

**Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 2086**

1996

**Application d'un système d'information géographique
sur le bassin versant du ruisseau Catamaran (NB)¹**

par

**André St-Hilaire², Daniel Caissie,
Marie-Emmanuelle Quentin², et Daniel Cluis²**

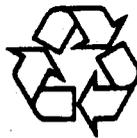
**Ministère des Pêches et Océans
Centre des Pêches du Golfe,
Direction des sciences
C.P. 5030, Moncton, N.-B. E1C 9B6**

¹ Contribution n° 23 du projet de recherche du ruisseau Catamaran

² Université du Québec, INRS-EAU, Sainte-Foy, Québec, G1V 4C7

© Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1996
No de cat. Fs 97-6/2086F ISSN 0706-6570

Pensez à recycler !



Think Recycling !

Imprimé sur du papier recyclé.

On doit citer la publication comme suit:

St-Hilaire, A., D. Caissie, M.-E. Quentin et D. Cluis. 1996. Application d'un système d'information géographique sur le bassin versant du ruisseau Catamaran (NB). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2086: 41p.

Table des matières

Table des matières.....	iii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures.....	v
Resumé	vi
Abstract	vii
1.0 Introduction.....	1
2.0 Données	2
2.1 Modèle numérique de terrain.....	2
2.2 Données historiques de coupe sur le bassin.....	3
2.3 Données récentes de foresterie.....	4
3.0 Méthodes.....	5
4.0 Résultats	6
4.1 Attributs forestiers.....	6
4.1.1 Essences primaires et secondaires	7
4.1.2 Stades de développement.....	8
4.1.2 Fermeture de futaie	8
4.2 Coupes historiques	9
4.3 Matrices comparatives des surfaces.....	9
4.3.1 Coupes historiques et composition spécifique.....	10
4.3.2 Coupes historiques et fermeture de futaie.....	11
4.3.3 Stades de développement et coupes historiques.....	12
4.3.4 Pentés et stades de développement.....	13
4.3.5 Coefficients statistiques	13
5.0 Discussion	14
5.1 Analyse comparative.....	14
5.2 Résolution et vérification des données	15
5.3 Pertinence de l'utilisation d'un SIG.....	16
6.0 Conclusion.....	16
7.0 Références.....	17
Annexe A. Lexique des termes de foresteries utilisés	36
Annexe B. Programme utilitaire	37

Liste des tableaux

1.	Pourcentage des essences primaires, secondaires et ajustés des parcelles	19
2.	Pourcentage de la surface pour chaque stade de développement.....	19
3.	Pourcentage de surface pour chaque classe de fermeture de futaie.....	20
4.	Surface des zones de coupe.....	20
5.	Matrice comparative des surfaces: Coupe à blanc et essences primaires.....	21
6.	Matrice comparative des surfaces: Coupe sélective et essences primaires	22
7.	Matrice comparative des surfaces: Coupe à blanc et essences secondaires	23
8.	Matrice comparative des surfaces: Coupe sélective et essences secondaires.....	24
9.	Matrice comparative des surfaces: Coupe à blanc et fermeture de la futaie.	25
10.	Matrice comparative des surfaces: Coupe sélective et fermeture de la futaie	26
11.	Matrice comparative des surfaces: Pentés et stades de développement	27
12.	Matrice comparative des surfaces: Coupe à blanc et stades de développement	28
13.	Matrice comparative des surfaces: Coupe sélective et stades de développement.....	29

Liste des Figures

1.	Schéma de production de la carte des pentes par le SIG SPANS GIS.....	30
2.	Pentes du bassin versant du ruisseau Catamaran (Note: les 7 classes ont été reclassifiées en 3 classes.	31
3.	Schéma de production des cartes historiques de coupe.....	32
4.	Combinaison des cartes d'attributs forestiers: sélection des cartes du bassin versant pour l'analyse avec SPANS GIS.....	32
5.	Analyse d'attributs forestiers: essences principales	33
6.	Analyse d'attributs forestiers: essences secondaires	33
7.	Analyse d'attributs forestiers: stades de développement.....	34
8.	Analyse d'attributs forestiers: fermeture de futaie	34
9.	Zones de coupe à blanc historiques du bassin versant du ruisseau Catamaran	35
10.	Zones de coupe sélective historiques du bassin versant du ruisseau Catamaran.....	35

RÉSUMÉ

St-Hilaire, A., D. Caissie, M.-E. Quentin et D. Cluis. 1996. Application d'un système d'information géographique sur le bassin versant du ruisseau Catamaran (NB). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2086: 41p.

Dans la dernière décennie, les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) se sont imposés comme un outil de gestion et de modélisation pour les scientifiques oeuvrant dans le domaine de l'hydrologie et de la foresterie. Dans le cadre du projet de recherche sur l'habitat aquatique de ruisseau Catamaran, un SIG a été utilisé pour analyser l'inventaire des coupes historiques et des attributs forestiers récents du bassin versant. Les données de coupe historiques proviennent du Ministère des Ressources Naturelles et de l'Énergie (MRNE) du Nouveau-Brunswick. Les surfaces de coupes historiques répertoriées occupent respectivement 15.1 % (coupe à blanc) et 22.6 % (coupe sélective) du bassin. Les données récentes de foresteries proviennent de cartes numériques du MRNE saisies à partir de photos aériennes. Les essences à pulpes couvrent 31.6 % de la surface du bassin tandis que les bois francs couvrent 27.6 % du bassin. La majorité de la forêt du bassin (55.5 %) est mature, et la fermeture de futaie est dense sur le bassin dépassant typiquement 50 %. Une analyse des matrices comparatives des surfaces produites à l'aide de SPANS-GIS a permis de quantifier la relation entre les zones de coupe historiques et les attributs forestiers. Les résultats démontrent que l'analyse temporelle avec un SIG peut être dépendante de l'homogénéité du format des cartes.

ABSTRACT

St-Hilaire, A., D. Caissie, M.-E. Quentin et D. Cluis. 1996. Application d'un système d'information géographique sur le bassin versant du ruisseau Catamaran (NB). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2086: 41p.

During the past decade, Geographical Information Systems (GIS) have become an important management and modeling tool for scientists working in hydrology and forestry. A GIS was used for the Catamaran Brook Habitat Research Project in order to inventory historical cuts and current forest attributes of the drainage basin. Historic harvest data, obtained from the New Brunswick Department of Natural Resources and Energy (DNRE), were digitized. A total of 15.1 % of the drainage area had been clearcut while 22.6 % was selectively cut. Recent forestry data obtained from DNRE were a digitized version of aerial photographs. Pulp species cover 31.6 % of the basin while hardwood covers 27.6 %. The majority of the forest (55.5 %) is mature and crown closure is typically dense at 50 % or more. An analysis of cross-surface matrices produced with SPANS-GIS allowed comparisons between forestry attributes and the historical cut area. Results showed that temporal analysis with a GIS may depend on the homogeneity of the base maps.

1.0 INTRODUCTION

Les systèmes d'informations géographiques (SIG) ont récemment permis aux scientifiques du domaine de l'eau d'élargir leur champ d'action (Arnold et al. 1989). En effet, l'analyse spatiale des données ainsi que les outils de modélisation disponibles grâce aux SIG permettent aux hydrologues de tenir compte dans leur analyse et dans leur modélisation d'une foule de variables dont la distribution spatiale est connue (Sucksdorff et al. 1989).

Les SIG sont devenus aussi un outil essentiel dans le domaine de la foresterie. Les applications en foresterie se divisent essentiellement en deux catégories: l'inventaire et le suivi de la ressource ainsi que l'analyse et la modélisation (McKendry et Eastman 1992).

Cet outil est très pertinent dans les applications pluridisciplinaires à long terme qui justifient une plus grande acquisition de données. L'étude du ruisseau Catamaran, situé sur un petit bassin versant forestier, est un bon exemple de ce type de projet. Il s'agit d'une étude multidisciplinaire basée sur l'approche dite de "bassin versant expérimental" (Cunjak et al. 1990). Biologistes, hydrologues, chimistes et géographes collaborent à ce projet afin d'étudier l'impact des travaux forestiers (principalement la coupe du bois et la construction de routes) sur le cours d'eau. Bien que l'emphase soit mise sur l'étude de l'habitat aquatique, plusieurs projets connexes continuent à se greffer au projet principal.

Le ruisseau Catamaran, un cours d'eau de troisième ordre selon la méthode de Strahler (Cunjak et al. 1990), est situé au centre de la province du Nouveau-Brunswick. Le bassin versant a une superficie de 50 km². Ce ruisseau fait partie du réseau hydrographique de la rivière Miramichi. Cette dernière est une importante rivière pour le saumon atlantique (*Salmo salar*) dans l'Est du Canada (Elson 1974). De plus, la région de la Miramichi doit une grande partie de son développement économique à la coupe du bois.

Dès le début du projet du ruisseau Catamaran, il fut établi que la collecte de données sur le bassin versant expérimental serait faite en fonction d'une étude des variations spatiales et temporelles

(Cunjak et al. 1990). Jusqu'à présent, les données forestières n'ont pas été sujettes à un inventaire et aucune compilation historique des activités de coupe n'a été produite.

De plus, un des projets de recherche en cours consiste en une application d'un modèle déterministe de prédiction de températures de l'eau (modèle CEQUEAU, Morin et al. 1983). Une des améliorations possible du modèle à l'étude consisterait à tenir compte, du couvert forestier (spécialement sur les rives) comme paramètre influençant la température de l'eau (Brown et Krygier 1970). Bourque et Arp (1994) ont démontré que la présence de feuillage a un effet sur le transfert de chaleur du sol vers l'atmosphère et que les profils de température de l'air peuvent être modifiés. On peut donc supposer que les données météorologiques appliquées dans un modèle déterministe de prédiction de l'eau sont influencées par le couvert feuillu.

Dans cette optique, l'application de SIG traitée dans ce rapport a deux buts. D'une part, donner au lecteur un aperçu des activités récentes (deuxième moitié de ce siècle) de coupes du bois sur le bassin versant ainsi qu'un bilan des données récentes de foresterie. En second lieu, une analyse préliminaire comparative des données historiques et des mesures récentes de différents attributs de la forêt sur le bassin est présentée.

2.0 DONNÉES

2.1 Modèle numérique de terrain

La topographie de la région fut numérisée avec le logiciel AUTOCAD (Autodesk Inc. 1990, version 11.0) à partir d'une carte à l'échelle 1/50 000 de la commission géographique du Nouveau-Brunswick (McEndrick Lake, carte 21 J/16). Les fichiers digimétrés furent ensuite traduits en format DXF et importés dans un format compatible à SPANS GIS à l'aide du module VECMENU (Intera Tydac Technologies Inc. 1993). A chaque courbe de niveau est associé un attribut numérique qui correspond à l'altitude représentée par ce contour. Il a fallu s'assurer de digimétrer

les courbes de niveau au-delà des frontières du bassin versant afin d'éviter des interpolations erronées à la frontière du bassin. Ces interpolations sont effectuées à l'aide du logiciel SPANS GIS (Intera Tydac Technologies Inc. 1993). La carte de base ainsi obtenue fut ensuite reclassifiée pour diminuer le nombre de classes. Une carte ayant des intervalles de courbes de niveau de 30 m est ainsi créée.

Les pentes ont ensuite été calculées à partir de la carte hypsométrique par le logiciel. La figure 1 montre le schéma des étapes menant à la production de la carte des pentes, tandis que la figure 2 montre la carte des pentes en pourcentage (%) sur le bassin versant. Il faut noter que la figure 2 résume les pourcentages en trois catégories d'après l'allure du bassin: plat (0%), pente faible (1 - 10%), pente moyenne (11 - 20%) et pente forte (> 21%).

2.2 Données historiques de coupe sur le bassin versant

Les données historiques, de coupe du bois ont été numérisées à partir d'une carte du ministère des Ressources Naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick. Cette carte, à l'échelle de 1/20 000, (su papier, projection Mercator) établit des zones de coupe ainsi que les périodes sur lesquelles l'activité forestière s'est échelonnée. La carte fut digimétrée à l'aide du logiciel AUTOCAD (Autodesk Inc. 1990, version 11.0). Chaque zone de coupe provenant d'une époque différente ou ayant été sujette à une technique de coupe différente fut numérisée sur une "couche" différente.

Les fichiers numérisés furent ensuite traduits en format DXF et importés dans un format compatible à SPANS GIS à l'aide du module VECMENU (Intera Tydac Technologies Inc. 1993). Les couches différentes furent ensuite regroupées en 2 cartes représentant les deux principales techniques de coupe utilisées sur le bassin dans le passé (coupe à blanc et coupe sélective). La figure 3 donne le schéma des opérations exécutées pour obtenir les cartes numériques.

2.3 Données récentes de foresterie

Des données récentes furent obtenues du ministère des ressources naturelles et de l'énergie du Nouveau-Brunswick. Elles proviennent de 6 cartes numériques à l'échelle 1/10 000 (cartes no 4832, 4833, 4932, 4933, 5032, 5033, Ministère des ressources naturelles et de l'énergie du N.-B.). Les cartes ont été interprétées à partir de photographies aériennes en couleurs prises entre 1981 et 1985. Ces données, en format Arc Info, ont été traduites en format SPANS GIS à l'aide du module VECMENU (Intera Tydac Technologies Inc. 1993). Ces cartes représentent les blocs inventoriés sur le bassin versant. Pour chacun de ces blocs, une série d'attributs est disponible sous forme tabulaire. On retrouve parmi ces attributs, les superficies des parcelles, les essences primaires, secondaires et tertiaires, le stade de développement, la fermeture de la futaie, le code du propriétaire et des indicateurs de qualité du site.

Des cartes représentant la variation spatiale d'essences primaires, d'essences secondaires, de stade de développement et de fermeture de futaie ont été créées à partir des 6 cartes fournies. Les 6 cartes représentant le même attribut ont ensuite été jointes pour obtenir une carte par attribut, couvrant l'ensemble du bassin versant (figure 4).

Une grande partie des attributs est représentée dans les tables par des codes alphanumériques (lettres et chiffres). Le SIG utilisé permet de reclassifier des codes alphanumériques en code purement numérique. Cependant, SPANS GIS associe à chacune des lettres une classe représentée par chiffre et ce, dans l'ordre où apparaissent les lettres dans la colonne d'attribut. Cette technique a pour effet d'associer des classes différentes aux mêmes attributs sur deux cartes séparées. Il faut donc, dans le cas d'attributs alphanumériques, remplacer les lettres par les chiffres au préalable. Un programme utilitaire a donc été écrit pour remplir cette tâche. Il est fourni en annexe A. Certaines cartes peuvent ainsi être produites à partir des tables d'attributs. Par exemple, les cartes des essences principales et secondaires qui couvrent le bassin ainsi que le stade de développement sont construites à partir de tables d'attributs dont les classes alphanumériques ont été transformées en classes purement numériques.

Cette étape n'a pas été nécessaire dans le cas du pourcentage de fermeture de futaie (figure 5). Les diverses classes de cet attribut étaient purement numériques.

3.0 MÉTHODES

Le logiciel SPANS GIS permet de faire de l'analyse spatiale sur chacune des cartes ainsi que des analyses comparatives entre les cartes.

Des analyses individuelles ont permis d'obtenir le pourcentage de la surface de chacune des classes, pour les attributs suivants: fermeture de futaie, essences primaires et secondaires, stades de développement et type de coupe.

Bien que les analyses temporelles de données soient peu développées dans les systèmes d'information géographiques, il est possible d'utiliser certaines fonctions des SIG afin de faire une étude préliminaire comparative. Dans le cas des données historiques de coupe du bois et des données récentes de foresterie, SPANS GIS nous a permis de calculer des matrices comparatives des surfaces. La procédure compare les surfaces de chacune des classes de deux cartes sélectionnées. Pour chacune des classes, un pourcentage de surface pour lequel il y a superposition est calculé. Il faut prendre note que les surfaces totales calculées dans ces matrices sont l'addition des surfaces attribuées à chacune des classes. Lorsqu'il y a des données manquantes (polygones blancs sur les figures 2 à 5), le total des surfaces est inférieur aux superficies des zones de coupe telles que calculées par le SIG.

Pour chacune des matrices, trois valeurs statistiques sont calculées. Les coefficients de contingence (C), de Tschuprow (T) et de Cramer (V) donnent trois mesures d'indépendance des attributs entre deux cartes. Les valeurs de ces trois coefficients sont comprises entre 0 et 1 et sont calculées à partir du coefficient d'adéquation du Chi-carré. Les valeurs de 0 impliquent une indépendance complète entre les variables. Les faibles valeurs signifient qu'il y a une faible correspondance ou

dépendance entre les deux cartes comparées. Ces coefficients sont définis dans les équations 1,2, et 3.

$$C = (GFX^2 / (GFX^2 + n))^{0.5} \quad (1)$$

$$T = (GFX^2 / (n ((I-1) (J-1)^{0.5})))^{0.5} \quad (2)$$

$$V = (GFX^2 / (n m))^{0.5} \quad (3)$$

d'où : GFX: coefficient d'adéquation du Chi-carré
 n: nombre d'échantillons
 I: nombre de rangées
 J: nombre se colonnes
 m: le plus petit des chiffres entre (I-1) et (J-1).

Il est important de noter que, même lorsqu'il y a correspondance parfaite entre les variables, C et T n'atteignent pas nécessairement la valeur maximale de 1 dans des tableaux asymétriques. V, par contre, peut atteindre son maximum (1) dans des tableaux non-carrés.

4.0 RÉSULTATS

4.1 Attributs forestiers

Les données récoltées par photographie aérienne et numérisées, fournies par le ministère des ressources naturelles et de l'énergie, représentent l'information la plus récente. Les cartes produites à partir des attributs fournies sont: les essences primaires et secondaires (figures 5 et 6), le stade de développement (figure 7) et la fermeture de futaie (figure 8). On remarque dans les figure 4 à 8 une certaine discontinuité aux frontières des cartes jointes. Cette discontinuité peut s'expliquer par une interprétation faite par différents photo-interprètes.

4.1.1 Essences primaires et secondaires

Les figures 5 et 6 donnent respectivement les essences primaires et secondaires qui recouvrent chaque parcelle sur le bassin versant. Les essences primaires sont celles dont l'importance relative est la plus grande dans chaque parcelle. Typiquement, les essences primaires couvrent de 45 à 80 % (moyenne de 52 %) de la parcelle tandis que les espèces secondaires couvrent de 15 à 20% (moyenne de 17 %) de la parcelle.

Le tableau 1 donne les pourcentages de superficie du bassin versant pour les essences primaires et secondaires qui couvrent le bassin versant. Les essences à pulpe incluent essentiellement les épinettes (*Picea* sp.) et le sapin baumier (*Abies balsamea*), et le pins (*Pinus* sp.). Les essences intolérantes sont celles qui succèdent le plus rapidement à une coupe à blanc et incluent les peupliers (*Populus* sp.), les bouleaux blancs (*Betula papyrifera*) et gris (*Betula populifolia*) et toute autre essence qui tolère mal l'ombre. Les bois francs tolérants incluent les érables rouges (*Acer rubrum*) et les érables à sucre (*Acer saccharum*), les chênes (*Quercus* sp.), bouleaux jaunes (*Betula aleganiensis*) et toute autre espèce qui tolère l'ombre. La classification en bois franc est donnée aux parcelles pour lesquelles il était impossible de discerner entre bois francs tolérants et intolérants. Les zones non-productives réfèrent à des marais ou des tourbières non propices à la production et à la coupe des arbres (tableau 1).

À première vue, les essences à bois francs semblent être les essences primaires prépondérantes sur le bassin versant du ruisseau Catamaran. Cependant, il faut se rappeler que les essences primaires et secondaires ne couvrent qu'une partie de la surface de chaque parcelle et que les essences secondaires les plus importantes sont les essences à pulpe (résineux). En fait, si on attribue les pourcentages moyens de surface recouverte par parcelle des essences primaires (52%) et secondaires (17%) aux valeurs du tableau 1, on constate que le pourcentage réel de superficie occupé par les essences à pulpe est de 31.6% tandis que les bois francs occupent 27.6 % de la surface du bassin (tableau 1). Le reste du bassin est occupé par le tuya occidental, la pruche du

Canada, l'aulnes, et autres espèces tertiaires sans oublier la partie du bassin dont les données n'étaient pas disponibles.

4.1.2 Stades de développement

Les stades de développement permettent de qualifier chaque parcelle en terme de maturité des essences principales. Les critères qui définissent cette maturité varient selon l'espèce. De façon générale, une parcelle dite mature serait celle dont les arbres ont atteint un maximum de rendement de matière ligneuse avant sa dégénérescence selon la courbe d'accroissement de l'essence.

La figure 7 montre la carte du bassin versant avec les stades de développement pour chaque parcelle. Le tableau 2 donne les pourcentages de la surfaces du bassin ayant différents stades de développement. On remarque que la majorité de la surface (55.5%) du bassin versant du ruisseau Catamaran est composée d'essences matures. Il est à noter que des observations sur le terrain démontrent que le pourcentage de la classe immature-jeune semble être surestimé (R.A. Cunjak, Ministère des Pêches et Océans - M.P.O., comm. per.)

4.1.3 Fermeture de futaie

Deux types de mesures ont été prises pour quantifier la fermeture de la futaie (figure 7). Le pourcentage, tel que donné dans la légende (figure 7), décrit la portion du ciel qui reste cachée à cause du feuillage, ce qui donne une idée relative de la densité des pousses. Dans certains endroits, la densité a été donnée en nombre de pousses par hectare. Ces mesures de densité correspondent à une méthode de mesure moins récente que celles identifiées par pourcentage.

A l'aide du SIG, on peut obtenir les superficies couvertes par chacune des classes représentées sur la carte. Les résultats sont présentés dans le tableau 3. Le pourcentage de couvert forestier le plus typique du bassin est l'intervalle de 50 à 70%. En additionnant les superficies des classes variables et constantes ayant de 50 à 70% de couvert forestier, on obtient une surface totale de 32.3 km², soit

64.6% du bassin versant. Les unités de densité (Pousses par hectare) ont été peu utilisées sur le bassin versant. Seuls quelques polygones sur la carte ont ce type d'unités pour attribut du couvert forestier et ils représentent moins de 1% de la superficie totale du bassin.

4.2 Coupes historiques

Les figures 8 et 9 donnent un aperçu des activités de coupe du bois sur le bassin versant du ruisseau Catamaran. Chaque carte représente un type de coupe différent. La coupe à blanc (figure 8) est une pratique forestière qui consiste à couper toutes les essences présentes. La coupe sélective (figure 9) est une pratique qui consiste à ne prélever que certaines espèces (l'épinette et le sapin, dans le cas du bassin versant du ruisseau Catamaran).

Le tableau 4 donne les surfaces et les pourcentages de la superficie totale du bassin versant ayant été sujettes aux divers types et époques de coupe, tels que calculés par le SIG. Les zones de coupe à blanc couvrent 15.1 % de la superficie du bassin versant tandis que celles où la coupe sélective (coupe où l'on prélève seulement les essences à pulpe) fut pratiquée couvrent 22.6 % (toutes époques confondues). L'époque de coupe la plus intensive se situe entre 1960 et 1970. En confondant toutes les techniques et les époques, on trouve une superficie coupée de 18.56 km², soit 37.1 % de la superficie du bassin versant.

4.3 Matrices comparatives des surfaces

Les tableaux 5 à 15 donnent les résultats de cette analyse. On y compare des cartes de coupe historique (figures 9 et 10) avec les cartes de données récentes de foresterie. On y compare, entre autre, les cartes des essences primaires avec les coupes à blanc (tableau 5) et les coupes sélectives (tableau 6) ainsi que les cartes des essences secondaires avec ces mêmes pratiques de coupes (tableaux 7 et 8). La fermeture de futaie est comparée avec les 4 types de coupe historiques

(tableaux 9 à 12). Les stades de développement (figure 7) ont été comparés avec les deux types de coupes les plus importantes (tableaux 13 et 14).

Pour chaque comparaison d'attributs entre deux cartes (c'est-à-dire chaque bloc de données des tableaux 5 à 15), SPANS GIS produit les valeurs suivantes: le premier chiffre de chaque bloc donne la surface en km^2 ; le second donne le pourcentage du bassin que représente cette surface; le troisième donne le pourcentage de la colonne; le quatrième représente le pourcentage en rangée.

Par exemple, entre 1960 et 1970, 0.689 km^2 est identifié comme coupe à blanc pour les essences primaires (tableau 5). Cette superficie représente 1.54% ($0.689 \text{ km}^2/44.66 \text{ km}^2$) du bassin total tandis qu'elle représente 4.29 % ($0.689 \text{ km}^2/16.06 \text{ km}^2$) de la pulpe sur toute les périodes de coupe à blanc.

Finalement, sur une superficie totale de coupe à blanc de 2.10 km^2 , entre 1960 et 1970, les essences à pulpe représentent 32.78% ($0.689 \text{ km}^2/2.10 \text{ km}^2$; voir tableau 5).

Les coefficients statistiques T, V, et C ont aussi été calculés pour chacune des matrices comparatives des surfaces. On remarque, de façon générale, de faibles dépendances entre les attributs ($0.08 < V < 0.16$ et $0.05 < T < 0.25$). Seul le coefficient de contingence, qui ne tient pas compte de l'asymétrie des tableau, donne des valeurs plus élevées ($0.22 < C < 0.59$)

4.3.1 Coupes historiques et composition spécifique

Les tableaux 5 à 8 comparent les surfaces des essences primaires et secondaires pour différentes zones de coupe historique. Pour les coupes à blanc, on remarque que les essences primaires dans les vieilles zones coupées sont les bois francs (62.5% pour les parcelles coupées en 1960-1970; bois franc = 6.33%, bois franc intolérant = 26.59% et bois franc tolérant = 29.6%; tableau 5). Les essences à pulpe ne représentent que 32.8 % de la surface de ces vieilles coupes à blanc (tableau 5).

Le pourcentage des essences à pulpe présentes sur les coupes à blanc plus récentes (1981-1987)

n'est que de 11.08%. Il est étonnant de voir le fort pourcentage (29.5%) de la parcelle de coupe à blanc la plus récente (1981-1987) occupé par le thuya occidental (tableau 5). Le pourcentage de cette même zone de coupe occupé par les essences de bois franc totalisent 57.8% (bois franc = 0%, bois franc intolérant = 6.78% et bois franc tolérants = 51.06%; tableau 5) de la surface coupée entre 1881 et 1987. Dans la plupart des zones de coupe à blanc, les essences à pulpe forment l'essence secondaire principale (de 46.7 à 90.7%; tableau 7).

Les coupes sélectives démontrent un grand pourcentage d'essence de bois franc (74.5% pour l'époque 1950-1960, bois franc=33.62%, bois franc intolérant = 8.4% et bois franc tolérant = 32.5%; tableau 6) . Dans le cas de la coupe sélective exécutée entre 1960 et 70, le thuya occidental, qui ne fait pas partie des espèces récoltées en coupes sélectives, occupe aussi un pourcentage non négligeable (10.48%) en essence primaire (tableau 6) et 4.6% en essence secondaire (tableau 8), ce qui représente un total de 11.3 % de la surface totale des parcelles, en appliquant le rapport des surfaces.

4.3.2 Coupes historiques et fermeture de futaie

Le tableau 9 montre que dans le cas des coupes à blanc historiques, on retrouve une fermeture de futaie dense. La majorité des surfaces des parcelles ont des classes de fermeture de futaie dense de 50-70% et 70-90%. Il existe une proportion plus faible (18.04% en 1960-70 et 2.22% en 1971-80; tableau 9) de ces zones dont le couvert forestier n'est que de 10 à 30%. Contre toute attente, les zones de coupe récentes semblent montrer une forte densité (40.8% de fermeture de futaie à plus de 70%). Il faut noter que certaines coupes plus récentes (1981-1987) n'avaient pas été coupées lors de la saisie des données de fermeture de futaie. Ceci expliquerait le fort pourcentage à des endroits où les observateurs (P. Hardie, Ministère des Pêches et Océans - M.P.O., comm. per.) remarquent actuellement une fermeture de futaie plutôt faible.

Les coupes sélectives (tableau 10) démontrent une différence de fermeture de futaie entre les deux époques de coupe. Les zones de coupes opérées entre 1950-60 ont un plus grand pourcentage

(6.9%) de couvert forestier élevé (70-90% couvert) que les coupes exécutées entre 1960 et 1970 (2.9%). De plus, les zones de coupe sélectives ayant une fermeture de futaie relativement faible (30-50% couvert) sont plus importantes dans le cas des coupes plus récentes: aux environs de 5.2% pour 1960-70 (30-50% variable) comparativement à 2.8% (30-50% variable) pour 1950-60 (tableau 10).

4.3.3 Stades de développement et coupes historiques

Les matrices comparatives de surfaces entre les stades de développement, les zones de coupe à blanc et de coupe sélectives se retrouvent dans les tableaux 12 et 13.

Les coupes à blanc les plus récentes qui apparaissent sur la figure 9 (1983-87) montre un pourcentage de pousses matures inférieur aux deux autres zones de coupe plus anciennes (26.7% mature pour 81-87 et 61.2% pour mature en 1971-80, tableau 12). Le plus grand pourcentage d'arbres classifiés immatures-jeunes se retrouve aussi dans cette coupe plus récente (41.1% pour 1981-87 contre 8.5% pour 1971-80 et 1.5 % pour 1960-70). Fait surprenant, près de 14% de toutes les parcelles considérées comme coupées se retrouvent dans le bloc de coupe exécutée entre 1971 et 1980. En contraste, la coupe plus récente, réalisée entre 1985 et 1987, ne contient que 2.9% des parcelles considérées comme coupées sur le bassin (tableau 12). Il faut cependant se rappeler que le tableau 12 indique qu'un faible pourcentage de la surface totale du bassin est considéré comme coupé. En faisant la somme des superficies de la classe "coupé", on arrive à un total de 1.17 km² (1960-70 = 0.22 km²; 1971-80 = 0.79 km²; 1981-87 = 0.16 km²) ou 2.3% de la superficie totale du bassin. Cependant, on retrouve 4.5 km² identifié comme coupé à l'extérieur des zones historiques de coupe.

Les coupes sélectives (tableau 13) ont des pourcentages élevés de l'attribut " mature" (41.4% pour 1950-60, 71.5% pour 1960-70 et 55.4% pour 1982-84). La zone ayant subi une coupe sélective entre 1960-70 (tableau 13) contient un fort pourcentage de surface encore considérée comme coupé (16.1%, tableau 13). La zone de coupe sélective (1960-70) est la plus importante qu'ait subi le

bassin versant du ruisseau Catamaran. Elle couvre 10.3 km², soit 20.6% de toute la surface du bassin versant (tableau 4). De plus, elle recoupe une zone de coupe à blanc ayant été faite entre 1981 et 1987, ce qui peut expliquer ce haut pourcentage (figures 9 et 10).

4.3.4 Pentés et stades de développement

Le tableau 11 compare les stades de développement avec la pente du terrain. Une très faible partie de la surface du bassin est caractérisée par des pentes fortes. Le tableau 11 donne des pourcentages de 0.1%, 0.06%, et 0.17% pour des pentes de 71-80%, 81-90% et 91-100% respectivement (voir total, tableau 11). Par contre, plus de 86% du bassin est caractérisé par une pente de 1-10%. On remarque que les parcelles dites matures caractérisent la majorité (51.4%) des surfaces dont la pente est faible (1 à 10%). Ce pourcentage de forêt mature diminue de plus de 10% et plus lorsque la pente augmente (41.6% mature pour les pentes de 11 à 20%, et 31.7% mature pour les pentes de 21 à 30%). L'attribut "immature-jeune" correspond à 14.6% de la surface caractérisé par des pentes faibles (1-10% de dénivellation) tandis que ce même attribut couvre 40% de la surface des régions ayant des pentes plus élevées (31-40% de dénivellation, tableau 11).

4.3.5 Coefficients statistiques

Tel que mentionné ci-haut, SPANS GIS calcule trois coefficients déduits du Chi-carré. Il s'agit du coefficient de contingence (C), du coefficient de Tschuprow (T) et du coefficient de Cramer (V). Ces trois coefficients permettent de quantifier le degré de corrélation, d'association et d'indépendance entre deux cartes préparées avec SPANS GIS (Intera Tydac Technologies Inc. 1993).

Ces coefficients peuvent théoriquement varier entre 0 et 1. Le maximum (1) implique une association complète entre les deux cartes. Les coefficients de Tschuprow et de Cramer (T et V) sont généralement d'un ordre de grandeur inférieur au coefficient de Contingence (C). Il semble que l'association entre la carte du couvert forestier et les cartes de coupe soit faible. Le coefficient

de Cramer, qui peut théoriquement atteindre une valeur maximale de 1 dans les matrices asymétriques (c'est le cas des tableaux 5 à 13) a des valeurs inférieures à 0.35 pour ces matrices. Ces faibles coefficients s'expliquent par le fait que la comparaison ne se fait pas pour les mêmes attributs. Les cartes de coupe historiques et de couvert forestier sont caractérisées par des classes, des attributs et des polygones différents. Cette non-correspondance se reflète donc par des coefficients d'association ou de corrélation (C, T et V) faibles.

Les valeurs relativement élevées de C par rapport à T et V s'expliquent par le fait que calcul de C ne tient compte que du Chi-carré et de la grosseur de l'échantillon (n) tandis que les deux autres coefficients tiennent compte de la symétrie de la matrice. T atteint son maximum pour les tableaux carrés, ce qui explique sa faiblesse relative dans le cas des tableaux 5 à 15.

5.0 DISCUSSION

5.1 Analyse comparative

Bien que les SIG soient des outils d'analyse et de modélisation spatiales, certaines fonctions telles que celles utilisées dans cette étude permettent une analyse temporelle de base. Les tableaux analysés dans cette étude constituent une première tentative de comparaison entre des données provenant de sources et de formats différents. Le fait que ces données soient géoréférencées permet de procéder à une analyse temporelle préliminaire.

Il faut noter que les résultats des tableaux 5 à 15 servent principalement comme outil pour tester la robustesse et l'efficacité des fonctions de SPANS GIS pour l'analyse temporelle. La faible dépendance entre les cartes historiques et récentes semble indiquer que le potentiel des SIG pour l'analyse temporelle est limité par la plus ou moins grande homogénéité dans le format des données.

Au niveau spatial, les données ainsi acquises peuvent être très utiles pour le projet du ruisseau Catamaran dans la mesure où elles peuvent être vérifiées sur le terrain. Elles pourront se prêter à d'autres projets pluridisciplinaires. Par exemple, les analyses subséquentes pourraient comparer les données de coupe avec d'autres données spatiales telles que la pédologie, habitat du castor, etc.

5.2 Résolution et vérification des données

Une des variables dont il faut tenir compte dans l'analyse est la résolution des données. Dans le cadre de ce projet, les cartes utilisés ont des échelles qui varient entre 1/10 000 et 1/50 000.

Toutes les cartes furent "enquadrées" au même niveau (13) ce qui correspond à une résolution de 4 m. La résolution la plus grossière doit servir de dénominateur commun pour l'ensemble des analyses. Cette résolution est donc celle de l'échelle 1/50 000, qui est de l'ordre de 25 m.

Les données obtenues du ministère des Ressources Naturelles et de l'Énergie ont été interprétées partir de photos aériennes vieilles d'environ dix ans. Ces données sont mises à jour lorsque le ministère des ressources naturelles reçoit de l'information. Cependant, un délai d'au moins 1 an entre la réception des données et la mise à jour doit être compter. De plus, seulement 1% des données sont vérifiées sur le terrain. Le peu de validation des données peut expliquer certaines différences entre les cartes présentées dans ce rapport et les témoignages de ceux et celles qui travaillent sur le bassin. Par exemple, le pourcentage de la surface dont l'essence principale est l'aulne n'est que de 2 %. Une validation sur le terrain donnerait probablement un chiffre plus élevé (P. Hardie, M.P.O, comm. pers.). De plus, notre analyse révèle qu'une attention particulière devrait être portée à la continuité de l'interprétation près des frontières des cartes afin d'assurer un plus grande homogénéité dans la classification.

5.3 Pertinence de l'utilisation d'un système d'information géographique

Depuis une dizaine d'années, on assiste à un grand essor dans le domaine de la géomatique. Le nombre de SIG disponibles sur le marché ne cesse d'augmenter et les applications qu'on en fait sont multiples et très diversifiées.

Dans le contexte d'un projet à long terme comme le projet du ruisseau Catamaran, l'utilisation d'un SIG peut s'avérer fort utile. Il faut cependant se rappeler une des caractéristiques fondamentales des SIG: ce sont des outils qui requièrent des données géoréférencées. De plus, il faut aussi se rappeler que la force du SIG est dans l'analyse de données spatiales. Les analyses de données de foresterie discutées ci-dessus ont quand même démontrées qu'une analyse temporelle minimale est possible même pour des données provenant de sources différentes.

L'application la plus pertinente pour le projet du ruisseau Catamaran semble être le suivi des activités forestières. Les coupes qui débiteront en 1996 modifieront sensiblement les analyses déjà produites. De plus les données de fermeture de futaie permettront de développer un indice d'ombrage qui pourra être incorporé à un modèle de prédiction des températures de l'eau.

6.0 CONCLUSION

Un système d'information géographique a été utilisé dans le cadre d'une analyse préliminaire de données de foresterie du ruisseau Catamaran. L'analyse a permis de dresser l'histoire récente des activités de coupe sur le bassin. De plus, une première tentative d'analyse temporelle a permis de quantifier le couvert forestier, les essences principales et les essences secondaires pour différentes zones et époques de coupe.

Les coupes à blancs historiques sur le bassin ont couvert au total 15.1 % de la surface tandis que 22.6% du bassin a été sujet à des coupes sélectives depuis les années 50.

Les données actuelles démontrent que le bassin versant du ruisseau Catamaran est couvert à 55.5 % d'essences matures (tableau 12). 31.6% de la surface est recouverte par des essences à pulpes tandis que 27.6% sont des essences de bois francs (tableaux 7 et 8).

Une première analyse semble démontrer que les stades de maturité avancés (matures) se retrouvent plus fréquemment sur des terrains à pente faible tandis que les stades immatures sont plus importants lorsque la pente augmente.

L'application des SIG comme outil d'analyse de données spatio- temporelles distribuées sur le bassin versant du ruisseau Catamaran s'avère prometteur pour les données distribuées sur l'ensemble du bassin. Ce type d'application pourra être étendu à d'autres attributs provenant de cartes de foresterie. À ceci pourra s'ajouter les données physiques telles que les pentes et la pédologie.

7.0 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arnold, U., B. Datta and P. Haenscheid. (1989). *Intelligent geographic information system (IGIS) and surface water modeling*. New Direction for Surface Water Modeling, IAHS, Publ. no. 181, pp.407-416.

Autodesk inc. (1990). *AUTOCAD release 11, reference manual*. 188 pages.

Bourque, C.P.A. et P.A Arp. (1994). *Dawn to dusk evolution of air turbulence, temperature and sensible and latent heat fluxes above a forest canopy: concepts, model and field comparisons*. Atmosphere-Ocean, volume 32 no2, juin 1994. pp 299-334

- Brown, G. et J. Kryeger (1970). *Effects of clear-cutting on stream temperature*. Water Resources Research, volume 6, no4, pages 1133-1139.
- Cunjak, R.A. Caissie, D. et N. El-Jabi (1990). *The Catamaran Brook Habitat Research Project: Description and general design of study*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1751. 14 pages.
- Elson, P.F. (1974). *Impact of recent economic growth and industrial development on the ecology of Northwest Miramichi Atlantic salmon (Salmo salar)*. J. Fish. Res. Board Can. 31:521-544.
- Intera Tydac Technologies Inc. (1993). *Spans GIS reference manual*.
- McKendry, J.E. et Eastman, R.J. (1992). *Application of GIS in forestry: A review*. Dans Explorations In Geographic Information Systems Technology. Volume 2. Applications in Forestry. Unitar European Office pp.7-30.
- Morin, G., D. Cluis, D. Couillard, H.G. Jones et J.M. Gauthier (1983). *Modélisation de la température à l'aide du modèle quantité qualité CEQUEAU*. Rapport scientifique no 153. INRS-EAU, 103 pages.
- Strahler, N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, section 4-11* dans Handbook of Applied Hydrology, V.T.Chow éditeur.
- Sucksdorff, Y., R. Lemmela and T. Keisteri. (1989). *The environmental geographic information system in Finland*. New Direction for Surface Water Modeling, IAHS, Publ. no. 181, pp.427-434.

Tableau 1. Pourcentage des essences primaires, secondaire et ajusté des parcelles. Les pourcentages sont calculés à partir du nombre de polygones identifiés par les essences primaires et secondaires du tableau (pourcentages ajustés = 52% primaire + 17% secondaire, voir texte pour plus de détails).

Essences	Pourcentage		
	Primaire	Secondaire	Ajusté
Essences à pulpe	35.97 %	76.1 %	31.6 %
Bois franc	49.14	11.78	27.6
Thuya occidental	9.26	7.03	6.0
Pruche du Canada	0.43	5.11	1.1
Aulnes	2.78	-	-
Zones non-productives	1.79	-	-

Tableau 2. Pourcentage de la surface pour chaque Stade de développement.

Stade de développement	Pourcentage de la surface
En régénération	3.02
Immature jeune	11.51
Immature vieux	12.90
Mature	55.47
Plus que mature	4.80
Coupé	12.30

Tableau 3. Pourcentage de surface pour chaque classe de fermeture de futaie.

Type de couvert ou de densité	surface (km ²)	Pourcentage
10-30% Couvert	0.095	0.2%
30-50% Couvert	2.48	5.0%
50-70% Couvert	23.5	47.0%
70-90% Couvert	5.98	12.0%
5001-1000 pousses/ha	0.11	0.2%
10001-15000 pousses/ha	0.04	0.08%
150001-20000 pousses/ha	0.04	0.08%
10-30% Couvert Variable	2.12	4.2%
30-50% Couvert Variable	3.35	6.7%
50-70% Couvert Variable	8.8	16.0%
70-90% Couvert Variable	0.2	0.4%

Tableau 4. Surfaces des zones de coupe.

Type et époque de coupe à bois	Superficie (km ²)	Pourcentage de la surface du bassin
Coupe à blanc 1960-70	2.18	4.4%
Coupe à blanc 1971-80	3.35	6.7%
Coupe à blanc 1981-87	2.00	4.0%
Coupe sélective 1950-60	0.73	1.2%
Coupe sélective 1960-70	10.31	20.6%
Coupe sélective 1982-84	0.40	0.80%

Tableau 5. Matrice comparative des surfaces : Coupe à blanc et essences primaires. Le coefficient de Contingence = 0.293; Le T de Tschuprow = 0.055; Le V de Cramer = 0.079

classes d'essences primaires	Période de coupe à blanc				
	1960-70	1971-80	1981-87	sans coupe	Total
Pulpe	0.6889* 1.54** 4.29*** 32.78****	0.7957 1.78 4.95 28.68	0.2043 0.46 1.27 11.08	14.3771 32.19 89.49 37.89	16.0660 35.97
Thuya occidental	0.0503 0.11 1.22 2.40	0.7501 1.68 18.13 27.04	0.5436 1.22 13.14 29.49	2.7925 6.25 67.51 7.36	4.1365 9.26
Pruche	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0298 0.07 15.62 1.62	0.1610 0.36 84.38 0.42	0.1908 0.43
Bois franc	0.1330 0.30 7.40 6.33	0.0586 0.13 3.26 2.11	0.0000 0.00 0.00 0.00	1.6075 3.60 89.35 4.24	1.7991 4.03
Bois franc intolérant	0.5588 1.25 16.88 26.59	0.1806 0.40 5.45 6.51	0.1245 0.28 3.76 6.76	2.4469 5.48 73.91 6.45	3.3108 7.41
Bois franc tolérant	0.6221 1.39 3.69 29.60	0.8063 1.81 4.79 29.06	0.9411 2.11 5.59 51.06	14.4678 32.39 85.93 38.13	16.8373 37.70
Aulnes	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0695 0.16 5.59 2.51	0.0000 0.00 0.00 0.00	1.1741 2.63 94.41 3.09	1.2436 2.78
Zone non- productives	0.0486 0.11 6.06 2.31	0.1136 0.25 14.17 4.09	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.6394 1.43 79.77 1.69	0.8016 1.79
Eau	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.2785 0.62 100.00 0.73	0.2785 0.62
Total	2.1018 4.71	2.7743 6.21	1.8433 4.13	37.9448 84.96	44.6642

- * la première ligne de chaque bloc donne la surface conjointe aux deux classes(km²);
 ** La seconde ligne donne le pourcentage du bassin que représente cette surface;
 *** La troisième ligne donne le pourcentage pour la rangée;
 **** La dernière ligne donne le pourcentage pour les colonnes.
 Les totaux sont exprimés en surface (km²) d'abord, puis en pourcentage.

Tableau 6. Matrice comparative des surfaces : Coupe sélective et essences primaires. Le coefficient de Contingence = 0.3588; le T de Tschuprow = 0.0705; le V de Cramer = 0.1027.

Classes d'essences primaires	Période de coupe à blanc			
	1960-1970	1982-1984	1950-1960	Total
Pulpe	3.7076 35.38 91.77 39.66	0.1516 1.45 3.75 38.31	0.1808 1.73 4.48 24.66	4.0400 38.56
Thuya occidental	0.9799 9.35 99.30 10.48	0.0007 0.01 0.07 0.18	0.0062 0.06 0.63 0.85	0.9869 9.42
Bois franc	0.3401 3.25 57.98 3.64	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.2465 2.35 42.02 33.62	0.5866 5.60
Bois franc intolérant	0.2134 2.04 74.57 2.28	0.0112 0.11 3.92 2.83	0.0615 0.59 21.51 8.39	0.2861 2.73
Bois franc Tolérant	3.0893 29.48 86.78 33.04	0.2323 2.22 6.52 58.68	0.2382 2.27 6.69 32.48	3.5597 33.97
Aulnes	0.5730 5.47 100.00 6.13	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.5730 5.47
Zone non- productives	0.3999 3.82 100.00 4.28	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.3999 3.82
Eau	0.0461 0.44 100.00 0.49	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0461 0.44
Total	9.3493 89.22	0.3958 3.78	0.7332 7.00	10.4784

Tableau 7. Matrice comparative des surfaces: Coupe à blanc et essences secondaires. Le coefficient de contingence = 0.318; le T de Tschuprow = 0.1123; le V de Cramer = 0.1470.

Classe d'essences secondaires	Période de coupe à blanc				
	1960-1970	1971-1980	1981-1987	sans coupe	Total
Pulpe	0.7468 2.79 3.67 46.68	1.7644 6.60 8.67 90.65	0.3729 1.39 1.83 63.76	17.4667 65.30 85.83 77.22	20.3508 76.08
Thuya occidental	0.1811 0.68 9.63 11.32	0.0524 0.20 2.79 2.69	0.0535 0.20 2.84 9.14	1.5940 5.96 84.74 7.05	1.8810 7.03
Pruche	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.1280 0.48 9.37 21.89	1.2390 4.63 90.63 5.48	1.3670 5.11
Bois franc	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0001 0.00 0.03 0.01	0.0020 0.01 0.54 0.34	0.3598 1.35 99.43 1.59	0.3619 1.35
Bois franc intolérant	0.0512 0.19 10.95 3.20	0.0957 0.36 20.48 4.92	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.3205 1.20 68.57 1.42	0.4675 1.75
Bois franc tolérant	0.6209 2.32 26.75 38.81	0.0337 0.13 1.45 1.73	0.0284 0.11 1.23 4.87	1.6379 6.12 70.57 7.24	2.3210 8.68
Total	1.6000 5.98	1.9464 7.28	0.5848 2.19	22.6180 84.56	26.7492

Tableau 8. Matrice comparative des surfaces : Coupe sélective essences secondaires. Le coefficient de contingence = 0.5913; le T de Tschuprow= 0.2535; le V de Cramer = 0.3279.

classes d'essences secondaires	Périodes de coupe sélective			
	1960-70	1982-84	1950-60	Total
Pulpe	5.56043 82.22 94.48 89.43	0.10445 1.54 1.77 42.66	0.22054 3.26 3.75 73.45	5.88542 87.03
Thuya occidental	0.28779 4.26 79.00 4.63	0.00344 0.05 0.94 1.41	0.07306 1.08 20.06 24.33	0.36429 5.39
Pruche	0.00000 0.00 0.00 0.00	0.13150 1.94 95.36 53.71	0.00640 0.09 4.64 2.13	0.13790 2.04
Bois franc	0.16665 2.46 98.80 2.68	0.00203 0.03 1.20 0.83	0.00000 0.00 0.00 0.00	0.16868 2.49
Bois franc intolérant	0.07080 1.05 100.00 1.14	0.00000 0.00 0.00 0.00	0.00000 0.00 0.00 0.00	0.07080 1.05
Bois franc tolérant	0.13175 1.95 97.29 2.12	0.00341 0.05 2.52 1.39	0.00026 0.00 0.19 0.09	0.13542 2.00
Total	6.21743 91.94	0.24483 3.62	0.30026 4.44	6.76252

Tableau 9. Matrice comparative des surfaces : Coupe à blanc et fermeture de la futaie. Le coefficient de contingence = 0.298; le T de Tschuprow = 0.0546; le V de Cramer = 0.0781.

classes de fermeture de futaie	Périodes de coupe à blanc				
	1960-70	1971-80	1981-87	sans coupe	Total
10-30%	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0941 0.20 100.00 0.24	0.0941 0.20
30-50%	0.0286 0.06 1.16 1.57	0.0299 0.06 1.21 0.91	0.1582 0.34 6.39 7.90	2.2605 4.83 91.25 5.70	2.4772 5.30
50-70%	0.8455 1.81 3.60 46.36	2.2538 4.82 9.59 68.96	0.7484 1.60 3.19 37.35	19.6465 42.02 83.62 49.53	23.4943 50.25
70-90%	0.0518 0.11 0.87 2.84	0.1833 0.39 3.07 5.61	0.8179 1.75 13.68 40.82	4.9269 10.54 82.39 12.42	5.9799 12.79
10000 pousses/ha	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0405 0.09 38.32 1.24	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0652 0.14 61.68 0.16	0.1057 0.23
15000 pousses/ha	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0001 0.00 0.35 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0369 0.08 99.65 0.09	0.0371 0.08
20000 pousses/ha	0.0034 0.01 7.41 0.19	0.0424 0.09 92.59 1.30	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0458 0.10
10-30% variable	0.3290 0.70 15.45 18.04	0.0737 0.16 3.46 2.25	0.0000 0.00 0.00 0.00	1.7271 3.69 81.09 4.35	2.1298 4.55
30-50% variable	0.3223 0.69 9.62 17.67	0.2696 0.58 8.05 8.25	0.0635 0.14 1.90 3.17	2.6953 5.76 80.44 6.80	3.3507 7.17
50-70% variable	0.2430 0.52 2.75 13.33	0.3306 0.71 3.74 10.12	0.2157 0.46 2.44 10.76	8.0518 17.22 91.07 20.30	8.8411 18.91
70-90% variable	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0445 0.10 21.95 1.36	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.1582 0.34 78.05 0.40	0.2027 0.43
Total	1.8237 3.90	3.2685 6.99	2.0037 4.29	39.6625 84.82	46.7584

Tableau 10. Matrice comparative des surfaces : Coupe sélective et fermeture de la futaie. Le coefficient de contingence = 0.215 T de Tschuprow = 0.055; le V de Cramer = 0.110.

classes de fermeture de futaie	Périodes de coupe sélective			
	1960-70	1982-84	1950-60	Total
10-30%	0.0472 0.42 100.00 0.46	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0472 0.42
30-50 %	0.5369 4.72 100.00 5.21	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.5369 4.72
50-70 %	6.3666 55.96 90.49 61.77	0.2833 2.49 4.03 71.57	0.3854 3.39 5.48 57.23	7.0353 61.84
70-90 %	0.2939 2.58 72.11 2.85	0.0669 0.59 16.42 16.91	0.0467 0.41 11.46 6.94	0.4075 3.58
10000 pousses/ha	0.0214 0.19 100.00 0.21	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0214 0.19
15000 pousses/ha	0.0367 0.32 100.00 0.36	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0367 0.32
20000 pousses/ha	0.0298 0.26 100.00 0.29	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0298 0.26
10-30 variable	0.3241 2.85 74.21 3.14	0.0385 0.34 8.83 9.74	0.0741 0.65 16.97 11.00	0.4367 3.84
30-50 variable	0.6310 5.55 96.54 6.12	0.0036 0.03 0.55 0.91	0.0191 0.17 2.92 2.83	0.6537 5.75
50-70 variable	2.0200 17.76 93.02 19.60	0.0035 0.03 0.16 0.88	0.1482 1.30 6.82 22.00	2.1717 19.09
Total	10.3076 90.60	0.3958 3.48	0.6735 5.92	11.3769

Tableau 11. Matrice comparative des surfaces: Pentes et stade de développement. Le coefficient de contingence = 0.203 T de Tschuprow = 0.071; le V de Cramer = 0.074.

classes de stade de développement	classes de pentes										Total
	Col %	1-10%	11-20%	21-30%	31-40%	41-50%	51-60%	61-70%	71-80%	81-90%	
Coupé	1.3121	0.0533	0.0117	0.0070	0.0043	0.0062	0.0032	0.0035	0.0017	0.0014	1.4044
	9.01	0.37	0.08	0.05	0.03	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	9.65
	93.43	3.79	0.84	0.50	0.31	0.44	0.23	0.25	0.12	0.10	
	10.40	4.50	3.24	3.46	5.76	15.53	13.67	23.95	18.52	5.66	
Immature vieux	1.9297	0.1778	0.0418	0.0299	0.0150	0.0095	0.0054	0.0036	0.0025	0.0077	2.2229
	13.26	1.22	0.29	0.21	0.10	0.06	0.04	0.03	0.02	0.05	15.27
	86.81	8.00	1.88	1.34	0.68	0.43	0.24	0.16	0.11	0.35	
	15.29	15.01	11.53	14.79	20.20	23.84	22.80	25.17	27.10	31.40	
Mature	6.4832	0.4926	0.1149	0.0714	0.0277	0.0148	0.0098	0.0051	0.0036	0.0105	7.2337
	44.54	3.38	0.79	0.49	0.19	0.10	0.07	0.03	0.02	0.07	49.70
	89.63	6.81	1.59	0.99	0.38	0.21	0.14	0.07	0.05	0.15	
	51.37	41.61	31.70	35.38	37.26	37.43	41.41	34.99	38.08	42.78	
Plus que mature	0.7375	0.1626	0.0313	0.0128	0.0049	0.0009	0.0009	0.0006	0.0007	0.0022	0.9544
	5.07	1.12	0.22	0.09	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	6.56
	77.27	17.03	3.28	1.34	0.52	0.10	0.10	0.07	0.07	0.23	
	5.84	13.73	8.64	6.32	6.65	2.38	3.86	4.42	7.03	8.84	
En re- génération	0.3115	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3117
	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14
	99.95	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	2.47	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Immature jeune	1.8472	0.2975	0.1627	0.0809	0.0224	0.0083	0.0043	0.0017	0.0009	0.0028	2.4286
	12.69	2.04	1.12	0.56	0.15	0.06	0.03	0.01	0.01	0.02	16.68
	76.06	12.25	6.70	3.33	0.92	0.34	0.18	0.07	0.04	0.11	
	14.64	25.13	44.89	40.06	30.14	20.81	18.27	11.48	9.26	11.31	
Total	12.6212	1.1839	0.3624	0.2019	0.0744	0.0397	0.0236	0.0145	0.0093	0.0246	14.5556
	86.71	8.13	2.49	1.39	0.51	0.27	0.16	0.10	0.06	0.17	

Tableau 12. Matrice comparative des surfaces : Coupe à blanc et stades de développement. Le coefficient de contingence = 0.384; le T de Tschuprow = 0.1258; le V de Cramer = 0.1472.

Périodes de coupe	Classes de stade de développement						Total
	Coupé	Immature vieux	Mature	Plus que mature	en régé- nération	Immature jeune	
1960-70	0.2178 0.48 10.23 3.88	0.1936 0.42 9.10 3.29	1.0300 2.26 48.40 4.07	0.0561 0.12 2.63 2.56	0.5981 1.31 28.11 43.40	0.0325 0.07 1.53 0.62	2.1280 4.66
1971-1980	0.7853 1.72 25.73 13.98	0.1276 0.28 4.18 2.16	1.8680 4.09 61.21 7.38	0.0114 0.02 0.37 0.52	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.2593 0.57 8.50 4.93	3.0516 6.68
1981-87	0.1605 0.35 8.03 2.86	0.2439 0.53 12.21 4.14	0.5324 1.17 26.65 2.10	0.2395 0.52 11.99 10.94	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.8217 1.80 41.13 15.64	1.9980 4.38
sans coupe à blanc	4.4521 9.75 11.57 79.28	5.3270 11.67 13.84 90.41	21.8949 47.96 56.90 86.45	1.8830 4.12 4.89 85.98	0.7799 1.71 2.03 56.60	4.1420 9.07 10.76 78.81	38.4788 84.28
Total	5.6156 12.30	5.8920 12.91	25.3254 55.47	2.1899 4.80	1.3780 3.02	5.2556 11.51	45.6564

Tableau 13. Matrice comparative des surfaces : Coupe sélectie et stades de développement. Le coefficient de contingence = 0.304; le T de Tschuprow = 0.134; le V de Cramer = 0.159.

Périodes de coupe sélective	Classes de stade de développement						Total
	Coupé	Immature vieux	Mature	Plus que mature	en régé- nération	Immature jeune	
1960-70	1.4735 14.36 16.14 85.67	0.8792 8.57 9.63 83.57	6.5234 63.59 71.46 92.58	0.0456 0.44 0.50 91.55	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.2070 2.02 2.27 53.10	9.187 88.99
1982-84	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.0677 0.66 17.09 6.43	0.2192 2.14 55.38 3.11	0.0007 0.01 0.18 1.45	0.0000 0.00 0.00 0.00	0.1082 1.06 27.34 27.77	0.3958 3.86
1950-60	0.2465 2.40 33.62 14.33	0.1052 1.03 14.34 10.00	0.3033 2.96 41.36 4.30	0.0035 0.03 0.48 7.00	0.0003 0.00 0.03 100.00	0.0745 0.73 10.17 19.13	0.7332 7.15
Total	1.7200 16.77	1.0521 10.26	7.0459 68.69	0.0498 0.49	0.0003 0.00	0.3898 3.80	10.2578

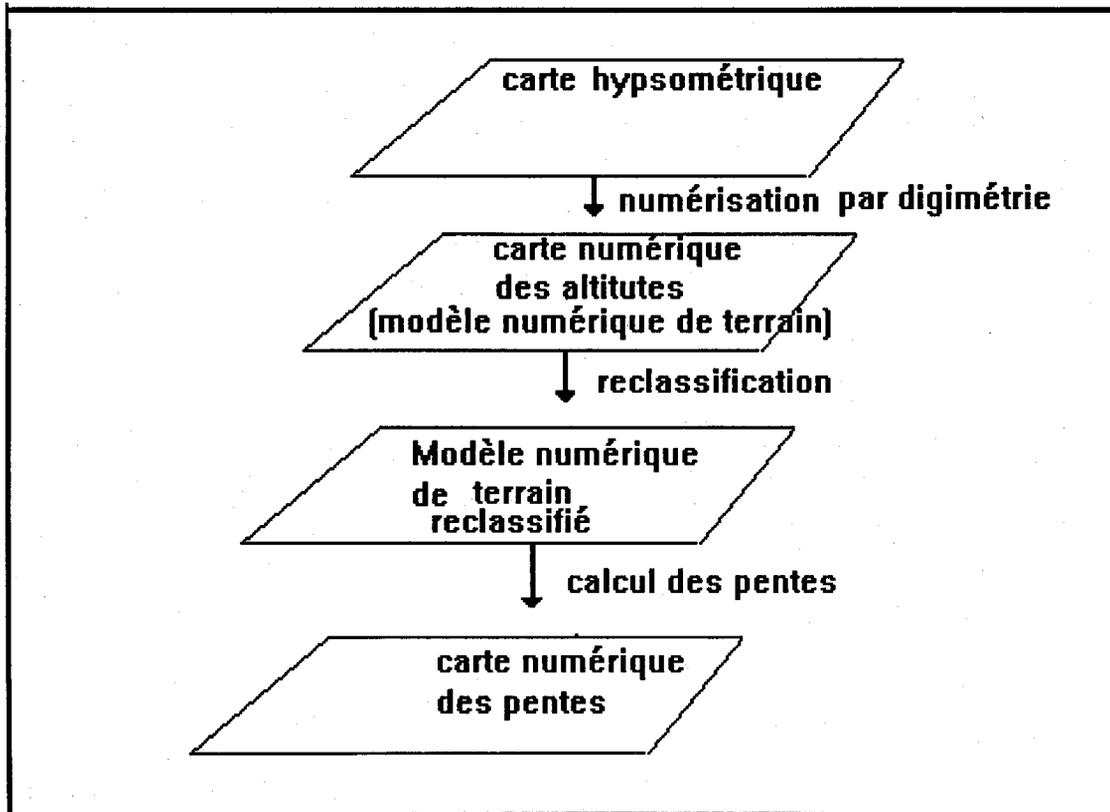


Figure 1. Schéma de production de la carte des pentes par le SIG SPANS GIS.

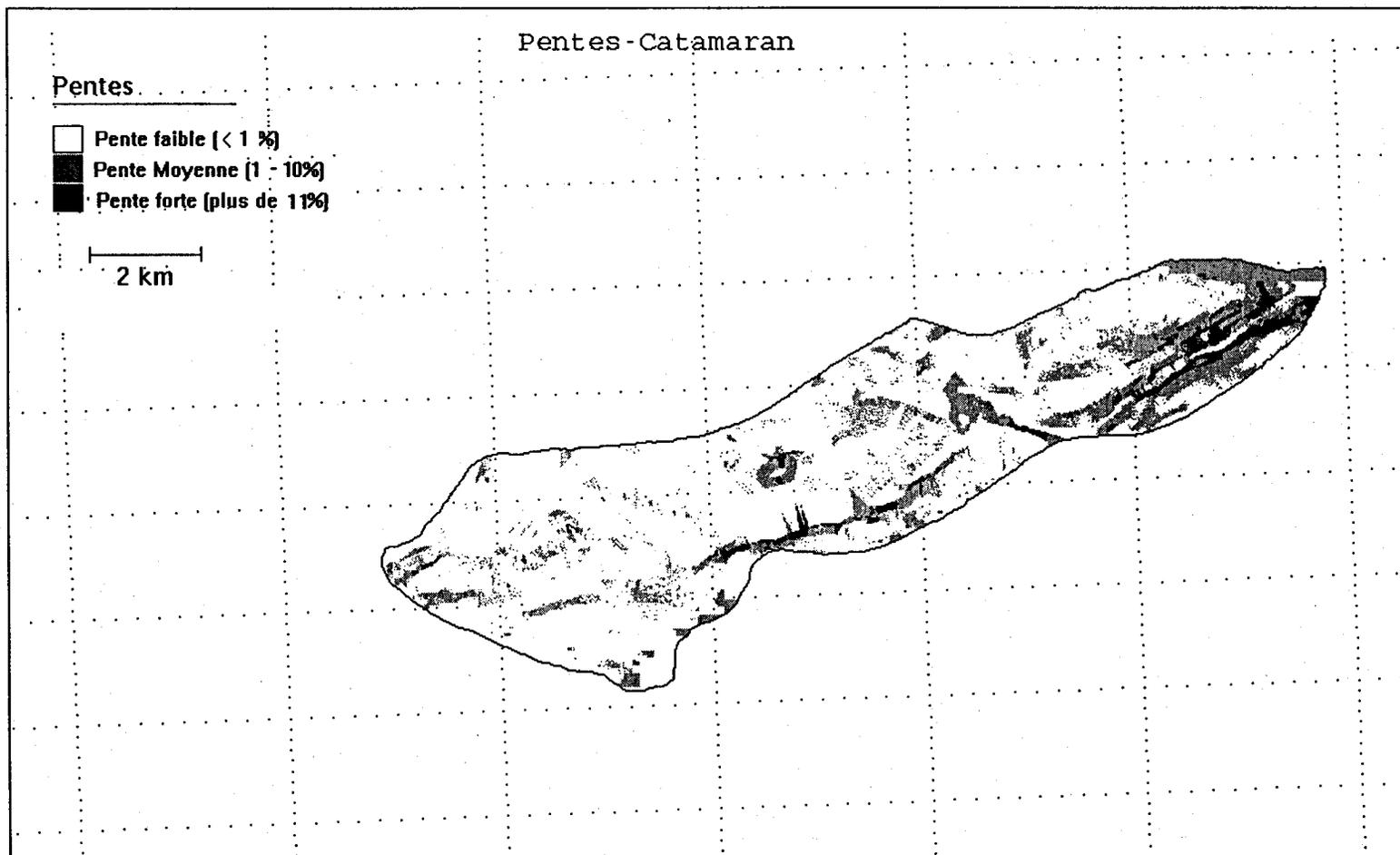


Figure 2. Pentes du bassin versant du ruisseau Catamaran (Note: les 7 classes ont été reclassifiées en 3 classes). Les pentes ont été calculées à partir d'une carte numérisée des courbes de niveaux.

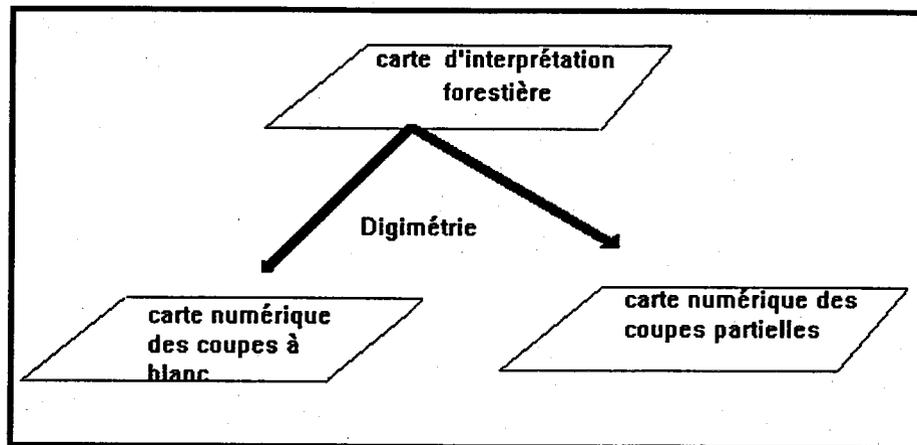


Figure 3. Schéma de production des cartes historiques de coupe. Les zones de coupe ont été numérisées et combinées en deux classes: la coupe à blanc et la coupe sélective.

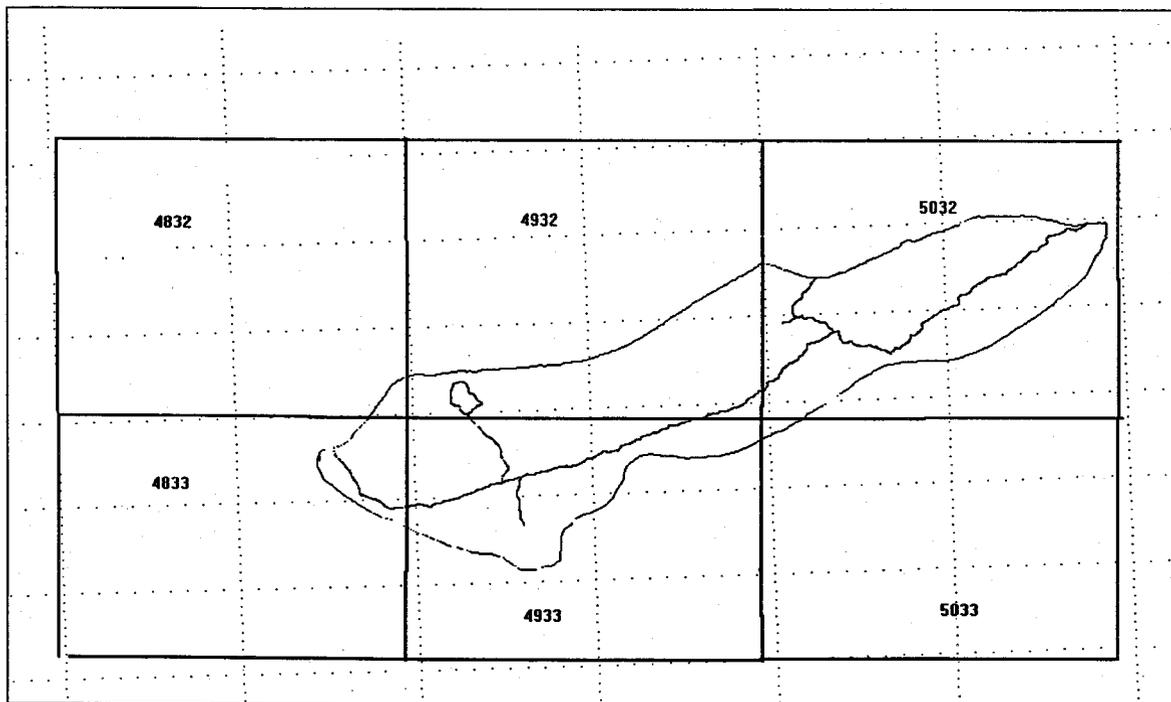


Figure 4. Combinaison des cartes d'attributs forestiers: sélection des cartes du bassin versant pour l'analyse avec SPANS GIS. 6 cartes numériques ont été combinées afin de couvrir l'ensemble du bassin versant.

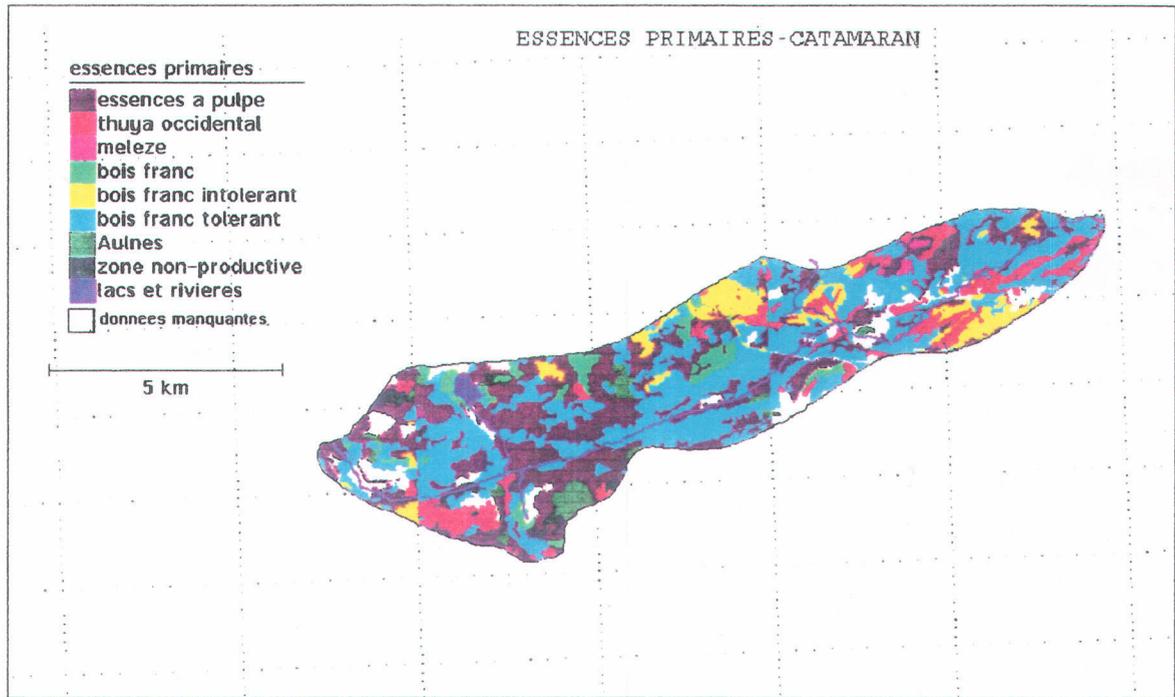


Figure 5. Analyse d'attributs forestiers: essences principales. Les données originales proviennent de l'interprétation de photographies aériennes prises entre 1981 et 1985. Les cartes sont mises à jour à toutes les deux années et la plus récente mise à jour pour les données utilisées s'est produite en 1991. Les attributs forestiers de la légende sont définis dans le lexique, p. 36.

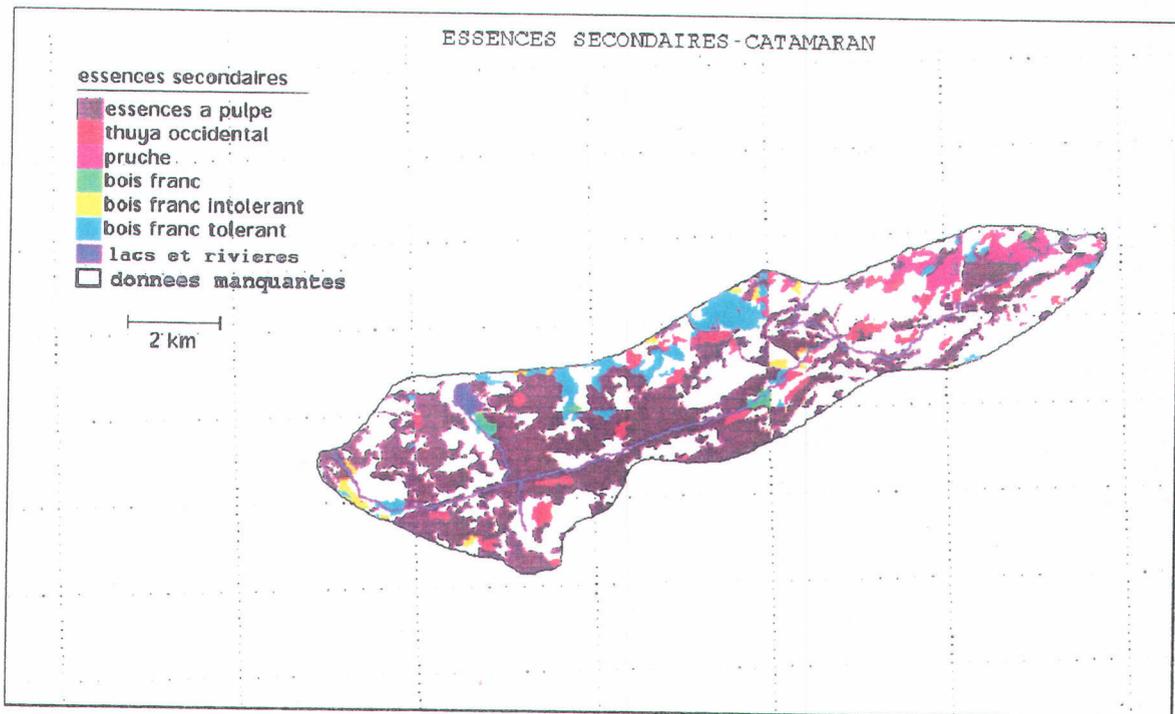


Figure 6. Analyse d'attributs forestiers: essences secondaires. Les données originales proviennent de l'interprétation de photographies aériennes prises entre 1981 et 1985. Les cartes sont mises à jour à toutes les deux années et la plus récente mise à jour pour les données utilisées s'est produite en 1991. Les attributs forestiers de la légende sont définis dans le lexique, p. 36.

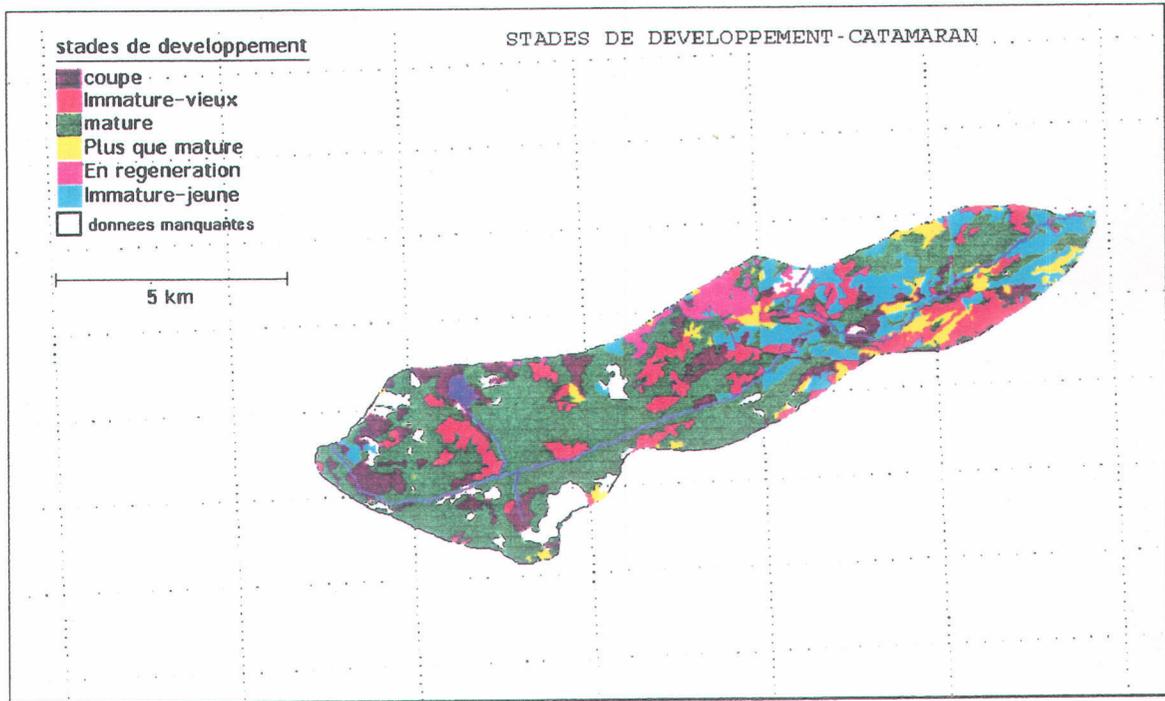


Figure 7. Analyse des attributs forestiers: stades de développement. Les données originales proviennent de l'interprétation de photographies aériennes prises entre 1981 et 1985. Les cartes sont mises à jour à toutes les deux années et la plus récente mise à jour pour les données utilisées s'est produite en 1991. Les attributs forestiers de la légende sont définis dans le lexique, p. 36.

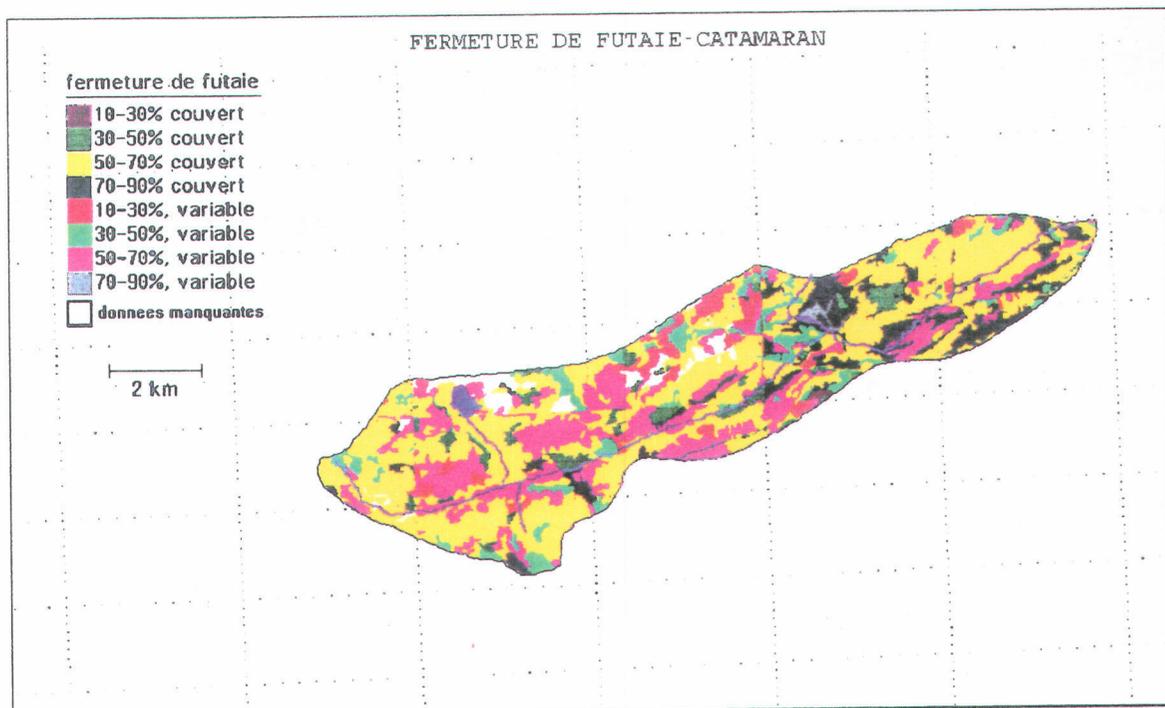


Figure 8. Analyse des attributs forestiers: fermeture de futaie. Les données originales proviennent de l'interprétation de photographies aériennes prises entre 1981 et 1985. Les cartes sont mises à jour à toutes les deux années et la plus récente mise à jour pour les données utilisées s'est produite en 1991. Les attributs forestiers de la légende sont définis dans le lexique, p. 36.

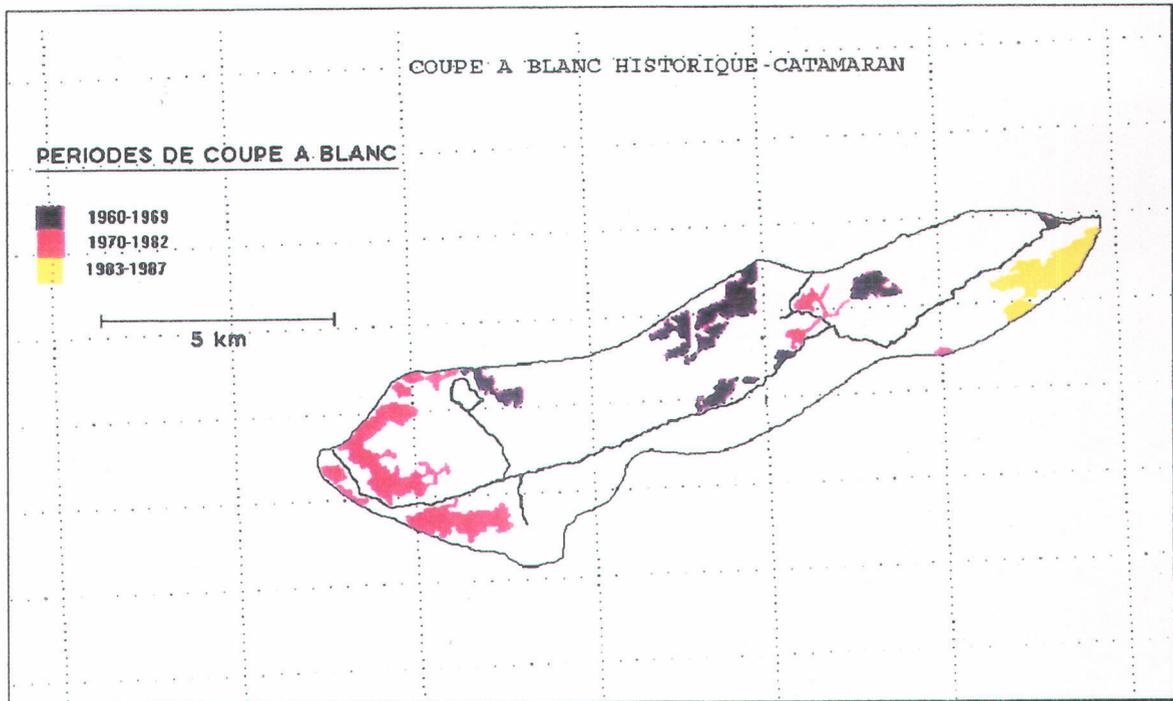


Figure 9. Zones de coupe à blanc historiques du bassin versant du ruisseau Catamaran.

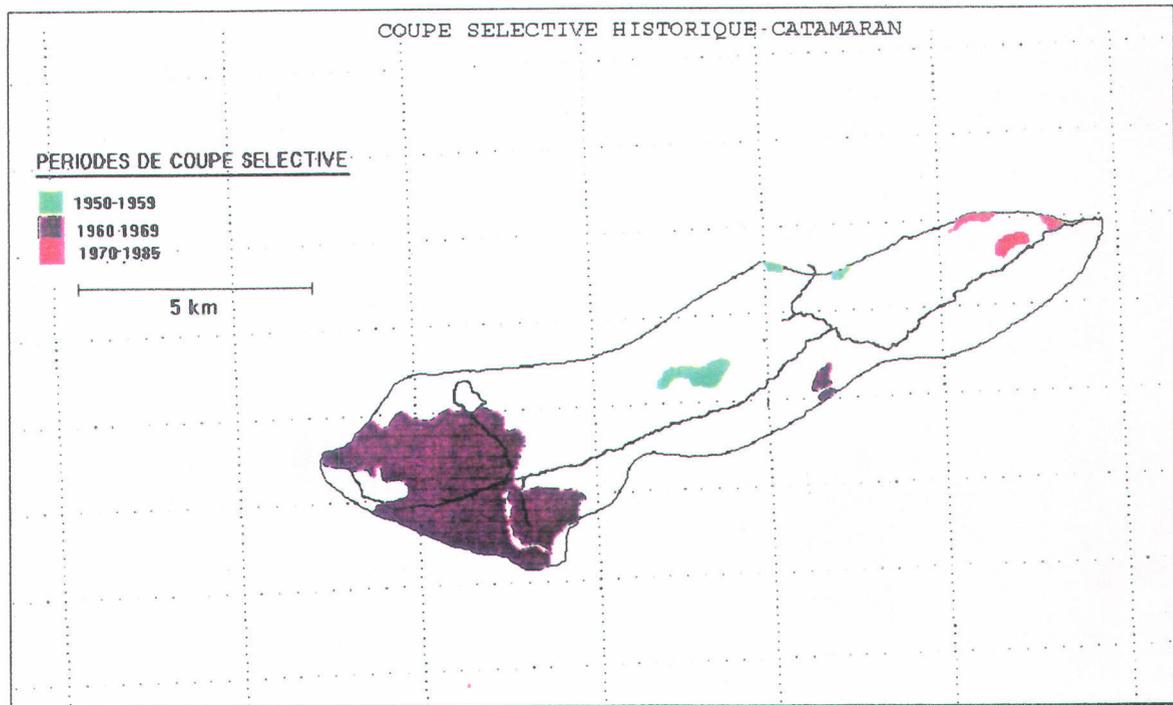


Figure 10. Zones de coupe sélective historiques du bassin versant du ruisseau Catamaran.

Annexe A

Lexique des termes de foresterie utilisés:

- Coupe à blanc:** Consiste à prélever l'ensemble des arbres sur un bloc de coupe donné.
- Coupe Sélective:** Consiste à ne prélever que les espèces ayant un intérêt commercial (pour faire de la pulpe, dans le cas qui nous concerne). Les essences prélevées incluent le sapin, l'épinette et le pin.
- Essences primaires:** Essence la plus abondante sur une parcelle donnée.
- Essence secondaire:** Essence étant la deuxième plus abondante sur une parcelle donnée.
- Essence à pulpe:** Essences de bois mou servant à faire de la pulpe (Sapin, épinette et pin).
- Zone non-productive:** Zone où il y a peu ou pas d'arbres (marais, carrières, etc.)
- Bois franc tolérant:** espèces de bois franc qui tolèrent l'ombre (érables rouges et à sucre, bouleaux jaunes).
- Bois franc intolérant:** espèces de bois franc qui ne tolèrent pas l'ombre (peupliers, bouleaux blancs et gris).
- Mature:** Stade de développement décrivant les arbres ayant atteint le maximum de développement de matière ligneuse, avant le début de la dégénérescence.
- Immature-jeune:** Stade de maturité décrivant les arbres beaucoup trop jeunes pour être récoltés.
- Immature-vieux:** Stade de maturité décrivant les arbres encore trop jeunes pour être récoltés, mais qui seront matures dans une dizaine d'années.
- Plus que mature:** Stade de développement décrivant les arbres ayant dépassés l'âge minimum où ils peuvent être récoltés de façon rentable.
- En régénération:** Stade de développement décrivant une parcelle ayant été récemment coupée.
- Fermeture de futaie:** Pourcentage du ciel qui est caché par la futaie des arbres. Ce pourcentage peut être homogène ou variable sur une parcelle de coupe donnée.

Annexe B

```
=====
Logiciel STADE_SIG.BAS
```

```
Ce logiciel a été développé en QuickBASIC afin de transformer
les attributs alphanumériques du stade de développement pour être
utilisé par SPANS.
```

```
-----
1. lecture de fichier.
```

```
-----
CLS : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT
INPUT "      Nom du fichier d'entrée "; FILE1$
PRINT
INPUT "      Nom du fichier de sortie "; FILE2$
PRINT
INPUT "      Nombre de lines commentaires au début "; N
PRINT
OPEN "I", #1, FILE1$
OPEN "O", #2, FILE2$
```

```
-----
2. Lecture des lines commentaire et imprime dans le fichier
de sortie et à l'écran.
```

```
-----
FOR I = 1 TO N
  LINE INPUT #1, LINE$
  PRINT LINE$
  PRINT #2, LINE$
NEXT I

INPUT " Enter pour continuer "; EN$
```

```
-----
3. Lecture des attributs du stade de développement et transformation
en valeur numérique.
```

```
-----
DO WHILE NOT EOF(1)
  INPUT #1, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8$, A9, A10$, A11, A12$, A13,
A14$, A15, A16$, A17$, A18$, A19$, A20$, A21$, A22$, A23, A24$, A25, A26$,
A27, A28$, A29, A30, A31, A32, A33
```

```
IF A8$ = "" THEN A8$ = " 0 "
IF A8$ = "AP" THEN A8$ = " 1 "
IF A8$ = "AS" THEN A8$ = " 2 "
IF A8$ = "BA" THEN A8$ = " 3 "
IF A8$ = "BF" THEN A8$ = " 4 "
IF A8$ = "BL" THEN A8$ = " 5 "
IF A8$ = "BS" THEN A8$ = " 6 "
IF A8$ = "Be" THEN A8$ = " 7 "
IF A8$ = "DF" THEN A8$ = " 8 "
IF A8$ = "FD" THEN A8$ = " 9 "
IF A8$ = "DS" THEN A8$ = " 10 "
IF A8$ = "EC" THEN A8$ = " 11 "
```

```

IF A8$ = "EH" THEN A8$ = " 12 "
IF A8$ = "EL" THEN A8$ = " 13 "
IF A8$ = "FS" THEN A8$ = " 14 "
IF A8$ = "HL" THEN A8$ = " 15 "
IF A8$ = "HW" THEN A8$ = " 16 "
IF A8$ = "I" THEN A8$ = " 17 "
IF A8$ = "IH" THEN A8$ = " 18 "
IF A8$ = "JF" THEN A8$ = " 19 "
IF A8$ = "JL" THEN A8$ = " 20 "
IF A8$ = "JP" THEN A8$ = " 21 "
IF A8$ = "LP" THEN A8$ = " 22 "
IF A8$ = "MS" THEN A8$ = " 23 "
IF A8$ = "NA" THEN A8$ = " 24 "
IF A8$ = "NS" THEN A8$ = " 25 "
IF A8$ = "O" THEN A8$ = " 26 "
IF A8$ = "P" THEN A8$ = " 27 "
IF A8$ = "PI" THEN A8$ = " 28 "
IF A8$ = "PO" THEN A8$ = " 29 "
IF A8$ = "PR" THEN A8$ = " 30 "
IF A8$ = "PS" THEN A8$ = " 31 "
IF A8$ = "RM" THEN A8$ = " 32 "
IF A8$ = "RP" THEN A8$ = " 33 "
IF A8$ = "S" THEN A8$ = " 34 "
IF A8$ = "SF" THEN A8$ = " 35 "
IF A8$ = "SM" THEN A8$ = " 36 "
IF A8$ = "SP" THEN A8$ = " 37 "
IF A8$ = "SW" THEN A8$ = " 38 "
IF A8$ = "TH" THEN A8$ = " 39 "
IF A8$ = "TL" THEN A8$ = " 40 "
IF A8$ = "WB" THEN A8$ = " 41 "
IF A8$ = "WC" THEN A8$ = " 42 "
IF A8$ = "WP" THEN A8$ = " 43 "
IF A8$ = "WS" THEN A8$ = " 44 "
IF A8$ = "YB" THEN A8$ = " 45 "

IF A8$ = "ON" THEN A8$ = " 46 "
IF A8$ = "AC" THEN A8$ = " 47 "
IF A8$ = "AF" THEN A8$ = " 48 "
IF A8$ = "AG" THEN A8$ = " 49 "
IF A8$ = "AW" THEN A8$ = " 50 "
IF A8$ = "GP" THEN A8$ = " 51 "
IF A8$ = "MI" THEN A8$ = " 52 "
IF A8$ = "NP" THEN A8$ = " 53 "
IF A8$ = "OC" THEN A8$ = " 54 "
IF A8$ = "RD" THEN A8$ = " 55 "
IF A8$ = "RO" THEN A8$ = " 56 "
IF A8$ = "RR" THEN A8$ = " 57 "
IF A8$ = "TM" THEN A8$ = " 58 "
IF A8$ = "WA" THEN A8$ = " 59 "
IF A8$ = "WL" THEN A8$ = " 60 "
IF A8$ = "RV" THEN A8$ = " 61 "
IF A8$ = "LK" THEN A8$ = " 62 "
IF A8$ = "PN" THEN A8$ = " 63 "

IF A10$ = "" THEN A10$ = " 0 "
IF A10$ = "AP" THEN A10$ = " 1 "
IF A10$ = "AS" THEN A10$ = " 2 "
IF A10$ = "BA" THEN A10$ = " 3 "
IF A10$ = "BF" THEN A10$ = " 4 "
IF A10$ = "BL" THEN A10$ = " 5 "
IF A10$ = "BS" THEN A10$ = " 6 "
IF A10$ = "Be" THEN A10$ = " 7 "

```

```
IF A10$ = "DF" THEN A10$ = " 8 "  
IF A10$ = "FD" THEN A10$ = " 9 "  
IF A10$ = "DS" THEN A10$ = " 10 "  
IF A10$ = "EC" THEN A10$ = " 11 "  
IF A10$ = "EH" THEN A10$ = " 12 "  
IF A10$ = "EL" THEN A10$ = " 13 "  
IF A10$ = "FS" THEN A10$ = " 14 "  
IF A10$ = "HL" THEN A10$ = " 15 "  
IF A10$ = "HW" THEN A10$ = " 16 "  
IF A10$ = "I" THEN A10$ = " 17 "  
IF A10$ = "IH" THEN A10$ = " 18 "  
IF A10$ = "JF" THEN A10$ = " 19 "  
IF A10$ = "JL" THEN A10$ = " 20 "  
IF A10$ = "JP" THEN A10$ = " 21 "  
IF A10$ = "LP" THEN A10$ = " 22 "  
IF A10$ = "MS" THEN A10$ = " 23 "  
IF A10$ = "NA" THEN A10$ = " 24 "  
IF A10$ = "NS" THEN A10$ = " 25 "  
IF A10$ = "O" THEN A10$ = " 26 "  
IF A10$ = "P" THEN A10$ = " 27 "  
IF A10$ = "PI" THEN A10$ = " 28 "  
IF A10$ = "PO" THEN A10$ = " 29 "  
IF A10$ = "PR" THEN A10$ = " 30 "  
IF A10$ = "PS" THEN A10$ = " 31 "  
IF A10$ = "RM" THEN A10$ = " 32 "  
IF A10$ = "RP" THEN A10$ = " 33 "  
IF A10$ = "S" THEN A10$ = " 34 "  
IF A10$ = "SF" THEN A10$ = " 35 "  
IF A10$ = "SM" THEN A10$ = " 36 "  
IF A10$ = "SP" THEN A10$ = " 37 "  
IF A10$ = "SW" THEN A10$ = " 38 "  
IF A10$ = "TH" THEN A10$ = " 39 "  
IF A10$ = "TL" THEN A10$ = " 40 "  
IF A10$ = "WB" THEN A10$ = " 41 "  
IF A10$ = "WC" THEN A10$ = " 42 "  
IF A10$ = "WP" THEN A10$ = " 43 "  
IF A10$ = "WS" THEN A10$ = " 44 "  
IF A10$ = "YB" THEN A10$ = " 45 "  
  
IF A10$ = "ON" THEN A10$ = " 46 "  
IF A10$ = "AC" THEN A10$ = " 47 "  
IF A10$ = "AF" THEN A10$ = " 48 "  
IF A10$ = "AG" THEN A10$ = " 49 "  
IF A10$ = "AW" THEN A10$ = " 50 "  
IF A10$ = "GP" THEN A10$ = " 51 "  
IF A10$ = "MI" THEN A10$ = " 52 "  
IF A10$ = "NP" THEN A10$ = " 53 "  
IF A10$ = "OC" THEN A10$ = " 54 "  
IF A10$ = "RD" THEN A10$ = " 55 "  
IF A10$ = "RO" THEN A10$ = " 56 "  
IF A10$ = "RR" THEN A10$ = " 57 "  
IF A10$ = "TM" THEN A10$ = " 58 "  
IF A10$ = "WA" THEN A10$ = " 59 "  
IF A10$ = "WL" THEN A10$ = " 60 "  
IF A10$ = "RV" THEN A10$ = " 61 "  
IF A10$ = "LK" THEN A10$ = " 62 "  
IF A10$ = "PN" THEN A10$ = " 63 "  
  
IF A14$ = "" THEN A14$ = " 0 "  
IF A14$ = "B" THEN A14$ = " 1 "  
IF A14$ = "C" THEN A14$ = " 2 "  
IF A14$ = "F" THEN A14$ = " 3 "
```

```

IF A14$ = "I" THEN A14$ = " 4 "
IF A14$ = "M" THEN A14$ = " 5 "
IF A14$ = "O" THEN A14$ = " 6 "
IF A14$ = "R" THEN A14$ = " 7 "
IF A14$ = "W" THEN A14$ = " 8 "
IF A14$ = "Y" THEN A14$ = " 9 "

```

4. Impression des résultats dans le fichier de sortie

```

PRINT #2, USING " ### "; A1;
PRINT #2, USING "      #####.##### "; A2;
PRINT #2, USING "      #####.##### "; A3;
PRINT #2, USING "      ##### "; A4;
PRINT #2, USING "      ##### "; A5;
PRINT #2, USING " #####"; A6;
PRINT #2, USING " ##### &"; A7; A8$;
PRINT #2, USING " ## &"; A9; A10$;

IF A12$ = "" THEN
  PRINT #2, USING " ##"; A11;
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
  PRINT #2, USING " ## &"; A11; CHR$(34) + A12$ + CHR$(34);
END IF

PRINT #2, USING " ## & ##"; A13; A14$; A15;

IF A16$ = "" THEN
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + A16$ + CHR$(34);
END IF

IF A17$ = "" THEN
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + A17$ + CHR$(34);
END IF

IF A18$ = "" THEN
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + A18$ + CHR$(34);
END IF

IF A19$ = "" THEN
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + A19$ + CHR$(34);
END IF

IF A20$ = "" THEN
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + A20$ + CHR$(34);
END IF

IF A21$ = "" THEN
  PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE

```

```
PRINT #2, " "; CHR$(34) + A21$ + CHR$(34);
END IF

IF A22$ = "" THEN
PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
PRINT #2, " "; CHR$(34) + A22$ + CHR$(34);
END IF

IF A24$ = "" THEN
PRINT #2, USING " ##"; A23;
PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
PRINT #2, USING " ## &"; A23; CHR$(34) + A24$ + CHR$(34);
END IF

IF A26$ = "" THEN
PRINT #2, USING " ##"; A25;
PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
PRINT #2, USING " ## &"; A25; CHR$(34) + A26$ + CHR$(34);
END IF

IF A28$ = "" THEN
PRINT #2, USING " ##"; A27;
PRINT #2, " "; CHR$(34) + CHR$(34);
ELSE
PRINT #2, USING " ## &"; A27; CHR$(34) + A28$ + CHR$(34);
END IF

PRINT #2, USING " ## #### #### ##### ##"; A29; A30; A31; A32; A33
LOOP
END
```