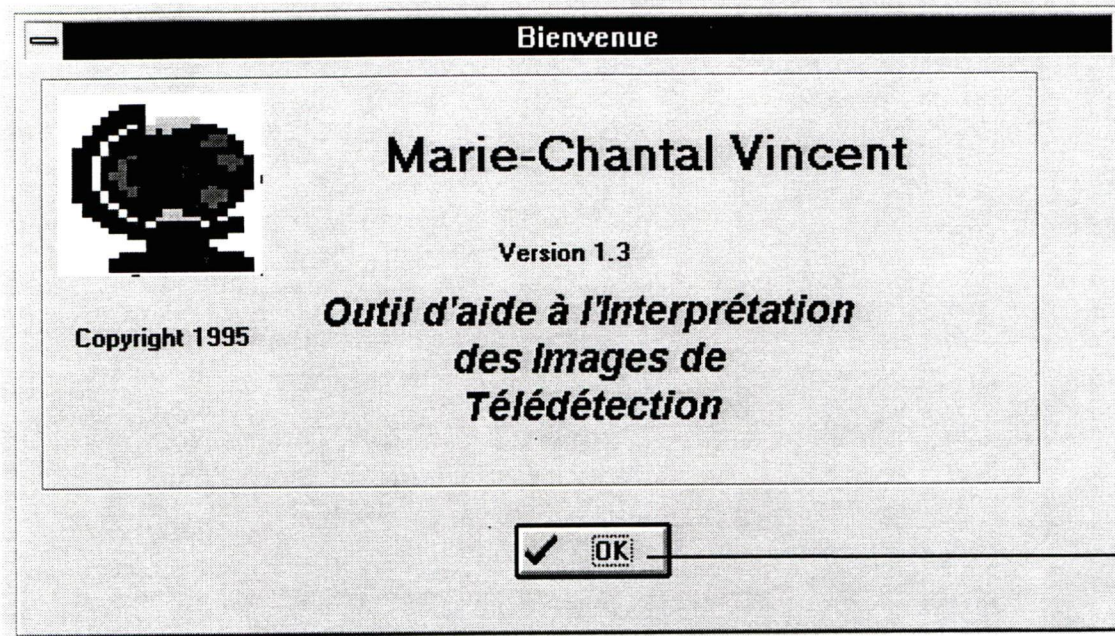
```
end;  
end;
```

```
procedure TBtnRightDlg29.btn33(Sender: Tobject);  
var  
  btnrightdlg33 : tbtnrightdlg33;  
begin  
  btnrightdlg33 := tbtnrightdlg33.create(self);  
try  
  btnrightdlg33.showmodal;  
finally  
  btnrightdlg33.free;  
end;  
end;  
  
end.
```

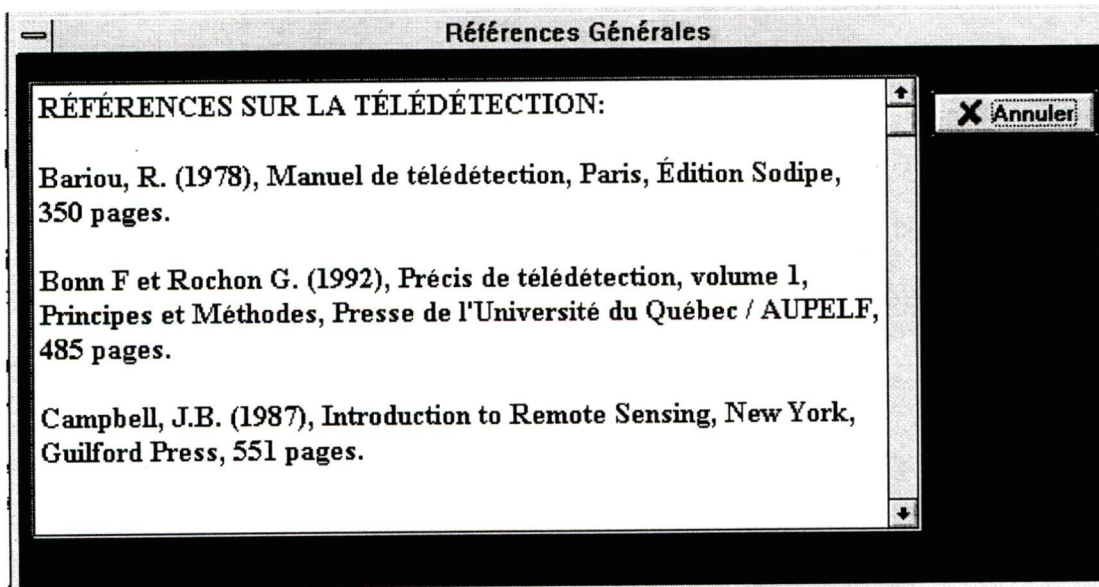
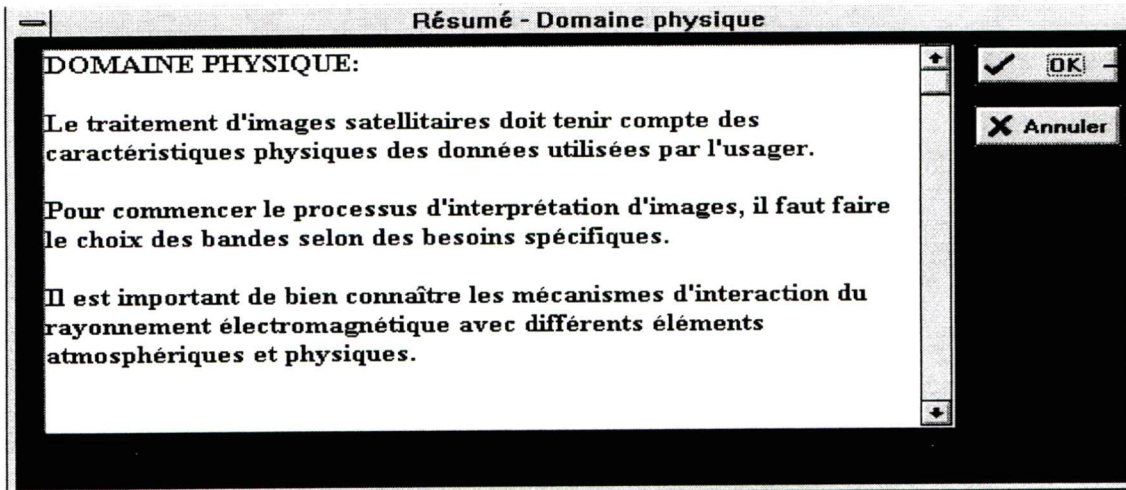
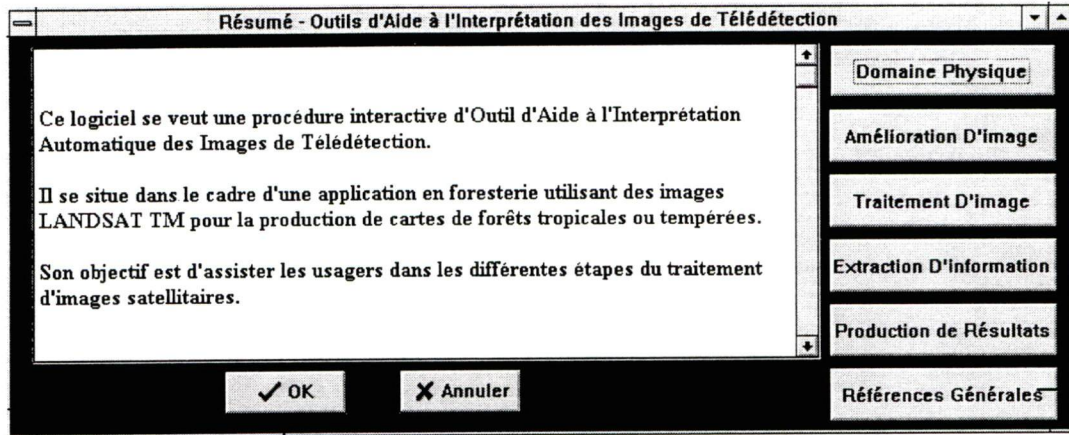
retour à l'écran «réduction du bruit»

ANNEXE 4

Suite logique des modules



Écran Résumé



Domaine Physique

Choix des Bandes TM

TM1 - Bleu

TM2 - Vert

TM3 - Rouge

TM4 - IR Proche

TM5 - IR Moyen

TM6 - IR Thermique

TM7 - IR Moyen

OK

? Aide

X Annuler

A1

Amélioration de l'image

Correction Radiométrique

Correction Atmosphérique

Correction Géométrique

OK

? Aide

X Annuler

A2

Amélioration de l'image

