Méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau pour différents usages

INRS-Eau Université du Québec C.P. 7500, Sainte-Foy Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 89

Rapport rédigé pour Environnement Canada

par

B. Bobée, P. Boucher, D. Cluis, M. Lachance, A. Tessier

ISBN 2-89146-087-1 DEPOT LEGAL 1977

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés

 \odot 1977 - Institut national de la recherche scientifique

TABLE [DES	MATI	ERES
---------	-----	------	-------------

PAGE

LISTE	E DES	TABLEA	UX	iv
LISTE	E DES	FIGURE	S	٧
AVANT	Γ-PROF	P0S		1
INTRO	DUCT	ION		3
1.	CADRE	E GENER	AL DE L'ETUDE	5
	1.1	Aspect	s méthodologiques	5
	1.2	Import	ance des utilisations de l'eau considérées pour	
		le St-	Laurent et données disponibles	6
	1.3	Analys	e de la variabilité temporelle	8
	1.4	Analys	e de la variabilité spatiale	8
	1.5	Conclu	sions et recommandations	9
2.	ASPE	CTS MET	HODOLOGIQUES	10
	2.1	Utilis	ations de l'eau	11
		2.1.1	Alimentation en eau potable	12
		2.1.2	Récréation	16
		2.1.3	Vie aquatique	17
	2.2	Caract	érisation spatiale et temporelle des paramètres	
		reliés	à un usage	21
		2.2.1	Eléments de caractérisation des variabilités	
			spatiale et temporelle	22
		2.2.2	Incidence de la variabilité spatio-temporelle	
			sur l'acquisition de l'information	24

3.	IMPC	RTANCE	DES UTILISATIONS DE L'EAU CONSIDEREES POUR	
	LE F	LEUVE	SAINT-LAURENT ET DONNEES DISPONIBLES	26
	3.1	Etude	des trois utilisations retenues dans le cas du	
		fleuve	St-Laurent	26
		3.1.1	Alimentation en eau potable	26
		3.1.2	Récréation (sports de contact)	26
		3.1.3	Vie aquatique	29
	3.2	Donnée	es disponibles en 1976	32
		3.2.1	Description du plan d'échantillonnage: densité	
			et fréquence	32
		3.2.2	Paramètres chimiques mesurés	37
4.	ANAL	YSE DE	LA VARIABILITE TEMPORELLE	39
	4.1	Prépar	ation des données pour l'étude de la varia-	
	٠	bilité	temporelle	40
		4.1.1	Filtrage des effets spatiaux	40
		4.1.2	Vérification de la qualité des données	41
		4.1.3	Filtrage des valeurs anormales	45
		4.1.4	Valeurs manquantes	46
	4.2	Démarc	ne utilisée	47
		4.2.1	Détermination de groupes homogènes de stations.	47

TABLES DES MATIERES (SUITE)

			PAGE
		4.2.2 Codage des valeurs	50
		4.2.3 Réduction des données en tableaux de comptage par groupes de stations	52
	4.3	Etude pour chacun des usages	52
		4.3.1 Récréation	53
		4.3.2 Alimentation	60
		4.3.3 Vie aquatique	65
5.	ANAL	YSE DE LA VARIABILITE SPATIALE	71
	5.1	Préparation des données pour l'étude de la variabilité spatiale	72
		5.1.1 Filtrage des effets temporels	72
		5.1.2 Vérification de la qualité des données	73
		5.1.3 Filtrage des valeurs anormales	76
		5.1.4 Valeurs manquantes	77
	5.2	Démarche utilisée	78

TABLE DES MATIERES (SUITE)

	PAGE
5.3 Etude pour chacun des usages	78
5.3.1 Récréation	79
5.3.2 Alimentation	84
5.3.3 Vie aquatique	89
6. SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS	95
6.1 Variabilité temporelle	97
6.2 Variabilité spatiale	106
6.3 Recommandations	114
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	118

LISTE DES TABLEAUX

	·	PAGE
2.1	Paramètres reliés aux 3 usages retenus et évaluation de	
	leur importance selon l'usage	14
3.1	Utilisation du Saint-Laurent comme source d'alimentation	
	en eau	27
3.2	Utilisation du Saint-Laurent du point de vue récréatif .	30
3.3	Sites importants pour la faune et la flore	31
3.4	Liste des stations d'échantillonnage et leur localisation	
	sur le fleuve Saint-Laurent pour l'année 1976	33
3.5	Dates correspondant aux tournées d'échantillonnage	36
3.6	Liste des paramètres chimiques et bactériologiques mesu-	
	rés sur le fleuve Saint-Laurent et évaluation de leur	
	importance en relation avec les trois usages considérés	38
4.1	Décompte du nombre de valeurs centrées réduites élevées	
	(CR > 3) suivant le paramètre considéré	44
4.2	Répartition de l'effectif des valeurs de chaque paramè-	
	tre suivant les cinq classes considérées	51
5.1	Décompte du nombre de valeurs centrées réduites élevées	
	($ CR > 3$) suivant le paramètre considéré	74
6.1	Paramètres mesurés retenus pour l'étude des variabilités	
	spatiale et temporelle de la qualité de l'eau	96
6.2	Critères de qualité pour les paramètres considérés pour	
	chacun des trois usages	103
6.3	Pourcentage des valeurs mesurées qui dépassent les va-	
	leurs de paramètres potentiellement critiques pour cer-	
	taines utilisations de l'eau	104

LISTE DES TABLEAUX (suite)

•	_	PAGE
6.4	Répartition de zones homogènes sur la région d'étude	
	selon les groupes de stations obtenus dans l'étude de	
	la variabilité spatiale en considérant chacun des trois	
	usages de l'eau	110
6.5	Pourcentage de valeurs mesurées des paramètres qui dépas-	
	sent des valeurs potentiellement critiques pour chacune	
	des 3 utilisations de l'eau retenues	112

LISTE DES FIGURES

		PAGE
2.1	Schéma des transformations de l'azote en milieu aqua-	
	tique	18
2.2	Schéma des transformations du phosphore en milieu aqua-	
	tique	20
3.1	Localisation des stations d'échantillonnage sur le	
	fleuve Saint-Laurent (tronçon lac Saint-François -	
	Québec)	34
4.1	Exemple de représentation des valeurs centrées réduites	
	de phosphore total dissous pour les mois de mai et juin	
	1976 aux 112 stations	42
4.2	Composition de trois groupes de stations considérés	
	pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage	
	récréation	55
4.3	Composition des trois groupes de stations considérés	
	pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage	
	alimentation	62
4.4	Composition des trois groupes de stations considérés	
	pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage	
	vie aquatique	67

AVANT-PROPOS

Ce rapport est relatif aux travaux effectués dans le cadre de la subvention d'Environnement Canada portant sur la "Méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau pour différents usages". Les activités de l'ensemble du projet ont été planifiées sur une période de trois (3) ans.

L'application de la méthodologie est effectuée dans le cas du fleuve St-Laurent pour lequel on considère 3 usages (alimentation en eau, récréation et vie aquatique).

Pour chacun de ces usages, on étudie à partir des données disponibles la variabilité spatiale et la variabilité temporelle du groupe de paramètres pertinents à l'usage considéré.

Pour faciliter la lecture et l'utilisation de ce rapport, on a choisi d'avoir un texte principal contenant les principaux éléments de l'étude et de reporter dans des annexes les développements.

On a ainsi 3 annexes:

- l'annexe A qui donne un bref aperçu des méthodes statistiques employées et des développements qui en ont été effectués. Un appendice regroupe les programmes de calcul utilisés.
 - Un exemple de sorties informatiques est également ajouté aux listing des programmes dans cet appendice.
- l'annexe B qui indique l'ensemble des études effectuées dans l'analyse de la variabilité temporelle des paramètres relatifs à chacun des 3 usagers. Une synthèse de l'analyse de la variabilité temporelle par usage et pour l'ensemble des 3 usages est présentée dans le texte principal.

- l'annexe C qui correspond dans le cas de l'analyse de la variabilité spatiale à l'annexe B relative à la variabilité temporelle. Ici encore, les principales conclusions pour chaque usage et pour l'ensemble des 3 usages sont regroupées dans le texte principal.

INTRODUCTION

De nombreux organismes, surtout gouvernementaux, procèdent à la collecte de données physico-chimiques et biologiques afin d'évaluer la qualité de l'eau. Cette évaluation est indispensable pour permettre au gestionnaire de prendre les décisions qui s'imposent pour affecter de la manière la plus adéquate possible les ressources humaines et financières dont il dispose, afin de contrôler et éventuellement de restaurer la qualité de l'eau.

L'évaluation de la qualité de l'eau est complexe, en raison d'une part, du grand nombre de paramètres qui peuvent avoir une influence sur cette qualité et d'autre part, de la connaissance souvent imcomplète du comportement de ces paramètres. Alors qu'en raison de cette complexité, on aurait dû se préoccuper de définir des objectifs clairs et concrets et d'établir des méthodologies permettant l'acquisition, l'analyse et l'interprétation des données, on a assisté à une acquisition, en général, peu rationnelle de l'information et à des analyses souvent descriptives et sommaires des données recueillies.

L'élaboration d'un plan d'échantillonnage visant à obtenir l'information pour répondre à des objectifs clairement identifiés doit prendre en compte les contraintes financières et logistiques et s'appuyer sur une connaissance à priori de la variabilité spatio-temporelle des paramètres étudiés. Bien que cette étape préliminaire soit capitale, nous n'en traiterons pas directement dans cette étude. Ici, nous avons pour but de développer une méthodologie générale d'évaluation de la qualité de l'eau, donc transposable, et de l'appliquer à un cas concret (Fleuve Saint-Laurent)

De manière générale, la méthodologie développée dans cette étude vise à évaluer la qualité de l'eau en considérant individuellement plusieurs utilisations de l'eau. Pour chaque utilisation retenue, on caractérise à l'aide de méthodes statistiques, la variabilité spatiale et temporelle du groupe de paramètres pertinents à cette utilisation.

Il est cependant clair que les résultats de l'application de cette méthodologie ont une incidence sur l'acquisition future de l'information puisqu'une meilleure connaissance du comportement des paramètres et une interprétation des causes de leur variabilité spatio-temporelle permettent l'établissement d'un plan d'échantillonnage plus rationnel pour l'opération ultérieure des stations de mesure.

1. CADRE GENERAL DE L'ETUDE

Cette étude comprend cinq parties:

1.1 Aspects méthodologiques (développé dans le chapitre 2)

La méthodologie proposée vise, de manière générale, à évaluer la qualité de l'eau d'une région. Pour cela on considère les utilisations de l'eau jugées importantes dans cette région et l'on a pour objectif d'analyser la variabilité spatio-temporelle des paramètres de qualité reliés à ces utilisations.

Il est en effet possible d'associer à chaque utilisation de l'eau un groupe de paramètres susceptibles d'influencer la qualité de l'eau relative à cette utilisation.

En pratique, on considère dans cette étude de la qualité de l'eau du fleuve St-Laurent trois (3) utilisations qui sont généralement importantes dans les régions habitées.

- la récréation:
- l'alimentation en eau pour des fins domestiques;
- la vie aquatique.

La méthodologie développée est cependant transposable à d'autres rivières en considérant les utilisations qui peuvent avoir une grande importance localement ou régionalement (alimentation en eau pour des fins industrielles par exemple).

Pour chacune des trois utilisations retenues, on identifie les paramètres physico-chimiques et bactériologiques reliés à cette utilisation, et l'on vise à caractériser la variabilité temporelle et la variabilité spatiale de ce groupe de paramètres.

L'analyse de la variabilité temporelle du groupe de paramètres considéré doit permettre de mettre en évidence des effets saisonniers et des périodes critiques pour l'utilisation étudiée.

L'analyse de la variabilité spatiale du groupe de paramètres pertinents à un usage doit permettre l'identification de zones homogènes de qualité pour cet usage. Cette double analyse a une incidence sur l'acquisition future de l'information puisqu'elle permet de:

- détecter les zones ou les périodes où, en raison de la variabilité ou de la détérioration de la qualité, un échantillonnage plus intensif peut être nécessaire;
- modifier la fréquence ou la densité des stations lorsque l'on observe peu de variabilité.

L'analyse effectuée peut de plus, permettre dans le cas des utilisations de l'eau considérées, de déceler les principales causes de la variabilité spatio-temporelle et d'en faciliter l'interprétation.

Les méthodes multivariées d'analyse qui sont utilisées (analyse factorielle des correspondances, classification ascendante hiérarchique) sont décrites dans l'annexe A, et un appendice regroupe les listings des programmes de calcul et décrit leurs principales caractéristiques Les autres parties de l'étude (chapitre 3 à 6) concernent l'application de la méthodologie, dans le cas de 3 usages (alimentation en eau, récréation et vie aquatique) au fleuve St-Laurent dans le tronçon du lac St-François à Québec (incluant le lac des Deux-Montagnes, les rivières des Prairies et des Milles-Iles).

1.2 <u>Importance des utilisations de l'eau considérées pour le St-Laurent et données disponibles</u> (développé dans le chapitre 3)

On considère l'application de la méthodologie, dans le cas de l'alimentation en eau, de la récréation et de la vie aquatique, au fleuve St-Laurent dans le tronçon du lac St-François à la ville de Québec.

Dans cet exemple d'application, des problèmes de qualité de l'eau se posent avec une intensité variable selon l'utilisation de l'eau envisagée. Cependant, cette application doit permettre de mesurer la "transposabilité" de la méthodologie et de montrer sa flexibilité.

Pour chacune des 3 utilisations de l'eau, on dispose dans le cas de plusieurs paramètres de données de bonne qualité à un nombre relativement important de dates en plusieurs stations. L'INRS-Eau a déjà contribué à la planification de l'acquisition ainsi qu'à l'analyse d'une partie de ces données (Tessier $et\ al$, 1976); la méthodologie appliquée est donc l'aboutissement d'un cheminement amorcé depuis plusieurs années.

Dans cette partie on cherchera à cerner l'importance de chacune des 3 utilisations de l'eau considérées.

En ce qui concerne les données disponibles, elles n'ont pas été obtenues selon un plan d'échantillonnage dont le but est de permettre l'analyse de la variabilité spatio-temporelle. Ce plan d'acquisition de l'information ne prenant pas en compte les contraintes dues à l'application de la méthodologie développée dans cette étude, on doit en pratique dans l'application, faire face à plusieurs désavantages:

- tous les paramètres pertinents à une utilisation ne sont pas effectivement mesurés;
- certaines données manquantes doivent être reconstituées;
 les données aberrantes doivent être filtrées;
- les dates et parfois la fréquence d'échantillonnage aux diverses stations sont variables, ce qui pose certains problèmes dans l'analyse.

建的 1985年,连85

On décrira en détail comment on a pu remédier à ces divers inconvénients, dans la constitution des banques de données, qui est une étape préliminaire à l'analyse. Ces banques seront établies de manière à utiliser le mieux possible les données disponibles.

1.3 Analyse de la variabilité temporelle

Dans le cas de chaque utilisation de l'eau, on analyse globalement le groupe de paramètres relatifs à cette utilisation à l'aide de méthodes multivariées (analyse factorielle des correspondances, classification ascendante hiérarchique).

Avant d'effectuer cette analyse, on effectue une transformation des données qui a pour but d'éliminer l'effet spatial.

Le traitement des données, est réalisé séparément pour chacune des 3 utilisations (chapitre 4) et l'on tente ensuite de dégager dans une synthèse les points communs aux 3 usages de l'eau (chapitre 6).

L'analyse de la variabilité temporelle doit permettre de détecter les périodes de grandes et de faibles fluctuations de qualité de l'eau. Cette connaissance a une incidence sur le contrôle futur de la qualité de l'eau ainsi que sur la mesure de cette qualité en permettant d'établir des plans d'échantillonnage plus adéquats. Cette partie importante de l'étude a été développée en détail dans l'annexe B et les principaux éléments en sont regroupés dans le chapitre 4.

1.4 Analyse de la variabilité spatiale

Cette partie de l'étude est symétrique à l'analyse de la variabilité temporelle. Ici, de la même manière que l'on avait éliminé l'effet spatial dans l'analyse de la variabilité temporelle, on éliminera l'effet temporel avant l'analyse. On procédera également de manière indépendante pour chaque usage (chapitre 5) avant d'effectuer une synthèse (chapitre 6). L'analyse de la variabilité spatiale doit permettre de mettre en évidence des zones homogènes de qualité dans lesquelles on peut ensuite choisir un nombre réduit de stations représentatives. La connaissance de variabilité spatiale aura donc une incidence sur la densité future du réseau.

Le texte principal (chapitre 5) ne comportera que les principaux résultats relatifs à la variabilité spatiale, le détail de cette étude étant développé dans l'annexe C.

1.5 Conclusions et recommandations

Dans cette partie, développée dans le chapitre 6, on tentera d'effectuer une synthèse des résultats obtenus dans l'analyse des variabilités spatiale et temporelle pour chaque utilisation de l'eau considérée. Il sera possible d'en déduire les principales recommandations concernant l'opération future du réseau; en effet, les principaux éléments du plan d'échantillonnage découleront des conclusions de l'étude:

- le choix des paramètres à mesurer est lié à l'importance des paramètres pour un usage (chapitre 2);
- la fréquence des mesures est reliée à la connaissance de la variabilité temporelle (chapitre 4);
- la densité du réseau dépend des conclusions de l'étude de la variabilité spatiale (chapitre 5).

L'opération future du réseau sera considérée selon deux optiques différentes:

- dans le cas d'un réseau d'acquisition visant la connaissance générale de la qualité de l'eau, on s'intéressera à la variabilité spatio-temporelle des paramètres pertinents aux différents usages retenus.
- dans le cas d'un réseau dont le but est la surveillance de la qualité de l'eau relative à différents usages, en plus de se préoccuper de la variabilité spatio-temporelle, on s'intéressera aux valeurs des paramètres par rapport aux critères de qualité relatifs aux paramètres reliés aux différents usages retenus.

L'ensemble de l'étude donnera une connaissance permettant l'interprétation globale des causes et de l'origine de la variabilité spatio-temporelle des divers paramètres concernés; le gestionnaire disposera ainsi à partir de cette connaissance d'éléments de décision pour le contrôle de la qualité de l'eau.

2. ASPECTS METHODOLOGIQUES

L'évaluation de la qualité des eaux de surface à partir de mesures de paramètres physiques, chimiques et biologiques nécessite de prendre en considération les nombreuses utilisations potentielles et actuelles de ces eaux. En effet, les critères d'évaluation de la qualité d'une eau seront plus ou moins exigeants, selon qu'on utilise cette eau comme source d'alimentation en eau potable, ou qu'on s'en sert pour irriguer des terres pour l'agriculture.

Dans ce qui suit, on caractérise les 3 utilisations retenues et l'on identifie les paramètres qui y sont reliés. L'on montre ensuite comment l'analyse de la variabilité spatio-temporelle des groupes de paramètres pertinents à un usage permet d'évaluer la qualité générale de l'eau et à une incidence sur l'acquisition future des données relatives à cet usage.

2.1 Utilisations de l'eau

Les nombreuses utilisations d'un cours d'eau sont conditionnées par un grand nombre de facteurs tels que la localisation géographique, l'importance et la variabilité du débit, la proximité des grands centres urbains, l'aspect esthétique, l'aptitude à maintenir une vie aquatique diversifiée, l'utilisation du territoire autour de ce cours d'eau, les habitudes des populations riveraines et les nombreux aménagements modifiant le régime naturel.

Dans le cas du fleuve St-Laurent, les principaux usages peuvent être regroupés en trois types majeurs ayant des exigences différentes, en rapport avec la qualité de l'eau. Ce sont l'approvisionnement en eau potable, la récréation et l'aptitude du milieu à maintenir une vie aquatique équilibrée. Ces usages nécessitent une bonne qualité de l'eau pour assurer la santé et le bienêtre de la population et pour protéger les ressources de la faune et de la flore aquatique. On identifie dans les paragraphes suivants, pour chacun des trois usages retenus dans cette étude, les paramètres qui peuvent avoir une incidence sur ces usages.

Une description succinte des caractéristiques des paramètres mesurés est effectuée par Gouin et Malo-Lalande (1977).

L'utilisation de l'eau à des fins industrielles s'avère de plus en plus importante sur l'ensemble du territoire québécois.

Malgré l'importance évidente de ce type d'utilisation de l'eau, cet usage ne sera pas considéré dans cette étude, en raison de sa répartition inégale au Québec et de son influence localisée près des grands centres urbains, et également en raison des exigences particulières de qualité de l'eau spécifiques à chaque industrie. En outre, d'autres usages, indépendants de la qualité de l'eau, ne seront pas considérés dans cette étude, même s'ils correspondent à des besoins importants de la société. Ce sont principalement la disposition des divers déchets d'origine organique, chimique et métallurgique et les interventions humaines indues tels que les empiètements, le remblayage, le dragage et le draînage. Ces usages affectent la qualité de l'eau, endommagent les sites propices à la regénération des ressources biologiques et affectent directement les écosystèmes.

2.1.1 Alimentation en eau potable

Il est nécessaire d'assainir avant usage la majorité des eaux servant à la consommation domestique. De nos jours, les procédés de filtration sont à ce point efficaces qu'ils permettent de rendre potable pratiquement n'importe quelle eau. Les procédés les plus communément utilisés sont la désinfection par le chlore, la sédimentation, la filtration au sable et la coagulation au moyen d'additifs tels que l'alun et le sulfate ferrique. D'autres procédés peuvent s'ajouter à ce traitement de base pour enlever des impuretés ou pour modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

La qualité de l'eau servant à l'alimentation ne peut être déterminée uniquement en fonction de la capacité et de l'efficacité des usines de filtration. Les paramètres qui serviront à évaluer la qualité de cette eau doivent être définis en fonction des informations qu'ils fournissent sur le potentiel d'utilisation de cette eau avant filtration. On sera amené également à considérer des éléments qui causent des problèmes d'obstruction des filtres ou d'interférence dans les procédés de coagulation.

Il existe plus d'une centaine de paramètres chimiques, physiques et biologiques qu'il est nécessaire de considérer pour évaluer la qualité de l'eau comme source d'approvisionnement en eau potable. Une description exhaustive de chacun de ces paramètres dépasserait le cadre de ce travail. Dans le tableau 2.1, on a énuméré les paramètres pertinents aux 3 différents usages considérés et une évaluation de l'importance de chaque paramètre par rapport à chaque usage a été faite. Cette évaluation, bien que subjective, fait ressortir les paramètres physiques, bactériologiques et toxiques dont la connaissance est importante pour évaluer la qualité des eaux d'alimentation. On notera que les toxiques tels que les métaux lourds, les pesticides et les insecticides ne sont pas énumérés, à cause du nombre élevé de paramètres à considérer, de la difficulté d'obtenir ces mesures et du peu de connaissances dont on dispose sur leurs concentrations critiques. Les paramètres physiques tels que la couleur, la turbidité et les solides en suspension, sont importants, non en raison du danger pour la santé de la population, mais en raison des exigences de limpidité que doit posséder une eau d'alimentation. Le fer et le manganèse, en plus de causer des problèmes aux usines de filtration, laissent des cernes sur la lessive. Les bactéries présentes dans l'eau sont estimées à partir de la mesure de la concentration en coliformes totaux et en coliformes fécaux. Lorsque la présence de bactéries n'est pas en concentration excessive, le traitement conventionnel par désinfection avec du chlore est efficace pour rendre l'eau potable.

TABLEAU 2.1 Paramètres reliés aux 3 usages retenus et évaluation de leur importance selon l'usage.

Classe	Paramètres	Alimentation	Récréation	Vie aquatique
Physique	Température Odeur Couleur Turbidité Solides en suspension Transparence Huiles et graisses	X X XXX XXX XXX XX	X X X XX XX XX XX	XX XX XXX XX XX XX
Minéralisation	Solides dissous Conductivité Alcalinité Dureté Chlorures Sulfates Calcium Magnésium Sodium Potassium pH Fer Manganèse Fluor	X X X X X X X X X X X XX XX XXX XXX	XX	X X X X
Fertilisation	NO₃ NH₄ N organique N inorganique N total P inorganique P organique P total	X X	X X	XXX XXX XXX XXX XXX XXX XX
Bactériologique	Coliformes totaux Coliformes fécaux Streptocoques	XXX XXX XXX	XXX XXX XXX	

NOTE:

XXX - très important

XX - important

X - peu important

TABLEAU 2.1 (SUITE): Paramètres reliés aux 3 usages retenus et évaluation de leur importance selon l'usage.

Classe	Paramètres	Alimentation	Récréation	Vie aquatique
Oxygenation	O₂ Matière organique Détergent anionique DBO DCO TOC	X X X X X	X	XXX XX X XX XX XX
Toxiques	Phénols Métaux Pesticides Insecticides	XXX XXX XXX XXX	X X X	XXX XXX XXX
. Radioactivité		Х	Х	Х
Biologiques	Bioessais Productivité primaire Productivité secondaire Facteurs limitants Plankton Peryphyton Benthos Chlorophylle ATP Macrophytes Poissons	X	X	XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XX

NOTE: XXX - très important

XX - important

X - peu important

Les paramètres de minéralisation sont moins importants à mesurer que les toxiques, parce que les valeurs de concentration rencontrées dans nos rivières et dans nos lacs ne causent généralement pas de problème pour la santé.

2.1.2 Récréation

L'usage de l'eau à des fins récréatives se limite ici à la baignade et aux autres sports de contact, tels que la plongée sous-marine et le ski aquatique. Par conséquent, on exclut toutes les activités découlant de l'aspect esthétique du cours d'eau. Dans un sens large, la récréation peut inclure certaines activités se déroulant sur l'eau comme le yachting et la voile, à cause des possibilités de contact prolongé avec l'eau. Les activités récréatives comme la pêche et la chasse des oiseaux migrateurs sont reliées au troisième usage défini précédemment, parce qu'ils concernent plutôt la qualité du milieu aquatique.

Les paramètres servant à évaluer la qualité de l'eau pour la récréation peuvent être classés en trois catégories: bactériologiques, physiques et toxiques. Les paramètres bactériologiques sont les plus importants à mesurer, à cause principalement des dangers de transmission par les bactéries de maladies gastrointestinales, d'irritation de la peau et d'infections des yeux, des oreilles et de la gorge. On mesure les coliformes fécaux et les coliformes totaux parce qu'il est impossible économiquement et techniquement de mesurer la concentration de tous les organismes pathogènes et parce que les coliformes sont des bons indicateurs de la présence de bactéries pathogènes et du degré de pollution des eaux. Les paramètres physiques, tels que la turbidité, la couleur, la transparence (disque Secchi), les solides en suspension sont des indicateurs de l'aspect esthétique de l'eau; ce facteur joue un rôle important dans l'intérêt que la population peut avoir à ce genre d'activité.

On doit considérer également la présence de matières toxiques dans l'eau, à cause des dangers d'ingestion. Cependant, les critères d'évaluation de la qualité de l'eau en ce qui concerne les substances toxiques sont moins rigoureux que pour l'eau d'alimentation à cause des faibles quantités d'eau habituellement ingérées au cours de la baignade.

D'autres paramètres moins importants pour la récréation peuvent aussi être considérés. Une évaluation générale de la pertinence des paramètres, par rapport à l'usage de l'eau à des fins récréatives apparaît au tableau 2.1. On remarque que parmi les paramètres de minéralisation, le pH est considéré comme important, principalement à cause des problèmes d'irritation des yeux causée par un pH trop acide ou trop basique.

2.1.3 Vie aquatique

La vie aquatique ne constitue pas en elle-même une utilisation de l'eau au même titre que l'alimentation et la récréation. L'utilisation de l'eau pour la vie aquatique désigne plutôt l'aptitude du milieu à maintenir une faune et une flore aquatique équilibrée.

La qualité de l'eau pour le maintien d'une vie aquatique équilibrée est étroitement dépendante des concentrations en azote et en phosphore rencontrées dans le milieu (tableau 2.1).

Pour comprendre l'origine des différentes formes d'azote dans l'eau, il est important de considérer le schéma des transformations de l'azote (figure 2.1). Les formes majeures d'azote en solution qui peuvent être assimilées pour la production primaire sont les nitrates, les nitrites et l'azote ammoniacal; l'azote moléculaire en solution peut également être fixé par certaines bactéries

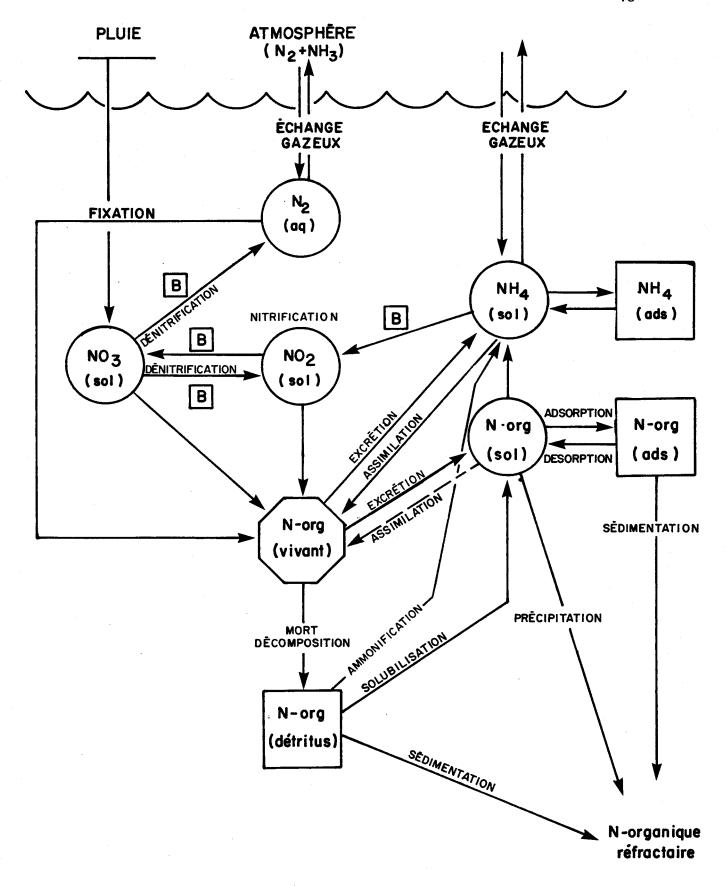


Figure 2.1 . Schéma des transformations de l'azote en milieu aquatique

ou algues pour la synthèse de l'azote organique. Une partie de cet azote organique dans les organismes peut être excrétée par ces derniers dans la solution. Lors de la décomposition des organismes, une fraction de l'azote organique est transformée en azote ammoniacal ou mise en solution alors que l'autre devient réfractaire. L'azote ammoniacal peut être oxydé en milieu aérobie, par des bactéries autotrophes, sous forme de nitrites, et, finalement, sous forme de nitrates. En milieu anaérobie, les nitrates peuvent être transformés en nitrites et en azote moléculaire par des bactéries hétérotrophes. L'azote ammoniacal et l'azote organique en solution peuvent s'adsorber sur les sédiments en suspension ou, inversement, être remis en solution.

Le phosphore existe dans le milieu aquatique sous différentes formes comme le montre le schéma des transformations du phosphore dans le milieu aquatique, présenté à la figure 2.2. Les formes du phosphore assimilables pour la productivité biologique sont les orthophosphates et le phosphore organique en solution. Les organismes peuvent excréter du phosphore sous forme de phosphore organique. Lors de la décomposition des organismes, une fraction du phosphore organique est remise en solution sous forme d'orthophosphates ou de phosphore organique alors que l'autre fraction est plus réfractaire. En solution, des orthophosphates sont obtenus par minéralisation des phosphates organiques ou par hydrolyse des polyphosphates. Les orthophosphates, tout comme les polyphosphates et les phosphates organiques, peuvent s'adsorber sur les sédiments en suspension.

La qualité de l'eau pour la vie aquatique dépend aussi de facteurs physiques comme la température, la turbidité, les solides en suspension, les huiles et les graisses (tableau 2.1). La présence de particules dans l'eau affecte la pénétration de la lumière et dimi-

1. 27

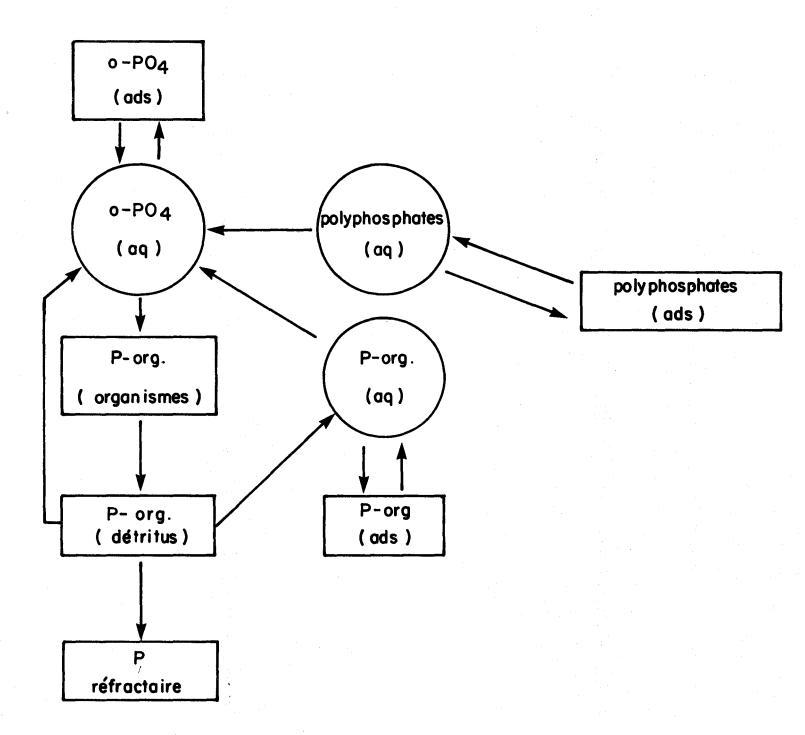


Figure 2,2 . Schéma des transformations du phosphore en milieu aquatique.

nue la photosynthèse des plantes. Une élévation de la température de l'eau causée, par exemple, par une industrie qui utilise l'eau comme source de refroidissement, peut modifier le nombre et le type d'organismes aquatiques rencontrés dans le milieu. La présence de substances qui flottent généralement à la surface de l'eau, comme les huiles et les graisses, cause des dommages considérables aux organismes aquatiques. Les huiles sont extrêmement toxiques aux poissons et provoquent chez eux une mortopresqu'instantanée.

Un certain niveau d'oxygène dissous est essentiel pour maintenir une vie aquatique équilibrée. La présence de matières organiques en concentration excessive et de substances chimiques oxydables diminue la concentration en oxygène dissous et peut provoquer une augmentation des bactéries dans l'eau.

Les substances toxiques, tels que certains métaux lourds (cuivre, mercure, plomb, zinc, chrome, etc...), les pesticides et les herbicides sont extrêmement nuisibles aux organismes aquatiques. Il suffit de concentrations très faibles de ces substances pour être fatales.

2.2 <u>Caractérisation spatiale et temporelle des paramètres reliés</u> à <u>un usage</u>

Pour un usage donné, si l'on dispose effectivement de mesures du groupe de paramètres reliés à cet usage, à plusieurs dates, en un certain nombre de stations, la caractérisation de la variabilité spatiale et de la variabilité temporelle permet:

- d'identifier les zones ou les périodes critiques, ce qui favorise la prise de décision concernant le contrôle de la qualité de l'eau associée à cet usage;
- d'effectuer des recommandations concernant l'acquisition ultérieure de l'information en termes de densité de réseau et de fréquence de mesure.

2.2.1 <u>Eléments de caractérisation des variabilités spatiale</u> et temporelle

Pour chacun des trois usages retenus, on a identifié en 2.1 les paramètres qui ont une influence sur la qualité de l'eau reliée à cet usage. Pour chacun de ces paramètres, on peut disposer de données à plusieurs dates en un certain nombre de stations qu'il est possible d'analyser. Cependant, l'analyse paramètre par paramètre, en plus d'être coûteuse en effort et en temps, a plusieurs désavantages:

- elle ne permet pas d'examiner les évolutions relatives des paramètres entre eux;
- elle ne prend pas en compte le fait que l'information pour les différents paramètres soit ou non disponible aux mêmes stations et aux mêmes dates.

L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) décrite dans l'annexe A permet de décrire de grands tableaux de données et ne présente pas ces inconvénients. Cette technique permet en effet, d'une part, le traitement global d'un groupe de paramètres pertinents à un usage et, d'autre part, éventuellement la reconstitution de données manquantes à partir de l'ensemble des valeurs du tableau analysé. L'utilisation de l'A.F.C. et de certains développements de cette méthode qui ont été effectués, pour les données du Saint-Laurent permet de caractériser la variabilité spatiale et temporelle des groupes de paramètres reliés à chaque usage.

Dans l'analyse de la variabilité temporelle, on élimine par transformation de données, l'effet spatial et l'on peut mettre en évidence:

- les évolutions relatives des différents paramètres;

 les périodes où les paramètres prennent des valeurs élevées ou faibles, ce qui implique l'identification de périodes critiques.

Dans l'analyse de la variabilité spatiale, après filtrage des effets temporels, il devient possible:

- de mettre en évidence des zones homogènes regroupant des stations qui ont un comportement semblable;
- de caractériser ces zones en fonction de niveaux de concentrations observés pour les différents paramètres d'intérêt pour l'usage considéré;
- de donner les éléments de décision concernant le contrôle de la qualité dans les zones homogènes ou éventuellement la restauration de cette qualité.

La technique de classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) dont les aspects théoriques sont décrits dans l'annexe A, sert de support à l'A.F.C. puisqu'elle permet d'effectuer des regroupements de stations présentant des caractéristiques semblables. Cette méthode est appliquée en pratique, soit de manière préliminaire à l'A.F.C. afin de réduire la taille des tableaux à décrire, soit sur les résultats de l'A.F.C., pour effectuer par exemple, de manière objective, l'identification de zones homogènes. Dans cette étude, la C.A.H. sera également appliquée sur le tableau des fréquences reconstituées par A.F.C.

Les applications de ces méthodes permettent donc en général de caractériser les variabilités spatiale et temporelle d'un groupe de paramètres pertinents à un usage donné. Ces éléments de connaissance sont importants pour la prise de décision concernant le contrôle de la qualité de l'eau autant que la restauration de cette qualité. Ils ont également une incidence sur l'acquisition future de l'information.

2.2.2 <u>Incidence de la variabilité spatio-temporelle sur</u> l'acquisition de l'information.

Bien que la définition d'un plan d'échantillonnage soit hors du cadre de cette étude, il est important de montrer comment la connaissance des variabilités spatiale et temporelle a une incidence sur l'acquisition future de l'information.

L'acquisition de données doit s'effectuer en fonction d'objectifs clairs et concrets. Les contraintes logistiques et techniques doivent être prises en compte mais elles ne doivent pas, comme cela a trop souvent été le cas, être les seuls éléments considérés lors de l'établissement d'un plan d'échantillonnage.

La méthodologie proposée qui décompose le problème général de l'étude de l'évaluation de la qualité de l'eau en considérant individuellement des usages et en identifiant les paramètres pertinents à chaque usage est une étape nécessaire mais non suffisante vers la définition d'objectifs clairs. Il faut de plus, une fois les paramètres d'intérêt déterminés, définir la fréquence d'échantillonnage et la densité des stations de mesure. Il est en effet impossible de connaître en tout point et à tout instant, la valeur prise par un paramètre. C'est pourquoi, l'échantillonnage dans le temps et l'espace vise à obtenir l'information désirée avec une erreur d'échantillonnage connue. Il est par exemple coûteux et inutile d'échantillonner fréquemment un paramètre peu variable dans le temps, les mesures obtenues donnant peu d'informations; par contre un paramètre varible doit être échantillonné fréquemment si l'on désire en avoir une connaissance suffisamment précise.

C'est pourquoi:

- la connaissance à priori de la variabilité temporelle d'un groupe de paramètres permet de définir le plan d'échantillonnage, de manière à effectuer des mesures dans les périodes de plus grande variabilité ou dans les périodes où des valeurs critiques sont atteintes et diminuent le potentiel d'utilisation du cours d'eau;
- la connaissance à priori de la variabilité spatiale et l'identification de zones homogènes de comportement d'un ensemble de paramètres reliés à un usage permet d'effectuer les mesures à des stations représentatives de ces zones et conduit à augmenter (diminuer) la densité dans les zones de plus grande (faible) variabilité et où l'usage a une grande intensité.

- 3. IMPORTANCE DES UTILISATIONS DE L'EAU CONSIDEREES POUR LE FLEUVE SAINT-LAURENT ET DONNEES DISPONIBLES
 - 3.1 Etude des trois utilisations retenues dans le cas du fleuve St-Laurent.

3.1.1 Alimentation en eau potable

Les eaux du fleuve Saint-Laurent sont une source importante d'alimentation en eau potable. Les données présentées dans le tableau 3.1 montrent l'importance actuelle de l'utilisation de cette eau pour l'alimentation. On compte, en effet, dans le fleuve St-Laurent du lac St-François à Québec, 39 prises d'eau qui alimentent une centaine de municipalités, ce qui correspond à plus de 2,600,000 usagers. La plupart des municipalités reveraines, à l'exception de quelques-unes, situées en aval de Montréal, notamment les villes de Québec, Trois-Rivières et Sorel, ont des prises d'eau dans le fleuve. Pour certaines, comme Valleyfield, Beauharnois, Montréal, Laval, Laprairie, Longueuil, Varennes, Lévis et Lauzon, c'est la seule source possible pour l'approvisionnement en eau.

3.1.2 Récréation (sports de contact)

Puisque le terme récréation utilisé ici se rapporte surtout à la baignade et aux autres sports qui exigent un contact prolongé avec l'eau, l'importance actuelle du Saint-Laurent, du point de vue récréatif, sera soulignée principalement par le nombre de plages, de terrains de camping et de sports de plaisance qu'on retrouve à proximité des berges.

TABLEAU 3.1 - Utilisation du Saint-Laurent comme source d'alimentation en eau

Localisation de la prise d'eau	Autres municipalités desservies	Population totale desservie	Consommation journalière moyenne (MGIJ)	Usi	ne de trait	ement
prise u cau	eesservies	ecs\$ervic	appenie (MII)	Type Référence	Référence 2	Capacité (MG1J)
Cote au du lac	St-Ignace	1,924			chloration	
Coteau Landing	La Station du Coteau	1,731				
L es Cèdres		436				
St-Z otique		1,243				[
Valleyfield	Grande-Ile (74%)	31,500	9.1			
Seauharnois (90%)	Maple Grove (82%)	8,708	1.3		Fi. Conv.	2.5
Laprairie (95%)	Candiac (temporaire- ment)	7,500	1.8		Fi. Conv.	2.0
Candiac (100%)	Delson, St-Constant, Ste-Catherine	5,185	2.4	C, Fi, Fc	Fi. Conv.	1.25
Seint-Lambert (100%)	Brossard Greenfield-Park Lemoyne	50,000	4.7	Fi	FTA	12.5
Long ueufl	Boucherville Brossard Greenfield-Park Lemoyne St-Bruno St-Hubert Laflèche Notre-Dame	190,000	25.0	C, Fi, Fc	FTA 2 usines	34.0
Varen nes (80%)	Ste-Julie	4,547	1.2		Fi. Conv. 2 usines	2.0
Point e-Claire	Beaconsfield Baie d'Urfé Kirkland Dollard des Ormeaux (35%) Ste-Anne de Bellevue (17%)	63,162	8.7	C, Fi, Fc Fi	Fi. Conv.	14.0
Dorva! (100%)	-	20,476	4.9	C, F1, A Fc, F1	Fi. Conv.	8.75
Lachine	Ville Lasalle (43%)	75, 775	15.8		Fi. Conv. 2 usines	13.4 13.7
Montréal	Anjou Côte St-Luc Hampstead Montréal est Montréal nord Montréal ouest Mont-Royal Outremont Pointe aux Trembles St-Léonard St-Pierre Verdun Westmount	1,678,954	284.5	C, Fi	Fi. Conv.	322.0
Lavaltrie		1,261	0.1	,	l	
Verchè res		2,600	1	C, Fi		1
Contrecoeur		850	ł	C, Fi, Fe Fi		
Berthi erville		4,300	2.3	Fi. Conv.		
Becancour		5,000	0.3	Fi. Conv.		
Cap-Rouge	Ste-Foy et une partie de Québec et Ancienne- Lorette	80,000	6.5	Fi. Conv.		
Sillery		14,068	3.0	Fi. Conv.		}
Saint-Romuald	St-Jean Chrysostome et une partie de Lévis	1	1 1	Fi. Conv.		
L e vis		20,350	2.9	Ff ·		
Lauzon	1	12,500		F1. Conv.	1	1

TABLEAU 3.1 (SUITE); Utilisation du Saint-Laurent comme source d'alimentation

en eau

Locélisation de la prise d'eau	Autres municipalités desservies	Population totale desservie	Consommation journalière moyenne (MGIJ)	Usi	Usine de traite		
						Capaci té (MGIJ)	
				Référence 1	Référence 2		
		Lac des Deux-It	ontagnes				
Oka		1,424	0.5		Fi. Conv.		
Deux-Hontagnes	Ste-Harthe-sur-le-lac	11,800	1.5	C, Fi			
Laval-sur-le-lac		683			Fi. Conv.	-	
		Chenaux Ste-Anne e	t Vaudreuil		**····	:	
Yaud reuil		3,843	0.2		Fi. Conv.		
Ile Perrot	N.D. de l'fle Perrot	5,573	0.5	Fi. Conv.	Fi. Conv. Ozone		
Senn eville (76%)		1.073	0.7	1	Chlore		
Ste-Anne-de- Bellevue (83%)		4,130	0.7	Fi. Conv.	Fluor, Chlore et Ozone		
		Rivière des Mi	lle-Iles	L	L		
Laval	Laval-ouest, Ste-Rose, St-François	57,000		Fi. Conv.	Fi. Conv.		
Ste- Thérèse	Ste-Thérèse-ouest	22,500	3.9	Fi. Conv.	Fi. Conv.	}	
Rose mère	Lorraine	8,800	0.8	C, Fi, Fc			
Terrebonne	St-Louis-de-Terrebonne St-Charles-de-la- Chenaie	11,300	1.7	i '	Fi. Conv.		
St-Eu stache		7,925		Fi. Conv.	FTA		
		Rivière des P	rairies	.	•	<u> </u>	
Pierrefonds	Ste-Geneviève, Roxboro Ile Bizard, Dollard- des-Ormeaux (65%)	62,831	5,9	Fi. Conv.		9	
Lava1 .	Chomedy, Pont-Viau Pénitencier St-Vincent de-Paul	169,169	26.0	Fi. Conv. Fc, Fl		-	
	1	1	Ī	1	1	ł	

Motes explicatives pour le Tableau 4.2

- Naférence 1: Anonyme. (1973). "Municipal statistics". Water and Pollution Control, Directory 1972-73, p. 36-46.

- Neférence 2: Lalonde, Valois, Lamarre, Valois et Associés. (1974). "Etude du fleuve Saint-Laurent. Inventaire des équipements en eau et relevés industriels". 4 volumes.

- **Sig**nification des symboles utilisés:

A: aération

C: chloration

Fi. Conv.: filtration conventionnelle

Fi: filtration

Fc: floculation

FI: fluoration

FTA: filtration à taux accéléré.

Le Saint-Laurent comporte un grand nombre de plages entre Cornwall et Montmagny (tableau 3.2). On dénombre plus de 100 plages comportant plus de 170,000 pieds de berges utilisables pour la baignade. On a dénombré aussi le nombre de terrains de camping et de ports de plaisance importants. Comme on le voit, c'est la région située à l'ouest de Montréal qui est la plus développée du point de vue récréatif; c'est en effet là que l'on retrouve le plus de plages, de parcs de camping et de ports de plaisance. La région du couloir fluvial est encore inexploitée. Dans la région immédiate de Québec, toutes les activités récréatives sont en régression, à l'exception de la voile, qui a de plus en plus d'adeptes.

3.1.3 Vie aquatique

Le fleuve Saint-Laurent est le cours d'eau le plus riche et le plus diversifié du point de vue des ressources biologiques au Québec. De nombreux sites importants pour la faune et la flore ont été identifiés et leur localisation apparaît au tableau 3.3.

La région de Québec et celle du lac Saint-Pierre sont les régions les plus importantes, en termes de capture annuelle de poissons. Entre Varennes et Montmagny, on capture annuellement presque l'million de livres de poissons parmi lesquels les principales espèces sont l'anguille, la barbotte, le brochet, le crapet, la carpe allemande, l'esturgeon jaune, le doré jaune, la perchaude et le poulamon. On observe un peu partout certains signes peu ambigus de baisse de population de certaines espèces populaires comme le grand brochet, au profit des populations de perchaude, notamment au lac Saint-Louis.

TABLEAU 3.2 Utilisation du Saint-Laurent du point de vue récréatif

	Secteur	terrains camping	ports de plaisance	plages
7	Lac des Deux-Montagnes	7	2	13
2	Lac Saint-François (incluant le canal de Beauharnois)	9	3	13
3	Lac Saint-Louis (incluant le bassin de Laprairie et le tronçon de Valleyfield à Pointe des Cascades)	5	16	7
4	Rivière des Prairies	0	4	6
5	Rivière des Mille-Iles	2	2	11
6	Couloir fluvial (incluant le canal de la voie maritime)	14	12	10
7	Lac Saint-Pierre (incluant le delta de Sorel)	3	2	8
8	Estuaire fluvial (excluant la région de Québec)	18	2	19
9	Région de Québec et de l'ile d'Orléans	18	5	15

Référence: Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1977), rapport provisoire.

Localisation	Type de rotection		Localisation	Tyne d protecti
Poissons	·····	1	Poissons (suite)	
Baie Brazeau		71	Rivière du Petit Pré	
Aval du barrage Carillon	Sanctuaire	72	Rivière aux Chiens	
Aval du barrage Saint-André	Sanctaarre	73	Région littorale à Sainte-Anne-de-Beaupré	
Baie de Carillon	Sanctuaire		Ruisseau du Moulin	
La Grande Baie		1 ' '	Rivière Bayer	
Baie de Vaudreuil		1		
Baie du Fer-ă-Cheval	Sanctuaire	1		
Région de l'île Bellevue		1	Oiseaux	
Baie à l'embouchure rivière aux Saumons		1		
Baies Dupuis, Perron et au Cèdre			Ile de Carillon	Refu
Région nord-est de Pointe au Foin		2		Refu
Rivière aux Raisons Rivière Beaudet	Canotusius		La Grande Baie	0-6
Aval du barrage de Valleyfield	Sanctuaire		Refuge Dundee Ile Villemomble	Refu
Aval du barrage de Valleyfield Aval du barrage de Pointe des Cascades			Iles aux Hérons	Dafee
Aval du barrage de Pointe des Cascades Aval du barrage de Beauharnois			Iles de la Paix	Refu Refu
Baie de Maple Grove			A l'est (4 km) ie l'embouchure de	VC I:
Ruisseau Saint-Jean		1	Rivière-du-Loup	
Ile Saint-Bernard		9	Ile Moras et environs	Refu
Rivière Châteauguay	Sanctuaire		Cap Tourmente	Refu
Baie Brucy		11	Refuge Saint-Vallier	Refu
Rapides de Dorion	Sanctuaire	12	Ile Dixie	Refu
Anse au Sable		1		
Grande Anse		1		
Ruisseau Bouchard	Canadunitus	i	Herbiers	
Rapides de Sainte-Anne-de-Bellevue	Sanctuaire	١,	Entur 1151s suy Chlumas at 1s bain de 1161s	
Rapides de Lachine Rapides de Lalemant		1	Entre l'île aux Chèvres et la baie de l'île Perrot	
Rapides de Latemant Rapides Saint-Jacques		2	De la Pointe aux Dorée à la baie de Choisy	
Rapides du Cheval Blanc		3	be la futilité aux putee à la pate de Chotsy	
Aval du barrage de l'île de la Visitation	n	4	De la Pointe Fraser à l'île Grape	
Aval du pont de la voie ferrée du CN à la	1		Au nord-est de l'île Thompson	
rivière des Mille Iles	•	6		
A l'embouchure de la rivière Chicot			De la Pointe Rankin au ruisseau Bittern	
Aval de la rivière		8	De la Pointe Biron & la Fointe Dupuis	
Amont du pont de Terrobonne		9	Entre la tête du canal Beauharnois au pont	
A l'embouchure de rivière aux Pins		1	Saint-Louis	
Ile Grosbois		1 10	Sur la rive-nord du canal de Beauharnois en	
Rivière Saint-Jacques		1	aval du pont Saint-Louis	
Ile de la Commune		1 11	De l'extrémité sud-ouest des îles de la Pai	X
Rivière Saint-Charles		1	jusqu'à l'extrémité est de la presqu'île	
Iles aux Rats, à Bonin et aux Veaux		1,,	Tekakwitha	1
Zone littorale à Contrecoeur		1 12	Triangle dont le plus grand côté longe le c	ana i
Vo isinage de l'fle des Soeurs Iles à l'Aiglon et aux Canards		12	de navigation au centre du lac Saint-Louis Entre les flots situés au nord de la Pointe	. di.
Ile Saint-Laurent et aux Cerfeuils		1 '3	Moulin	uu .
Ile Bouchard		14	Aval du barrage de la Pointe du Buisson	
Rivière Saint-Jean			Entre l'île aux Hérons et l'île des Soeurs	
Aval de la digue du chenal des Barques		16	Entre l'île Dorval at les rapides de Lachin	
Ile du Moine		17	Entre la Pointe aux Chênes et la Pointe aux	
Baie Lavallière		1	Flèches	
Baie Saint-François			Dans l'anse à l'extrémité de l'fle Gaspé	
Baie à l'est de Pointe à Comtois		19		'ierre
Baie à l'est de Pointe aux Pois		20	Dans les rapides Lalemant	
Aval de la digue du Grand Chenal		21	Dans les rapides du Cap Saint-Jacques	
Chenaux de l'île du Milieu		22	Du pont de la voie ferrée aux rapides en av	a i
Chenaux de l'île aux Castors Aval de la digue du chenal aux Castors		24	De la rivière Chicot à l'île de Mai De l'embouchure de la rivière aux Chiens à	1'510
Voisinage de l'île de Grâce		1 -7	Saint-Joseph	
Woisinage de Grande Ile		25		
Saie de Maskinongé		26		
Rivière Godegroy			Zone ceinturant les îles à l'embouchure de	la
Mivière Bécancour		1	rivière des Prairies	
Se la jetée à l'embouchure de la		28	Autour des fles de Berthier	
rivière Gentilly		29		
Battures Saint-Pierre		30	De la Pointe à la Martinière jusqu'à l'est	de
Rivière du Chêne		I	l'archipel de Montmigny	
Voisinage de la Pointe à Bigot		1		
Rivière Champlain		1		
Rivière Batiscan		1		
Rivière Sainte-Anne		1		

La chasse aux oiseaux migrateurs constitue aussi une activité importante. De nombreux sites identifiés au tableau 3.3 sont une étape importante pour les oiseaux dans leur migration. La partie ouest du lac Saint-François, le lac Saint-Pierre et la région située en aval de Québec constituent des refuges importants. Parmi les espèces d'oiseaux rencontrés, on retrouve des oies, des canards plongeurs et des canards barbotteurs.

Les plantes aquatiques font partie intégrante des ressources biologiques parce qu'ils servent d'abri ou de nourriture aux oiseaux et aux poissons. Les herbiers importants énumérés au tableau 3.3 sont presque tous localisés dans la région immédiate de Montréal. On retrouve seulement trois herbiers en dehors de la région de Montréal, dont l'un est situé autour des iles de Berthier, l'autre se trouve sur les grèves de Beauport et le troisième dans la région de Saint-Vallier.

3.2 <u>Données disponibles en 1976</u>

3.2.1 Description du plan d'échantillonnage : densité et fréquence

L'étude de la qualité générale de l'eau des berges du St-Laurent a necessité l'établissement d'un plan d'échantillonnage. Ce plan, en ce qui concerne la densité du réseau, est caractérisé par l'échantillonnage de 112 points répartis entre Québec et la partie en aval du lac Saint-François incluant le lac des Deux-Montagnes, la rivière des Prairies et la rivière des Milles-Iles, durant la période comprise entre le 3 mai et le 29 septembre 1976. La liste des points d'échantillonnage visités apparaît au tableau 3.4. La figure 3.1 indique la localisation des stations dans le tronçon étudié du fleuve St-Laurent.

Les stations d'échantillonnage sont réparties de la façon suivante:

TABLEAU 3.4. Liste des stations d'échantillonnage et leur localisation sur le fleuve Saint-Laurent pour l'année 1976.

Stations (millage)	Localisation
2.1, 4.7, 6.0, 8.9, 10.0, 10.1, 13.8, 14.9, 17.7, 17.5, 18.0	Lac des Deux-Montagnes
2.5, 7.2, 10.7, 14.7, 18.0, 21.5, 24.0	Rivière des Prairies
2.8, 5.5, 9.0, 12.0, 14.8, 17.5, 22.5 29.7	Rivière des Mille-Iles
95.0, 112.2	Lac Saint-François (rive nord)
98.5, 104.2, 115.7	Lac Saint-François (rive sud)
97.0, 102.7	Lac Saint-François (chenal)
115.3, 121.0, 126.7	Sortie du lac Saint-François (iles)
116.3, 117.2, 117.5	Baie de Valleyfield (iles)
130.5, 131.0, 132.1, 132.9, 135.7, 139.0 140.0, 144.9	Lac Saint-Louis (rive nord)
139.4, 141.1, 143.8	Lac Saint-Louis (rive sud)
131.3, 138.6	Lac Saint-Louis (chenal)
148.2, 152.0, 154.0	Bassin Laprairie (rive nord)
150.0, 160.5	Bassin Laprairie (rive sud)
161.2, 164.5, 165.9, 168.7, 173.1	Port de Montréal (rive nord)
162.2 165.4, 169.1, 174.1, 177.3	Port de Montréal (chenal)
167.0, 175.2, 175.5, 176.5	Longueuil - Cap Saint-Michel (rive sud) Iles de Boucherville
178.5, 180.0, 184.2	Iles de Verchères
176.0, 190.0, 197.1, 203.0	Repentigny - Sorel (rive nord)
189.7, 193.0, 200.2, 205.5	Cap Saint-Michel - Sorel (rive sud)
202.5	Sorel (chenal)
209.8, 210.5, 210.9, 211.9	Iles de Sorel
225.7, 232.0, 233.4, 235.0	Lac Saint-Pierre (rive nord)
228.3, 233.0	Lac Saint-Pierre (rive sud)
242.0	Trois-Rivières (chenal)
243.0, 245.2, 249.5, 253.0	Trois-Rivières - Batiscan (rive nord)
252.2, 268.3, 273.6, 288.0, 298.0, 315.3	Lac Saint-Pierre - Québec (rive sud)
266.1, 271.5, 282.0, 297.8	Batiscan - Québec (rive mord)
311.8	Québec (chenal)
317.2, 318.2, 318.5	Québec (rive mord)

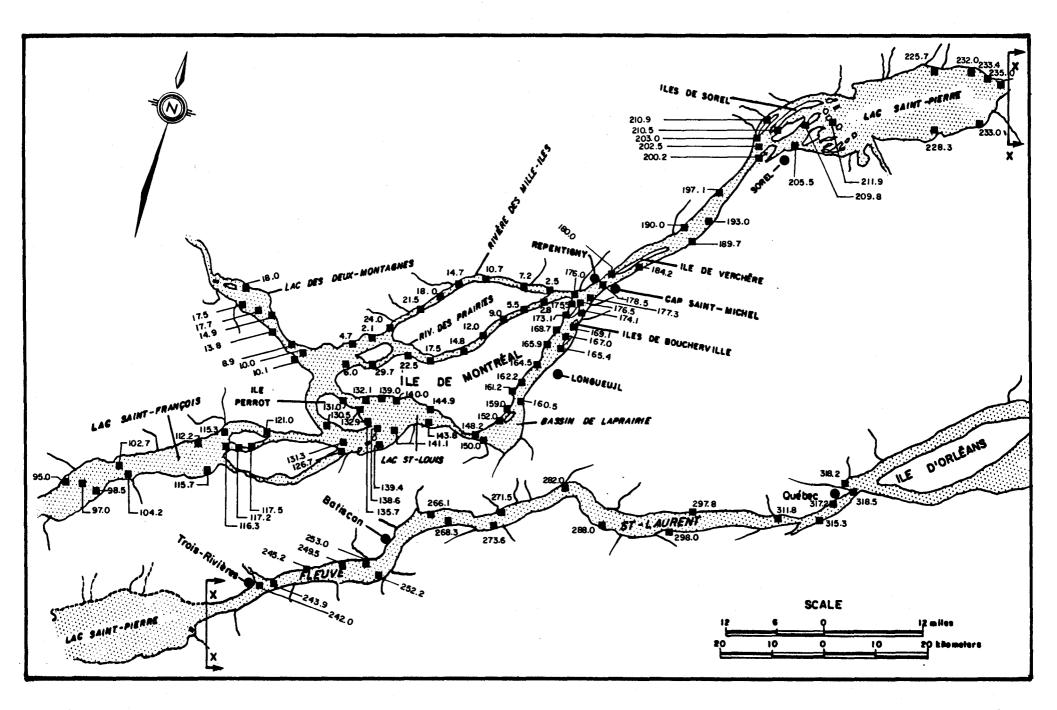


Figure 3.1. Localisation des stations d'échantillonnage sur le fleuve Saint-Laurent (tronçon lac Saint-François-Québec).

- 37 stations sur la rive nord;
- 24 stations sur la rive sud;
- 17 stations sur des îles;
- 26 stations dans la section du lac des Deux-Montagnes, de la rivière des Mille-Iles et de la rivière des Prairies;
- 8 stations dans le chenal.

Ces stations sont identifiées par un millage croissant d'amont en aval, sauf pour celles situées dans le lac des Deux-Montagnes, sur la rivière des Mille-Iles et sur la rivière des Prairies. Pour ces dernières, le millage croît d'aval en amont à partir d'un point situé à l'embouchure de la rivière des Prairies avec le fleuve.

En ce qui concerne la fréquence d'échantillonnage, 20 tournées d'échantillonnage ont été effectuées au cours de la période d'étude. Les dates correspondant aux tournées. ainsi que le nombre de points d'échantillonnage visités apparaissent au tableau 3.5. A cause de l'étendue du territoire couvert, le nombre de jours pris pour faire une tournée d'échantillonnage a varié entre deux et quatre jours. On remarque sur le tableau 3.5 que les tournées 3, 9 et 10 sont des tournées incomplètes et que la tournée 11 chevauche la tournée 10 dans les dates d'échantillonnage. Cette fréquence d'échantillonnage non continue a été causée par la non-disponibilité de l'hélicoptère servant à faire les tournées. La durée moyenne entre chaque tournée est d'environ 7 jours, si l'on exclut la période comprise entre le 22 juin et le 25 juillet. Pendant cette période (35 jours), un grand nombre de stations (48) n'ont pas été visitées.

La majorité des stations ont été visitées à 18 ou 19 reprises. La station 107, située dans le chenal au millage 131.3 a été échantillonnée deux fois par semaine. Deux stations situées sur le lac des Deux-Montagnes au millage 10.0 et 17.7 ont commencé à être visitées en juillet seulement, tandis que deux stations situées au millage 228.3 et 233.0 sur la rive sud ont cessé d'être visitées à la fin du mois d'août.

TABLEAU 3.5 Dates correspondant aux tournées d'échantillonnage

Tournée	dates	nombre de stations visitées
1	3 - 6 mai	104
2 3	10 - 11 mai	107
3	16 - 18 mai	77
4	23 - 25 ma i	107
5	30 mai-1 juin	110
6	7 - 9 juin	110
7	15 - 17 juin	110
8	20 - 22 juin	110
9	5 - 7 juillet	13
10	12 - 13 juillet	54
11	25 - 27 juillet	108
12	27 - 29 juillet	112
13	2 - 4 août	111
14	8 - 11 août	111
15	23 – 24 août	112
16	29 – 30 août	110
17	6 - 8 septembre	110
18	13 - 16 septembre	108
19	20 - 23 septembre	110
20	26 - 29 septembre	110

Le plan d'échantillonnage de l'été 1976 n'était pas basé sur une connaissance approfondie de la variabilité spatio-temporelle des paramètres étudiés. Les données qui en ont résulté et qui sont considérées dans cette étude permettront:

- l'analyse de la variabilité spatio-temporelle des paramètres liés aux 3 usages retenus;
- la rationalisation du réseau d'acquisition de données à partir de la connaissance de la variabilité spatio-temporelle.

3.2.2 Paramètres chimiques mesurés

Les paramètres chimiques qui ont été mesurés systématiquement au cours de cette campagne comprennent principalement les paramètres de fertilisation sous forme dissoute énumérés au tableau 2.1 auxquels on a ajouté le pH, la conductivité, la demande chimique en oxygène, la turbidité, les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

En plus de ces paramètres, on a mesuré systématiquement à 35 stations, le phosphore inorganique particulaire, le phosphore total particulaire, le carbone particulaire, l'azote particulaire et certains métaux comme le cadmium, le plomb, le nickel, le chrome, le cuivre, le mercure, le fer et le zinc. On a aussi mesuré les phénols à certaines stations situées dans la région métropolitaine de Montréal et à quelques stations en aval de Montréal.

Au tableau 3.6, on retrouve la liste des paramètres mesurés avec un code indiquant leur fréquence de mesure. On a reporté, d'après le tableau 2.1, sur le tableau 3.6 l'évaluation de l'importance des paramètres en relation avec les principaux usages de l'eau retenus pour l'étude.

TABLEAU 3.6 Liste des paramètres chimiques et bactériologiques mesurés sur le fleuve Saint-Laurent et évaluation de leur importance en relation avec les trois usages considérés

paramètre	densité de mesure	alimentation	récréation	vie aquatique
Turbidité Solides en suspension	S P	XXX XXX	XX XX	XXX XX
Conductivité pH Fer	S S P	X XX XXX	XX	X XX
NO ₃ NH ₄ N org. N inorg. N total P inorg. P org. P total	555555555	X X	X X	XXX XXX XXX XXX XXX XXX XX
N total particulaire P inorg. particulaire P org. particulaire P total particulaire Carbone particulaire	P P P P	X X X		X X X X
Coliformes totaux Coliformes fécaux	S S	XXX XXX	XXX XXX	
DCO	S	Х		XX
Phénols Cadmium Plomb Nickel Chrome Mercure Zinc	P P P P P	XXX XXX XXX XXX XXX XXX	X X X X X X	XXX XXX XXX XXX XXX XXX

Note:

- S mesuré systématiquement à toutes les stations
- P mesuré systématiquement à 35 stations, sauf pour les phénols
- XXX très important
- XX important
- X peu important

4. ANALYSE DE LA VARIABILITE TEMPORELLE

Introduction

Dans ce chapitre, on tente de dégager les principales caractéristiques de l'analyse de la variabilité temporelle des 3 usages retenus (récréation, alimentation en eau pour des fins domestiques, maintien d'une vie aquatique équilibrée) en mettant en évidence les aspects originaux de l'étude.

L'analyse proprement dite est précédée d'une phase préliminaire (section 4.1) qui a un double objectif:

- a) mettre en forme, valider les données et éventuellement reconstituer certaines d'entre elles qui sont manquantes, afin de s'assurer d'une qualité d'information acceptable et compatible avec les méthodes d'analyse utilisées.
- b) éliminer l'effet spatial en effectuant une standardisation qui ramène l'ensemble des fluctuations temporelles d'un paramètre à une même base pour les différentes stations considérées afin de permettre une meilleure comparaison.

La démarche utilisée dans l'analyse (décrite à la section 4.2) procède par usage; comme nous l'avons indiqué, on considère successivement la récréation, l'alimentation en eau et la vie aquatique qui sont 3 utilisations jugées importantes pour le fleuve St-Laurent. A chaque usage on associe les paramètres pertinents pour lesquels on dispose de données suffisantes. On est ensuite amené en utilisant la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) à séparer l'ensemble des 112 stations en 3 groupes. Ce regroupement, qui est dû au comportement relativement homogène des séries temporelles lorsque <u>l'effet spatial spécifique à chaque station est enlevé, n'a pas une signification spatiale</u>, mais permet une meilleure visualisation des résultats de l'analyse de la variabilité temporelle.

Pour chacun des 3 usages, l'analyse (section 4.3) du tableau des paramètres considérés pour les 3 groupes à 18 dates, est effectuée par analyse

factorielle des correspondances (A.F.C.). La C.A.H. est ensuite appliquée aux résultats de l'A.F.C. pour conduire à des conclusions générales plus objectives et permettre une meilleure interprétation des causes de la variabilité temporelle.

Dans cette section, on se limite cependant à décrire seulement les principaux résultats obtenus, puisque l'étude de la variabilité temporelle du groupe de paramètres associés à chaque usage est décrite de manière détaillée dans l'annexe B.

4.1 <u>Préparation des données pour l'étude de la variabilité</u> temporelle

Pour étudier de manière particulière l'évolution temporelle d'un groupe de paramètres à un ensemble de stations, il est nécessaire d'éliminer l'effet spatial contenu dans les données; c'est pourquoi on effectue un traitement qui filtre l'effet spatial spécifique à chaque station. De plus lorsque l'on considère un nombre important de stations, il est préférable d'effectuer des regroupements de stations qui ont un comportement homogène en ce qui concerne la variabilité temporelle; c'est pourquoi en considérant un nombre limité de groupes, chacun d'eux étant représenté par une "station fictive" donnant la tendance générale du groupe, on réduit ainsi le nombre effectif de stations indépendantes.

4.1.1 Filtrage des effets spatiaux

Un filtrage des effets spatiaux est obtenu en transformant les données relatives à chaque paramètre de la façon suivante:

$$CR_{ij} = \frac{A_{ij} - M_{j}}{S_{j}}$$

 A_{ij} est la mesure d'un paramètre à la date i et à la station j. La moyenne M_j et l'écart-type S_j de chaque paramètre sont calculés en considérant les I valeurs A_{ij} aux dates i (i=1...I) à chaque station j.

$$M_{j} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^{I} A_{ij}$$

$$S_{j} = \sqrt{\sum_{i=1}^{I} (A_{ij} - M_{j})^{2}}$$

$$I - 1$$
(I: nombre de dates de mesure)

Ce recentrage, effectué en soustrayant la moyenne, calculée sur l'ensemble des dates, des valeurs mesurées à la station j, fournit une série de valeurs dont la moyenne est nulle. On effectue ainsi une rhomogénéisation spatiale en enlevant l'effet spécifique à chaque station. La division par l'écart-type a pour but d'éliminer un éventuel effet d'échelle desfluctuations puisque les valeurs transformées auront toute une variance unitaire. Ce type de standardisation (Le Foll et Meneau, 1978), dans l'optique d'une analyse globale, permet d'éviter que les fortes fluctuations temporelles d'un paramètre à une station masquent les faibles variations de ce même paramètre à d'autres stations.

4.1.2 <u>Vérification de la qualité des données</u>

La transformation des données en valeurs centrées réduites, en plus de filtrer les effets spatiaux, permet de visualiser globalement la distribution des données relatives à chaque station et de détecter les valeurs anormalement faibles ou élevées. On présente à la figure 4.1, à titre d'exemple, une visualisation des valeurs centrées réduites obtenues pour le phosphore dissous avec comme ordonnée la date d'échantillonnage et comme abcisse le numéro de la station variant de 1 à 112. Dans cet exemple, on constate un nombre important de valeurs centrées réduites comprises entre 2.5 et 3.5 •

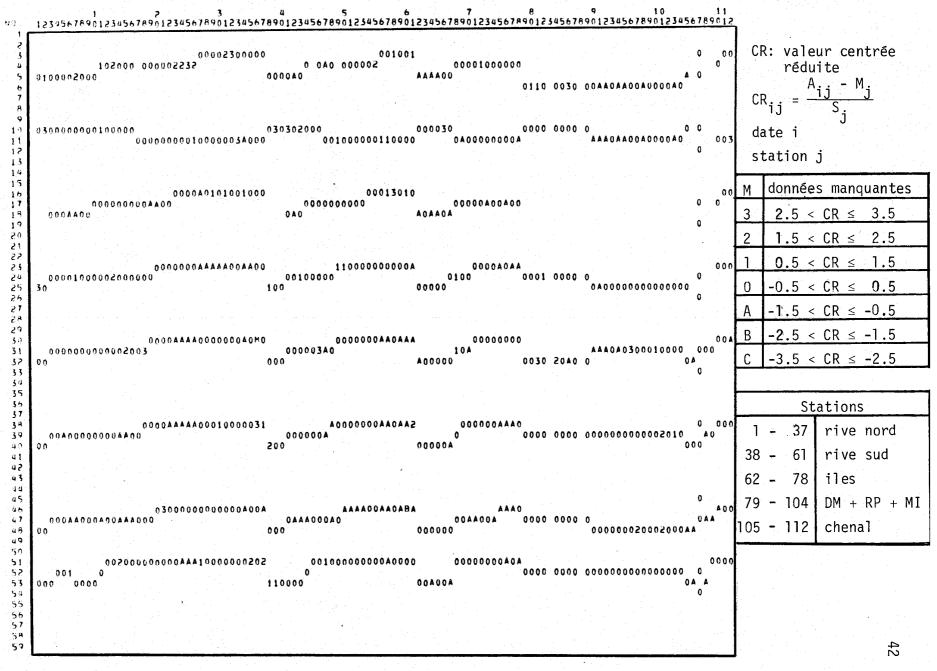


FIGURE 4.1: Exemple de représentation des valeurs centrées réduites de phosphore total dissous pour les mois de mai et juin 1976 aux 112 stations.

Pour chacun des paramètres mesurés systématiquement, on a fait un dénombrement du nombre de valeurs centrées réduites inférieures à -3 et supérieures à 3. Les résultats de ce dénombrement, apparaissant au tableau 4.1, montrent que la plupart des paramètres ont un plus grand nombre de valeurs centrées réduites élevées positives que négatives, à l'exception du pH, de la conductivité et des coliformes totaux et fécaux.

L'examen des valeurs de nitrates révèle une particularité inquiétante La plupart des stations échantillonnées le 11 mai ont des valeurs centrées réduites plus grandes ou égales à 3, indiquant pour cette date une augmentation brusque des concentrations en nitrates dans une section du fleuve ou une surestimation systématique des valeurs.

Pour les coliformes totaux et les coliformes fécaux, le dénombrement obtenu est plutôt faible. En effet, on a transformé les données en prenant le logarithme B_{ij} des valeurs mesurées A_{ij} :

On a calculé ensuite les valeurs centrées réduites:

$$CR_{ij} = \frac{B_{ij} - M_{j}}{S_{i}}$$

M_j et S_j sont la moyenne et l'écart-type des valeurs transformées logarithmiquement du paramètre à la station j. Cette transformation, pour les coliformes, était nécessaire pour remener à une distribution à peu près normale, la distribution nettement asymétrique obtenue pour ces deux seuls paramètres. A cause de la croissance exponentielle de ces microorganismes dans l'eau, les valeurs élevées dans la série ne sont pas nécessairement aberrantes et peuvent refléter la réalité. En raison de la transformation logarithmique effectuée, les séries de valeurs obtenues pour ces 2 paramètres sont distribuées pratiquement suivant une loi normale.

TABLEAU 4.1: Décompte du nombre de valeurs centrées réduites élevées (|CR| > 3) suivant le paramètre considéré

	pH	Turb.	Cond.	N org.	,NH .	NO ₂₋₃	N inorg.	N tot.	DCO	colif. totaux	.colif.	P inorg. dis.	P org. d1s.	P tot. dis.
5 < CR ≤ 66 4 < CR ≤ 5 3 < CR ≤ 4 -4 < CR ≤ -3 -5 < CR ≤ -4 -6 < CR ≤ -8	6 5 1	31 3	1 8 11	17	22	41*	32 2	1 12	2 11	2	4 5	9 20	1 18	7 26

^{*} L'effectif élevé retrouvé pour les nitrates dépend principalement de la première (11) et de la deuxième (25) tournée d'échantillonnage.

^{**} Voir note de la figure 4.1, page 42.

4.1.3 Filtrage des valeurs anormales

Lorsqu'une valeur centrée réduite en valeur absolue est supérieure à 3, toute la série des autres valeurs est affectée par la présence de cette valeur extrème. En effet, le recentrage a été fait sur une moyenne et un écart-type qui prennent en compte les données anormalement élevées ou faibles. C'est pourquoi, un nouveau recentrage des données a été effectué sur les données jugées valides (valeur centrée réduite en valeur absolue inférieure à 3) en éliminant les valeurs extrèmes:

$$CR'_{ij} = \frac{A_{ij} - M'_{j}}{S'_{j}}$$

avec

$$M'_{j} = \frac{1}{I'} \sum_{i=1}^{I'} A_{ij}$$

$$S'_{j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{I'} (A_{ij} - M'_{j})^{2}}{I' - 1}}$$

La moyenne M' $_j$ et l'écart-type S_j sont calculées sur l'ensemble I' des valeurs dont la valeur centrée réduite en valeur absolue est inférieure à 3.

Les valeurs centrées réduites supérieures à 3 ont été posées égales à 3; ceci permet d'éliminer l'effet d'une valeur qui pourrait être aberrante en ne négligeant pas le fait que l'on a mesuré une valeur élevée. On obtient donc :

4.1.4 Valeurs manquantes

Toute banque de données comporte inévitablement un certain nombre de valeurs manquantes provenant d'une absence d'échantillonnage ou du manque de mesure sur un échantillon. Les méthodes d'analyse multidimensionelle nécessitant des tableaux complets de données, cette contrainte d'utilisation nécessite la reconstitution des valeurs absentes. Il existe plusieurs méthodes de reconstitution, mais toutes ne sont pas idéales; de façon générale, la technique de reconstitution doit tenir compte de l'objectif de l'analyse afin que les valeurs ainsi estimées ne déforment pas l'information contenue dans les valeurs effectivement mesurées. Parmi les critères de reconstitution, on considère ici que d'une part, le nombre de valeurs manquantes pour une tournée ne doit pas être trop élevé et d'autre part, chaque tournée doit être représentative de la qualité de l'eau pendant une certaine période. On a vu au tableau 3.5, qui décrit les caractéristiques du plan d'échantillonnage, que deux tournées (ll et 12) se chevauchaient dans le temps et que les valeurs relatives à une tournée (la 9ème), étaient souvent manquantes en raison du nombre très faible de stations visitées (13). C'est pourquoi, on a décidé de ne considérer que 18 tournées d'échantillonnage au lieu de 20, en fondant la lle et la 12e tournée en une seule (moyenne des deux) et en éliminant la 9e tournée.

Parmi les 18 tournées retenues pour l'analyse, deux tournées comportent encore un nombre relativement élevé de valeurs manquantes (35 et 54 sur 112).

Pour chaque paramètre, la valeur manquante pour une tournée i a été reconstituée en prenant la moyenne des valeurs Z_{ij} calculée sur l'ensemble J' des stations j pour lesquelles on dispose de mesures de ce

paramètre à la date i.

valeur reconstituée:
$$M_{i} = \frac{\sum_{j=1}^{J'} Z_{ij}}{J'}$$

Rappelons ici que la moyenne est calculée sur des fluctuations temporelles Z_{ij} standardisées, l'effet spatial spécifique à chaque station ayant été éliminé précédemment. Les valeurs ainsi reconstituées ne fournissent pas d'information supplémentaire, mais reflètent la tendance générale sur l'ensemble des stations.

4.2 Démarche utilisée

La démarche utilisée dans l'analyse procède par usage; on considère successivement la récréation, l'alimentation en eau pour des fins domestiques et l'aptitude du milieu à permettre une vie aquatique équilibrée. A chaque usage, on associe d'abord K paramètres pour lesquels on dispose de données suffisantes. On utilise ensuite les données validées et filtrées (section 4.1) relatives à ces K paramètres pour déterminer des groupes de stations qui ont une similitude d'évolution dans le temps. Après avoir séparé les données en 5 intervalles de variation comportant un nombre semblable d'observations (classes équiprobables), on procède à un codage des données afin d'augmenter la résolution et la stabilité de l'analyse et de permettre également une réduction des données en les regroupant par groupes de stations. Ces trois étapes (la détermination de groupes de stations, le codage et le regroupement des données par groupes de stations), qui précèdent l'analyse proprement dite, sont décrites en détail dans les sections qui suivent:

4.2.1 Détermination de groupes homogènes de stations

La détermination des groupes de stations pour l'étude de l'évolution temporelle des paramètres relatifs à un usage, a pour but de regrouper les séries de valeurs qui présentent une similitude d'évolution dans le temps. Puisque les groupes de stations sont déterminés à partir de valeurs centrées

réduites (l'effet spatial spécifique à chaque station est enlevé), les groupes ne peuvent être interprétés en terme de variabilité spatiale. Cette séparation permet cependant une meilleure visualisation des résultats de l'analyse en montrant les différences d'évolution dans le temps provenant soit d'influences régionales importantes, soit du délai d'échantillonnage entre les stations pour une même tournée. De plus on choisit pour chaque groupe une station fictive représentative, ce qui a l'avantage de réduire considérablement le nombre de stations à considérer dans l'analyse. La méthode de classification as cendante hiérarchique (Annexe A) permet de déterminer des groupes de stations comportant une similitude d'évolution dans le temps, à condition de définir entre les stations une distance représentative des différences d'évolution temporelle. La distance choisie est définie de la façon suivante:

$$d^{2}(j,j') = \sum_{i=1}^{18} p(i) \sum_{k=1}^{K} Min \left[2, (Z_{ijk} - Z_{ij'k})^{2} \right]$$

où:

 \mathbf{Z}_{ijk} est la valeur centrée réduite du paramètre k, à la tournée i, pour la station j.

K est le nombre de paramètres considérés pour un usage donné.

On pose:

$$p(1) = (D_2 - D_1) / DD$$

 $p(2) = (D_3 - D_1) / DD$
 $p(3) = (D_4 - D_2) / DD$

$$p(17) = (D_{18} - D_{16}) / DD$$

 $p(18) = (D_{18} - D_{17}) / DD$

 $\mathbf{D}_{\hat{\mathbf{1}}}$ est la date correspondant à la tournée i, qui est la date moyenne de la tournée.

$$DD=(D_{18} - D_1) *2$$

et l'on a:

$$\sum_{i=1}^{18} p(i) = 1$$

A chaque tournée (de] à 18) on associe une date:

- 1 4 mai
- 2 10 mai
- 3 17 mai
- 4 24 mai
- 5 31 mai
- 6 8 juin
- 7 16 juin
- 8 21 juin
- 9 13 juillet
- 10 27 juillet
- 11 3 août
- 12 10 août
- 13 23 août
- 14 29 août
- 15 7 septembre
- 16 14 septembre
- 17 21 septembre
- 18 27 septembre

La formule de distance permet de calculer, une distance euclidienne entre les stations pour l'ensemble des paramètres, pondérée par la durée entre les tournées et tronquée à une valeur maximum. Le tronquage permet de retirer l'effet de taille de la distance euclidienne et la pondération permet de tenir compte de la fréquence de mesure et de la durée séparant deux dates d'échantillonnage.

La classification hiérarchique ascendante appliquée sur la matrice des distances donne une hiérarchie de groupes de stations à partir de laquelle on peut choisir le nombre de groupes de stations qu'on veut considérer. Pour l'étude de la variabilité temporelle, on a retenu quelque soit l'usage, 3 groupes de stations.

4.2.2 Codage des valeurs

Nous avons mentionné dans l'annexe A que le codage des données initiales en données binaires permettait d'effectuer, au moyen de l'A.F.C., une analyse plus stable et d'atteindre un niveau d'interprétation plus fin.

Pour chacun des paramètres, la série des valeurs centrées réduites \mathbf{Z}_{ij} pour l'ensemble des dates et des tournées (112 stations, 18 tournées) a été découpée en 5 classes équiprobables d'effectifs à peu près identiques (tableau 4.2). Le passage de la classe l à la classe 5 représente une augmentation de la valeur pour ce paramètre. Chaque valeur \mathbf{Z}_{ij} est ensuite codifiée 0 ou 1 selon l'appartenance à l'une ou l'autre classe. On obtient ainsi pour un usage donné un tableau de données binaires comportant 5K colonnes, correspondant aux K paramètres séparés en 5 classes, et 2016 lignes correspondant aux 18 mesures dans le temps pour chacune des 112 stations.

TABLEAU 4.2 Répartition de l'effectif des valeurs de chaque paramètre suivant les 5 classes considérées.

Paramètres Classe	1	2	3	4	5
рН	400	405	404	402	405
Turbidité	404	402	403	403	404
Conductivité	402	405	403	402	404
N organique	405	401	401	406	403
NH.	400	407	400	405	4 04
NO ₃	403	404	405	399	405
N inorg.	404	403	402	402	405
N total	403	404	401	403	405
DCO	405	405	422	391	. 393
Coliformes tot.	414	418	377	403	404
Coliformes féc.	395	409	406	410	396
P inorg. diss.	402	405	382	402	425
P org, diss.	407	414	410	392	393
P tot. diss.	402	402	405	402	405

Note: La somme de chaque ligne du tableau est 2016 (18 mesures x 112 stations).

La codification des valeurs entraîne une certaine perte d'information puisque les valeurs sont remplacées par des 0 ou des 1, mais cette perte d'information est faible lorsque le nombre de classes considérées est assez élevé, comme c'est le cas ici où l'on considère 5 classes. La codification, comme nous le montrons dans l'étude, augmente la résolution et la stabilité de l'analyse effectuée au moyen de l'A.F.C.; elle facilite de plus le regroupement des données.

4.2.3 Réduction des données en tableaux de comptage par groupes de stations

Le tableau des valeurs codées (2016 lignes, 5K colonnes) peut être considérablement réduit en utilisant les regroupements de stations effectués par la C.A.H. (section 4.2.1). Cette réduction est opérée en sommant pour une colonne donnée les valeurs relatives aux p stations du groupe pour la date i. On obtient ainsi pour chaque groupe un tableau de 18 lignes et 5 colonnes (voir annexe B, tableau B.1); on donne ainsi à chaque groupe un poids d'autant plus grand qu'il contient davantage de stations. Pour une ligne donnée la somme des 5 éléments correspondant à un paramètre est égale au nombre p de stations du groupe considéré et la somme des éléments de chaque ligne i vaut donc K.p, car l'on considère des valeurs binaires codées 0 et 1. Puisque l'on considère trois groupes de stations dans l'étude de la variabilité temporelle, on analyse donc au moyen de l'A.F.C. un tableau comprenant 5K colonnes (pour les paramètres) et 54 lignes (correspondant aux 18 tournées pour les 3 groupes de stations). Ce tableau consiste en l'agrégation des tableaux partiels (exemple tableau Bl, annexe B) obtenus pour chacun des 3 groupes.

4.3 <u>Etude pour chacun des usages</u>

La démarche utilisée consiste à analyser la variabilité temporelle, dans le cas de chacun des 3 usages retenus, à l'aide de l'A.F.C. L'utilisation de l'A.F.C., dans le cas de chaque usage, permet (annexe A) de

représenter simultanément dans un plan factoriel les 5K points paramètres et les 54 points observations. L'examen des proximités et des éloignements entre ces différents points constitue l'essence de l'analyse de la variabilité temporelle. Cet examen est facilité et rendu plus objectif par l'utilisation de la C.A.H.; on emploiera cette méthode, afin:

- de regrouper de manière automatique les points observations en classes de comportement semblable .
- d'interpréter en fonction des points paramètres les causes de ces regroupements des points observations
- de faire ressortir les caractéristiques principales de la variabilité temporelle.

L'examen détaillé de la variabilité temporelle est développé dans l'annexe B; ici nous résumons pour chaque usage les principales conclusions de cette annexe, à laquelle nous ferons référence fréquemment dans ce qui suit.

4.3.1 Récréation

choix des paramètres

Parmi l'ensemble des paramètres physico-chimiques et biologiques estimés importants dans l'évaluation de la qualité de l'eau pour la récréation (tableau 2.1), quatre paramètres seulement pouvaient être retenus pour l'étude de la variabilité temporelle: ces paramètres sont les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), le pH (PH) et la turbidité (TU). Les autres paramètres mesurés (tableau 3.6) tels que les métaux

toxiques et les solides en suspension ne pouvaient être retenus parce qu'ils n'étaient pas mesurés systématiquement à toutes les stations. Même si l'azote total et le phosphore total comportent un certain intérêt dans l'étude, ils ne sont pas considérés en raison de leur importance minime pour la récréation et du rôle trop important que ces deux paramètres pourraient jouer dans l'analyse compte tenu de leur marginalité par rapport aux quatre paramètres retenus.

Groupes de stations

Les trois groupes de stations pour l'usage récréation correspondent sur le fleuve Saint-Laurent à des régions géographiques bien délimitées (figure 4.2). Le premier groupe est constitué essentiellement des stations situées sur les rivières des Prairies et des Mille-Iles. Le deuxième groupe inclut les stations du lac des Deux-Montagnes et à quelques exceptions près, celles comprises entre le lac Saint-François et le bassin Laprairie, ainsi que la majorité des stations situées dans le lac Saint-Pierre. Le troisième groupe qui inclut les stations comprises dans les tronçons du lac Saint-Louis au lac Saint-Pierre et de Trois-Rivières à Québec, est le plus important en nombre avec 62 stations, les deux premiers groupes comprenant respectivement 13 et 37 stations. Le troisième groupe est donc susceptible de refléter la tendance générale sur le fleuve, tandis que les deux premiers groupes dépendent plutôt d'influences régionales importantes.

Etude des relations entre paramètres

L'analyse au moyen de l'A.F.C., du tableau de données pour l'usage récréation, est décrite en détail dans l'annexe B. On donne ici, les principales conclusions qui se sont dégagées sur le comportement des paramètres à partir de l'examen de la position des points paramètres et de leurs proximités entre les points dans les plans factoriels.

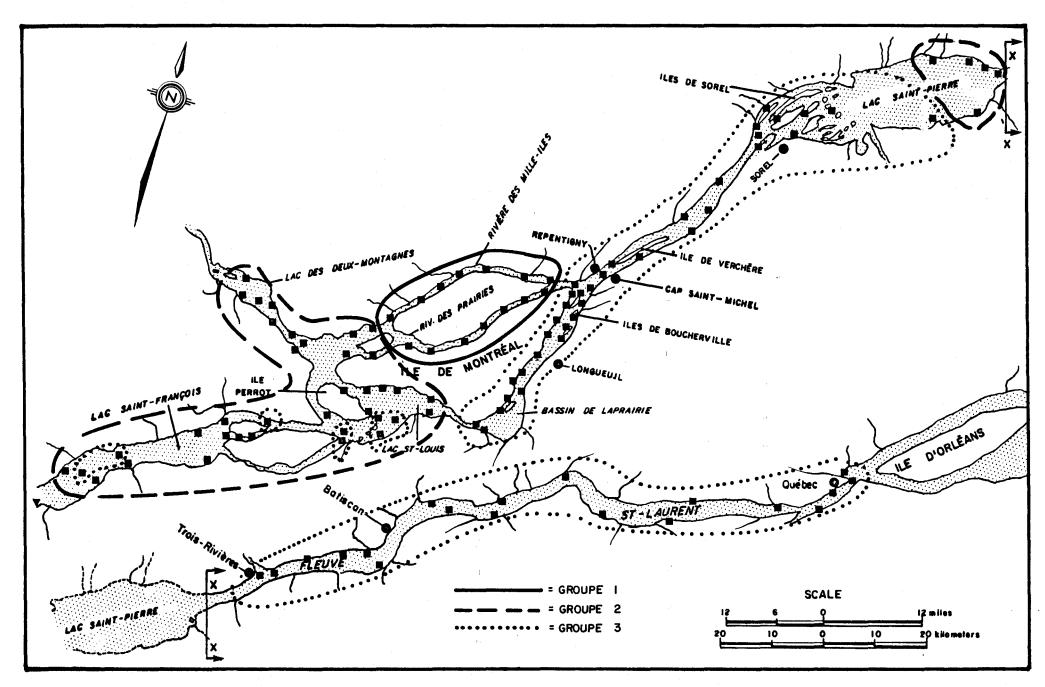


Figure 4. 2. Composition des trois groupes de stations considérés pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage récréation .

Les deux premiers axes principaux expliquent respectivement 33.6 et 20.2% de la variabilité totale du nuage de points. Après deux axes, la variabilité expliquée devient relativement faible et constante; en effet après 4 et 7 axes, la variabilité expliquée atteint respectivement 70% et 85%. L'analyse a fait ressortir une certaine relation négative entre la turbidité et le pH, les fortes valeurs d'un paramètre se rencontrant avec les faibles valeurs et vice-versa (figure B.3, annexe B). Ces deux paramètres ont une contribution relative élevée sur l'axe 1 (tableau B.3) indiquant une variation importante par rapport aux deux autres paramètres considérés dans cet usage. Les coliformes totaux et les coliformes fécaux sont reliés plutôt faiblement entre eux. L'opposition des valeurs extrêmes de ces deux paramètres sur l'axe 2 fait ressortir l'importance secondaire, quoique non négligeable, de la variation des coliformes totaux et des coliformes fécaux pour caractériser la variabilité temporelle pour l'usage récréation.

Il existe aussi une relation négative quoique faible entre le pH et les coliformes fécaux (figure B.3). En effet, les valeurs extrèmes de coliformes fécaux, s'opposant à la fois sur les axes 1 et 2, se retrouvent assez près des valeurs extrèmes de pH dans le plan des axes 1 et 2.

Les points représentatifs des classes intermédiaires des coliformes totaux (CT3), fécaux (CF3, CF4) et de pH (PH3, PH4) se retrouvent près de l'origine des premiers axes principaux. Après quatre axes, la contribution relative de ces points est faible indiquant que la variabilité des classes intermédiaires de paramètres est peu expliquée et n'est pas déterminante dans l'analyse.

Etude des caractéristiques de la variabilité temporelle

L'approche utilisée pour l'étude des comportements des points observations représentant les 18 tournées pour chacun des trois groupes est décrite dans l'annexe B et résumée ici brièvement. Chaque tournée est encore identifiée ici par le code A à R (tableau B.2). On utilise la

C.A.H. pour regrouper en classes les 54 observations (18 tournées x 3 groupes) et les ordonner de façon à visualiser la hiérarchie du classement obtenu (figure B.5, tableau B.4). On reporte ensuite sur le plan des axes principaux 1 et 2 les coordonnées des centres de gravité des classes de la partie supérieure de l'arbre hiérarchique (figure B.6). L'examen des proximités entre centres de gravité des classes et points paramètres sert de base à l'interprétation des caractéristiques principales de la variabilité temporelle.

Pour visualiser la chronologie des classes de la hiérarchie et faciliter ainsi l'interprétation, on a porté également en graphique sur le plan des axes l et 2 les points représentatifs des tournées pour l'ensemble des stations (figure B.6). L'interprétation des caractéristiques temporelles est complétée par l'examen de deux types de contributions: les contributions relatives de chacun des points paramètres au diamètre des classes (tableau B.6) permettent de déterminer l'importance de chacun des points paramètres dans la formation de la classe; les contributions relatives des axes au moment d'inertie associé aux noeuds de la hiérarchie (tableau B.5) permettent de connaître dans quelle direction les classes se subdivisent et de donner un sens physique à ces divisions.

La division des observations en deux grandes classes (figure B.5) fournit le premier niveau d'interprétation et représente 32% de la variabilité expliquée par les 7 premiers axes factoriels. Les tournées de la première moitié de la période d'étude (3 mai - 7 juillet) sans distinction de groupes de stations sont regroupées dans une même classe (98) tandis que les tournées de la seconde moitié de la période (25 juillet - 23 septembre) se retrouvent dans la seconde classe (97). La dernière tournée (26 - 29 septembre) se retrouve groupée avec les tournées de la première moitié de la période. Cette division des observations en deux grandes classes obtenues complètement sur l'axe l (97.3%) fait ressortir l'importance de la turbidité et du pH comme caractéristiques principales de la variabilité temporelle, la première moitié de la période

étant marquée par une turbidité très élevée (TU5, TU4) et un pH faible (PH1) et la seconde moitié par une turbidité très faible (TU1, TU2) et un pH très élevé (PH5).

La subdivision de la classe 98 en 95 et 94 et de la classe 97 en 93 et 96 forme le second niveau d'interprétation et permet d'expliquer respectivement 11.8 et 10.9% de la variabilité. On considère en premier lieu la division de la classe 98 car elle représente la première moitié de la période d'étude.

La classe 95, qui comprend principalement les tournées A, B, C, D et E (3 mai au ler juin) des groupes 1 et 3, est en opposition sur l'axe 2 à la classe 94 qui contient les tournées F, G, H, I et R des deux mêmes groupes de stations. La classe 94 comprend en outre des tournées pour le groupe 2 de la première moitié de la période d'étude.

Le passage de la classe 95 à la classe 94 pour les groupes l et 3 reflète une augmentation dans le temps des coliformes totaux (CTI \rightarrow CT4) et des coliformes fécaux (CF variable \rightarrow CF5) (tableau B.6, figure B.6). On peut ajouter que ce passage reflète aussi une diminution de la turbidité (TU5 \rightarrow TU4) et une légère augmentation de pH (PH1 \rightarrow (PH1 - PH2)). Quant au groupe 2 qui comprend principalement les stations du lac des Deux-Montagnes et celles du tronçon entre le lac Saint-François et le bassin Laprairie, l'appartenance à la classe 94 des tournées A, B et D comprenant le début de la période d'étude indique qu'au mois de mai, les coliformes totaux et fécaux étaient plus élevés et la turbidité un peu plus faible que pour les deux autres groupes.

La division de la classe 97 en 93 et 96 est encore obtenue principalement sur l'axe 2, mais avec des composantes importantes sur les axes 1 et 3 (tableau B.5). La classe 93 comprend la presque totalité des tournées de la seconde moitié de la période pour les groupes 1 et 3, tandis que la classe 96 contient principalement des tournées pour le groupe 2 comprises entre le début d'août et le milieu de septembre.

Le passage de la classe 93 à 96 est en grande partie le résultat d'une diminution des coliformes totaux ($CT5 \rightarrow CT2$) et d'une augmentation du pH (PH variable \rightarrow PH5). De plus les coliformes fécaux faibles (CF1, CF2) deviennent importants en passant à la classe 96 (tableau B.6, figure B.6).

Ces deux niveaux d'interprétation permettent de dégager l'essentiel de la variabilité compte tenu du potentiel des données et de la finesse d'analyse désirée. D'abord ils permettent d'observer une division des tournées en deux grandes classes provoquée par les fortes fluctuations des deux paramètres de nature physique, le pH et la turbidité. Cette division des tournées en deux grandes classes se produit sans distinction de groupes de stations. Au cours de la période de temps comprise entre les deux groupes de tournées, on assiste à un changement important de la qualité de l'eau. Ce changement important de qualité est attribuable en grande partie au long intervalle de temps (3 semaines) entre les tournées I et J.

En considérant quatre classes au lieu de deux, on fait ressortir une certaine différence de comportement dans le temps pour le groupe 2 par rapport aux 2 autres groupes. Le groupe 2, peu variable au cours de la première moitié de la période, subit de plus grandes fluctuations dans la deuxième moitié passant des caractéristiques de la classe 93 à 96 et viceversa. La subdivision en quatre classes permet également de montrer le rôle des coliformes totaux et fécaux dans l'optique d'une étude globale de la variabilité temporelle. Elle permet de mettre en évidence deux classes de tournées (94 et 93) séquentielles au cours desquelles on retrouve principalement des coliformes totaux élevés (CT5) pour la classe 93, puis des coliformes fécaux élevés (CF5) pour la classe 94.

Pouvoir explicatif du régime hydrologique

On a introduit dans l'analyse, des mesures de débit et de niveaux provenant de trois stations représentatives des trois régions géographiques délimitées par les trois groupes de stations considérés (section B.156).

Cette étude particulière avait pour but de faire ressortir le caractère explicatif du régime hydrologique sur les grandes tendances observées dans l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage récréation.

Parmi les trois stations choisies, une station représentant le groupe 1 fournit des mesures de débit sur la rivière des Mille-Iles. Les deux autres stations représentant les groupes 2 et 3 fournissent des mesures de niveaux et sont situées sur le fleuve Saint-Laurent l'une à Côteau-Landing, l'autre à Sorel.

Malgré l'intérêt de l'addition de paramètres hydrologiques, on a rencontré de nombreux problèmes pour rendre compatibles les données de débit avec les données, ce qui a limité la portée de cette étude particulière. De plus, les aménagements importants sur le fleuve Saint-Laurent, en modifiant le régime naturel, rendaient moins représentatives les mesures de débit et de niveau sur la rivière des Mille-Iles et à Côteau-Landing. Toutefois on a fait ressortir que le débit à la station de Sorel était relié fortement à la turbidité et que par conséquent les variations du régime hydrologique pouvaient expliquer en grande partie la séparation des tournées en deux grandes classes. Il a été impossible cependant de relier les différences de comportement dans le temps pour les trois groupes de station avec les données provenant des trois stations hydrométriques .

4.3.2 Alimentation

Pour l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage alimentation en eau potable, on a retenu sept paramètres reconnus importants pour cet usage de l'eau (tableau 2.1). Les paramètres sont la turbidité (TU), le pH (PH), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), le phosphore inorganique (PI), les coliformes totaux (CT) et les

coliformes fécaux (CF). D'autres paramètres importants tels que les métaux lourds ne peuvent être retenus ici, à cause de leur faible fréquence de mesure (tableau 3.6). Notons que parmi les sept paramètres retenus, quatre ont déjà été considérés dans l'usage de l'eau à des fins récréatives (TU, PH, CT et CF).

Groupes de stations

Les 3 groupes de stations déterminés pour l'usage alimentation diffèrent quelque peu des groupes obtenus pour l'usage récréation suite à l'introduction de nouveaux paramètres dans le calcul des distances entre stations. Le groupe l comprend pour l'usage alimentation une partie du tronçon Repentigny-Sorel et le tronçon du fleuve entre Québec et les iles de Sorel (figure 4.3). Le groupe 2 couvre en grande partie le tronçon compris entre la sortie du lac Saint-François et Varennes. Le troisième groupe est constitué des stations situées sur le lac des Deux-Montagnes, sur les rivières des Prairies et des Mille-Iles, sur la rive nord du lac Saint-Louis et sur le lac Saint-François. Les trois groupes comprennent respectivement 42, 38 et 32 stations.

Etude des relations entre paramètres.

Les deux premiers axes principaux expliquent respectivement 28.9 et 14.9% de la variabilité totale du nuage de points. Les quatre premiers axes expliquent 62% de la variabilité alors que les sept premiers axes en expliquent 76%. On se rend compte que la variabilité expliquée sur les premiers axes principaux pour l'alimentation est un peu plus faible en valeur relative que pour l'usage récréation à cause du plus grand nombre de paramètres retenus (7 au lieu de 4). En effet, après quatre et après sept axes, la variabilité expliquée atteignait 70 et 85% respectivement dans le cas de la récréation.

Les relations déjà observées pour l'usage récréation entre la turbidité et le pH, entre les coliformes totaux et les coliformes fécaux et entre le pH et les coliformes fécaux ressortent encore dans l'analyse. On observe, en plus, une forte relation positive entre la

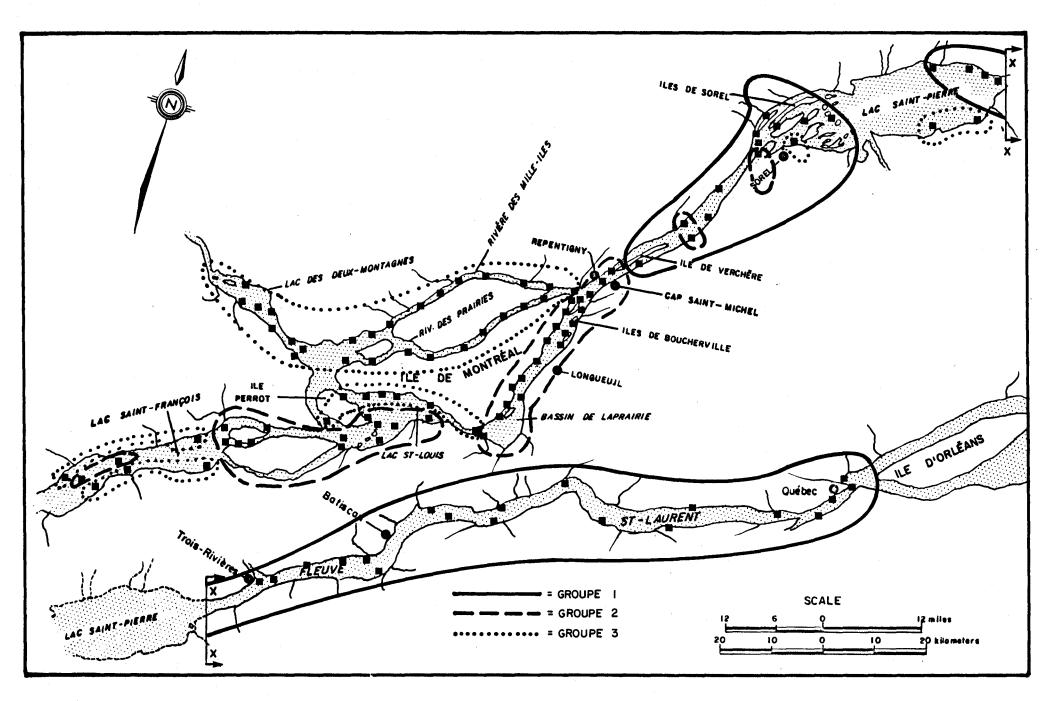


Figure 4.3 . Composition des trois groupes de stations considérés pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage alimentation .

turbidité et les nitrates et une relation positive assez forte entre le pH et le phosphore inorganique (figure B.12). Aucune relation apparente entre l'azote ammoniacal et les autres paramètres n'est observée dans le plan des axes 1 et 2.

Les classes intermédiaires de pH (PH3, PH4), d'azote ammoniacal (AM2, AM3, AM4), de coliformes totaux (CT3), de coliformes fécaux (CF3) et de phosphore inorganique (PI2, PI3) ont une mauvaise qualité de représentation sur les premiers axes principaux; en effet, après quatre axes, leur contribution relative cumulée est inférieure à 0.32 (tableau B.7).

Etude des caractéristiques de la variabilité temporelle

L'approche utilisée pour l'étude du comportement des points observations représentant les 18 tournées pour chacun des trois groupes est exactement la même que pour l'usage récréation. La hiérarchie du classement obtenu apparait à la figure B.13 et est décrite au tableau B.8. La représentation simultanée (figure B.14) dans le plan des axes 1 et 2 des points paramètres, des centres de gravité des classes et des points observations représentatifs des tournées pour l'ensemble des stations sert encore de base à l'interprétation. Les contributions relatives des axes factoriels au moment d'inertie associé aux noeuds de la hiérarchie sont données au tableau B.9. Le tableau B.10 contient les contributions relatives des points paramètres au diamètre des classes d'observations.

Le premier niveau d'interprétation, fourni par la division des observations en deux grandes classes (99 et 100) représente 26.3% de la variabilité expliquée par les sept premiers facteurs. Comme pour l'usage récréation, les deux grandes classes séparent la période d'étude en deux parties. La classe 100 comprend les 8 premières tournées A à H (3 mai au 22 juin) pour les 3 groupes tandis que la classe 99 réunit ensemble les autres tournées pour les trois groupes.

Cette division met en opposition sur l'axe l (figure B.14), les tournées avec des valeurs de turbidité et nitrate très élevées (TU5 et

NIT5 pour la classe 100) aux tournées avec des valeurs très faibles de ces deux paramètres (TUI et NIT1 pour la classe 99). Cette division oppose aussi jusqu'à un certain point les valeurs extrèmes de pH et de phosphore inorganique (PH5 et PI5 pour la classe 100, PH1 et PI1 pour la classe 99). On voit donc que par rapport à l'usage récréation, les nitrates et le phosphore inorganique viennent s'ajouter à la turbidité et au pH comme caractéristiques principales de la variabilité temporelle pour l'usage alimentation.

Le second niveau d'interprétation est constitué par la division de la classe 100 en 94 et 97 et de la classe 99 en 93 et 98 (figure B.13) et permet d'expliquer respectivement 12.9 et 8.0% de la variabilité (tableau B.8).

La division de la classe 100 (figure B.13) sur l'axe 2 (avec une composante importante sur l'axe 1) met en opposition à quelques exceptions près les tournées A à D du mois de mai pour les trois groupes de stations aux tournées E à H effectuées au mois de juin. Le passage de la classe 94 à la classe 97 (figure B.13) est dû en grande partie à une diminution dans le temps de la turbidité et des nitrates (TU5-→TU4, NIT5 → NIT4). Des valeurs faibles de coliformes totaux (CT1) jouent un rôle dans la formation de la classe 94, tandis que pour la classe 97, c'est le phosphore inorganique très faible (PI1) qui contribue à la formation de cette classe.

Les tournées de la seconde moitié de la période d'étude (classe 99) se répartissent de façon plus ou moins séquentielle dans les classes 93 et 98. Cette division est obtenue principalement sur l'axe 3 avec des composantes importantes sur l'axe 2 et sur l'axe 1 (tableau B.9). La classe 93 comprend principalement les tournées I à L (5 juillet au 11 août) pour les 3 groupes de stations tandis que la classe 98 englobe les autres tournées. Le passage de la classe 93 à 98 (figure B.13 et B.14) traduit une diminution des nitrates et de la turbidité (NIT3 → NIT1, TU2 →TU1). La classe 93 est caractérisée par des valeurs très élevées de phosphore inorganique (PI5), de coliformes totaux (CT5) et par des

valeurs très faibles d'azote ammoniacal (AMI). Par contre, la classe 98 qui représente plutôt la fin de la période d'étude accentue les caractéristiques de la classe 99. En effet, elle résulte d'une contribution très forte des valeurs très faibles de la turbidité et des nitrates (TUI et NITI) et des valeurs très élevées de pH (PH5).

On peut considérer que l'essentiel de la variabilité est expliquée en interprétant la formation des quatre classes de la partie supérieure de l'arbre hiérarchique. Il faut noter qu'à ce niveau d'interprétation, les différences de comportement dans le temps des trois groupes de stations ne sont pas encore importantes. Un nombre plus grand de paramètres chimiques considérés pour l'alimentation par rapport à la récréation explique probablement l'intérêt réduit de séparer l'ensemble des stations en trois groupes.

En résumé les caractéristiques principales de la variabilité temporelle proviennent en grande partie des variations des nitrates et de la turbidité. Le pH, le phosphore inorganique et les coliformes totaux interviennent ensuite à un degré moindre. Les coliformes fécaux ont moins d'importance dans l'étude de la variabilité temporelle pour l'alimentation qu'ils n'en avaient pour la récréation. Quant à l'azote ammoniacal, les fluctuations de nature aléatoire de ce paramètre ne jouent pas un rôle important dans la caractérisation de la variabilité temporelle.

4.3.3 Vie aquatique

L'usage vie aquatique désigne ici l'aptitude du milieu à maintenir une vie aquatique équilibrée. On a retenu neuf paramètres pour l'étude de la variabilité temporelle en considérant cette utilisation de l'eau. Ces paramètres sont le pH (PH), la turbidité (TU), l'azote organique (NG), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), l'azote inorganique (NI), la demande chimique en oxygène (DC), le phosphore inorganique (PI) et le phosphore organique (PG). D'autres paramètres sont

reconnus importants pour cet usage (tableau 2.1), mais nous avons conservé les seuls paramètres qui étaient disponibles (tableau 3.6). L'azote total et le phosphore total n'ont pas été inclus, car l'inclusion dans l'analyse de ces deux paramètres reliés fortement à l'azote inorganique et au phosphore inorganique est susceptible de donner un poids trop élevé à ce groupe de paramètres et d'affecter la qualité de l'analyse.

groupes de stations

Le regroupement des stations déterminé pour l'usage vie aquatique apparait à la figure 4.4; le regroupement est encore légèrement différent de celui obtenu pour les deux autres usages. Le groupe l'comprend un nombre réduit de stations situées dans le chenal et à la sortie du lac Saint-François, ainsi que dans la baie de Valleyfield. Le groupe 2 est constitué des stations situées dans le lac des Deux-Montagnes, sur les rivières des Prairies et des Mille-Iles et dans le lac Saint-Louis. Le troisième groupe couvre toute la section du fleuve comprise entre Québec et le bassin Laprairie, Les trois groupes comprennent respectivement 12, 40 et 60 stations. Le groupe 3 reflète donc la tendance générale de l'évôlution temporelle de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent.

Interrelations entre paramètres

Les trois premiers axes principaux expliquent 30.1, 12.6 et 10.6% de la variabilité totale du nuage de points. Les sept premiers axes expliquent 74% de la variabilité alors que les quatre premiers en expliquent 60%. La variabilité expliquée est plus faible que pour les usages récréation et alimentation à cause du plus grand nombre de paramètres retenus. Après trois axes la variabilité expliquée atteint un palier; la représentation sur ces trois axes (53.3%) donne une image assez fidèle de l'essentiel de la variabilité.

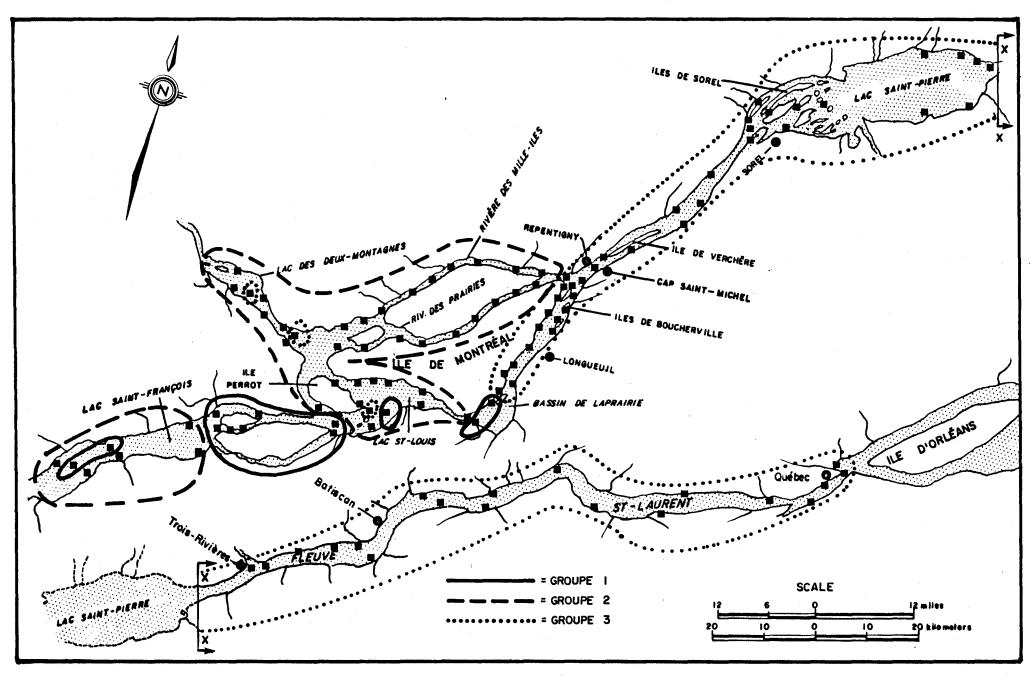


Figure 4.4 . Composition des trois groupes de stations considérés pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage vie aquatique .

L'examen des proximités entre points paramètres (figure B.17) montre une forte relation entre la turbidité, les nitrates et l'azote inorganique. La relation entre les deux premiers paramètres avait été observée pour l'usage alimentation. La relation entre les nitrates et l'azote inorganique était à prévoir puisque l'azote inorganique comprend l'azote sous forme de nitrate et d'azote ammoniacal. On remarque que l'azote organique est relié à un certain point à ces trois paramètres. La relation déjà observée pour l'usage alimentation entre le pH et le phosphore inorganique est encore apparente. Quant aux autres paramètres, tels que l'azote ammoniacal, la DCO et le phosphore organique, ils ont chacun une variation spécifique.

Les classes intermédiaires des paramètres comme le pH(PH3, PH4), l'azote organique (NG3), l'azote ammoniacal (AM3, AM4), la DCO (DC2, DC3), le phosphore inorganique (PI3) et le phosphore organique (PG2, PG3, PG4) sont encore mal représentés sur les premiers axes principaux (tableau B.11). Leur faible contribution relative(inférieure à .25 après quatre axes) indique qu'ils n'ont pas une influence déterminante dans l'étude et particulièrement dans la détermination des premiers axes principaux.

Etude des caractéristiques de la variabilité temporelle

Comme pour la récréation et l'alimentation, l'information servant à la description des caractéristiques temporelles est contenue dans une représentation par un arbre hiérarchique (figure B.18 et tableau B.12), dans une représentation dans le plan des axes principaux des points paramètres et des centres de gravité des classes (figure B.19) et dans deux tableaux: de ces deux tableaux, l'un donne les contributions des axes aux classes (tableau B.13) et l'autre, les contributions des points paramètres au diamètre des classes (tableau B.14).

Le premier niveau d'interprétation, qui représente 26.4% de la variabilité expliquée par les sept premiers axes, met en évidence les tournées du mois de mai (classe 82) pour les trois groupes de stations (A à D). Cette classe qui est opposée sur l'axe l à la classe 102, est caractérisée par des valeurs très élevées en nitrate (NIT5), azote inorganique (NI5) et en turbidité (TU5). Par conséquent, le premier niveau d'interprétation est caractérisé par une courte période de temps (mai) pour laquelle on-observe des valeurs très élevées pour 3 paramètres fortement interreliés (turbidité, nitrates et azote inorganique). La classe 102 comprend l'ensemble des tournées à l'exception de celles du mois de mai.

Au second niveau d'interprétation (19.2% d'inertie), on retrouve une séparation sur les axes 1 et 2 (figure B.19) des observations contenues dans la classe 102 en deux grandes classes (99 et 101). La classe 101 précède chronologiquement la classe 99 puisqu'elle comprend les tournées E à L (30 mai - 11 août) pour les groupes 1 et 3 ainsi que les tournées E à I (30 mai - 7 juillet pour le groupe 2). Le passage de la classe 101 à la classe 99 signifie une forte diminution dans le temps des nitrates (de NIT4 à NIT1) et de l'azote inorganique (de NI3, NI4 à NI1) et une faible diminution de la turbidité (de TU3, TU2 à TU1).

La présence de trois paramètres fortement intérreliés est encore prédominante pour expliquer les grandes caractéristiques de l'évolution temporelle. La période d'étude est maintenant séparée en trois épisodes (d'abord les tournées de mai, ensuite les tournées de juin jusqu'à mi-aout et finalement les tournées restantes) et est caractérisée par une diminution dans le temps de la concentration de ces paramètres.

En considérant un troisième niveau d'interprétation soit la division de la classe 101 en 100 et 97, de la classe 100 en 90 et 94 et de la classe 99 en 96 et 98 (figure B.18), on arrive à mettre en évidence d'autres épisodes de temps caractérisés par d'autres paramètres en plus de la turbidité, des nitrates et de l'azote inorganique.

La division de la classe 101 en 100 et 97 sépare les tournées comprises entre la mi-mai et la fin de juin aux autres tournées comprises entre la fin de juillet et la mi-août. En passant d'un épisode à l'autre, on assiste à une augmentation de la DCO et du phosphore inorganique et à une diminution de l'azote orgnique.

La division de la classe 100 en 94 et 90 représentant respectivement des tournées non séquentielles des mois de mai et juin, est le reflet au cours de cette période de temps des variations de la DCO (DC5 pour la classe 94 et DCl pour la classe 90), du pH (PHl pour la classe 94) et du phosphore inorganique(PIl pour la classe 90).

Enfin, la division de la classe 99 en 96 et 98 représentant des tournées non séquentielles pour les mois d'août et de septembre, montre l'influence des variations de pH (PH5 pour la classe 98) qui diminue ou augmente l'influence des trois paramètres dominants (NIT1, NI1, TU1) dans l'analyse.

L'étude des caractéristiques temporelles pour cet usage montre donc en premier lieu l'influence des trois paramètres, turbidité, nitrates et azote inorganique, et ensuite l'influence des cinq paramètres, pH, azote inorganique, azote ammoniacal et DCO. Quant au phosphore organique, la spécificité de sa variation lui enlève toute influence dans l'analyse.

5. ANALYSE DE LA VARIABILITE SPATIALE

Introduction

Ce chapitre porte sur l'analyse de la variabilité spatiale des paramètres pertinents aux trois usages retenus (récréation, alimentation en eau et maintien d'une vie aquatique équilibrée). La démarche utilisée est parallèle à celle utilisée lors de l'analyse de la variabilité temporelle (chapitre 4).

L'analyse proprement dite est précédée d'une phase préliminaire (section 5.1) qui consiste à:

- a) éliminer l'effet temporel en effectuant une standardisation qui ramène l'ensemble des fluctuations spatiales d'un paramètre à une même base pour les différentes tournées d'échantillonnage.
- b) vérifier la validité des données et éventuellement reconstituer les valeurs manquantes, afin de s'assurer d'une qualité d'information acceptable et compatible avec les méthodes d'analyse utilisées.

La démarche utilisée dans l'analyse (décrite à la section 5.2) procède par usage comme lors de l'analyse de la variabilité temporelle. A chaque usage, on associe les paramètres jugés importants (tableau 2.1) pour lesquels on dispose de données suffisantes (tableau 3.6). Cependant, contrairement à la démarche utilisée dans le chapitre précédent, on n'utilise pas la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) pour séparer en un certain nombre de groupes l'ensemble des 18 tournées. Cette décomposition en groupes était nécessaire pour une meilleure visualisation des résultats de l'analyse de la variabilité temporelle à cause du grand nombre de stations considérées (112); par contre, on n'a pas jugé nécessaire, dans l'analyse de la variabilité

spatiale, de décomposer les 18 tournées en groupes, car une étude sommaire a montré que les variations spatiales pouvaient être considérées globalement pour l'ensemble des tournées, sans une modification appréciable des conclusions de l'étude.

Pour chacun des 3 usages, l'analyse (section 5.3) du tableau des paramètres mesurés aux 112 stations est effectuée au moyen de l'A.F.C. La C.A.H. est ensuite appliquée aux résultats de l'A.F.C. pour déterminer des groupes de stations qui ont un comportement semblable et identifier des zones homogènes de qualité pour les usages considérés.

Dans ce chapitre, on se limite à décrire les principaux résultats obtenus; l'étude de la variabilité spatiale du groupe de paramètres associés à chaque usage est décrite de manière détaillée dans l'annexe C.

5.1 <u>Préparation des données pour l'étude</u> de la variabilité spatiale

L'étude de la variabilité spatiale d'un groupe de paramètres pour un ensemble de tournées d'échantillonnage peut difficilement se faire sans éliminer l'effet temporel contenu dans les données. C'est pourquoi on effectue une transformation qui filtre l'effet temporel spécifique à chacune des tournées.

5.1.1 Filtrage des effets temporels

Le filtrage des effets temporels est obtenu en transformant les données relatives à chaque paramètre de la façon suivante:

$$CR_{ij} = \frac{A_{ij} - M_i}{S_i}$$

 $A_{i\,j}$ est la mesure d'un paramètre à la date i et à la station j. La moyenne M_i et l'écart-type S_i sont calculés en considérant les J valeurs $A_{i,j}$ à chaque date i.

$$M_{i} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^{J} A_{ij}$$

$$S_{i} = \sqrt{\frac{\int_{j=1}^{J} (A - M)^{2}}{\int_{j=1}^{J} \frac{ij}{j}}}$$

Le recentrage, effectué en soustrayant la moyenne, permet une homogénéisation des données en enlevant l'effet spécifique à chaque tournée. La division par l'écart-type élimine l'effet d'échelle des fluctuations temporelles puisque les valeurs transformées auront toutes une variance unitaire. On s'assure donc, par ce type de standardisation, que les fortes fluctuations spatiales d'un paramètre à une date ne masquent pas les faibles variations de ce même paramètre aux autres dates.

5.1.2 Vérification de la qualité des données

Afin de s'assurer d'une qualité d'information acceptable, on a fait un décompte du nombre de valeurs centrées réduites (sur l'ensemble des 18 * 112 valeurs relatives à un paramètre) inférieures à -3 et supérieures à +3 (tableau 5.1). Les résultats de ce dénombrement montrent que tous les paramètres, à l'exception du pH et des coliformes totaux et fécaux, ont une distribution comportant des fortes valeurs (CR > 3) révélant une forte asymétrie positive. On observe un nombre relativement élevé de valeurs très fortes (Cr > 5) pour la turbidité, l'azote organique, l'azote ammoniacal, l'azote inorganique, l'azote total, le phosphore inorganique dissous et le phosphore

Tableau 5.1: Décompte du nombre de valeurs centrées réduites élevées (| CR | > 3) suivant le paramètre considéré.

	рН	turb.	Cond.	N org.	NH 4	NO 3	N.inorg.	N tot.	DC0	Colif. totaux	Colif. fécaux		P org. dis.	P total dis.
5 < CR ≤ 6	1	21	3	13	12	3	9	18	4	0	1	11	7	10
4 < CR ≤ 5	0	11	1	8	9	6	5	4	3	0	0	5	7	7
3 < CR ≤ 4	0	14	1	6	10	4	7	7	9	0	0	18	10	13
-4 < CR ≤ -3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
-5 < CR ≤ -4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-6 < CR ≤ -5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

total dissous. Les distributions différentes obtenues pour le pH et les coliformes totaux et fécaux s'expliquent par les transformations logarithmiques qu'ont subi les données. Le pH est déjà une mesure logarithmique des concentrations en ions hydrogène. Quant aux coliformes totaux et fécaux, on a transformé les données en prenant le logarithme B_{ij} des valeurs mesurées A_{ij}

$$B_{ij} = \log A_{ij}$$

On a calculé ensuite les valeurs centrées réduites:

$$CR_{ij} = \frac{B_{ij} - M_i}{S_i}$$

 $M_{\hat{i}}$ et $S_{\hat{i}}$ sont la moyenne et l'écart-type des valeurs transformées logarithmiquement du paramètre à la date i. Cette transformation était nécessaire pour ramener à une distribution à peu près normale la distribution nettement asymétrique observée pour ces deux paramètres (voir section 4.1.2).

5.1.3 Filtrage des valeurs anormales

Comme pour l'analyse de la variabilité temporelle, on a refait un centrage des données après avoir éliminé les valeurs centrées réduites en valeurs absolues supérieures à 3.

$$CR'_{ij} = \frac{A_{ij} - M_i}{S'_i}$$

avec
$$M'_{i} = \frac{1}{J}, \sum_{j=1}^{J} A_{ij}$$

$$S_{i}^{!} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{J} (A_{ij} - M_{j}^{!})^{2}}{J^{!} - 1}}$$

La moyenne M_i ' et l'écart-type S_i ' sont calculés sur l'ensemble J' des valeurs A_{ij} dont la valeur correspondante CR_{ij} en valeur absolue est inférieure à 3.

Les valeurs centrées réduites supérieures à 3 ont été ramenées à 3 afin d'éliminer l'effet d'une valeur qui pourrait être aberrante tout en ne négligeant pas le fait que l'on a mesuré une valeur élevée. On obtient donc:

$$\left|Z_{ij}\right| = \begin{cases} 3 & \text{si } \left|CR_{ij}\right| > 3\\ \min \left(3, CR_{i,j}\right) \text{ si } \left|CR_{i,j}\right| \leq 3 \end{cases}$$

5.1.4 <u>Valeurs manquantes</u>

Comme pour l'étude de la variabilité temporelle, la valeur manquante pour une station j a été reconstituée en prenant la moyenne des valeurs Z_{ij} calculées sur l'ensemble I' des dates i pour lesquelles on dispose de mesures de ce paramètre à la station j:

Valeur reconstituée:
$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^{I'} Z_{ij}}{I'}$$

La moyenne est calculée sur des fluctuations spatiales Z_{ij} standardisées, l'effet temporel spécifique à chaque date ayant été éliminé précédemment. Les valeurs reconstituées ne fournissent pas d'information supplémentaire, mais reflètent la tendance générale sur l'ensemble des dates.

Cette reconstitution est nécessaire pour l'utilisation des méthodes multivariées qui nécessitent des tableaux complets de données.

5.2 Démarche utilisée

La démarche utilisée procède par usage comme pour l'étude de la variabilité temporelle. A chaque usage, on définit parmi les paramètres jugés importants pour cet usage les K paramètres pour lesquels on dispose de données suffisantes.

Pour chacun des paramètres, la série des valeurs centrées réduites Z_{ij} pour l'ensemble des dates et des tournées (112 stations, 18 tournées) a été redécoupée en 5 classes approximativement équiprobables, d'effectif à peu près identique. Chaque valeur Z_{ij} a été ensuite codée 1 ou 0 selon l'appartenance à cette classe ou à une autre classe. On obtient ainsi, pour un usage donné, un tableau de données binaires comportant 5K colonnes correspondant aux K paramètres séparés en 5 classes et 2016 lignes correspondant aux 112 stations pour chacune des 18 dates.

On réduit ensuite le tableau des valeurs codées en sommant pour une colonne donnée les valeurs relatives aux 18 tournées pour chaque station (j = 1,...,112). On obtient ainsi un tableau de comptage de 112 lignes et 5K colonnes. Chaque ligne de ce tableau correspond, pour une station donnée, à la fréquence d'apparition de la valeur d'un paramètre dans une classe sur l'ensemble des tournées.

5.3 Etude pour chacun des usages

La démarche utilisée consiste à analyser, au moyen de l'A.F.C., la variabilité spatiale de la qualité de l'eau pour chacun des trois usages retenus. Cette technique permet de représenter simultanément dans un espace factoriel, les 5K points paramètres et les 112 points stations (chaque point station étant représentatif de l'ensemble des 18 tournées). L'examen des proximités et des éloignements entre ces différents points constitue la partie

essentielle de l'analyse de la variabilité spatiale. Cet examen est rendu plus complet (prise en considération d'un plus grand nombre d'axes factoriels) et plus objectif par l'utilisation de la C.A.H. Cette méthode permet:

- de regrouper, de façon hiérarchique, les points stations en classes de comportement semblables,
- d'interpréter la formation de ces classes en fonction des points paramètres,
- de faire ressortir les caractéristiques principales de la variabilité spatiale.

L'analyse détaillée de la variabilité spatiale est décrite dans l'annexe C; ici, nous nous limitons, pour chaque usage, à résumer les résultats
de l'analyse tout en faisant référence fréquemment au contenu des figures et
tableaux de l'annexe C. On se préoccupe de faire ressortir les principales
caractéristiques de la variabilité spatiale. Dans la présentation des résultats, on emploie des codes pour identifier les paramètres (tableau B.2) et
les stations (tableau C.1).

5.3.1 Récréation

Le groupe de paramètres considérés pour l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage récréation comprend les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), le pH (PH) et la turbidité (TU).

Étude des relations entre paramètres

Le tableau de données qui est analysé au moyen de l'A.F.C., comprend donc 20 colonnes (correspondant aux 4 paramètres séparés en 5 classes et 112 lignes). L'étude des relations entre paramètres est faite en représentant,

dans un espace factoriel les 20 points paramètres et en interprétant les similitudes de variation par l'examen des proximités et des éloignements entre les différents points.

La comparaison des trajectoires obtenues en reliant par des droites les classes des paramètres dans le plan des axes principaux 1 et 2 (figure C.1) montre, par la similitude de parcours, la présence d'une relation très forte entre les coliformes totaux et les coliformes fécaux. On distingue, en outre, une relation inverse plus faible entre la turbidité et le pH. Cependant, on constate que les valeurs très faibles de pH ne coïncident pas nécessairement avec les très fortes valeurs de turbidité, à cause de l'éloignement relatif observé entre les points PH1 et TU5.

La représentation des points dans le plan des 2 premiers axes principaux montre seulement les principales variations entre les paramètres puisque la variabilité expliquée représente seulement 51% de la variabilité totale. L'examen des contributions relatives de chacun des points paramètres (tableau C.2), montre qu'il faut un minimum de 6 axes pour obtenir une représentation suffisante (74%) de la variabilité de l'ensemble du nuage de points. Les 5 classes des coliformes totaux et fécaux sont toutes bien représentées dans cet espace à 6 dimensions; leur contribution élevée sur les premiers axes signifient que leur variation est déterminante dans l'interprétation de la variabilité spatiale. Les deux paramètres de nature plutôt physique, le pH et la turbidité, sont moins bien représentés et ont, par conséquent, une moins grande importance dans l'analyse, en raison d'une structure spatiale moins bien définie.

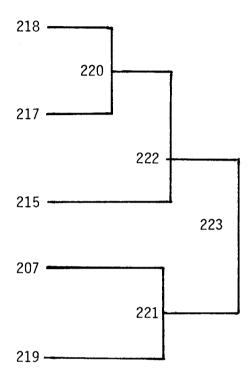
Etude des caractéristiques de la variabilité spatiale

L'A.F.C. permet de représenter simultanément les 20 points paramètres et les 112 points stations dans chaque plan factoriel. Afin d'étudier les proximités entre les points stations, on utilise la C.A.H. qui permet de regrouper, de façon hiérarchique, les points stations en classes de comportement semblables (figure C.2). Une première interprétation de la variabilité spatiale peut être faite en calculant les coordonnés des centres de gravité des classes de stations sur les premiers axes principaux (tableau C.3) et en examinant les proximités et les éloignements entre centres de gravité des classes et points paramètres (figure C.3). L'interprétation des caractéristiques des classes de stations est complétée par l'examen de deux types de contributions:

- les contributions relatives de chacun des points paramètres au diamêtre des classes (tableau C.4) permettent de déterminer l'importance de chacun des points paramètres dans la formation de chaque classe;
- les contributions relatives des axes au moment d'inertie associée aux noeuds de la hiérarchie (tableau C.5) permettent de connaître dans quelle direction les classes se subdivisent et de donner un sens physique aux axes.

De plus, l'étude des caractéristiques de la variabilité spatiale est complétée en délimitant sur la carte de la région d'étude les zones regroupant les stations obtenues à partir de la composition des 5 classes supérieures de la hiérarchie (figure C.4).

Pour faciliter la lecture de ce qui suit, on reporte ici la partie supérieure de l'arbre hiérarchique obtenu.



Les stations composant chacune des 5 classes inférieures (207, 215, 217, 218 et 219) sont indiquées sur la figure C.2.

Un premier niveau d'interprétation de la variabilité spatiale est obtenu en considérant la division de l'ensemble des stations en deux grandes classes, soit les classes 221 et 222. Cette division des stations en deux grandes classes est attribuée essentiellement à l'influence des rejets (probablement d'origine organique) de la population des villes de Montréal et de Laval sur la qualité de l'eau dans la zone située autour et en aval de ces deux villes. En effet, la classe 222 comprend principalement les stations situées sur les rivières des Prairies et des Mille-Iles, sur la rive nord du Lac Saint-Louis, dans le port de Montréal et dans le tronçon entre l'île de

Montréal et le lac Saint-Pierre (figure C.4); la classe 221 comprend les stations situées en amont de l'île de Montréal (lac Saint-François, lac des Deux-Montagnes) les stations situées sur la rive sud en face de Montréal et celles situées dans le tronçon lac Saint-Pierre - Québec sur la rive sud.

La division des stations en deux grandes classes est obtenue sur la base des valeurs faibles ou élevées des paramètres bactériologiques. En effet, toutes les stations influencées par les rejets de l'île de Montréal ont des valeurs élevées en coliformes totaux et fécaux.

En subdivisant les stations en 5 classes (218, 217, 215, 207 et 219) au lieu de deux classes, on obtient un niveau d'interprétation qui permet une caractérisation plus fine de la variabilité spatiale sur le fleuve Saint-Laurent. La subdivision de la classe 222 en 218, 217 et 215 permet de distinguer à l'intérieur de la grande zone d'influence de Montréal des souszones de qualité plus ou moins bonnes pour l'usage récréation. La classe 215, caractérisée par des valeurs extrêmes de coliformes totaux et fécaux (CT5 et CF5) forme deux sous-groupes de moins bonne qualité, l'une située dans la partie aval de la rivière des Prairies et l'autre dans le port de Montréal (figure C.4). Les sous-zones, constituées par la classe 217, sont caractérisées par des valeurs de coliformes totaux et fécaux élevées (CT4 et CF4), donc correspondant à une détérioration de la qualité. La classe 217 comprend les stations de la rivière des Mille-Iles, de la partie amont de la rivière des Prairies et de la rive nord du lac Saint-Louis. Cette classe comprend, en outre, quelques stations situées dans la région de Varennes, dans les iles de Sorel et sur la rive nord entre Trois-Rivières et Batiscan. La classe 218 se différencie de la classe 217 par des valeurs de coliformes totaux et fécaux plus faibles (CT3 et CF3) et constitue, par conséquent, des sous-zones d'une meilleure qualité pour l'usage récréation, lesquelles sont situées plutôt à la limite de la zone d'influence de Montréal. Ces souszones sont situées dans le tronçon Varennes - îles de Sorel, sur la rive nord du lac Saint-Pierre, sur la rive nord entre Batiscan et Québec (figure C.4). On trouve donc que la grande classe (222) qui correspond à la région influencée par l'île de Montréal peut se subdiviser en 3 classes correspondant à des sous-zones de qualité moins bonne sur la base des valeurs élevées de coliformes totaux et fécaux qu'on y retrouve (ces paramètres étant ceux qui ont le plus grand pouvoir explicatif de la variabilité spatiale).

En subdivisant en deux classes l'autre grande classe (221) qui regroupe les stations non influencées par Montréal, on fait ressortir d'autres souszones d'une bonne qualité pour l'usage récréation. La sous-zone formée par la classe 207 comprend le lac Saint-François et s'étend sur une partie du lac Saint-Louis (figure C.4). Cette sous-zone est d'une très bonne qualité pour l'usage récréation d'après les caractéristiques de cette classe (CT1, CF1, TU1, PH5). La classe 219 a une qualité un peu moins bonne (CT2, CF2) que celle de la classe 207; les sous-zones formées par cette classe englobent tout le lac des Deux-Montagnes, la rive sud du Saint-Laurent en face de Montréal et la rive sud du tronçon lac Saint-Pierre - Québec. On arrive donc à distinguer à l'intérieur de la région non influencée par Montréal deux classes de stations correspondant à des sous-zones de bonne qualité pour l'usage récréation, mais avec des caractéristiques différentes. Cette distinction est encore obtenue sur la base des valeurs de coliformes totaux et fécaux qu'on y retrouve, même si les valeurs très faibles de turbidité (TU1) et les valeurs très fortes de pH (PH5) interviennent dans la formation de la classe 207.

5.3.2 Alimentation

Le groupe de paramètres considérés pour l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage alimentation comprend le pH (PH), la turbidité (TU), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF) et le phosphore inorganique (PI).

Etude des relations entre paramètres

Le tableau de données qui est analysé au moyen de l'A.F.C. pour cet usage, comprend 35 colonnes correspondant aux 7 paramètres séparés en 5 classes. Comme pour l'usage récréation, l'étude des relations entre paramètres est faite en interprétant les proximités et les éloignements entre les points paramètres dans l'espace factoriel.

A partir de la comparaison des trajectoires obtenues en reliant par des droites les classes des paramètres (figure C.5), on note, à partir de la similitude des parcours, la présence d'une forte relation entre les coliformes totaux et les coliformes fécaux et d'une interrelation assez forte entre les nitrates, l'azote ammoniacal et le phosphore inorganique, ainsi qu'une relation inverse entre le pH et la turbidité. On constate encore que les valeurs très faibles de pH ne coïncident pas avec les très fortes valeurs de turbidité à cause de l'éloignement dans le ler plan factoriel entre les points PH1 et TU5.

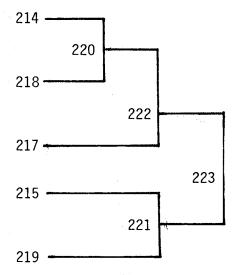
La variabilité expliquée par les 2 premiers axes est égale à 44%.

L'examen des contributions relatives de chacun des points paramètres (tableau C.6) montre qu'il faut considérer pour cet usage, un minimum de 7 axes pour obtenir une représentation satisfaisante (81%) de la variabilité de l'ensemble du nuage de points. Dans l'ordre de la qualité de la représentation, on retrouve d'abord les coliformes totaux et les coliformes fécaux, puis le pH et le phosphore inorganique et ensuite la turbidité, les nitrates et l'azote ammoniacal. Les contributions élevées des deux premiers groupes de paramètres sur les premiers axes principaux montrent l'importance des variations de ces paramètres dans l'étude des caractéristiques de la variabilité spatiale pour l'usage alimentation.

Etude des caractéristiques de la variabilité spatiale

L'approche utilisée pour l'étude des caractéristiques de la variabilité spatiale est exactement la même que celle utilisée pour l'usage récréation. On utilise la C.A.H. pour classer les stations (figure C.6); on fait une première interprétation de la formation des classes en examinant dans le plan des deux premiers axes principaux, les proximités et les éloignements entre les centres de gravité des classes et les points paramètres (figure C.7). L'interprétation est rendue plus objective et plus complète en calculant les contributions des axes au moment d'inertie des classes (tableau C.8) et les contributions des points paramètres au diamètre des classes (tableau C.9). L'étude des caractéristiques de la variabilité spatiale est complétée en délimitant sur la carte de la région d'étude les zones obtenues à partir de l'appartenance des stations aux 5 classes supérieures de la hiérarchie (figure C.8).

On reporte ici la partie supérieure de l'arbre hiérarchique.



Les stations composant chacune des 5 classes inférieures (214, 215, 217, 218 et 219) sont indiquées sur la figure C.6.

La division des stations en deux grandes classes, soit les classes 221 et 222, constitue le premier niveau d'interprétation de la variabilité spatiale. Comme pour l'usage récréation, la division des stations en deux classes met encore en évidence l'influence des villes de Montréal et de Laval sur la qualité de l'eau pour l'usage alimentation. En effet, à l'exception des îles de Sorel et de la rive nord du Lac Saint-Pierre, la classe 221 comprend toutes les stations situées autour des villes de Montréal et de Laval, soit la rive nord du lac Saint-Louis, le port de Montréal, la rivière des Prairies et la rivière des Mille-Iles (figure C.8). On retrouve dans cette grande zone les valeurs les plus élevées de coliformes totaux, de coliformes fécaux, de nitrates et de phosphore inorganique. Par conséquent, on peut en déduire que la qualité de l'eau pour l'usage alimentation est moins bonne dans cette région.

En subdivisant les stations en 5 classes au lieu de 2, on obtient un niveau d'interprétation plus fin qui permet de mieux caractériser la variabilité spatiale. La classe 219, obtenue de la subdivision de la classe 221, permet de délimiter deux zones qui sont encore plus détériorées du point de vue bactériologique. Cette classe comprend la région du port de Montréal et la partie aval de la rivière des Prairies (figure C.8) et est caractérisée par les valeurs les plus élevées de coliformes totaux et de coliformes fécaux.

L'autre classe (215) déduite de 221, est caractérisée par des valeurs très élevées de nitrates et de phosphore inorganique (NIT5, PI5), et par des

valeurs élevées de coliformes totaux et fécaux (CT4, CF4). Les zones délimitées par cette classe sont donc plutôt détériorées en raison des valeurs élevées en substances nutritives. Ces zones sont situées sur la rivière des Mille-Iles, sur la partie amont de la rivière des Prairies, sur la rive nord du lac Saint-Louis, dans les îles de Sorel et sur la rive nord du Lac Saint-Pierre.

La classe 222, qui est caractérisée par des valeurs de paramètres indiquant une bonne qualité d'eau pour l'usage alimentation, peut se subdiviser en trois classes, 214, 218 et 217, qui délimitent des sous-zones avec des caractéristiques différentes selon l'appartenance à l'une ou l'autre de ces classes de stations. La sous-zone délimitée par la classe 214 est située dans le lac des Deux-Montagnes (figure C8) et est caractérisée par des valeurs de coliformes totaux et fécaux faibles (CT1, CF1, CT2, CF2). La classe 217 est constituée de stations du lac Saint-François et du lac Saint-Louis. Cette classe est caractérisée non seulement par des valeurs faibles de coliformes totaux et fécaux (CT1, CF1) mais aussi par des valeurs faibles de turbidité (TU1) et des valeurs très élevées de pH (PH5). L'autre classe (218) comprend les stations situées dans le tronçon Varennes - Iles de Sorel et celles situées dans le tronçon entre le lac Saint-Pierre et Québec. Les points paramètres responsables de la formation de cette classe sont les valeurs intermédiaires de coliformes totaux et fécaux (CT3 et CF3). On voit donc que dans la subdivision de la grande classe qui correspond à des zones de bonne qualité pour l'usage alimentation, les paramètres bactériologiques ont encore une grande importance dans la formation des classes, ce qui n'est pas surprenant étant donné le pouvoir explicatif de ces paramètres pour l'analyse de la variabilité spatiale et leur importance pour l'interprétation des premiers axes principaux.

5.3.3 Vie aquatique

Le groupe de paramètres considérés pour l'analyse de la variabilité spatiale pour l'usage vie aquatique comprend le pH (PH), la turbidité (TU), l'azote organique (NG), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), l'azote inorganique (NI), la DCO (DC), le phosphore inorganique (PI) et le phosphore organique (PG).

Etude des relations entre paramètres

Le tableau de données qui est analysé au moyen de l'A.F.C. pour cet usage, comprend 45 colonnes correspondant aux 9 paramètres séparés en 5 classes. Comme pour les deux autres usages, l'étude des relations entre paramètres est faite en interprétant les proximités et les éloignements entre les points paramètres dans l'espace factoriel.

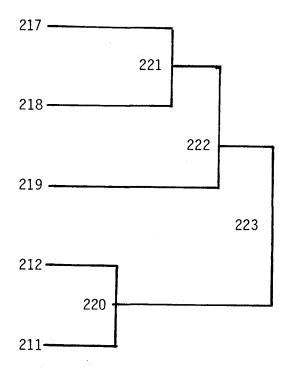
En examinant la position des points paramètres dans le plan des axes 1 et 2 (figure C.9), on observe 3 groupes de paramètres chimiques qui ont des comportements différents. Les nitrates, l'azote, l'ammoniacal, l'azote inorganique et le phosphore inorganique forment un premier groupe de paramètres fortement interreliés, sauf pour les valeurs très faibles où la relation est moins forte. Dans le deuxième groupe, on peut inclure le pH, la DCO et la turbidité. Le pH et la DCO sont inversement reliés; quant à la turbidité, ce paramètre est relié aux deux autres mais plus faiblement et varie dans le même sens que la DCO. Enfin, l'azote organique et le phosphore organique, qui forment le troisième groupe, ont chacun un comportement tout à fait particulier. Leur faible contribution relative sur les premiers axes principaux (tableau C.10) montre que leur variation n'est pas déterminante dans l'analyse et que ces paramètres n'interviendront pratiquement pas dans la caractérisation de la variabilité spatiale pour l'usage vie aquatique.

La variabilité expliquée par les 2 premiers axes principaux est égale à 46%. Il faut, pour cet usage, un minimum de 8 axes pour obtenir une représentation satisfaisante (79%) de la variabilité de l'ensemble du nuage de points. Les points paramètres les moins bien représentés correspondent aux classes intermédiaires de l'azote organique et du phosphore organique. Les caractéristiques de la variabilité spatiale pour l'usage vie aquatique refléteront donc l'importance des variations des deux premiers groupes de paramètres identifiés précédemment à cause de leurs contributions importantes sur les premiers axes principaux.

Etude des caractéristiques de la variabilité spatiale

L'approche utilisée pour l'étude des caractéristiques de la variabilité spatiale est semblable à celle utilisée pour les deux autres usages. On utilise la C.A.H. pour classer les stations (figure C.10); on interprète la formation des classes supérieures de la hiérarchie en visualisant dans le plan des axes principaux 1 et 2, les proximités et les éloignements entre les centres de gravité des classes et les points paramètres (figure C.11) et en examinant les contributions des axes au moment d'intertie des classes (tableau C.11) et les contributions des points paramètres au diamètre des classes (tableau C.12). L'étude des caractéristiques de la variabilité spatiale est complétée en délimitant sur la carte de la région d'étude les zones obtenues à partir de l'appartenance des stations aux 5 classes supérieures de la hiérarchie (figure C.12).

Pour faciliter la compréhension de ce qui suit, on reporte encore ici la partie supérieure de l'arbre hiérarchique.



Les stations composant chacune des 5 classes inférieures (211, 212, 217, 218 et 219) sont indiquées sur la figure C.8.

Au premier niveau d'interprétation, on considère la division de l'ensemble des stations en deux grandes classes, soit les classes 220 et 222. La classe 220 comprend les stations situées sur le lac Saint-François, sur la rive sud du lac Saint-Louis, dans le bassin Laprairie et dans le tronçon du Saint-Laurent entre le port de Montréal et les îles de Sorel (figure C.17). Il est donc clair que la classe 220 délimite presque toute la zone du Saint-Laurent en amont des iles de Sorel. Cette classe est caractérisée par des valeurs très faibles de DCO et de turbidité (DC1, TU1) et par des valeurs très élevées de pH (PH5). L'autre grande classe (222) comprend toutes les

stations situées sur le lac des Deux-Montagnes, la rivière des Prairies, la rivière des Mille-Iles et la rive nord du lac Saint-Louis, quelques stations dans le tronçon entre le port de Montréal et Sorel et toutes les stations des îles de Sorel jusqu'à Québec. La formation de cette classe de stations est attribuée à l'absence des paramètres caractéristiques de la classe 220 (contribution négative élevée au diamètre de la classe: tableau C.13). Pour l'usage vie aquatique, on arrive donc à distinguer deux grandes zones sur le Saint-Laurent; la zone située sur le Saint-Laurent en amont des îles de Sorel, caractérisée par des valeurs très élevées de pH et par des valeurs très faibles de turbidité et de DCO, peut être considérée plus adéquate que l'autre zone dans le cas d'un maintien d'une vie aquatique équilibrée.

A un niveau plus fin d'interprétation, on distingue la division des zones formées par la classe 222 en 3 sous-zones de caractéristiques différentes formées par les classes 217, 218 et 219.

Les zones constituées par la classe 217 sont bien délimitées dans la région d'étude: en plus des stations situées sur la rive nord du lac Saint-Pierre, cette classe comprend toutes les stations des rivières des Prairies et des Mille-Iles. On y retrouve des valeurs très élevées pour le groupe de paramètres qui comprend les nitrates, l'azote ammoniacal, l'azote inorganique et le phosphore inorganique (NIT5, AM5, NI5 et PI5).

La classe 219 délimite aussi deux zones nettement définies: le lac des Deux-Montagnes et la rive nord du tronçon lac Saint-Pierre - Québec. Cette classe est caractérisée par une DCO très élevée (DC5) et pas des valeurs très faibles de pH, d'azote inorganique et de nitrates (PH1, NI1, NIT1).

La classe 218 est moins nettement définie, elle délimite un certain nombre de zones parmi lesquelles les principales sont la rive sud du tronçon lac Saint-Pierre - Québec, les iles de Sorel et la rive nord du lac Saint-Louis. Les points paramètres caractéristiques de cette classe sont ceux représentant les valeurs intermédiaires de DCO et de pH (DC3, PH3).

On constate donc que la grande zone formée par la classe 222 et jugée d'une qualité moins bonne pour l'usage vie aquatique peut être subdivisée en trois espèces de zones avec des caractéristiques différentes. Les zones relatives à la classe 217 et comprenant les rivières des Prairies et des Mille-Iles ainsi que la rive nord du lac Saint-Pierre peuvent être considérées comme potentiellement dangereuses pour la vie aquatique à cause des valeurs élevées des composés d'azote et de phosphore. Les zones relatives à la classe 218 et localisées à différents endroits de la région d'étude peuvent être considérées comme des zones de transition à cause des valeurs intermédiaires des paramètres caractéristiques. Enfin, les 2 zones relatives à la classe 219 et comprenant le lac des Deux-Montagnes et la rive nord du tronçon lac Saint-Pierre - Québec peuvent être considérées d'une bonne qualité malgré les fortes valeurs de DCO qu'on y retrouve.

Si on pousse encore un peu plus l'interprétation, on est amené à considérer la division de l'autre grande classe (220) en deux classes, soit les classes 211 et 212. La classe 211 délimite deux zones bien définies: le lac Saint-François et la rive sud du lac Saint-Louis. L'autre classe (212) comprend un plus grand nombre de sous-zones qui sont localisées plus en aval et qui sont, pour la plupart, influencées par la ville de Montréal. La majorité des stations qu'on rencontre dans le tronçon entre le port de Montréal et les iles de Sorel sont comprises dans cette classe. La classe 211 est caractérisée par des valeurs très élevées de pH (PH5) et des valeurs très faibles de

turbidité, de nitrates et d'azote inorganique (TU1, NIT1, NI1). L'autre classe est caractérisée principalement par une DCO très faible (DC1) et un pH élevé (PH4).

Cette dernière subdivision permet donc de caractériser plus finement la grande zone délimitée par la classe 220 et regroupant la majorité des stations sur le Saint-Laurent entre le lac Saint-François et les iles de Sorel. On peut considérer que la partie amont de cette grande zone, relative à la classe 211, constitue un bon milieu pour le maintien d'une vie aquatique équilibrée à cause des faibles valeurs de turbidité, nitrate et azote inorganique. La partie aval, constituée par la classe 212, peut encore être considérée comme une zone de bonne qualité, mais avec des caractéristiques un peu différentes (DC1, PH4).

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude réalisée élabore une méthodologie transposable d'évaluation de la qualité de l'eau pour différents usages. Elle est basée essentiellement sur une évaluation de la variabilité spatiale et de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau lorsqu'on dispose, pour un usage donné, de mesures d'un certain nombre de paramètres à un grand nombre de stations et à plusieurs dates. Cette méthodologie a été appliquée sur les données acquises au cours de l'été 1976 sur le Saint-Laurent. Parmi les nombreux usages de l'eau considérés importants sur le fleuve Saint-Laurent, on a retenu trois usages, la récréation, l'alimentation en eau potable et le maintien d'une vie aquatique équilibrée. Parmi l'ensemble des paramètres considérés comme importants pour chacun de ces trois usages (tableau 2.1), 11 paramètres ont été retenus parmi ceux qui avaient été effectivement mesurés à cause de leur disponibilité et de leur pertinence (tableau 6.1). Le pH et la turbidité sont les deux seuls paramètres considérés pour les trois usages. Les coliformes totaux et les coliformes fécaux sont considérés pour la récréation et l'alimentation; l'azote ammoniacal, les nitrates et le phosphore inorganique sont considérés pour l'alimentation et la vie aquatique. Les autres paramètres (l'azote organique, le phosphore organique, l'azote inorganique et la DCO) sont considérés seulement pour l'usage vie aquatique.

Tous les paramètres importants, par rapport aux usages considérés, n'ont pas été mesurés. Par exemple, le fer et le manganèse sont importants à considérer pour l'usage alimentation (tableau 2.1) à cause des problèmes qu'ils causent aux usines de filtration et des cernes laissés sur la lessive lorsqu'on les retrouve en concentration élevée. On dispose d'un nombre relativement réduit de paramètres pour chacun des usages et parmi ces paramètres, un certain nombre sont interreliés, car ils sont, jusqu'à un certain

Tableau 6.1: Paramètres mesurés retenus pour l'étude des variabilités spatiale et temporelle de la qualité de l'eau.

Paramètres	Usages							
	récréation	alimentation	vie aquatique					
Colif. totaux Colif. fécaux pH Turbidité N-NH, N-NO, P inorg. N org. P org. N inorg. DCO	X X X X	X X X X X X	X X X X X X X					

point, dépendants de phénomènes physiques comme la variation du débit et l'augmentation de la température ou associés dans les différents rejets en provenance des populations riveraines. Ainsi, l'analyse de la variabilité spatio-temporelle de la qualité de l'eau ne fournit pas des résultats nettement différents d'un usage à l'autre à cause de la considération d'un noyau de paramètres communs aux trois usages fortement interreliés entre eux. L'introduction d'autres paramètres comme les toxiques, par exemple, aurait pu donner des résultats un peu plus différents mais nous n'avons pu utiliser que les paramètres effectivement mesurés. Il en résulte que les conclusions de cette étude sont directement dépendantes des groupes de paramètres pris en compte. De la même manière, ces conclusions, tant pour la variabilité spatiale que temporelle, sont liées à la période d'étude considérée. Néanmoins, la méthodologie élaborée ici est transposable et permet une analyse globale de la qualité de l'eau quand on considère différentes utilisations. Dans la section qui suit, on fera donc ressortir les caractéristiques de variabilité communes aux trois usages.

6.1 <u>Variabilité temporelle</u>

L'étude des caractéristiques de la variabilité temporelle, en considérant un ensemble de paramètres reliés à une utilisation de l'eau, fournit une connaissance qui permet l'interprétation des causes et de l'origine de cette variabilité. Elle fournit, notamment, une image descriptive:

- des interrelations entre paramètres, ce qui permet d'identifier la nature des phénomènes principaux qui varient dans le temps;
- de l'importance relative des variations des paramètres au cours de la période d'étude, ce qui permet d'identifier les paramètres importants à mesurer et les périodes critiques à considérer lors-qu'on étudie la qualité de l'eau en vue d'une utilisation donnée.

La connaissance de l'importance des variations des paramètres est particulièrement nécessaire lorsque la valeur de ces paramètres dépasse les critères de qualité pour un usage donné.

Dans l'optique de l'opération future d'un réseau d'acquisition visant la connaissance générale de la qualité de l'eau, l'analyse de la variabilité temporelle, pour un usage donné, facilite la rationalisation du réseau en vue du choix des paramètres à mesurer et de la fréquence de mesure à déterminer. Cette étude fournit aussi aux gestionnaires des éléments de décision pour la surveillance et le contrôle de la qualité de l'eau en identifiant les périodes critiques où la valeur de certains paramètres dépasse les critères de qualité pour un usage donné.

L'étude de la variabilité temporelle, sur un grand nombre de stations, nécessite de déterminer, au départ, des groupes de stations qui présentent une sorte de similitude d'évolution dans le temps pour un ensemble de paramètres afin de permettre une meilleure visualisation des résultats de l'analyse. La composition de chacun de ces groupes ne peut être interprétée en termes de variabilité spatiale, puisque l'effet spatial, spécifique à chaque station, a été enlevé. Pour chacun des usages, on a déterminé trois groupes de stations homogènes.

L'analyse de la variabilité temporelle n'a pas fait ressortir de différences essentielles entre les trois groupes de stations au niveau de l'interprétation des caractéristiques générales de la variabilité temporelle. Il existe donc, sur toute la région d'étude, des caractéristiques temporelles semblables que l'on retrouve sur l'ensemble des stations pour chacun des usages considérés lorsque l'effet spatial a été éliminé. Les différences régionales retrouvées dans cette analyse sont moins importantes que les fluctuations temporelles sur l'ensemble de la période d'étude, ce qui n'est pas surprenant, étant donné que l'effet spatial a été éliminé.

L'analyse de la variabilité temporelle, pour les trois usages considérés, met en évidence les groupes de paramètres dont la variabilité temporelle est relativement élevée et répartie d'une façon plus ou moins uniforme sur l'ensemble de la région d'étude. Pour la récréation, ce sont le pH et la turbidité qui sont les paramètres les plus déterminants dans l'analyse. Lors de l'étude de l'usage alimentation, les nitrates et le phosphore inorganique viennent s'ajouter au pH et à la turbidité dans la détermination des caractéristiques principales, mais ce sont la turbidité et les nitrates qui ont la plus grande importance. En ce qui concerne l'usage vie aquatique, les nitrates, l'azote inorganique et la turbidité sont les trois paramètres les plus déterminants dans l'analyse. Contrairement à ce que l'on aurait pu attendre, les deux paramètres bactériologiques (coliformes totaux et fécaux) ont une importance secondaire dans l'analyse de la variabilité de l'eau pour les usages récréation et alimentation. Les paramètres tels que l'azote ammoniacal (considéré dans les usages alimentation et vie aquatique), l'azote organique, la DCO et le phosphore organique (considérés dans l'usage vie aquatique) sont moins déterminants dans l'analyse, parce que leur variabilité est relativement faible, de nature particulière ou aléatoire.

L'étude de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau, effectuée au moyen des méthodes multivariées, a permis d'identifier les groupes de tournées qui ont des caractéristiques semblables. En considérant l'usage récréation, on distingue, en premier lieu, un regroupement des tournées en deux grandes classes, les 9 premières tournées (A à I; 3 mai au 9 juillet) et la dernière tournée (R; 26-29 septembre) se retrouvant opposées aux 8 autres tournées (J à Q; 25 juillet au 23 septembre). On retrouve sensiblement la même division des tournées en considérant l'usage alimentation, la 9ème et la 18ème tournée se retrouvant dans le second groupe cette fois-ci.

Pour la vie aquatique, la division des stations est différente, les 4 premières tournées (A à D; 3 mai au 25 mai) se retrouvant opposées aux autres tournées. On voit donc qu'il existe une certaine continuité dans les tournées pour les trois usages considérés.

En poussant l'analyse à un niveau d'interprétation plus fin, on identifie des sous-groupes de tournées à l'intérieur des deux grandes classes de tournées. Pour la récréation et l'alimentation, la classe regroupant les premières tournées se divise en deux classes comprenant chacune 4 ou 5 tournées consécutives; la classe regroupant les tournées de la seconde moitié de la période se divise également en deux groupes de tournées qui ne comprennent pas nécessairement des tournées consécutives à cause d'une plus grande fluctuation au cours de cette période.

Pour l'usage vie aquatique, l'arbre hiérarchique, montrant le regroupement des tournées en classes, est très différent de celui obtenu pour les deux autres usages. La classe regroupant les 14 dernières tournées (E à R) se divise en deux classes, l'une comprenant les tournées E à L (30 mai au 11 août), l'autre comprenant les tournées M à R (23 août au 29 septembre). A ce niveau d'interprétation, on distingue donc, pour cet usage, trois groupes de tournées consécutives.

La caractérisation de la variabilité temporelle pour chacun des usages est faite en identifiant, pour chacun des groupes ou sous-groupes de tournées, des valeurs de paramètres caractéristiques et responsables de la formation de ces groupes. Lorsqu'on considère la division des tournées en deux grandes classes, on remarque que, pour chacun des usages, les classes sont caractérisées par les valeurs très élevées des paramètres les plus déterminants dans l'analyse. Ainsi, pour la récréation, ce sont les valeurs élevées de turbidité et faibles de pH qui sont responsables du regroupement des tournées pour la première moitié de la période et les valeurs faibles de turbidité et élevées de pH pour la seconde moitié de la période (figure B.5). La subdivision en sous-classes est également caractérisée, soit par des valeurs extrêmes de paramètres qui sont un peu moins déterminants dans l'analyse

(pour la récréation (cf. figure B.5), la division de la classe 98 en 95 et 94 est obtenue sur la base des valeurs extrêmes de coliformes totaux), soit par des valeurs intermédiaires de paramètres déterminants dans l'analyse (pour la vie aquatique (cf. figure B.18), la division de la classe 101 en 100 et 97 est obtenue en partie par des valeurs intermédiaires de nitrates différentes).

Lorsqu'on parle de valeurs élevées ou faibles, il faut préciser d'abord que l'analyse de la variabilité temporelle est effectuée sur des valeurs centrées réduites (section 4.1.1). A chaque valeur mesurée à une station, on a enlevé l'effet spatial en soustrayant la moyenne et en divisant par l'écart-type des valeurs obtenues à cette station. Cette transformation a été faite pour homogénéiser les données afin de mieux faire ressortir la variabilité temporelle. Elle comporte cependant l'inconvénient qu'on ne peut associer un intervalle de valeurs à une classe de données (classe 5 par exemple). Une valeur égale à 10 mesurée à une date et une station donnée peut se retrouver dans la classe 5 alors qu'une valeur égale à 15 à cette même date et à une station différente peut se retrouver dans la classe 4 parce qu'on a soustrait à cette dernière valeur une moyenne plus élevée traduisant un effet spatial plus fort.

L'analyse de la variabilité temporelle effectuée dans cette étude est utile dans l'optique de l'opérationalisation d'un réseau d'acquisition visant la connaissance générale de la qualité de l'eau pour différents usages. Par contre, dans le cas de l'opération d'un réseau dont le but est la surveillance de la qualité de l'eau relative à différents usages, il est nécessaire de s'intéresser également aux valeurs des paramètres par rapport aux critères de qualité relatifs aux paramètres reliés aux différents usages. La connaissance de la variabilité temporelle d'un groupe de paramètres reliés à un usage permet ainsi de mieux définir le plan d'échantillonnage, de façon à obtenir des données au cours des périodes de plus grande variabilité ou dans les périodes où des valeurs critiques sont atteintes et diminuent le potentiel d'utilisation du cours d'eau.

On présente au tableau 6.2 des critères de qualité de l'eau établis récemment par Environnement Canada (1979) pour les paramètres considérés dans les trois utilisations de l'eau. Pour l'alimentation en eau, on considère des valeurs maximums acceptables et des valeurs qu'on vise comme objectif. On remarque, dans ce tableau, qu'il n'existe pratiquement pas de critères pour l'usage vie aquatique parce qu'il est difficile de définir des valeurs critiques pour une vie aquatique équilibrée à cause de la diversité des espèces d'organismes qu'on rencontre dans le milieu aquatique. Il est remarquable de constater également que les valeurs considérées comme critiques sont beaucoup plus faibles que celles qui existaient auparavant. Il n'y a pas de critères canadiens établis pour l'azote organique, le phosphore organique, l'azote inorganique et la demande chimique en oxygène.

Une comparaison des valeurs brutes des paramètres considérés a été faite avec des valeurs jugées potentiellement critiques pour certaines utilisations de l'eau (tableau 6.3). On a retenu comme valeurs critiques:

- pour le pH, les seuils inférieur et supérieur considérés comme maximums acceptables pour l'alimentation;
- pour la turbidité, les deux seuils considérés critiques pour la récréation (>50 UTJ) et pour l'alimentation (≥5 UTJ);
- pour l'azote ammoniacal et les nitrates, des seuils inférieurs au maximum acceptable pour l'alimentation;
- pour l'azote inorganique et la DCO, des valeurs jugées potentiellement critiques pour la vie aquatique;
- pour les coliformes totaux et les coliformes fécaux, des valeurs nettement supérieures aux valeurs jugées critiques pour la récréation et l'alimentation;

Tableau 6.2: Critères de qualité pour les paramètres considérés pour chacun des trois usages

	Récréation	Alimentation e	en eau potable	Vie aquatique
		Maximum acceptable	Objectif visé	
Coliformes totaux (n/100 ml)	<500	≤10	ND	•
Coliformes fécaux (n/100 ml)	<100	ND	ND	
Turbidité (UTJ)	≤50	≤5	<1	-
рН	>6 et <9	≥6.5 et ≤8.5	-	≥6.5 et ≤9.0
Azote ammoniacal (mg N/1)		≤0.5	≤0.01	-
Nitrates (mg N/l)		≤10	≤10	-
P inorganique (mg P/1)		≤.065	<.065	<.10
N organique (mg N/1)				-
P organique (mg P/1)				-
N inorganique (mg N/1)				-
DCO (mg/1)			_	-

Tableau 6.3: Pourcentage de valeurs mesurées qui dépassent les valeurs de paramètres potentiellement critiques pour certaines utilisations de l'eau.

Tournée	pH≤6.5	pH≥8.5	TU≥50 UTJ	TU≥5 UTJ	N-NH ₄ >0.1 mg/l	N-NO ₃ >0.5 mg/l	N inorg.>0.6 mg/l	DCO>11 mg/l	CT>10000 n/100 ml	CF≨5000 n/100 ml	P inorg.>0.065 mg/1
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	1.0	.0 .0 .0 2.9 1.9 1.8 1.8 .9 6.1 1.8 11.7 5.4 11.6 .9	6.9 4.8 1.3 1.9 .9 .9 .0 .0 .0	93.1 87.6 66.7 76.2 50.5 59.1 57.3 58.9 30.6 31.5 37.3 28.8 15.0 34.3 26.4	18.6 12.4 4.1 5.7 5.4 10.4 7.4 24.5 24.5 8.9 10.8 10.8 5.4 7.3	2.9 8.6 .0 1.0 .9 .0 .9 .0	3.9 7.6 .0 1.9 1.4 1.0 .9 2.0 .9 .0 .9 1.8 .0	53.5 54.3 48.0 60.4 30.6 30.4 30.3 33.6 46.9 52.7 47.7 43.2 45.5 38.2 40.0	27.8 17.5 24.7 19.8 27.5 40.7 43.1 46.8 38.5 36.9 40.5 43.9 40.9	5.2 1.9 2.7 2.9 5.8 5.6 10.3 9.1 9.6 4.5 3.7 5.5 1.8 1.9	16.7 24.8 13.3 17.1 13.0 13.6 14.5 15.5 20.8 28.6 37.8 32.4 23.2 23.6 22.7
15 16 17 18	.0 .0 .0	9.3 .0 .0	.0 .0 3.7	15.7 9.2 51.4	7.4 10.9 21.1	.0 1.8 .0	.0 .9 .0	26.8 32.1 34.9	32.8 46.5 41.1	7.0 1.0 2.8	36.1 28.2 35.2

- pour le phosphore inorganique, la valeur considérée comme maximum acceptable pour l'alimentation.

On a retenu comme valeurs critiques, pour les coliformes totaux et fécaux, des valeurs élevées (10 000 et 5 000 n/100 ml), et pour les nitrates et l'azote ammoniacal, des valeurs faibles (0.5 et 0.1 mg N/1) parce que dans le premier cas, presque toutes les valeurs dépassaient les critères établis pour la récréation et l'alimentation, et dans le second cas, toutes les valeurs étaient inférieures aux critères établis comme maximums acceptables pour l'alimentation.

L'examen du tableau 6.3 fait ressortir les points suivants:

- on retrouve des paramètres dont la majorité des mesures, pendant toute la période d'étude, ont des valeurs supérieures aux valeurs critiques quelle que soit l'utilisation de l'eau considérée (par exemple les coliformes totaux et les coliformes fécaux). On retrouve l'inverse pour d'autres paramètres comme les nitrates par exemple.
- on distingue des périodes critiques où les valeurs des paramètres deviennent élevées et dépassent beaucoup ou légèrement les critères de qualité selon l'usage considéré (par exemple, les quatre premières tournées pour la turbidité).
- les pourcentages de dépassement présentés montrent l'ordre de grandeur des valeurs de certains paramètres lorsqu'on parle de valeurs élevées. Ainsi, pour le pH, on s'attend à retrouver dans la classe 5, la majorité des valeurs de pH supérieures à 8.5.
- l'évolution dans le temps du pourcentage de dépassement est concordante avec l'évolution dans le temps du rang moyen des classes présenté précédemment (figures B.1, B.10 et B.15). On distingue une

diminution de la turbidité, des nitrates et de l'azote inorganique et une augmentation du pH au cours de la période d'étude. Au milieu de la période, on distingue une augmentation de l'azote ammoniacal, des coliformes totaux et des coliformes fécaux. Quant à la DCO et au phosphore inorganique, une diminution dans le temps pour le premier paramètre et une augmentation pour l'autre paramètre existent mais sont moins apparentes.

On voit ainsi que pour l'usage récréation, les paramètres bactériologiques, malgré une moindre influence dans la détermination des caractéristiques de la variabilité temporelle, sont importants à considérer à cause des valeurs élevées qu'ils ont au cours de toute la période et spécialement au milieu de la période d'étude. Le pourcentage de dépassement de valeurs critiques pour le pH et la turbidité sont beaucoup plus faibles. De même, pour l'usage alimentation, les nitrates, malgré leur grande influence dans la description de la variabilité temporelle, ont des valeurs inférieures au seuil critique et présentent moins d'intérêt dans l'optique d'un réseau de surveillance. Pour l'usage vie aquatique, l'absence de critères de qualité nous empêche de tenir compte de cet aspect de l'étude.

Dans la formulation des recommandations en vue de l'implantation du futur réseau qui vise essentiellement la surveillance de la qualité de l'eau, on tiendra compte, dans la détermination d'une fréquence souhaitable de mesure, de la variabilité temporelle des paramètres et de l'importance de leur niveau de concentration pour un usage donné.

6.2 Variabilité spatiale

La caractérisation de la variabilité spatiale a été effectuée de façon analogue à celle de la variabilité temporelle. On a procédé par usage en considérant les mêmes ensembles de paramètres reliés à chacun des trois usages. Comme pour l'analyse de la variabilité temporelle, cette analyse fournit une image descriptive:

- des interrelations entre paramètres, ce qui permet d'identifier la nature des phénomènes principaux qui varient sur la région d'étude;
- de l'importance relative des variations des paramètres d'une région à une autre, ce qui permet d'identifier les paramètres importants à mesurer et les zones critiques à échantillonner lorsqu'on étudie la qualité de l'eau en vue d'une utilisation donnée.

Cette analyse permet en plus de déterminer dans une vaste région des zones homogènes de qualité pour un usage donné.

Comme pour l'étude de la variabilité temporelle, cette étude, dans l'optique de l'opération future d'un réseau visant la connaissance générale de la qualité de l'eau, facilite la rationalisation du réseau en vue du choix des paramètres à mesurer et de la densité des stations à maintenir. On peut, par exemple, réduire la densité des stations à l'intérieur d'une zone homogène sans perte appréciable d'information. Cette étude fournit aussi aux gestionnaires des éléments de décision pour la surveillance et le contrôle de la qualité de l'eau en identifiant les zones de mauvaise qualité pour un usage donné. En effet, lorsque la variation de certains paramètres est élevée et que la valeur de ces paramètres dépasse les critères de qualité pour un usage donné, il peut être nécessaire d'augmenter la densité des stations à l'intérieur de cette zone pour mieux identifier les causes et l'origine de cette variabilité élevée.

L'analyse de la variabilité spatiale, pour les trois usages considérés, met en évidence les groupes de paramètres dont la variation spatiale est relativement élevée pendant toute la période d'étude. Pour les usages récréation et alimentation, ce sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux qui sont les paramètres les plus déterminants dans les deux analyses. Pour la récréation, le pH et la turbidité prennent une importance secondaire dans l'analyse de la variabilité spatiale, indiquant qu'ils ont une structure

spatiale moins nettement définie que pour les deux autres paramètres. En ce qui concerne l'usage alimentation, on retrouve comme paramètres qui ont une importance secondaire dans l'analyse, d'abord le pH et le phosphore inorganique et ensuite la turbidité, les nitrates et l'azote ammoniacal. L'analyse de la variabilité spatiale, pour l'usage vie aquatique, fait ressortir l'importance de certains paramètres classés comme substances nutritives tels que les nitrates, l'azote ammoniacal, l'azote inorganique et le phosphore inorganique. Le pH, la DCO et la turbidité interviennent aussi dans l'analyse avec une assez grande importance. Quant à l'azote organique et au phosphore organique considérés dans cet usage, leur importance dans la détermination des caractéristiques spatiales est minime, soit parce que leur variabilité est faible ou qu'elle est de nature aléatoire.

L'analyse de la variabilité spatiale faite au moyen de l'utilisation conjointe de l'A.F.C. et de la C.A.H. permet de faire des regroupements de stations en classes, de les ordonner de façon à visualiser la hiérarchie du classement et de caractériser chacune des classes par des valeurs de paramètres caractéristiques. Un premier niveau d'interprétation considère pour chacun des usages la division des stations en deux grandes classes. A ce niveau d'interprétation, on fait ressortir, pour la récréation et pour l'alimentation, l'influence des rejets de la ville de Montréal et des villes environnantes sur la qualité de l'eau. On retrouve, en effet, dans une classe, toutes les stations situées en amont de Montréal (lac Saint-François, lac des Deux-Montagnes, rive sud du lac Saint-Louis) ainsi que la majorité des stations situées en aval du lac Saint-Pierre et dans l'autre classe, toutes les stations situées autour des villes de Montréal et de Laval et la majorité des stations situées entre Varennes et le lac Saint-Pierre. La division des stations en deux grandes classes est obtenue sur la base des valeurs faibles ou élevées des paramètres bactériologiques qui sont des paramètres déterminants dans l'analyse. Toutes les stations influencées par les rejets de Montréal et des villes environnantes ont des valeurs élevées en coliformes totaux et fécaux (figures C.2 et C.6). Pour l'usage vie aquatique, la division des stations en deux grandes classes est quelque peu différente. On retrouve

dans une classe presque toutes les stations situées sur le Saint-Laurent entre le lac Saint-François et les iles de Sorel. Les stations situées dans le lac des Deux-Montagnes, sur les rivières des Mille-Iles et des Prairies et les stations situées entre les iles de Sorel et Québec forment l'autre grande classe. Cette division est obtenue sur la base des valeurs élevées de pH et faibles de DCO et de turbidité pour la seconde classe (figure C.10).

En considérant la division des stations en 5 classes au lieu de deux, on obtient pour chacun des usages un niveau plus fin d'interprétation qui permet l'identification de zones homogènes de qualité dans la région d'étude. Afin de comparer les différences dans les caractéristiques spatiales pour chacun des usages, on a séparé la région d'étude en un certain nombre (17) de zones selon leur appartenance à l'un des 5 groupes de stations (tableau 6.4). Pour chacun des usages, les 5 classes de stations sont identifiées par un code (A à E); la nouvelle appellation des groupes tient compte, autant que possible, des caractéristiques semblables pour chacun des usages. Ainsi, la lettre A est réservée au groupe caractérisé par des valeurs faibles des paramètres déterminants dans l'analyse.

Ce tableau permet une description rapide et synthétique de la variabilité spatiale de la qualité de l'eau du Saint-Laurent selon les trois usages considérés. A première vue, on distingue une similitude de variabilité spatiale de la qualité de l'eau selon qu'on considère l'usage récréation ou alimentation. Cette similitude découle essentiellement du fait que les 4 paramètres considérés pour la récréation font partie des 7 paramètres considérés pour l'alimentation et que dans les deux analyses les coliformes totaux et les coliformes fécaux ont une variabilité déterminante. La considération de certains autres paramètres, toxiques par exemple, (qui n'avaient pas été mesurés en 1976) pourrait sans doute amener une discrimination entre ces usages. Pour ces deux usages, les zones sont déterminées sur la base des valeurs plus ou moins élevées de coliformes totaux et coliformes fécaux. Pour la vie aquatique, l'évolution de la variabilité spatiale diffère de celle observée pour les deux autres usages à cause du comportement différent des paramètres considérés dans cet usage.

Tableau 6.4: Répartition des zones homogènes dans la région d'étude selon les groupes de stations obtenus dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant chacun des trois usages de l'eau.

zones sur la région d'étude	récréation	alimentation	vie aquatique
lac Saint-François	А	А	А
lac des Deux-Montagnes	В	В	С
rivière des Mille-Iles	D	D ·	E
rivière des Prairies (amont)	D .	D	Ε
rivière des Prairies (aval)	. Е	E	E
lac Saint-Louis (rive nord)	D	D	D
lac Saint-Louis (rive sud)	В	A	А
lac Saint-Louis (ile Perrot)	Α	A	variable
port de Montréal	· E	E ·	B-D
rapides de Lachine - Cap			0.0
St-Michel (rive sud)	variable	variable	B-D
Repentigny - Sorel	0	0	B-D
iles de Sorel	, D	ת	D E
lac Saint-Pierre (rive nord)	C	U	Ľ.
lac Saint-Pierre - Québec (rive sud)	В	r	D
Trois-Rivières - Batiscan	. ע	·	U
(rive nord)	D	C	С
Batiscan - Québec (rive nord)	Č	č	C-D
Québec	Ċ	Č	D

Explications des codes utilisés pour les classes de stations (les codes l à 5 pour les paramètres sont relatifs à la valeur des paramètres de faible à élevée).

usage	code	classe	paramètres caractéristiques
Récréation	A	207	TU1, CT1, CF1, PH5
	B	219	CT2, CF2
	C	218	CT3, CF3
	D	217	CT4, CF4
	E	215	CT5, CF5
Alimentation	A	217	CF1, CT1, PH5, TU1
	B	214	CF2, CT2, CF1, CT1
	C	218	CF3, CT3
	D	215	CF4, CT4, NIT5, PI5
	E	219	CF5, CT5
Vie aquatique	A	211	PH5, TU1, NIT1, NI1
	B	212	DC1, PH4
	C	219	DC5, PH1, NIT1, NI1
	D	218	PH3, DC3
	E	217	NI5, PI5, NIT5, AM5

L'examen du tableau 6.4 montre que, pour chacun des trois usages, on distingue des zones homogènes bien délimitées géographiquement; ces zones peuvent être de bonne qualité (lac Saint-François) ou de mauvaise qualité (rivières des Prairies et des Mille-Iles). La présence de ces zones homogènes montre qu'il est possible de réduire le nombre de stations à certains endroits sans perte appréciable d'information sur la variabilité spatiale. Par contre, on observe que, sur un tronçon du Saint-Laurent relativement court (entre le lac Saint-Louis et Varennes), la qualité change rapidement d'un endroit à un autre, peu importe l'usage considéré. A cause de l'effet combiné des apports de Montréal et de la dilution par les eaux du Saint-Laurent, il peut être nécessaire d'augmenter la densité des stations à certains endroits pour connaître les causes et l'origine de cette variabilité. Cette étude, dans l'optique de l'opérationalisation d'un réseau visant la connaissance générale de la qualité de l'eau, facilite donc sa rationalisation.

Afin de mieux quantifier la notion de valeurs élevées ou faibles pour les paramètres considérés pour chaque usage, on a calculé, comme lors de la synthèse de la variabilité temporelle (section 6.1), les pourcentages de valeurs mesurées qui dépassent les valeurs jugées critiques pour certaines utilisations de l'eau (tableau 6.5). Ces pourcentages de dépassement ont été calculés pour chacun des groupes de stations et pour chacune des trois utilisations de l'eau.

A partir de l'examen de ce tableau, on peut mieux préciser la notion de zones de bonne qualité ou de mauvaise qualité pour un usage donné et identifier dans les zones détériorées certains paramètres responsables de cette détérioration. Si l'on considère d'abord l'usage récréation, toutes les zones seraient de bonne qualité en examinant uniquement les dépassements de critères pour le pH et la turbidité, bien que le groupe A ait un pourcentage élevé de valeurs de pH plus grandes que 8.5. Cependant, ces valeurs élevées de pH ne causent pas un problème qui limite l'utilisation de l'eau dans ces zones, car un examen des valeurs brutes a révélé que dans ce groupe

Tableau 6.5: Pourcentage de valeurs mesurées des paramètres qui dépassent des valeurs potentiellement critiques pour chacune des 3 utilisations de 1'eau retenues.

	code	classe	pH≤6.5	pH≥8.5	TU≥50 UTJ	TU≥5 UTJ	N-NH ₄ >0.1 mg/l	N-NO ₃ >0.5 mg/l	N inorg.>0.6 mg/l	DCO>11 mg/1	CT>10000 n/100 ml	CF>5000 n/100 ml	P inorg.>0.065 mg/l
	Α	207	.0	16.9	1.2	19.5					1.9	.0	
E	В	219	.0	4.3	1.5	49.9					3.1	.2	
ati	С	218	.3	1.3	3.9	64.2		[19.0	1.2	
Récréation	D	217	.7	.7	.0	47.2					62.6	2.3	
8	E	215	2.1	.4	1.1	39.4					85.7	19.9	
	Α	217	.0	14.6	.8	16.5	5.3	.8	.8		2.0	.0	3.6
ioi	В	214	.0	2.9	2.1	58.6	6.8	.4	.4		4.1	.3	6.9
Alimentation	С	218	1.1	.7	.4	58.9	.7	1.1	.5		19.8	.8	5.6
шеш	D	215	.9	1.5	4.0	59.2	17.8	2.1	3.1		54.2	2.7	49.4
Ali	Ε	219	.3	.0	.0	37.2	29.1	.0	2.1		81.3	17.5	36.5
a	Α	211	.0	22.4	.8	19.0	4.1	.9	.9	5.6			3.6
į	В	219	2.1	2.6	2.1	57.3	6.1	1.4	2.0	87.5		·	9.0
aquatique	С	218	.0	1.2	.4	59.1	12.8	1.0	1.6	33.6			27.0
i	D	212	.0	.7	.2	30.0	4.0	.5	.3	3.0			6.7
Vie	E	217	.6	0	4.8	55.6	30.6	1.3	2.6	82.6			59.4

presque toutes les valeurs de pH sont inférieures au critère établi (9.0) pour la récréation. Par contre, si on examine les dépassements de critères pour les coliformes totaux et les coliformes fécaux, on se rend compte que les valeurs élevées rencontrées dans les zones dont les stations appartiennent aux groupes E et D limitent le potentiel récréatif de ces zones. On peut procéder de la même manière pour l'usage alimentation. On constate, encore une fois, que les groupes E et D sont relatifs à des zones détériorées; on y retrouve non seulement des valeurs élevées pour les coliformes totaux et fécaux, mais aussi pour l'azote ammoniacal et le phosphore inorganique. Une turbidité élevée (>5 UTJ) cause certains problèmes d'utilisation de l'eau pour l'ensemble des groupes et spécialement pour les groupes B, C et D, tandis qu'un pH élevé limite un peu l'utilisation de l'eau pour le groupe A. Enfin, si on considère l'usage vie aquatique, l'absence de critères établis pour la majorité des paramètres (tableau 6.2) nuit à l'utilisation de pourcentages de dépassement pour préciser la notion de zones de bonne qualité ou détériorées. Toutefois, on peut considérer que le groupe E est relatif à des zones détériorées en raison des valeurs élevées de phosphore inorganique et d'azote inorganique qui augmentent l'eutrophisation du milieu, de turbidité qui diminue la productivité en limitant la photosynthèse et de DCO qui affecte la survie des organismes aquatiques. valeurs élevées de pH pour le groupe A, de phosphore inorganique pour le groupe C, de turbidité pour les groupes B et C, de DCO pour le groupe B peuvent limiter l'utilisation de l'eau pour le maintien d'une vie aquatique équilibrée dans les zones formées par ces groupes. Les groupes D et A constituent ainsi les zones de meilleure qualité pour l'usage vie aquatique.

Le fait d'attribuer à des zones une qualité d'eau plus ou moins bonne pour une utilisation a une incidence sur la rationalisation d'un réseau qui vise la surveillance de la qualité de l'eau. Dans la formulation des recommandations, on tiendra compte de cet aspect dans le choix des paramètres et dans la densité de stations à opérer. Il peut être nécessaire d'augmenter la densité de stations dans une zone détériorée afin de mieux localiser les sources de pollution qui sont à l'origine de cette mauvaise qualité. De plus, on peut

négliger de mesurer certains paramètres dont le niveau de concentration est toujours inférieur aux critères établis pour différents usages, malgré une variabilité importante.

6.3 Recommandations

L'objet de l'étude était la mise au point d'une méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau et la description de cette qualité à partir de données acquises. Il est cependant intéressant, suite aux conclusions de l'étude, d'indiquer quelques recommandations qui peuvent être utiles pour la planification rationnelle du réseau d'acquisition de données tant pour la connaissance que pour la surveillance de la qualité de l'eau.

Ces recommandations, dans le cadre de la méthodologie élaborée, découlent donc directement des conclusions obtenues précédemment et tiennent compte du plan d'échantillonnage qui a permis l'obtention des données de l'étude (paramètres, fréquence de mesure, durée d'échantillonnage, densité du réseau).

Les recommandations effectuées ici ne peuvent être que d'ordre général et de nature qualitative, car l'élaboration précise d'un plan d'échantillonnage doit prendre en compte des contraintes de ressources humaines, financières et logistiques et ne peut être effectuée qu'avec les gestionnaires des services gouvernementaux. Ici nous voulons dégager seulement, suite à l'étude globale effectuée, les lignes de force d'un plan d'échantillonnage permettant la connaissance et la surveillance de la qualité de l'eau.

Paramètres

En comparant la liste des paramètres et l'évaluation de leur importance (tableau 2.1) avec la liste des paramètres qui ont été retenus dans l'étude (tableau 6.1), on constate qu'un nombre élevé de paramètres reconnus très importants pour les usages de l'eau n'ont pas été considérés, car ils étaient, soit non mesurés du tout, soit mesurés insuffisamment.

Pour l'usage alimentation, des paramètres comme la couleur, les solides en suspension, le fer, le manganèse et certains toxiques (phénols, cadmium, plomb, nickel, chrome, mercure, zinc, pesticides, insectides ...) sont très importants et devraient être mesurés. En ce qui concerne la vie aquatique, l'oxygène dissous et certains paramètres biologiques comme la chlorophylle, l'ATP, la productivité, sont importants à mesurer.

Parmi le petit nombre de paramètres considérés dans l'étude de la variabilité spatio-temporelle, on peut recommander, pour l'établissement d'un réseau de surveillance, l'élimination de deux paramètres, l'azote organique et le phosphore organique, parce que ces deux paramètres ont une variabilité spatiale et temporelle de nature plutôt aléatoire et que leur niveau de concentration ne dépasse aucun critère de qualité pour les trois usages de l'eau considérés.

Fréquence de mesure et durée d'échantillonnage

Si l'on considère les paramètres effectivement mesurés, la fréquence de mesure et la durée d'échantillonnage ont permis d'obtenir une bonne connaissance de la variabilité spatio-temporelle dans l'optique de la maintenance d'un réseau de connaissance de la qualité de l'eau. La fréquence hebdomadaire d'analyse pourrait cependant être réduite (aux deux semaines par exemple) au cours de la première moitié de la période d'étude (3 mai au 5 juillet), car la variabilité de l'ensemble des paramètres est moins grande qu'au cours de la seconde moitié de la période d'étude (27 juillet au 27 septembre).

Dans l'optique de l'établissement d'un réseau de surveillance de la qualité de l'eau, il est important de définir les périodes critiques durant lesquelles les paramètres ont une variabilité très élevée et prennent des valeurs qui dépassent les critères de qualité établis pour les utilisations de l'eau. Puisque la période d'étude s'étend seulement de mai à septembre, l'étude ne permet pas de porter de jugement sur des périodes critiques autres que celles de la période estivale. La mesure des paramètres importants peut être faite sur une base annuelle avec une fréquence plus élevée durant les périodes critiques. On peut penser à une fréquence mensuelle durant l'année et hebdomadaire durant des périodes critiques comme le mois de mai pour la turbidité et le mois de juillet pour les paramètres bactériologiques.

En ce qui concerne les paramètres qui n'avaient pas été mesurés, il est difficile de faire des recommandations très précises. Il est primordial, pour les paramètres jugés importants et non mesurés, d'acquérir une connaissance du niveau de concentration et de la variabilité de ces paramètres sur une base annuelle. La fréquence de mesure suffisante pour acquérir cette connaissance pourrait être mensuelle et devenir hebdomadaire au cours de périodes jugées critiques. Suite à cette acquisition de connaissance, l'analyse permettra d'identifier les paramètres dont la variabilité temporelle est élevée, d'étudier les dépassements de normes et éventuellement d'apporter des solutions à des problèmes pratiques concernant les diverses utilisations de l'eau. Cette démarche permettra ainsi de planifier un réseau de surveillance adapté aux véritables utilisations du milieu.

Densité du réseau

En ce qui concerne les paramètres mesurés, le réseau actuel a une densité suffisamment élevée pour permettre une bonne connaissance de la variabilité spatiale. Le nombre de stations peut facilement être réduit par un facteur 2 et même 3 dans les diverses zones homogènes, sans perte d'information appréciable. Par exemple, dans une zone homogène comme celle comprise dans le lac des Deux-Montagnes, le nombre de stations pourrait facilement passer de 11 à 5. Par contre, dans certaines zones non homogènes, comme la rive sud en face du port de Montréal, il est préférable de conserver ou même d'accroître la densité de stations à cause de la grande variabilité observée.

Dans l'optique de l'établissement d'un réseau de surveillance, il est absolument essentiel de maintenir une densité de stations plus grande dans les régions où on retrouve des valeurs de paramètres qui dépassent les critères de qualité pour les diverses utilisations de l'eau. Par exemple, la densité des stations doit rester plus élevée dans la région de Montréal que dans le tronçon du fleuve entre le lac Saint-Pierre et Québec. Egalement, il est préférable de conserver la même densité de stations dans les zones

appartenant aux classes codées D ou E (tableau 6.5) à cause des valeurs élevées mesurées pour certains paramètres comme la turbidité, les coliformes totaux et fécaux, l'azote et le phosphore inorganique.

Quant aux paramètres qui n'avaient pas été mesurés, les recommandations sont générales comme pour la fréquence et s'appuient sur la logique de l'échantillonnage. On peut recommander d'utiliser l'information à priori disponible sur ces paramètres, en particulier les relations potentielles avec des paramètres connus et la connaissance à priori du niveau de concentration à partir des activités d'origine anthropique. L'utilisation de cette information permet d'éviter d'établir une densité d'échantillonnage systématique très coûteuse et apportant peu d'informations. L'analyse de ces données obtenues permettra d'en arriver à des conclusions plus précises pour l'établissement d'un réseau de surveillance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GOUIN, D. et MALO, M. (1977). Etude de la qualité générale de l'eau. Comité d'Etude sur le fleuve Saint-Laurent. Services de Protection de l'Environnement du Québec, Rapport technique No 11, 361 pages.

ENVIRONNEMENT-CANADA (1979). Water quality sourcebook: A guide to water quality parameters. Inland Waters Directorate. Water Quality Branch. 89 pages.

LE FOLL, Y. et MENEAU, J.C. (1978). Exploitation et interprétation des résultats de l'inventaire 1976 du degré de pollution des eaux superficielles dans le bassin Seine-Normandie et comparaison des inventaires 1971 et 1976. Agence Financiaire de bassin Seine-Normandie. Rapport technique. 44 pages.

TESSIER, A., BOBEE, B., CAMPBELL, P.G.C., VILLENEUVE, J.P., LACHANCE, M. et ROBITAILLE, R. (1976)
Analyse des données de qualité concernant les rives et les bilans de substances nutritives dans le fleuve Saint-Laurent. INRS-Eau, rapport scientifique No 19, 117 pages, 7 annexes (pour les Services de Protection de l'Environnement du Québec).

METHODOLOGIE D'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'EAU POUR DIFFERENTS USAGES. ANNEXE

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 89

Rapport rédigé pour Environnement Canada

par

B. Bobée, P. Boucher, D. Cluis, M. Lachance, A. Tessier

INRS-Eau Université du Québec C.P. 7500 Ste-Foy, Québec G1V 4C7

$\mathsf{A}\ \mathsf{N}\ \mathsf{N}\ \mathsf{E}\ \mathsf{X}\ \mathsf{E}\quad \mathsf{A}$

METHODES THEORIQUES

			1

TABLE DES MATIERES

		PAGE
A.1	Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.)	Al
A.2	Classification ascendante hiérarchique (C.A.H.)	A10
BIBLIO	GRAPHIE	A16

ANNEXE A:

METHODES THEORIQUES

La description de grands tableaux de données de qualité de l'eau en vue de caractériser les variabilités spatiale et temporelle nécessite l'utilisation de méthodes très générales. Les méthodes multidimensionnelles utilisées dans cette étude, l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) et la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.), permettent de décrire ces grands tableaux de données et de faire ressortir les similitudes de comportement de groupes de stations, de paramètres ou de dates d'échantillonnage suivant la constitution du tableau initial.

A.1 Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.)

La méthode d'analyse factorielle des correspondances développée par Benzécri (1973) est un outil mathématique utilisé de plus en plus pour l'analyse de grands tableaux de données. Dans l'analyse, on considère un tableau de nombres positifs comprenant n lignes et p colonnes, \mathbf{x}_{ij} étant un élément du tableau. Ce tableau peut, par exemple correspondre à un ensemble d'observations de différents paramètres chimiques, \mathbf{x}_{ij} représentant alors l'observation i du paramètre j. La description d'un tel tableau en montrant des similitudes de paramètres ou d'observations ne peut se faire sans la définition d'une distance entre observations ou paramètres permettant d'observer ces similitudes. Puisque les paramètres mesurés sont souvent d'ordres de grandeur différents, on est amené à faire subir une transformation au tableau des données afin de résoudre le problème d'échelle et obtenir une stabilité dans l'analyse. C'est pourquoi, dans l'A.F.C. on calcule:

la somme de chacune des lignes
$$x_j = \sum_{i=1}^{n} x_{i,j}$$

- la somme de chacune des colonnes

$$x_{i} = \sum_{j=1}^{p} x_{ij}$$

- la somme de tous les éléments du tableau $x = \sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{j=1}^{p} x_j$

Chacun des éléments du tableau est alors transformé:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{x}$$

La somme des lignes x_i et la somme des colonnes x_j sont transformées et l'on obtient

$$P_i = \frac{x_i}{x} = \frac{x_j}{x}$$

Dans certains ouvrages (Lebart et Fenelon, 1973 par exemple) on différencie les caractéristiques P_i et x_i relatives aux lignes i en les notant (P_i et x_i) des caractéristiques relatives aux colonnes j en les notant (P_j et x_j). Ici, puisqu'il ne peut y avoir de confusion, on conserve P_i , x_i , P_i et x_j .

On a le choix, pour raisonner, de se placer dans l'espace des paramètres ou dans celui des observations. On se place dans l'espace des paramètres à p dimensions (R^p) dans lequel se retrouvent les n points observations.

$$\sum_{j=1}^{p} \frac{P_{ij}}{P_{i}} = 1$$
 (i = 1,2,...n)

Les distances entre deux points observations i et i' sont notées:

$$d^{2}(i,i') = \sum_{j=1}^{p} \left(\frac{P_{ij}}{P_{i}} - \frac{P_{i'j}}{P_{i'}}\right)^{2}$$

Si pour une coordonnée (par exemple la troisième), les valeurs absolues des chiffres sont grandes, leur différence peut être grande. Dans la somme des carrés des différences pour obtenir la distance d^2 , le terme correspondant $(P_{i3}/P_i-P_{i'3}/P_{i'})^2$ sera prépondérant et jouera alors un rôle excessif dans l'analyse.

Pour atténuer ces disparités, on utilise une expression pondérée pour obtenir \mathbf{d}^2 :

$$d^{2}(i,i') = \sum_{j=1}^{p} \frac{1}{p_{j}} \left(\frac{P_{i}j}{P_{i}} - \frac{P_{i}'j}{P_{i}'}\right)^{2}$$
 (1)

d² (i,i') peut aussi prendre la forme:

$$d^{2}(i,i') = \sum_{j=1}^{p} \left(\frac{P_{ij}}{P_{i} \sqrt{P_{j}}} - \frac{P_{i'j}}{P_{i'} \sqrt{P_{j}}} \right)^{2}$$

Cette dernière relation définit la distance dite du χ^2 entre deux points observations i et i'. Elle est équivalente à une distance euclidienne entre deux points observations, les coordonnées du point i étant

$$P_{ij}/P_{i}\sqrt{P_{j}}$$
 (j=1,2,.p)

La recherche des axes principaux d'un nuage de points consiste à trouver un ensemble de droites orthogonales deux à deux telles que les projections des distances entre les couples de points sur ces droites sont maximums. On peut montrer (Lebart et Fenelon, 1973) que dans l'A.F.C., la recherche des axes principaux du nuage des n points i conduit à diagonaliser une matrice S=R'R après avoir avoir défini r_{ij} , terme général de la matrice R, de la façon

suivante:

$$r_{ij} = \frac{P_{ij} - P_{i} P_{j}}{\sqrt{P_{i} P_{j}}}$$

Ce qui donne:

$$S_{jk} = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{ij} P_{ik}}{P_{i} \sqrt{P_{j} P_{k}}} \qquad {j \choose k} = 1, 2, ...p$$

Si on pose u_{α} , le vecteur unitaire d'ordre α de la matrice S avec comme composantes $u_{j\alpha}$ (j=1,2, ...p), la projection du point i sur l'axe factoriel α est F_{α} (i) telle que

$$F_{\alpha}(i) = \sum_{j=1}^{p} u_{j\alpha} \frac{P_{ij}}{P_{i} \sqrt{P_{j}}}$$

ou encore, en considérant les données initiales P_{ij}/P_{i}

$$F_{\alpha}(i) = \sum_{j=1}^{p} \phi_{j\alpha} \frac{P_{ij}}{P_{i}}$$

avec
$$\phi_{j\alpha} = u_{j\alpha} / \sqrt{P_j}$$

Si on avait choisi de se placer de la même manière dans l'espace des observations à n dimensions (R^n) dans lequel se retrouvent les p points-paramètres, on aurait été amené à définir les distances entre deux points paramètres j et j'

$$d^{2}(j,j') = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{P_{i}} \left(\frac{P_{ij}}{P_{j}} - \frac{P_{ij'}}{P_{j'}} \right)^{2}$$
 (2)

La recherche des axes principaux consiste alors à diagonaliser une matrice T=R R' qui a les mêmes valeurs propres λ_{α} que S; le vecteur propre unitaire d'ordre α de T est V_{α} avec comme composantes $V_{i\alpha}(i=1,2,...n)$. La projection du point j sur l'axe α est alors $G_{\alpha}(j)$:

$$G_{\alpha}(j) = \sum_{j=1}^{n} \psi_{j\alpha} \frac{P_{ij}}{P_{j}}$$

avec
$$\psi_{i\alpha} = \frac{V_{i\alpha}}{\sqrt{P_i}}$$

On peut montrer qu'il existe une relation entre les facteurs ϕ_{α} et ψ_{α} :

$$\psi_{i\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_{\alpha}}} \sum_{j=1}^{p} \frac{P_{ij}}{P_{i}} \qquad \phi_{j\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_{\alpha}}} \qquad F_{\alpha} (i)$$

$$\phi_{j\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_{\alpha}}} \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{ij}}{P_{j}} \psi_{i\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_{\alpha}}} G_{\alpha} (i)$$

Ces deux relations montrent les liens existant entre les représentations dans les espaces R^p et R^n . On voit qu'il suffit de connaître une seule représentation pour déduire l'autre. En pratique, on diagonalise la plus petite des matrices S et T. Ces relations justifient une représentation simultanée des points i du nuage dans R^p et des points j du nuage dans R^n . En effet, les ψ_i (ou les $F_\alpha(i)$) sont les centres de gravité des ϕ_j (où des G_α (j)) avec un poids P_{ij}/P_i . Ainsi, la représentation simultanée montrant une proximité entre un point paramètre et un groupe d'observations montre que ce paramètre est caractéristique du comportement de ce groupe d'observations. Cette particularité de 1'A.F.C. permet un niveau d'interprétation intéressant. De plus, il est généralement possible, tenant compte de la position des points paramètres et des points observations par rapport aux axes, de donner un sens physique au groupe d'observations.

La transformation du tableau initial $(x_{ij} \text{ devenant } P_{ij}/P_i \text{ ou } P_{ij}/P_j)$ implique que deux vecteurs lignes ou colonnes de ce tableau, avec des composantes proportionnelles, sont représentées dans le nuage (donc, dans la projection dans le plan des axes principaux) par deux points confondus. L'A.F.C. permet donc de mettre en évidence des similitudes de variations pour les paramètres et de comportement pour les observations en considérant les points dont les coordonnées sont identiques ou du même ordre de grandeur.

contributions

L'inertie totale du nuage des points i dans R^p est définie:

inertie totale =
$$\sum_{i=1}^{n} P_i \rho^2(i) = \sum_{\alpha} \lambda_{\alpha}$$

dans laquelle $\,\rho^2$ (i), la distance d'un point i au centre de gravité du nuage, est donnée par:

$$\rho^{2}(i) = \sum_{j=1}^{p} \left(\frac{P_{ij}}{P_{i}} - P_{j} \right)^{2} / P_{j} = \sum_{\alpha} F_{\alpha}^{2}(i)$$

et dans laquelle λ_α , la valeur propre associée à l'axe α est l'inertie expliquée par l'axe α

$$\lambda_{\alpha} = \sum_{i=1}^{n} F_{\alpha}^{2} (i) P_{i}$$

La contribution absolue du point i à l'axe α est ainsi $F_{\alpha}^{\ 2}$ (i) P_{i} . De façon parallèle, on a:

$$\lambda_{\alpha}^{2} = \sum_{j=1}^{p} G_{\alpha}^{2} (j) P_{j}$$

 $G_{\alpha}^{\ 2}$ (j) P_{j} représente la contribution absolue du point j à l'axe α . En pratique, ces contributions absolues sont exprimées en pourcentages et indiquent le rôle joué par chacun des points du nuage dans l'inertie expliquée par un axe.

La contribution relative du point i à l'axe α est donnée par:

$$C_{\alpha}(i) = \frac{F_{\alpha}^{2}(i)}{\rho^{2}(i)}$$
 avec $\sum_{\alpha} C_{\alpha}(i) = 1$

De la même façon, on définit la contribution relative du point j à l'axe α

$$C_{\alpha}$$
 (j) = $\frac{G_{\alpha}^{2}$ (j) avec \sum_{α} C_{α} (j) = 1

Ces contributions sont utiles à l'interprétation : par exemple,

- la contribution absolue montre quels paramètres sont responsables d'un facteur α
- la contribution relative indique quel axe factoriel représente le mieux un paramètre.

Reconstitution des données

Il est intéressant parfois d'examiner comment les données sont reconstituées quand, dans l'analyse, on retient un nombre réduit d'axes factoriels. On obtient

$$P'_{ij} = P_i P_j \left[1 + \sum_{\alpha} \left(\frac{1}{\sqrt{\lambda_{\alpha}}} F_{\alpha}(i) G_{\alpha}(j) \right) \right]$$

En pratique on ne cherche pas à reconstituer intégralement les données initiales. On peut éliminer d'un tableau de données ce qu'on peut appeler un bruit de fond attribuable à l'imprécision des mesures ou aux fluctuations d'échantillonnage.

Points supplémentaires.

On peut être intéressé à connaître la position sur les axes factoriels de points représentatifs d'un paramètre ou d'une observation qui pour une raison ou une autre n'ont pas été inclus dans l'analyse. Les coordonnées de ces points, de poids nul dans l'analyse, peuvent être calculées de la façon suivante: pour une observation supplémentaire,

$$F_{\alpha}'(i) = \sum_{j=1}^{p} \frac{P_{ij}'}{p_{i}} G_{\alpha}(j)$$

$$\text{avec} P_{ij}' = \frac{x_{ij}'}{x} \text{ et } P_{i}' = \frac{\sum_{j=1}^{p} x_{ij}'}{x}$$

et pour une colonne supplémentaire,

$$G_{\alpha}^{i}(j) = \sum_{i=1}^{n} \frac{P^{i}j}{P^{j}j} F_{\alpha}(i)$$

$$\text{avec } P^{i}j = \frac{x^{i}j}{x} \text{ et } P^{j}j = \frac{\sum_{i=1}^{n} x^{i}ij}{x}$$

Codage des données

En pratique, il peut être intéressant (Benzecri,1973) de transformer les données initiales en données binaires. L'intervalle d'un paramètre j peut être divisé en k classes d'effectif approximativement égal. Une observation appartenant seulement à une des classes est codée l pour cette classe et 0 pour les autres classes. On obtient ainsi un tableau de valeurs binaires composé de n lignes et (p.k) colonnes (si chaque paramètre est séparé en k classes). L'analyse de ce tableau de valeurs codées permet une analyse plus stable et un autre niveau d'interprétation. Par exemple, on peut

décrire dans le plan des axes principaux les liaisons entre les paramètres en utilisant la trajectoire de chacun des paramètres comme guide à l'interprétation.

Equivalence distributionnelle

Les distances définies au dessus (relation 1 et 2) ont un avantage important. En effet, on peut montrer (Benzecri, 1973) que deux points confondus et possédant chacun un poids donné peuvent être remplacés par un seul point affecté d'un poids qui est la somme du poids des deux points sans modifier les résultats de l'analyse. Par conséquent, l'analyse n'est pas modifiée en appliquant l'A.F.C. sur un tableau dans lequel on a regroupé les observations identiques, c'est-à-dire sur un tableau de comptage.

A-2 Classification ascendante hiérarchique (C.A.H.)

La méthode de classiffication ascendante hiérarchique (Jambu, 1972) est une technique qui permet de regrouper de manière automatique et selon des critères d'agrégation choisis, des données en classes et de les ordonner de façon à visualiser la hiérarchie du classement obtenu.

On reconnait deux types d'utilisation de cette méthode qui permettent d'interpréter les résultats de l'A.F.C. (Jambu, 1976a). On peut, soit utiliser la C.A.H. sur le même tableau de données traité par l'A.F.C., soit l'utiliser sur le tableau des facteurs obtenus de l'analyse des correspondances, à condition de définir la formule de distance appropriée.

Pour résumer la méthode de C.A.H., on choisit de se placer dans l'espace des paramètres à p dimension R^p dans lequel se retrouvent les n points observations. La C.A.H. procède à partir d'un tableau de n (n-1)/2 distances entre chaque paire possible de points. Selon les deux types d'utilisation, on a

a)
$$d^2(i,i') = \sum_{j=1}^{p} \left(\frac{P_{ij}}{P_{i}} - \frac{P_{i'j}}{P_{i}}\right)^2 / P_{j}$$

b)
$$d^2(i,i') = \sum_{\alpha} \left((F_{\alpha}(i) - F_{\alpha}(i'))^2 \right)$$

La première relation définit la distance dite $du \chi^2$ entre deux points observations. Nous avons vu qu'elle est équivalente à une distance euclidienne entre deux points dont les coordonnées du point i seraient $P_{ij} / P_i \sqrt{P_j} \ (j=1,2,\ldots p)$. Dans la deuxième relation, la coordonnée du point i est $F_{\alpha}(i) \ (\alpha=1,2,\ldots r < p)$.

La méthode peut se résumer ainsi:

- on recherche la distance minimum entre l'ensemble des paires de points
- on forme une première classe avec ces deux points (S=i'Ui") et on calcule son centre de gravité:

a)
$$\frac{P_{sj}}{P_{s}\sqrt{P_{j}}} = \frac{P_{i'j} + P_{i''j}}{(P_{i'} + P_{i''})\sqrt{P_{j}}}$$

b)
$$F_{\alpha}(s) = \frac{P_{i}, F_{\alpha}^{(i')} + P_{i''}F_{\alpha}^{(i'')}}{P_{i'} + P_{i''}}$$

on attribue à cette première classe un indice de diamètre $\tau(s)$ qui est un moment centré d'ordre 2

on calcule τ (s) par cette formule:

$$\tau(s) = \frac{P_{i'} P_{i''}}{P_{i''} P_{i''}} d^2 (i', i'')$$

- Après avoir remplacé les deux points constituant la première classe par leur centre de gravité, on recalcule un nouveau tableau de distances de dimension (n-1) (n-2)/2.
- on recherche une autre paire de points dont la distance est minimum.
- on recommence (n 1) fois toutes les opérations décrites jusqu'au
 moment où il n'y a plus que deux parties à agréger.

Critère d'agrégation choisi

Il existe plusieurs formules de calcul de distances entre classes conduisant à des regroupements de classes plus ou moins différents. La formule de distance utilisé dans le programme de calcul (Jambu, 1974) permet de maximiser le moment centré d'ordre 2 d'une partition. En effet, supposons l'étape de rang (n-l) réalisée et la partition Q_{n-l} obtenue sur R^p . On cherche à agréger deux parties de R^p , (soit deux classes s et t de Q_{n-l}), dont la réunion maximisera le moment centré d'ordre 2 du nuage associé à la partition Q_n , soit $M^2(N(Q_n))$. Q_n est la partition constituée de Q_{n-l} , à laquelle on retire s et t et à laquelle on ajoute sUt:

$$M^{2}(N(Q_{n})) = M^{2}(N(Q_{n-1})) - M^{2}(SUt^{2}) + M^{2}(S) + M^{2}(t)$$

avec
$$\tau(n) = \tau(\text{SUt}) = M^2(N(Q_{n-1})) - M^2(N(Q_n))$$

Contribution des paramètres j à la formation des classes d'observations sur $\mathit{R}^{\mathcal{D}}$

L'inertie totale du nuage des points i dans R^p peut être exprimée par la relation:

inertie totale =
$$\sum_{q} \tau(q) = \sum_{q} P_{q} \rho^{2}(q)$$

dans laquelle $\rho^2(q)$ est la distance du centre de gravité de la classe q au centre de gravité du nuage des points dans R^p ; $\rho^2(q)$ est défini selon le type d'utilisation:

a)
$$\rho^{2}(q) = \sum_{j=1}^{p} \left(\frac{P_{qj}}{P_{q}} - P_{j} \right)^{2} / P_{j}$$

b)
$$\rho^{2}(q) = \sum_{\alpha} F_{\alpha}^{2}(q)$$

La quantité ρ^2 (q) permet d'apprécier si la classe q est au centre (dans ce cas, la classe q se rapproche d'un profil moyen) ou très éloigné du centre. On pose

$$C_{qj} = \left(\frac{P_{qj}}{P_q} - P_j\right)^2 / P_j$$
 et S est le signe de $(P_{qj} - P_j P_q)$

 $C_{qj}^{}$ est la contribution absolue du point j dans R^n à la distance de la classe q au centre du nuage dans R^p . En étudiant la quantité S. $C_{qj}/\rho^2(q)$,

on connait les points j qui sont discriminants pour la classe q, c'est-à-dire qui fournissent les plus fortes contributions et le signe de S indique si P_{qj} est très faible ou très élevé. (Si S est > 0, P_{qj} est très élevé et si S est < 0, P_{qj} est très faible). Ces contributions peuvent également être calculées sur un tableau de données reconstituées à partir d'un nombre réduit d'axes factoriels. Dans ce cas, on peut caractériser facilement les groupes d'observations déterminés sur les plans factoriels par les paramêtres responsables du regroupement.

Interprétation des classes produites par la C.A.H. sur les axes factoriels.

Il est intéressant de comparer les indices des noeuds de la hiérarchie aux valeurs propres associées à l'A.F.C. On a en effet:

Inertie totale =
$$\sum_{q}$$
 $\tau(q) = \sum_{\alpha} \lambda_{\alpha}$

Soient s et t deux classes qui sont les successeurs immédiats de la classe q. On a:

$$\tau(q) = \frac{P_t \cdot P_s}{P_t + P_s} \sum_{\alpha} \left((F_{\alpha}(s) - F_{\alpha}(t)) \right)^2$$

On pose

$$I (\alpha,q) = \frac{P_t \cdot P_s}{P_t + P_s} \left((F_{\alpha}(s) - F_{\alpha}(t)) \right)^2$$

La quantité $I(\alpha,q)$ représente la contribution absolue de la paire (α,q) à l'inertie totale et peut s'exprimer indifféremment comme la contribution absolue de la classe q à l'axe α ou de l'axe α au noeud q. En pratique, on considère les quantités $I(\alpha,q)$ / $\tau(q)$ et $I(\alpha,q)$ / λ_{α} . En particulier, la quantité $I(\alpha,q)$ / $\tau(q)$ représente la contribution relative de l'axe α à la classe q. Si cette valeur se rapproche de l, c'est que la séparation entre classes pour ce noeud se fait presqu'exclusivement dans la direction de l'axe α (Jambu, 1976b).

BIBLIOGRAPHIE

- BENZECRI (1973) L'analyse des données Tome 2:
 l'analyse des correspondances. Dunod, Paris lère édition,
 619 p.
- JAMBU, M. (1972) Techniques de classification appliquées à des données de sciences humaines. Thèse de 3 ième cycle L.S.M. ISUP Université de Paris VI.
- JAMBU, M. (1974) Programme de classification ascendante hiérarchique Publications du laboratoire de statistique. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI).
- JAMBU, M. (1976a) Sur l'interprétation mutuelle d'une classification hiérarchique et d'une analyse des correspondances Revue de statistique appliquée. 24(2),45-73.
- JAMBU, M. (1976b) Programme de calcul des contributions mutuelles entre classes d'une hiérarchie et facteurs d'une correspondance. Cahiers de l'analyse des données (1), 77-92.
- LEBART, L et J.P. FENELON (1973) Statistique et informatique appliquées. Dunod, Paris, 2ième édition, 457 p.

ANNEXE B

Analyse de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau du Fleuve St-Laurent

TARL	С	DEC	MAT:	IERES
IADL	E.	DEO.	MAI.	TEKEO

PAGE

LIST	E DES 1	TABLEAUX	ij	i
LIST	E DES I	FIGURES	i۱	<i>I</i> , .
INTR	ODUCTIO	DN	В	1
B.1	Récréa	tion	В	5
	B.1.1	Groupes de stations	В	5
	B.1.2	Axes factoriels	В	8
	B.1.3	Etude des points paramètres	В	8
	B.1.4	Etude des points observations	В	10
	B.1.5	Caractérisation de la variabilité temporelle	В	21
	B.1.6	Introduction des mesures de débits et niveaux		
		comme facteurs explicatifs	В	23
B.2	Alimen	tation	В	29
	B.2.1	Groupes de stations	В	31
	B.2.2	Axes factoriels	В	31
	B.2.3	Etude des points paramètres	В	33
	B.2.4	Etude des points observations	В	36
	B.2.5	Caractérisation de la variabilité temporelle	В	36
B.3	Vie Aq	uatique	В	44
	B.3.1	Groupes de stations	В	44
	B.3.2	Axes factoriels	В	47
	B.3.3	Etude des points paramètres	В	47
	B.3.4	Etude des points observations	В	50
	B.3.5	Caractérisation de la variabilité temporelle	В	53

B.1	Présentation à titre d'exemple d'un tableau de comptage		
	obtenu pour un groupe de stations (groupe 3) en considé-		
	rant les paramètres retenus pour la récréation	В	2
B.2	Codes des tournées et des paramètres utilisés dans		
	l'analyse de la variabilité temporelle	В	4
B.3	Coordonnées sur les premiers axes factoriels et con-		
	tributions relatives des points paramètres pour l'étude de		
	la variabilité temporelle pour l'usage récréation	В	9
B.4	Principales caractéristiques des classes de la hiérar-		
	chie produite dans l'étude de la variabilité temporelle		
	en considérant l'usage récréation	В	16
B.5	Contributions relatives (en%) des axes au moment d'iner-		
	tie des classes dans l'étude de la variabilité temporelle		
	en considérant l'usage récréation	В	19
B.6	Contributions relatives des points paramètres au diamè-		
	tre des classes d'observations dans l'étude de la variabi-		
	lité temporelle en considérant l'usage récréation	В	20
B.7	Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contri-		
	butions relatives des points paramètres pour l'étude de		
	la variabilité temporelle pour l'usage alimentation	В	34
В.8	Principales caractéristiques des classes de la hiérar-		
	chie produite dans l'étude de l'évolution temporelle en		
	considérant l'usage alimentation	В	37
B.9	Contributions relatives (en%) des axes au moment d'iner-		
	tie des classes dans l'étude de la variabilité tempo-		
	relle en considérant l'usage alimentation	В	40
B.10.	Contributions relatives (en%) de chacun des points para-		
	mètres au diamètre des classes d'observations dans l'étude		
	de la variabilité temporelle en considérant l'usage		
	alimentation	В	41

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

PAGE

B.11	Coordonnées sur les axes factoriels et contri-	
	butions relatives des points paramètres dans	
	l'étude de la variabilité temporelle pour	
	l'usage vie aquatique	B 48
B.12	Principales caractéristiques de classes de la	
	hiérarchie produite dans l'étude de l'évolution	
	temporelle en considérant l'usage vie aquatique	B 51
B.13	Contributions relatives (en%) des axes au moment	
	d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité	
	temporelle en considérant l'usage vie aquatique	B 55
B.14	Contributions relatives (en%) de chacun des points	
	paramètres au diamètre des classes d'observations	
	dans l'étude de la variabilité temporelle en con-	
	sidérant l'usage vie aquatique	B 56

B.1	Evolution temporelle du pH, de la turbidité, des	
	coliformes totaux et des coliformes fécaux pour	
	l'ensemble des stationsB.6	
B.2	Composition des trois troupes de stations considérés	
	pour l'étude de la variabilité temporelle pour	
	l'usage récréation B 7	
B.3	Représentation dans le plan des axes principaux 1 et 2	
	montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude	
	de la variabilité temporelle en considérant l'usage	
	récréation B 1]
B.4	Représentation dans le plan des axes principaux	
	l et 2 de l'évolution dans le temps de la qualité	
	de l'eau pour chacun des trois groupes de stations	
	en considérant l'usage récréation B l	3
B.5	Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes	
	des tournées effectuées pour les trois groupes de	
	stations, et caractérisation des classes supérieures	
	par les points paramètres responsables de la classe,	
	en considérant la récréation comme usage	4
B.6	Représentation dans le plan des axes principaux 1 et 2	
	des points paramètres, des points observations cor-	
	respondant aux tournées pour l'ensemble des stations,	
	ainsi que des centres de gravité des classes relatives	
	aux tournées pour les trois groupes de stations dans le	
	cas de la récréation B 1	7
B:7	Evolution temporelle comparative des débits à trois	
	stations hydrométriques sur le fleuve Saint-LaurentB 2	4
B.8	Schéma des transformations des mesures de débits et	
	niveaux pour analyse au moyen de l'A.F.C B 2	6

B.9	Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les relations entre le débit et les paramètres considéres dans l'étude de la varia-	
	bilité temporelle pour l'usage récréationB	28
B.10	Evolution temporelle de l'azote ammoniacal, des	
	nitrates, du phosphore inorganique et de la	
	conductivité pour l'ensemble des stationsB	30
B.11	Composition des trois groupes de stations considérés	
	pour l'étude de la variabilité temporelle pour	
	l'usage alimentationB	32
B.12	Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant	
	les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la	
	variabilité temporelle en considérant l'usage alimen-	
	tationB	35
B.13	Arbre hiérarchique montrant le regroupement des	
	tournées effectuées pour les 3 groupes de stations	
	et caractérisation des classes supérieures par les	
	points paramètres responsables de la classe en con-	
	siderant l'alimentation comme usageB	38
B.14	Représentation dans le plan des axes principaux 1 et 2	
	des points paramètres (dont la contribution est élevée),	
	des points observations correspondant aux tournées	
	pour l'ensemble des stations, ainsi que des centres	
	de gravité des classes relatives aux tournées pour	
	les trois groupes de stations dans le cas de	
	l'alimentation»B	39
B.15	Evolution temporelle de l'azote inorganique, de l'azote	
	organique, du phosphore organique et de la DCO pour	
	l'ensemble des stationsB	45
B.16	Composition des trois groupes de stations pour l'étude	
	de la variabilité temporelle pour l'usage vie	
		46

B.17	Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans
	l'étude de la variabilité temporelle en considérant
	l'usage vie aquatiqueB 49
B.18	Arbre hiérarchique montrant le regroupement des tournées
	effectuées pour les 3 groupes de stations et caractéri-
	sation des classes supérieures par les points paramètres
	responsables de la classe, en considérant la vie aquati-
	que comme usageB 52
B.19	Représentation simultanée dans le plan des axes princi-
	paux 1 et 2 des points paramètres (dont la contribution
	est élevée), des points observations correspondant aux
	tournées pour l'ensemble des stations ainsi que des
	centres de gravité des classes relatives aux tournées
	pour les trois groupes de stations dans le cas de la
	vie aquatiqueB 54

INTRODUCTION

Cette section présente de manière détaillée l'analyse de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau au moyen des méthodes statistiques multidimensionnelles, telles que l'analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) et la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.). Trois analyses sont effectuées successivement en considérant dans chaque cas un groupe de paramètres reliés à une utilisation de l'eau, soit la récréation, l'alimentation et la vie aquatique.

L'étape de préparation des données qui consiste à valider les données, filtrer les effets spatiaux et les valeurs aberrantes et reconstituer les valeurs manquantes est décrite en détail dans le texte principal (section 4.1). La détermination de groupes de stations qui ont une similitude de variation, le codage des valeurs et la réduction des données en tableaux de comptage par groupes de stations sont également traités en détail dans le texte principal (section 4.2). Le tableau de départ qui est analysé au moyen de l'A.F.C. comprend donc 54 observations (3 groupes, 18 tournées) et 5 N colonnes (N paramètres séparés en 5 classes). On présente au tableau B.l à titre d'exemple un tableau de comptage obtenu pour un groupe de stations.

TABLEAU B.1 Présentation à titre d'exemple d'un tableau de comptage obtenu pour un groupe de stations (groupe 3) en considérant les paramètres retenus pour la récréation

		pH			Turbidit é			Collformes totaux				Colifornes fécaux									
Gr oupe	Tour- née	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3	1	19	11	15	13	4	1	2	2	13	44	37	17	5	2	1	10	10	20	10	12
3	2	12	12	15	12	11	0	0	6	10	46	31	15	8	5	3	14	16	12	11	9
3	3	29	12	12	5	4	2	9	7	32	12	26	24	6	5	1	14	10	22	9	7
3	4	31	17	8	4	2	1	4	4	17	36	27	16	9	6	4	10	7	15	12	18
3	5	26	8	6	15	7	8	8	16	21	9	20	22	13	5	2	16	15	16	8	7
3	6	18	9	16	9	10	3	10	18	14	17	10	12	16	12	12	10	13	14	9	16
3	7	18	11	10	15	8	4	10	18	23	7	4	4	9	28	17	3	4	5	12	38
3	8	12	7	9	16	18	3	7	9	19	24	3	5	28	12	14	n	3	5	29	25
3	10	8	9	12	17	16	11	21	17	8	5	4	5	11	22	20	13	19	12	11	7
3	11	3	2	11	30	16	21	13	9	13	6	9	13	14	6	20	17	16	14	7	8
3	12	12	9	18	14	9	12	22	17	6	5	6	4	11	13	28	16	11	11	16	8
3	13	8	3	13	19	19	33	18	6	4	1	10	15	16	6	15	19	12	12	7	12
3	14	10	7	16	9	20	22	14	12	10	4	5	6	12	14	25	13	16	20	4	9
3	15	0	6	7	22	27	18	29	9	4	2	16	19	12	9	6	28	21	7	3	3
3	16	0	1	6	10	45	42	11	3	2	4	4	49	3	3	3	9	48	1	3	1
3	17	9	10	22	20	1	49	8	3	2	. 0	7	2	. 7	20	26	12	9	24	9	8
3	ຼ18 ູ້	9	9	18	21	5	12	18	13	10	9	9	12	16	9	16	9	9	10	14	20

Pour chacun des usages, on décrit la composition de chacun des groupes de stations. Puis, la variabilité temporelle est analysée au moyen de l' A.F.C. en examinant les positions des points représentatifs des tournées (points observations) et des points représentatifs des paramètres (points paramètres) dans le plan des premiers axes principaux pris deux à deux.

L'interprétation des résultats de 1' A.F.C. est complétée par la C.A.H. appliquée sur les coordonnées des points observations sur les premiers axes principaux. Cette méthode, en plus de fournir des regroupements objectifs des tournées, facilite l'interprétation en faisant ressortir les caractéristiques principales de la variabilité temporelle.

Afin de faciliter la présentation des résultats, on emploie des codes pour identifier les tournées et les paramètres (tableau B.2). Pour identifier les classes des paramètres, on fait suivre le code par un chiffre variant de l à 5 et pour désigner le groupe de stations, on fait précéder le code de l'observation par un chiffre variant de l à 3. Par exemple, TU1 représente la classe des valeurs très faibles (classe 1) de la turbidité (la valeur de concentration d'un paramètre croit avec le numéro de la classe) et 3J représente la tournée J du 25 au 29 juillet pour le groupe 3.

TABLEAU B.2: Codes des tournées et des paramètres utilisés dans l'analyse de la variabilité temporelle

	tournées		paramètres
А	3 - 6 mai	PH	На
В	10 - 11 mai	TU	turbidité
С	16 - 18 mai	СТ	coliformes totaux
D	23 - 25 mai	CF	coliformes fécaux
E	30 mai - l juin	AM	azote ammoniacal
F	7 - 9 juin	NIT	nitrate
G	15 - 17 juin	NG	azote organique
Н	20 - 27 juin	NI	azote inorganique
I	5 - 7 juillet	PG	phosphore organique
J	25 - 29 juillet	ΡΙ	phosphore inorganique
К	2 - 4 août	DC	demande chimique en oxygène
L	8 - 11 août		
М	2 3 - 2 4 aoû t		
N	29 - 30 août]	
0	6 - 8 septembre		
Р	13 - 16 septembre		
Q	20 - 23 septembre		
R	26 - 29 septembre		

Parmi les paramètres physico-chimiques et biologiques identifiés importants dans l'évaluation de la qualité de l'eau pour la récréation (tableau 2.1), quatre paramètres seulement ont été retenus pour l'étude de la variabilité temporelle (tableau 3.6). Ces paramètres sont les coliformes totaux, (CT), les coliformes fécaux,(CF) le (PH) et la turbidité (TU). Les autres paramètres tels que les métaux lourds et les solides en suspension n'ont pas été retenus parce qu'ils n'étaient pas mesurés systématiquement à toutes les stations. L'azote total et le phosphore total ne sont pas considérés à cause de leur importance minime pour la récréation et du rôle trop important que ces paramètres joueraient dans l'analyse par rapport aux quatre paramètres retenus.

Pour décrire globalement l'évolution temporelle de chacun des paramètres retenus, on a calculé pour chacune des tournées le rang moyen:

rang moyen =
$$\sum_{i=1}^{5} i.F_i / 112$$

avec F_i étant le nombre de stations pour lesquelles la valeur du paramètre est dans la classe i. Le rang moyen est calculé sur l'ensemble des stations. On a calculé aussi la classe modale, c'est-à-dire la classe à laquelle le nombre est maximum.

L'examen de l'évolution temporelle du rang moyen des classes des paramètres pour l'ensemble des stations (figure B.l) fait ressortir au premier abord certaines tendances générales. On voit une diminution de la turbidité et une augmentation du pH d'un mois à l'autre. Les coliformes totaux et fécaux augmentent à partir du mois de juin (tournée F), mais ces derniers diminuent à la fin du mois de juillet tandis que les coliformes totaux demeurent relativement élévés.

B.1.1 Groupes de stations

A partir du tableau des distances calculées à partir des valeurs centrées réduites des quatres paramètres retenus, la C.A.H. a permis de déterminer trois groupes de stations correspondant sur le fleuve à des régions géographiques bien délimitées (figure B.2) Cette figure a déjà été présentée dans le texte principal (section 4.3) et est reproduite ici pour faciliter la lecture de l'annexe. Le premier groupe est constitué essentiellement des stations situées sur la rivière des Prairies et sur la rivière des Mille-Iles à l'exclusion des stations 24.0 et 29.7 qui sont pratiquement dans le lac des Deux-Montagnes et

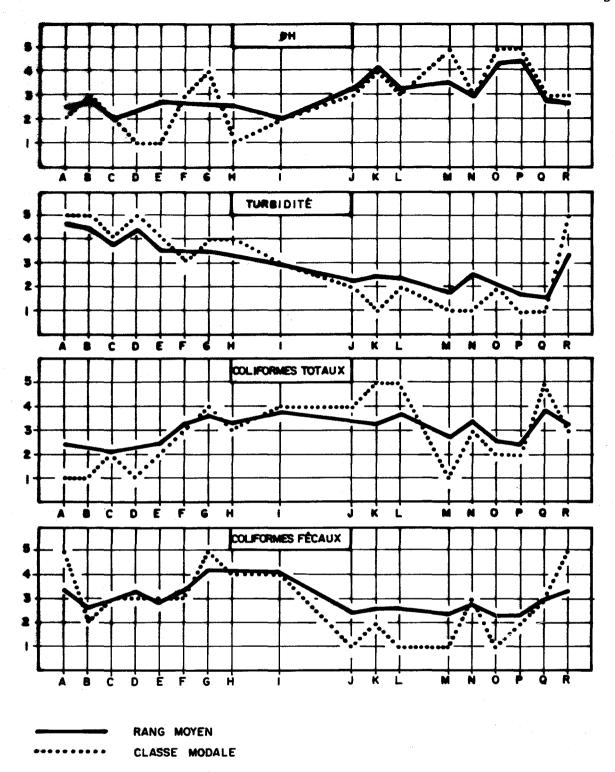


Figure 8.1. Evolution temporelle du pH, de la turbidité, des coliformes totaux et des coliformes fécaux pour l'ensemble des stations.

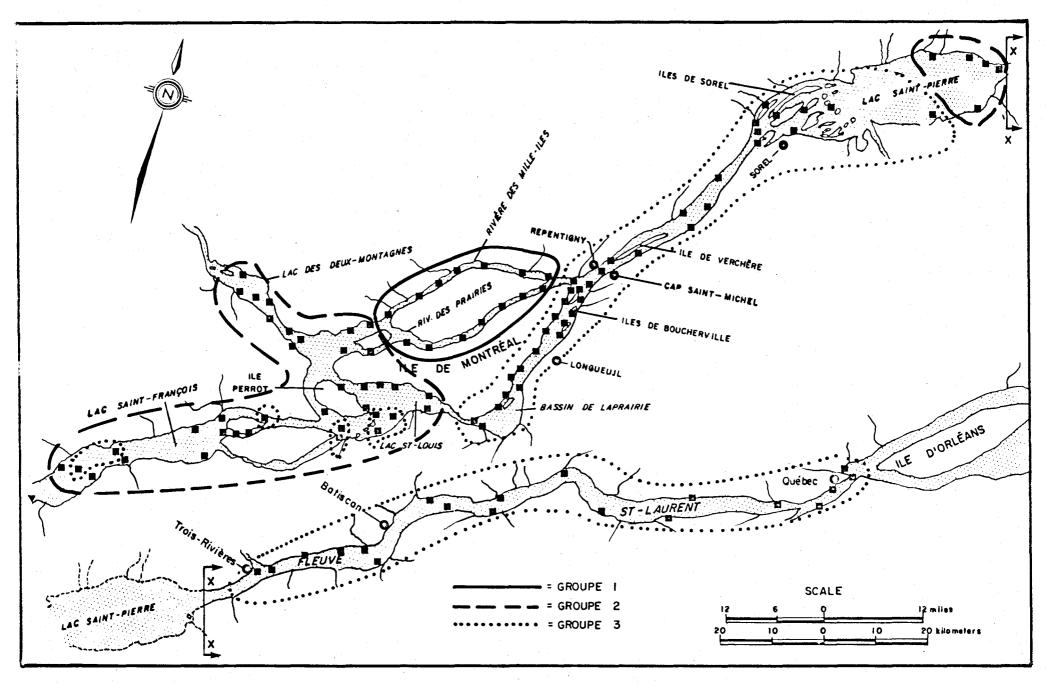


Figure B.2. Composition des trois groupes de stations considérés pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage récréation.

à quelques exceptions près, celles comprises entre le lac Saint-François et le bassin Laprairie, ainsi que la majorité des stations situées dans le lac Saint-Pierre. Le troisième groupe est le plus important en nombre avec 62 stations, les deux premiers groupes comprenant respectivement 13 et 37 stations. Le troisième groupe est susceptible de refléter la tendance générale sur le fleuve tandis que les deux premiers groupes dépendent plutôt d'influences régionales importantes.

B.1.2 Axes factoriels

L'analyse factorielle a été appliquée sur le tableau dont les colonnes correspondent aux 4 paramètres séparés en 5 classes et dont les lignes correspondent aux 18 tournées des 3 groupes de stations. La troisième tournée pour les groupes 1 et 2 (10,20) et la neuvième tournée pour les groupes 2 et 3 (2I et 3I) sont considérés dans l'analyse avec un poids nul, car une analyse préliminaire à demontré la présence d'un nombre important de valeurs manquantes reconstituées dans ces lignes. Ces observations reconstituées ne fournissent pas d'information nouvelle et peuvent affecter la qualité de l'analyse. Les quatres premiers axes principaux expliquent respectivement 33.6, 22.2, 8.9 et 7.6% de l'inertie c'està-dire de la variabilité du nuage de points. Les sept premiers axes expliquent 85% de la variabilité alors que les quatre premiers en expliquent 70%. Après deux axes, on voit donc que la variabilité expliquée devient relativement faible et constante indiquant que le plan des deux premiers axes principaux, avec 53.8% de variabilité expliquée, fournit les éléments généraux permettant la description des grandes tendances de l'évolution temporelle des quatre paramètres retenus.

B.1.3 Etude des points paramètres

Les coordonnées des points paramètres sur les premiers axes principaux (tableau B.3) et leur contribution relative permettent de donner une signification physique aux premiers axes. Sur l'axe l, on observe une opposition entre d'une part, les fortes valeurs de turbidité (TU4, TU5), les faibles valeurs de PH (PH1, PH2) et les fortes valeurs de coliformes

TABLEAU B.3: Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage récréation

	coordon	nées sur le	es axes fac	qualité de la représentation (2)		
para mè- tre	1	2	3	4	4ers axes	7ers axes
mē- tre (3) PH1 PH2 PH3 PH4 PH5 TU1 TU2 TU3 TU4 TU5 CT1 CT2 CT3	.54 ** .44 * .112073***89***46 ** .05 .53 ** .82 ** .2313 .00	.09 .19 .07 .0332 .08 .16 .37 ** .0156 *64***49 **	.271820 *04 .1233 .26 * .28 * .2942 .08 .14 .22 *	12 06 20 * 05 .40 * 08 19 .00 .06 .20 32 * .25	.57 .48 .40 .16 .94 .85 .74 .57 .61 .94 .87	.91 .74 .57 .69 .94 .97 .90 .74 .77 .98 .91 .90
CT4 CT5	.02 14	.51*** .52 **	05 39 *	.06 .03	.58 .79	.72 .83
CF1 CF2 CF3 CF4 CF5	30 *42 ** .12 .25 * .41 *	24 * 30 * 02 .24 * .39 *	.10 01 21 * .11 .02	37 ** .18 24 * .16 .29 *	.78 .73 .44 .45 .75	.87 .85 .61 .60 .79

⁽¹⁾ contribution relative indiquée par:

*** ≥.55 ** .35 ≤ < .55 * .15 ≤ < .35

- (2) contribution relative cumulée
- (3) voir le tableau B.2 pour le code des paramètres

fécaux (CF5, CF4) et d'autre part, les faibles valeurs de turbidité (TU1, TU2), les fortes valeurs de PH (PH5) et les faibles valeurs de coliformes fécaux (CF1, CF2). L'axe 2 oppose principalement les faibles valeurs de coliformes totaux (CT1, CT2) et fécaux (CF1, CF2) aux fortes valeurs de coliformes totaux et fécaux (CT4,CT5, CF4, CF5). L'axe 3 oppose des valeurs intermédiaires de coliformes totaux (CT3) et de turbidité (TU2, TU3) à des valeurs intermédiaires de PH (PH3) et coliformes fécaux (CF3). L'axe 4 oppose des fortes valeurs de PH (PH5) et de coliformes fécaux (CF5) à des faibles valeurs de coliformes totaux (CT1) et fécaux (CF1).

Dans le plan des axes 1 et 2, on voit que les classes intermédiaires de coliformes totaux (CT3), fécaux (CF3), et de PH (PH3, PH4) sont situés près de l'origine et la qualité de leur représentation est faible (inférieure à 15%). Après 4 axes, leur contribution relative est encore faible indiquant qu'ils ne sont pas déterminants dans l'analyse et que leur variabilité est peu expliquée par les 4 premiers axes.

La comparaison des parcours obtenus en reliant par des droites les classes de paramètre dans le plan des axes principaux 1 et 2 (figure B.3) fait ressortir les relations existant entre ces paramètres. Malgré l'absence de relations très fortes, on distingue une sorte de corrélation négative entre la turbidité et le pH. En effet, les faibles (fortes) valeurs de turbidité sont voisinés des fortes (faibles) valeurs de pH. On peut discerner également une liaison négative des coliformes fécaux avec le pH et positive avec les coliformes totaux. Ces relations globales observées dans le plan factoriel entre les paramètres sont confirmées par l'examen de l'évolution temporelle de chacun des paramètres présentée à la figure B.1.

B.1.4 Etude des points observations

La représentation des points observations dans le plan des deux premiers axes principaux permet de suivre l'évolution temporelle de la qualité de l'eau et l'importance relative de cette variation pour chacun des trois groupes de stations. En effet, pour chaque groupe, il y a 18 points observations correspondant chacun à une date d'échantillonnage. On peut relier par des droites les points correspondant à des tournées consécutives pour

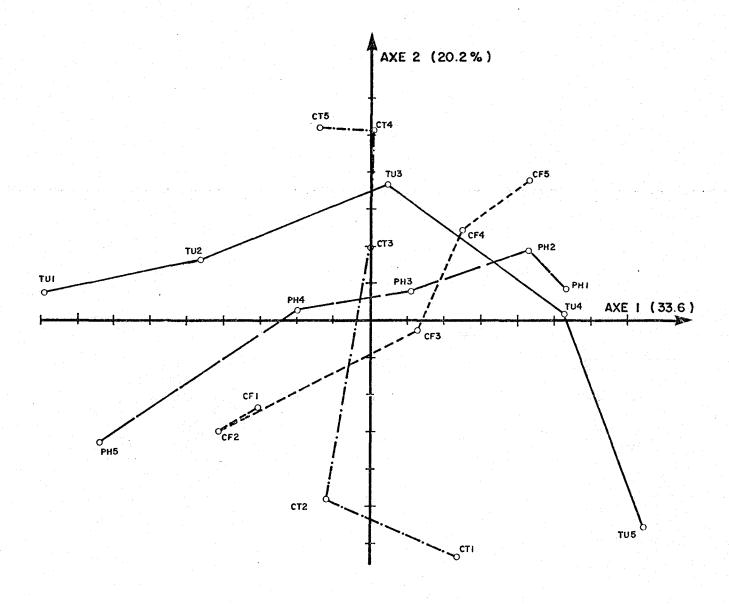


Figure B.3. Représentation dans le plan des axes principaux let 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage récréation.

chacun des groupes et suivre dans le plan factoriel, le cheminement de ces trois parcours. Il est alors possible d'interpréter ces parcours en fonction de la régularité du cheminement et de la position dans le plan des points représentant les classes de paramètres et du sens physique attribué à chacun des deux axes. Les parcours obtenus dans le plan des axes principaux 1 et 2 pour chacun des trois groupes de stations sont représentés dans la figure B.4. L'examen de cette figure montre que chacun des groupes décrit dans le plan des parcours plus ou moins différents dont l'interprétation apparait difficile au premier abord. On note toutefois que les tournées effectuées dans la première moitié de la période d'étude se retrouvent toutes sur un côté de l'axe l en opposition avec les autres tournées. Entre les tournées I et J effectuées toutes les deux au mois de juillet, on remarque une discontinuité dans le parcours, causée par des changements importants dans la qualité de l'eau au cours de cet intervalle de temps qui a duré trois semaines. Le point représentant la dernière tournée effectuée au mois de septembre se retrouve à proximité de ceux représentant les mois de mai et juin (A à G) indiquant que la qualité de l'eau redevient semblable à celle existant au début de la période d'étude

La caractérisation de la variabilité temporelle par l'examen visuel des cheminements complexes de chacun des groupes dans les plans factoriels risque d'être trop subjective et qualitative. C'est pourquoi, on a appliqué la méthode de classification ascendante hiérarchique sur les tableaux des coordonnées des observations sur les sept premiers facteurs qui représentent 85% de la variabilité. Les résultats de l'application de cette méthode apparaissent dans le tableau B.4 et la figure B.5.

Cette méthode telle que décrite dans l'annexe A, regroupe de manière automatique et selon un critère d'agrégation choisi (maximisation du moment centré d'ordre 2 d'une partition) des observations en classes et les ordonne de façon à visualiser la hiérarchie du classement obtenu. Chaque classe est identifiée par un numéro (entre 51 et 99) correspondant à toutes les classes possibles d'observations. Sur la figure B.5, on représente

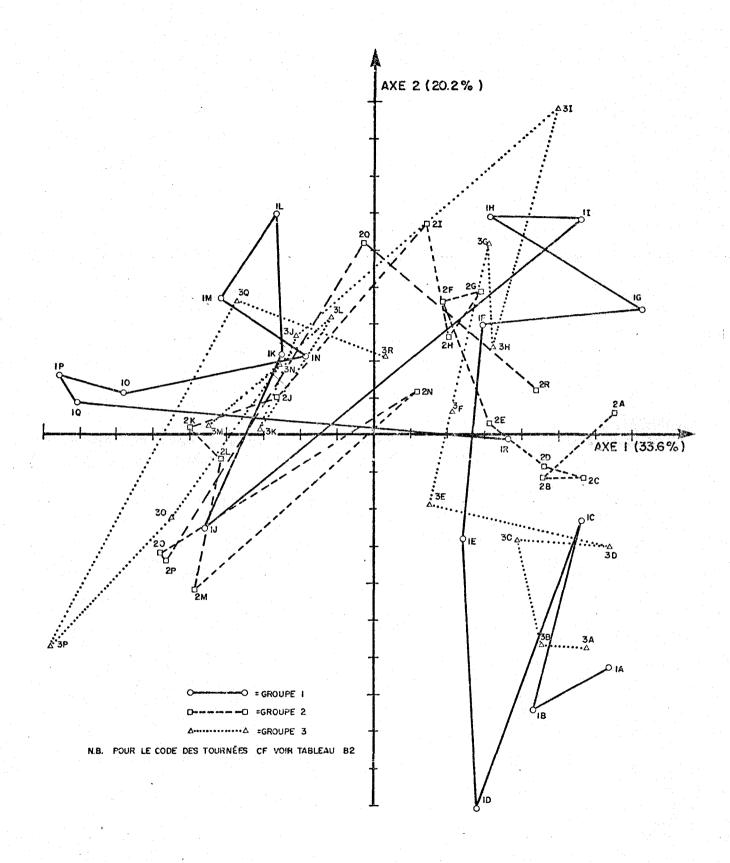


Figure B.4 Représentation dans le plan des axes principaux I et 2 de l'évolution dans le temps de la qualité de l'eau pour chacun des trois groupes de stations en considérant l'usage récréation.

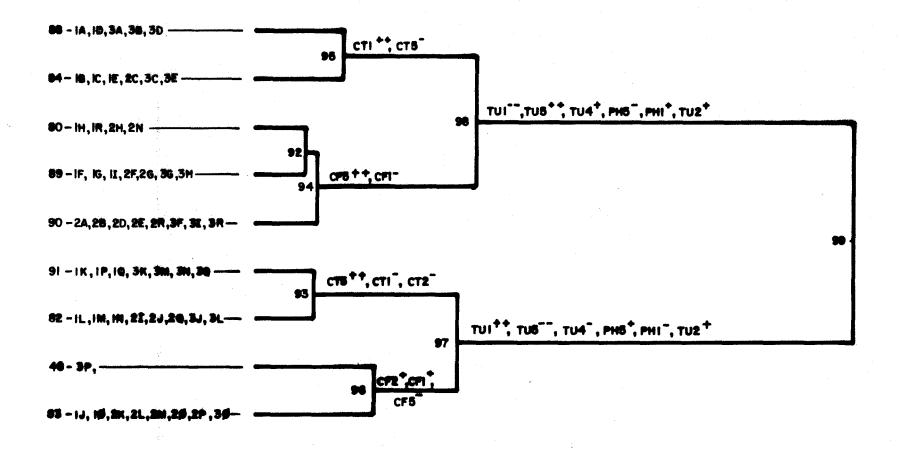


Figure B.5. Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes des tournées effectuées pour les trois groupes de stations, et caractérisation des classes supérieures par les points paramètres responsables de la classe, en considérant la récréation comme usage.

la hiérarchie des classes constituant la partie supérieure de l'arbre.

L'inertie de chacune des classes $\tau(q)$ présentée au tableau B.4 représente le taux d'inertie associé au noeud q dans la hiérarchie. Ainsi, $\tau(98)$ est le taux d'inertie associé au centre de gravité de la classe 98 et représente le moment centre d'ordre 2 des deux classes inférieures 94 et 95. Les valeurs d'inertie qui sont présentées au tableau B.4 sont données en valeur relative par rapport à la variabilité expliquée sur les 7 premiers facteurs. Ces valeurs d'inertie pour les classes de la hiérarchie permettent de connaître le niveau d'interprétation qu'on atteint en considérant un certain nombre de classes. Par exemple, en interprétant la partie supérieure de l'arbre hiérarchique comprenant 4 classes, on explique en premier lieu 32% de la variabilité en interprétant les deux grandes classes et ensuite 11.8 et 10.9% de la variabilité en interprétant les quatre classes, pour faire un total de 55% de la variabilité expliquée sur les 7 premiers axes factoriels.

On peut calculer les coordonnées des centres de gravité de chacune des classes sur les axes factoriels, ainsi que la distance (ρ^2) du centre de gravité de la classe au centre de gravité du nuage. (tableau B.4). La quantité ρ^2 donne des indications intéressantes sur les caractéristiques de la classe. Plus ρ^2 est faible ou élevé selon le cas, plus la classe correspondante se rapproche ou s'éloigne du profil moyen. Ainsi la classe 96 (ρ^2 =.47) est caractérisée par un comportement plus spécifique que les classes 94 (ρ^2 =.15) et 93 (ρ^2 =.17).

Si on représente simultanément sur le plan des axes 1 et 2 les points paramètres et les centres de gravité des classes et qu'on rejoint par une droite les centres de gravité des classes inférieures, on favorise beaucoup l'interprétation (figure B.6). La position des centres de gravité des classes par rapport aux axes ainsi que la proximité entre centres de gravité et points paramètres servent de guide à la caractérisation des classes. Ainsi, on déduit que la classe 95 est caractérisée par une turbidité très élevée (TU5) et des coliformes totaux très faibles (CT1). Les classes 97 et 98 qui sont localisées de part et d'autre sur l'axe l expriment la tendance générale expliquée par l'axe 1.

TABLEAU B.4: Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage récréation

classe	inertie	constituants	diamètre	coordon	nées sur l	es axes fa	ctoriels (3)
	(%) (1)		(p²)(2)	1	2	3	4
99	32.0	97 - 98	.00	.00	.00	.00	.00
98	11.8	94 - 95	.13	.35	02	.04	.03
97	10.9	93 - 96	.18	41	.03	05	03
96	6.3	48 - 83	.47	60	28	.12	.08
95	4.6	84 - 88	.38	.44	42	.01	08
94	3.4	90 - 92	.15	.31	.20	.06	.09
93	3.1	82 - 91	.17	30	.22	15	11
92	2.8	80 - 89	.25	.29	.33	.20	.11
91	2.2	1K, 1P, 1Q, 3K, 3M, 3N, 3Q (4)	.26	39	.15	20	08
90	2.1	2A, 2B, 2D, 2E, 2R, 3F, 3I, 3R	.13	.33	.06	10	.07
89	2.0	1F, 1G, 1I, 2F, 2G, 3G, 3H	.32	.32	.38	.12	.20
88	1.4	1A, 1D, 3A, 3B, 3D	.61	.55	52	17	02
84	1.0	1B, 1C, 1E, 2C, 3C, 3E	.33	.28	29	.26	18
83	1.0	lJ, 10, 2K, 2L, 2M, 20, 2P, 30	.39	53	21	.16	03
82	.9	1L, 1M,1N,2I,2J, 2Q,3J,-3L	.19	18	.31	09	14
80	.8	1H, 1R, 2H, 2N	.33	.21	.22	.39	09
48	-	3P	1.75	92	57	02	.56

⁽¹⁾ moment centré d'ordre 2 des 2 classes inférieures

⁽²⁾ distance du centre de gravité de la classe du centre de gravité du nuage

⁽³⁾ coordonnées du centre de gravité de la classe

⁽⁴⁾ voir le tableau B.2 pour le code des tournées

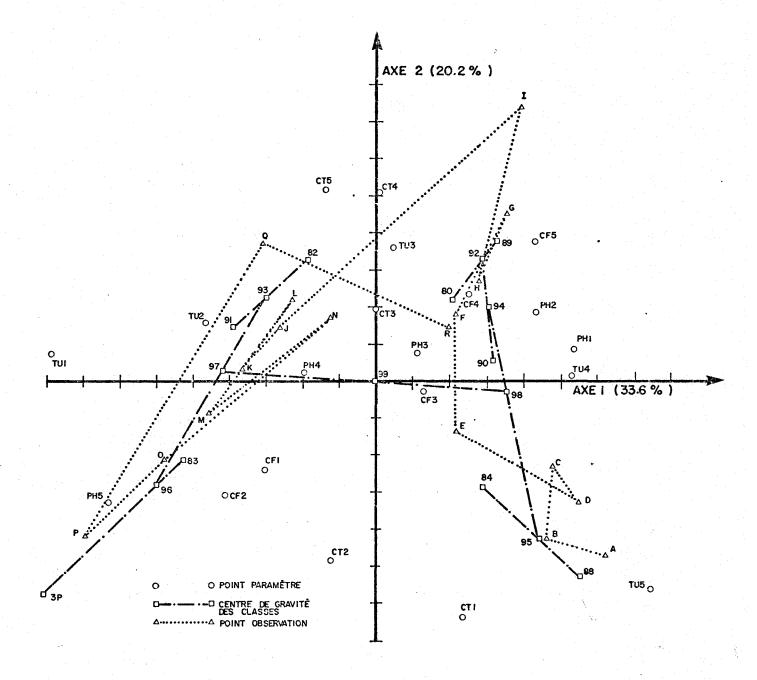


Figure B.6 Représentation dans le plan des axes principaux let 2 des points paramètres, des points observations correspondant aux tournées pour l'ensemble des stations ainsi que des centres de gravité des classes relatives aux tournées pour les trois groupes de stations dans le cas de la récréation.

Afin de compléter l'interprétation de la figure B.6, on a porté également en graphique des points supplémentaires correspondant aux tournées pour l'ensemble des stations. On a vu, en effet, dans l'annexe A, qu'il n'était pas nécessaire de reprendre l'analyse pour inclure des observations supplémentaires. Les coordonnées de ces points supplémentaires sont calculées à partir de coordonnées des points paramètres sur les axes factoriels et des données relatives aux tournées pour l'ensemble des stations sans distinction en 3 groupes. Chaque point représentant une tournée (ex B) est un barycentre des points relatifs à chacun des trois groupes de stations pour cette tournée (ex. 1B, 2B et 3B). On peut calculer la contribution de chacun des axes factoriels aux moments d'inertie expliqués par chacune des classes. Cette quantité appelée $I(\alpha,q)/\tau(q)$ dans l'annexe A est présenté au tableau B.5 $I(\alpha,q)$ représente la contribution absolue du noeud q à l'axe α. Les valeurs présentées dans ce tableau permettent de connaître dans quelles directions les classes se subdivisent. Par exemple, la classe 98 se divise en 95 et 94 dans la direction de l'axe 2, puisque I(2,98) est relativement élevés, (voir figure B.6) tandis que la classe 96 se divise principalement sur les axes 4 et 5, puisque I(4, .96) est relativement élevé. Plus la valeur se rapproche de 100% pour un axe, plus la droite reliant les classes inférieures est dans la direction de l'axe (ex., la classe 99 sur l'axe l).

Enfin, pour ajouter d'autres éléments permettant de mieux caractériser la variabilité temporelle, on a calculé, à partir du tableau des fréquences reconstituées avec sept facteurs (cf annexe A), les contributions relatives de chacun des points paramètres au diamètre (ρ^2) des classes d'observations (tableau B.6). Un point paramètre a une contribution élevée au diamètre d'une classe quand, dans le tableau de départ, les valeurs de ce paramètre pour la classe donnent un profil élevé ou faible par rapport au profil moyen de la classe. Les contributions élevées des points paramètres au diamètre des classes ont été reportées sur la représentation de l'arbre hiérarchique (figure B.5) On a noté par un signe + ou ++ les contributions résultant d'un profil élevé ou très élevé et par un signe - ou -- les contributions résultant d'un profil faible ou très faible.

TABLEAU B.5: Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage récréation

axe classe	1	2	3	4	5	6	7
99	97.3	.5	1.2	.7	.1	.0	.3
98	3.8	87.4	.5	6.9	1.0	.0	.3
97	19.4	53.2	16.2	7.5	1.1	.0	2.6
96	14.1	12.1	2.8	32.5	35.8	2.6	.1
95	15.0	12.2	40.7	5.4	15.0	8.3	3.4
94	.7	41.0	50.8	.9	1.0	1.3	4.2
93	20.8	13.1	5.5	2.0	3.9	٦.	54.5
92	3.9	7.6	20.9	23.0	10.6	33.8	.2

Note: voir le tableau B.4 pour les caractéristiques des classes

TABLEAU B.6: Contributions relatives des points paramètres au diamètre des classes d'observations dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage récréation

	98	97	96	95	94	93	92
PH1 PH2 PH3 PH4 PH5	9 2 0 1(-) 11(-)	9 2(-) 0 1 11	7 4(-) 2(-) 0 29	4 0 0 1(-) 4(-)	6 3 0 0 9(-)	4(-) 0 1 1 0	7 0 1(-) 0 4(-)
TU1 TU2 TU3 TU4 TU5	24(-) 7(-) 0 11 17	24 7 0 11(-) 17(-)	6 6 0 5(-) 6(-)	10(-) 6(-) 2(-) 4 26	19(-) 2(-) 3 8 2	30 3 0 9(-) 18(-)	15(-) 0 6 9 1(-)
CT1 CT2 CT3 CT4 CT5	2 0 0 0 2(-)	2(-) 0 0 0 2	0 5 0 2(-) 1(-)	19 3 1(-) 6(-) 10(-)	4(-) 2(-) 1 4	7(-) 6(-) 0 2 14	6(-) 4(-) 5 5
CF1 CF2 CF3 CF4 CF5	3(-) 4(-) 0 2 5	3 4 0 2(-) 5(-)	5 9 3(-) 2(-) 6(-)	0 0 1 0	9(-) 6(-) 0 6 14	1 0 1 1(-) 1(-)	7(-) 7(-) 1(-) 8 14

Note:- le signe (-) indique que le point paramètre contribue par une absence de ce paramètre pour la classe.

⁻ voir le tableau B.2 pour le code des paramètres.

Sur la représentation simultanée des points paramètres et des centres de gravité des classes dans le plan des premiers axes principaux, les contributions indiquées par le signe positif sont traduites en une proximité entre le point paramètre et le centre de gravité de la classe; les contributions indiquées par un signe négatif résultent en un éloiquement entre le point paramètre et le centre de gravité de la classe. Par conséquent, le tableau des contributions au diamètre des classes sert à interpréter la représentation des points paramètres et des centres de gravité dans le plan des premiers axes principaux (figure B.6) On voit ainsi que la classe 95 résulte non seulement de la contribution des points TU5 et CT1 qui sont situés à proximité (signe +), mais aussi des points TU1 et CT5 qui sont situés à l'opposé du plan (signe -).

B.1.5 Caractérisation de la variabilité temporelle

Les informations contenues dans les figures B.5 et B.6 et dans les tableaux B.5 et B.6 permettent maintenant de dégager les tendances et les caractéristiques principales de la variabilité temporelle en considérant l'usage récréation.

La division des observations en deux grandes classes (97 et 98) fournit le premier niveau d'interprétation. La classe 98 comprend les tournées de la première moitié de la période d'étude (tournées A à 1) sans distinction de groupes de stations, tandis que la classe 97 est formée par les tournées de l'autre moitié de la période (tournée J à Q) à l'exception de la dernière tournée R qui est dans le groupe des tournées A à I. Cette division en deux grandes classes obtenue complètement sur l'axe l fait ressortir l'importance de la turbidité et du pH comme caractéristiques principales de la variabilité temporelle. la première moitié de la période étant marquée par une turbidité très élevée (TU5, TU4) et un pH faible (PHI), et la seconde moitié par une turbidité très faible (TU1, TU2) et un pH très élevé (PH5). Il est intéressant de constater que les deux paramètres physiques, la turbidité et le pH prennent une plus grande importance que les deux paramètres bactériologiques, les coliformes totaux et fécaux, dans l'étude de la variabilité temporelle, dans le cas de l'usage récréation.

La division des classes 98 en 94 et 95, et 97 en 93 et 96 forme le second niveau d'interprétation. La division de la classe 98 en 94 et 95

qui se fait presque entièrement sur l'axe 2, (figure B.6) oppose principalement les tournées A, B, C, D et E (3 mai au ler juin) des groupes l et 3 (figure B.5) aux tournées F, G, H, I et R (7 juin au 7 juillet et 26 au 29 septembre).

Rappelons que les groupes 1 et 3 comprennent les stations dans la rivière des Prairies et des Mille-Iles et celles en aval du bassin Laprairie. La division de ces deux classes d'observations fait ressortir l'importance des coliformes totaux très faibles (CT1) pour la classe 95 et des coliformes fécaux très élevés (CF5) pour la classe 94. Quant au groupe 2 qui comprend les stations du lac des deux-Montagnes et celles situées dans la partie en amont du bassin Laprairie, l'appartenance des tournées 2A, 2B, 2D et 2E à la classe 94 montre que pour cette première partie de la période d'étude, les coliformes totaux étaient un plus élevés que pour les deux autres groupes.

La division de la classe 97 en 96 et 93, obtenue principalement sur l'axe 2 (figure B.6), fait ressortir une opposition (voir figure B.5) entre les tournées dont les coliformes totaux sont très élevés (CT5 pour la classe 93) et celles dont les coliformes fécaux sont très faibles (CF1, CF2 pour la classe 96). On peut ajouter de plus que la classe 96 est caractérisée par un pH très élevé (pH5) et son diamètre ρ^2 est plutôt élevé révélant un comportement particulier pour les observations incluses dans cette classe. La classe 96 comprend les points 2K, 2L, 2M, (2 au 24 août) les points 1 β , 2 β , 2P, 3 β , 3P (6 au 11 sept) et le point 1J. On voit donc qu'au cours de la seconde moitié de la période d'étude, les coliformes totaux sont relativement élevés et les coliformes fécaux plutôt faibles, sauf au mois d'août pour le groupe 2 et au cours de la première moitié de septembre pour l'ensemble des stations.

Il est nessible, à partir des informations contenues dans les figures B.6 et B.6 et dans les tableaux B.5 et B.5, d'interpréter le troisième niveau de la hiérarchie, soit la division des classes 93, 94,95 et 96. Cette interprétation n'est pas faite, car elle ferait ressortir des différences de qualité de l'eau plus spécifiques, alors que l'objectif de l'analyse consiste à faire ressortir les grandes lignes de la variabilité temporelle en fonction des principales variations.

B.1.6 <u>Introduction des mesures de débits et niveaux comme</u> facteurs explicatifs

On a introduit dans l'analyse, des mesures de débits et de niveaux provenant de trois stations hydrométriques représentatives des trois régions géographiques identifiées par des comportements différents dans le temps. (figure B.2). Parmi les trois stations choisies, une station (043201) fournit des mesures de débit sur la rivière des Mille-Iles et représente le premier groupe de stations. Les deux autres stations représentant les groupes 2 et 3 fournissent des mesures de niveaux et sont situées sur le fleuve Saint-Laurent l'une à Côteau-Landing (000066), l'autre à Sorel (000117).

Pour introduire dans l'analyse lès mesures provenant de ces trois stations hydrométriques, on a fait subir à ces données une série de transformations pour les rendre compatibles aux exigences de l'analyse. Afin de rendre homogènes et comparables entre elles les trois séries de mesures journalières, on a transformé d'abord ces données en valeurs centrées réduites. Les données ont ensuite été réparties en cinq classes d'effectif semblable et codées 0 ou l, selon l'appartenance ou non à l'une de ces classes. Enfin, des tableaux de comptage ont été extraits de ces tableaux binaires, en faisant le comptage de l'occurence de chaque classe de débit ou niveau au cours de la période de temps représentée par chacune des tournées. Comme il s'agit de mesures journalières, la somme des comptes sur l'ensemble des classes l à 5 pour une tournée est égal au nombre de jours écoulés entre la tournée précédente et la tournée actuelle. Les valeurs obtenues pour une tournée intègrent donc la situation qui a existé dans les jours précédents.

Les variations de débit pour chacune des trois stations ont ensuite été comparées entre elles. Sur la figure B.7, on a porté en graphique l'évolution dans le temps du "rang moyen" (entre l et 5) obtenu à chacune des tournées. Le rang moyen est obtenu de la façon suivante:

+	043201	Rivière des Mille-Iles
Х	000066	Saint-Laurent à Côteau-Landing
0	000117	Saint-Laurent à Sorel

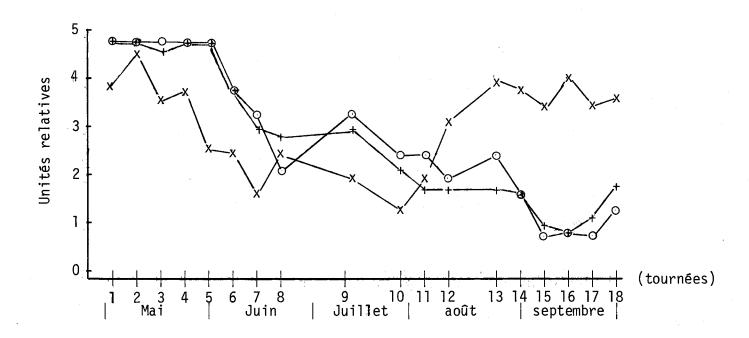


FIGURE B.7: Evolution temporelle comparative des débits à trois stations hydrométriques sur le fleuve Saint-Laurent.

rang moyen=
$$\sum_{i=1}^{5} i.F_i / \sum_{i=1}^{5} F_i$$

avec F_i étant le nombre de jours au cours desquels la mesure hydrométrique est dans la classe i et $\sum F_i$ étant le nombre total de jours écoulés entre la tournée précédente et la tournée actuelle. D'aprés la forme et l'allure de ces courbes, on se rend compte que le débit du Saint-Laurent est influencé par des aménagements importants. Le débit sur la rivière des Mille-Iles et à Sorel diminue d'une façon régulière du mois de mai au mois de septembre. A Côteau-Landing, on constate que le niveau diminue en juin et juillet et augmente ensuite en août et septembre. Cette station mesure le niveau du lac Saint-François qui est influencé par les barrages situés à Valleyfield. En été, on relève le niveau du lac Saint-François afin de draîner la majeure partie du débit du fleuve vers la centrale de Beauharnois, ce qui explique le type de variation observé.

Pour faire ressortir le caractère explicatif des mesures hydrométriques de chacune des stations par rapport aux paramètres considérés dans l'usage de l'eau à des fins récréatives, les tableaux de comptage ont été réorganisés pour que les classes de débit ou niveau de chacune des stations apparaissent en paramètres supplémentaires. Un schéma de l'ensemble des transformations qu'on a fait subir aux données pour les rendre compatibles avec les exigences de l'A.F.C. apparaît à la figure B.8.

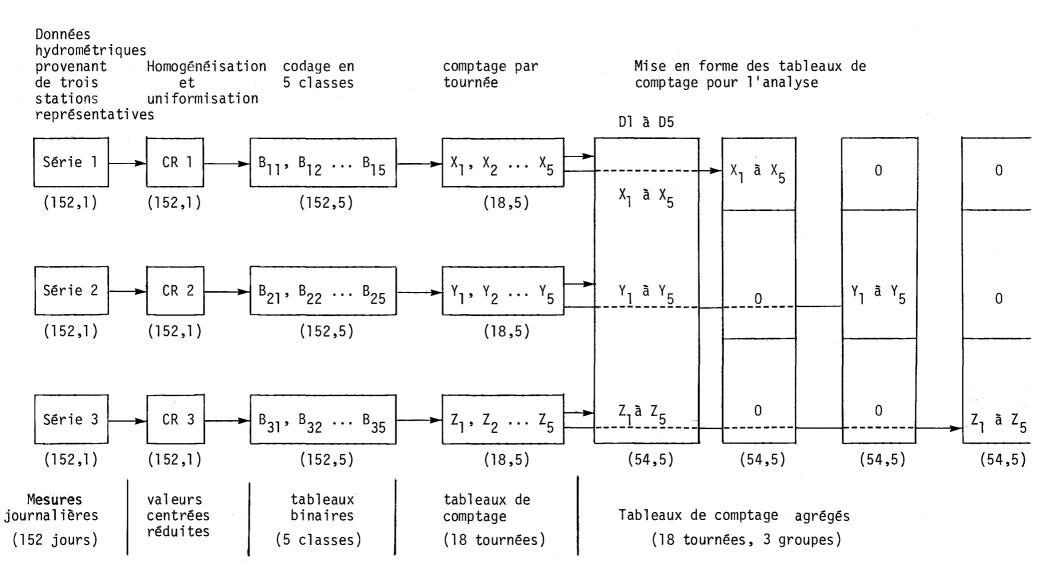


FIGURE B.8: Schéma des transformations des mesures de débits et niveaux pour analyse au moyen de l'A.F.C.

Les coordonnées sur les axes principaux l et 2 des points représentant les classes de débit ont été calculées et comparées avec les coordonnées des points paramètres (figure B.9). Les parcours obtenus en reliant les points des classes voisines ont fait ressortir le caractère particulier de la station de Côteau-Landing. Le parcours obtenu pour la station sur la rivière des Mille-Iles, malgré des fluctuations importantes d'une classe à une autre, ressemble à celui obtenu pour la station située à Sorel. Sur la figure B.9, on constate, d'après la similitude de parcours entre la turbidité et le débit mesuré à Sorel, la présence d'une relation très forte entre ces deux paramètres. On observe également une certaine relation inverse avec le pH.

A partir des relations observées entre le régime hydrologique et les paramètres physiques tels que la turbidité et le pH, on peut conclure que les variations de débit expliquent les principales caractéristiques de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau du Saint-Laurent pour l'usage récréation. En effet, on a vu précédemment que le pH et la turbidité, reliés inversement entre eux, avaient un grand pouvoir explicatif sur l'axe l.

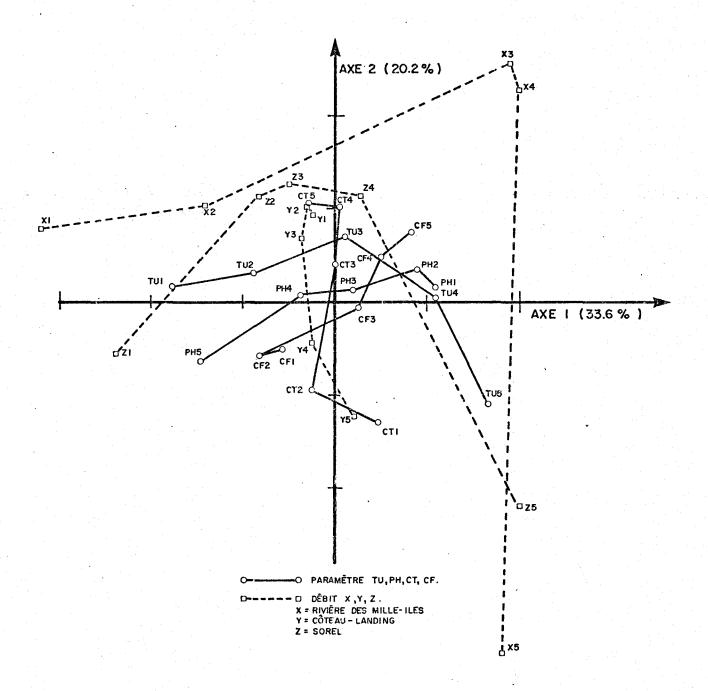


Figure B. 9 Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les relations entre le débit et les paramètres considérés dans l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage récréation.

B-2 Alimentation

Pour l'étude de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau pour l'alimentation, on a retenu sept paramètres chimiques et bactério-logiques reconnus importants pour cet usage de l'eau (tableau 3.6): la turbidité (TU), le pH (PH), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), le phosphore inorganique (PI), les coliformes totaux (CT), et les coliformes fécaux (CF). La conductivité a été retenue seulement comme paramètre supplémentaire à cause d'une importance moins grande pour l'utilisation de l'eau du fleuve Saint-Laurent à des fins domestiques. D'autres paramètres importants tels que les métaux ne peuvent être retenus ici, à cause de leur faible densité de mesure. Notons que parmi les sept paramètres retenus, quatre ont déjà été considérés dans l'usage de l'eau à des fins récréatives.

L'évolution temporelle de l'azote ammoniacal, des nitrates, du phosphore inorganique et de la conductivité est présentée à la figure B.10. En comparant ces courbes avec celles présentées à la figure B.1 qui montre l'évolution des quatre autres paramètres (pH, turbidité, coliformes totaux et fécaux), on observe des similitudes de variation entre la turbidité et les nitrates et entre le pH, le phosphore inorganique et la conductivité. La diminution des nitrates est un peu moins linéaire que celle de la turbidité, car après la tournée F (7 - 9 juin), les valeurs sont relativement constantes jusqu'à la tournée L (8 - 11 août). L'augmentation du phosphore inorganique et de la conductivité est un peu plus prononcée que celle du pH. La principale augmentation de la conductivité se produit en juin et précède quelque peu celle observée pour le phosphore inorganique. L'azote ammoniacal subit des fluctuations différentes de celles observées pour les autres paramètres et ne montre aucune tendance réelle.

L'approche utilisée dans cette partie de l'étude est essentiellement la même que celle élaborée pour la récréation. On utilise la classification hiérarchique ascendante pour déterminer trois groupes de stations de comportement semblable dans le temps. On applique ensuite l'A.F.C.

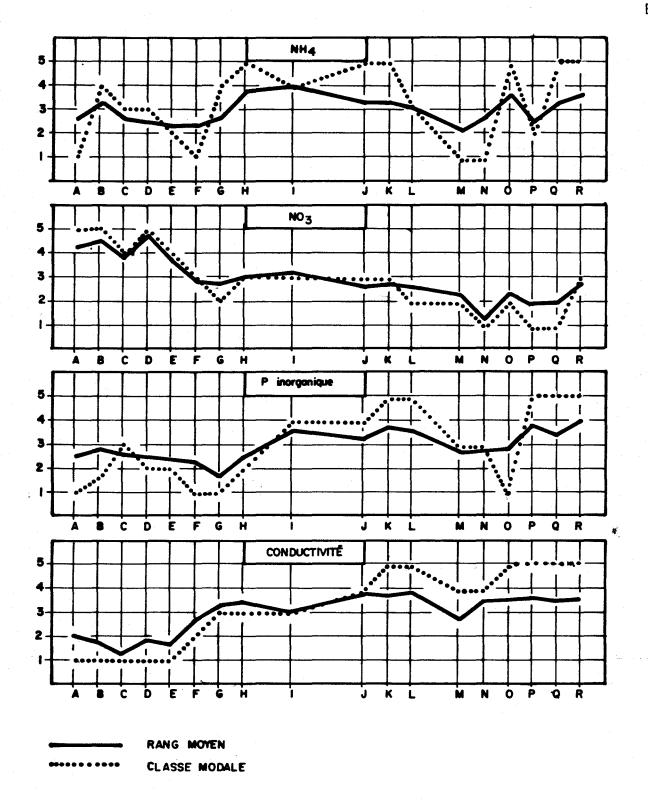


Figure B.10. Évolution temporelle de l'azote ammoniacal, des nitrates, du phosphore inorganique et de la conductivité pour l'ensemble des stations.

sur les données ramenées par groupes de stations (tableaux de comptage) et on utilise ensuite la C.A.H. pour faciliter et rendre plus objective l'interprétation des résultats de l'A.F.C. Les résultats seront présentés brièvement en faisant référence à la méthode élaborée pour l'usage récréation.

B.2.1 Groupes de stations

Suite à l'introduction de nouveaux paramètres dans le calcul du tableau des distances, on obtient un nouveau regroupement des stations en trois groupes (figure B.11). Le groupe 1 comprend maintenant une partie du tronçon Repentigny-Sorel et le tronçon du fleuve entre Québec et les iles de Sorel. Le groupe 2 couvre en grande partie le tronçon compris entre la sortie du lac Saint-François et Varennes. Le troisième groupe est constitué des stations situées sur le lac des Deux-Montagnes, sur les rivières des Prairies et des Mille-Iles, sur la rive nord du lac Saint-Louis et sur le lac Saint-François. Les trois groupes comprennent respectivement 42, 38 et 32 stations.

La composition des trois groupes de stations pour l'usage alimentation diffère de celle obtenue pour l'usage récréation. Le groupe l'comprend maintenant la majeure partie de l'ancien groupe 3, moins la e section entre le bassin Laprairie et Varennes qui appartient maintenant au groupe 2. Le groupe 3 comprend en plus de l'ancien groupe l, les sections du lac des Deux-Montagnes et de la rive nord du Lac Saint-Louis qui appartenaient à l'ancien groupe 2. Le groupe 2 ne correspond maintenant plus qu'à une partie de l'ancien groupe 2.

B.2.2 Axes factoriels

Le tableau analysé au moyen de l'A.F.C. comprend 35 colonnes (7 paramètres en 5 classes) et 54 lignes correspondant aux 18 tournées pour chacun des groupes. La neuvième tournée pour les groupes 1 et 2 (11, 21) et la troisième tournée pour le groupe 3 (3C) sont considérés avec un poids nul (points supplémentaires) à cause de la présence pour ces groupes de stations d'un grand nombre de valeurs reconstituées.

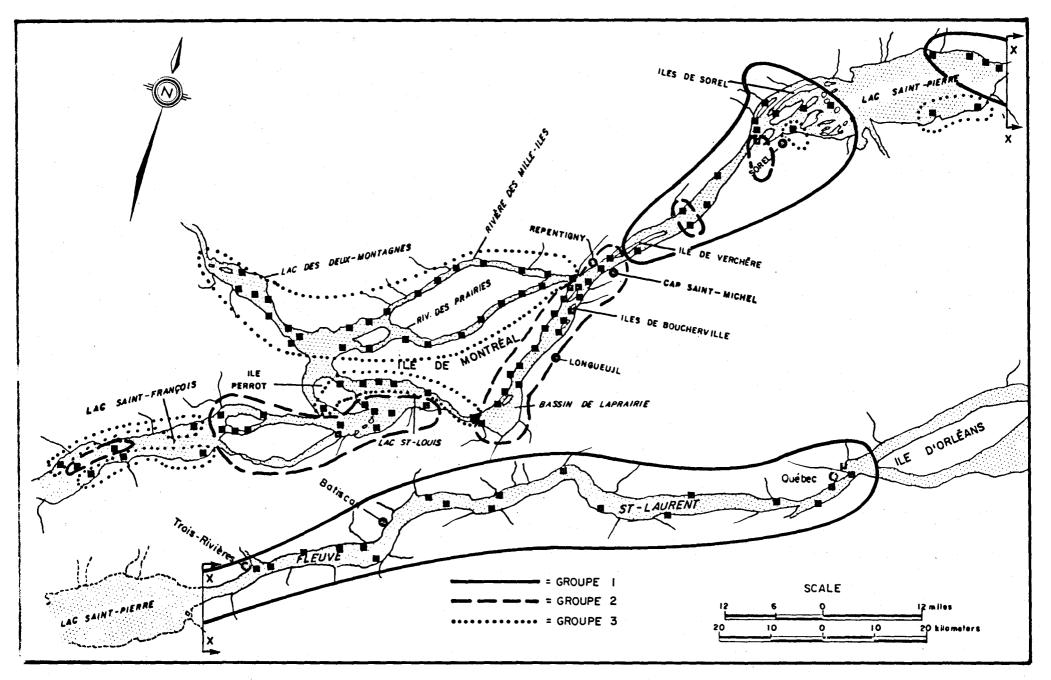


Figure B.l.I. Composition des trois groupes de stations considérés pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage alimentation .

Les premiers axes principaux expliquent respectivement 28.9, 14.9, 9.7 et 8.7% de la variabilité totale du nuage de points. Les sept premiers axes expliquent 76% de la variabilité, alors que les quatre premiers en expliquent 62%. Les quatre premiers axes fournissent donc une image assez fidèle de l'essentiel de la variabilité.

B.2.3 Etude des points paramètres

Les coordonnées des 35 points paramètres sur les quatre premiers axes principaux sont données au tableau B.7. L'examen des contributions relatives de chacun des points paramètres montre qu'à l'exception des nitrates et de la turbidité, les classes intermédiaires des autres paramètres ne sont pas bien représentés indiquant qu'ils ne sont pas déterminants dans l'étude de la variabilité temporelle. En particulier, les points PH3, PH4, AM2, AM3, AM4, CT3, CF3, PI2 et PI3 ont une contribution relative inférieure à 0.32 après les quatre premiers axes et continuent à être mal représentés après les sept premiers axes.

Les points paramètres dans le plan des axes principaux l et 2 sont représentés à la figure B.12; on a relié par des droites les classes des paramètres (à l'exception de l'azote ammoniacal (AM) pour lequel la contribution relative pour chacun des points sur ces deux axes est inférieure à 10%). La comparaison des parcours obtenus fait ressortir, en plus des relations déjà observées entre les paramètres considérés dans l'usage récréation, une forte relation entre la turbidité et les nitrates et une relation assez forte entre le pH et le phosphore inorganique. Cette image des interrelations entre paramètres est en accord avec les observations visuelles notées en examinant les courbes d'évolution dans le temps de chacun des paramètres sur les figures B.1 et B.10.

l'axe 1 (figure B.12) met en opposition les valeurs extrèmes de turbidité, de pH et de nitrate, tandis que l'axe 2 oppose principalement

TABLEAU B.7: Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage alimentation

	coordon	nées sur le	es axes fac	ctoriels ⁽¹⁾	qualité représer	de la
paramè- tre (2)	1	2	3	4	4ers axes	
PH1 PH2 PH3 PH4 PH5	49 ** 36 * 09 .21 * .62 **	.18 .20 .06 .02 40 *	.10 .11 .08 10 16	.08 .29 .13 .01 44 *	.43 .48 .15 .22 .80	.71 .53 .46 .26 .92
TU1 TU2 TU3 TU4 TU5	.85 *** .48 ** .07 51 ** 94 ***	31 .15 .42 ** .29 46 *	.04 04 .01 .05 06	.09 11 01 12 .14	.78 .59 .50 .54 .87	.79 .82 .54 .75
AM1 AM2 AM3 AM4 AM5	18 .10 .00 .10	16 02 09 .12 .17	.41 * .10 11 15 38 *	34 * 15 .07 .20	.60 .11 .08 .31 .44	.64 .66 .18 .41 .76
NIT1 NIT2 NIT3 NIT4 NIT5	.70 ** .53 ** .01 25 -1.03 ***	23 .08 .50 ** .42 * 68 *	.70 * .11 38 * 35 17	.44 11 21 40 *	.88 .54 .74 .68 .92	.96 .68 .77 .89 .96
CT1 CT2 CT3 CT4 CT5	35 * .02 .05 .09 .21	39 * 43 * .26 * .41 **	.06 .08 .08 .13 02	09 36 * .00 .09 .35 *	.61 .54 .25 .47 .50	.79 .80 .52 .57 .67
CF1 CF2 CF3 CF4 CF5	.23 .30 * 16 16 26 *	22 38 * .04 .36 ** .34 *	.06 20 .05 02 .12	11 21 .16 .07 .12	.30 .69 .21 .47 .49	.80 .78 .48 .64 .76
PI1 PI2 PI3 PI4 PI5	35 23 * 05 .31 * .34 *	.26 .06 14 01 18	.52 * .13 .06 22 50 **	43 * 12 .14 .30 *	.73 .32 .20 .52 .68	.84 .48 .39 .55

(1) contribution relative *** \geq .55 indiquée par: ** .35 \leq < .55 * .15 \leq < .35

(2) voir le tableau B.2 pour le code des paramètres

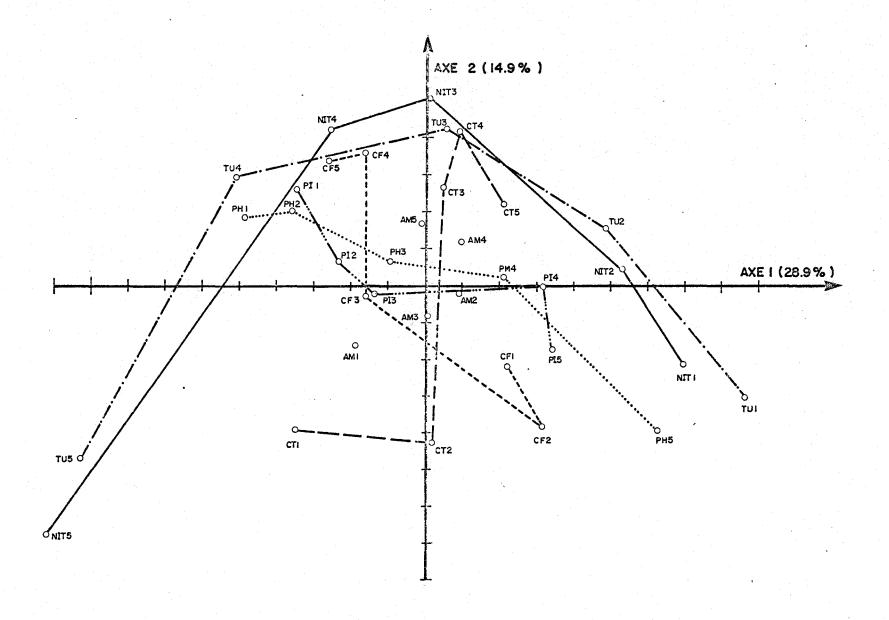


Figure B.12 .Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage alimentation .

les classes extrèmes de coliformes totaux et fécaux et fait ressortir les classes intermédiaires de nitrate et de turbidité. Les valeurs extrèmes d'azote ammoniacal et de phosphore inorganique interviennent sur l'axe 3. L'axe 4 fait ressortir d'autres caractéristiques plus particulières concernant les classes extrèmes de l'ensemble des paramètres.

B.2.4 Etude des points observations

Ici, on ne donne pas la représentation dans le plan (1, 2) des points observations (représentatifs des tournées) pour chacun des trois groupes. Les résultats de l'application de la C.A.H. sur le tableau des coordonnées des observations sur les sept premiers facteurs apparaissent au tableau B.8 et à la figure B.13. A partir des niveaux (moments d'inertie) des classes supérieures de la hiérarchie, on constate que les observations peuvent être regroupées en 2, 3, 4 ou 6 classes selon la finesse d'interprétation désirée. Avec quatre classes, on explique 47.2% de la variabilité contenue dans l'espace factoriel à sept dimensions tandis qu'avec 6 classes, on en explique 57.1%.

Sur le plan des deux premiers axes principaux, la représentation simultanée des points paramètres et des centres de gravité des classes supérieures de la hiérarchie (figure B.14) sert de base à l'interprétation de la variabilité temporelle. On a reporté également en points supplémentaires les points observations représentant les tournées pour l'ensemble des stations. Les contributions relatives des axes au moment d'innertie des classes et celles des points paramètres au diamètre des classes présentées dans les tableaux B.9 et B.10 permettent de compléter l'interprétation de la variabilité temporelle. Enfin on a reporté sur la représentation de l'arbre hiérarchique les contributions élevées des points paramètres au diamètre des classes. Rappelons que les signes + ou - indique une contribution élevée résultant d'un profil de valeurs élevé ou faible pour le point paramètre par rapport au profil moyen de la classe.

B.2.5 Caractérisation de la variabilité temporelle

La division des observations en deux grandes classes (99 et 100) sur l'axe l (figure B.14) fournit le premier niveau d'interprétation. Cette division met en opposition (figure B.13) les observations de valeurs de turbidité et de nitrate très élevées (TU5 et NIT5 pour la classe 100) aux

TABLEAU B.8: Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de l'évolution temporelle en considérant l'usage alimentation

				coordonr	nées sur le	es axes fa	ctoriels
classe	inertie (%)	constituants	diamē- tre(ρ²)	1	2	3	4
101 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91	26.3 12.9 8.0 5.6 4.3 3.4 3.3 2.9 2.0 1.7	99 - 100 94 - 97 93 - 98 90 - 96 67 - 95 86 - 87 74 - 89 81 - 91 85 - 92 76 - 88 77 - 82	.00 .15 .12 .26 .18 .40 .21 .39 .13 .14	.00 38 .34 .44 20 .51 15 56 .23 .26 45	.00 .03 03 18 .32 29 .38 26 .12 .08 08	.00 .02 02 .17 .06 .07 .11 02 21 24	.00 05 .04 .01 15 22 01 .05 .08 .03 01
90 89 88 87 86 85 82 81 77 76 74	1.1 1.1 1.1 .9 .7 .6 .5 .4 .4	1N, 1Q, 2N, 2Q, 3J, 3N 1F, 1G, 1H, 2F, 2G, 3F, 3G 1J, 1L, 2J, 2K, 2L, 3Ø 2M, 2Ø, 3K, 3M, 3P 1P, 2P 1I, 2I, 2R, 3I 1C, 1D, 1E 1B, 2A, 2B, 2D, 3A, 3D 1A, 3B, 3R 1K, 1M, 1Ø, 1R, 3L, 3Q 2H, 3H 2C, 2E, 3C, 3E	.33 .27 .31 1.13 .29 .33 .67 .26 .09	.36 13 .26 .44 .68 .10 46 67 44 .26 21	05 .35 .14 17 63 .35 07 43 09 .01	.30 .20 41 .10 03 07 .17 03 14 06 20 05	.2913 .002123 .3621 .11 .15 .05 .0029

^{*} voir notes au tableau B.4.

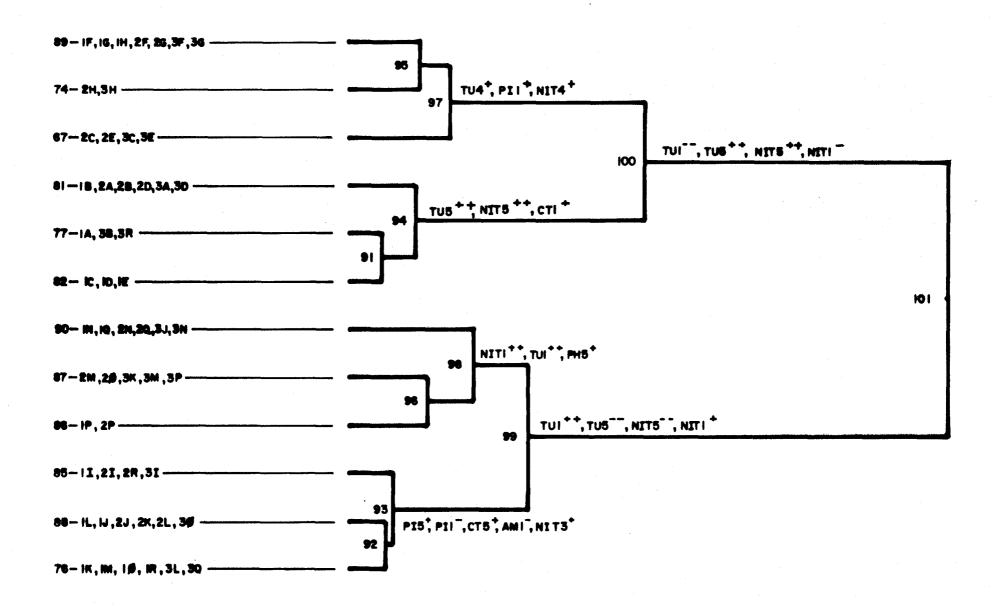


Figure B.13. Arbre hiérarchique montrant le regroupement des tournées effectuées pour les 3 groupes de stations et caractérisation des classes supérieures par les points paramètres responsables de la classe en considérant l'alimentation comme usage .

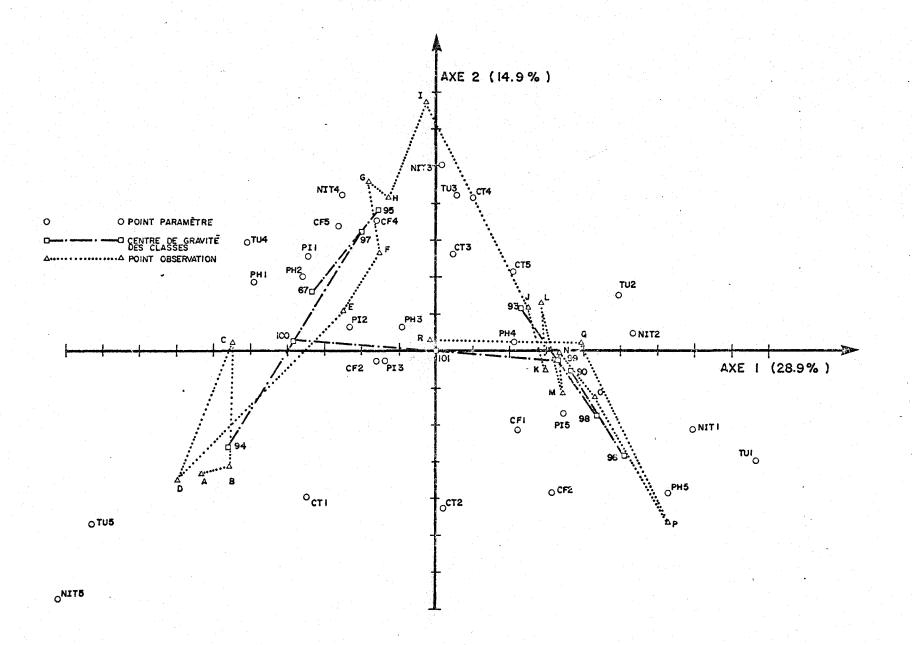


Figure B. 14. Représentation dans le plan des axes principaux I et 2 des points paramètres (dont la contribution est élevée), des points observations correspondant aux tournées pour l'ensemble des stations ainsi que des centres de gravité des classes relatives aux tournées pour les trois groupes de stations dans le cas de l'alimentation.

ည

TABLEAU B.9: Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage alimentation

axe classe	1	2	3	4	5	6	7
101	96.3	.7	.4	1.6	.2	.1	.6
100	24.1	62.4	1.2	7.3	2.1	2.2	.7
99	14.1	29.9	49.2	1.5	1.4	.0	3.9
98	4.6	12.4	12.4	58.2	7.6	4.5	.2
97	6.9	10.6	5.2	8.0	61.5	.0	7.9
96	9.0	34.4	2.9	.0	20.8	25.2	7.5
95	1.3	2.6	32.1	3.1	.4	17.9	42.7
94	19.0	50.3	.5	6.5	9.4	12.1	2.2
93	8.5	25.8	10.2	39.3	.0	10.7	5.5
92	.0	11.2	85.1	1.3	1.8	.1	.6
91	.1	.2	41.1	53.5	.0	4.6	.4

Note: voir le tableau B.8 pour les caractéristiques des classes.

TABLEAU B.10: Contributions relatives (en %) de chacun des points paramètres au diamètre des classes d'observations dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage alimentation

	100	99	98	97	96	95	94	93	90	67
PH1 PH2 PH3 PH4 PH5	5 1 0 1(-) 5(-)	5(-) 1(-) 0 1 5	2(-) 2(-) 0 0 7	4 1 0 0 3(-)	5(-) 5(-) 1(-) 0 23	3 1 0 0 2(-)	2 1 0 1(-) 3(-)	5(-) 0 0 2 1	0 0 1 0	2 0 1 0 3(-)
TU1 TU2 TU3 TU4 TU5	15(-) 4(-) 0 6 12	15 4 0 6(-) 12(-)	15 2 0 5(-) 7(-)	12(-) 1(-) 3 12 0	11 2 1(-) 5(-) 4(-)	10(-) 0 4 5 0	6(-) 4(-) 2(-) 1 24	4 4 1 3(-) 9(-)	10 0 0 2(-) 5(-)	5(-) 4(-) 0 15 0
AM1 AM2 AM3 AM4 AM5	0 0 0	1(-) 0 0 0	0 0 0 0 1(-)	0 1 1(-) 0	1 0 0 0	0 0 0 1	1 1(-) 0 0	8(-) 0 0 3 2	0 0 0 0	0 11 1(-) 1(-) 3(-)
NIT1 NIT2 NIT3 NIT4 NIT5	8(-) 5(-) 0 2 12	8 5 0 2(-) 12(-)	26 4 3(-) 6(-) 8(-)	4(-) 1(-) 4 10 4(-)	6 5 1(-) 3(-) 5(-)	1(-) 0 4 2 6(-)	4(-) 5(-) 1(-) 0 33	3(-) 2 5 1 6(-)	46 1 6(-) 8(-) 8(-)	6(-) 6(-) 1 25 0
CT1 CT2 CT3 CT4 CT5	2 0 0 0 2(-)	2(-) 0 0 0 2	0 1 0 0	2(-) 0 1 2 1(-)	0 5 0 1(-) 1(-)	3(-) 1(-) 2 4	6 0 2(-) 1(-)	4(-) 3(-) 0 1 6	0 1(-) 0 0 2	0 5 1(-) 0 2(-)
CF1 CF2 CF3 CF4 CF5	2(-) 1(-) 0 1 2	2 1 0 1(-) 2(-)	2 2 0 1(-) 2(-)	5(-) 2(-) 0 3 5	2 7 1(-) 2(-) 2(-)	5(-) 4(-) 1(-) 6 8	0 0 1 0	0 0 0] 0 1 0 1(-)	1(-) 0 1 0
PI1 PI2 PI3 PI4 PI5	5 1 0(- 2(-) 4(-)	5(-) 1(-) 0 2 4	0 0 0	11 1 0 2(-) 6(-)	0 1(-) 0 0	16 0 1(-) 1(-) 6(-)	0 0 0 1(-) 1(-)	10(-) 2(-) 1(-) 4	2(-) 0 1 1 0	0 3 0 1(-) 1(-)

^{*} voir note au tableau B.6.

observations des valeurs de turbidité et nitrate très faible (TUI et NIT1 pour la classe 99). Cette division oppose aussi jusqu'à un certain point les valeurs de pH et phosphore inorganique très élevé (PH5 et PI5) pour la classe 100 aux valeurs de pH et phosphore inorganique très faible (PH1 et PI1) pour la classe 99 (täbleau B.10). La classe 100 comprend principalement les 8 premières tournées A à H (3 mai au 22 juin) pour les 3 groupes et la classe 99 comprend les autres tournées. On voit donc que, par rapport à l'usage récréation, les nitrates et le phosphore inorganique viennent s'ajouter à la turbidité et au pH comme caractéristiques principales de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau pour l'usage alimentation

Au second niveau d'interprétation, on observe (figure B.13) une opposition entre les classes 94 et 97 sur l'axe 2 et une opposition entre les classes 93 et 98 principalement sur l'axe 3 (tableau B.9).

La classe 94 comprend (figure B.13) à quelques exceptions près les tournées du mois de mai (A à D) pour les trois groupes de stations tandis que la classe 97 comprend les tournées effectuées au mois de juin (E à H). Le passage de la classe 94 à la classe 97 reflète une diminution de la turbidité et des nitrates (NIT5 →NIT4, TU5 → TU4). Des valeurs de coliformes totaux très faibles (CT1) jouent un rôle dans la formation de la classe 94 tandis que pour la classe 97, c'est le phosphore inorganique très faible qui intervient.

Les tournées de la seconde moitié de la période se répartissent de façon non séquentielle dans les classes 93 et 98. Cependant, la classe 93 comprend principalement les tournées I à L (5 juillet au 11 août) tandis que la classe 98 englobe les autres tournées. Le passage de la classe 93 à la classe 93 (figure B.13 et B.14) traduit une diminution des nitrates (NIT3 + NIT1). La classe 93 est caractérisée (tableau B.10) par des valeurs très élevées de phosphore inorganique (PI5), de coliformes totaux (CT5) et par des valeurs très faibles d'azote ammoniacal (AM1). Par contre, la classe 98 qui représente la fin de la période d'étude, accentue les caractéristiques de la classe 99, c'est-à-dire que cette classe est marquée par des valeurs très faibles de turbidité et de nitrate (TU1, NIT1) et des valeurs très élevées de pH (PH5).

Le second niveau d'interprétation, par l'opposition des classes 94 et 99 et des classes 93 et 98, met encore en relief les variations de turbidité, de nitrate, de pH et de phosphore inorganique. Les variations des coliformes totaux et fécaux interviennent à un degré moindre dans l'étude de la variabilité temporelle. Quant à l'azote ammoniacal, les fluctuations de ce paramètre sont particulières et ne ressortent pas comme caractéristiques de la variabilité temporelle. Enfin, il faut noter qu'à ce stade, les différences de comportement dans le temps des trois groupes de stations n'ont pas une grande importance. Le plus grand nombre de paramètres chimiques considérés par rapport à l'usage récréation explique probablement le peu d'utilité de faire une séparation des stations en 3 groupes.

On peut pousser plus loin l'interprétation en considérant la division de la classe 98 en 96 et 90 et de la classe 97 en 95 et 67 (figure B.13). Cependant, l'interprétation des quatre classes supérieures de la hiérarchie fournit un niveau suffisant d'interprétation compte tenu de l'objectif de l'analyse qui consiste à faire ressortir les caractéristiques principales de la variabilité temporelle pour l'usage alimen - tation.

B.3 Vie aquatique

Pour l'étude de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau pour la vie aquatique (aptitude du milieu à maintenir une vie aquatique équilibrée), on a retenu neuf paramètres chimiques et bactériologiques reconnus importants pour cet usage de l'eau (tableau 3.6): le pH (PH), la turbidité (TU), l'azote organique (NG), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), l'azote inorganique (NI), la demande chimique en oxygène (DC), le phosphore inorganique (PI) et le phosphore organique (PG).

L'évolution temporelle de l'azote inorganique, de l'azote organique, du phosphore organique et de la demande chimique en oxygène (DCO) apparait sur la figure B.15. L'évolution temporelle du pH et de la turbidité a déjà été présentée à la figure B.1 en considérant l'usage récréation et celle des nitrates, de l'azote ammoniacal, et du phosphore inorganique a été présentée à la figure B.10 en considérant l'usage alimentation.

Aux relations visuelles déjà observées entre la turbidité et les nitrates, vient s'ajouter celle de l'azote inorganique avec ces deux paramètres. L'azote organique subit une diminution assez rapide jusqu'à la tournée F(7 - 9 juin) et se maintient ensuite à un niveau relativement constant. Le phosphore organique et la DCO subissent de fortes fluctuations et ne montrent aucune tendance tout au long de la période d'étude.

B.3.1 Groupes de stations

Le regroupement des stations en trois groupes en tenant compte de ces neuf paramètres apparait à la figure B.16. Le groupe l comprend un nombre réduit de stations situées dans le chenal et à la sortie du lac Saint-François, ainsi que dans la baie de Valleyfield. Le groupe 2 est constitué des stations situées dans le lac des Deux-Montagnes, sur la rivière des Prairies, sur la rivière des Mille-Iles et dans le lac Saint-Louis. Le troisième groupe couvre toute la section du fleuve comprise entre Québec

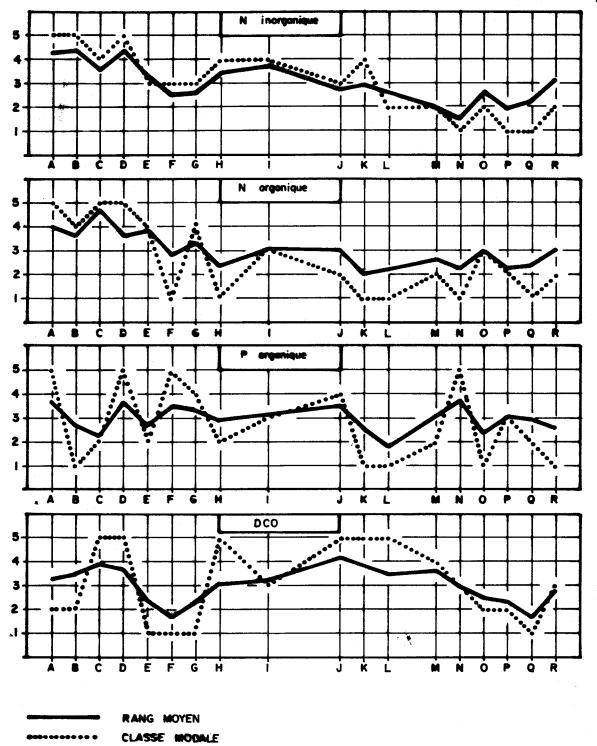


Figure 8.15. Évolution temporelle de l'azote inorganique, de l'azote organique, du phosphore organique et de la DCO pour l'ensemble des stations.

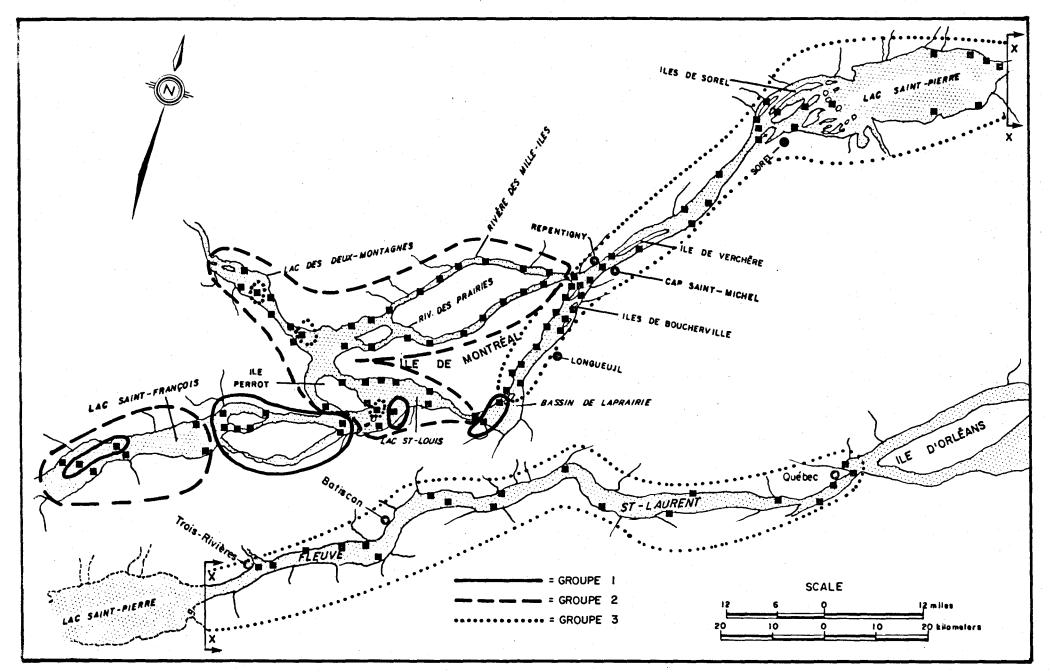


Figure B.16. Composition des trois groupes de stations considérés pour l'étude de la variabilité temporelle pour l'usage vie aquatique .

et le bassin Laprairie. Les trois groupes comprennent respectivement 12, 40 et 60 stations. Le groupe 3 reflète donc la tendance générale sur le fleuve Saint-Laurent.

B.3.2 Axes factoriels

Le tableau de données analysé au moyen de l'A.F.C. pour l'usage vie aquatique comprend 45 colonnes (9 paramètres en 5 classes) et 54 lignes correspondant aux tournées pour chacun des trois groupes. La troisième tournée pour le groupe 2 (2C) et la neuvième tournée pour le groupe 3 (3I) sont considérés avec un poids nul (points supplémentaires) à cause du grand nombre de valeurs reconstituées pour les deux groupes de stations lors de ces deux tournées.

Les premièrs axes principaux expliquent respectivement 30.1, 12.6, 10.6 et 6.4% de la variabilité totale du nuage de points. Les sept premiers axes expliquent 74% de la variabilité, tandis que les quatre premiers en expliquent 60%. On voit qu'après trois axes, la variabilité expliquée atteint un palier; la représentation sur ces trois axes donne donc une image assez fidèle de l'essentiel de la variabilité.

B.3.3 Etude des points paramètres

Les coordonnées des 45 points-paramètres sur les quatre premiers axes principaux apparaissent au tableau B.ll. Comme pour l'usage alimentation, on constate que les classes intermédiaires des paramètres, à l'exception des nitrates, de l'azote inorganique et de la turbidité, ne sont pas bien représentés. Après quatre axes, la contribution relative des classes intermédiaires des paramètres comme le pH (PH3, PH4), l'azote organique (NG3), l'azote ammoniacal (AM3, AM4), la DCO (DC2, DC3), le phosphore inorganique (PI3) et le phosphore organique (PG2, PG3, PG4) est inférieure à 25%.

Les points paramètres dans le plan des deux premiers axes principaux sont représentés à la figure B.17; afin de faire ressortir les liaisons entre paramètres, on relié par des droites les classes des paramètres,

TABLEAU B.11: Coordonnées sur les axes factoriels et contributions relatives des points paramètres dans l'étude de la variabilité temporelle pourl'usage vie aquatique

				-							-		
(2)	coordon	nées sur le	es axes fac	toriels (1)	qualité présen		(2)	coordon	nées sur l	es axes fac	toriels (1)	qualité présen	
para- mètre	l ,	2	3	4	4ers axes	7ers axes	para- mètre	1	2	3	4	4ers axes	7ers axe
PH1	43 *	.18	06	24	.43	.65	NII	73 **	46 *	45 *	03	.86	.94
PH2	31 *	.05	17	14	.32	.58	NI2	.41 **	.12	.01	19	.54	.63
PH3	05	03	13	-,11	.16	.19	NI3	01	.52 ***	.02	.03	.65	.82
PH4	.17	.06	.13	.00	.21	.30	NI4	23	.44 **	.27	15	.68	.72
PH5	.54 *	24	. 18	.46 *	.62	.84	NI5	96 ***	49 *	.22	07	.91	.95
TUI	.78 ***	36	.16	21	.73	.80	DC1	.17	.24	58 **	51 *	.72	.92
TU2	.46 **	.14	.17	.18	.62	.74	DC2	.21	.03	11	.18	.23	.54
TU3	.11	.35 *	04	11	.42	.48	DC3	.06	02	.14	.05	.07	.39
TU4	45 **	.36 *	19	04	.64	.69	DC4	21	26	.24	.24	.43	.69
TU5	93 ***	-,41	12	16	.84	.87	DC5	28	02	.36 *	.07	.28	.74
NG1	.41 ×	20	.13	15	.44	.65	PII	21	.35	57 **	. 26	.66	.72
NG2	.38 **	04	.14	.09	.55	.58	PI2	17	.10	22 * :	.08	.40	.50
NG3	.10	.05	07	.03	.07	.49	PI3	06	15	06	.00	.12	. 35
NG4	19	.20	09	.02	.27	.51	PI4	.24	18	.28 *	22	.50	.71
NG5	74 ***	.00	13	.01	.60	.69	PI5	.22	16	.57 **	14	.63	.77
AM1	12	12	41 *	36 *	.60	.76	PG1	.09	.22	.27	.23	.30	.82
AM2	.14	.12	16	.14	.27	.39	PG2	.08	.09	.06	.02	.08	.38
AM3	02	05	.07	.04	.05	.07	PG3	.08	05	01	04	.07	.31
AM4	.07	.04	.14	15	.16	.55	PG4	05	03	17	08	.15	.63
, AM5	06	.02	.39 *	42 *	.57	.67	PG5	20	23	-,17	14	.37	.53
NITI	.72 **	50 *	42	29	.89	.91							
NIT2	.55 **	.06	.01	.31 *	.72	.83		(1) cont	ribution r	elative in	diquée par	:	
NIT3	.05	.49 **	.26	01	.56	.68		***	≥ .55				

.88

.95

.92

-.09

.06

^{.35 ≤ &}lt; .55 .15 ≤ < .35

⁽²⁾ voir le tableau B.2 pour le code des paramètres

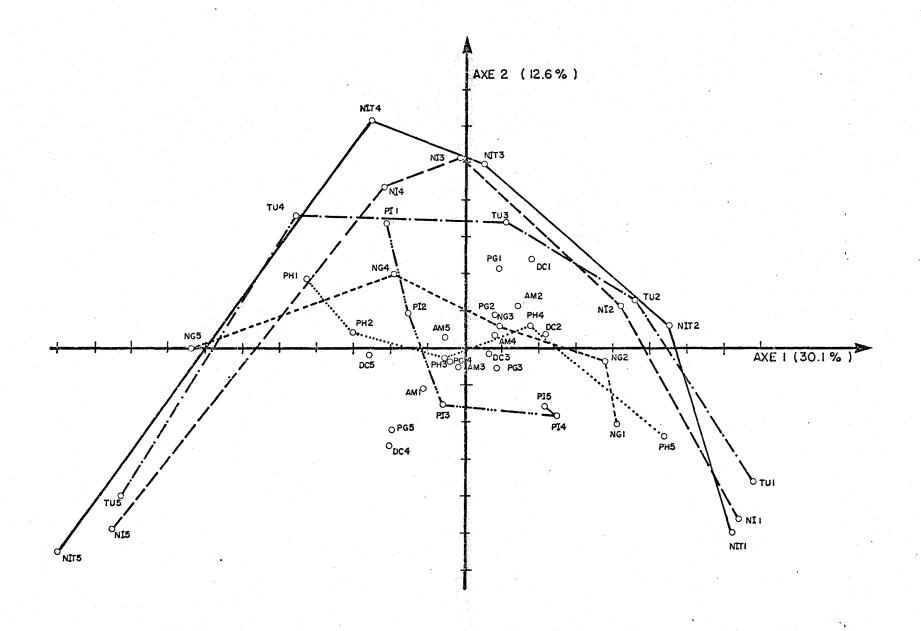


Figure B.17. Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage vie aquatique .

sauf l'azote ammoniacal, la DCO et le phosphore organique dont la qualité de représentation sur ces deux axes de chacun des points est trop faible. On constate que les nitrates, la turbidité et l'azote inorganique sont étroitement reliés entre eux d'après leur similitude de parcours, ce qui confirme les observations effectuées précédemment (B.3.1). L'azote organique est relié à un certain point à ces trois paramètres. Les relations déjà observées pour les autres usages entre le pH et le phosphore inorganique sont encore constatées. Quant aux autres paramètres tels que l'azote ammoniacal, la DCO, et le phosphore creganique, ils ont chacun une variation spécifique.

L'axe 1 met encore en opposition les valeurs extrèmes des paramètres qui sont étroitement reliés entre eux. Sur l'axe 1, on retrouve d'un côté les valeurs très élevées d'azote inorganique (NI5), des nitrates (NIT5) et de la turbidité (TU5) et de l'autre côté les valeurs très faibles de ces paramètres (NI1, NIT1 et TU1). L'axe 1 oopose également les valeurs extrèmes d'azote organique et de pH. Sur l'axe 2, on retrouve d'un côté les classes intermédiaires de nitrate (NIT3, NIT4), d'azote inorganique (NI3, NI4) et de turbidité (TU3, TU4) et de l'autre côté, les valeurs extrèmes de ces trois paramètres (TU1, TU5, NI1, NI5, NIT1, NIT5). L'axe 3 fait ressortir l'opposition entre d'une part, les faibles valeurs d'azote ammoniacal (AM1), de la DCO (DC1) et du phosphore-inorganique (PI1) et d'autre part, les valeurs extrèmes de ces trois paramètres (AM5, DC5, PI5).

B.3.4 Etude des points observations

Les résultats de l'application de la C.A.H. sur le tableau des coordonnées des observations sur les sept premiers facteurs apparaissent au tableau B.12 et à la figure B.18. D'après les différences de niveau des classes supérieures de la hiérarchie, on peut retenir, selon la finesse d'interprétation désirée, quatre, cinq ou six classes avec 54.2, 61.3 ou 66.5% de la variabilité contenue dans l'espace factoriel à sept dimensions.

TABLEAU B.12: Principales caractéristiques de classes de la hiérarchie produite dans l'étude de l'évolution temporelle en considérant l'usage vie aquatique

classe	inertie	constituants	diamètre	coordon	nées sur le	es axes fac	ctoriels
	(%)		(ρ ²)	1	2	3	4
103 102 101 100 99 98 97 96 95 94	26.4 19.2 9.6 7.1 5.2 3.4 2.7 2.6 2.3 1.9	82 - 102 99 - 101 97 - 100 90 - 94 96 - 98 77 - 95 84 - 93 85 - 92 49 - 81 87 - 91 79 - 88	.00 .02 .05 .12 .22 .32 .16 .26 .32 .26	.00 .13 07 18 .43 .48 .13 .37 .41 39	.00 .06 .21 .26 17 12 .11 21 02 .15	.00 .01 .06 10 07 .01 .33 15 00	.00 01 03 04 .01 .24 01 21 .32 09
92 91 90 88 87 85 84 82 81 79 77 49	1.4 1.4 1.3 1.2 .8 .7 .6 .5 .5	1Q, 2Q, 3Q, 3R 1H, 1I, 2H, 2R 1E, 1F, 1G, 2E, 2F, 2G, 3E, 3F, 3G, 3H 1J, 1R, 2I, 3I, 3J 1B, 1C, 2B, 2C, 3C 1N, 2J, 2N, 3N 1K, 1L, 3K, 3L 1A, 1D, 2A, 2D, 3A, 3B, 3D 1M, 2K, 2L, 2M 2Ø, 3M 1Ø, 1P, 2P, 3P 3Ø	.28 .28 .19 .25 .36 .38 .26 .38 .26	.35 27 06 01 49 .40 .13 79 .45 .29 .60	15 .11 .33 .18 .18 27 .11 44 13 .02 28 .21	05 .31 25 .24 .01 25 .46 04 03 .26 .04	34 22 01 10 .02 08 02 .08 .33 .12 .12

^{*} voir notes au tableau B.4.

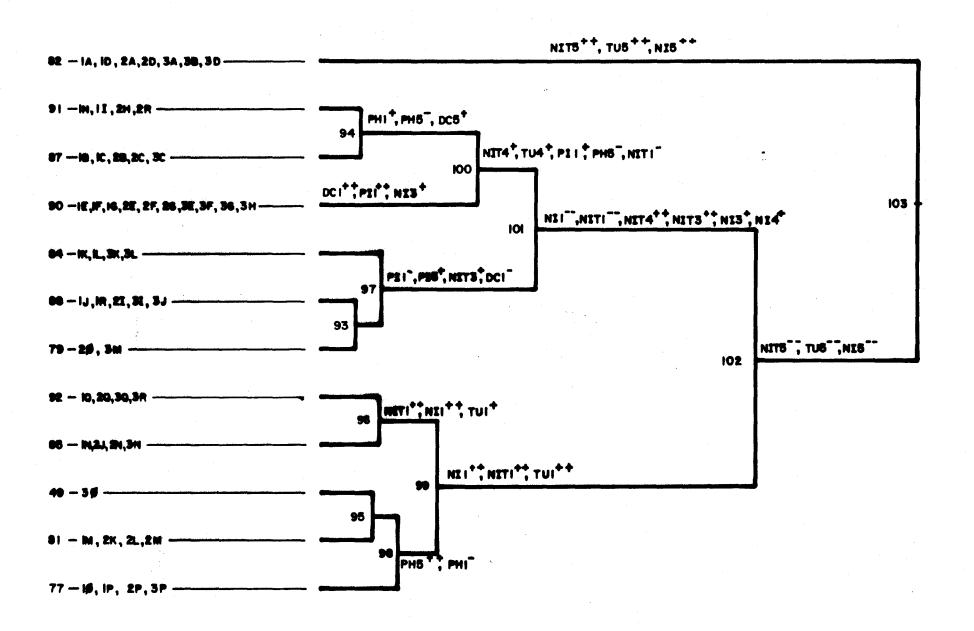


Figure B.18. Arbre hiérarchique montrant le regroupement des tournées effectuées pour les 3 groupes de stations et caractérisation des classes supérieures par les points paramètres responsables de la classe, en considérant la vie aquatique comme usage.

Comme pour les deux autres usages considérés, les points paramètres et les centres de gravité des classes supérieures de la hiérarchie sont représentées dans le plan des deux premiers axes principaux (figure B.19). On a calculé et reporté sur la figure les coordonnées des points observations (en points supplémentaires) représentant les tournées pour l'ensemble des stations. Les contributions relatives des axes au moment d'inertie des classes et celles des points paramètres au diamètre des classes sont présentés dans les tableaux B.13 et B.14 pour faciliter l'interprétation de l'analyse.

B.3.5 Caractérisation de la variabilité temporelle

La division des observations en deux grandes classes (82 et 102) ne se fait pas entièrement sur l'axe l (figure B.19) comme pour les deux usages. Ce premier niveau d'interprétation (figure B.19) met en évidence les tournées comportant des valeurs très élevées en nitrate (NIT5), en azote inorganique (NI5) et en turbidité (TU5). La classe 82 comprend les tournées A et D (3 - 6 mai et 23 - 25 mai) pour les trois groupes de stations et la tournée B (10 - 11 mai) pour le groupe 3 qui est constitué de la majorité des stations sur le fleuve Saint-Laurent.

Au second niveau d'interprétation, on retrouve les classes 99 et 101 qui s'opposent sur les deux premiers axes (59% sur l'axe 1 et 34% sur l'axe 2). La classe 101 comprend principalement les tournées C (16 -10 mai) et les tournées E à I (30 mai - 7 juillet) pour les trois groupes et les tournées J, K, L (25 juillet au 11 août) pour les groupes 1 et 3. La classe 101 précède donc chronologiquement la classe 99 et traduit le passage des valeurs intermédiaires en nitrate (NIT4, NIT3), azote inorganique (NI3, NI4) et turbidité (TU3,TU2) aux valeurs très faibles de ces paramètres (TU1, NIT1 et NI1).

La division de la classe 101 en 100 et 97 se fait principalement sur l'axe 3 (tableau B.13). La classe 100 correspond principalement aux tournées effectuées au milieu du mois de mai et au cours du mois de juin (tournées B, C, E à H) alors que la classe 97 correspond à des tournées effectuées entre la fin de juillet et la mi-août. Le passage de la classe 100 à la classe 97 sur l'axe 3 traduit une augmentation de la DCO, du

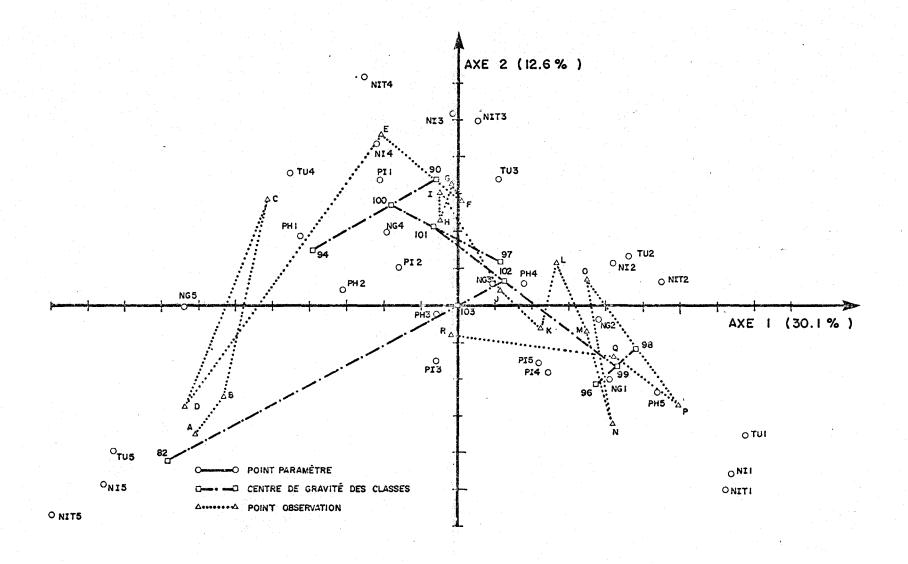


Figure B.19 .Représentation simultanée dans le plan des axes principaux I et 2 des points paramètres (dont la contribution est élevée), des points observations correspondant aux tournées pour l'ensemble des stations ainsi que des centres de gravité des classes relatives aux tournées pour les trois groupes de stations dans le cas de la vie aquatique .

TABLEAU B.13: Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage vie aquatique.

axe classe	1	2	3	4	5	6	7
103	80.5	17.8	.3	.9	.5	.0	.1
102	59.4	33.9	4.0	.3	.1	1.6	.7
101	27.5	6.8	55.5	.3	.3	1.1	8.7
100	25.9	7.6	39.5	1.7	19.3	3.6	2.5
99	4.6	2.8	8.9	76.0	3.4	.5	3.7
98	8.9	16.9	.6	10.4	15.8	46.1	1.3
97	.0	.0	17.2	.1	.0	8.0	74.8
96	1.2	5.3	14.9	24.3	34.3	.2	19.7
95	3.2	25.0	.6	.2	42.9	27.9	.1
94	17.7	1.8	32.3	22.0	7.1	15.4	3.8
93	37.1	10.6	.2	20.0	7.3	10.8	14.0

Note: voir le tableau B.13 pour les caractéristiques des classes

TABLEAU B.14: Contributions relatives* (en %) de chacun des points paramètres au diamètre des classes d'observation dans l'étude de la variabilité temporelle en considérant l'usage vie aquatique.

	102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	90	82
PH1 PH2 PH3 PH4 PH5	0 1(-) 0 1	2 0 0 0 3(-)	4 1 0 0 7(-)	2(-) 1(-) 0 0 3	6(-) 2(-) 0 0 14	1(-) -1(-) -1(-) -2	0 0 0	3(-) 1(-) 0 0 5	9 1 0 0 10(-)	1(-) 0 0 0 1	0 0 0 0 1(-)	0 0 0 0
TU1 TU2 TU3 TU4 TU5	4 3 1 0 18(-)	4(-) 0 2 3 2(-)	9(-) 1(-) 1 8 0	9 2 0 3(-) 5(-)	5 3 0 3(-) 3(-)	2 3 0 2(-) 5(-)	9 0 0 2(-) 4(-)	0 6 0 1(-) 3(-)	5(-) 1(-) 0 4 1	1 3 1 2(-) 4(-)	5(-) 0 2 5 0	3(-) 3(-) 1(-) 0 19
NG1 NG2 NG3 NG4 NG5	1 0 0 5(-)	2(-) 0 0 1	2(-) 2(-) 0 1 3	4 2 0 1(-) 5(-)	2 3 0 1(-) 5(-)	0 1 0 0 2(-)	4 0 0 1(-) 3(-)	1 3 0 1(-) 5(-)	0 1(-) 1(-) 0 5	2(-) 0 1 1 2(-)	3(-) 1(-) 0 3 1	2(-) 1(-) 0 0 4
AM1 AM2 AM3 AM4 AM5	1(-) 0 0 0	1(-) 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	1 0 0 2(-)	5(-) 0 0 1 2	0 0 0 0	1 0 0 0 2(-)	0 0 0 0 4	2(-) 0 0 2 0	1 1 0 0 2(-)	1 0 0 0 0
NTI1 NTI2 NTI3 NTI4 NTI5	2 3 2 1 25(-)	15(-) 1(-) 9 14 3(-)	6(-) 2(-) 1 10 0	15 4 2(-) 5(-) 6(-)	4 7 1(-) 3(-) 5(-)	5(-) 0 8 2 5(-)	26 0 2(-) 5(-) 5(-)	2 12 1(-) 3(-) 6(-)	7(-) 3(-) 0 5 4	3(-) 0 10 1 6(-)	2(-) 0 2 6 3(-)	1(-) 3(-) 2(-) 1(-) 27
NII NI2 NI3 NT4 NT5	2 2 1 0 18(-)	15(-) 0 9 7 2(-)	6(-) 0 5 3 0	16 1 2(-) 3(-) 5(-)	7 3 1(-) 2(-) 6(-)	6(-) 1 2 2 1(-)	18 0 3(-) 2(-) 3(-)	6 4 1(-) 1(-) 7(-)	6 3 0 5 4	4(-) 1 3 1 2(-)	2(-) 0 6 1 5(-)	2(-) 2(-) 1(-) 1(-) 20
DC1 DC2 DC3 DC4 DC5	1 0 0 2(-) 0	0 0 0 0	6 0 1(-) 2(-) 0	0 1 0 0 1(-)	1(-) 3 0 0 1(-)	8(-) 0 1 1 2	4 0 0 1(-) 1(-)	5(-) 1 1 0 0	1(-) 3(-) 0 0 8	7(-) 1(-) 2 3 1	15 1 0 5(-) 4(-)	1(-) 0 0 1 0
PI1 PI2 PI3 PI4 PI5	0 0 0 0 0	0 0 0 0	8 1 0 3(-) 3(-)	0 0 0 0	0 0 0 0	11(-) 2(-) 0 5 7	1(-) 0 0 1	1 0 0 1(-)	0 1 0 1(-) 0	9(-) 2(-) 0 8 1	13 1 1(-) 3(-) 5(-)	0 0 0 0
PG1 PG2 PG3 PG4 PG5	1 0 0 0 2(-)	0 0 0 0 1(-)	0 0 0 0	0 0 0 0	3 0 0 1(-) 1(-)	0 0 0 0	1(~) 0 0 0 0	9 1 0 2(-) 3(-)	2 1 1(-) 1(-)	5(-) 1(-) 1 3 0	0 0 0 0	1(-) 1(-) 0 0 2

^{*} voir note au tableau B.6.

phosphore inorganique et du pH et une certaine diminution de l'azote inorganique.

Si on veut considérer plus que quatre classes d'observations, on retrouve une opposition des classes 90 et 94 sur les axes 1 et 3 et une opposition des classes 96 et 98 sur l'axe 4 (tableau B.13). La classe 90 oppose (figure B.18) les tournées E, F et G (30 mai - 17 juin) des groupes 1 et 2 aux tournées B, C et H (10 - 18 mai et 30 mai - 1 juin) de la classe 94. Le passage de 94 à 90 reflète principalement une diminution brusque de la DCO (DC5 \rightarrow DC1) (figure B.19). La classe 94 est caractérisée par un pH très faible (PH1) et la classe 90 par des valeurs de phosphore inorganique très faible (PI1) (tableau B.14).

La division de la classe 99 en 96 et 98 sur l'axe 4 s'interprète aussi à partir de l'information contenue sur le tableau B.14 et sur la figure B.19. La classe 96 accentue les caractéristiques observées pour la classe supérieure 99, (NIT1, NI1 et TU1), tandis que la classe 98 fait ressortir, en plus, une contribution importante des valeurs de pH très élevé (PH5) à la formation de cette classe. Au cours des mois d'août et de septembre, la qualité de l'eau fluctue et posséde les caractéristiques de l'une ou l'autre de ces deux classes.

On peut donc dire que la variabilité temporelle de la qualité de l'eau pour l'usage vie aquatique est caractérisée en premier lieu par les trois paramètres, turbidité, nitrates et azote inorganique et ensuite par les cinq paramètres, pH, azote organique, azote ammoniacal, DCO et phosphore inorganique. Les variations du phosphore organique n'interviennent pas à ce stade comme caractéristiques de la variabilité temporelle. De plus, il s'avère impossible de regrouper chronologiquement les tournées en raison des fluctuations de plusieurs des paramètres dominants dans l'analyse.

				ĺ
				İ
				1
				i
				1

ANNEXE C

Analyse de la variabilité spatiale de la qualité de l'eau du fleuve St-Laurent

TABLE DES MATIERES

			PAGE
LIST	E DES T	ABLEAUX	ii
LIST	E DES F	IGURES	iv
INTR	ODUCT IO	IN	C1
c.1	Récréa	tion	C3
	C.1.1	Axes factoriels	C3
	C.1.2	Etude des points paramètres	C3
	C.1.3	Etude des points observations	C 5
	C.1.4	Caractérisation de la variabilité spatiale pour l'usage	
		récréation	C13
C.2	Alimen	tation en eau	C16
	C.2.1	Axes factoriels	C17
	C.2.2	Etude des points paramètres	C17
	C.2.3	Etude des points observations	C20
	C.2.4	Caractérisation de la variabilité spatiale pour l'usage	
		alimentation en eau	C23
C.3	Vie aq	uatique	C29
	C.3.1	Axes factoriels	C30
	C.3.2	Etude des points paramètres	C30
	C.3.3	Etude des points observations	C33
	C.3.4	Caractérisation de la variabilité spatiale pour l'usage	
		vie aquatique	0.39

LISTE DES TABLEAUX

		PAGE
C.1	Codification des stations employée dans l'analyse de la variabilité spatiale	C2
C.2	Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres pour l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage récréation	C4
C.3	Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation	C8
C.4	Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation	C11
C.5	Contributions relatives (en %) des points paramètres au dia- mètre des classes d'observations dans l'étude de la variabi- lité spatiale en considérant l'usage récréation	C12
C.6	Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres pour l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage alimentation	C18
C.7	Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation	C22
C.8	Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation	C25
C.9	Contributions relatives (en %) des points paramètres au dia- mètre des classes d'observations dans l'étude de la variabi- lité spatiale en considérant l'usage alimentation	C26
C10	Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage vie aquatique	C31

LISTE DES TABLEAUX (suite)

		PAGE
C.11	Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique	C35
C.12	Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique	C37
C.13	Contributions relatives des points paramètres au diamètre des classes d'observations dans l'étude de la variabilité spatia-le en considérant l'usage vie aquatique	

LISTE DES FIGURES

		PAGE
C.1	Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation	C6
C.2	Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes des stations pour l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation	C7
C.3	Représentation dans le plan des axes 1 et 2 des points paramètres et des centres de gravité des classes relatives aux stations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation	C10
C.4	Délimitation sur le Saint-Laurent de zones formées par les 5 groupes de stations obtenus dans l'étude de la variabi- lité spatiale en considérant l'usage récréation	C14
C.5	Représentation dans le plan des axes l et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation	C19
C.6	Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes des stations pour l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation en eau	C21
C.7	Représentation dans le plan des axes l et 2 des points paramètres et des centres de gravité des classes relatives aux stations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation	C24
C.8	Délimitation sur le Saint-Laurent de zones formées par les 5 groupes de stations obtenus dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation	C2 8

LISTE DES FIGURES (suite)

		PAGE
C.9	Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique	C32
C.10	Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes des stations pour l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique	C34
C.11	Représentation dans le plan des axes 1 et 2 des points para- mètres (dont la contribution est élevée) et des centres de gravité des classes relatives aux stations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique	C36
C.12	Délimitation sur le Saint-Laurent des zones formées par les 5 groupes de stations obtenus dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique	C40

INTRODUCTION

Cette section présente, de manière détaillée, l'analyse de la variabilité spatiale de la qualité de l'eau du fleuve St-Laurent. Les méthodes statistiques employées sont les mêmes que celles utilisées pour l'analyse de la variabilité temporelle. On effectue successivement trois analyses en considérant, dans chaque cas, le groupe de paramètres reliés aux trois utilisations de l'eau, soit la récréation, l'alimentation et la vie aquatique.

L'étape de préparation des données, soit le filtrage des effets temporels et des valeurs aberrantes ainsi que la reconstitution des valeurs manquantes est décrite dans le texte principal (section 5.1). Le codage des valeurs et la réduction des données en un tableau de comptage sont également décrits dans le texte principal (section 5.2). Le tableau de départ qui est analysé au moyen de l'A.F.C. comprend 112 observations (stations) et 5K colonnes (K paramètres séparés en 5 classes).

L'analyse de la variabilité spatiale est faite en examinant, dans l'espace factoriel, la position des points représentatifs des paramètres (points paramètres) et des points représentatifs des stations (points stations). L'interprétation des résultats de l'A.F.C. est effectuée par la C.A.H. en considérant les coordonnées des points observations sur les premiers axes principaux.

Dans la présentation des résultats, on emploie des codes pour identifier les stations et les paramètres. L'identification des codes des stations est présentée au tableau C.1. On référera au tableau B.2 (Annexe B) pour la codification des paramètres. Les classes des paramètres sont identifiées en faisant suivre le code par un chiffre variant de 1 à 5. Par exemple, TU1 représente la classe des valeurs très faibles (classe 1) de la turbidité (la valeur de concentration d'un paramètre croit avec le numéro de la classe).

Tableau C.1: Codification des stations employée dans l'analyse de la variabilité spatiale

<u> </u>			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
			Riv. des Prairies1	
			Mille Iles ² , Lac	
Rive mord	Rive sud	Iles	Deux Montagnes ³	Chenal
01 - 95.0	38 - 98.5	62 - 115.3	79 - 2.1	105 - 97.0
02 - 112.2	39 - 104.2	63 - 116.3	80 - 4.7	106 - 102.7
03 - 130.5	40 - 115.7	64 - 117.2	81 - 6.0	107 - 131.3
04 - 131.6	41 - 139.4	65 - 117.5	82 - 8.9	108 - 138.6
05 - 132.1	42 - 141.1	66 - 121.0	83 - 10.0	109 - 162.2
06 - 132.9	43 - 143.8	67 - 126.7	84 - 10.1	110 - 202.5
07 - 135.7	44 - 150.0	68 - 167.0	85 - 13.8	111 - 242.0
08 - 139.0	45 - 160.5	69 - 175.2	86 - 14.9	112 - 311.8
09 - 140.0	46 - 165.4	70 - 175.5	87 - 17.5	
10 - 144.9	47 - 169.1	71 - 176.5	88 - 17.7	
11 - 148.2	48 - 174.1	72 - 178.5	89 - 18.0	
12 - 152.0	49 - 177.3	73 - 180.0	90 - 2.5	
13 - 154.0	50 - 189.7	74 - 184.2	91 - 7.2	
14 - 161.2	51 - 193.0	75 - 209.8	92 - 10.7	
15 - 164.5	52 - 2 00.2	76 - 210.5	93 - 14.7 2	
16 - 165.9	53 - 205.5	77 - 210.9	94 - 18.0	•
17 - 168.7	54 - 228.3	78 - 211.9	95 - 21.5	
18 - 173.1	55 - 233.0		96 - 24.0	
19 - 176.0	56 - 252.2		97 - 2.8	
20 - 190.0	57 - 268.3		98 - 5.5	
21 - 197.1	58 - 273.6		99 - 9.0	
22 - 203.0	59 - 288.0	·	100 - 12.0	
23 - 225.7	60 - 298.0		101 - 14.8	
24 - 232.0	61 - 315.3		102 - 17.5	
25 - 233.4	01 01010		103 - 22.5	
26 - 235.0			104 - 29.7	
27 - 243.0			104 - 25.7	
28 - 245.2				
29 - 249.5				
30 - 253.0				
31 - 266.1				
32 - 271.5	·			
33 - 282.0				
34 - 297.8				
35 - 317.2				
36 - 318.2				
37 - 318.5				

^{*} Code de l'étude

^{**} Code original (cf tableau 3.4)

C.1 Récréation

Les quatre paramètres qui sont retenus pour l'analyse de la variabilité spatiale pour l'usage récréation sont les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), le pH (PH) et la turbidité (TU).

C.1.1 Axes factoriels

L'A.F.C. a été appliquée sur le tableau (112 lignes, 20 colonnes) dont les colonnes correspondent aux quatre paramètres séparés chacun en 5 classes et dont les lignes correspondent aux 112 stations. Les quatre premiers axes principaux expliquent respectivement 30.8, 20.0, 12.8 et 10.3% de la variabilité du nuage de points pour un total de 73.9%. Les six premiers axes principaux, avec 87% de la variabilité totale, sont retenus pour l'analyse et l'interprétation qui suivent.

C.1.2 Etude des points paramètres

Les coordonnées des 20 points paramètres sur les quatre premiers axes principaux et leurs contributions relatives sont données au tableau C.2. Les cinq classes de coliformes totaux et coliformes fécaux sont toutes très bien représentées sur les six premiers axes principaux (.90 à .98). Pour le pH et la turbidité, seules les classes extrêmes de pH et de turbidité sont très bien représentées. On voit que le fait de considérer six axes au lieu de quatre a amélioré spécialement la qualité de la représentation. L'axe 1 oppose (figure C.1), d'une part, les valeurs très faibles de coliformes totaux (CT1, CT2) et fécaux (CF1, CF2) ainsi que les fortes valeurs de pH (PH5), et d'autre part, les fortes valeurs des deux paramètres bactériologiques (CT4, CT5, CF4, CF5) et les faibles valeurs de pH (PH1). Sur l'axe 2, on retrouve principalement une opposition entre les valeurs intermédiaires de coliformes totaux et fécaux (CT3, CF3) et les valeurs très fortes de ces deux paramètres (CT5, CF5).

Tableau C.2: Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres pour l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage récréation

		onnées sur	les axes f	qualité de la repr é sentation (contribution cumulée)		
Para- metre	1	2	3	4	4 axes	6 axes
PH1	.58*	.18	.90**	.02	.54	. 95
PH2	.35	.51*	.62*	13	.62	.70
PH3	.29	.10	29	.25	.23	.74
PH4	18	36	75**	.27	.71	.74
PH5	-1.02**	43	47	41	.84	.86
						:
TUI	71	64*	35	38	.78	.82
TU2	.04	38*	17	06	.32	.47
TU3	28	.17	.13	.01	.24	.33
TU4	.35*	.23	.19	.10	.37	.37
TU5	.04	.63*	.19	.33	.38	.77
CT1	-1.23***	23	.46	29	. 89	.94
CT2	68*	.32	.16	.64*	.73	.90
СТЗ	.17	.75**	69*	.11	.75	.90
CT4	.75**	.31	02	76**	.82	.92
CT5	1.00**	-1.15**	.08	.30	.95	.97
CF1	-1.25***	24	.47	31	. 86	.93
CF2	70*	.31	.30	.67*	.74	.94
CF3	.16	.79**	80**	.13	.77	.94
CF4	.79**	.34	02	84**	.85	.92
CF5	97**	-1.21***	.05	.34	.96	.98
	L		,			

Contribution relative (CR) indiquée par:

*** CR ≥ .55

** $.55 < CR \ge .35$

***** .35 < CR ≥ .15

La comparaison des trajectoires obtenues en reliant par des droites les classes des paramètres dans le plan des axes principaux 1 et 2 (figure C.1) montre la présence d'une relation très forte entre les coliformes totaux et les coliformes fécaux. On distingue, en outre, une sorte de relation inverse entre la turbidité et le pH, à l'exception des valeurs très élevées de turbidité (TU5) et les valeurs très faibles de pH (PH1).

C.1.3 Etude des points observations

L'A.F.C. fournit également une représentation des 112 points observations (représentatifs des stations) dans l'espace des premiers axes principaux. En utilisant les coordonnées de ces points sur les six premiers axes factoriels, on a appliqué la C.A.H. (décrite en annexe A) et on a obtenu un arbre hiérarchique dont la partie supérieure est représentée à la figure C.2. Chaque noeud, représentant une classe, est identifié par un numéro (entre 113 et 223) correspondant à toutes les classes possibles d'observations. A chaque classe est associé un taux d'inertie qui est proportionnel au moment centré d'ordre 2 des points constituant la classe. Les valeurs relatives d'intertie présentées au tableau C.3 permettent de connaître le niveau d'interprétation atteint en considérant un certain nombre de classes. Par exemple, en considérant cinq classes, on explique 64.4% de l'inertie du nuage de points, puisque la division en deux grandes classes (noeud 223) permet d'expliquer 28.9% de la variabilité et que les subdivisions des classes inférieures (noeuds 222, 221 et 220) expliquent respectivement 16.7, 10.1 et 8.7%.

Pour mieux caractériser les classes de la hiérarchie obtenue, on a calculé les coordonnées des centres de gravité de chacune des classes sur les quatre premiers axes principaux ainsi que la distance (ρ^2) du centre de gravité de la classe au centre de gravité du nuage (tableau C.3). Plus (ρ_2) est faible (élevé), plus la classe correspondante se rapproche (s'éloigne) du

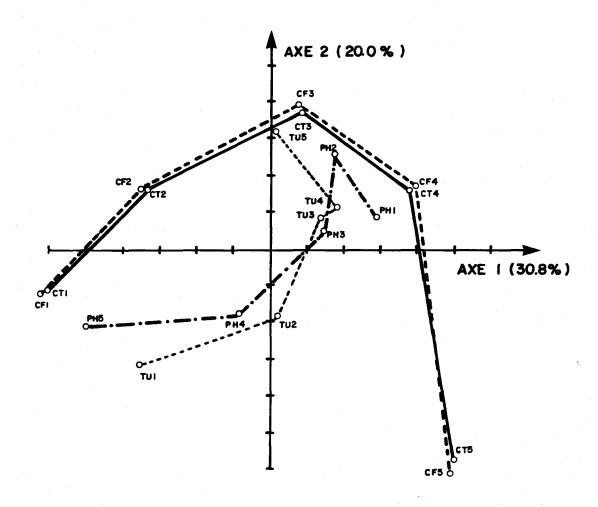


Figure C.1. Représentation dans le plan des axes l et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation.

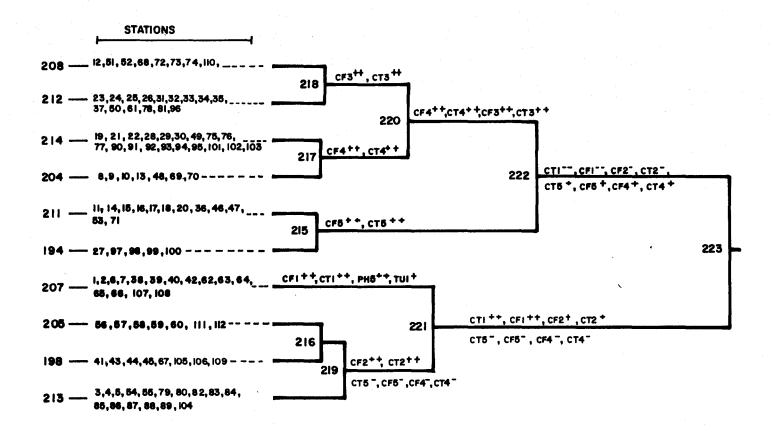


Figure C. 2. Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes des stations pour l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation.

Tableau C.3: Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation

01	T 4		مداخ میں کیا ہے۔	coordonnées sur les axes factoriels				
Classe	Inertie (%)	cons ti tuants	diamètre (ρ²)	1	2	3	4	
223	28.9	222 - 221	.00	.00	.00	.00	.00	
222	16.7	220 - 215	.27	.50	01	12	07	
221	10.1	207 - 219	.56	72	.01	.17	.09	
220	8.7	218 - 217	.34	.42	.31	17	20	
219	4.6	216 - 213	.49	50	.21	.23	.33	
218	3.4	208 - 212	.58	.18	.55	44	.07	
217	3.2	214 - 204	.63	.63	.11	.07	44	
216	3.1	205 - 198	.72	60	.14	20	.43	
215	3.0	211 - 194	1.53	.73	93	.03	.32	
207	.6		1.70	-1.16	41	.04	39	

profil moyen. On observe ainsi sur le tableau C.3 que la classe 215 $(\rho^2 = 1.53)$ a un comportement beaucoup plus spécifique que les classes 216 à 219 $(.49 \le \rho^2 \le .72)$.

Connaissant les coordonnées des centres de gravité des classes sur les axes factoriels, on peut utiliser les propriétés de l'A.F.C. pour caractériser les classes. En effet, si on représente simultanément sur le plan des axes 1 et 2 les points paramètres et les centres de gravité des classes, on peut caractériser les classes selon la position des centres de gravité par rapport aux axes et par rapport aux points paramètres. La figure C.3 donne la représentation dans le plan des axes 1 et 2 des 20 points paramètres et des centres de gravité des classes supérieures de la hiérarchie. On a rejoint par une droite les centres de gravité des classes inférieures. Ainsi, on constate que la classe 215 qui avait un comportement très spécifique est caractérisée par des valeurs très élevées de coliformes totaux et fécaux (CT5, CF5) à cause de la proximité observée entre ces points paramètres et le centre de gravité de la classe 215 (figure C.3).

Comme pour l'analyse de la variabilité temporelle, on a calculé les contributions relatives des axes au moment d'inertie des classes (tableau C.4) et celles des points paramètres au diamètre des classes (tableau C.5) afin de faciliter l'interprétation de la variabilité spatiale.

Les contributions relatives des axes au moment d'inertie des classes permettent de connaître dans quelle direction les classes se subdivisent. Par exemple, la division de la classe 223 en 222 et 221 se retrouve presque complètement dans la direction de l'axe 1 (92.4%), tandis que la division de la classe 221 en 207 et 219 se fait à la fois sur les axes 1, 2 et 4 (28.5, 25.9 et 34.2%) et la division de la classe 222 en 215 et 220 se fait principalement sur l'axe 2 (figure C.3 et tableau C.4).

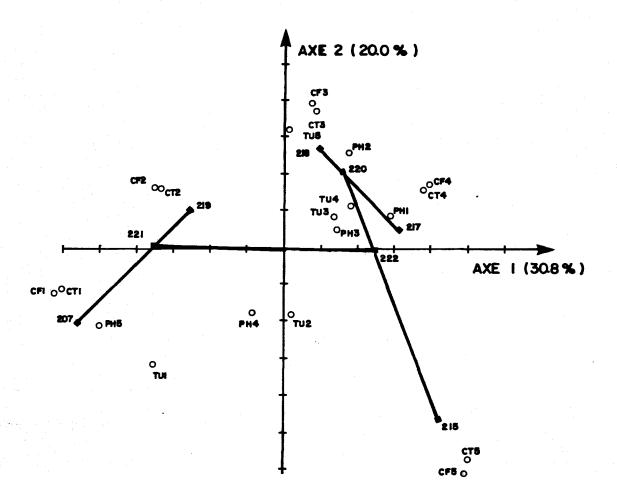


Figure C.3 . Représentation dans le plan des axes I et 2 des points paramètres et des centres de gravité des classes reletives aux stations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation.

Tableau C.4: Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation

axe classe	1,	2	3	4	5	6
223	92.4	.0	5.2	1.6	.3	.5
222	4.9	78.2	2.0	13.6	.0	1.2
[.] 221	28.5	25.9	2.6	34.2	.1	8.7
220	18.3	17.9	24.6	24.3	2.4	12.4
219	4.1	2.4	78.4	4.7	.3	10.1
218	11.8	5.6	64.6	1.0	16.7	.4
217	13.7	40.5	39.3	2.9	3.2	.3
216	24.9	27.6	.1	23.8	17.3	6.3
215	52	1.6	42.5	.0	50.2	.4
207	31.7	16.1	.3	36.2	14.9	.9

Tableau C.5: Contributions relatives (en %) des points paramètres au diamètre des classes d'observations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation

	222	221	220	219	218	217	216	215	207
PH1 PH2 PH3 PH4 PH5	1 0 1 0 5(-)	1(-) 0 1(-) 0 5	1 0 0 3(-)	0 0 0 0	0 0 0 1	3 3 0 3(-) 4(-)	7(-) 3(-) 1 5	1 1(-) 0 1 2(-)	4(-) 1(-) 2(-) 0 17
TU1 TU2 TU3 TU4 TU5	2(-) 0 0 1	2 0 0 1(-)	3(-) 0 1 1	0 0 0 0	3(-) 1(-) 0 0 5	1(-) 0 1 1 2(-)	1 0 0 0 0	0 1 0 0 1(-)	10 0 2(-) 2(-) 0
CT1 CT2 CT3 CT4 CT5	16(-) 9(-) 2 7 9	16 9 2(-) 7(-) 9(-)	12(-) 5(-) 9 15 1(-)	4 24 1(-) 7(-) 10(-)	7(-) 0 28 0 5(-)	7(-) 7(-) 0 25 0	0 24 0 7(-) 8(-)	3(-) 3(-) 3(-) 1(-) 36	22 0 2(-) 3(-) 3(-)
CF1 CF2 CF3 CF4 CF5	16(-) 11(-) 3 8 8	16 11 3(-) 8(-) 8(-)	13(-) 7(-) 10 17 1(-)	4 28 1(-) 9(-) 9(-)	7(-) 2(-) 34 0 6	7(-) 7(-) 0 29 0	0 25 0 9(-) 7(-)	3(-) 3(-) 3(-) 1(-) 39	24 0 2(-) 3(-) 3(-)

Les contributions relatives de chacun des points paramètres au diamètre (ρ^2) des classes d'observations permettent de déterminer quels sont les paramètres caractéristiques de chaque classe. Un point paramètre a une contribution élevée au diamètre d'une classe quand, dans le tableau de départ, les valeurs de ce paramètre pour la classe donnent un profil élevé ou faible par rapport au profil moyen de la classe. Par exemple, les points CT5 et CF5, à cause de leur contribution élevée au diamètre de la classe 215 sont les éléments caractéristiques de la formation de cette classe. Les points paramètres qui ont des contributions élevées au diamètre des classes ont été reportés sur la représentation de l'arbre hiérarchique (figure C.2). On a noté par un signe + ou ++ les contributions résultant d'un profil élevé ou très élevé et par un signe - ou -- les contributions résultant d'un profil faible ou très faible.

C.1.4 <u>Caractérisation de la variabilité spatiale</u> pour l'usage récréation

On a délimité sur la carte de la région d'étude les zones obtenues à partir de la composition des 5 classes supérieures de la hiérarchie (figure C.4). Les informations complémentaires contenues dans la figure C.2 montrant la représentation hiérarchique, ainsi que dans les tableaux C.4 et C.5 donnant les contributions à la formation des classes, fournissent les éléments essentiels permettant de dégager les tendances et les caractéristiques de la variabilité spatiale en considérant l'usage de l'eau à des fins récréatives.

Le premier niveau d'interprétation est obtenu en considérant la division de l'ensemble des stations en deux grandes classes (222 et 221). La classe 221 comprend la partie amont de la région étudiée, soit le lac des Deux-Montagnes, le lac Saint-François, le lac Saint-Louis et la rive sud du bassin de Laprairie ainsi que le tronçon lac Saint-Pierre-Québec sur la rive sud. La classe 222 comprend les rivières des Prairies et des Mille-Iles, le port de Montréal et le tronçon entre l'ile de Montréal et le lac Saint-Pierre.

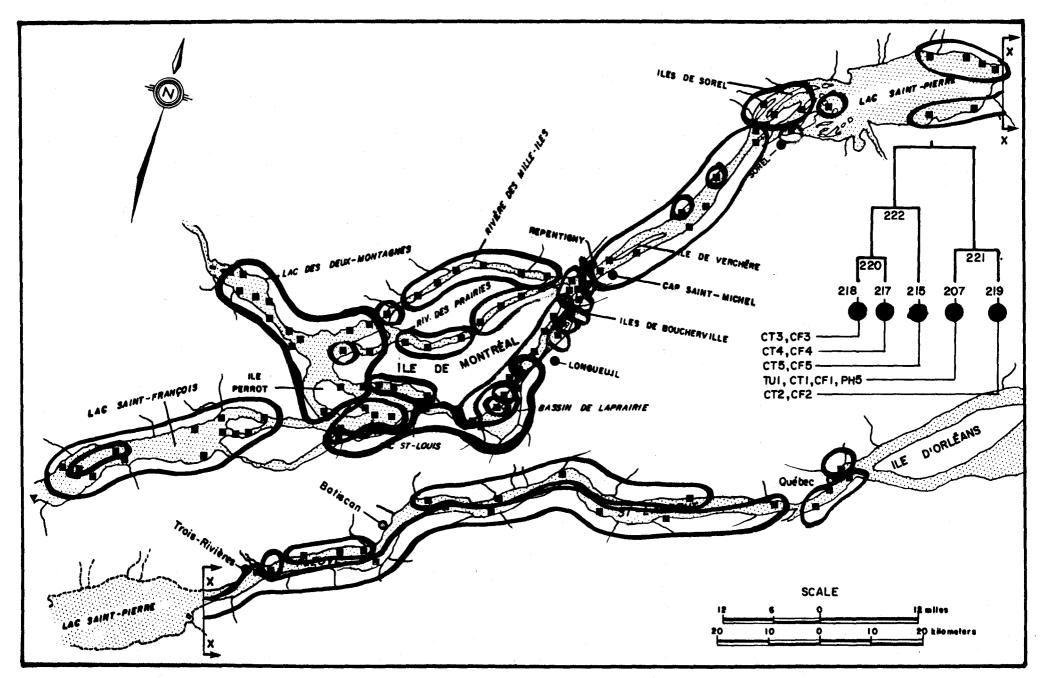


Figure C.4. Délimitation sur le Saint-Laurent de zones formées par les 5 groupes de stations obtenus dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage récréation.

Cette division en deux grandes classes fait ressortir l'influence des rejets de Montréal et l'importance des deux paramètres bactériologiques comme caractéristiques principales de la variabilité spatiale pour l'usage récréation. En effet, la classe 222, constituée principalement de stations autour et en aval de Montréal, est caractérisée par des fortes valeurs de coliformes totaux et fécaux, tandis que l'autre classe (221) a des valeurs faibles pour ces deux paramètres. On voit ainsi que les deux paramètres physiques, la turbidité et le pH ont une moins grande importance que les deux paramètres bactériologiques dans l'analyse de la variabilité spatiale pour l'usage récréation.

La subdivision de la classe 222 fournit un second niveau d'interprétation de la variabilité spatiale et permet de distinguer des sous-zones de qualité différente pour l'usage récréation. En effet, la classe 215, caractérisée par des valeurs très élevées de coliformes totaux et fécaux, est constituée essentiellement de stations dans la partie aval de la rivière des Prairies et de stations situées dans le port de Montréal. En subdivisant la classe 220 en deux autres classes (division sur les axes 1, 2, 3 et 4; tableau C.4), on apporte une distinction entre les sous-zones constituées par la classe 217 et caractérisées par des valeurs élevées en coliformes totaux et fécaux (CT4 et CF4) et celles constituées par la classe 218 et caractérisées par des valeurs intermédiaires de ces deux paramètres (CT3 et CF3). La classe 217 comprend les stations situées sur la rivière des Mille-Iles, dans la partie amont de la rivière des Prairies et sur la rive nord du lac Saint-Louis. Elle comprend, en outre, quelques stations situées dans la région de Varennes, dans les iles de Sorel et dans la région en aval de Trois-Rivières. La classe 218 comprend les stations situées entre Varennes et les iles de Sorel, sur la rive nord du lac Saint-Pierre, dans le tronçon Batiscan-Québec et dans la région de Québec.

La subdivision de la classe 221 en 207 et 219 (division sur les axes 1, 2 et 4; tableau C.4) fait ressortir d'autres sous-zones d'une bonne qualité pour l'usage récréation. La classe 207 comprend la majorité des stations du Saint-Laurent en aval du lac Saint-Louis et est caractérisée par une très bonne qualité (CT1, CF1, TU1 et PH5). La classe 219 qui a une qualité un peu moindre (CT2, CF2) comprend les stations du lac des Deux-Montagnes, celles situées sur la rive sud du tronçon lac Saint-Pierre - Québec.

En décrivant la variabilité spatiale de la qualité de l'eau pour l'usage récréation, on arrive donc à distinguer cinq classes de stations caractérisées principalement par les valeurs des paramètres bactériologiques qui sont les paramètres discriminants. Les zones obtenues à partir de ces classes ont ainsi une qualité plus ou moins bonne selon les valeurs de coliformes totaux et fécaux qu'on y retrouve.

C.2 Alimentation en eau

Pour l'étude de la variabilité spatiale de la qualité de l'eau pour l'usage alimentation, on a considéré les sept paramètres chimiques et bactériologiques suivants: le pH (PH), la turbidité (TU), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF) et le phosphore inorganique (PI). Ces paramètres sont les mêmes que ceux retenus pour l'analyse de la variabilité temporelle pour l'usage alimentation. La démarche utilisée dans cette analyse de la variabilité spatiale pour l'usage alimentation est la même que celle employée pour l'usage récréation.

C.2.1 Axes factoriels

Le tableau analysé au moyen de l'A.F.C. comprend 35 colonnes (7 paramètres de composés chacun en 5 classes) et 112 lignes (stations). Les quatre premiers axes principaux expliquent respectivement 29.6, 14.7, 11.1 et 8.3% de la variabilité totale du nuage de points pour un total de 63.7%. On a retenu 7 axes avec 80.9% pour l'analyse et l'interprétation de la variabilité spatiale.

C.2.2 <u>Etude des points paramètres</u>

Le tableau C.6 présente les coordonnés des 35 points paramètres sur les 4 premiers axes principaux. L'examen des contributions relatives après 4 axes montre que seulement les coliformes totaux et les coliformes fécaux sont suffisamment bien représentés; avec 7 axes, l'ensemble des paramètres est mieux représenté. Dans l'ordre de la qualité de la représentation, on retrouve d'abord les coliformes totaux et les coliformes fécaux, puis le pH et le phosphore inorganique et ensuite la turbidité, les nitrates et l'azote ammoniacal. Les classes intermédiaires de ces trois derniers paramètres sont les moins bien représentées avec une contribution relative qui se situe entre .34 et .61.

La représentation des points paramètres dans le plan des deux premiers axes principaux (figure C.5) montre les liaisons principales entre les paramètres considérés pour cet usage et facilite l'interprétation de la signification physique de ces deux axes. L'axe 1 oppose d'une part, les valeurs très élevées de coliformes totaux (CT5) et fécaux (CF5), du phosphore inorganique (PI5), des nitrates (NIT5) et de l'azote ammoniacal (AM5) et d'autre part, les valeurs très faibles de ces mêmes paramètres (CT1, CF1, NIT1, PI1).

Tableau C.6: Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres pour l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage alimentation

Dawa	coordo	nnées sur	qualité de la représentation (contribution cumulée)			
Para- metre]	2	3	4	4 axes	7 axes
PH1 PH2 PH3 PH4 PH5	58* 41 23 .23 .98**	.20 .51* .15 35 52	79* 57* .43* .82***	06 .13 .23 .12 42	.47 .61 .30 .76 .73	.94 .69 .67 .78 .88
TU1 TU2 TU3 TU4 TU5	.65* 04 27 34* 01	71* 36* .18 .26 .64*	.12 .21 03 09 20	37 09 .09 .12 .25	.72 .33 .22 .34 .35	.82 .44 .45 .39 .82
AM1 AM2 AM3 AM4 AM5	.56* .42* .14 39* 74**	.27 .25 11 06 35	.05 .25 .10 06 34	37 .04 .01 .14 .18	.52 .47 .10 .27 .58	.77 .61 .36 .59
NIT1 NIT2 NIT3 NIT4 NIT5	.75* .26* .09 19 91**	.13 04 15 09	49 .32* .45* .10 38	52* .09 .28 .22 06	.63 .42 .50 .18 .61	.88 .43 .54 .34
CT1 CT2 CT3 CT4 CT5	1.11*** .59* .01 68* -1.03**	38 .20 .79** .40 -1.02**	68* 07 .58* 02 .19	03 .83** 20 58* 02	.88 .79 .70 .64 .85	.91 .82 .87 .91
CF1 CF2 CF3 CF4 CF5	1.13*** .61* .07 79** -1.01**	39 .19 .86** .41 -1.07**	69* 15 .66* 08 .26	05 .91** 29 58	.85 .82 .76 .67	.89 .87 .93 .90
PI1 PI2 PI3 PI4 PI5	.70** .44* .23* 45* 94**	15 .20 .05 03 07	.00 .15 ,23 .01 39	38 04 .21 .18 .03	.67 .42 .44 .35 .62	.73 .54 .57 .58 .89

contribution realtive (CR) inciquée par: CR ≥ .55 .55 > CR ≥ .35 .35 > CR ≥ .15

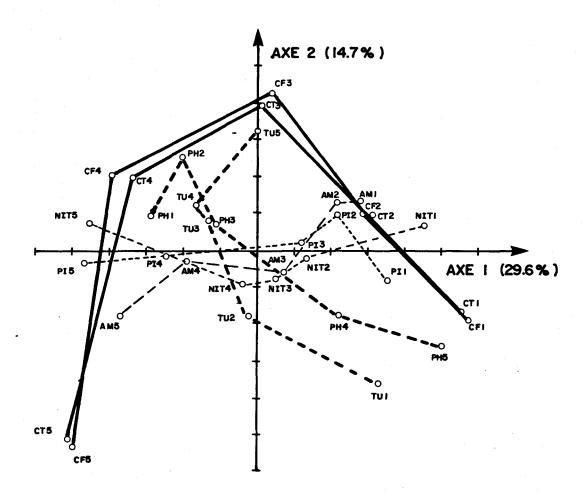


Figure C.5. Représentation dans le plan des axes 1 et 2 montrant les liaisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation.

L'axe 2 oppose principalement les valeurs intermédiaires de coliformes totaux (CT3) et fécaux (CF3) et les valeurs extrêmes de turbidité (TU5) aux valeurs extrêmes des coliformes totaux et fécaux (CT5 et CF5).

A partir de la comparaison des trajectoires obtenues en reliant par des droites les classes des paramètres, on note (figure C.5) la présence d'une forte relation entre les coliformes totaux et les coliformes fécaux et d'une relation plus faible entre les nitrates, l'azote ammoniacal et le phosphore inorganique; on peut également remarquer une relation inverse entre le pH et la turbidité à l'exception des valeurs très faibles de pH (PH1) et des valeurs très fortes de turbidité (TU5).

C.2.3 Etude des points observations

Les résultats de l'application de la C.A.H. sur le tableau des coordonnées des points observations (représentatifs des stations) en considérant les 7 premiers axes principaux apparaissant à la figure C.6 et au tableau C.7. En limitant l'interprétation au niveau des 5 classes supérieures de la hiérarchie (214, 218, 217, 215 et 219), on explique 59% de la variabilité contenue dans l'espace factoriel. La division des stations en 5 classes principales fournit donc un niveau suffisant d'interprétation. A partir des distances des classes au centre de gravité (tableau C.7), on constate déjà que les classes 217 et 219 ont un comportement plus spécifique (ρ^2 = .85) que les classes 214, 215 et 218 (.36 < ρ^2 < .57) dont le profil se rapproche plus de la moyenne. La signification et l'interprétation du comportement particulier de ces classes seront précisées lors de la caractérisation de la variabilité spatiale.

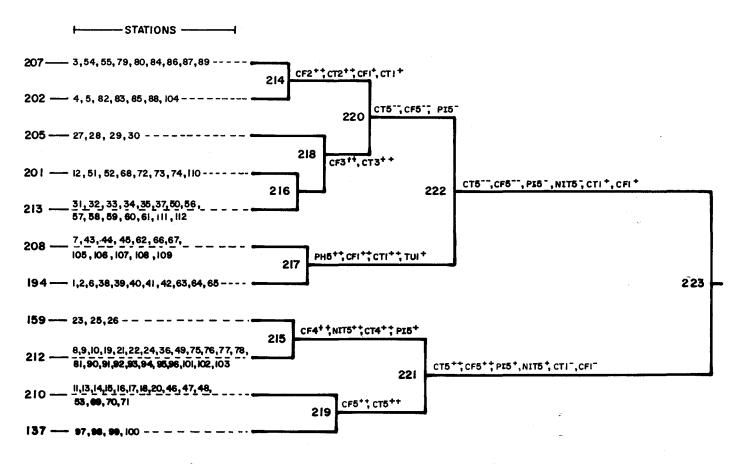


Figure C.6. Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes des stations pour l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation en eau.

Tableau C.7: Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation

	inertie (%)		11 > 4	coordonnées sur les axes factoriels					
classe		constituants	diamètre (p²)	1	2	3	4		
223	28.4	222 - 221	.00	.00	.00	.00	.00		
222	12.6	220 - 217	.20	.43	.09	.00	.04 a.i		
221	10.7	215 - 219	.42	62	13	01	05		
220	7.3	214 - 218	.19	.22	.31	.06	.100		
219	5.3	210 - 137	. 85	60	63	.24	.03		
218	4.6	205 - 216	.36	.17	.41	.34	05		
217	3.5	208 - 194	.85	.83	32	11	09		
216	2.8	201 - 213	.42	.20	.42	.43	.06		
215	2.5	159 - 212	.57	64	.22	18	11		
214	2.2	207 - 202	.44	.30	.15	40	.36		

Pour faciliter l'interprétation de la variabilité spatiale, on représente simultanément, dans le plan des deux premiers axes principaux, les points paramètres et les centres de gravité des classes supérieures de la hiérarchie (figure C.7). Les contributions relatives des axes au moment d'inertie des classes et celles des points paramètres au diamètre des classes, présentées dans les tableaux C.8 et C.9, permettent de compléter l'interprétation de la variabilité spatiale. On a reporté sur la représentation de l'arbre hiérarchique (figure C.6) les points paramètres qui ont une contribution élevée au diamètre des classes.

C.2.4 <u>Caractérisation de la variabilité spatiale pour</u> l'usage alimentation en eau

Les zones obtenues à partir de la composition des 5 classes supérieures de la hiérarchie ont été délimitées sur la carte de la région d'étude (figure C.8). Chacune de ces zones peut être caractérisée en utilisant les informations contenues dans les tableaux C.8 et C.9 donnant les contributions à la formation des classes. La composition et la caractérisation de ces zones permettent de décrire la variabilité spatiale pour l'usage alimentation.

La division des stations en deux grandes classes (222 et 221), qui se fait sur l'axe 1 (tableau C.8), fournit un premier niveau d'interprétation. La classe 221, caractérisée par des valeurs élevées de coliformes totaux et fécaux, de nitrates et de phosphore inorganique, comprend des stations situées sur la rive nord du lac Saint-Louis, dans le port de Montréal, sur les rivières des Prairies et des Mille-Iles, dans les iles de Sorel et sur la rive nord du lac Saint-Pierre. Cette grande classe correspond à des zones de moins bonne qualité pour l'usage de l'eau à des fins domestiques. L'autre grande classe (222) comprend essentiellement les stations en amont de Montréal (lac Saint-François, lac Saint-Louis, lac des Deux-Montagnes), les

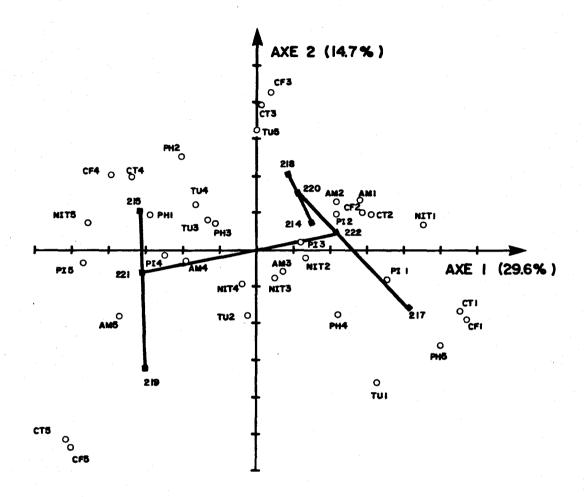


Figure C.7. Représentation dans le plan des axes 1 et 2 des points paramètres et des centres de gravité des classes relatives aux stations dans l'étude de la variabilité spaciale en considérant l'usage alimentation.

Tableau C.8: Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation

axe classe	1	2	3	4	5	6	7
223	93.3	4.1	.0	.6	1.1	.4	.4
222	38.9	41↓9	3.2	3.7	8.7	.5	3.1
221	.2	65.4	15.9	2.0	14.1	1.3	1.1
220	2.0	8.3	65.0	20.1	2.5	.0	2.1
219	26.0	.0	41.0	.5	15.8	7.8	8.9
218	2.3	.2	22.5	37.0	17.9	.8	19.3
217	19.7	3.2	19.4	45.2	4.0	7.1	1.4
216	1.3	2.3	27.5	33.9	.1	25.1	9.7
215	6.3	18.3	.0	7.7	17.9	.8	49.0
214	10.4	1.5	.3	9.8	.2	73.8	4.0

Tableau C.9: Contributions relatives (en %) des points paramètres au diamètre des classes d'observations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation

	T								1
	222	221	220	219	218	217	216	215	214
PH1	0	0 }	ן	0	0	3(-)	3(-)	1	5
PH2	1(-)	1	0	1(-)	1(-)	2(-)	1(-)	5	4
PH3	0	0	0	1	1	2(-)	2	0	0.
P)H4	0	0	0	2]	1	3	3()	4()
PH5	3	3(-)	2(-)	1(-)	1(-)	15	0	4(-)	3()
TUI	1	1(-)	5(-)	0	2(-)	10	2(-)	3(-)	3()
TU2	0	0	1(-)	1	0	0	0	0	1(-)
TU3	0	0	0	0	0	1(-)	- 0	0	0
TU4	0	0	7	0	0	2(-)	0	1	1
TU5	0	0	3	1(-)	2	1(-)	3	0	1
AM1	3	3(-)	5	1(-)	6	0	2	3(-)	0
AM2	2	2(-)	3	1(-)	4	0	4	2(-)	0
АМЗ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AM4	2(-)	2	2(-)	0	2(-)	0	1(-)	2	0
AM5	4(-)	4	5(-)	3	5(-)	1(-)	5(-)	3	0
NITI	4	4:	3	2(-)	7	2	0	3(-)	2
NIT2	0	0	0	0]	0	1	1(-)	0
NIT3	0	0	0	0	0	0	1	1(-)	0
NIT4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIT5	7(-)	7	5(-)	0	4(-)	3(-)	3(-)	13	1(-)
CT1	6	6(-)	0	3(-)	5(-)	14	5(-)	4(-)	7:
CT2	5	5(-)	5	3(-)	0	1	1	3(-)	12
CT3	0	0	6	2(-)	16	1(-)	16	0	4(-)
CT4	4(-)	4	1(-)	0	0	3(-)	0	10	3(-)
CT5	11(-)	וו	10(-)		5(-)	3(-)	6(-)	0	6(-)
CF1	6	6(-)	0	3(-)	5(-)	15	5(-)	4(-)	7
CF2	5	5(-)	6	3(-)	0	1	1	3(-)	17
CF3	1	1(-)	8	2(-)	23	1(-)	21	0	5(-)
CF4	5(-)	5	3(-)	0	0	3(-)	1(-)	15	5(-)
CF5	11(-)		10(-)		4(-)	3(-)	5(-)	0	6(-)
PI1	3	3(-)	0	1(-)	0	4	0	3(-)	0
PI2	3	3(-)	4	1(-)	4	0	2	2(-)	1
PI3	1	1(-)	1	0	1	0	1	1(-)	0
PI4	2(-)	2	1(-)	1	1(-)	1(-)	0	2	0
^ PI5	8(-)	8	7(-)	2	5(-)	3(-)	3(-)	9	2(-)

stations dans le tronçon Varennes-iles de Sorel et les stations en aval du lac Saint-Pierre. La division des stations en deux grandes classes montre donc l'influence de Montréal sur la qualité de l'eau pour l'usage alimentation.

A un niveau plus fin d'interprétation, on distingue la division de la classe 222 en 217 et 220, et la division de la classe 221 en 215 et 219 (figure C.6). On distingue, en outre, la subdivision de la classe 220 en 214 et 218; la représentation dans le plan des axes 1 et 2 (figure C.7) montre bien la division des classes 222 et 221 d'après les contributions élevées de ces axes au moment d'inertie de ces classes (tableau C.8). Par contre, la division de la classe 220 se fait plutôt dans la direction de l'axe 3.

La classe 217 est constituée essentiellement des stations du lac Saint-François et du lac Saint-Louis (figure C.8). Cette classe, identifiée par un comportement particulier (ρ^2 = .85), est caractérisée par des valeurs très faibles de coliformes totaux et fécaux (CT1, CF1), de turbidité (TU1) et des valeurs très élevées de pH (PH5). La classe 214 est constituée des stations du lac des Deux-Montagnes et est caractérisée uniquement par des valeurs de coliformes totaux et fécaux faibles (CT1, CF1, CT2, CF2). La classe 218, qui, regroupée avec la classe 214, forme la classe 220, est caractérisée par des valeurs intermédiaires de coliformes totaux et fécaux (CT3 et CF3). Elle comprend les stations situées dans le tronçon Varennes-iles de Sorel et celles situées dans la partie en aval du lac Saint-Pierre.

On voit donc que la grande classe (222) qui correspond à des zones de bonne qualité pour l'usage alimentation peut se subdiviser en 3 sous-classes qui ont des caractéristiques légèrement différentes. Cette division est principalement obtenue d'après des valeurs différentes de coliformes totaux et fécaux.

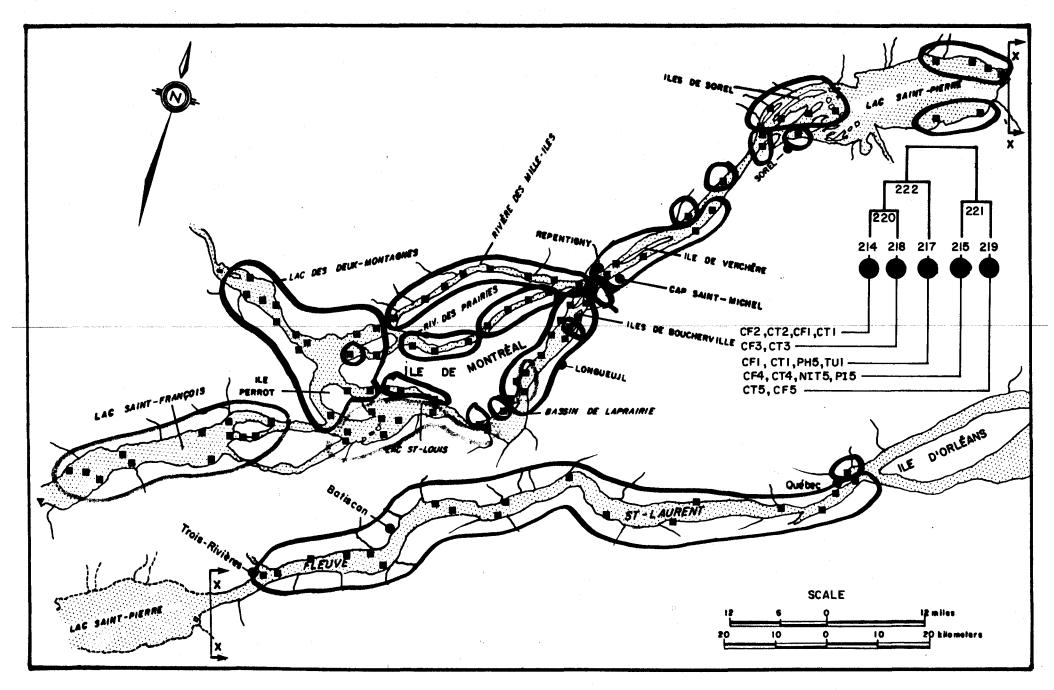


Figure C.8. Délimitation sur le Saint-Laurent de zones formées par les 5 groupes de stations obtenus dans $\stackrel{>}{\otimes}$ l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage alimentation.

La classe 215 qui est caractérisée par des valeurs élevées de coliformes totaux et fécaux (CT4, CF4) et par des valeurs très élevées de nitrates (NIT5) et phosphore inorganique (PI5), est constituée de stations de la rivière des Mille-Iles, de la partie amont de la rivière des Prairies, de la rive nord du lac Saint-Louis, des iles de Sorel et de la rive nord du lac Saint-Pierre. La classe 219, identifiée par un comportement particulier ($\rho^2 = .85$), qui est caractérisée presqu'uniquement par des valeurs extrêmes de coliformes totaux et fécaux (CT5 et CF5), comprend principalement des stations situées dans le port de Montréal et dans la partie en aval de la rivière des Prairies.

Pour l'usage de l'eau à des fins domestiques, on peut donc distinguer deux sortes de zones de mauvaise qualité. Les zones obtenues à partir des classes 215 et 219 sont encore caractérisées par des valeurs différentes de coliformes totaux et fécaux, indiquant l'importance des variations de ces deux paramètres dans l'analyse de la variabilité spatiale de la qualité de l'eau pour l'usage alimentation.

C.3 Vie aquatique

Les paramètres qui sont retenus pour l'analyse de la variabilité spatiale pour l'usage vie aquatique sont le pH (PH), la turbidité (TU), l'azote organique (NG), l'azote ammoniacal (AM), les nitrates (NIT), l'azote inorganique (NI), la demande chimique en oxygène (DC), le phosphore inorganique (PI) et le phosphore organique (PG). Ces paramètres sont les mêmes que ceux retenus pour l'analyse de la variabilité temporelle pour l'usage vie aquatique. On emploie la même démarche que celle employée dans l'étude de la variabilité spatiale de la qualité de l'eau pour les 2 usages considérés précédemment.

C.3.1 Axes factoriels

Le tableau analysé au moyen de l'A.F.C. comprend 45 colonnes (9 paramètres décomposés chacun en 5 classes) et 112 lignes (stations). Les quatre premiers axes principaux expliquent respectivement 30.5, 16.4, 9.9 et 8.2% de la variabilité totale du nuage de points pour un total de 65.0%. On a retenu 8 axes avec 78.9% pour l'analyse et l'interprétation de la variabilité spatiale.

C.3.2 <u>Etude des points paramètres</u>

Les coordonnées des 45 points paramètres sur les 4 premiers axes principaux et leurs contributions relatives sont données au tableau C.10. L'examen des contributions relatives montre que l'azote organique et le phosphore organique (surtout les classes intermédiaires de ces paramètres) sont moins bien représentés même en considérant les 8 premiers axes. Le pH et la DCO sont les paramètres les mieux représentés pour l'ensemble des classes. On peut donc en déduire que les variations du pH et de la DCO sont plus déterminantes dans l'analyse de la variabilité spatiale pour l'usage vie aquatique que les variations des autres paramètres. D'autre part, on peut ajouter que le phosphore organique et l'azote organique ont un comportement plus particulier que les autres paramètres.

En examinant la représentation des points paramètres dans le plan des axes 1 et 2 (figure C.9), on observe que l'axe 1 oppose principalement d'une part, les valeurs très élevées de l'azote inorganique (NI5), des nitrates (NIT5), du phosphore inorganique (PI5), de l'azote ammoniacal (AM5), les valeurs élevées de DCO (DC4), les valeurs très faibles de pH (PH1) et d'autre part, les valeurs très élevées de pH (PH5), les valeurs très faibles de DCO

Tableau C.10: Coordonnées sur les premiers axes factoriels et contributions relatives des points paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale pour l'usage vie aquatique

	ae	e la varial	office sp	aciale p			
para-	(Coordonnées facto	s sur les oriels	axes	qualité de la représentation (contribution cumulée)		
mètre	1	2	3	4	4 axes	8 axes	
PH1 PH2 PH3 PH4 PH5	85* 73** 09 61* 1.06***	72* .28 .36 .61* .03	69* .28 .72** .12 45	.42 .00 .13 .04 .59*	.89 .54 .65 .67	.92 .85 .85 .85	
TU1 TU2 TU3 TU4 TU5	.81** .16 28* 39* 30	.13 .21 .06 02 38	53* 28 07 .12 .77**	47 .04 .41* .28 25	.78 .27 .48 .41 .62	.86 .54 .55 .53	
NG1 NG2 NG3 NG4 NG5	.36* .18 .11 27* 38*	01 08 .04 .11 06	29* 18 .01 .12 .35*	.03 .24* .10 02 35*	.44 .37 .09 .21	.55 .51 .22 .38 .67	
AM1 AM2 AM3 AM4 AM5	.51* .39* .20 34* 77**	67** 18 .21 .38* .26	.19 .42* 03 07 51*	.03 .03 .08 .06	.73 .56 .22 .40	.81 .66 .50 .59	
NIT1 NIT2 NIT3 NIT4 NIT5	.48 .35* .29 14 98***	-1.12*** .15 .41* .32* .25	.09 .17 .04 15 14	34 .05 .27 .30* 28	.92 .41 .51 .41 .69	.96 .51 .70 .62 .93	

٠.	Lique			1				
	, para-	- , coor	données : factoi	sur les ax riels	xes	qualité de la représentation (contribution cumulée)		
	mètre	1	2	3	4	.4 axes	8 axes	
	NI1 NI2 NI3 NI4 NI5	.52 .40* .34* 23 -1.03***	-1.16*** .14 .42* .34*	.10 .26 .14 15 35	32 16 26 27 37	.93 .47 .61 .42 .87	.97 .63 .69 .68	
	DC1 DC2 DC3 DC4 DC5	1.00*** .67** 15 87*** 64*	.39 .43* .25 18 86**	41 .05 .65** 07 22	14 20 05 .01	.74 .64 .51 .65	.87 .75 .84 .84	
	PI1 PI2 PI3 PI4 PI5	.70** .41* .26* 41* 98***	31 31* .07 .32* .23	28 .10 .17 .19 18	.01 .32* .27* 05 56*	.69 .62 .51 .45	.78 .67 .57 .74	
	PG1 PG2 PG3 PG4 PG5	.10 .23 .09 04 39*	26 .08 .12 .08 02	19 13 .02 .06 .23	.48* .28 .10 25* 62**	.49 .32 .10 .18 .59	.63 .51 .23 .25	

Contribution relative (CR) indiquée par

*** CR ≥ .55

****** .55 > CR ≥ .35

* .35 > CR ≥ .15

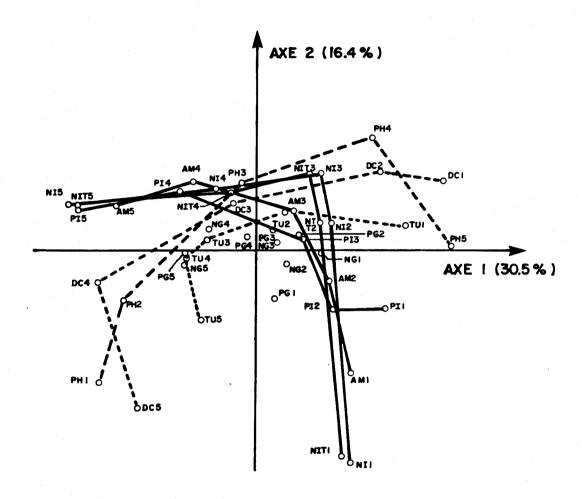


Figure C.9 . Représentation dans le plan des axes l et 2 montrant les l'aisons entre les paramètres dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique .

(DC1), de turbidité (TU1) et de phosphore inorganique (PI1). L'axe 2 oppose les valeurs très faibles d'azote inorganique (NI1), de nitrates (NIT1), d'azote ammoniacal (AM1), de pH (PH1), les valeurs très élevées de DCO (DC5) par rapport aux valeurs intermédiaires de la majorité des paramètres.

La comparaison des trajectoires obtenues en reliant les points représentatifs des classes de chaque paramètre montre la présence d'une relation inverse entre le pH et la DCO et d'une forte relation directe entre l'azote inorganique, les nitrates, le phosphore inorganique et l'azote ammoniacal.

C.3.3 Etude des points observations

L'application de la C.A.H., en considérant le tableau des coordonnés des points observations sur les 8 premiers axes principaux, a permis d'obtenir l'arbre hiérarchique illustré à la figure C.10, montrant le regroupement des stations en classes. Les principales caractéristiques des classes de la hiérarchie obtenue (coordonnées sur les axes factoriels, distance du centre de gravité, taux d'inertie associé) sont présentées au tableau C.11. On limite l'interprétation au niveau des 5 classes supérieures de la hiérarchie avec 58.8% de la variabilité expliquée.

La représentation simultanée dans le plan des deux premiers axes principaux (figure C.11) des points paramètres et des centres de gravité des classes supérieures de la hiérarchie permet une première interprétation de la variabilité spatiale. Cette interprétation est complétée en considérant les contributions relatives des axes au moment d'inertie des classes (tableau C.12) et celles des points paramètres au diamètre des classes (tableau C.13). Les points paramètres qui ont les plus importantes contributions au diamètre des classes sont indiquées sur la représentation de l'arbre hiérarchique (figure C.10).

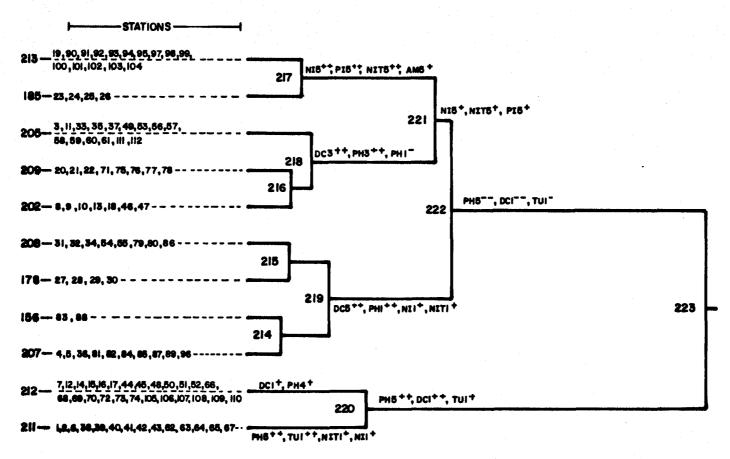


Figure C.10. Arbre hiérarchique montrant le regroupement en classes des stations pour l'étude de la veriabilite spatiale en considérant l'usage vie aquatique.

Tableau C.11: Principales caractéristiques des classes de la hiérarchie produite dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique.

Classe	inertie	cons ti tuants	di amètre	coordonné	es sur les a	xes factorie	ls
Classe	(%)	constituants	(ρ^2)	1	2	3	4
223	27.8	222 - 220	.00	.00	.00	.00	.00
222	12.3	221 - 219	.11	32	06	.06	.04
221	11.4	217 - 218	.21	41	.16	.08	05
220	7.3	212 - 211	.39	.60	.12	12	07
219	5.0	215 - 214	. 35	13	52	.03	.22
218	4.0	205 - 216	.18	15	.25	.27	01
217	3.3	213 - 185	.76	82	.02	22	13
216	2.6	209 - 202	.34	35	.37	.10	13
215	2.5	208 - 178	.78	.04	85	.15	.12
214	2.1	156 - 207	.28	30	19	09	.32
212	1.5	206 - 174	.40	.52	.31	06	.11
211	1.3	196 - 198	.81	.73	21	23	38

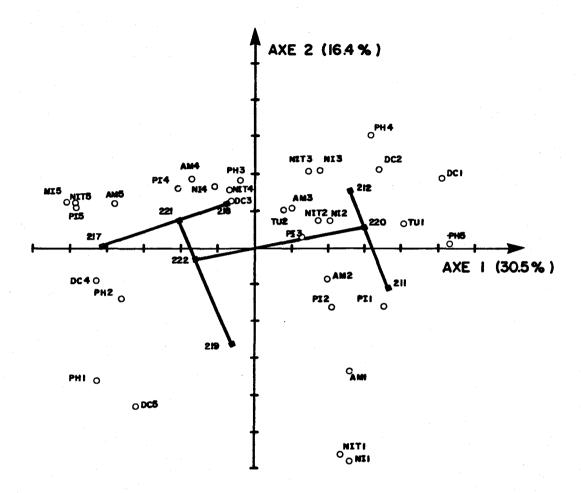


Figure C.II . Représentation dans le plan des axes 1 et 2 des points paramètres (dont la contribution est élevée) et des centres de gravité des classes-relatives aux stations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique.

Tableau C.12: Contributions relatives (en %) des axes au moment d'inertie des classes dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique

axe classe	1	2	3	4	5	6	7	8
223	90.5	3.8	3.8	1.1	.1	.1	.3	.2
222	11.9	71.6	.5	11.7	2.1	.3	1.6	.4
221	55.1	6.1	29.4	1.8	3.9	1.9	.9	.9
220	6.6	40.1	4.1	35.4	7.2	.7	.9	4.9
219	15.9	61.4	8.3	5.5	2.3	3.0	.7	2.9
218	35.2	13.8	27.9	12.6	4.6	.7	5.2	.0
217	11.0	.7	44.4	20.2	25.3	3.0	.3	5.0
216	32.6	2.5	6.6	6.8	30.8	10.9	9.7	.0
215	2.2	28.0	38.3	11.7	5.5	12.3	1.3	.5
214	.2	.0	42.2	15.9	3.3	19.6	2.0	16.8

Tableau C.13: Contributions relatives des points paramètres au diamètre des classes d'observations dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique

	222	221	220	219	218	217	216	215	214	212	211
PH1	5	0	5(-)	13	10(-)	7	3(-)	6	17	5(-)	3(-)
PH2	5	2	5(-)	4	0	3	0	1	7	6(-)	2(-)
PH3	1	3	1(-)	1(-)	19	1(-)	8	0	1(-)	0	2(-)
PH4	4(-)	1(-)	4	5(-)	ו	3(-)	0	3(-)	5(-)	10	0
PH5	13(-)	6(-)	13	5(-)	5(-)	3(-)	2(-)	1(-)	11(-)	4	20
TU1	8(-)	4(-)	8	3(-)	3(-)	2(-)	0	1(-)	5(-)	2	13
TU2	1(-)	0	ו	0.	0	0	0	0	0	1	0
TU3	1	0	1(-)	0	0	0	0	0	2	0	2(-)
TU4	2	1	2(-)	0	1	1	0	0	1	1(-)	2(-)
TU5	2	1	2(-)	1	1,	0	1(-)	2		2(-)	1(=).
NG1	1(-)	1(-)	1	0	1(-)	0	1(-)	0	0	1	2 -
NG2	0	1(-)	0	0	1(-)	0	1(-)	0	1	0	0
NG3	0	0	0	0	0	0	0	0	Ó	0	0
NG4	1	1	1(-)	0	1	0	1	0	0	0	1(-)
NG5	1	2	1(-)	0	1	1	1	0	1(-)	1(-)	1(-)
AM1	0	3(-)	0	3	1(-)	3(-)	3(-)	7	1(-)	0	2
AM2	0	1(-)	0	0	0	2(-)	2(-)		1(-)	1	0
AM3	1(-)	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
AM4	0	1	0	1(-)	1	7	2 5	2(-)	1	0	1(-)
AM5	2	5	2(-)	1(-)	0			3(-)	0	2(-)	1(-)
NITI	0	5(-)	0	8	4(-)	2(-) 1(-)	5(-)	16 0		3(-)	9
NIT2	1(-)	1(-)]	0	0		1(-)		0	2	0
NIT3	1(-)	0	1 0	0	0	1(-)	0	1(-)	0 3	3	0
NIT4	0	0 9	3(-)	0 2(-)	2	0 10	6	2(-) 2(-)	2(-)	0	1(-) 2(-)
NIT5 NI1	3	6(-)		8	4(-)	2(-)	6(-)	18	0	3(-) 3(-)	9
NI2	1(-)	1(-)	0	0	0	1(-)	2(-)	0	0	3	0
NI3	1(-)	0	1 1(-)	1(-)	0	1(-)	0	1(-)	.0	4	0
NI4	· 0	1	0	0	1	0	2	2(-)	3	0	1(-)
NI5		9	4(-)	2(-)	1	12	7	2(-)	1(-)	4(-)	2(-)
DC1	13(-)	6(-)	13	6(-)	5(-)	2(-)	5(-)	4(-)	5(-)	12	7
DC2	4(-)	1(-)	4	4(-)	1	3(-)	0	2(-)	7(-)	5	2
DC3	1	4	1(-)	1(-)	19	1(-)	9	0	2(-)	1(-)	0
DC4	5	3	5(-)		0	6	1	0	5	7(-)	2(-)
DC5	5	0	5(-)	1	7(-)	2	4(-)	13	16	4(-)	3(-)
PII	3(-)	5(-)	3	0	3(-)	2(-)	3(-)	0	0	1	6
PI2	0	3(-)	0	2	1(-)	2(-)	5(-)	2	1	1	٥
PI3	0	0	0	0	0	1(-)	0	0	0	1	.0
P14	1	3	1(-)		4	0	6	1(-)	0	1(-)	1(-)
PI5	4	8	4(-)		0	12	4	3(-)	0	4(-)	1(-)
PG1	0	1(-)	0	2	1(-)	0	1(-)	1	1	0	0
PG2	1(-)	0	1	0	0	0	1(-)	0	0	1	0
PG3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PG4 PG5	0	0	0 1(-)	0	0	0 2	1	0	1(-) 0	0 1(-)	0
PG5	1	1	1(-)	0	0	2	0	0	0	1(-)	<u>0</u>

C.3.4 <u>Caractérisation de la variabilité spatiale</u> pour l'usage vie aquatique

On a délimité sur la carte de la région d'étude (figure C.12) les zones obtenues à partir de la composition des 5 classes supérieures de la hiérarchie. La description et la caractérisation de chacune de ces zones sont faites à partir des informations contenues dans la figure C.8 montrant le contenu et la hiérarchie des classes et dans les tableaux C.12 et C.13 donnant les contributions à la formation des classes.

La division des stations en 2 classes (222 et 220) fournit un premier niveau d'interprétation. Cette division se fait dans la direction de l'axe 1 (figure C.9). La classe 220 est caractérisée principalement par des valeurs très faibles de DCO (DC1), de turbidité (TU1) et des valeurs très fortes de pH (PH5). Cette classe comprend les stations situées dans le lac Saint-François et dans les iles à la sortie du lac Saint-François ainsi que des stations situées sur la rive sud du lac Saint-Louis, quelques stations situées dans le bassin Laprairie, la majorité des stations situées dans le port de Montréal et sur la rive sud en face du port, quelques stations situées près de Varennes et la majorité des stations situées dans le tronçon Varennes-iles de Sorel. L'autre grande classe (222) est caractérisée principalement par une absence des paramètres caractéristiques de la classe 220. La classe 222 comprend les stations du lac des Deux-Montagnes, des rivières des Prairies et des Mille-Iles, les stations situées sur la rive nord du lac Saint-Louis, quelques stations du tronçon entre le port de Montréal et Varennes, deux stations sur la rive nord dans le tronçon Repentigny-Sorel, et toutes les stations des iles de Sorel jusqu'à Québec. Cette division en deux

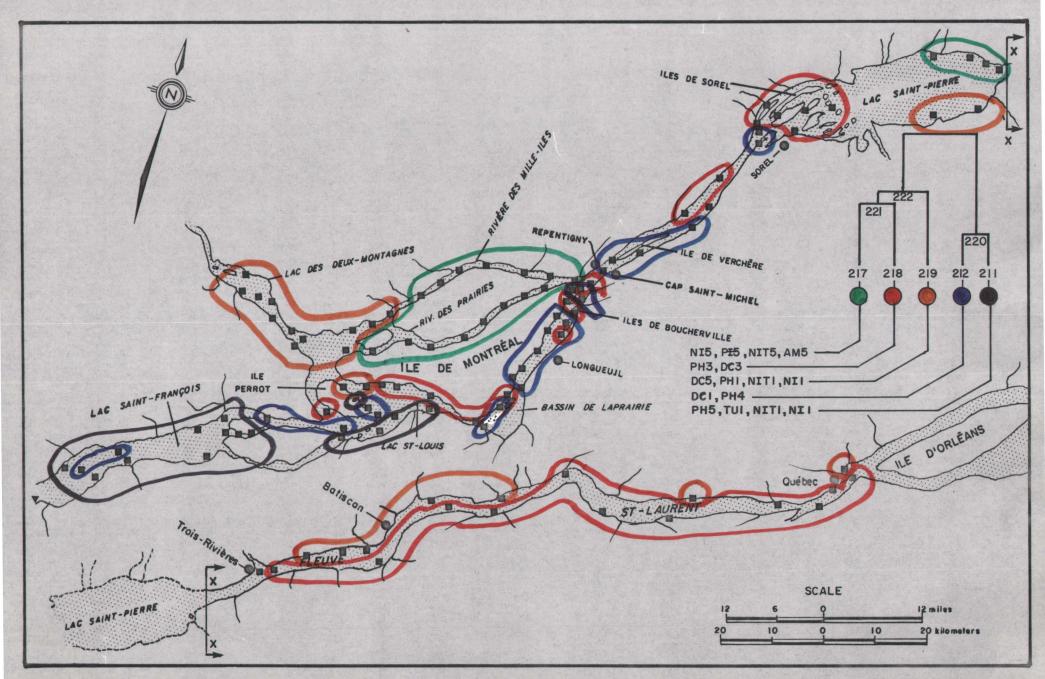


Figure C.12. Délimitation sur le Saint-Laurent des zones formées par les 5 groupes de stations obtenus dans l'étude de la variabilité spatiale en considérant l'usage vie aquatique.

grandes classes fait ressortir l'influence du pH, de la DCO et de la turbidité. On peut dire que le pH est élevé, que la DCO et la turbidité sont faibles dans la partie du Saint-Laurent en amont des iles de Sorel. On voit donc que le Saint-Laurent, dans la partie considérée, peut être divisée en deux grandes zones avec des caractéristiques différentes pour l'usage vie aquatique.

A un niveau plus fin d'interprétation, on distingue une division de la classe 222 en trois sous-zones de caractéristiques différentes formées par les classes 217, 218 et 219.

La classe 217 est caractérisée par des valeurs très élevées d'azote inorganique (NI5), de phosphore inorganique (PI5), de nitrates (NIT5) et d'azote ammoniacal (AM5). Cette classe comprend essentiellement les stations des rivières des Prairies et des Mille-Iles et les stations de la rive nord du lac Saint-Pierre.

Les zones formées par les stations de la classe 219 comprennent le lac des Deux-Montagnes et la majorité des stations situées sur la rive nord entre le lac Saint-Pierre et Québec. Cette classe est caractérisée principalement par des valeurs très élevées de DCO (DC5) et des valeurs très faibles de pH (PH1), d'azote inorganique (NI1) et de nitrate (NIT1).

La classe 218, caractérisée pour des valeurs intermédiaires de DCO (DC3) et de pH (PH3) comprend principalement les stations de la rive nord du lac Saint-Louis, des iles de Sorel et des stations situées sur la rive sud dans le tronçon lac Saint-Pierre - Québec.

Elle comprend en outre quelques stations situées sur la rive sud en face du port de Montréal, deux stations près de Varennes et deux stations situées sur la rive nord en aval des iles de Verchères.

On constate donc que la zone relative à la classe 222 peut être subdivisée en trois groupes de stations où la qualité est plus ou moins bonne pour l'usage vie aquatique. Les zones relatives à la classe 217 peuvent être considérées comme potentiellement dangereuses pour la vie aquatique à cause des valeurs élevées des composés d'azote et de phosphore. Les zones constituées par la classe 218 peuvent être considérées comme des zones de transition puisque les paramètres discriminants, le pH et la DCO ont des valeurs intermédiaires. Enfin, les stations relatives à la classe 219 se trouvent dans des zones de bonne qualité malgré des valeurs très fortes de DCO.

La subdivision de la classe 220 en 211 et 212 (division sur les axes 2 et 4; tableau C.12) constitue un autre niveau plus fin d'interprétation. La classe 211 est caractérisée par des valeurs extrêmes de pH (PH5) et des valeurs très faibles de turbidité (TU1), de nitrates (NIT1) et d'azote inorganique (NI1). Cette classe comprend les stations du lac Saint-François et de la rive sud du lac Saint-Louis. L'autre classe (212) est caractérisée principalement par une DCO très faible (DC1) et un pH élevé (PH4). Cette classe comprend des stations qui sont un peu plus influencées par la ville de Montréal; elle comprend la majorité des stations comprises sur le Saint-Laurent entre le bassin Laprairie et les iles de Sorel. Elle comprend en outre des stations situées plus en aval telles que les stations situées dans le chenal du lac Saint-François et quelques stations situées entre la sortie du lac Saint-François et le lac Saint-Louis.

Cette dernière subdivision permet donc de caractériser plus finement la grande zone constituée par la classe 220 et regroupant la majorité des stations sur le Saint-Laurent entre le lac Saint-François et les iles de Sorel. Dans la partie amont de cette grande zone (classe 211), on retrouve une bonne qualité d'eau pour la vie aquatique (PH5, TU1, NIT1 et NI1). La partie plus en aval (classe 212) est encore une zone de bonne qualité, mais avec des caractéristiques un peu différentes (DC1, PH4).

			1
			1
			1
			1
			1
			1
			1
			1
			·
			!

			•	
				1
				i i
				1
				1
				1
				1
				1
				T
				I

APPENDICE

PROGRAMMES DE CALCUL

ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE

TABLE DES MATIERES

			PAGE
l -	Prog	ramme d'analyse factorielle de correspondance	1
	1.1	Structure	1
	1.2	Entrées	4
	1.3	Listing du programme	9
	1.4	Exemple d'utilisation	35
2-	Prog	ramme de classification ascendante hiérarchique	70
	2.1	Structure	71
	2.2	Entrées	75
	2.3	Listing du programme	80
	2.4	Exemples d'utilisation	114

1

1- PROGRAMME D'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

Le programme d'analyse factorielle des correspondances (FACOR) est présenté dans cette section. On décrit brièvement la structure du programme, les entrées et les sorties, puis on présente le listing du programme et un exemple d'utilisation.

1.1 Structure

Le programme d'analyse factorielle des correspondances qui est présenté dans cette section est composé de 7 sous-programmes et d'un programme principal. La figure 1.1 qui présente l'organigramme du programme, montre comment chacun des sous-programmes est appelé successivement.

- Le programme principal APPEL:

Ce programme gère la mémoire utilisée. On alloue un espace de mémoire élevé sur un vecteur V et chacun des tableaux utilisés dans les sous-programmes occupe des espaces sur ce vecteur. L'espace maximum nécessaire pour l'exécution du programme (KMAX) est calculé à partir des spécifications concernant les dimensions du tableau à analyser (cf section 1.2). Si KMAX dépasse la valeur donnée (5000) pour la dimension de V, il faut modifier la carte suivante:

DIMENSIØN V (5000)

La valeur allouée à la dimension de V permet d'analyser des tableaux de dimension réduite. Pour calculer la dimension limite nécessaire, il faut référer à la section 1.2.

- Les sous-programmes:

FACOR

Ce sous-programme fait la lecture et l'impression des données, fait l'appel au sous-programme RDANCE et l'impression des résultats de l'analyse selon les différentes options choisies.

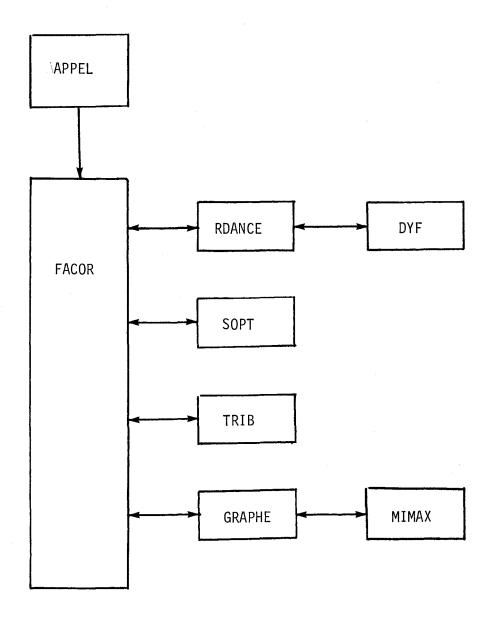


Figure 1.1 Organigramme du programme A.F.C.

RDANCE

Sous-programme d'analyse des correspondances d'après Lebart et Fenelon (1973).

SØPT

Sous-programme appelé optionnellement pour imprimer sous forme d'histogramme les coordonnées des points sur les axes factoriels.

TRIB

Sous-programme utilitaire qui fait un tri ascendant des valeurs d'un vecteur et qui fait suivre l'identificateur ou le rang de ce vecteur.

NIMAX

Sous-programme utilitaire appelé dans GRAPHE pour calculer le minimum et le maximum d'une suite de nombres réels.

GRAPHE

Sous-programme d'impression de graphiques montrant sur le plan des premiers axes principaux la position des points représentant les variables et les observations.

DYF

Sous-programme de diagonalisation appelé dans RDANCE pour obtenir les valeurs propres et les vecteurs propres d'une matrice symétrique.

LEBART, L. et J.P. FENELON (1973). Statistique et informatique appliquées. Dunod, Paris, 2ème édition, 457 p.

1.2 Entrées

Les entrées du programme sont résumées en 7 blocs notés D1 à D7.

D1: une carte portant un titre pour le programme.

D2: une carte sur laquelle on lit 5 paramètres en format (16 I5).

IMAX nombre d'observations "actives"

JMAX nombre de variables "actives"

NFAC nombre d'axes factoriels pris en compte

NOS nombre d'observations supplémentaires

NVS nombre de variables supplémentaires

D3: une carte sur laquelle on lit ll paramètres en format (16 I5).

NIMP plans factoriels portés en graphique

= 2: axes (1,2)

= 3: axes (1,2), (1,3), (2,3)

= 4: axes (1,2), (1,3), (1,4), (2,3), (2,4), (3,4)

LU numéro du fichier des données

= 5 si les données sont sur cartes

= 10 si les données sont sur disque

IDO paramètre pour l'impression du tableau des données

= 1 impression

= 0 pas d'impression

IPRI paramètre pour l'impression des résultats pour les observations (coordonnées factorielles et contributions) présentés selon l'ordre ascendant des coordonnées factorielles.

= limpression

0 pas d'impression

IPRJ

paramètre pour l'impression des résultats pour les variables présentées selon l'ordre ascendant des coordonnées factorielles.

- = 1 impression
- = 0 pas d'impression

IGRJ

paramètre pour l'impression des graphiques

- 0 représentation simultanée sur les axes factoriels des points observations et des points variables
- = l représentation sur les axes factoriels des points variables
- 2 représentation séparée des deux types de graphiques obtenus avec les deux autres options.

IFREQ

paramètre pour le calcul et l'impression du tableau des données reconstituées avec NFAC axes factoriels. Ce tableau est écrit sur le TAPE10 avec le format (/1X, A4, 1X, 10F10.5/(6X, 10F10.5))

- = 1 calcul et impression
- = 0 pas de calcul

IVIN IVFAC IOIN

IOFAC

paramètres pour l'impression d'histogrammes des coordonnées factorielles pour les variables (IV) et pour les observations (IØ) selon l'ordre d'entrée (IN) ou selon la valeur triée par ordre ascendant (FAC)

- = 1 impression
- = 0 pas d'impression

D4: une ou plusieurs cartes sur laquelle on lit les (JMAX + NVS) identificateurs des variables (IDENJ) en format (26 A3).

D5: une carte sur laquelle on lit le format (FMT) des données.

D6: ce bloc est lu sur cartes ou sur TAPE10 selon le format FMT et contient les données à analyser.

D7: pour analyser un autre tableau, on répète D2. On met une carte $^{7}8_{\rm Q}$, si on traite un seul tableau de données.

NOTE: Les observations supplémentaires doivent être placées à la fin du tableau des données. Egalement, les variables supplémentaires doivent correspondre aux dernières colonnes du tableau.

Dimensions limites du programme

L'espace mémoire nécessaire au fonctionnement du programme est optimisé. On alloue à un vecteur V une dimension suffisamment grande et chacun des tableaux utilisés dans les sous-programmes occupent des espaces sur ce vecteur. On peut calculer la valeur limite nécessaire au moyen des équations suivantes:

Le tableau 1.1 montre des valeurs de KM pour différentes valeurs de IMAX, JMAX et NFAC. Avec la dimension prévue au programme, on voit qu'on peut traiter un tableau de 100 observations et 40 variables si NFAC = 5. Sur ce tableau, on voit que JMAX est le principal facteur limite à l'analyse et qu'on ne peut pratiquement pas analyser des tableaux comportant plus de 100 variables. Le nombre de facteurs retenus (NFAC) a peu d'influence. Le nombre d'observations (IMAX) a une grande influence si le nombre de variables (JMAX) est faible.

Le programme a été compilé avec FTN. Selon les valeurs de V, il faut les valeurs de CM suivantes:

V	CM
5,000	53,000
10,000	65,000
15,000	76,000
20,000	110,000

NOTE: La dimension prévue pour le vecteur IJJ (1000) doit dépasser (2 * (IMAX + NOS) + JMAX + NVS).

TABLEAU 1.1

Dimension limite nécessaire au vecteur V pour différentes valeurs de IMAX, JMAX et NFAC.

		IMA	X		
JMAX](00	500		
OFINA	NFAC = 5	NFAC = 15	NFAC = 5	NFAC = 15	
10	4492	5632	8892	14032	
20	4622	5862	9022	14262	
30	4761	6092	9161	14492	
40	4901	6322	9301	14722	
50	5751	6552	9441	14952	
60	8061	8662	9581	15182	
70	10771	11471	11571	15421	
80	13881	14681	14681	15661	
90	17381	18291	18181	19091	
100	21301	22301	22101	23101	

Note: $N\emptyset S = NVS = 0$

1.3 Listing du programme

	73/171 UPT=1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14,39,22	PAGE	1	
1	C PROGRAMME D ANALYSE FACTURIELLE		FACOR	i			
	C . ADAPTE PAR M. LACHANCE ET P. BOL	UCHER INRS-EAU	FACOR	5			
	C		FACOR	3			
-	C IMAX JMAXE CARDINAUX DES ENSEMBL		FACOR	4			
5	C NEAC & NOMBRE DES FACTEURS NON T		FACOR	5			
	C NOS NVS # NOMBRE DE I ET DE J SU		FACOR	6			
	C IMA1 JMA1#CARDINAUX DES ENSEMBLE	ES I ET J COMPLETES	FACOR	. 7			
		SEED A ANALYSIS	FACOR	8			
4.0	C CARTES A MODIFIER SELON LES DONN	NEES A ANALYSER	FACOR	9			
10	C DIMENSION V(KM)		FACOR	10			
	C DIMENSION IJJ(BUFFER)		FACOR	11			
	C BUFFER#2#(IMAX+NDS)+JMAX+NVS		FACOR	12			
	C POUR CALCULER KM, IL PAUT CALCUL	FR D AROPD KR. KID. KIT. KIRR ET	FACOR	13 14			
15	C K8#1+2*(IMAX+NUB)+4*JMAX+3*NV8+M		FACOR	15			
• •	C K10mK8+(NFAC+JMAX+1)*JMAX	THE COMMENTATION OF MEMORY 17.	FACOR				
	C K17#K8+(NFAC+1)+JMAX+NFAC+NVS+IM	MAX+NOS	FACOR	16 17			
	C K18B#MAX(K10,K17)+JMAX+JMAX	- Professional Control of the Contro	FACOR	18			
	C K23#K8+(NFAC+4)+(IMAX+JMAX+NOS+N	NVS)=NVS+3240	FACOR	19			
20	C KMmMAX(K18B,K23)	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	FACOR	20			
	PROGRAM APPEL (INPUT#1018, OUTPUT,	.TAPEGEIOIB.TAPEIOEIOIR.TAPESEI		21			
	.,TAPE20)		FACOR	55			
	DIMENSION V(5000)		FACOR	53			
	DIMENSION IJJ(1000)		FACOR	24			
25	DIMENSION TITRE(20)		FACOR	25			
-	CALL OPENMS(20, IJJ, 1000, 0)		FACOR	26			
	READ 10, TITRE		FACOR	27			
	PRINT 9, TITRE		FACOR	28			
	9 FORMAT(/* TITRE DE L ETUDE; *, 20A	A4)	FACOR	29			
30	15 READ 20, IMAX, JMAX, NFAC, NOS, NVS		FACOR	30			
	IF(EUF(5)) 7,8		FACOR	31			
	8 IF(IMAX.EQ.O) STOP		FACOR	32			
	PRINT 19, IMAX, JMAX, NFAC, NOS, NVS		FACOR	33			
	19 FORMAT(/# IMAX JMAX NFAC NOS	B NV8#/1×,13,816)	FACOR	34			
35	10 FORMAT(20A4)	•	FACOR	35			
	20 FORMAT(1615)		FACOR	36			
	IMA1#IMAX+NOS		FACOR	37			
	SVN+XAML#1AML		FACOR	38			
	Ki#1		FACOR	39			
40	K2mK1+IMA1		FACOR	40			
	K3mK2+JMA1		FACOR	41			,
	K4#K3+MAXO(JMA1,NFAC#4+1)		FACOR	42			
	K5#K4+IMA1		FACOR	43			
# E	K6#K5+JMA1		FACOR	44			
45	K7mK6+JMA1		FACOR	45			
	K8#K7+JMAX		FACOR	46			
	K9mK8+JMAX±JMAX K10=K9+JMAX±(NFAC+1)		FACOR	47			
			FACOR	48			
50	K11#K10+JMAX		FACOR	49		;	10
50	K12#K11+JMAX K13#K12+JMAX		FACOR	50		`	_
	K14mK8		FACOR FACOR	51 53			
	K15#K14+JMAX		FACOR	52 53			
	K16#K15+IMA1		FACOR	54			
55	K17=K16+JMA1+NFAC		FACOR	54 55			
	K18mMAX0(K10,K17)		FACOR	56			
	K18B#K18+JMAX+JMAX		FACOR	57			
	रा के भा रण च्या क ्षा प्रभाव रहा है है है कि है 		1 AQUN	5,			

	PROGRAM APP	PEL 73/1	/1 OPT#1		FTN 4.8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	5
		K19#K17+IM	11*NFAC			FACOR	58		
		K20#K19+IM	1+JMA1			FACOR	59		
60		K21#K20+IM	14JMA1			FACOR	60		
		K22#K21+IM	1+JMA1			FACOR	61		
		K23#K22+45	72			FACOR	62		
		KM#MAXO (KS	3,K18B)			FACOR	63		
		PRINT 18,K	3,K10,K17,	K188,K23,KM		FACOR	64		
65	i	18 FORMAT(/#			K23*/1X, I3, 416//* DIMENSION NEC		65		
		188AIRE POU	<pre>\ \m *, 16)</pre>			FACOR	- 66		
		CALL FACUR	(V(K1),V(K	5) ' A (K3) ' A (K	4),V(K5),V(K6),V(K7),V(K8),V(K9),		67		,
					4), V(K15), V(K16), V(K17), V(K18),	FACOR	68		
		1V(K19),V(K	03,V(K21)	'A(K55)'IWWX	,JMAX,NFAC,IMA1,JMA1,TITRE)	FACOR	69		
70		GO TO 15				FACOR	70		
		7 STOP				FACOR	71		
		END				FACOR	72		

SUBBOUTINE FACOR (IDENT, IDENJ, PIJ, PIJ, PIJ, PIJ, PIJ, NA, PI, AAA, PA, COR			73/171 0	PT#1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14,39,22	PAGE	1
10,00,PDURC,DISTIFALI,FALI,FALI,SJJ,XA,YA,10EN,LF,IMAX,JMAX, FACON 76 NAME	i		SUBROUTINE FACO	R(IDENI.IDENJ.PIJ.PI.P	J.DISTJ.VALPR.AA.GPR.DA.DB.	FACOR	73		
IMPAC, IMPAL, PAIN, PA			IUC.DU.POURC.DIS	TI, FACJ, FACI, SJJ, XA, YA	IDEN.LF.IMAX.JMAX.				
S							* '		
C		C		·					
C	5	C	PROGRAMME PRINC	IPAL D ANALYSE FACTORI	ELLE DES CORRESPONDANCES	FACOR			
C		C	D APRES LEBART	ET FENELON(1971) . MOD	IFIE PAR P. VABRE		• •		
C		C			• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	-			
C		C					•		
C		C	DEFINITION DES	VARIABLES			-		
C	10	C							
C		C	DISTI DISTJ # D	ISTANCE DE CHAQUE POIN	T AU CENTRE DE GRAVITE (CHT	SEACOR			
C		Č	FMT # FORMAT DE	LECTURE DES DONNEES					
C		Č							
15 C		Č			MATRICE DES FREQUENCES . I		• •		
C SJU MATRICE A DIAGONALISER, PUIS SES VECTEURS PROPRES FACOR 80	15	Č							
C VALPHRESES VALEURS PROPRES C POURCE PART D IMERTIC DES FACTEURS C POURCE PART D IMERTIC DES 1ET DES J FACON 91 20 C IDENI IDENIE IDENIFICATEURS DES I ET DES J FACON 92 C MAX JANAJE CARDITANUX DES IET DES J FACON 93 C MAX JANAJE CARDITANUX DES IET DES J FACON 93 C NACE ** NUMBER** DES FACTEURS NON TRIVIAUX DEMANDES FACON 95 C NOS NYS ** NOMBRE DES FACTEURS NON TRIVIAUX DEMANDES FACON 95 C MAIN JANAJECANDINAUX DES ENSEMBLES I ET J COMPLETES FACON 96 C MAIN JANAJECANDINAUX DES ENSEMBLES I ET J COMPLETES FACON 96 C MINP ** NOMBRE LIMITE DE FACTEURS POUR LIMPRESSION DES GRAPHIQUES FACON 97 C UNITE DE LECTURE ** 55 USE CARTES** C IDO **: IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNÉES FACON 100 C IPRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES DOS PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 101 30 C IPRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES DOS PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 102 C IPRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES DOS PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 103 C IFRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES VAR PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 104 C IGRI **: PREPRESENTATION GRAPHIQUE DES VAR ET DES DOS FACON 104 C IGRI **: PREPRESENTATION GRAPHIQUE DES VAR EN PLUS C IGRI **: PRECENTATION GRAPHIQUE DES VAR EN PLUS C IFRI **: INSTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE SACTEURS FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE SACTEURS FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE DENTREE FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE DENTREE FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE DENTREE FACON 115 C IUNSTI(1), PICTO), PICTO, PICTO, PICTO, PICTO, PICTO 115 C IUNSTI(1), PICTO,	• ".	č	PI ET PJ# FREQU	FNCES RELATIVES MARGIN	ALES DES I ET DES J				
C VALPHRESES VALEURS PROPRES C POURCE PART D IMERTIC DES FACTEURS C POURCE PART D IMERTIC DES 1ET DES J FACON 91 20 C IDENI IDENIE IDENIFICATEURS DES I ET DES J FACON 92 C MAX JANAJE CARDITANUX DES IET DES J FACON 93 C MAX JANAJE CARDITANUX DES IET DES J FACON 93 C NACE ** NUMBER** DES FACTEURS NON TRIVIAUX DEMANDES FACON 95 C NOS NYS ** NOMBRE DES FACTEURS NON TRIVIAUX DEMANDES FACON 95 C MAIN JANAJECANDINAUX DES ENSEMBLES I ET J COMPLETES FACON 96 C MAIN JANAJECANDINAUX DES ENSEMBLES I ET J COMPLETES FACON 96 C MINP ** NOMBRE LIMITE DE FACTEURS POUR LIMPRESSION DES GRAPHIQUES FACON 97 C UNITE DE LECTURE ** 55 USE CARTES** C IDO **: IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNÉES FACON 100 C IPRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES DOS PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 101 30 C IPRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES DOS PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 102 C IPRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES DOS PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 103 C IFRI **: IMPRESSION DES RESULTATS DES VAR PAR ORDRE DE FACTEURS FACON 104 C IGRI **: PREPRESENTATION GRAPHIQUE DES VAR ET DES DOS FACON 104 C IGRI **: PREPRESENTATION GRAPHIQUE DES VAR EN PLUS C IGRI **: PRECENTATION GRAPHIQUE DES VAR EN PLUS C IFRI **: INSTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE SACTEURS FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE SACTEURS FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE DENTREE FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE DENTREE FACON 105 C IVIN **: MISTUDENAME DES VAR PAR ORDRE DE DENTREE FACON 115 C IUNSTI(1), PICTO), PICTO, PICTO, PICTO, PICTO, PICTO 115 C IUNSTI(1), PICTO,		č	SJJE MATRICE A	DIAGONALISER, PUIS SES	VECTEURS PROPRES		-		
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10		č	VALPRESES VALEU	RS PROPRES					
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10		č	POURCE PART D I	NERTTE DES FACTEURS					
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10	20	č	IDENI IDENJ# ID	ENTIFICATEURS DES I ET	DES J				
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10	-	č	XA. YA. IDEN PLOT	TING DES I ET DES J			-		
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10		č	IMAX JMAXE CARD	INAUX DES ENSEMBLES I	FT J		-		
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10		č	NEAC . NOMBRE D	FS FACTEURS NON TRIVIA	IX DEMANDES				
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10		č	NOS NVS . NOMBR	F DE T ET DE J SUPPLEM	ENTATRES A PLOTTER				
C LU UNITE DE LECTURE #5 SUR CARTES FACON 99 C 100 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 100 C 101 #1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 102 C 1PRI #1 IMPRESSION DES RESULTATS DES OBS PAR ORDRE DE FACTEURS FACOR 103 C 1GRJ #0 REPPRESENTATION GRAPHIGUE SIMULTANEE DES VAR ET DES OBS FACOR 104 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 105 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR ET DES OBS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1GRJ #2 REPPRESENTATION GRAPHIGUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE STACTEURS FACOR 107 C 1VIN #1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 108 C 107 *10 *10 *11 *15 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10 *10	25	č	IMA1 JMA1#CARDT	NAUX DES ENSEMBLES I F	T A COMPLETES				
C		č	NIMP - NOMBRE L	THITE OF FACTFURS POUR	I IMPRESSION DES GRAPHIQUES		* *		
10		č	Market & Charles &	* . * i m n n n n n n n n n n n n n n n n n n	The same of the court is soon		* *		
C IDD I IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES FACOR 101		č	0, 12 0						
1		ř	TOO IMPRESS						
C	3.0	č							
G	•	č							
C IGRJ =1 REPRESENTATION GRAPHIQUE DES VAR SEULEMENT FACOR 105 IGRJ =2 REPRESENTATION GRAPHIQUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 IGRJ =2 REPRESENTATION GRAPHIQUE DES VAR EN PLUS FACOR 106 IGRJ =1 SORTIE DES VALEURS RECONSTITUEES AVEC NFAC FACTEURS FACOR 107 C IVIN =1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DE ENTREE FACOR 108 C IVFACe1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 109 C IOIN =1 HISTUGRAMME DES USS PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 110 C IOFACe1 HISTUGRAMME DES USS PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 111 40 C DIMENSION PIJ(1),PJ(1),PJ(1),SJJ(JMAX,1), FACOR 112 DIMENSION PIJ(1),PJ(1),FJ(1),FACJ(JMA1,1),FACI(IMA1,1),XA(1FACOR 114 I),YA(1),IDEN(1),VALPR(1),FDURC(1),FC(1) DIMENSION FMT(6),TITRE(20) DIMENSION AA(1),GPR(1),DA(1),DB(1),DC(1),DD(1) FACOR 116 DIMENSION W(25),W1(25) FACOR 117 FACOR 119 FACOR 120 C INFACENFAC#4+1 FACOR 121 C INFACENFAC#4+1 FACOR 122 C FACOR 122 C HEAD 123,NIMP,LU,IDD,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREG,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 124 PHINT 6,NIMP,LU,IDD,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREG,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PHINT 6,NIMP,LU,IDD,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREG,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 126 1		ř					. 7		
C		ř							
C		č	IGRJ => REPRESE	NTATION GRAPHIQUE DES	VAR FN PLUS				
C IVIN m1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE D ENTREE FACOR 108 C IVFACM1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS FACOR 109 C ION m1 HISTUGRAMME DES UBS PAR DRDRE DE FACTEURS FACOR 110 C IOPACM1 HISTUGRAMME DES UBS PAR DRDRE DE ENTREE FACOR 111 C IOPACM1 HISTUGRAMME DES UBS PAR DRDRE DES FACTEURS FACOR 111 DIMENSION PIJ(1),PJ(1),PJ(1),SJJ(JMAX,1), FACOR 112 DIMENSION PIJ(1),DISTJ(1),IDENJ(1),FACJ(JMA1,1),FACI(IMA1,1),XA(IFACOR 114 1),VA(1),IDEN(1),VALPR(1),POURC(1),LF(1) FACOR 115 DIMENSION MA(1),GBR(1),DA(1),DB(1),DC(1),DD(1) FACOR 116 DIMENSION M(25),M1(25) FACOR 117 DIMENSION M(25),M1(25) FACOR 118 FACOR 120 C FACOR 120 C FACOR 120 C FACOR 121 C FACOR 122 FACOR 123 FACOR 124 HEAD 123,NIMP,LU,IDD,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREG,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PHINT 6,NIMP,LU,IDD,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREG,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PHINT 6,NIMP,LU,IDD,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREG,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 IIN IUFAC*/1X,I4,1216) FACOR 128 FACOR 127 FACOR 127 FACOR 127 FACOR 127 FACOR 128 FACOR 129 FACOR 120 FACOR 12	15	č				-			
C IVFAC#1 HISTUGRAMME DES VAR PAR ORDRE DES FACTEURS C IOIN #1 HISTUGRAMME DES OBS PAR ORDRE DE NEE FACOR 110 C IOFAC#1 HISTOGRAMME DES OBS PAR ORDRE DE SFACTEURS FACOR 111 40 C DIMENSION PIJ(1),PI(1),PJ(1),SJJ(JMAX,1), FACOR 112 DIMENSION PIJ(1),IDENI(1),IDENJ(1),FACJ(JMA1,1),FACI(IMA1,1),XA(IFACOR 114 1),YA(1),IDEN(1),VALPR(1),POURC(1),LF(1) DIMENSION FMT(8),TITRE(20) FACOR 115 DIMENSION MA(1),GPR(1),DA(1),DB(1),DC(1),DD(1) FACOR 116 DIMENSION W(25),W1(25) C INFAC#NFAC#4+1 FACOR 120 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 122 FACOR 123 FACOR 124 FACOR 125 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 128 FACOR 129 FACOR 129 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 122 FACOR 123 FACOR 124 FACOR 125 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 128 FACOR 129	4.	č	TVIN =1 HISTORP	AMME NES VAD PAR NENDE	n Pater				
## FACOR 112 DIMENSION PIJ(1),PI(1),PJ(1),SJJ(JMAX,1),		ř	TVEACE HISTORY	AMME DES VAD PAR DESDE	DER FACTEIIDE				
## FACOR 112 DIMENSION PIJ(1),PI(1),PJ(1),SJJ(JMAX,1),		ř	TOTA -1 HISTOR	AMME DES TAR PAR DESE	A FATORE		~ 7		
## FACOR 112 DIMENSION PIJ(1),PI(1),PJ(1),SJJ(JMAX,1),		Č	TOPACH HISTOGR	AMME NES NES PAR DESPE	DES EACTELIDE				
DIMENSION PIJ(1),PI(1),PJ(1),SJJ(JMAX,1), FACOR 113 IDISTI(1),DISTJ(1),IDENI(1),FACJ(JMA1,1),FACI(IMA1,1),XA(1FACOR 114 1),YA(1),IDEN(1),VALPR(1),PDURC(1),LF(1) FACOR 115 DIMENSION FMT(8),TITRE(20) FACOR 116 DIMENSION AA(1),GPR(1),DA(1),DB(1),DC(1),DD(1) FACOR 117 DIMENSION W(25),W1(25) FACOR 119 FACOR 119 FACOR 120 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 121 FACOR 122 FACOR 122 FACOR 122 FACOR 123 FACOR 124 FACOR 125 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 128 FACOR 128 FACOR 129 FACOR 129 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 124 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 127 FACOR 128	40	ř	gor most into lock	ANGE DEG COO FAR CADAS	DEO PACIEDAS				
1DISTI(1),DISTJ(1),IDENI(1),IDENJ(1),FAGJ(JMA1,1),FACI(IMA1,1),XA(1FACOR 114 1),YA(1),IDEN(1),VALPR(1),POURC(1),LF(1) FACOR 115 DIMENSION FMT(8),TITRE(20) FACOR 116 DIMENSION AA(1),GPR(1),DA(1),DB(1),DC(1),DD(1) FACOR 117 DIMENSION W(25),W1(25) FACOR 119 FACOR 120 C INFACENFAC*4+1 FACOR 120 FACOR 121 C LECTURE DES DONNEES ET DES PARAMETRES FACOR 122 C FACOR 122 C FACOR 123 FACOR 124 FACOR 125 FACOR 124 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 128 FACOR 129 FACOR 129 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 121 FACOR 122 FACOR 123 FACOR 124 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 127 FACOR 128 FACOR 129 FACOR 129 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 127 FACOR 128 FACOR 128 FACOR 129 FACOR 129 FACOR 120 FACOR 120 FACOR 121 FACOR 125 FACOR 126 FACOR 127 FACOR 127 FACOR 128	7.	•	DIMENSION PIJES	1.PT(11.PJ(11.SJJ(JMAX	.1).				
1), YA(1), IDEN(1), VALPR(1), POURC(1), LF(1)			1018TI(11.D18TJ(1). TOFNICID. TOFNICID. P					
C INFACENFAC#4+1 FACOR 119 INFACENFAC#4+1 FACOR 120 C LECTURE DES DONNÉES ET DES PARAMETRES FACOR 122 C LECTURE DES DONNÉES ET DES PARAMETRES FACOR 123 C FACOR 123 FACOR 124 HEAD 123, NIMP, LU, IDO, IPRI, IPRJ, IGRJ, IFREQ, IVIN, IVFAC, IOIN, IOFAC FACOR 125 PRINT 6, NIMP, LU, IDO, IPRI, IPRJ, IGRJ, IFREQ, IVIN, IVFAC, IOIN, IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/# NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC#/1X, I4, 1216) FACOR 128			1).VA(1).TDFN(1)	.VALPRILL POURCESS	1. J				
C INFACENFAC#4+1 FACOR 119 INFACENFAC#4+1 FACOR 120 C LECTURE DES DONNÉES ET DES PARAMETRES FACOR 122 C LECTURE DES DONNÉES ET DES PARAMETRES FACOR 123 C FACOR 123 FACOR 124 HEAD 123, NIMP, LU, IDO, IPRI, IPRJ, IGRJ, IFREQ, IVIN, IVFAC, IOIN, IOFAC FACOR 125 PRINT 6, NIMP, LU, IDO, IPRI, IPRJ, IGRJ, IFREQ, IVIN, IVFAC, IOIN, IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/# NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC#/1X, I4, 1216) FACOR 128			OTMENSION EMT/A) - TTTDE/301	• •		• •		
C INFACENFAC#4+1 FACOR 119 INFACENFAC#4+1 FACOR 120 C LECTURE DES DONNÉES ET DES PARAMETRES FACOR 122 C LECTURE DES DONNÉES ET DES PARAMETRES FACOR 123 C FACOR 123 FACOR 124 HEAD 123, NIMP, LU, IDO, IPRI, IPRJ, IGRJ, IFREQ, IVIN, IVFAC, IOIN, IOFAC FACOR 125 PRINT 6, NIMP, LU, IDO, IPRI, IPRJ, IGRJ, IFREQ, IVIN, IVFAC, IOIN, IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/# NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC#/1X, I4, 1216) FACOR 128	45		DIMENSION FOLLS	.CPD/(1.NA/11.NE/11.NC	/ 1.		. *		
C	7.7		DIMENSION MACES	-M1(3E)	(1)100(1)				
INFACEMFAC#4+1 C C C LECTURE DES DONNEES ET DES PARAMETRES C HEAD 123,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC PHINT 6,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC PHINT 6,NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC 55 6 FORMAT(/* NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 11N IOFAC*/1X,I4,1216) FACOR 128		r	DIMENSION M(ES)	141(53)					
C LECTURE DES DONNEES ET DES PARAMETRES FACOR 121 C FACOR 123 FACOR 123 FACOR 123 FACOR 124 HEAD 123,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PRINT 6,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/# NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC#/1X,14,1216) FACOR 128		•	TNEACHNEACHALL						
C LECTURE DES DONNEES ET DES PARAMETRES FACOR 122 C FACOR 123 FACOR 123 FACOR 124 HEAD 123,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PHINT 6,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/* NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC*/1X,14,1216) FACOR 128		r	THE HORSE MORAL F						
FACOR 123 C HEAD 123,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PRINT 6,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/# NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC#/1X,I4,1216) FACOR 128	50	ř	I ECTHOE HER NOW	MEER ET NER DADAMETDER					
FACOR 124 HEAD 123,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PRINT 6,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 126 55 b FORMAT(/* NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC*/1X,14,1216) FACOR 128	. .	r.	FEGINAE DEG DUN	HELD ET DER LMUNUETUES					
HEAD 123,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 125 PRINT 6,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/* NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 11N IOFAC*/1x,I4,1216) FACOR 128		Ų.					*** *		
PRINT 6,NIMP,LU,IDO,IPRI,IPRJ,IGRJ,IFREQ,IVIN,IVFAC,IOIN,IOFAC FACOR 126 55 6 FORMAT(/# NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IOFACOR 127 1IN IOFAC#/1%,I4,1216) FACOR 128			DEAD AND MEMO	H TOO TOOT TOOT TOOT T	TOPO TUTN TUELS TOTAL TOPAS	-			
55 6 FORMAT(/# NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREG IVIN IVFAC IDFACOR 127 1IN IUFAC#/1%,14,1216) FACOR 128									
1IN IUFAC*/1×,14,1216) FACOR 128	55								
	9.3				TOUR TEMER TATH TANK				
ten countries 154				11510)					
			* mm . LOUGH! (1010)			FAGUR	1 5 4		

SUBROUTI	INE FACOR	73/171	OPT#1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14.39,22	PAGE	2
	RE	D 988, (IDE	CIAML, IME, CL) LN		FACOR	130		
		(EAGS) TAM	•		FACOR	131		
5 0	21 FO	(OLAB) TAME			FACOR	132		
	RE	D 21, FMT			FACOR	133		
		NT 7.FMT			FACOR	134		
			MAT DES DONNEES: *, 2x, 8410)		FACOR	135		
		5 IRI, IMA	· • • • • • • • • • • • • • • • • • • •		FACOR	136		
55			DENI(I),(PIJ(J),J#1,JMA1)		FACOR	137		
			O,PIJ,JMA1,I)		FACOR	138		
		TINUE			FACOR	139		
	C							
		DERETTIN BE	C BONNERS		FACOR	140		
* A	C IMP	RESSION DE	S DUNNEES		FACOR	141		
70					FACOR	142		
		MAT (///)			FACOR	143		
		MAT(/)			FACOR	144		
		MAT (1H1)			FACOR	145		
		MAT(1H1//)			FACOR	146		
15	33 FO	MAT(1X,A3,	2x,12F10.4)		FACOR	147		
	PR:	NT 400			FACOR	148		
	PR:	INT 34, TITH	₹ E		FACOR	149		
		MATCI3X, 20		· ·	FACOR	150		
	40 FO	MAT(1X, +I	ID *,12(3x,A3,4x))		FACOR	151		
0		IDO EG. 03			FACOR	152		
		JMA1.GT.12			FACOR	153		
			NJ(I), IR1, JMA1)		FACOR	154		
		NT 25	U.O.C. T. A. T. M. T. A. C. U. T. A.		FACOR	155		
		NTEO			FACOR	156		
15	-	32 I#1, IM/				-		
, ,					FACOR	157		
		NT#ICONT+1			FACOR	158		
			O,PIJ,JMA1,I)		FACOR	159		
			(1AML, 1=1, (L) LIP), (1) IF		FACOR	160		
			50) NE 0) GO TO 32		FACOR	161		
90			(MA1) GO TO 32		FACOR	162		
	PR:	NT 401			FACOR	163		
	PR:	INT 40, (IDE	[NJ(J),J#1,JMA1)		FACOR	164		
	35 COI	ITINUE			FACOR	165		
	PR:	NT 400			FACOR	166		
5	. 60	TO 652			FACOR	167		
	700 M#.	JMA1/12			FACOR	168		
	DO	701 L#1.M			FACOR	169		
		(L=1)+12+1			FACOR	170		
	_	L*12	•		FACOR	171		
0			(NJ(I),I#LL,LT)		FACOR	172		
•		NT 25	THE CAST APPEALS		FACOR	173		
		NT#0			FACOR			
			4 4 4			174		
		702 Im1, I			FACOR	175		
.		NTHICONT+			FACOR	176		
5			O,PIJ,JMA1,I)		FACOR	177		
			(I),(PIJ(J),J=LL,LT)		FACOR	178		
			50) NE.0) GO TO 702		FAÇOR	179		
	IF	(ICONT.EG.)	[MA1] GO TO 702		FACOR	180		
		NT 401			FACOR	181		
0			NJ(J),JmLL,LT)		FACOR	182		
	702 CD		or the state of		FACOR	183		
	,	NT 400			FACOR	184		
	701 00				FACOR	185		
	, , , , , ,	1 * 6 * 7 * 10 * 10 * 10 * 10 * 10 * 10 * 10			r M G U R	100		

SUBROUTINE	PACO	73/171	OPT#1	FTN 4.8+49	80/02/06	14.39.22	PAGE	3
115		MSmM*12+1			FACOR	187		
		IF(MT) 652,65			FACOR	188		
	703		(IAML, SM#I, (I) LN		FACOR	189		
		PRINT 25			FACOR	190		
120		ICONT#0			FACOR	191		
120		DO 704 I#1, IM			FACOR	192		
		ICONTRICONT+1	O,PIJ,JMA1,I)		FACOR FACOR	193		
			M=L.(L),(PIJ(J),J=M	S.JMA11	FACOR	194 195		
			50) NE 0) GO TO		FACOR	196		
125			(MA1) GO TO 704	•	FACOR	197		
		PRINT 401			FACOR	198		
			(IAML, SM#L, (L) LM		FACOR	199		
	704	CONTINUE			FACOR	200		
		PRINT 400			FACOR	201		
130		CONTINUE			FACOR	505		
	C	ABBEL DU BUSO	DIMME B INTEREST	NCB	FACOR	203		
	C	APPEL DU PROG	HAMME D ANALYSE I	DES CORRESPONDANCES	FACOR	204		
	·	CALL PRANCE /P	TT.TMAY.TMAY.NEA	C, IDENI, IDENJ, PI, PJ, DISTI,	FACOR FACOR	205 206		
135				CI.IMA1.JMA1.AA,GPR.DA.DB.		207		
• • •		DC.DD.IFREQ)		at the tent and the tent of White tent	FACOR	208		
	C.				FACOR	209		
	C	CALCUL DES CO	INTPIBUTIONS POUR	LES I	FACOR	210		
	C				FACOR	211		
140		JJHINFAC			FACOR	212		
		DO 11 1=1,1MA	N1		FACOR	213		
		K#IMA1+I			FACOR	214		
		DO 1000 J#1,I	INFAC		FACOR	215		
4 4 5	1000	PIJ(J)=0.			FACOR	216		
145		IF(I.GT.IMAX)			FACOR FACOR	217		
	2 n	PIJ(1)#DISTI(DO 13 L#1,NFA			FACOR	218 219	•	
	~ v	IF(I.GT.IMAX)			FACOR	550		
			(I,L)*PI(I)*FACI	(1.L)	FACOR	221		
150	58	CONTINUE			FACOR	555		
		PIJ(NFAC+L+1)	MFACI(T,L)*FACI(I,L)/DISTI(I)	FACOR	223		
				+AB\$(PIJ(NFAC+L+1))	FACOR	224		
			·1)#FACI(I,L)/SQR	T(DISTI(I))	FACOR	225		
A PP DM	13	CONTINUE			FACOR	556		
155		CALL WRITHS (2	(0,PIJ,JJ,K)		FACOR	227		
	-	CONTINUE			FACOR	558		
	C	TOEM POUR LES	: •		FACOR FACOR	229		
	č	TOTA POOK PEO	, <u>J</u>		FACOR	230 231		
160	•	DO 14 Im1,JMA	.1		FACOR	525		
- • -		J#2#IMA1+I	`•		FACOR	233		
		DO 900 K#1, IN	FAC		FACOR	234		
	900	PIJ(K)m0.			FACOR	235		
		IF(I,GT,JMAX)	GO TO 59		FACOR	236		
165		PIJ(1)#DISTJ(FACOR	237		
	59	DO 16 L#1, NFA			FACOR	238		
		IF(I.GT.JMAX)		47.15	FACOR	239		
			((I,L)*PJ(I)*FACJ	(116)	FACOR	240		
170	ĐŲ,	CONTINUE PLICNEACHLAIN	=FACJ(1,L)*FACJ(1	T. 1.3 / DTST 1/ T.	FACOR	241		
. , ,			•	+ABS(PIJ(NFAC+L+1))	FACOR FACOR	242 243		
			AJWI AU LERNIE MUTLJ	THEORETHI NOTETIJI	FAUUN	E 4 3		

	SUBROUTINE	FAC	OR 73/171	OPT#1		FTN 4.8+	498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	4
				·1)mFACJ(I,L)/SGRT(DISTJ(I))			FACOR	244		
		1 (6 CONTINUE					FACOR	245		
	•		CALL WRITHS	0,913,33,3)				FACOR	246		
175			4 CONTINUE					FACOR	247		
		C C	TMPPERSTON OF	TTONNELLE P	ES FACTEURS SOUS		CDAMME	FACOR	248		
		C	TWENEGOIDS OF	I TOWNETTE C	ES PACIEURS SUUS	LOKUE D UTBIO	GRAMME	FACOR FACOR	249		
		•	MEACHMINOCHEA	C.5)				FACOR	250 251		
180)		IVV#IDIN+IDFA		C			FACOR	252		
					ACI, FACJ, IDENI, IC	ENJ. YA. IDEN. I	. LAML. LAM	FACOR	253		
			1 MFAC, TOIN, TO					FACOR	254		
			IF(IPRI.EQ.O.	AND IPRJ. EG	.0) GO TO 48			FACOR	255		
4 4-		C						FACOR	256		
165		C			PUIS RANGEMENT SU				257		
		Ĺ	E1 IMPRESSION	POUR CHAGU	E FACTEUR DES RES	SULTATS PRECEDE	ENTS	FACOR	258		
			8 DO 95 L#1.MFA	•				FACOR	259		
		31	PRINT 94,L,VA	100/14(10/	119571 413			FACOR	260		
190	·	0	4 FORMATION F	ACTFUR NO =	*,12,3X, * VALPR	B +.FE 4.7Y.+	POUDE THER	FACOR TEACOR	262 261		
• • •			11E # *, F8.4,		TERRETAIN THEFT	m nat madament	. DONG # THEK	FACOR	263		
			IF(IPRI_EQ.0)					FACOR	264		
			DO 96 IM1, IMA					FACOR	265		
			IDEN(I)=I					FACOR	266		
195	5	9	6 XA(I)=FACI(I,					FACOR	267		
			CALL TRIB (XA	,IDEN,IMA1)				FACOR	268		
			PRINT 90					FACOR	569		
		4	O FORMAT(1X, #]		POIDS DISTANCE		IFARS CION	•	270		
200	\		1ABS CION.ABS	. CTOM*KET	SUMM CORP	REL *)		FACOR	271		
200	•	9	1 FORMAT (32X, +	TRACE	MOM.INER	EN % A L	ELEH CION	FACOR	272 273		
		•	1REL +,/)	111000	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			FACOR	274		
			ICONTHO					FACOR	275		
			DD 98 J=1,IMA	1				FACOR	276		
508	5		I#IDEN(J)					FACOR	277		
			KmIMA1+I					FACOR	278		
		19	9 CALL READMS (2	(0,PIJ,JJ.K)				FACOR	279		
			AmpiJ(L+1)+10		1)			FACOR	280		
210			ICUNT#ICONT+1		STOTIATE DILALS #			FACOR	281		
= 14	•				DISTI(I),PIJ(1),F ,PIJ(3*NFAC+L+1)	. wel(1) [1] black	F-114WALTI(282		
					OR ICONT EQ. IMA1	CO TO GS		FACOR FACOR	283 284		
			PRINT 401	120111111111111111111111111111111111111	on stoom stostants	7 00 10 70		FACOR	285		
			PRINT 90					FACOR	286		
515	i		PRINT 91					FACOR	287		
			B CONTINUE					FACOR	288		
			2 IF(IPRJ.EQ.0)	GO TO 595				FACOR	289		
		C						FACOR	290		
• • •		C	IDEM POUR LES	J				FACOR	291		
550)	C	005NT 464					FACOR	292		
			PRINT 401	. 1				FACOR	293		
			DO 97 I=1,JMA IDEN(I)=I	· #				FACOR FACOR	294 295		
		٥	7 YA(I)=FACJ(I	.t.):				FACOR	596 542		
225	5		CALL TRIB(YA					FACOR	297		
			PRINT 90	= erminie witten a.∦				FACOR	298		
			PRINT 91					FACOR	299		
			ICONT#0					FACOR	300		
								# · · · · ·			

. S i	UBROUTINE FACOR	73/171 OPT#1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14.39,22	PAGE	5
		0 998 J≡1,JMA1		FACOR	301		
530	-	PIDEN(J)		FACOR	302		
	997 I	I#2*IMA1+I		FAÇOR	303		
		ALL READMS(20,PIJ,JJ,II)		FACOR	304		
	A	PPIJ(L+1) +100./VALPR(L+1)		FACOR	305		
	I	CUNT#ICONT+1		FACOR	306		
235	P	RINT 71,1DENJ(I),PJ(I),DISTJ(I),PIJ(1),FACJ(I,L),PIJ(L+1),A,PIJ(NEACOR	307		
		AC+L+1),PIJ(2*NFAC+L+1),PIJ(3*NFAC+L		FACOR	308		
	I	F((MOD(ICONT,50).NE.O).UR.ICONT.EQ.I	MA1) GD TO 998	FACOR	309		
		RINT 401		FACOR	310		
	4	RINT 90		FACOR	311		
240	P	RINT 91		FACOR	312		
	998 C	DATINUE		FACOR	313		
		DRMAT(2X,A3,5X,9F10,4)		FACOR	314		
		RINT 400		FACOR	315		
		ONTINUE		FACOR	316		
245	C			FACOR	317		
•		DRTIE CONDENSEE DES RESULTATS DE L: A	NALYSE	FACOR	318		
	č			FACOR	319		
	46 P	P=0.		FACOR	320		
	"	Va 1		FACOR	321		
250		FACHMINO(NFAC.5)		FACOR	355		
250		CONTRO		FACOR	323		
	-	Fm1		FACOR	324		
		7 TU 397		FACOR	325		
		FACUMINO((NFAC=JF±5),5)+5±JF		FACOR			
255					326		
633		N#5*JF+1 e~ ve. 4		FACOR	327		
	707 B	FBJF+1		FACOR	328		
		RINT 253, (II, II#MN, MFAC)		FACOR	329		
		RINT 25		FACOR	330		
		0 256 KMMN, MFAC		FACOR	331		
500		1(K)=POURC(K+1)/100.		FACOR	335		
	•	P#PP+W1(K)		FACOR	333		
		D 295 I#1, IMA1		FACOR	334		
	Ķ	mIMA1+I		FACOR	335		
		ALL READMS (20, PIJ, JJ, K)		FACOR	336		
265		D 298 J#MN,MFAC		FACOR	337		
		(J)#PIJ(J+1)+100./VALPR(J+1)		FACOR	338		
	P	RINT 254, IDENI(I), PI(I), PIJ(2*NFAC+M	FAC+1),(FACI(I,L),PIJ(NFAC+L	FACOR	339		
		1),H(L),L#MN,MFAC)		FACOR	340		
		CONT#ICUNT+1		FACOR	341		
270	I	F(MOD(ICONT,50).NE.O) GO TO 295		FACOR	342		
	I	F(ICONT, EQ. IMA1) GO TO 295		FACOR	343		
		RINT 258,PP,(W1(L),Lamn,MFAC)		FACOR	344		
	P	RINT 253, (II, II#MN, MFAC)		FACOR	345		
		RINT 25		FACOR	346		
275	295 C	ONTINUE		FACOR	347		
		RINT 258, PP, (W1(L), L#MN, MFAC)		FACOR	348		
		CONTRO		FACOR	349		
		RINT 255, (II, II#MN, MFAC)		FACOR	350		
		RINT 25		FACOR	351		
280		0 294 I#1, JMA1		FACOR	352		
		INI+2*IMA1		FACOR	353		
		ALL READMS(20.PIJ.JJ.II)		FACOR	354		
	·	D 297 JEMN, MFAC		FACOR	355		
		(J) #PIJ(J+1) #100./VALPR(J+1)		FACOR	356		
285		RINT 254, IDENJ(I), PJ(I), PIJ(2*NFAC+M	FACALL CEACHET IN APTHONEACAL		357		
~ ~ ·	r	·辛···································			331		

Şı	BROUTINE FACO	R 73/171 OPT#1	F	TN 4,8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	6
		1+1),W(L),LEMN,MFAC)			FACOR	358		
		ICONT#ICONT+1			FACOR	359		
		ICONTHICONT+1 IF(MOD(ICONT,50),NE.0) GO TO	294		FACOR	360		
		IF (TCONT, EQ, JMA1) GO TO 294			FACOR	361		
590		PRINT 258, PP, (W1(L), LMMN, MFA	¢)		FACOR	362		
		PRINT 255, (II, II#MN, MFAC)			FACOR	363		
	÷	PRINT 25			FACOR	364		
	294	CONTINUE			FACOR	365		
295	. n. #. u	PRINT 258, PP, (W1(L), Lamn, MFA	u] mae 7 4011		FACOR	366		
E 7 3	620	FORMAT(//* ENSEMBLE*,F7.3,5()	, 12+31 (x1)		FACOR	367		
		IF((NFAC=JF*5),GT.0) GO TO 2	04		FACOR	368		
	253		*,5(* F*,12,*	CE CA +))	FACOR FACOR	369		
		FORMAT(1X, A3, 2F6, 3, 5(1X, 3F7.		CE CA 437	FACOR	370 371		
300			*,5(* F*,12,*	CE CA +))	FACOR	372		
	C			OB	FACOR	373		
	Č	SORTIE GRAPHIQUE DES 2 ENSEMI	BLES SUR LE PLAN DE	S FACTEURS	FACOR	374		
	C				FACOR	375		
	101	NN#NIMP			FACOR	376		
305		PRINT 400			FACOR	377		
		DO 103 M#1, NIMP			FACOR	378		
		L=M			FACOR	379		
		KKar+1			FACOR	380		
440		IF(M.LT.NIMP) GO TO 471			FACOR	381		
310		KK#2			FACOR	382		
		N#2			FACOR	383		
	471	DO 103 K#KK,NN			FACOR	384		
	₩/↓	PRINT 61, L, POURC (L+1), K, POUR	CCKAII		FACOR FACOR	385 386		
315	61	FORMAT(2X, # AXE DES X ##, 12,		AXE DES V mm.T		387		
•••	***	1* (*,F5,2,*X)*,/)			FACOR	388		
		IF (IGRJ.EQ.1) GO TO 46			FACOR	389		
		DO 1 TE1, THA1			FACOR	390		
		XA(I) #FACI(I,L)			FACOR	391		
350		YA(I)mFACI(I,K)			FACOR	392		
	1	IDEN(I) #IDENI(I)			FACOR	393		
		DO 2 Jm1, JMA1			FACOR	394		
		XA(IMA1+J)#FACJ(J,L)			FACOR	395		
		YA(IMA1+J)#FACJ(J,K)			FACOR	396		
325		IDEN(IMA1+J)#IDENJ(J)			FACOR	397		
		NPOINTWIMA1+JMA1 Call Graphe(ya,xa,npoint,ide)	N 188		FACOR	398		
		PRINT 400	NICEI		FACOR	399		
		IF(IGRJ_NE_2) GO TO 103			FACOR FACOR	400		
330		PRINT 61, L, POURC (L+1), K, POUR	C(K+1)		FACOR	401 402		
	46	00 37 Jm1, JMA1	# (1) 4 3		FACOR	403		
	• •	XA(J) #FACJ(J,L)			FACOR	404		
		YA(J)#FACJ(J,K)			FACOR	405		
	37	IDEN(J)=IDENJ(J)			FACOR	406		
335		NPOINT#JMA1			FACOR	407		
		CALL GRAPHE (YA, XA, NPOINT, IDE	N.LF)		FACOR	408		
		PRINT 400			FACOR	409		
	103	CONTINUE			FACOR	410		
• •		PRINT 402, (L,Lm1,NFAC)			FACOR	411		
340		PRINT 25			FACOR	412		
		DO 750 IF1, INA1	EART/T \ = 4 \ \P. = 5		FACOR	413		
		WRITE(9,751) IDENI(I), PI(I), (FAUICIALIA LEIANFAC)		FACOR	414		

	SUBROUTINE FACOR	73/171 OPT#1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14,39,22	PAGE	7
	750 PRIN1	T 751, IDENI(I),PI(I),(FACI	I(I,L),L=1,NFAC)	FAÇOR	415		
	ENDFI	ILE 9		FACOR	416		
34	45 PRINT	T 403, (L, L#1, NFAC)		FACOR	417		
	PRIN1	7 25		FACOR	418		
	UO 75	52 J#1,JMA1		FACOR	419		
	WRITE	E(9,751) IDENJ(J),PJ(J),(FAC	CJ(J,L),L#1,NFAC)	FACOR	420		
		T 751 . IDENJ(J), PJ(J), (FAC		FACOR	421		
3 5	50 402 FORMA	AT (1H1//3X, *FACTEURS DES OBS	B. SAUVEES SUR LE TAPES AVEC L	E FURFACOR	422		
			6X,5HPOIDS,10X,15HF A C T E U		423		
	1/(13)	X,1319))	•	FACOR	424		
	403 FORMA	AT(1H1//3X, *FACTEURS DES VAF	R. SAUVEES SUR LE TAPES AVEC L	E FORFACOR	425		
	1MAT ((1X,A4,1X,14F9,5)*//2X,2HID,	6x,5HPDIDS,10x,15HF A C T E U	R S,FACOR	426		
3 9		X,1319))		FACOR	427		
	751 FORMA	AT(1X,A4,(1X,14F9.5))		FACOR	428		
	100 RETUR	RN		FACOR	429		
	END			FACOR	430		

SUBRO	UTINE RD	ANCE	73/171	0PT#1	FTN 4,8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	1
1.		SUBR	OUTINE RE	DANCE(PIJ.IMAX,J	MAX,NFAC,IDENI,IDENJ,PI,	FACOR	431		
		1PJ,0	ISTI, DIST	TJ,SJJ,VALPR,POU	RC, FACJ, FACI, IMA1, JMA1, A, GPR,	FACOR	432		
		1DA,D	B.DC.DD.I	IFREQ)		FACOR	433		
_	C					FACOR	434		
5	Ç			D ANALYSE DES C		FACOR	435		
	Ç	LEBA	RT ET FEN	NELON(1971) , PUI	S P, VABRE(1973)	FACOR	436		
	Ç					FACOR	437		
	Č					FACOR	438		
					ANCE I+J I EN LIGNES J EN COLONNES	FACOR	439		
10	C				ES MARGINALES DES I ET DES J	FACOR	440		
	Ç			A DIAGONALISER.		FACOR	441		
				VALEURS PROPRES	ARCHO	FACOR	442		
	Č			D INERTIE DES FA		FACOR	443		
				IDENTIFICATEURS		FACOR	444		
15	Č			F FACTEURS DES I		FACOR	445		
	Ĺ			ARDINAUX DES ENS		FACOR	446		
					MBLES I ET J COMPLETES	FACOR	447		
	, L	MPAC	# MUMBER	E DES PALTEURS N	ON TRIVIAUX DEMANDES	FACOR	448		
20	L	65 T 41 P			88443 88443 WALGOVALA BOUDGALA	FACOR	449		
50					PI(1), PJ(1), VALPR(1), POURC(1)	FACOR	450		
				ENI(1), IDENJ(1)	A WA	FACOR	451		
				ML,XAML)LL8,(1)L		FACOR	452		
					DB(1),DC(1),DD(1)	FACOR	453		
36	_	DIME	NSTON PAC	CJ(JMA1,1),FACI(IMAI,1)	FACOR	454		
25	Č		old RE LA		ES EDENIENATO DEL ME NOS ENTAUTACES	FACOR	455		
	Č	LALL	OF DE FW	somme south . n	ES FREQUENCES PIJ ET DES FREQUENCES		456		
	· .		47/444			FACOR	457		
	4		AT(1H1)			FACOR	458		
30			J=0,	HAU		FACOR	459		
30	•		00 J#1,J⊧	TIMA		FACOR	460		
		00 PJ(J	00 I#1,IN	M A U		FACOR	461		
)#0.	7.00		FACOR -	462		
				ON DES THAT TO			463		
35		מאכנ	00 J#1,J	20,PIJ,JMA1,I)		FACOR FACOR	464		
3,7		81/1)#PI(I)+F	0100 0112:15		FACOR	465		
	2)#PJ(J)+F			FACOR	466 467		
			J=SOMIJ 4			FACOR	468		
	•		40 I#1, IM			FACOR	469		
40				PIJ, JMA1, I)		FACOR	470		
40		00.1	540 J=1.	IMA 1		FACOR	471		
	15	40 PT.16	J)#PIJ(J)	LIMORY		FACOR	472		
	• •			20, PIJ, JMA1, I)		FACOR	473		
	5	40 CONT				FACOR	474		
45	•		00 1#1,18	MAY		FACOR	475		
~ ~	ш)=PI(I)/8			FACOR	476		
	•		00 J#1.J			FACOR	477		
) =PJ(J)/8			FACOR	478		
	c ~					FACOR	479		
50	č	CALC	UL DE LA	MATRICE SJJ A D	IAGONALISER	FACOR	480		
-	č				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	FACOR	481		
		00 6	00 J#1,JH	MAX		FACOR	482		
			00 K#1,J			FACOR	483		
			J.K)#0.			FACOR	484		
55				PJ(J)*PJ(K))		FACOR	485		
			01 1=1,10			FACOR	486		
							· • •		

SUBROL	ITINE ROANCE	73/171 OPT=1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	5
	601 SJ] 	(I)*RACPJK)	FACOR	488		
		INTINUE		FACOR	489		
60	813 CO	INTINUE		FACOR	490		
	00	612 J#1, JMAX		FACOR	491		
		STJ(J)=(SJJ(J,J)/PJ(J))=1.		FACOR	492		
	C			FACOR	493		
	C CA	LCUL DES VECTEURS ET VALEURS PROP	RES DE SJJ	FACOR	494		
65	C			FACOR	495		
	Kas	0		FACOR	496		
	0.0	12 Im1, JMAX		FACOR	497		
		12 JEI, JMAX		FACOR	498		
		K+1		FACOR	499		
70		K)#SJJ(J,I)		FACOR	500		
• •	CA	LL DYF (JMAX, NFAC+1, A, VALPR, GPR, DA	DB.DC.OD)	FACOR	501		
	K =		, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	FACOR	502		
		AC1#NFAC+1		FACOR			
		16 I=1,NFAC1		FACOR	503 504		
75					504		
7 3		16 J=1,JMAX		FACOR	505		
		K+1		FACOR	506		
		J(J,I)#GPR(K)		FACOR	507		
	C	I BUT DE LE BONNE DES MIL BOSDES	UPAL - 90 91/9 A A M 9	FACOR	508		
0.0		LCUL DE LA SOMME DES VAL PROPRES		FACOR	509		
6 0	C ET	' DE LA PART D'INERTIE DE CHAQUE F	ACTEUR	FAÇOR	510		
	C			FACOR	511		
		FACTEUR TRIVIAL NE SERA PAS COMP	TE DANS LES NEAC FACTEURS	FACOR	512		
	C DE	MANDES PAR L UTILISATEUR.		FACOR	513		
	C			FACOR	514		
85		M#O.		FACOR	515		
	DΟ	700 J#2,JMAX		FACOR	516		
		M#SDM +VALPR(J)		FACOR	517		
	0.0	XAME_SEE OOR		FACOR	518		
	800 PO	URC(J)=VALPR(J)+100./SOM		FACOR	519		
90	PO	URC(1)#0.0		FACOR	520		
• -	C			FACOR	521		
	-	INT 64		FACOR	522		
	64 FO	RMAT(///,2x, * VALEURS PROPRES	PHIRCENTAGE N THERTTE A	POURCEFACOR	523		
	1 N T	AGE CUMULE *./)	CONCENTAGE D THERITE	FACOR	524		
95		10.		FACOR	525		
7.3				FACOR	526		
	9-	CANDODO 11 1		FACOR			
	47 00) 6/ 1=1,JMAX :P+POURC(I) :INT 66,VALPR(I),POURC(I),P :RMAT(7%=F8.4.13%.F8.4.13%=F8.4)			527 528		
	6/ FN	SPMYANDA EB V 13A EB V 13A EB VI		FACOR	528 530		
0.0		William Court of the Court of t		FACOR	529		
.00		INT 401		FACOR	530		
	Ç	LANGE BEAUTION AND BOURS AND F		FACOR	531		
		LCUL DES DISTANCES POUR LES I		FACOR	532		
	C			FAÇOR	533		
		869 I#1, IMAX		FACOR	534		
.05	CA	LL READMS(20, PIJ, JMA1, I)		FACOR	535		
	01	STI(1)#0.		FACOR	536		
		889 J#1, JMAX		FACOR	537		
	889 DI	STI(I) = DISTI(I) + (PIJ(J)/PI(I) = PJ(I)	J))**2/PJ(J)	FACOR	538		
	C			FACOR	539		
10	C CA	LCUL DES FACTEURS DE J(COLONNES D	PIJ)	FACOR	540		
	C	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		FACOR	541		
	Ĉ FA	CJ = TABLEAU DES FACTEURS POUR J		FACOR	542		
	C FA	C J(J, KFAC) = COORDONNEE DE L ELE	MENT J SUR LE KEAC-TEME	FACOR	543		

ŞUBRDU	UTINE RDANCE: 73/171 UPT#1 FTN 4,8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	3
115	C	FACOR	545		
	DO 40 I=1,JMAX	FAÇOR	546		
	40 VALPR(I)=ABS(VALPR(I))	FACOR	547		
	UO 900 KFAC=1,NFAC	FACOR	548		
	DO 900 J#1,JMAX	FACOR	549		
120	900 FACJ(J,KFAC)#(SJJ(J,KFAC+1)/SQRT(PJ(J)))#SQRT(VALPR(KFAC+1		550		
	C	FACOR	551		
	C CALCUL DES FACTEURS DE I(LIGNES DE PIJ)	FACOR	552		
	č	FACOR	553		
	C FACIETABLEAU DES FACTEURS POUR I	FACOR	554		
125	C FACT(I, KFAC) = CODRDONNEE DE L ELEMENT I SUR LE KFAC+IEME	FACOR	555		
	C FACTEUR NON TRIVIAL	FACOR			
	C		556 558		
	DO 910 I=1,IMAX	FACOR	557 550		
	CALL READMS(20,PIJ,JMA1,I)	FACOR	558		
130	On the Mean than the control of the	FACOR	559		
130	DO 910 KFAC=1,NFAC	FACOR	560		
	FACI(I, KFAC)mO.	FACOR	561		
	00 910 J#1,JMAX	FACOR	562		
	910 FACI(T, KFAC) #FACI(I, KFAC) + (PIJ(J) / PI(I)) *FACJ(J, KFAC) / SQRT		563		
	*FAC+1))	FACOR	564		
135	C	FACOR	565		
	C CALCUL DES FACTEURS DE I SUPPLEMENTAIRES	FACOR	566		
	C	FACOR	567		
	IMA#IMAX+1	FACOR	568		
	IF(IMA.GT.IMA1) GD TU 51	FACOR	569		
140	DO 50 Imima, Imai	FACOR	570		
	CALL READMS(20,PIJ,JMA1,I)	FACOR	571		
	PI(I)=U.	FACOR	572		
	DO 52 J#1,JMAX	FACOR	573		
	52 PI(T)=PT(T)+PIJ(J)	FACOR	574		
145	DO 50 K=1,NFAC	FACOR	575		
	FACT(T,K)#O.	FACOR	576		
	DO 2 Jel, JMAX	FACOR	577		
	2 FACT(I,K)=FACT(I,K)+(FACJ(J,K)+PIJ(J)/PI(I))/SQRT(VALPR(K+		578		
	50 CONTINUE	FACOR	579		
150	DO 55 l#IMA, IMA1	FACOR			
	CALL READMS(20,PIJ,JMA1,I)		580		
	DISTICIDEO.	FACOR	581 503		
	DO 53 J=1,JMAX	FACOR	582 582		
		FACOR	583 584		
1 5 5	53 DISTI(I)=DISTI(I)+((PIJ(J)/PI(I))**2)/PJ(J)	FACOR	584		
155	SS DISTICED #DISTICED =1.	FACOR	585		
		FACOR	586		
	C CALCUL DES FACTEURS DE J SUPPLEMENTAIRES	FACOR	587		
	C The state of the	FACOR	588		
	51 JMAHJMAX+1	FACOR	589		
160	IF(JMA.GT.JMA1) GO TO 61	FACOR	590		
	DO GU J#JMA,JMA1	FACOR	591		
	PJ(J)#0.	FACOR	592		
	DO 62 Im1,IMAX	FACOR	593		
	CALL READMS(20,PIJ,JMA1,I)	FACOR	594		
165	62 PJ(J)=PJ(J)+PIJ(J)	FACOR	595		
	DO 60 K=1,NFAC	FACOR	596		
	FACJ(J,K)=0.	FACOR	597		
		FACOR	598		
	DD 3 Tm1, IMAX	r M L UN	276		
	CALL READMS(20,PIJ,JMA1,I)	FACOR			
170		FACOR	599 600		

SUBROUTINE	RDAN	CE	73/171	OPT#1		FTN	4.8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	4
		00 54	J.AML≡L	MA1				FACOR	602		
		DISTJ	(J)=0.					FACOR	603		
			I=1,IMA					FACOR	604		
175		CALL R	EADMS(2	I. LAML, LIG, O)			FACOR	605		
	56	DISTU	(J)=DIST	J(J)+(CPIJ(J))/PJ(J))**2)/PI(I)		FACOR	606		
	54	DISTU	J)=DIST	J(J)=1.				FACOR	607		
	61	CONTIN	IUE					FACOR	608		
		IF (IFR	EQ.EQ.O) GO TO 30				FACOR	609		
160	C							FACOR	610		
	C	RECONS	OITUTIT	N DU TABLEAU	DE FREQUENCE			FACOR	611		
	C							FACOR	612		
		REWIND	10					FACOR	613		
		PRINT	1082,NF	AC				FACOR	614		
185	1082	FORMAT	(\5X**	FREQUENCES RI	ECONSTITUEES AVE	C*,12,* F	ACTEURS*/)	FACOR	615		
		00 72	IR1, IMA	1				FACOR	616		
		00 71	J=1,JMA	1				FACOR	617		
		PIJ(J)	#0.0					FACOR	618		
		DO 70	K#1,NFA	C				FACOR	619		
190	70	PIJ(J)	#PIJ(J)	+FACJ(J,K)*F/	ACI(I,K)*PI(I)*P	J(J)/80R1	(VALPR(K+1))	FAÇOR	620		
	71	PIJ(J)	m(PIJ(J	U) U) +SOMIJ			FACOR	621		
		PRINT	1022,10	ENI(I),(PIJ(J),J=1,JMA1)			FACOR	622		
	72	WRITE (10,1022) IDENI(I),(PIJ(J),J=1,JMA1)			FACOR	623		
	1055	FORMAT	/C/1×,A4	,1X,10F10.5/	(6X,10F10 ₄ 5))			FACOR	624		
195		PRINT	401					FACOR	625		
	30	RETURN	l					FACOR	626		
		END						FACOR	627		

SUBROU	JTINE TRIB	73/171	OPT=1	FTN 4,8+498	80/02/06.	14,39,22	PAGE	1
1		SUBROUTINE TR			FACOR	628		
		DIMENSION X(1), IDEN(1)		FACOR	629		
		NPEN			FACOR	630		
		IF(INP.EU.1)R	ETURN		FACOR	631		
5	. 1	IND=IND\5			FACOR	632		
	1	[FINEN#INP			FACOR	633		
	2 v	HARK#0			FACOR	634		
	Ĺ	00 32 I=1, IFI	N		FACOR	635		
		J=I+INP			FACOR	636		
10	,	(DEI=X(I)			FACOR	637		
		F(XDEI=X(J))	32,32,4		FACOR	638		
		((I) #X(J)			FACOR	639		
		((J)#XDEI			FACOR	640		
		ARK#1			FACOR	641		
15		(TRIDEN(I)			FACOR	642		
••		DEN(I) #IDEN(J)		FACOR	643		
		DEN(J)=IT	•		FACOR	644		
		ONTINUE			FACOR	645		
		F (MARK) 2,1,2			FACOR	646		
20		O TO 1			FACOR	647		
£ 0					FACOR			
	5	END			FAGUN	648		

. 5	UBROUTINE MIMA	73/171 OPT=1	FTN 4,8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	1
1		SUBROUTINE MIMAX (T,NB,TMIN,TMAX)		FACOR	649		
	Ü			FACOR	650		
	Ċ	SOUS ROUTINE CALCULANT LE MIN ET LE MAX D'UNE	SUITE DE NA REELS		651		
	č	LEBART ET FENELON(1971)		FACOR	652		
5	, č			FACOR	653		
-	. •	DIMENSION T(1)		FACOR	654		
	C			FACOR	655		
	•	TMINHT(1)		FACOR	656		
		TMAXRT(1)		FACOR	657		
10		00 400 I#2,NB		FACOR	658		
• •		IF(T(I),GT,TMAX) GO TO 100		FACOR			
		GO TO 200			659		
	100			FACOR	660		
		TMAXBT(I)		FACOR	661		
4.5	200	IF(T(I).LT.TMIN) GU TO 300		FACOR	665		
15		GO TO 400		FACOR	663		
		TMINHT(I)		FACOR	664		
	400	CONTINUE		FACOR	665		
		RETURN		FACOR	666		
		END		FACOR	667		

.	SUBROUTINE	GRAP	HE 73/171	OPT#1	FTN	N 4.8+498	80/02/06.	14,39,22	PAGE	. 1
1			SUBRUUTINE GR	APHE (Y, X, N, LX, LF))		FACOR	668		
	(C					FACOR	669		
	(C	SOUS-ROUTINE	TRACANT UN GRAPHI	QUE QUADRILLE . LEE	SART ET FENEL	ON(19FACOR	670		
	(C	MODIFIEE PAR	P. VABRE (1973) AFT	(N D AVOIR UN SYSTEM	IE D AXES ORT	HONORFACOR	671		
5	(C		•			FACOR	672		
		Ĉ					FACOR	673		
	`	-	DIMENSION X(1).Y(1).LX(1)			FACOR	674		
					20),LDQUB3(120),LDQ	DB4(120).LD0		675		
			.00),XA(10),YA		,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	,00,4 (, 0, 0) , 0, 0, 0	FACOR	676		
10	r	:	*****	((,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,			FACOR	677		
• •		•	DATA IBLANC/3	M / TEAD/THT	, IAST/3H */, IHOR/3	LUMMA . TOM /TH		678		
			112A5T/3H***/		ATMOINDE MANTHONNY)U = + - / / / L U / \$()	FACOR			
				TINGYSHWWAY				679		
			NESPL#15				FACOR	680		
			NESPC#10				FACOR	681		
15	9		0.150.05				FACOR	682		
	Ç		CADRAGE				FACOR	683		
	(3					FACOR	684		
			CALL MIMAX(X,				FACOR	685		
			CALL MIMAX(Y,	N, YMIN, YMAX)			FACOR	686		
50			DIFX#(XMAX=XM	IN)			FACOR	687		
			DIFY#(YMAX=YM	IN)			FACOR	688		
			IF CUIFX.GE.D	IFY) GO TO 55			FACOR	689		
			NL#60				FACOR	690		
			NC# (1./1.8) #N	L*(DIFX/DIFY)			FACOR	691		
25			GO TO 56				FACOR	692		
-		55	NCH40				FACOR	693		
			NL#1.8+NC+(DI	FY/DIFX)			FACOR	694		
		56	TH(XMAX=XMIN)				FACOR	695		
			S# (YMAX=YMIN)				FACOR	696		
30	1	C		•			FACOR	697		
• •		Č	RECHERCHE DES	POINTS DOUBLES			FACOR	698		
			THE PERSONS IN THE	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,			FACOR	699		
	•	•	00 60 Jm1, NL				FACOR	700		
			00 60 I=1.NC				FACOR			
35		4.0						701		
23		90	LF(I,J)=0				FACOR	702		
			INBO				FACOR	703		
			DO 600 I#1,N				FACOR	704		
			XK=(X(I)=XMIV				FACOR	705		
			YEM (YMAX=Y(I)	1/8			FACOR	706		
40			K#XK				FACOR	707		
			LEYL				FACOR	708		
			IF(K.EU.O)K#K	+1			FACOR	709		
			IF(L.EG.O)L#L	.+1			FACOR	710		
			IF((XK=K),GT,				FACOR	711		
45			IF((YL+L).GT.	0.5)L#L+1			FACOR	712		
			X(I) =K+0.001				FACOR	713		
			Y(I)#L+0.001				FACOR	714		
			IF(LF(K,L))30	,30,35			FACOR	715		
		35	IN#IN+1	-			FACOR	716		
50		•	NUBLE (K.L)				FACOR	717		
-			LDOUB1(IN)=L)	((NU)			FACOR	718		
			LDOUB2(IN) EL)				FACOR	719		
			LDOUBS (IN) #NL				FACOR	72ó		
			FDOOR4(IN)#K	•			FACOR	721		
55			LDOUBS(IN)aL				FACOR	722		
23		T.A	LF(K,L)=I				FACOR	723		
			CONTINUE				FACOR	724		
		Q V U	PRITITION				FMUUN	7 E M		

SUBRO	UTINE GRAPHE	73/171 OPT#1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	5
	c			FACOR	725		
		ITIONNEMENT DES POINTS DOUBLES		FACOR	726		
60	C	EO AN 20 YO 3		FACOR	727		
	IC#0	.E0.0) G0 TO 2		FACOR FACOR	728 729		
	IJ#IN	• 1		FACOR	730		
		J=1,IN		FACOR	731		
65		ดนัต ร์(วู้)		FACOR	732		
		UB4(J)		FACOR	733		
		UB5(J)		FACOR	734		
		(K+1,L).NE.0) GO TO 42		FACOR	735		
70		1,L)=NU		FACOR	736		
70	GO TO	mX(NU)+1		FACOR	737		
		(K+1,L).NE.0) GO TO 43		FACOR	738		
		1,L)=NU		FACOR FACOR	739 740		
		mX(NU)=1		FACOR	741		
75	GO TO	· ·		FACOR	742		
		(K,L+1).NE.0) GO TO 44		FACOR	743		
		L+1)#NU		FACOR	744		
		# Y(NU)+\$		FACOR	745		
	GO TO			FACOR	746		
80		(K.L=1).NE.0) GO TO 40		FACOR	747		
		L=1) =NU		FACOR	748		
		EY(NU)=1		FACOR	749		
	JK#J=	EG.IN) GO TO 52		FACOR FACOR	750 751		
85	JL#IJ			FACOR	752		
••				FACOR	753		
	LDOUB	1(JJ)#LUQUB1(JJ+1)		FACOR	754		
		2(JJ)=L00U82(JJ+1)		FACOR	755		
	51 CONTI			FACOR	756		
90	55 IC#IC	+1		FACOR	757		
	40 CONTI			FACOR	758		
	INMIN			FACOR	759		
	2 CONTI	NUE		FACOR	760		
95	C C GUADR	ILLAGE DU TABLEAU LF		FACOR FACOR	761 763		
73	C WUADA	IECAGE DO TABLEAU LE		FACOR	762 763		
	00 13	J=1,NL		FACOR	764		
		Im1,NC		FACOR	765		
		J)=IBLANC		FACOR	766		
00	00 1	I#1, NC, NESPC		FACOR	767		
	1 LF(I,	J)#IBAR		FACOR	768		
	13 LF(NC			FACOR	769		
		J=1,NL.NESPL		FACOR	<u>7</u> 70		
0.0		Imi, NC		FACOR	771		
05	5 LF(I,			FACOR	772		
	4 LF(I,	T=1,NC,NESPC		FACOR	773		
		Imi,NC		FACOR	774 775		
		NL)#IZAST		FACOR FACOR	775 776		
10	C	''भारण र्भा'' थ ा		FACOR	777		
• •		TFICATION DES AXES		FACOR	778		
	Č	ore with a gradient to the state of the stat		FACOR	779		
	NT#O			FACOR	780		••
	MX#XM	TN		FACOR	781		

\$1	SERDUTINE GRAPHE	73/171	OPT#1	FTN 4	.8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	3 ,
115	00 1	0 II#1,NC	;			FACOR	782	1	
	XX#X	(X+T				FACOR	783		
	NTHA	· · ·				FACOR	784		
) GD TO 75			FACOR	785		
	70 CON1					FACOR	786		
120	75 -00 8	30 I=1,NL				FACOR	787		
			NESPL).NE.O) GO TO	76		FACOR	788		
		T, I) #ITAS	5			FACOR	789		
		TD 80	_			FACOR	790		
		T,I)#IAST				FACOR	791		
125	BO CONT	-				FACOR	792		
		IT,NL)#IZA	A S T			FACOR	793		
	NS#0					FACOR	794		
	YY#Y					FACOR	795		
4 7 0		15 II#1,NL	•			FACOR	796		
130	YYM					FACOR	797		
	NSmh					FACOR	798		
			GO TO 90			FACOR	79 9		
	85 CON1	5 Imi, NC				FACOR	800		
135	90 00 1	.N8)#12AS	: T			FACOR	801		
133	C 43 C/()	. 1 401#1540	• •			FACOR FACOR	802		
	C TOEA		ON DES POINTS			FACOR	803 804		
	C IDEN	.111.10-114	N PED EDIKIO			FACOR	805		
		5 I#1.N				FACOR	806		
140	K#X(FACOR	807		
	L=Y					FACOR	808		
		(,L)=LX(I))			FACOR	809		
	C		•			FACOR	810		
		RESSION DE	ES RESULTATS			FACOR	811		
145	Č	-				FACOR	812		
	NVma	*NC/NESPO	0+1			FACOR	813		
	. 00 1	T IB1, NV				FACOR	814		
	7 XA(1	[]#XMÎN+(]	[=1) *T*NESPC/2.0			FACOR	815		
		15 J=1,NL	•			FACOR	816		
150	15 YA (J	J)=YMAX=J*	*8			FACOR	817		
		11 L#1, NL				FACOR	818		
			_),(LF(K,L),K=1,NC;)		FACOR	819		
		4AT(1X,F7.				FACOR	820		
			[), [#1,NV]			FACOR	821		
155			6.3,9X),F6.3)			FACOR	825		
),LDOUB2(I),I=1,IN)		FACOR	823		
			5H POINTS DOUBLES,	10(1HC,A3,1H,,A3,1H)))	FACOR	824		
	RETU	JRN .				FACOR	825		
	END					FACOR	826		

SUBROUTINE DYF(M,NV,R,E,V,A,B,C,D)	
JD3(IW)=IW=((IW=1)/M)*(1+((IW=1)/M))/2 MD#M MD#M FACOR 830 IF(M=1) 100,97,96 FACOR 832 M2=M1+MH M2=M1+MH0+M FACOR 833 M3=M2=MD FACOR 834 M4=MD+1 FACOR 835 L=0 D0 1 I=1,M2,M4 FACOR 837 L=L+1 FACOR 838 1 A(L)=R(JD3(I)) FACOR 839 B(1)=0, FACOR 839 B(1)=0, FACOR 839 B(1)=0, FACOR 841 FACOR 841 FACOR 842 D0 15 K=2,M1 KL=KK+K FACOR 843 KL=KK+K FACOR 843 KL=KK+K FACOR 844 KU#KK+M FACOR 845 SUM=0, D0 4 J=KL,KU FACOR 846 SUM=0, D0 4 J=KL,KU FACOR 848 FACOR 849 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 850	
JD3([W)=[W=((IW=1)/M)*(1+((IW=1)/M))/2 MD#M MD#M FACOR 830 IF(M=1) 100,97,96 FACOR 831 96 M1#M=1 M2=M1+MD+M FACOR 833 M3=M2=MD FACOR 834 M4#MD+1 FACOR 835 L=0 D0 1 [E1,M2,M4 FACOR 836 D0 1 [E1,M2,M4 FACOR 837 L=L+1 FACOR 838 1 A(L)=R(JD3(I)) FACOR 839 B(1)=0. FACOR 839 B(1)=0. FACOR 840 FACOR 841 FACOR 841 FACOR 842 D0 15 K=2,M1 KL=KK+K FACOR 843 KL=KK+K FACOR 844 KU=KK+M FACOR 843 KU=KK+M FACOR 844 FACOR 844 FACOR 845 SUM=0. D0 4 J=KL,KU FACOR 846 FACOR 846 FACOR 847 FACOR 847 FACOR 848 FACOR 848 FACOR 849 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 850	
S	
96 M18M=1 M28M14MD+M M28M2=MD M38M2=MD M48MD+1 FACOR 834 M48MD+1 FACOR 835 10 Lm0 FACOR 836 DD 1 Im1,M2,M4 FACOR 837 LmL+1 FACOR 838 1 A(L)mP(JD3(I)) FACOR 839 B(1)m0 FACOR 840 FACOR 840 FACOR 841 3 KKm0 FACOR 842 DD 15 Km2,M1 KLmKK+K FACOR 843 KLmKK+K FACOR 844 KUmKK+M FACOR 844 KUmKK+M FACOR 845 FACOR 845 FACOR 846 SUMm0, DD 4 JmKL,KU FACOR 847 FACOR 846 SUMm0, DD 4 JmKL,KU FACOR 847 FACOR 848 4 SUM m SUM+R(JD3(J))+R(JD3(J)) FACOR 849 5m Suff(SUM) FACOR 849 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 850 FACOR 851 FACOR 852	
M2mM1+MD+M FACOR 833 M3mM2=MD FACOR 834 M4mMD+1 FACOR 835 L=0 FACOR 836 DO 1 I=1,M2,M4 FACOR 837 L=L+1 FACOR 838 1 A(L)=R(JD3(I)) FACOR 839 B(1)=0 FACOR 840 15 IF(M=2) 13,2,3 FACOR 841 3 KX=0 FACOR 842 DO 15 K=2,M1 FACOR 843 KL=KK+K FACOR 843 KU=KK+K FACOR 844 KU=KK+M FACOR 845 SUM=0 FACOR 847 DO 4 J=KL,KU FACOR 848 4 SUM = SUM+R(JD3(J)) ±R(JD3(J)) FACOR 849 5m SQFT(SUM) FACOR 850 25 Z=R(JJ3(KL)) FACOR 851 B(K) = SIGN(8,=Z) FACOR 852	
M3mM2=MD	
M4mmD+1	
10	
DO 1 Im1,M2,M4 LHL+1 FACOR 838 1 A(L)mR(JD3(I)) B(1)m0. FACOR 840 FACOR 841 FACOR 841 FACOR 841 FACOR 842 DO 15 Km2,M1 KLmKK+K FACOR 843 KLmKK+K FACOR 844 KUmKk+M FACOR 845 FACOR 846 SUM#0. DO 4 JmKL,KU FACOR 846 SUM#0. FACOR 847 FACOR 848 FACOR 848 FACOR 849 FACOR 850 FACOR 851 FACOR 852	
LHL+1 A (L) = R(JD3(I)) B (1) = 0 B (1) =	
1 A(L) mR(JD3(I))	
B(1) = 0. IF (M=2) 13,2,3 FACOR 841 3 KK=0 DO 15 K=2,M1 KL=KK+K FACOR 844 KU=KK+M FACOR 845 ENDER B45 ENDER B46 SUM=0. FACOR 847 DO 4 J=KL,KU FACOR 848 4 SUM = SUM+R(JD3(J)) +R(JD3(J)) FACOR 849 SE SUPT(SUM) FACOR 850 Z=R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K) = SIGN(8,=Z) FACOR 852	
IF (M=2) 13,2,3 3 KK#0 DO 15 K#2,M1 KL#KK+K KU#KK+M FACOR 844 KU#KK+M FACOR 845 EACOR 845 EACOR 846 SUM#0 DO 4 J#KL,KU FACOR 847 DO 4 J#KL,KU FACOR 848 4 SUM # SUM+R(JD3(J))#R(JD3(J)) FACOR 849 S# SUFT(SUM) FACOR 850 Z#R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K)# SIGN(8,=Z)	
\$ KK#0 DO 15 K#2,M1 FACOR 843 KL#KK+K KU#KK+M FACOR 845 KU#KK+M FACOR 845 SUM#0 DO 4 J#KL,KU FACOR 847 DO 4 J#KL,KU FACOR 848 4 SUM # SUM+R(JD3(J))#R(JD3(J)) FACOR 849 S# SUPT(SUM) FACOR 850 Z#R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K)# SIGN(8,=Z) FACOR 852	
DO 15 K=2,M1 KL#KK+K KL#KK+K KU#KK+M FACOR 845 END SUM#O DO 4 J#KL,KU FACOR 847 DO 4 J#KL,KU FACOR 848 4 SUM # SUM+R(JD3(J))#R(JD3(J)) FACOR 849 S# SGRT(SUM) FACOR 850 Z#R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K)# SIGN(8,=Z)	
KLEKK+K FACOR 844	
KUEKK+M FACOR 845 20 KJEK+1 FACOR 846 SUMBO. FACOR 847 DO 4 JEKL,KU FACOR 848 4 SUM = SUM+R(JD3(J)) + R(JD3(J)) FACOR 849 SE SUPT(SUM) FACOR 850 25 ZER(JD3(KL)) FACOR 851 B(K) = SIGN(8,=Z) FACOR 852	
20 KJRK+1 FACOR 846 SUM#O. FACOR 847 DO 4 JRKL,KU FACOR 848 4 SUM # SUM+R(JD3(J)) #R(JD3(J)) SR SUFT(SUM) FACOR 850 25 Z#R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K)# SIGN(8,=Z) FACOR 852	
SUM#0. FACOR 847 DO 4 JmkL,kU FACOR 848 4 SUM # SUM+R(JD3(J)) #R(JD3(J)) 5 SUPT(SUM) FACOR 850 25 Z#R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K)# SIGN(8,=Z) FACOR 852	
DO 4 JmkL, KU 4 SUM m SUM+R(JD3(J)) +R(JD3(J)) 5 SUPT(SUM) 25 Z#R(JD3(KL)) 6(K) m SIGN(8, = Z) FACOR	
4 SUM # SUM+R(JD3(J)) #R(JD3(J)) FACOR 849 S# SUPT(SUM) FACOR 850 25 Z#R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K)# SIGN(8,=Z) FACOR 852	
\$\text{SUPT(SUM)} \text{FACOR} \text{850} \text{Z\pirk(JD3(KL))} \text{FACOR} \text{851} \text{FACOR} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} \text{852} 852	
25 Z#R(JD3(KL)) FACOR 851 B(K)# SIGN(8,=Z) FACOR 852	
B(K) # SIGN(8, #Z) FACOR 852	
S#1./S FACOR ART	
The state of the s	
C(K)= SQRT(ABS(Z)+S+1.) FACOR 854	
Xm SIGN(S/C(K),Z) FACOR 855	
30 R(JD3(KL))#C(K) FACOR 856	
DO 5 Imkj,m Facor 857	
JJ#I+KK FACOR 858	
C(I) = X+R(JD3(JJ)) FACOR 859	
5 R(JD3(JJ))#C(I) FACOR 860	
35 DO 8 JmK, M FACOR 861	
JJ#J+1 FACOR 862	
D(J)#0. FACOR 863	
L#KK+J FACOR 864	
PO 6 TmK, J FACOR 865	
40 LEL+MD FACOR 866	
6 D(J)#D(J)+R(JD3(L))#C(I) FACOR 867	
IF(JJ=M) 7,7,9 FACOR 868 7 DO 8 IMJJ,M FACOR 869	
L@L+1 FACOR 870	
45 8 D(J)#D(J)+R(JD3(L))+C(I) FACOR 871	
9 X#0. FACOR 872	
DO 10 J=K,M FACOR 873	
10 X=X+C(J)+D(J) FACOR 874	
X#X*,5 FACOR 875	
50 DD 11 1#K,M FACOR 876	
11 D(I)=x+C(I)=U(I) FACOR 877	
LLmKK FACOR 878	
KKmKK+MD FACOR 879	
DO 15 I=K,M FACOR 880	
55 LLELL+MD FACOR 881	
DO 15 J=I,M FACOR 882	
L=LL+J FACOR 883	

IF (82.GE.O.) I2mIFIX(82+0.5) IF (81.LT.O.) I1mIFIX(81=0.5) IF (81.LT.O.) I2mIFIX(82=0.5) IF (82.LT.O.) I2mIFIX(82=0.5) IF (11+12) 30,31,30 FACOR 929 IF (11+12) 30,31,30 FACOR 930 IF (0.11-12) 30,31,30 FACOR 931 IF (0.11-12) 30,31,30 FACOR 931 IF (0.11-12) 30,31,30 FACOR 931 IF (0.11-12) 30,31,30 FACOR 932 NAM=N IF (0.11-12) 30,31,30 FACOR 933 IF (0.11-12) 31,32,32 FACOR 933 IF (0.11-12) 31,32,32 FACOR 935 IF (0.11-12) 31,32,32 FACOR 936 IF (0.11-12) 31,32,32 FACOR 937 IF (0.11-12) 31,32,32 FACOR 938 IF (0.11-12) 31,32,32 FACOR 938 IF (0.11-12) 31,32,32	SUBROUTINE	DYF	73/171 UPT=1 FTN	4.8+498	80/02/06,	14.39.22	PAGE	\$
00 2 2 1 1		15	R(JD3(L))=R(JD3(L))+D(I)*C(J)+D(J)*C(I)		FACOR	884	-	
X					FACOR	885		
A (1) = (1)	60		00 12 I=1,M		FACOR	886		
# # # # # # # # # # # # # # # # # # #					FACOR	887		
12 Lel-Ma			A(I)#R(JD3(L))		FACOR	888		
			R(JD3(L))=X		FACOR	889		
13 80m ABS(A(1))		12	L=L+M4		FACOR	890		
14 10 14 12 12 13 14 10 14 10 13 13 13 13 13 13 13	65	2	B(M)#R(JD3(M3))		FACOR	891		
14 12 14 15 14 15 15 15 15 15		13	BD# ABS(A(1))		FACOR	892		
14 BDBAHARI (BD, ABS(A(T))+B(T)+B(T)) BDBBO01; FACOR 895 70 10 10 121, H A(T)/ABD FACOR 896 A(T)A(T)/ABD FACOR 897 BC108(T)/ABD FACOR 897 BC108(T)/ABD FACOR 897 BC108(T)/ABD FACOR 897 BC108(T)/ABD FACOR 897 FACOR 898 BC108(T)/ABD FACOR 898 TACOR 898 FACOR 900 TO 17 FACOR 900 TO 20 FACOR 900 TO 21 FACOR 906 TO 21 FACOR 906 BD TO 21 FACOR 908 TO 12 FACOR 908 TO 12 FACOR 908 TO 21 FACOR 908 TO 22 FACOR 908 TO 23 FACOR 908 TO 24 C(1-1)*ABS(C(1-2))*1,E=15) 24,25,25 FACOR 915 TO 28 C(1-1)*ABS(C(1-1)*B(T)*B(T)*B(T)*B(T)*B(T)*B(T)*B(T)*B(T			DO 14 I=2,M					
### BB#B0+1, ### FACOR ### FACOR ### FACOR ### FACOR ### FACOR ### ### ### ### FACOR ### ### ### ### ### ### ### ### ### #		14						
70 00 16 181,								
### ACCOR ### ACCOR ### ACCOR ### ACCOR ### ACCOR ####	70				- · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
B(I) = B(I) / BD	• •							
O(1)=1, FACOR 899								
16 E(1)=1,								
75		1.6						
17 F((0(k)=E(k))/AMAX1(ABS(D(k)), ABS(E(K)),1,E=9)=1,E=0)37,37,18	75					-		
18	(3	17	- 15/10/67-5/6/10/14/6/4/ 486/6/6/4// - 486/5/6/// 4 - 5-6/-		FACOR			
S2#1,				1*5-0131431410				
C(1)		10						
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1								
19 Si=1	B 0							
N=0	φv	4.0						
SO TU 21		1.4	· ·					
SI SI SI FACOR 910			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
S		3.0						
21 DO 31 I=2,M	45	4 U						
IF(B(I)) 22,26,22	00	~ .						
22 IF(B(I=1)*(I=2)) 23,27,23		< 1						
23 IF (ABS(C(I=1)) + ABS(C(I=2))=1,E=15) 24,25,25 FACOR 915 24 C(I=1)=C(I=2)+1,E15 FACOR 917 25 C(I)=(A(I)=X)+C(I=1)=B(I)+B(I)+C(I=2) FACOR 918 GO TU 28 FACOR 920 60 TU 28 FACOR 920 60 TU 28 FACOR 921 27 C(I)=(A(I)=X)+C(I=1)= SIGN(B(I)+B(I),S2) FACOR 921 27 C(I)=(A(I)=X)+C(I=1)= SIGN(B(I)+B(I),S2) FACOR 922 28 S2=S1 FACOR 923 IF (C(I)) 29,30,29 FACOR 924 29 SI=SIGN(61,C(I)) FACOR 925 IF (S1,GE,0,) II=IFIX(S1+0,5) FACOR 925 IF (S2,GE,0,) I2=IFIX(S2+0,5) FACOR 926 IF (S2,GE,0,) I2=IFIX(S2+0,5) FACOR 927 IF (S2,LT,0,) I2=IFIX(S2+0,5) FACOR 928 IF (I1+12) 30,31,30 FACOR 929 IF (I1+12) 30,31,30 FACOR 931 31 CONTINUE FACOR 931 32 DO 33 J=N,N IF (N=K) 34,32,32 FACOR 933 34 N=N+1 FACOR 935 35 DO 36 J=N,M FACOR 936 36 N=N+1 FACOR 937 FACOR 937 FACOR 936 37 N=N+1 FACOR 937 FACOR 937 FACOR 937 FACOR 938		-						
90								
C(1=2)=C(1=2)+1.E15 25 C(1)=(A(1)=X)+C(1=1)=B(1)+B(1)+C(1=2)	0.0							
25 C(I) = (A(I) = X) + C(I = I) = B(I) + B(I) + C(I = 2)	¥U	24						
GO TU 28 26 C(1)=(A(1)=X)*SIGN(1,,S1) FACOR 920 GO TU 28 FACOR 921 FACOR 921 FACOR 921 FACOR 922 FACOR 923 FACOR 923 FACOR 924 FACOR 924 FACOR 924 FACOR 925 FACOR 925 FACOR 925 FACOR 925 FACOR 925 FACOR 926 FACOR 926 FACOR 927 FACOR 926 FACOR 927 FACOR 927 FACOR 926 FACOR 927 FACOR 927 FACOR 927 FACOR 927 FACOR 928 FACOR 930 FACOR 930 FACOR 931 FACOR 931 FACOR 932 FACOR 933 FACOR 934 FACOR 935 FACOR 935 FACOR 936 FACOR 937 FACOR 936 FACOR 937 FACOR 938						- '		
26 C(I) m(A(I) = X) + SIGN(1, s1) GO TO 28 FACOR 921 PAGOR 922 PAGOR 923 FACOR 923 FACOR 923 FACOR 924 FACOR 924 FACOR 925 FACOR 925 FACOR 925 FACOR 926 FACOR 926 FACOR 927 FACOR 926 FACOR 927 FACOR 926 FACOR 926 FACOR 926 FACOR 926 FACOR 926 FACOR 926 FACOR 927 FACOR 927 FACOR 927 FACOR 928 FACOR 928 FACOR 929 FACOR 930 FACOR 931 FACOR 931 FACOR 931 FACOR 932 FACOR 932 FACOR 933 FACOR 933 FACOR 933 FACOR 934 FACOR 935 FACOR 936 FACOR 937 FACOR 936 FACOR 937 FACOR 937 FACOR 938 FACOR 939		25				918		
95		_			FACOR			
27 C(I)m(A(I)=X)*C(I=1)= SIGN(B(I)*B(I),S2) 28 S2#31 IF(C(I)) 29,30,29 29 S1#SIGN(51,C(I)) 100 IF(S1,GE,0,) I1#IFIX(S1+0,5) IF(S2,GE,0,) I2#IFIX(S2+0,5) IF(S2,LT,0,) I1#IFIX(S1=0,5) IF(S2,LT,0,) I2#IFIX(S2=0,5) IF(S2,LT,0,) I2#IFIX(S2=0,5) IF(I1+12) 30,31,30 105 30 N#N+1 31 CONTINUE N#M=N IF(N=K) 34,32,32 N#M=N IF(N=K) 34,32,32 IF(N=K) 34,32,32 IF(N=K) 34,32,32 IF(M=N) 17,35,35 IF(M=N) 17,35,35 IF(M=N) 17,35,35 IF(M=N) 17,35,35 IF(M=N) 17,35,35 IF ACOR 939 IF ACOR 939 IF ACOR 936 IF ACOR 937 IF(M=N) 17,35,35 IF ACOR 939		50			FACOR	920		
28 S2mS1	95							
IF(C(I)) 29,30,29 29 SIMSIGN(51,C(I)) 100 IF(S1,GE,G) IIMIFIX(S1+0.5) IF(S2,GE,0) I2MIFIX(S2+0.5) IF(S2,GE,0) I2MIFIX(S2+0.5) IF(S1,LT,0) I2MIFIX(S2+0.5) IF(S2,LT,0) I2MIFIX(S2+0.5) IF(I1+12) 30,31,30 IF(I1+12) 30,31,30 IF(CONTINUE IF					FACOR			
29 S1m8IGN(S1,C(I)) IF(S1,GE=0,) I1mIFIX(S1+0,5) IF(S2,GE=0,) I2mIFIX(S2+0,5) IF(S2,LT=0,) I1mIFIX(S1+0,5) IF(S2,LT=0,) I2mIFIX(S2+0,5) IF(S2,LT=0,) I2mIFIX(S2+0,5) IF(I1+12) 30,31,30 105 30 NmN+1 FACOR 930 105 31 CONTINUE NmM=N IF(N=K) 34,32,32 FACOR 931 IF(N=K) 34,32,32 10 33 JmK,N 10 33 D(J)mx FACOR 935 110 33 D(J)mx FACOR 935 110 34 NmN+1 IF(M=N) 17,35,35 55 DO 35 JmN,M FACOR 938 FACOR 937 FACOR 937 FACOR 937 FACOR 938 FACOR 937		58			FACOR	923		
IF(\$1.GE.O.) II=IFIX(\$1+0.5)					FACOR	924		
IF (82.GE.O.) IZ=IFIX(82+0.5) IF (81.LT.O.) II=IFIX(81=0.5) IF (81.LT.O.) IZ=IFIX(81=0.5) IF (82.LT.O.) IZ=IFIX(82=0.5) IF (11+12) 30,31,30 FACOR 929 IF (11+12) 30,31,30 FACOR 930 IF (01+12) 30,31,30 FACOR 931 S1 CONTINUE FACOR 932 NRM=N FACOR 933 IF (N=K) 34,32,32 FACOR 934 S2 DO 33 JRK,N FACOR 935 I10 33 OJRX FACOR 935 I10 FACOR 935 IF (M=N) 17,35,35 FACOR 937 IF (M=N) 17,35,35 FACOR 938 S5 DO 36 JRN,M FACOR 939		29	S1#8[GN(S1,C(I))		FACOR	925		
IF(81_LT_0_) I1mIFIX(81=0_5) IF(82_LT_0_) I2mIFIX(82=0_5) IF(11+12) 30,31,30 105 30 NmN+1 FACOR 930 31 CONTINUE FACOR 932 Nmm=N IF(N=K) 34,32,32 FACOR 933 IF(N=K) 34,32,32 FACOR 935 110 33 O(J)mx FACOR 935 110 34 NmN+1 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 936 35 DO 36 JmN,M FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938	100		IF(81.GE.0.) I1#IFIX(81+0.5)		FACOR	926		
IF(81_LT_0_) I1mIFIX(81=0_5) IF(82_LT_0_) I2mIFIX(82=0_5) IF(11+12) 30,31,30 105 30 NmN+1 FACOR 930 31 CONTINUE FACOR 932 Nmm=N IF(N=K) 34,32,32 FACOR 933 IF(N=K) 34,32,32 FACOR 935 110 33 O(J)mx FACOR 935 110 34 NmN+1 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 936 35 DO 36 JmN,M FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938			IF(82,GE,0,) 12m1F1x(82+0,5)		FACOR	927		
IF(82,LT,0,) I2#IFIX(82=0,5) IF(11+12) 30,31,30 105 30 N#N+1 FACOR FACOR 931 GONTINUE FACOR 933 IF(N=K) 34,32,32 FACOR 934 32 DO 33 J#K,N FACOR 935 110 33 O(J)#X FACOR 936 34 N#N+1 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J#N,M FACOR 938 FACOR 939			IF(\$1,LT.0.) I1#IFIX(\$1+0.5)		FACOR	928		
IF(I1+12) 30,31,30 105 30 N#N+1 FACOR 931 31 CONTINUE N#M=N IF(N=K) 34,32,32 FACOR 934 32 DO 33 J#K,N FACOR 935 110 33 O(J)#X FACOR 936 34 N#N+1 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J#N,M FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938 FACOR 938			IF(\$2.LT.0.) 12#IFIX(\$2=0.5)					
105					FACOR			
\$1 CONTINUE N#M=N IF (N=K) 34,32,32 IF (N=K) 34,32,32 FACOR 32 DO 53 J=K,N FACOR 935 110 33 D(J)#X FACOR 936 34 N=N+1 IF (M=N) 17,35,35 FACOR 937 IF (M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J=N,M	105	30						
N#M=N IF (N=K) 34,32,32 IF (N=K) 34,32,32 FACOR 934 32 DO 33 J=K,N FACOR 935 110 33 O(J)#X FACOR 936 34 N=N+1 FACOR 937 IF (M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J=N,M FACOR 939								
IF(N=K) 34,32,32 FACOR 934 32 DO 33 J=K,N FACOR 935 110 33 D(J)#X FACOR 936 34 N=N+1 FACOR 937 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J=N,M FACOR 939								
32 DO 33 J=K,N FACOR 935 110 33 O(J) mx FACOR 936 34 N=N+1 FACOR 937 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J=N,M FACOR 939								
110 33 D(J)#X FACOR 936 34 N#N+1 FACOR 937 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J#N,M FACOR 939		32						
34 N=N+1 FACOR 937 IF(M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J=N,M FACOR 939	110							
IF(M=N) 17,35,35 FACOR 938 35 DO 36 J#N,M FACOR 939	* * *							
35 DO 36 J#N,M FACOR 939								
		35						
			IF(X#E(J)) 17,17,36		FACOR	940		

SUBROUTINE	DYF	73/171 OPT=1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	3
115	36	E(J) = X		FACOR	941		
		GO TO 17		FACOR	942		
	3/	CONTINUE		FACOR	943		
		DO 38 I=1,M A(I)=A(I)+BD		FACOR FACOR	944 945		
120		B(I)#B(I)#BD		FACOR	946		
1	38	C(I)=(D(I)+E(I))+BD+.5		FACOR	947		
		DO 39 J=1,M		FACOR	948		
	39	D(J)=C(J)		FACOR	949		
		DO 390 II#1,M		FACOR	950		
125	390	IX(II)#II		FACOR	951		
		MMmMm1		FACOR	952		
	701	IF(MM)391,394,391		FACOR FACOR	953 954		
	241	DO 393 IIm1, MM LLWII+1		FACOR	754 955		
130		DO 393 KK#LL,M		FACOR	956		
* 4 0		IF(D(KK)+D(II))392,392,393		FACOR	957		
	392	RR#D(II)		FACOR	958		
		D(II) #D(KK)		FACOR	959		
		D(KK)#RR		FACOR	960		
135		JJmIX(II)		FACOR	961		
		IX(II) #IX(KK)		FACOR	962		
	707	IX(KK)mJJ		FACOR	963		
		CONTINUE		FACOR FACOR	964 965		
140		DO 40 J#1,M E(M=J+1)# C(IX(J))		FACOR	707 966		
140		MO#W		FACOR	967		
		DO 41 N#1, M		FACOR	968		
	41	IF(E(N)_LE_1_E=15) MO#MO=1		FACOR	969		
	•	IF(NV) 48,99,48		FACOR	970		
145	48	KXB [ABS(NV)		FACOR	971		
		J#1		FACOR	972		
		DO 98 INV#1,KX		FACOR	973		
		X#A(1)#E(INV)		FACOR	974		
150		Y=B(2) M1=M=1		FACOR FACOR	975 976		
130		DO 54 Im1,M1		FACOR	977		
		IJ#J+I=1		FACOR	978		
		IF(ABS(X) = ABS(B(I+1))) 49,51,53		FACOR	979		
	49	C(I)#8(I+1)		FACOR	980		
155		D(I)#A(I+1)#E(INV)		FACOR	981		
		\([1]) = R([+5])		FACOR	982		
•		Zm=X/C(1)		FACOR	983		
		X=Z+D(1)+Y		FACOR	984		
160	5 0	IF(M1=I) 50,54,50 Y=Z+V(IJ)		FACOR FACOR	985 986		
100	30	GO TO 54		FACOR	987		
	51	IF(X) 53,52,53		FACOR	988		
		X#1.E=10		FACOR	989		
		C(I)=X		FACOR	990		
165		D(I)#Y		FACOR	991		
		V(IJ)=0.		FACOR	992		
		X#A(I+1)#(B(I+1)/X*Y+E(INV))		FACOR	993		
		Y#B(I+2)		FACOR	994		
170	54	CONTINUE NJ#M+J=1		FACOR	995 996		
* 1 V		IF(X) 56,60,56		FACOR	770 997		
		4, 7, 1, 20106130		1 700			

SUBROUTINE	DYF	73/171 OPT=1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14.39.22	PAGE	4
		V(MJ)=1./X		FACOR	998		
	57	I=M1		FACOR	999		
		IJmJ+I=1		FACOR	1000		
175		V(IJ)=(1.=D(I)+V(MJ))/C(I)		FACOR	1001		
		(LI)V*(LI)V+ (LM)V*(LM)V#X		FACOR	1002		
	58	IHI#1		FACOR	1003		
		IJmJ+I=1		FACOR	1004		
4.0.0	-	IF(I) 59,61,59		FACOR	1005		
180	59	V(IJ)#(1,#(D(I)#V(IJ+1)+V(IJ)#V(IJ+2)))	(C(1)	FACOR	1006		
		X#X+V(IJ)*V(IJ)		FACOR	1007		
		GO TO 58		FACOR	1008		
	60	V(MJ)=1,610		FACOR	1009		
4.0.5		GO TO 57		FACOR	1010		
185	61	X# SGRT(X)		FACOR	1011		
		DO 62 I#1,M		FACOR	1012		
		IJmJ+I=1		FACOR	1013		
	65	X([I])=V(IJ)VX		FACOR	1014		
		JimMi*MD=MD		FACOR	1015		
190		KHM		FACOR	1016		
		GO TO 66		FACOR	1017		
	63	K#K#1		FACOR	1018		
		J1#J1=MD		FACOR	1019		
405		Y=0,		FACOR	1020		
195		DO 64 I=K,M		FACOR	1021		
		IJmJ+I=1		FACOR	1022		
		L#J1+I		FACOR	1023		
	64	Y=Y+V(IJ)*R(JD3(L))		FACOR	1024		
204		DO 65 I#K,M		FACOR	1025		
500		[J#J+I+1		FACOR	1026		
	4 📂	L#J1+I		FACOR	1027		
		V([J]#V([J]#Y*R(JD3(L))		FACOR	1028		
		IF(J1) 63,67,63		FACOR	1029		
306	0/	NPLUS#0	•	FACOR	1030		
205		NMINEO		FACOR	1031		
		DO 70 I#1,M		FACOR	1032		
		IJ#J+I=1		FACOR	1033		
	4.0	IF(V(IJ))68,69,69		FACOR	1034		
210	90	NMINMNMIN+1 GO TO 70		FACOR	1035		
£10	40	NPLUSENPLUS+1		FACOR	1036		
		CONTINUE		FACOR	1037		
	/ 0	IF(NPLUS=NMIN) 71,73,73		FACOR	1038		
	7.	DO 72 I=1,M		FACOR	1039		
215	7.4	IJ#J+I=1		FACOR	1040		
-1-	73	\([1])=\([1])		FACOR	1041		
		CONTINUE		FACOR	1042		
		J#J+WD		FACOR	1043		
		GO TO 100		FACOR	1044		
220		E(1)#R(1)		FACOR	1045		
E to V	7/	V(1)#1.		FACOR	1046		
	100	CONTINUE		FACOR	1047		
	* 0.0	RETURN		FACOR	1048		
		END		FACOR	1049		
		HITM .		FACOR	1050		

SUBROUTINE	SOPT	73/171 OPT#1 FTN 4,8+498	80/02/06,	14,39,22	PAGE
1		SUBROUTINE SUPT (FACI, FACJ, IDENI, IDENJ, YA, IDEN, IMA1, JMA1, NFAC		1051	
		(IOFAC, IVIN, IVFAC)	FACOR	1052	
		DIMENSION FACI(IMA1,1), FACJ(JMA1,1), IDENI(1), IDENJ(1), YA(1),		1053	
	3	DIMENSION VMIN(5), INLIG(60) DATA IAS/1H+/, IBLANC/1H / IF(IDIN, EQ. 1, DR. IDFAC, EQ. 1) 26, 24 PRINT 10B FORMAT(/, 1x, *IDENT, *, 10x, *FACTEURS*) PRINT 25	FACOR	1054	
5		DIMENSION ANIM (2) INCIG (80)	FACOR	1055	
		DATA IAS/IHA/, IBLANC/IH /	FACOR	1056	
	3 .	1F(1UIN_EQ.1.DR.1UFAC,EQ.1)26,24	FACOR	1057	
	56	PRINT 108	FACOR	1058	
	108	FORMAT (7,1X,*IDENT,*,10X,*FACTEURS*)	FACOR	1059	
10		PRINT 25	FACOR	1060	
			FACOR	1061	
		DO 27 I=1,IMA1	FACOR	1062	
		ICONT#ICONT+1	FACOR	1063	
		PRINT 28, IDENI(I), (FACI(I, J), J#1, NFAC)	FACOR	1064	
15		IF(ICONT.EQ.50)GOTO 43	FACOR	1065	
		G0T0 27	FACOR	1066	
	43	PRINT 401	FACOR	1067	
		ICONTEO	FACOR	1068	
	27	CONTINUE	FACOR	1069	
50	28	FORMAT(2X, A3, 4X, 9F10, 4)	FACOR	1070	
		DO 27 I=1,IMA1 ICONT#ICONT+1 PRINT 28,IDENI(I),(FACI(I,J),J#1,NFAC) IF(ICONT.EQ.50)GDTO 43 GDTO 27 PRINT 401 ICONT#0 CONTINUE FORMAT(2X,A3,4X,9F10.4) PRINT 400 IF(IOIN.EQ.1)6,7	FACOR	1071	
		IF(IOIN,EQ.1)6,7	FACOR	1072	
	6	DO 29 LEI, NFAC	FACOR	1073	
		VMAXBABS(FACI(1,L))	FACOR	1074	
25		DO 104 I=2, IMA1	FACOR	1075	
		IF(ABS(FACI(I,L))=VMAX)104,104,105	FACOR	1076	
	105	VMAXEABS(FACI(I,L))	FACOR	1077	
	104	FORMAT(2X,A3,4X,9F10,4) PRINT 400 IF(IOIN,EQ,1)6,7 DO 29 L=1,NFAC VMAX#ABS(FACI(1,L)) DO 104 I=2,IMA1 IF(ABS(FACI(I,L))=VMAX)104,104,105 VMAX#ABS(FACI(I,L)) CONTINUE PRINT 110,L FORMAT(2X,*TARLEAU DU FACTEUR*,I3) DO 106 I#1,IMA1 NPDINT#ABS(FACI(I,L))*50,/VMAX DO 107 J#1,NPDINT INLIG(J)#IAS NPO#NPDINT+1 DO 851 J#NPO,50 INLIG(J)#IBLANC IF(FACI(I,L))*50,850,852 PRINT 109,IDENI(I),FACI(I,L),(INLIG(51=K),K#1,50) FORMAT(1X,A3,2X,FB,4,2X,50A1,1HI)	FACOR	1078	
		PRINT 110,L	FACOR	1079	
30	110	FORMAT(2X, *TABLEAU DU FACTEUR*, 13)	FACOR	1080	
		DO 106 IM1, IMA1	FACOR	1081	
		NPDINTEABS(FACI(I,L)) +50./VMAX	FACOR	1082	
		DO 107 J#1, NPOINT	FACOR	1083	
	107	INLIG(J)=IAS	FACOR	1084	
35		NPO=NPOINT+1	FACOR	1085	
		DO 851 J=NPO.50	FACOR	1086	
	851	INLTG(J) #IBLANC	FACOR	1087	
		IF(FACI(I,L))850,850,852	FACOR	1088	
	850	PRINT 109, IDENI(I), FACI(I, L), (INLIG(51 = K), K = 1,50) FORMAT(1X, A3, 2X, F8, 4, 2X, 50A1, 1 H I)	FACOR	1089	
40	109	FORMAT(1X, A3, 2X, F8, 4, 2X, 50A1, 1HI)	FACOR	1090	
		CO 70 404	FACOR	1091	
	852	PRINT 853, (INLIG(K), K=1,50), FACI(I,L), IDENI(I) FURMAT(65X,1HI,50A1,2X,FB.4,2X,A3)	FACOR	1092	
	853	FURMAT(65X,1HI,50A1,2X,F8,4,2X,A3)	FACOR	1093	
		CONTINUE	FACOR	1094	
45	• • •	VMIN(1) == VMAX	FACOR	1095	
		VMIN(2) = VMIN(1) + 0.5	FACOR	1096	
		VMIN(3)#0.	FACOR	1097	
		VMIN(4) WVMAXWO.5	FACOR	1098	
		VMIN(5)=VMAX	FACOR	1099	
50		PRINT 1001, VMIN	FACOR	1100	
30	1001	FORMAT(///15X,1HI,24H====================================		-	
	1001	. rokun:t///150,1m1,24Hamammmmmmmmmmmmmmmmmmmmmm,1HI,24Hamammmmm	TTTTTTT ACUT	1101	
				1102	
	•	2,1HI/11X,F8,4,4(17X,F8,4))	FACOR	1103	
6.6	30	PRINT 400	FACOR	1104	
55		CONTINUE	FACOR	1105	
		IF(IOFAC, EQ, 1)B, 24	FACOR	1106	
	В	00 12 L=1,NFAC	FACOR	1107	

SUBROUTINE SOPT 73/171 OPT#1	FTN 4.8+498	80/02/06. 14.39,22	PAGE	5
DO 15 I=1, IMA1		FACOR 1108		
IDEN(I)=IDENI(I)		FACOR 1109		
60 15 YA(I)#FACI(I,L)		FACOR 1110		
CALL TRIB(YA, IDEN, IMA1) VMAXMABS(YA(IMA1)) IF(ABS(YA(1)), GT, VMAX) VMAXMABS(YA(1)) PRINT 110, L		FACOR 1111 FACOR 1112		
IF (ABS(YA(1)).GT.VMAX)VMAX=ABS(YA(1))		FACOR 1112 FACOR 1113		
PRINT 110.L		F 4 C = D		i
65 00 17 J=1, IMA1	#1 .50)	FACOR 1115		
NPUINT #ABS(YA(J))#50./VMAX		FACOR 1116		
DO 18 I=1, NPOINT		FACOR 1117		
18 INLIG(I) RIAS		FACOR 1118		
NPO#NPOINT +1		FACOR 1119		
70 00 19 I=NPO,50		FACOR 1120		
19 INLIG(I)#IBLANC		FACOR 1121		
IF(YA(J))22,22,23 22 PRINT 109,IDEN(J),YA(J),(INLIG(51=K),K)	#4 . 503	FACOR 1122 FACOR 1123		
GOTO 17	#11,20)	FACOR 1123 FACOR 1124		
75 23 PRINT 853, (INLIG(K), K#1,50), YA(J), IDEN	(J)	FACOR 1125		
17 CONTINUE	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	FACOR 1126		
VMIN(1) == VMAX		FACOR 1127		
VMIN(2)=VMIN(1)+0.5		FACOR 1128		
VMIN(3)=0,		FACOR 1129		
BO VMIN(4) #VMAX+0,5		FACOR 1130		
VMIN(5)=VMAX		FACOR 1131		
PRINT 1001, VMIN		FACOR 1132		
PRINT 400 12 CONTINUE		FACOR 1133 FACOR 1134		
85 24 IF(IVIN.EQ.1.OR.IVFAC.EQ.1)30,38		FACOR 1134 FACOR 1135		
30 PRINT 108		FACOR 1136		
PRINT 25		FACOR 1137		
ICONT=0		FACOR 1138		
00 111 J#1, JMA1		FACOR 1139		
90 ICUNT#ICONT+1		FACOR 1140		
PRINT 28, IDENJ(J), (FACJ(J, I), I#1, NFAC)		FACOR 1141		
IF(ICONT.EG.50)GOTU 44		FACOR 1142		
GOTO 111		FACOR 1143		
95 ICONT=0		FACOR 1144 FACOR 1145		
111 CONTINUE		FACOR 1146		
PRINT 400		FACOR 1147		
IF(IVFAC, EQ. 1)35,36		FACOR 1148		
35 00 112 LR1,NFAC		FACOR 1149		
100 DO 1002 IB1, JMA1		FACOR 1150		
IDEN(I)=IDENJ(I)		FAÇOR 1151		
1002 YA(I)#FACJ(I,L)		FACOR - 1152		
CALL TRIB(YA, IDEN, IMA1)		FACOR 1153		
VMAX#ABS(YA(JMA1)) 105 · IF(ABS(YA(1)),GT,VMAX)VMAX#ABS(YA(1))		FACOR 1154		
PRINT 110,L		FACOR 1155 FACOR 1156		
00 116 J#1, JMA1		FACOR 1157		
NPUINTEABS(YA(J))*50./VMAX		FACOR 1158		
DO 117 I#1, NPOINT		FACOR 1159		
110 117 INLIG(I)=IAS		FACOR 1160		
NPU=NPUINT+1		FACOR 1161		
DO 855 T#NPO,50		FACOR 1162		
855 INLIG(I) # IBLANC		FACOR 1163		
IF(YA(J))856,856,857		FACOR 1164		

	SUBROUTINE	SOPT	73/171 OPT#1	FTN 4.8+498	80/02/06.	14,39,22	PAGE	3
115		656	PRINT 109, IDEN (J), YA(J) , (INLIG(51=K), K=	1,50)	FACOR	1165		
		0.5	GO TO 116		FACOR	1166		
			PRINT 853, (INLIG(K), K#1,50), YA(J) , IDEN (1)	FACOR	1167		
		110	VMIN(1)=VMAX		FACOR	1168		
120			VMIN(2) #VMIN(1) #0.5		FACOR	1169		
			VMIN(3)#0.		FACOR FACOR	1170		
			VMIN(4)#VMAX+0.5		FACOR	1171 1172		
			VMIN(5) =VMAX		FACOR	1173		
			PRINT 1001, VMIN		FACOR	1174		
125			PRINT 400		FACOR	1175		
		112	CONTINUE		FACOR	1176		
		36	IF(IVIN,EQ.1)37,38		FACOR	1177		
			DO 39 L#1, NFAC		FACOR	1178		
		•	VMAXRABS(FACJ(1,L))		FACOR	1179		
130			DO 46 I=2,JMA1		FACOR	1180		
			IF(ABS(FACJ(I,L))=VMAX)46,46,47		FACOR	1181		
			VMAXBABS(FACJ(I,L))		FACOR	1182		
		46	CONTINUE		FACOR	1183		
			PRINT 110,L		FACOR	1184		
135			DO 48 I=1, JMA1		FACOR	1185		
			NPOINT #ABS(FACJ(I,L))*50./VMAX		FACOR	1186		
			DO 49 J#1, NPUINT		FACOR	1187		
		49	INLIG(J) # IAS NPO # NPO INT + 1		FACOR	1188		
140			00 50 J#NPO,50		FACOR FACOR	1189		
		50	INLIG(J)#IBLANC		FACOR	1190 1191		
		70	IF(FACJ(I,L))51,51,52		FACOR	1192		
		51	PRINT 109, IDENJ(I), FACJ(I,L), (INLIG(51=K), K=	1.50)	FACOR	1193		
			G070 48		FACOR	1194		
145		52	PRINT 853, (INLIG(K), K#1,50), FACJ(I,L), IDENJ(()	FACOR	1195		
			CONTINUE	•	FACOR	1196		
			VMIN(1) == VMAX		FACOR	1197		
			VMIN(2)#VMIN(1)+0.5		FACOR	1198		
			VMIN(3)=0.		FACOR	1199		
150			VMIN(4) #VMAX#0.5		FACOR	1200		
			VMIN(5) WVMAX		FACOR	1201		
			PRINT 1001, VMIN		FACOR	1202		
			PRINT 400		FACOR	1203		
156			CONTINUE		FACOR	1204		
155			RETURN		FACOR	1205		
		-	FORMAT(/) FORMAT(1H1)		FACOR	1206		
			FORMAT(1H1//)		FACOR	1207		
		401	END		FACOR	1208		
			ENV.		FACOR	1209		

1.4 Exemple d'utilisation

L'exemple présenté ici concerne l'analyse de la variabilité temporelle de la qualité de l'eau à partir de données obtenues sur le fleuve Saint-Laurent à 112 stations pendant 18 tournées consécutives. Le tableau des données comprend 18 lignes correspondant aux 18 tournées notées 9A à 9R et 20 colonnes correspondant aux 5 classes de 4 paramètres chimiques: pH (PH1 à PH5), turbidité (TU1 à TU5), coliformes totaux (CT1 à CT5) et coliformes fécaux (CF1 à CF5).

Options demandées

Dans l'exemple présenté, on montre en premier lieu un listing des données d'entrée. Dans cet exemple, on considère les 5 classes des coliformes fécaux comme paramètres supplémentaires et on retient 7 axes factoriels.

On a donc:

IMAX = 18 JMAX = 15 NFAC = 7 NOS = 0

NVS = 5

- on demande l'impression des graphiques des axes factoriels 1-2, 1-3
 et 2-3 (NIMP = 3);
- les données sont sur cartes LU = 5;
- on demande l'impression du tableau des données IDO = 1;
- on demande en plus des sorties habituelles, l'impression des résultats concernant les observations (coordonnées et contributions) classées selon l'ordre ascendant des coordonnées factorielles
 IPRI = 1;

- on demande des graphiques séparés pour les points observations et les points variables à la fois et pour les points variables seuls IGRJ = 2;
- on demande le calcul et l'impression du tableau des données reconstitué à partir de 7 axes factoriels IFREQ = 1;
- on demande l'impression de l'histogramme des coordonnées factorielles pour les observations selon l'ordre d'entrée IOFAC = 1;
- les données sont lues en format (A3, 20F2.0).

Explication du contenu des sorties obtenues

- A) Dans l'ensemble présenté, on reproduit d'abord les spécifications d'entrées et on donne la dimension nécessaire (KM) pour le vecteur V. Dans cet exemple, la valeur de KM (3794) est inférieure à la dimension limite prévue (5000). Les valeurs K8, K10, K17, K18B et K23 sont également données, car elles sont utilisées dans le calcul de KM (cf. section 1.2).
- B) Les deux pages suivantes montrent le tableau des données.
- C) La page suivante montre les valeurs propres $\lambda\alpha$ par ordre décroissant, le pourcentage d'inertie $100 \cdot \lambda\alpha/\Sigma \lambda\alpha$ et le pourcentage d'inertie cumulé.
- D) La page suivante montre le tableau des données reconstitué avec 7 facteurs. Cette sortie est obtenue, car IFREQ = 1.
- E) Les six pages suivantes montrent les sorties obtenues avec IOFAC = 1.

 On montre d'abord un tableau montrant les coordonnées des points observations sur les 5 premiers axes factoriels et on montre ensuite un histogramme pour chaque axe factoriel des coordonnées des points.

Note: Les sorties sont similaires pour IOIN, IVIN et IVFAC = 1.

- F) Les cinq pages suivantes montrent les sorties obtenues avec IPRI = 1.

 On montre pour chacun des 5 premiers axes factoriels un tableau donnant pour chaque observation.
 - identificateur
 - poids P_i
 - distance au centre de gravité $\rho^2(i)$
 - . contribution absolue à l'inertie totale $P_i \rho^2(i)$
 - coordonnée sur l'axe factoriel $F_{\alpha}(i)$
 - contribution absolue à l'inertie expliquée sur l'axe factoriel $P_i^{\ \ 2}(i)$
 - contribution absolue en % $100 \cdot P_i F_{\alpha}^2(i) \lambda_{\alpha}$
 - contribution relative de l'axe factoriel à la représentation de l'observation $F_{\alpha}^{\ 2}(i)/\rho^2(i)$
 - contribution relative cumulée selon le nombre d'axes factoriels présentés
 - corrélation de l'observation avec l'axe

Note: Les sorties sont similaires pour les variables, c'est-à-dire si IPRJ = 1.

- G) On présente ensuite des tableaux présentant de façon condensée les résultats de l'A.F.C. Pour chaque observation ou pour chaque variable:
 - identificateur
 - poids P_i ou P_j
 - contribution relative cumulée avec 5 ou avec NFAC axes factoriels
 - · pour chaque axe factoriel
 - coordonnée $F_{\alpha}(i)$ ou $G_{\alpha}(j)$
 - contribution relative $\frac{F_{\alpha}^{2}(i)}{\frac{\alpha}{\rho^{2}(i)}}$ ou $\frac{G_{\alpha}^{2}(j)}{\frac{\alpha^{2}(j)}{\rho^{2}(j)}}$
 - contribution absolue $\frac{100 \cdot P_{j} F_{\alpha}^{2}(j)}{\lambda_{\alpha}}$ ou $\frac{100 \cdot P_{j} G_{\alpha}^{2}(j)}{\lambda_{\alpha}}$

Note: Ces dernières sorties ne sont pas optionnelles.

H) On présente ensuite les graphiques montrant la position des points dans le plan des premiers axes factoriels. Pour chacun des plans (1-2, 1-3 et 2-3) demandés avec NIMP = 3, on montre un graphique pour la représentation simultanée des points observations et des points variables et un graphique pour la représentation des points variables seulement, car IGRJ = 2.

- I) On présente enfin, pour les observations et pour les variables, le tableau des résultats de l'analyse qui sont écrits sur le TAPE 9 et qui serviront à d'autres traitements comme la classification hiérarchique par exemple. On donne d'abord le format d'impression, puis on donne pour chaque observation ou variable:
 - identificateur
 - poids P_i ou P_j
 - · coordonnées sur les axes factoriels

Note: Ces deux tableaux sont écrits sur le TAPE 9 séparés par un EOF (marque de fin de fichier).

```
EXEMPLE D UTILISATION DE L AFC
   18
       15
              7
                   Ô
                        5
                             2
                                            0
PH1PH2PH3PH4PH5TU1TU2TU3TU4TU5CT1CT2CT3CT4CT5CF1CF2CF3CF4CF5
   (A3,20F2.0)
9A 29312817 7 1 2 322844431 9 8201317302032
9B 2723292013 0 112297052221413112831201914
90 394815 6 4 210117118296210 9 21512601312
90 3927211213 1 411326448261612101916311828
9E 3214272712 91328392332382013 92222301919
9F 2522371513 42039292014222826221618282624
9G 2727192910 41729451610 9165027 8 9 73058
9H 4613102221 8262528251014482119 4 8 95041
91 1684 6 5 1 7127513 5 6 5127217 5 3 37427
9J 142129282031422410 518152028313631191412
9 K
    3 514464433262718 R17202321312732231713
91 1617302425274029 8 812121826442928232111
9M 16 9212343514310 4 432202413234423181215
9N 2318301823343121151115123422292323311718
90
   1 6113262384814 7 5302730101544351212 9
    0 11124766528 7 7 51764 9 9132366 510 8
99
90 2021332711731817 2 210 41632502019371422
9R 27183327 7162121233118153018311916202433
```

TITRE DE L'ETUDE: EXEMPLE D'UTILISATION DE L'AFC

IMAX JMAX NFAC NOS NVS 18 15 7 0 5

KB K10 K17 K18B K23 141 486 314 711 3794

DIMENSION NECESSAIRE POUR Va 3794

NIMP LU IDO IPRI IPRJ IGRJ IFREQ IVIN IVFAC IDIN IDFAC 3 5 1 1 0 2 1 0 0 1

FORMAT DES DONNEES: (A3,20F2.0)

	X bu	EMPLE D UT.	EXEMPLE D UTILISATION DE L AF	DE L AFC								
QI.	g I	e Si	№	9	R.	101	102	Tus	401	105	C11	512
٠.	9	7.1	9.00		4		, n	6	6			
t of	2000	0000				₩,	•.					0000
1 6.1	0000	0000	0000		0000			11.0000	71,0000		0000	
۵	39.0000	27,0000	21,0000	12,0000	13,0000	1.0000	0000	11.0000	32,0000	64,0000	48.0000	26.0000
العا	32,0000	14.0000	27,0000		12,0000		3	28,0000	39,0000	23,0000	32.0000	38.0000
le.	25,0000	2	37,0000		13,0000		000	39,0000	29,0000	20.0000	14.0000	_
•	27,0000	9	19,0000		10,0000		7.0	29,0000	46.0000	16.0000	10.0000	_
Ť	46.0000	2	10,0000		21,0000			25,0000	28,0000	25,0000	10,0000	14,0000
	16.0000	2	0000.9		_=		٠ د	75,0000	13,0000	5,0000	0000 9	5,0000
.	14.0000	000	29,0000		20.0000	:	, ,	24,0000	10,0000	5,0000	18,0000	_
¥	3.0000	5,0000	14,0000		÷	. •	` •	27,0000	18,0000	8,0000	17,0000	20,0000
•_	16.0000	17,0000	30,0000		S	~	ೆ	29,0000		8,0000	12,0000	12,0000
I	16.0000	0000 6	21,0000		ૂ. જ		3.0	10,0000	0000 7	0000 7		_
z	23,0000	0	30,0000		K	⇒	1,000	21,0000		11,0000	15,0000	0
0	1.0000	0	11,0000		2,00	8	ွှဲ့	14,0000	000	000	30,0000	0
Œ.	000000	2	11,0000		.,	'n	8,000	7.0000	$\overline{}$	000	17,0000	0000 79
9	20,0000	21,0000	33,0000		1,000	M	0000.8	17,0000	2,0000	2,0000	10,0000	0000 7
æ	27,0000	2	33,0000		ે.	ė	21,0000	21,0000	23,0000	31,0000	18,0000	15,0000

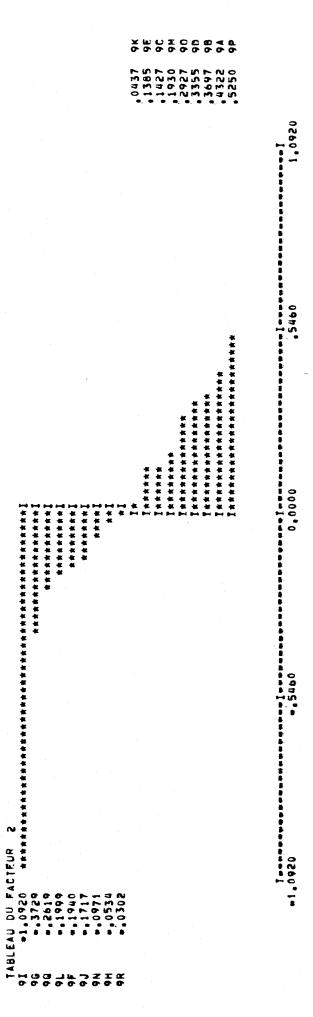
Ĭ	10	CTS	CT4	CT5	CF1	CF2	CF3	CF4	CF5
94		9.0000	8,0000	20,0000	13,0000	17,0000	30,0000	20,0000	32.0000
98		14,0000	13.0000	11,0000	28,0000	31,0000	20,0000	19,0000	14,0000
9 C		10.0000	9,0000	2,0000	15,0000	12,0000	60,0000	13,0000	12,0000
9 D		16,0000	12,0000	10,0000	19,0000	16,0000	31,0000	18,0000	28,0000
9 E		20,0000	13,0000	9,0000	25,0000	22,0000	30,0000	19,0000	19,0000
9 F		28.0000	26.0000	55,0000	16,0000	18,0000	28,0000	26,0000	24,0000
9 G		16,0000	50,0000	27,0000	8,0000	9,0000	7.0000	30,0000	58,0000
9 H		48,0000	51,0000	19,0000	4,0000	8,0000	9.0000	50,0000	41.0000
9 I		12.0000	72.0000	17,0000	5,0000	3,0000	3.0000	74.0000	27,0000
93		20.0000	28.0000	31,0000	36,0000	31,0000	19,0000	14,0000	12,0000
9 K		23.0000	21.0000	31,0000	27,0000	32,0000	23.0000	17,0000	13,0000
9 L		18.0000	26.0000	44.0000	29,0000	28,0000	23,0000	21.0000	11.0000
9 M		24.0000	13.0000	23,0000	44,0000	23,0000	18,0000	12,0000	15,0000
9 N		34,0000	22.0000	29,0000	23,0000	23,0000	31,0000	17,0000	18,0000
90		30,0000	10.0000	15,0000	44.0000	35,0000	12,0000	12.0000	9,0000
9 P		9.0000	9.0000	13,0000	23,0000	66,0000	5.0000	10.0000	8.0000
90		16.0000	32.0000	50,0000	20,0000	19,0000	37.0000	14,0000	22,0000
9R		30.0000	18,0000	31,0000	19,0000	16.0000	20.0000	24.0000	33.0000

VALEURS PROPRES	POURCENTAGE D INERTIE	POURCENTAGE CUMULE:
1.0000	0,0000	0.0000
.2111	41,7064	41,7084
.1331	26,3033	68,0118
.0570	11,2574	79.2692
.0371	7,3251	86,5943
.0272	5.3795	91.9738
0133	2,6192	94.5931
0097	1,9070	96.5001
0073	1.4373	97.9374
0051	1.0092	98.9466
0028	5485	99.4951
0016	3187	99.8136
0009	1862	100,0000
,0000	,0000	100,0000
0000		100,0000

94	30,11429	28,11608	29,92601	16.25309	7.58928	3,49984	-1,66860	5,83555	23,89032	80,44397
	51.43013	26,76563	8.77066	9,13316	15.90042	50.66560	22,73816	28,90531	16,12814	23,56555
98	27.73866	24.11373	27,21197	20.33033	12.60418	-2.06718	3,51901	11,47875	26.76992	72,30045
	46.98679	25,67665	13.01686	11,64777	14.67195	21,13410	23,16176	23.58502	19.04807	25.07082
	•			-		•	23,101,0	20006	17404007	23,07002
9 Ç	40.92243	43,93590	19.17284	4.19702	3,77075	2,56132	8,10692	14.93214	68,56128	17,83927
	28,68212	64.35087	9.59767	10,50899	-1.13965	13,20907	15,29252	54.02605	13.95485	15,51731
9D	36,35079	28,72865	22,12293	13,34580	11,45069	71904		10 91/17/	70 70024	
••	43,41271	54.59545	18.88196	10.58035		.71904	4.04670	10.81426	30,39921	66.02177
	4244611	6,000.75	10.001.40	10,20033	9.86207	15.92023	17,32655	26,05415	25,46662	27,23222
9E	28.46736	19.37267	24.41801	23,31955	16,42196	5.83209	18,09699	18,26849	43.67408	26.12873
	26.44271	35,44364	19.61769	14,90637	15,58960	20,44352	21,39696	31,97569	15,28758	22,89617
9 F	26,17833	26.47414	26.79649	22,40355	10.14717	4.29124	25,91586	31,74355	31,75393	18,29571
	19.97489	16,94232	24,98711	27.01419	23.08150	22,61795	14,32524	25.36735	25,69495	23.99445
9 G	25.85370	26.63836	21,10006	31,13456	7.27293	4.82644	11,13213	38,56860	44 42624	44 05709
. •	7,65071	14,65531	20,09125	41.77828	27.82445	5.73818	13.39337		41,42024	16.05293
	, , , , , ,	. ~, ~ 3.3.3.1	En an Atem	41,77060	E110E443	2112010	12,37337	17.86604	34,35665	40,6456R
9H	44.76747	12.71748	11.50645	21,23889	21.74955	9,26195	24,26999	24,74338	30.01912	23,70569
	12.83003	11.27146	49.09420	21,93305	16.87127	5,93141	5,48806	10,99892	45,47867	44,10292
		•	•		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •			• • • • • • •	424 4.20	4.1.0276
9 I	16,17935	84,02914	5.99138	3,64334	2.15609	6,42360	13,15583	73,17397	13.86393	5,38328
	5,48061	4.26818	11,11945	73,50126	17.63052	4.68047	3,36534	2,54975	72,55848	28.84583
9.]	12.94159	20,55232	31.26483	24.89283	27 70804	71 25ALL	77 00535	39 EES	44 60674	
70	18.73088				22.34896	31.25011	37,98525	27.55217	11.09871	4.11329
	10113000	14,06323	21.43194	25,01168	32,76228	35,09843	24,73491	25,75117	15,04179	11.37380
9 K	5,10781	1.38800	17,99012	41,67068	45.84418	31,94623	28,06984	25,36687	17.09477	9,52160
	14,07399	21,50441	20,59381	26.89692	28,93087	23,87382	37.54084	6.36149	18,85692	25.36709
				_	-	-	-	•		
9 L	12.35257	17.54200	32.13264	28,20871	21,76465	30.82649	37,14432	28,64228	9.53755	5,84886
	17.06139	9.12517	22.48035	27,28040	36,03268	33,77612	24,37689	22,83381	16,15702	14.85628
9 M	13.83964	9.94943	23.53842	21.64287	43,03065	49.60104	41,97681	12.14279	4 40949	4 6746
	24.75614	25,18090	26.64948	9,92192	25.49156	37,79792			1.40743	6.87107
	#44. PA *4	#34.0070	E0.04740	7 6 7 6 4 7 6	63644170	21817175	33,08017	23,01332	11,67059	6,43820
9 N	26,23537	17,65815	25,96561	21,08306	21.05825	33,65789	33,12809	21.53565	13,29261	10.38539
	16,72320	12.71318	31,17995	21,45291	29,93076	25.02254	17,62557	24.46237	23,28554	21,60406
				•	-		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •			
90	3,69167	2,45756	14.13742	29,05123	62,66321	36,89872	46,98831	18,49872	3,50755	6,10576
	26,58841	31,35957	28,61016	9.74301	15.69885	40,99675	42,08291	7,73173	15,80538	5,38345
99	_1 10575	A 34304	E 72805	36 60504	7/1 70070	44 BEAD.	36 9			
76	-1.10572	4.34396	5.35805	29,00580	74.39929	66,85081	28,35215	4,17118	10.57964	2,04503
	24,38208	58,16180	9,30786	7.70461	12.44344	29,57828	56,22088	14,53593	6,48627	5,17892
90	20.41724	20.85581	33,54872	25.20497	11.97421	71.53744	19.80702	15.65807	1.26925	3,72741
	6.36274	5.80000	15.06471	33,16960	51,60293	17,12788	21,65726	32,14802	15.23175	25,83528
		- +	* - * · * · *			3: 4 : 4 : 4:				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
9 R	29,92721	16,12634	31,81800	25,37388	A.75439	16,08347	21,97369	19.87355	24,86014	29.20931
	22.41031	11.45474	26.50495	20,81533	30.81467	21,39092	15,19284	27,83378	19,49059	28,09183
			-	- · · · ·	· -	-			• •	

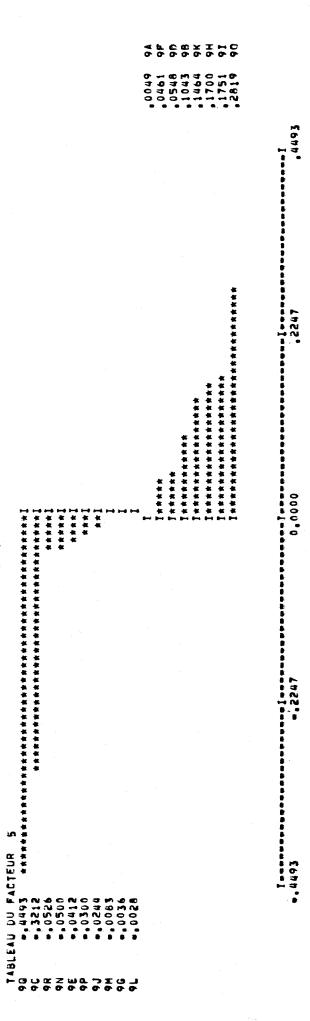
IDENT.	FACT	TEURS				
94	.6925	4322	.2676	.2818	.0049	
98	.6176	3697	2025	.1721	.1043	
90	6009	.1427	6277	1322	-,3212	
9 D	.6301	.3355	.0942	.1120	.0548	
96	. 2621	1385	-1494	1729	0412	
9 F	.1746	1940	0009	1717	.0461	
9 G	.2155	3729	0436	1775	0036	
9 H	1073	0534	.0528	3779	1700	
91	.2764	-1.0920	25A2	3958	1751	
9J	3023	1717	0955	0288	0244	
9 K	-,4366	.0437	= 0069	0533	1464	
9 L	3169	1999	.1707	0452	0028	
9 M	-,5419	.1930	0413	.0376	0083	
9 N	2273	0971	.1331	1119	0500	
90	6130	.2927	1279	0005	2819	
9 P	7623	.5250	4157	.2657	0300	
90	4979	2619	3396	1578	- 4493	
9R	.1214	0302	.2330	1510	0526	

```
TABLEAU DU FACTEUR 1
      -.7623
90
      -.6130
9 M
      -.5419
      -.4979
90
9K
      -. 4366
96
      -.3169
9j
      .. 3023
      -. 2273
                                                                                                                      .1073 9H
                                                               ******
                                                               ******
                                                                                                                      .1214
                                                                                                                      1746
                                                               Innanananana
                                                                                                                             9F
                                                               I********
                                                                                                                      .2155
                                                                                                                            9 G
                                                                                                                      2621
                                                                                                                            9E
                                                                                                                      .2764
                                                                                                                             91
                                                                                                                      6009
                                                                                                                            90
                                                                                                                      .6176
                                                                                                                            98
                                                                                                                      .6301 9D
                                                                                                                      6925 94
           -.7623
                                    -.3812
                                                             0.0000
                                                                                      3812
                                                                                                               .7623
```



96 99 91	6277 4157 2582	******	**************************************	Ĭ				
9E	-,1494		****	Ī				
90 96	1279		安安安安安安安安安安安安安安安安安安	-				
9K	0436 0069		***	Ì				
95	0009			Ĭ				
			1	***			.0413	9 M
				***			.0528	9H
			1	***			.0942	9 D
				****			0955	93
			1	****			1331	9 N
				*****			.1707	91
			1	****			2025	98
			1	*****	*		2330	9 R
			;	****	***		2676	9 A
			3	****	****		3396	90
	-,6	••	3138 0.0	000	.3138	,6277		

9G = 1775	TAB	LEAU DU PACT	/EUR 4				
9E	9H	•.3779	****	**********	* I		
9F = 1717 9R = 1510 4************************************	9 G	1775		*****	*1		
9F = 1717 9R = 1510 4************************************	9 E			*****	*1		
9R = 1510	9 F	w.1717		******	*Î		
9C =,1322 9N =,1119 9K =,0533 9L =,0452 9J =,0258 9J =,0005 1 1	98			********	*1		
9N	90	1322		******	*1		
9K = .0452 9J = .0268 90 = .0005 I	9 N			*****	*I		
91	9 K			***	★Î		
90 -0005 I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	96			***	*Î		
1 「日本本本 0 日本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本本	9 J			**	*I		
					I		
					Innth	.0376	9 M
						1120	90
1					I c = x = x = x = x = x = x = x = x = x =	1578	90
					I *********	,1721	98
] ************************************					[**********************	.2657	9 P
I^{ann}					*******	,2818	94
					***********************	,3958	
		_					
# 373D # 17/7 U U U 17/7 . 17/7 . 17/7		I = 39	, ,		I		



FACTEUR NO m. 1 VALPR m .2111 POURC.INERTIE # 41.7084

10	POIDS	DISTANCE	CION'ARS TRACE	FACTEURS	CION.ABS	CION.ABS EN X	CION, REL A L ELEM	SOMM.CUM CION.REL	CORREL
9 P	.0556	1.1451	.0636	-,7623	.0323	15,2939	.5075	.5075	7124
90	.0556	.5815	0323	- 6130	.0209	9,8899	6466	6466	- 8041
9 M	.0556	3856		- 5419	.0163	7.7285	7616	.7616	- 8727
90	0556	6778		- 4979	.0138	6.5231	3657	3657	- 6048
9 K	0556	3014		- 4366	.0106	5.0173	6325	6325	- 7953
9L	0556	.2197	.0122	3169	.0056	2.6420	4570	.4570	-,6760
93	0556	1684		- 3023	.0051	2.4051	5426	5426	-,7366
9 N	,0556	1198	7	-,2273	0029	1.3600	4313	4313	-,6567
9 H	0556	.2825		1073	0006	3030	0407	0407	2019
98	.0556	1068	.0059	1214	0008	3878	1380	.1380	3715
9 F	.0556	.1569	0087	1746	.0017	8019	1942	1942	4407
96	,0556	.3236		2155	.0026	1.2223	1435	1435	3789
9 E	.0556	1934	0107	.2621	.0038	1.8079	3553	.3553	5960
91	.0556	1.5308		2764	.0042	2.0098	0499	0499	.2234
90	.0556	9152		6009	10201	9.5030	3946	3946	6281
98	0556	.6139		6176		10.0374	6213	6213	7882
90	.0556	5513	7 .	6301	1550.	10.4483	7201	.7201	8486
9.4	0556	.8373	F	6925	.0266	12.6189	.5727	.5727	.7568

FACTEUR NO # 2 VALPR # .1331 POURC, TNERTIE # 26,3033

10	POIDS	DISTANCE	CION ABS	FACTEURS	CION.ABS	CION.ABS EN X	CION.REL A L ELEM	SOMM, CUM CION, REL	CORREL
91	,0556	1,5308	.0850	-1,0920	.0662	49.7603	.7790	.8288	8826
9 G :	.0556	,3236		-,3729	.0077	5,8026	4297	5733	- 6555
90	20556	.6778	.0377	2619	.0038	2.8616	1012	4669	- 3181
9 L	0556	2197	.0122	- 1999	0022	1,6673		6389	- 4265
9#:	0556	,1569	0087	1940	0021	1,5699	2398	.4340	-4897
9J	0556	1684	0094	-,1717	0016	1,2296	1750	7176	- 4183
9N	0556	,1198	0067	-,0971	0005	3938	0788	5101	- 2806
9H .	,0556	2825	0157	0534	20002	.1189	0101	.0508	- 1004
9 R	0556	.1068	0059	-,0302	.0001	0380	.0085	1465	- 0923
9K	0556	3014	0167	0437	0001	0796	0063	6389	0796
9€	0556	1934	0107	1385	.0011	8000	0991	.4544	3149
90	.0556			,1427	.0011	8492	.0222	4168	1491
9 M	.0556	3856		1930	.0021	1.5548	0966	8582	3108
90	0556	5812	0323	2927	.0048	3.5743	1474	7940	3839
9 D	0556	5513	.0306	.3355	.0063	4.6971	2042	9243	4518
98	0556	.6139	.0341	3697	.0076	5.7030	.2226	8439	4718
9 4	0556	.8373	0465	4322	0104	7.7966		7958	4724
9 P	.0556	1.1451	0636	.5250	0153	11.5034	2407	7483	4907

FACTEUR NO # 3 VALPR # .0570 POURC.THERTIE # 11.2574

ID	80108	DISTANCE	CION'ABS	FACTEURS	CION.ARS	CION.ABS	CION.REL A L ELEM	SOMM.CUM CION.REL	CORREL
0.6	0554	0455	0.00		0310	70' 446		-	* .
90	,0556	,9152	.0508	-,6277	.0219	38,4158	.4305	,8473	-,6561
9 P	,0556	1.1451	, 0636	-,4157	.0096	16.8451	,1509	8992	-,3884
9 T	,0556	1,5308	.0850	-,2582	.0037	6.4981	0435	.8724	-,2087
9E	,0556	.1934	0107	-1494	.0012	2,1773	.1155	5699	- 3398
90	.0556	5812	0323	1279	.0009	1,5953	.0282	.8222	1678
9 G	,0556	, 3236	.0180	-,0436	0001	1856	0059	5791	0767
9K	,0556	.3014	.0167	-,0069	,0000	0047	.0005	6390	0126
9F:	,0556	.1569	,0087	-,0009	.0000	.0001	.0000	,4340	0022
9 M	,0556	,3856	.0214	0413	,0001	,1662	.0044	.8626	0665
9 H	,0556	.2825	,0157	,0528	.0002	,2718	.0099	0607	0993
90	,0556	,5513	,0306	,0942	.0005	8647	,0161	9404	.1268
9J	,0556	,1684	.0094	0955	.0005	4898	.0542	.7718	.2328
9 N	,0556	.1198	0067	,1331	,0010	1,7273	,1479	,6579	3845
9 L	,0556	.2197	,0122	1707	0016	2,8414	,1327	.7716	3642
98	.0556	.6139	0341	,2025	.0023	3,9980	.0668	9107	2584
9R	,0556	1068	0059	2330	.0030	5,2935	5085	.6550	7131
94	.0556	.8373	0465	,2676	.0040	6,9816	.0855	8814	2924
90	.0556	6778	.0377	3396	.0064	11,2438	.1701	6371	4125

FACTEUR NO # 4 VALPR # .0371 POURC. TNERTIE # 7.3251

10	POIDS	DISTANCE	CION'ABS TRACE	FACTEURS	CION.ABS MOM.INER	CION ABS	CION.REL A L ELEM	SOMM, CUM CION, REL	CORREL
9 H	.0556	2825	.0157	-,3779	.0079	21,4006	.5055	.5662	-,7110
9 G	0556	.3236	0160	1775	.0017	4.7193	.0973	,6765	3120
9 E	0556	1934	0107	+.1729	.0017	4,4820	.1547	.7246	- 3933
9#	0556	1569	0087	1717	0016	4,4186	1880	.6550	-,4335
9 R	0556	.1068	0059	- 1510	.0013	3,4153	.2135	8685	- 4620
90	0556	9152	.0508	1322	0010	2,6180	.0191	.8664	1362
9 N	.0556	1198	0067	1119	.0007	1,8767	1045	.7624	- 3233
9 K	0556	3014	.0167	0533	.0002	4253	0094	6484	0970
9L	0556	2197	.0122	-,0452	.0001	3056	0093	7809	-,0964
93	.0556	1684	0094	8850.	.0000	1240	.0049	7767	-,0701
90	0556	.5812	0323	0005	0000	0000	0000	.8222	0007
9 M	0556	3856	0214	.0376	.0001	.2122	.0037	8663	0606
90	0556	5513	0306	1120	0007	1.8792	.0227	9631	1508
90	.0556	.6778		1578	0014	3.7334	0368	.6738	1917
98	0556	6139	0341	1721	0016	4,4361	.0482	9589	2196
9 P	0556	1,1451	0636	2657	0039	10.5790	.0617	.9608	2483
94	0556	.8373	0465	2818	0044	11,9018	0949	.9762	3080
91	.0556	1.5308	0850	3958	.0087	23.4729	1023	9747	.3199

FACTEUR NO # 5 VALPR # .0272 POURC.INERTIE # 5.3795

10	POIDS	DISTANCE	CION.ABS TRACE	FACTEURS	CION.ABS	CION'ABS EN X	CION REL	SOMM'CUM	CORREL
90	.0556	6778	.0377	-,4493	0112	41.1963	.2979	,9717	-,5458
9 C	,0556	9152	0508	3212	0057	21.0527	1127	9791	3358
9 R	0556	1068	0059	- ,0526	20002	5638	0259	8944	- 1609
9 N	0556	1198	0067	-,0500	0001	5108	.0209	.7833	- 1445
9 E	0556	,1934	.0107	0412	0001	3456	0088	7333	0936
9 P	.0556	1,1451	0636	0300	.0001	,1837	0008	.9616	- 0280
9 J	0556	1684	0094	-,0244	.0000	1219	0035	7802	0595
9 M	.0556	. 3856	.0214	-,0083	0000	0141	.0002	.8664	0134
9 G	.0556	.3236	0180	- 0036	.0000	9500	.0000	6765	- 0063
9L .	.0556	.2197	.0122	8500.	0000	.0016	.0000	7809	0059
9 A	0556	.8373	0465	.0049	.0000	0048	.0000	9762	0053
9 F	.0556	.1569	0087	0461	0001	4336	0135	6355	1164
90	0556	5513	0306	0548	.0002	6123	0054	9686	0738
98	.0556		0341	1043		2.2186	.0177	9766	1331
9K	.0556	3014	0167	1464	.0012	4.3737	0711	.7196	2667
9H	.0556	2825	0157	1700	.0016	5,8977	.1023	6685	3199
91	.0556	1.5308	0850	1751	.0017	6.2564	.0200	9947	1415
90	.0556	.5812	.0323	.2819	.0044	16.2099	.1367	9589	3697

08	PDS	CC	F 1	CE	CA	F 2	CE	CA	, F: 3	CE	CA	F 4	CE	CA	F 5	CE	CA
9 A	.056	.976	.692	.573	12.619	.432	,223	7,797	.268	,086	6.982	.282	,095	11,902	.005	.000	.005
98	.056	.977	.618		10.037	.370	, 223	5,703	.202	,067	3,998	.172	.048		.104	.018	2,219
9 C	.056	.979	.601	, 395	9.503	. 143	.055	.849	628	, 431		-,132	.019		-,321	,113	21,053
9 D	.056	.969	.630	.720	10.448	, 336	,204	4.697	.094	.016	.865	.112	,023	1,879	,055	.005	.612
9€	.056	.733	. 262	, 355	1.808	, 138	,099	.800	149	115	2.177	-,173	, 155		041	.009	.346
95	.056	.636	.175	.194	.802	194	.240	1.570	-,001	,000	.000	172	.188	4,419	.046	.014	. 434
9 G	,056	.677	.216	144	1.222	373	,430	5,803	044	.006	.186	177	.097	4.719	004	.000	.003
9 H	.056	668	.107	.041	.303	. 053	.010	.119	.053	.010	.272	378	,505		.170	.102	5,898
91	.056	995	.276	.050	2,010	-1.092	,779	49.760	+. 258	.044	6,498	.396	.102	23,473	.175	.020	6,256
9 J	056	780	302	.543	2.405	-,172	175	1.230	.096	,054	.890	029	.005	.124	-,024	.004	.122
9 K	056	720	-,437	.633	5.017	.044	.006	.080	007	.000	.005	053	.009	425	.146	071	4.374
96	.056	761	317	.457	2.642	200	182	1,667	.171	133	2,841	045	.009	306	003	.000	500
9 M	.056	866	542	.762	7.728	.193	097	1,555	.041	004	.166	.038	.004		008	000	014
9 N	.056	783	-,227	.431	1.360	-,097	.079	.394	,133	,148	1,727	-,112	105	1.877	050	.021	511
90	056	959	-,613	.647	9,890	293	.147	3.574	-,128	028	1.595	001	000		282	137	16,210
99	.056	962	762	508	15.294	.525	241	11,503	416	,151		,266	240		030	001	184
90	056	972	498	366		262	101	2.862	340	170		158	037		449	298	41,196
9 R	.056	.894	.121	.138	,388	-,030	.009	.038	,233	509		-,151	.213		053	026	.564
ENS	MBLE	.920		.417			.263			1113			.073			.054	

VA	PDS	CC	F 1	ÇE	CA	F 2	CE	CA	, F: 3	CE	CA	F 4	CE	CA	F 5	CE	CA
PH1	.066	.832	. 440	.604	6.068	.003	,000	.000	.057	010	.380	231	.167	9,545	128	.051	3,961
PHS	.067	.950	.451	,308	6.443	-,525	418	13,858	-,219	.073	5,619	.311	.147	17.482	055	005	735
PH3	.067	.643	.053	.017	.088	.031	,006	.047	.265	421	8.249	063	.024	717	172	176	7,225
PH4	.066	.575	-,248	.349	1.937	.083	.039	.344	.122	.085	1.737	115	075		.070	028	1,190
PH5	.067	. 963	-,692	,599		.409	.210	8.424	224	.063	5,875	.094	.011	1,604	283		19,655
TUI	.067	.976	-,893	.807	25,219	.101	010	,511	.071	6005	585	,225	051	9,146	-,318		24,823
TUZ	.066	.818	525	,703		029	.002	043	.002	.000	.001	-,169	073		124	039	
TUS	.067	923	.046	.004	.068	632	.813	19,979	-,103	.022	1.246	.028	200	143	202	083	9.946
TU4	.067	945	.545	.520	9.381	.063	.007	201	-,342	205	13,712	314	.173		-,152	040	5,621
TUS	.067	.988	826	.592	21.570	.495	.213		.372	120	16,210	855	045		.145	018	5,141
CTI	.068	839	. 286	. 233	2,653	.423	510		.061	011	.446	.159	072		066	012	1,091
CIS	069	950	.058	.007	.111	453	410	10,666	499	497	30,212	058	007	638	123	030	3,861
CT3	.062	757	110	.055	.359	034	005	.055	.127	.072	1,751	334	503		.164	121	6.140
CT4	.067	931	015	.000	.007	667	894		-,009	000	010	119	029	2.564	063	008	956
CT5	.067	901	-,265	.247	5.556	205	148		.345	418	13,967	031	003	178	- 155	084	5,899
CF 1	.065	.536	296	.334	0.000	.211	.169	0.000	.063	015	0.000	.037	005	0.000	.058	013	0.000
CF2	068	790	364	369	0.000	,338	318	0.000	* .097	026	0.000	.159	070	0.000	046	006	0.000
CF3	.067	662	505	.118		143	059		- 038	.004	0.000	-,096	.026	0.000	- 396	454	0.000
CF4	068	802	206	.094		497	549	0,000	- 058	007	0.000	051	006	0.000	256	146	0.000
CF5	.065	.440	,251	.192		=,192	1112		,137	057	0.000	-,156	075	0.000	.036	004	0,000
ENGE	MBLE	۸ده		.417			.263						077			05 4	
EHOS		.920		. 417			. 603			.113			.073			,054	

08	PDS	ĊC	F 6	CE	CA	F 7	CE	CA	₽ .
9.4	.056	077	.016	.000	112	007	.000	.031	,
		.977		000	112				
98	.056	.983	.057	.005	1.385	019	,001	.216	
9 Ç	.056	.988	066	.005	1.837	060	,004	2,048	
90	.056	985	074	.010	2.294	.058	,006	1,930	
9 E	.056	.775	.074	.029	2.316	051	013	1,490	
95	.056	.697	.016	.002	.105	097	,060	5,390	
9 G	056	588	248	190	25,782	.070	.015	2,809	
9H	056	983	- 164	096	11.328	248	218	35,520	
91	056	999	- 073	004	2.248	030	001	518	
οĴ				003	199	- 166	167	15,826	
	.056	.946	055		177	-,100	,163	12000	
9K	.056	.946	.258	.221	27.912	040	,005	942	
9 L	.056	888	.021	,002	.187	147	,099	12.464	
9 M	.056	953	-,175	.079	12.835	052	,007	1,569	
9 N	.056	.932	-,133	,148	7.439	.006	,000	.024	
90	.056	976	070	.008	2.048	069	.008	2,766	
90	056	978	067	.004	1.890	118	.012	7,961	
90	056	993	007	.000	023	120	150	8,225	
9R		900		.001	060	▶ 055	004	.272	
71	.056	. 400	.012	*401	• 0 8 0	P. V.		9 E / E	
ENS	EMBLE	,965		.026			019		

ENSE	MBLE.	965		.026			.019		
CF5	.065	.701	.103	.035	0.000	.273	. 229	0.000	
CF4	.068	.942	101	,023	0,000	.230	,117	0.000	
CF3	.067	.750	068	.013	0.000	-,161	,075	0.000	
CF2	068	.846	.130	,047	0.000	060	,010	0,000	
CF1	065	. R61	-, 063	.015	0.000	285	,310	0.000	
CT5	.067	.934	.094	.031	4.434	024	200	399	
CT4	.067	.967	.107	.023	5,739	.080	.013	4,462	
CT3	.065	945	176	.140	14,530	.104	049	6,934	
CIS	.069	.953	.053	.001	.268	031	200	.669	
CT1	.068	.889	058	.010	1.758	118	.040	9,930	
105	.067	.993	.028	,001	.406	.076	,005	4.009	
TU4	.067	978	.137	.033	9,384	.013	.000	.120	
TUS	.067	.928	.040	.003	.811	028	500	.532	
TUZ	.066	954	143	.052	10.280	-,182	.084	22.714	
TUI	.067	995	062	.004	1.955	.119	,014	9.825	
PH5	.067	990	025	.001	.510	.070	.006	3,383	
PH4	.066	.887	.234	.311	27,500	.012	001	105	
PH3	.067	845	.029	.005	.426	-,182	,197	22,834	
PHS	.067	.980	135	.028	9,259	038	200	976	
PH1	.066	.972	160	.080	12.742	.138	,060	13,110	•
			. •			` •	•		
VA	PDS	CC	F 6	CE	CA	F 7	CE	CA	F.

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 1	6 P S P P P P P P P P P P P P P P P P P	96 11 11 11 11 11 11 11	
0 in	A	76 Per 16		D + + + + + + + + + + + + + + + + + + +
т о о о			е •	- HO

AXE DES X # 1 (41,71%)

104 CFS **C71** CF4 C75 CF1 C F 2 102 O. X

AXE DES X 8 1 (41,71X)

AXE DES Y # 2 (26,30%)

PH49N CT3	₩ ₩ ₽	***	STOK +	⋖ ひ
PH49N CT3	о 4 н н н		œ. •	60 O
PHS I CF2 ** 9H CT1 ** 9H CT1 ** 9F CF4 ** 9F CF4 ** 9F CF4 ** 9F CF4 ** 10 CF2 ** 10 CF4 ** 10 CF2 ** 10 CF3		S. F.	Q6	
TUE II CF2 PHS PHS PHS PHS II CF2 II CF2 II	н (н.)	-		I.
PHS	I Znl		96	
PH5 I CF2 ***********************************	医骨骨 医乳球	化医胃基体化物及抗性医性性压缩性		化苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯甲基苯
	H -	* *		.
	• • • • •		96 6	1 Ind 1-4
	ST C	* *		12 d
	⊷ ⊶ ⊷	w # #	16	
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1 3m4 8m4 9m4			1 1 1 704
	- 电电子电话电话 医克尔氏 医克尔氏 医克尔氏 医克尔氏 医克尔氏 医克尔氏 医克尔氏 医克尔氏	100 年	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	• 			·
	b-0 s-0 s-c		27.2	™ ₩ ₩
				在这个种种的,这种种种的,这种种种的,这种种种的,这种种种种种种种种种种种种种种种

AXE DES X # 1 (41.71%)

AXE DES Y # 3 (11,26%)

		10 T Q. * * * * * .	.
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	SG	
in the second se	O J		. I I I I
化氢化	17	######################################	**************************************
g. IS	4 p 4 144 144 144	* * * * * *	H I I I I I

经存在股票 医克里氏病 医多种性病 医皮肤炎 医多种性病 医多种性病 医多种性病 医多种性病 医多种性病 医多种性病 医多种性病 医多种性病 医多种性病 医皮肤炎 医皮肤炎 医皮肤炎 医皮肤炎 医皮肤炎 医皮肤炎 医皮肤炎 医皮肤炎	在食物 化二甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基甲基		10.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1.

AXE DES X m 1 (41,71K) AXE DES Y m 3 (11,26K)

AXE DES X # 2 (26.30X)	AXE DES Y # 3 (11.26%)		
349+************************************		90 CT5pppppppppppppppppppppppppppppppppppp	I
014aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa 037I 060I 082I 105I 128I 151I 173I 173I 242I 242I 242I 287I 310I	***CT4*********************************	**************************************	**************************************
332+		T	I
=1.092 =.890	486486	283 -,081	.121 ,323 ,525

|--|

FACTEURS DES DRS. SAUVEES SUR LE TAPES AVEC LE FORMAT (1X, A4, 1X, 14F9, 5)

ID POIDS		FACTEURS						
	•	1	5	3	4	5	6	7
94	.05556	.69246	.43225	,26759	.28183	.00486	.01635	00731
9B	.05556	61758	36968	.20249	17206	10427	05748	01937
90	05556	60092	14266	62770	13218	- 32122	06621	- 05965
9 D	.05556	63010	33550	09417	11199	05478	07399	05791
98	.05556	26210	13846	- 14944	-,17295	04115	07434	05088
96	05556	17456	- 19396	00088	-,17172	.04610	01585	09677
9 G	05556	21551	- 37290	- 04363	- 17747	00359	24804	06986
9H	.05556	10729	05338	.05279	-,37792	17002	- 16441	24842
9 I	05556	.27635	-1.09200	- 25816	39579	17511	07325	03000
9 j	05556	30231	17166	09553	02877	- 02444	02179	- 16582
9K	05556	43664	.04368	00691	-,05327	14641	25808	04046
9L	05556	-,31685	19989	.17071	-,04516	00276	.02113	- 14716
9 M	.05556	54192	19303	.04128	.03763	00830	.17501	05221
91	.05556	22733	09714	.13310	11191	05004	13323	00643
90	.05556	61303	29267	12791	-,00053	28186	06990	06933
98	.05556	76233	52504	41565	,26571	03001	06716	11761
90	.05556	-,49787	26187	33959	15785	44934	00739	11954
9R	.05556	,12139	03017	.23301	15097	05256	.01197	-,02173

FACTEURS DES VAR'S SAUVEES SUR LE TAPES AVEC LE FORMAT (1X, A4, 1X, 14F9, 5)

ID POIDS		FACTEURS						
	•	1	2	3	4	5	6	7
PHI	.06614	.44011	00257	.05720	-,23132	12770	 15981	.13832
PH2	.06696	. 45068	52490	21866	.31111	05468	13539	- 03750
PH3	.06680	.05261	.03076	.26527	06309	17161	.02907	18164
PH4	.06647	24802	08305	12204	-,11482	.06981	.23420	.01234
PH5	06696	-,69170	40925	22358	09425	.28270	.03176	06983
TU1	.06680	-,89275	,10091	.07064	.22530	-,31809	\$2590.	11915
TUZ	.06647	52547	02922	.00209	16898	.12403	-,14319	18162
TUS	.06663	.04631	63180	10324	.02824	.20160	.04017	02776
TU4	.06663	.54516	.06337	34242	-,31409	15156	.13664	.01318
TUS	<u>.06680</u>	.82564	,49519	.37184	,22796	.14476	.02839	.07611
CTI	.06845	.28603	,42303	.06096	15925	.06587	•,05835	11833
CIS	.06911	.05814	.45327	49907	05849	-,12333	.02265	03056
CTS	.06233	11021	03431	.12650	-,33372	.16377	* ,17579	.10362
CT4	.06663	.01488	66676	00933	11944	.06250	.10685	.08039
CT5	,06680	-,26526	-,20534	.34516	-,03143	 15507	,09381	02401
CF1	.06531	29599	,21076	.06261	.03676	.05781	-,06270	-,28496
CF2	.06763	36426	.33844	09675	,15915	.04637	.12959	06045
CF3	.06713	.20559	.14264	-,03832	-,09562	-,39649	-,06798	. 16076
CF4	.06779	.50909	49689	05807	,05131	,25608	. 10092	.22993
CF5	.06548	.25070	-,19156	,13688	15613	.03582	.10258	.27344

2- PROGRAMME DE CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE

Le programme de classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) est présenté dans cette section. Comme pour l'autre programme, on décrit brièvement la structure du programme et les entrées, puis on présente le listing du programme et deux exemples d'utilisation. Le premier exemple porte sur un tableau également traitable par A.F.C. et le second porte sur les résultats de l'A.F.C. Le lecteur trouvera une explication plus détaillée de l'utilisation de ces programmes, dans Jambu (1974) et Jambu (1976).

JAMBU, M. (1974) Programme de classification ascendante hiérarchique. Publication du laboratoire de statistique Université Pierre et Marie Curie. (Paris VI)

JAMBU, M. (1976) Programme de calcul des contributions mutuelles entre classes d'une hiérarchie et facteurs d'une correspondance. Cahiers de l'analyse des données (1) 77-92.

2.1 Structure

Le programme est composé de 17 sous-programmes et d'un programme principal. Certains de ces sous-programmes sont optionnels. La figure 2.1 retrace l'organisation du programme selon la valeur des paramètres.

Le programme comprend

- le programme principal C.A.H.

Programme qui contient essentiellement des commentaires et qui définit les dimensions du programme. On alloue un espace de mémoire élevé sur un vecteur F (10000) et chacun des sous-tableaux utilisés dans les sous-programmes occuperont un espace sur ce vecteur. Le programme peut accepter un maximum de 100 variables (CARDI) à tenir compte. Le nombre maximum d'observations à classer (CARDI) est limité par l'espace alloué sur le vecteur F à 100 environ. Pour analyser un tableau de plus grande dimension, il faut modifier les cartes suivantes:

DIMENSION F (10000), I16 (101), I17 (101) I16M=101 I17M=101

Les sous-programmes

APPEL

Ce sous-programme gère la mémoire, fait l'appel des autres sous-programmes selon les options choisies.

LEC

Sous-programme qui commande la lecture des données

DIST

Sous-programme qui commande le calcul des distances selon la formule du chi-deux (si ID2=1). Ce sous-programme appelle optionnellement plusieurs autres sous-programmes (figure 2.1).

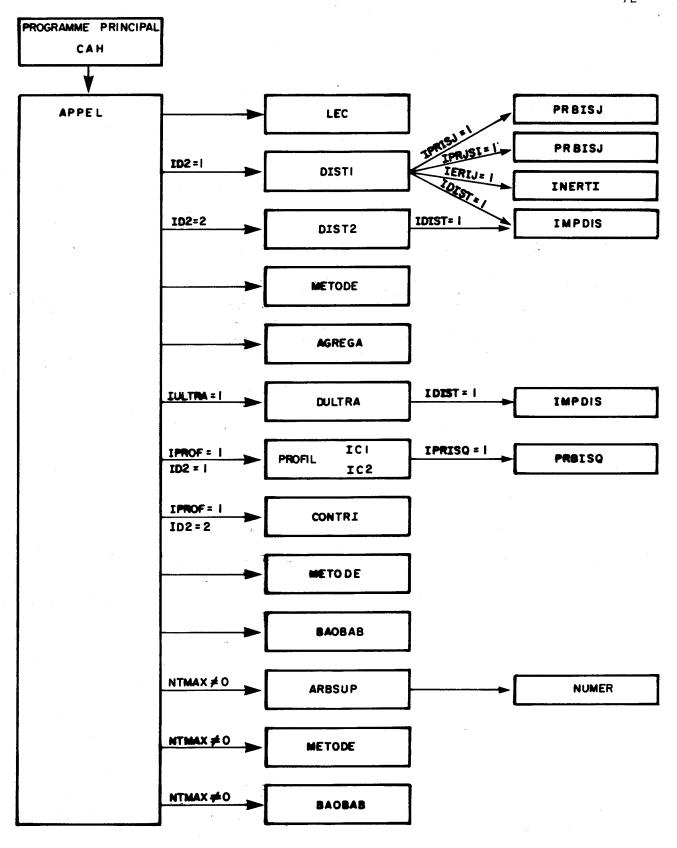


Figure 2. 1. Organigramme du programme C.A.H. .

DIST2

Sous-programme qui commande le calcul des distances euclidiennes (si ID2=2)

PRBISJ

Sous-programme appelé optionellement par DIST1 (si IPRISJ=1) qui commande le calcul et l'impression des fréquences conditionnelles P /P ij j

PRBJSI

Sous-programme appelé optionnellement par DIST1 (si IPRJSI=1) qui commande le calcul et l'impression des fréquences conditionnelles $P_{i,j}/P_{i,j}$

PRBISQ

Sous- programme appelé optionnellement par PROFIL (si IPRISQ=1) qui commande le calcul et l'impression des fréquences conditionnelles de chaque variable j à chaque classe q de la hiérarchie $P_{q,j}/P_q$

INERTI

Sous-programme appelé optionnellement par DIST1 (si IERIJ=1) qui commande le calcul et l'impression des inerties partielles de chacun des couples (i,j) et de l'inertie totale

IMPDIS

Sous-programme appelé optionnellement par DIST1, DIST2 ou DULTRA (si IDIST=1) qui commande l'impression d'un tableau de distance sous forme triangulaire

METODE

Sous-programme qui commande l'impression du titre du critère d'agrégation

AGREGA

Sous-programme qui commande le calcul des paramètres qui définissent la hiérarchie

DULTRA

Sous-programme optionnel (si IULTRA=1) qui commande à partir des paramètres de l'arbre le calcul des distances ultramétriques

PROFIL

Sous-programme optionnel (si ID2=1 et si IPROF=1) qui commande le calcul des contributions de chaque élément à la distance des classes au centre de gravité. Optionnellement, selon la valeur de IC1 ou IC2, ce sous-programme commande l'impression des contributions absolues $(P_{qj}/P_j - P_j)^2/P_j \text{ ou relatives } ((P_{qj}/P_j - P_j)^2/P_j)/\rho^2(q) \text{ affectées du signe de l'expression } P_{ij} - P_iP_j$

CONTRI

Sous-programme optionnel (si ID2 = 2 et si IPROF=1) qui commande le calcul et l'impression des valeurs propres λ_{α} , des coordonnées des observations sur les axes factoriels $F_{\alpha}(i)$, des centres de gravité des classes sur les axes factoriels $F_{\alpha}(q)$, des cosinus carrés des angles des rayons des classes avec les axes $F_{\alpha}^{2}(q)/\rho^{2}(q)$, des contributions absolues mutuelles des axes et des classes $I(\alpha,q)$, des contributions relatives des classes aux axes $I(\alpha,q)/\lambda_{\alpha}$ et des contributions relatives des axes aux classes $I(\alpha,q)/\tau(q)$.

BAOBAB

Sous-programme qui commande l'impression d'une représentation arborescente

ARBSUP

Sous-programme qui commande le calcul (si NTMAX ≠ 0) des éléments des classes supérieures de la hiérarchie

NUMER

M Sous-programme utilitaire de conversion de caractère

2.2 Entrées

lère carte: format (20 14)

NOMBRE (nombre de tableaux de données à traiter)

(paramètre de choix de la formule de distance)

distance du chi-deux

= 2 distance euclidienne

2ième carte: format (20 A4)

TITRE (titre de l'étude)

3ième carte: format (20 I4)

CARDI (nombre de variables à tenir compte)

CARDJ (nombre d'observations à classer)

NTMAX (nombre de partitions effectuées en coupant l'arbre à un

niveau qui fixe le nombre de classes désiré)

4ième carte: optionnel si NTMAX≠0 format (20 I4)

(vecteur donnant le nombre de classes souhaitées comme NT terminaux de l'arbre pour chacune des partitions demandées)

5ième carte: carte blanche

les paramètres lus sur cette carte servaient à cadrer le traçage des tableaux au moyen d'un traceur de courbes (cf Jambu, 1974).

6ième carte: format (10 II)

(vecteur dont chaque élément prend la valeur l ou 0 et dont KTEST

la valeur indique (ou n'indique pas dans le cas de la valeur0)

l'utilisation du critère d'agrégation correspondant à la

valeur de l'adresse)

KTEST (7) = 1 Utilisation du critère d'agrégation maximisation du moment centré d'ordre 2 d'une partition. 7ième carte: format (20 A4):

FMT (format de lecture des données du tableau sur ILEC)

8ième carte: format (20 I4)

IENTR (paramètre qui spécifie la disposition des données dans le tableau)

- =1 les colonnes du tableau correspondent aux observations à classer
- =2 les lignes du tableau correspondent aux observations à classer

KPAS (nombre de caractères des noms des variables à écrire =1, 2, 3 ou 4)

IDIST (paramètre qui spécifie l'impression du tableau des distances)

- = 1 impression
- = 0 pas d'impression

IULTRA (paramètre qui spécifie le calcul du tableau des distances ultramétriques)

- = 1 calcul
- = 0 pas de calcul

IPROF (paramètre qui spécifie, si ID2=1, le calcul des contributions de chaque élément à la distance des classes au centre de gravité du nuage, ou si ID2 = 2, le calcul des centres de gravité des classes sur les axes factoriels des cosinus des angles des rayons des classes avec les axes et des contributions mutuelles des axes aux classes et vice-versa)

- = 1 calcul
- = 0 pas de calcul

ITRACE (paramètre pas utilisé, sert au traceur de courbe)

IDBEN (même chose que pour ITRACE)

- ITAB (paramètre qui spécifie l'impression du tableau des données)
 - =1 impression
 - =0 pas d'impression
- IERIJ (paramètre qui spécifie l'impression du calcul des inerties partielles et totales si ID2=1)
 - =1 impression
 - =0 pas d'impression
- IPRISJ (paramètre qui spécifie le calcul et l'impression des fréquences conditionnelles $P_{i,j}/P_{j}$ si ID2 = 1)
 - =1 impression
 - =0 pas d'impression
- IPRJSI (paramètre qui spécifie le calcul et l'impression des fréquences conditionnelles p_{ii}/p_i si ID2=1)
 - =1 impression
 - =0 pas d'impression
- IPRISQ (paramètre qui spécifie le calcul et l'impression des fréquences conditionnelles par classes constituées en hiérarchie, si IPROF=1 et si ID2 =1)
 - =1 impression
 - =0 pas d'impression
- (paramètre qui spécifie l'impression des contributions absolues à la distance des classes au centre de gravité du nuage si ID2 =1 et si IPROF=1)
 - =1 impression
 - =0 pas d'impression
- IC2 (paramètre qui spécifie l'impression des contributions relatives à la distance des classes au centre de gravité du nuage si ID2 =1 et si IPROF=1)
 - =1 impression
 - =0 pas d'impression

ILEC (paramètre qui spécifie le fichier où résident les données

=5 sur carte

=10 sur disque

IPUNCH (paramètre qui sert à la perforation des paramètres de construction de la représentation arborescente en vue de l'utilisation d'un traceur de courbe) ne sert pas présentement

si IENTR = 2

9ième carte: format (20 A4)

NOM vecteur pour l'identification des CARDI variables

10ième carte (lue sur ILEC) format (FMT)

-si ID2 = 1

NOM identificateur de la première observation à classer

PRI vecteur correspondant à l'observation comprenant CARDI variables

-si ID2 = 2

NOM identificateur de la première observations à classer

L poids de l'observation

PRI vecteur correspondant à l'observation comprenant CARDI varaibles

llième carte et suivantes: On répète autant de fois qu'on a d'observations à classer.

-si IENTR = 1

9ième carte: format (20 A4)

NOM vecteur pour l'identification des CARDI observations

10ième carte (lue sur ILEC) format (FMT) -si ID2 =1

KNOM identificateur d'une variable
PRJ vecteur correspondant à la variable et comprenant CARDJ
observations.

-si ID2 =2 utilisation non prévue

llième carte et suivantes: on répète autant de fois qu'on a de varriables à tenir compte.

-si NOMBRE>1

on répète à partir de la 2ième carte

2.3 Listing du programme

P(I:G)

```
C
C
      # PROGRAMME GENERAL DE CONSTRUCTION DE HIERARCHIES DE PARTIES
C
C
              (CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE )
Ç
                           M. JAMBU -LABORATOIRE DE STATISTIQUE
¢
C
                                     MATHEMATIQUE -J.P.BENZECRI
                                    UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE
C
C
              ADAPTE PAR MARIUS LACHANCE
C
C
C
                               BIBLIOGRAPHIE
C
¢
      (1) -J.P. BENZECRI - L*ANALYSE DES DONNEES
                          TOME 1 - LA TAXINOMIE ED DUNOD 1973
C
      (2)-M. JAMBU - TECHNIQUES DE CLASSIFICATION ASCENDANTE HIERARCHIQUE
C
                    APPLIQUEES A DES DONNEES *SCIENCES HUMAINES* -L.S.M.
C
                    THESE DE DOCTORAT DE TROISIEME CYCLE
C
      (3) - M. JAMBU - UNE BIBLIOGRAPHIE SUR LA TAXINOMIE
C
                                                            L.S.M.
      (4) - M. ROUX - UN ALGORITHME POUR CONSTRURE UNE HIERARCHIE
C
C
                     PARTICULIERE - L.S.M.
C
                    THESE DE DOCTORAT DE TROISIEME CYCLE
C
C
                               COMMENTAIRES SUR LE PROGRAMME
C
      LA CONSTRUCTION EST EFFECTUEE SUR L*ENSEMBLE J A PARTIR DU
C
      TABLEAU DES DONNEES I X J
C
      NOMBRE = NOMBRE DE TABLEAUX DE DONNEES A ANALYSER
C
C
      TITRESTITRE ASSOCIE AU TABLEAU DE DONNEES
C
      CARDJENOMBRE DELLEMENTS DE LESEMBLE J
      CARDIENOMBRE D*ELEMENTS DE L*ENSEMBLE I
C
      KTEST(J)=1 :ON UTILISE LE CRITERE D*AGREGATION NUMERO J SINON
C
C
      KTEST(J) = 0
              NOMBRE DE PARTITIONS SOUHAITEES PAR REPRESENTATION
C
      NTMAX
              ARBORESCENTE
C
             I TABLEAU CONTENANT LE NOMBRE D'ELEMENTS POUR CHAQUE
Ç
      NT(J)
C
               PARTITION SOUHAITEE
      AAMAX, BBMAX PARAMETRES DE CADRAGE DU TRACE DU TABLEAU
C
C
      DES DISTANCES
      KPAS = NOMBRE DE CARACTERES DES NOMS A ECRIRE
C
C
      FMT(20) - TABLEAU CONTENANT LE FORMAT DE LECTURE DES DONNEES
      IENTRE1 - ENTREE NORMALE DES DONNEES SINON IENTREO
C
      IDIST#1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DISTANCES SINON IDIST#0
C
      IULTRA=1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DISTANCES ULTRAMETRIQUES
C
C
      SINON IULTRA=0
      IPROF=1 CALCUL DES CONTRIBUTIONS SINON IPROF=0
C
      ITRACE=1 TRACE SUR TRACEUR DES REPRESENTATIONS ARBORESCENTES
C
C
      SINON ITRACE=0
      IDBEN#1 TRACE SUR TRACEUR DU TABLEAU DES DISTANCES ET DES
C
      DISTANCES ULTRAMETRIQUES SINON IDBEN=0
C
C
      ILEC NUMERO DE L*UNITE DE LECTURE DES DONNEES
C
      ITAB=1 IMPRESSION DU TABLEAU DES DONNEES SINON ITAB#0
C
      IERTJ#1 IMPRESSION DES INERTIES PARTIELLES ET DE L*INERTIE TOTALE
      DU NUAGE SINON IERIJ=0
C
      IPRISJ#1 IMPRESSION DES FREQUENCES CONDITIONNELLES
C
C
      SINON IPRISUEO
      IPRUSIE1 IMPRESSION DES FREQUENCES CONDITIONNELLES
C
```

IPRISO#1 IMPRESSION DES FREQUENCES CONDITIONNELLES

C

C

SINON IPRUSI#0

```
C
      SINON IPRISG=0
      IC1=1 IMPRESSION DES CONTRIBUTIONS ABSOLUES
                                                      SINON IC1=0
C
C
      IC2=1 IMPRESSION DES CONTRIBUTIONS RELATIVES
                                                        SINON ICZ=0
C
C
              CARACTERISTIQUES DU TRACE DE L'ARBRE
C
C
      DMAXTHAUTEUR DE L*ARBRE
      AMAX, BMAX DIMENSIONS DU CADRE DU TRACE
C
      DESPIESPACE ENTRE 2 TERMINAUX
C
C
      ESPACE ENTRE 2 TERMINAUX (DESP=(BMAX=2)/(CARDJ=1)
      TEXT: ABCISSE DES NOMS A ECRIRE
C
C
                    CRITERES D*AGREGATION
C
C
      MCDE#1 :ULTRAMETRIQUE INFERIEURE MAXIMA(AGREGATION SUIVANT LE SAUT
C
C
              MINIMUMICF (CAH) 2.1)
      MCDE=2 :ULTRAMETRIQUE SUPERIEURE MINIMALE(AGREGATION SUIVANT LE
C
              DIAMETRE: CF (CAH) 2.2)
C
C
      MCDE=3 AGREGATION SUIVANT LA DISTANCE MOYENNE(CF (CAH) 2.3.1)
C
      MCDE#4 :DISTANCE ANGULAIRE N*1(CF(CAH) 2.4)
      MCDE=5 :DISTANCE ANGULAIRE N*2(CF(CAH) 2.4)
C
      MODE=6 :DISTANCE ANGULAIRE N+3(CF(CAH) 2.4)
Ç
C
      MODE=7 :AGREGATION SUIVANT LA VARIANCE PAR LA MAXIMISATION
C
              DU MOMENT CENTRE D*ORDRE 2 D*UNE PARTITION(CF(CAH) 2.5.2)
C
              CE MODE EMPLOYE AVEC LA FORMULE DE DISTANCE DU CHI**2
C
              (DISTANCE DE L*ANALYSE DES CORRESPONDANCES)EN DONNANT AUX
C
              INDIVIDUS DES POIDS EGAUX AUX TOTAUX DE LEURS LIGNES
C
              RESPECTIVES, PRODUIT LA MEME CLASSIFICATION QUE L'ALGORITHM
C
              D*(INF.TAB.), AVEC LIENZ.
      MCDE#8 : MOMENT D*ORDRÉ 2 D*UNE CLASSE(OF (CAH) 2.5.6)
C
C
      MCDE#9 : VARIANCE DAUNE CLASSE(CF(CAH) 2.5.7)
C
      MCDE=10:BARYCENTRE(CF(CAH) 2.3.2)
C
C
                  UTILISATION INFORMATIQUE DU PROGRAMME
C
                             RAPPEL
C
C
      A- LES CARTES DU PROGRAMME PRINCIPAL
C
C
       SEULES LES CARTES DU P.P. CORRESPONDANTES AUX CARTES COMMENTAIRES
      C1, C2, C3, C4, DOIVENT ETRE MODIFIEES EN TENANT COMPTE DES PARAMETRES
C
C
      DES DONNEES PARTICULIERES
      MEMOIREm3+CARDI+31*CARDJ+13+CARDJ*(CARDJ-1)/2
CI
CS
      I16M=CARDI+1
C 3
      I17M=CARDI+1
C4
      DIMENSION F(MEMOIRE), 116(116M), 117(117M)
Ç
C
      B - LES CARTES CONTROLES
C
C
      CE PROGRAMME EXIGE UN CM43000 SI CARDI EST INFERIEUR A 5
C
         FT ST CARDJ EST INFERIEUR A 20
      LA PREMIÈRE CARTE DU PROGRAMME PRINCIPAL:
C
C
      PROGRAM CAH(INPUT, OUTPUT, TAPES=INPUT, TAPE15, TAPE16, TAPE17)
C
      CE PROGRAMME A ETE COMPILE AVEC FIN
      FICHIER 14(BANDE) CONSULTER LES BROCHURES POUR L*UTILISATION DU
C
                       TRACEUR DE COURBES *BENSON*
C
C
C
C
                   PROGRAMME PRINCIPAL
C
                                                                          :
      2
```

C

```
PROGRAM CAH(INPUT=1022B, OUTPUT, TAPE5=INPUT, TAPE16=1022B, TAPE17=
.1022B, TAPE15=1022B, TAPE10=1022B)
CCMMON CMAX, NETUD
DIMENSION F(10000), I16(101), I17(101)
MEMOIR=10000
I16M=101
I17M=101
CALL OPENMS(16, I16, I16M, 0)
CALL OPENMS(17, I17, I17M, 0)
CALL APPEL(F, MEMOIR)
STOP
END
```

```
SUBROUTINE APPEL (F, MEMOIR)
C
Ċ
C
          SOUS PROGRAMME DE GESTION DES PARAMETRES, DES POINTEURS ET
C
C
                    DES SOUS PROGRAMMES
C
C
C
      DIMENSION F(MEMOIR)
      COMMON CMAX, NETUD
      INTEGER CARDI, CARDJ, CARDO
      INTEGER NT(20), TITRE(8), KTEST(20), FMT(8)
      NETUD=1
      KBAND#15
      READ 1, NOMBRE, ID2
      IF(ID2.E0.0) GO TO 100
C
      DC 9999 NBRE =1, NOMBRE
      READ 2, TITRE
      READ 1. CARDI, CARDJ, NTMAX
      IF (NTMAX NE.O) READ 1, (NT(J), J=1, NTMAX)
      READ 7, AMAX, BMAX, AAMAX, BBMAX
      READ 3, (KTEST(J), J=1,10)
      READ 2, FMT
      READ 1 , IENTR, KPAS, IDIST, IULTRA, IPROF, ITRACE, IDBEN, ITAB, IERIJ,
     11PRISJ, IPRJSI, IPRISO, IC1, IC2, ILEC, IPUNCH
      IF(IPROF.GT.U) IPROF=ID2
    1 FORMAT(2014)
    2 FORMAT(8A10)
    3 FORMAT(1011)
    7 FORMAT(20F4_0)
      LCARD=CARDJ+1
      KCARD=2+CARDJ-1
      NCARD#CARDJ*(CARDJ=1)/2
      KJFAC=KCARD*CARDI
      IJFAC=CARDI * (CARDJ=1)
C
      K0=1
      K1=K0+CARDI
      K2=K1+CARDI
      K3=K2+CARDI
      K4=K3+CARDJ
       PRINT 50
   50 FORMAT(20x, 38H*CONTROLE DES PARAMETRES DU PROGRAMME*)
      PRINT 5.TITRE
    5 FORMAT(//////5X,8A10)
      PRINT66,CARDI,CARDJ,NTMAX,AMAX,BMAX,AAMAX,BBMAX,IENTR,KPAS,IDIST,
     11ULTRA, IPROF, ITRACE, IDBEN, ITAB, IERIJ, IPRISJ, IPRJSI, IPRISQ, IC1, IC2
     S.ILEC .IPUNCH
   66 FCRMAT(//1x,*CARDI=*,I4/1X,*CARDJ=*,I4//1x,*NTMAX=*,I4/1X,*AMAX=*,
     1F4_0/1X_*BMAX=*,F4_0/1X,*AAMAX=*,F4_0/1X,*BBMAX=*,F4_0/1X,*IENTR=*
     2,14/1x,*KPAS=*,14/1X,*IDIST=*,14/1X,*IULTRA#*,14/1X,*IPROF=*,14/1X
     3. *ITRACE = *, I4/1X,
     4xIDBEN#x, T4/1X, xITAB#x, I4/1X, xIERIJ#x, I4/1X, xIPRISJ#x, I4/1X, xIPRJS
     51=+,I4/1X,+IPRISQ=+,I4/1X,+IC1=+,I4/1X,+IC2=+,I4/1X,+ILEC+,I4/
     61×. * IPUNCH= * . 14)
      PRINT 67, FMT
   67 FORMAT(1X, *FORMAT DE LECTURE :*,1X,8A10)
      KMODE=0
```

```
DC 699 K=1,10
      IF (KTEST(K) EQ. 1) KMODE=KMODE+1
  699 CONTINUE
      PRINT 69, KMODE
   69 FCRMAT(1X,*NOMBRE DE CRITERES D AGREGATION UTILISES*,12)
      DC 599 MOD =1,10
      IF(KTEST(MOD ), EQ. 1) CALL METODE (MOD )
  599 CONTINUE
      K5=K4+KCARD
      K6=K5+CARDJ
      K7=K6+MAXO(NCARD, KJFAC)
      CALL LEC(TENTR,F(K1),F(K2),F(K3),F(K4),CARDJ,CARDI,FMT,ITAB,ILEC,
     . ID2.F(K7))
C
      IF(ID2.EG_1) CALL DIST1(CARDI,CARDJ,F(K5),F(K6),F(K7),F(K4),F(K2),
     .F(K3), NCARD, F(K0), AAMAX, BBMAX, IDIST, IDBEN, KCARD, F(K1), IERIJ, IPRJSI
     ., IPRISJ)
      IF(IDP.EQ.2) CALL DIST2(CARDI, CARDJ, F(K5), F(K6), F(K7), F(K4), F(K2),
     .F(K3),NCARD,F(K0),AAMAX,BBMAX,IDIST,IDBEN,KCARD,F(K1),IERIJ,IPRJSI
     ., IPRISJ)
      DC 888 MODE=1.10
      IF(KTEST(MODE).EQ.0) GO TO 888
      K8=K7+KCARD
      K9=K8+KCARD
      K10=K9+KCARD
      K11=K10+KCARD
      K12=K11+KCARD
      K13=K12+CARDJ
      K14=K13+CARDJ
      K15=K14+CARDJ
      K16=K15+KCARD
      K16B=K16+KCARD
      PRINT 75
   75 FORMAT(1H1)
      CALL METODE (MODE)
      CALL AGREGA(F(K8), F(K9), F(K10), F(K11), F(K12), F(K6), CARDJ, NCARD,
     1KCARD, MODE, KBAND, F(K7), F(K4), F(K13), F(K14), F(K16B), IPUNCH)
      IF (IULTRA_EQ_1) CALL DULTRA (F(K13),F(K14),F(K8),F(K9),F(K10),
     1F(K6),KBAND,KCARD,CARDJ,F(K4),NCARD,AAMAX,BBMAX,IDBEN)
      K17=K168+KCARD
      K18=K17+KCARD
      K19=K18+KCARD
      K20=K19+KCARD
      IF(TPROF.EQ.1) CALL PROFIL(F(K7),F(K8),F(K9),F(K15),F(K16),CARDI,
     1CARDJ, F(K2), F(K3), F(K1), KCARD, IPRISQ, IPRQSI, IC1, IC2)
      IF(IPROF_EQ_2) CALL CONTRI(CARDJ,CARDI,KCARD,KJFAC,IJFAC,F(K6),
     ,F(K15),F(K2),F(K7),F(K1),F(K8),F(K9),F(K4),F(K17),F(K16),F(K0),
     .F(K13))
      PRINT 75
      CALL METODE (MODE)
      PRINT 68
   68 FORMAT(//)
      CALL BAOBAB(F(K8),F(K9),F(K4),F(K16B),CARDJ,KCARD,F(K15),F(K16),
     1F(K17), F(K12), F(K18), F(K19), F(K11))
      IF(ITRACE_EQ.1)CALL TRACER(F(K8),F(K9),F(K16B),F(K11),CARDJ,TITRE,
C
     1KCARD, AMAX, BMAX, KPAS, F(K4), F(K12), CARDJ, F(K4), F(K15), F(K16), F(K17)
C
     2, MODE, F (K10))
      IF (NTMAX_EQ.O) GO TO 433
      K21=K13
```

```
86
      K22=K14
      K23=K3
      K24=K5
      K26=K16B
      K25=K7
      K27=K6
      DC 434 TK=1,NTMAX
      CARDG=NT(IK)
      KCARG=2*CARDQ=1
      CALL ARRSUP (CARDJ, CARDQ, KCARD, KCARQ, F(K8), F(K9), F(K11),
     1F(K15), F(K16), F(K17), F(K18), F(K10), F(K4), F(K21), F(K22), F(K12),
     SF(K23), F(K24), AMAX, BMAX, KPAS, TITRE, F(K19), F(K20))
      IF (ITRACE.EG. 1) CALL TRACER (F(K15), F(K16), F(K16B), F(K17),
C
     1CARDQ, TITRE, KCARQ, AMAX, BMAX, KPAS, F(K21), F(K12), CARDJ,
C
     2F(K4),F(K19),F(K20),F(K23),MODE,F(K18))
C
      PRINT 75
      CALL METODE (MODE)
      PRINT 68
      CALL BAOBAB (F(K15), F(K16), F(K21), F(K18), CARDQ, KCARQ, F(K25),
     1F(K19),F(K20),F(K24),F(K26),F(K27),F(K17))
  434 CONTINUE
  433 CONTINUE
  888 CONTINUE
 9999 CONTINUE
      NETUD=999
      K50=K20+KCARD
      IF(IPROF.EQ.2) K50=K17+TJFAC
      PRINT
              70,K50
   70 FORMAT(1H1,//1X, I8)
      GC TO 150
  100 PRINT 110
                LA FORMULE DE CALCUL DE DISTANCES N'EST PAS DEFINIE*)
  110 FORMAT(*
  150 RETURN
      END
```

```
SUBROUTINE LEC(IENTR, KNOM, PRI, PRJ, NOM, CARDJ, CARDI, FMT, ITAB, ILEC,
     .102.P)
C
C
C
      : SOUS PROGRAMME DE LECTURE ET D*IMPRESSION DES DONNEES
\mathbf{C}
C
C
C
      INTEGER CARDI, CARDJ
                              PRI(CARDI), PRJ(CARDJ)
      DIMENSION
      DIMENSION P(CARDJ)
      INTEGER KNOM(CARDI), NOM(CARDJ), FMT(8)
      CCMMON CMAX, NETUD
      GC TO (401,402), IENTR
  401 READ 2, (NOM(J), J=1, CARDJ)
    2 FORMAT(20A4)
      DC 400 I=1, CARDI
                          KNOM(I), (PRJ(J), J=1, CARDJ)
      READ (ILEC.FMT)
      CALL WRITMS(16, PRJ, CARDJ, I)
  400 CONTINUE
      GC TO 403
  402 READ
               2, (KNOM(I), I=1, CARDI)
       CO 41 T=1, CARDI
      DC 40 J=1,CARDJ
   40 PRJ(J)=I
      CALL WRITHS (16, PRJ, CARDJ, I)
   41 CONTINUE
      DC 4 J=1.CARDJ
      IF(ID2.EQ.1) READ(ILEC, FMT)NOM(J), (PRI(I), I=1, CARDI)
      IF(ID2.EQ.2) READ(ILEC,FMT)NOM(J),P(J),(PRI(I),I#1,CARDI)
      DC 42 I=1, CARDI
      CALL READMS(16, PRJ, CARDJ, I)
      PRJ(J)=PRI(I)
      CALL WRITMS (16, PRJ, CARDJ, I)
   42 CONTINUE
    4 CONTINUE
  403 CONTINUE
      IF(ITAB'NE.1) GO TO 999
      ILIGN=20
      JLIGN=(CARDJ#1)/ILIGN+1
        PRINT 75
   75 FORMAT(1H1)
      PRINT 76
   76 FORMAT(20x, *TABLEAU DES DONNEES*////)
      DC 9 NN=1, JLIGN
      IC=(NN=1) \times ILIGN+1
      IFI=ID+ILIGN=1
      IF (IFI.GT.CARDJ) IFI=CARDJ
      PRINT 751 , (NOM(J), J=ID, IFI)
  751 FORMAT(///5X
                               ,20(1X,A4,1X))
      DC 800 I=1, CARDI
      CALL READMS(16, PRJ, CARDJ, I)
      PRINT 752, KNOM(I), (PRJ(L), L=ID, IFI)
  752 FORMAT(1X.A4.20(1X,F5.2))
  800 CONTINUE
    9 CONTINUE
  999 CONTINUE
      RETURN
      END
```

GC TO 99 50 PRINT 60 99 RETURN END

```
: SOUS PROGRAMME D*EDITION DES TITRES DES CRITERES D*AGREGATION
51 FORMAT(1H0, *CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DU SAUT ENTRE LES
 1CLASSES*)
52 FORMAT(1H0, *CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DU DIAMETRE DE LA
  1REUNION DES CLASSES*)
53 FORMAT(1H0,*CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DE LA DISTANCE MOYE
  INNE ENTRE LES CLASSES*)
54 FCRMAT(1HO, *CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DE LA DISTANCE ANGU
  1LAIRE ENTRE LES CLASSES*)
55 FCRMAT(1H0.*CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DE LA DISTANCE ANGU
 ILAIRE ENTRE LES CLASSES*)
56 FORMAT(1H0, *CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DE LA DISTANCE ANGU
  1LAIRE ENTRE LES CLASSES*)
60 FORMAT(1H0,*CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DE LA DISTANCE ENTR
  1E LES CENTRES DE GRAVITE DES CLASSES*)
57 FCRMAT(1H0,*CRITERE D AGREGATION: MAXIMISATION DU MOMENT CENTRE D
 1 CRORE 2 D UNE PARTITION*)
58 FCRMAT(1H0,★CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DU MOMENT CENTRE D
 1 CRORE 2 DES CLASSES*)
59 FCRMAT(1H0, *CRITERE D AGREGATION: MINIMISATION DE LA VARIANCE DES
  1CLASSES*)
  GC TO (41,42,43,44,45,46,47,48,49,50) ,MODE
41 PRINT 51
  GC TO 99
42 PRINT 52
  GO TO 99
43 PRINT 53
   GO TO 99
44 PRINT 54
   GO TO 99
45 PRINT 55
   GO TO 99
46 PRINT 56
   GC TO 99
47 PRINT 57
   GC TO 99
48 PRINT 58
  GC TO 99
49 PRINT 59
```

```
C
C
C
C
C
C
```

```
Ç
      : SOUS PROGRAMME DE CALCUL ET D*IMPRESSION DES FREQUENCES
      : CONDITIONNELLES - P(I:J)
      INTEGER CARDI, CARDJ
      INTEGER KNOM(CARDI), NOM(CARDJ)
      REAL TRI(CARDI), PRJ(CARDJ), PIJ(CARDJ)
      COMMON CMAX, NETUD
      ILIGN=19
      JLIGN=(CARDI-1)/ILIGN+1
      PRINT 78
   78 FCRMAT(1H1)
      PRINT 76
   76 FORMAT(20x, *TABLEAU DES FREQUENCES CONDITIONNELLES PR(I ; J)*)
       PRINT 75
   75 FORMAT(//30x,*NJI=PIJ/PJ*)
      DO 9 NN=1, JLIGN
      IC = (NN-1) \times ILIGN+1
      IFI =ID +ILIGN-1
IF(IFT 'GT, CARDI) IFI =CARDI
      PRINT 77, (KNOM(I), I=ID , IFI )
   77 FCRMAT(///6x,*PRJ(J)*,19(2X,A4))
      DC 7 J=1, CARDJ
      DC 8 I=1, CARDI
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, I)
    8 TRI(I)=PIJ(J)/PRJ(J)
      PRINT 96, NOM(J), PRJ(J) , (TRI(I), I = ID, IFI)
   96 FCRMAT(1X.A4,1X,F6.0,19(1X,F5.2))
    7 CONTINUE
    9 CONTINUE
      RETURN
```

```
C
C
C
C
C
C
```

```
C
      : SOUS PROGRAMME DE CALCUL ET D*IMPRESSION DES FREQUENCES
      : CONDITIONNELLES - P(J:I)
C
      INTEGER CARDI, CARDJ
      INTEGER KNOM(CARDI), NOM(CARDJ)
      REAL PRI(CARDI), PIJ(CARDJ)
      COMMON CMAX, NETUD
      ILIGN=19
      JLIGN=(CARDJ=1)/ILIGN+1
        PRINT 75
   75 FORMAT(1H1)
      PRINT 76
   76 FORMAT(////20X, *TABLEAU DES FREQUENCES CONDITIONNELLES PR(J ; I) *
     1///30X,*NIJ=PIJ/PI*)
      DC 9 NN=1, JLIGN
      ID=(NN=1) *ILIGN+1
      IFI=ID+ILIGN=1
      IF(IFI.GT.CARDJ) IFI=CARDJ
      PRINT 751 , (NOM(J), J=ID, IFI)
  751 FCRMAT(///7x, *POIDS *,19(2x,A4))
      DC 800 I=1.CARDI
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, I)
      DO 801 J=1, CARDJ
  801 PIJ(J)=
                PIJ(J)/PRI(I)
      PRINT 752, KNOM(I), PRI(I), (PIJ(L), L=ID, IFI)
  752 FCRMAT(1X, A4, 1X, F7, 0, 19(1X, F5, 2))
  800 CONTINUE
    9 CONTINUE
      RETURN
```

```
SUBROUTINE INERTI (KNOM, NOM, PRI, PRJ, CARDI, CARDJ, PIJ, CO)
Ç
C
C
      : SOUS PROGRAMME DE CALCUL ET D*EDITION DES INERTIES
C
C
      : PARTIELLES ET DE L*INERTIE TOTALE DU NUAGE
C
C
C
      INTEGER CARDI, CARDJ
      INTEGER KNOM(CARDI), NOM(CARDJ)
      REAL PRI(CARDI), PRJ(CARDJ), PIJ(CARDJ)
      COMMON CMAX, NETUD
      DC 1 I=1, CARDI
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, I)
      CALL WRITMS(17, PIJ, CARDJ, I)
    1 CONTINUE
      ILIGN=19
      JLIGN=(CARDJ=1)/ILIGN+1
        PRINT 75
   75 FORMAT (1H1)
      PRINT 76
   76 FORMAT(///20X, *TABLEAU DES CONTRIBUTIONS DE LA PAIRE (I,J) */20X;
     1*A L INERTIE DU NUAGE*///30X,42H NIJ=(PIJ=PI*PJ)**2/PI*PJ)/INERTIE
     2 TOTALE )
      BL=0
      DC 800 I=1,CARDI
      CALL READMS(17, PIJ, CARDJ, I)
      DC 801 J=1,CARDJ
      AL = (CO*PIJ(J)) = (PRI(I)*PRJ(J))
      AK#PRI(I)*PRJ(J)*CO*CO
      PIJ(J)=AL*AL/AK
  801 BL=BL+PIJ(J)
      CALL WRITMS(17, PIJ, CARDJ, I)
  800 CONTINUE
      DC 9 NN=1, JLIGN
      ID=(NN=1) *ILIGN+1
      IFI=ID+ILIGN=1
      IF (IFI GT CARDJ) IFI = CARDJ
      PHINT 751 , (NOM(J), J=ID, IFI)
  751 FCRMAT(///7x, *PRI(I)*,19(2X,A4))
      DC 900 I=1.CARDI
      CALL READMS(17, PIJ, CARDJ, I)
      DC 901 J=1, CARDJ
  901 PIJ(J)=1000*PIJ(J)/BL
      PRINT 752, KNOM(I), PRI(I), (PIJ(L), L=ID, IFI)
  752 FORMAT(1X,A4,1X,F7.0,19(1X,F5.1))
  900 CONTINUE
    9 CONTINUE
      PRINT 753.BL
  753 FCRMAT(///10x,*INERTIE TOTALE DU NUAGE *,E15.7)
      RETURN
```

1 CONTINUE RETURN END

```
SUBROUTINE IMPDIS(DIS, CARDJ, NOM, NCARD)
C
Ç
C
      : SOUS PROGRAMME D*IMPRESSION DU TABLEAU DES DISTANCES
C
C
С
C
      INTEGER CARDJ
      INTEGER NOM(CARDJ)
      REAL DIS(NCARD)
      KM=(CARDJ-1)/50+1
      LMAX=(CARDJ-1)/20+1
      DC 1 K=1,KM
       LF=K+5
      IF (K'EQ KM) LF#LMAX
      IG=K*50
      ID=IG-49
      IF (K, EQ KM) IG#CARDJ
      DC 1 L=1, LF
      JC=(L-1)*20+1
      JFP=JD+19
      IF(L.EQ'LMAX) JFP#CARDJ
      I = IG - 1
      IF (MINO(JFP, I), LT, JD) GO TO 1
      PRINT 10, (NOM(J), J=JD, JFP)
   10 FCRMAT(7X,20(1X,A4,1X))
       DO 2 I=ID, IG
      Z = I
      II=((Z=1)*(Z=2))/2.
      IMOM=I-1
      JF=MINO(JFP, IMOM)
      IF(JF=JD) 5,6,6
    5 PRINT11.NOM(I)
   11 FORMAT(1X,A4,20(1X,F5,2))
      GC TO 2
    6 MD=II+JD
      MF=II+JF
       PRINT 11, NOM(I), (DIS(M), MEMO, MF)
    2 CONTINUE
      PRINT 10, (NOM(J), J=JD, JFP)
      PRINT 75
   75 FORMAT(1H1)
```

```
SUBROUTINE AGREGA(A,B,D,P,SOM,DIS,CARD,NCARD,KCARD,MODE,KBAND,L,
     1NCM, N. NUM, DJ, IPUNCH)
C
C
C
                                                                         1
C
          SOUS PROGRAMME D*ELABORATION DES PARAMETRES PRINCIPAUX
      1
C
            DE LA HIERARCHIE . (A,B,D,P,)
      :
              EDITION SUR IMPRIMANTE DES PARAMETRES ET DES COMPOSANTS
C
      1
             DE CHAQUE NOEUD DE LA HIERARCHIE
C
      :
C
                                                                         •
C
C
      INTEGER CARSOM, S. SP. P1, P2, CARDJ
      INTEGER A(KCARD), B(KCARD), P(KCARD), SOM(CARDJ)
      INTEGER NOM(KCARD), N(CARDJ), NUM(CARDJ)
      REAL DIS(NCARD), D(KCARD), L(KCARD), DJ(KCARD)
      REAL LINT, L12, L1, L2, LS, P3, P4, INF
     ************
Ç
C
Ċ
      PROCEDURES DE RECALCUL DE DISTANCES
C
      ANGLIERECALCUL DES DISTANCES:DISTANCE ANGULAIRE
C
      VARI*=RECALCUL DES DISTANCES:VARIANCE
C
      ANGL1(L1, L2, L12, DK, DM) = 1. = ((L1 + (1, = DK) + L2 + (1. = DM))/L12)
      VART1(L1, L2, LS, DK, DM, INF)=((L1+LS) *DK+(L2+LS) *DM=LS*INF)/(L1+L2+LS
     1)
      VART2(L1,12,LS,DK,DM,INF,D1,D2,DS)=(1,/(L1+L2+LS))*((L1+L2)*INF+(L
     11+LS)*DK+(L2+LS)*DM=L1*D1=L2*D2=L5*DS)
      VARI3(L1, L2, LS, DK, DM, INF, D1, D2, DS) = (1,/(L1+L2+LS) **2) * (((L1+L2) **
     12) * INF+((L1+LS) **2) * DK+((L2+LS) **2) * DM=(L1**2) * D1+(L2**2) * D2+(LS**
     22)*051
      LEX(IU, TV)=MINO(IU, IV)+((MAXO(IU, IV)-1)*(MAXO(IU, IV)-2)/2)
C
      NCARD=CARDJ + (CARDJ-1)/2
                   (DIS(K),K=1,NCARD)
      READ (KBAND)
      READ (KRAND) (L(J), J=1, CARDJ)
      REWIND KBAND
      LCARD=CARDJ+1
      KCARD=2*CARDJ-1
      PASSAGE DE LA DISTANCE EUCLIDIENNE A LA VARIANCE DES PAIRES DE POT
C
      IF (MODE.GT.3) GO TO 901
      DC 902 K=1.NCARD
  902 DIS(K)= SQRT(DIS(K))
  901 CONTINUE
      GC TO(40,40,40,40,40,40,41,41,41,40), MODE
   41 DC 45 J1=2, CARDJ
      J3 = J1 - 1
      DC 45 J2=1,J3
      K=LEX(J1.J2)
      DIS(K) = DIS(K) + L(J1) + L(J2) / (L(J1) + L(J2))
      IF (MODE.EQ.9) DIS(K)=DIS(K)/(L(J1)+L(J2))
   45 CONTINUE
   40 CONTINUE
   PROGRAMME PRINCIPAL D*AGREGATION
      DC 10 J=1,CARDJ
      SCM(J)=J
      \mathbb{D}(\mathbb{J})=0.
      A(J)=0
      B(J)=0
      P(J)=1
```

```
10 CONTINUE
   DC 11 J=LCARD, KCARD
   CARSOM=2*CARDJ=J+1
   INF=DIS(1)
   S=1
   SP=2
   DC 30 J1=2, CARSOM
   J3=J1-1
   DO 30 J2=1,J3
   K#LEX(J1,J2)
                    35,30,30
   IF(DIS(K)=INF)
35 INF=DIS(K)
   S=J1
   SP=J2
30 CONTINUE
   A(J)=SOM(S)
   B(J)=SOM(SP)
   D(J)=INF
   IA=A(J)
   IB=P(J)
   P1=P(IA)
   P2=P(18)
   L2=L(IB)
   D2=0(18)
   L1=L(IA)
   DI=D(IA)
   P(J)=P1+P2
   GO TO (60,60,60,61,62,63,64,64,64,60), MODE
61 L1=L(IA)
   L2=L(IB)
                   #SGRT (L1**2+2.*L1*L2*(1.*INF)+L2**2)
   L(J)
   GC TO 60
62 L1=P(IA)
   LZ=P(IB)
                   #SQRT (L1**2*2.*L1*L2*(1.=INF)+L2**2)
   L(J)
   GC TC 60
63 L1=1.
   L2=1.
                   =SQRT (L1**2+2.*L1*L2*(1.=INF)+L2**2)
   L(J)
   GO TO 60
64 L1=L(IA)
   L2=L(IB)
   L(J)=L1+L2
60 CONTINUE
   SCM(S)=J
   DC 33 IX=1,CARSOM
   IF (IX.EQ.S)
                GO TO 33
   IF(IX, EQ. SP) GO TO 33
   ISOM=SOM(IX)
   K=LEX(IX,S)
   M=LEX(IX,SP)
   GO TO (50,51,52,53,54,55,56,57,58,59), MODE
50 DIS(K)=AMIN1(DIS(K),DIS(M))
   GC TO 33
51 DIS(K) = AMAX1(DIS(K), DIS(M))
   GO TO 33
52 DIS(K)#(P1*DIS(K)+P2*DIS(M))/(P1+P2)
   GC TC 33
53 L12 =L(J)
   DIS(K) = ANGL1(L1, L2, L12, DIS(K), DIS(M))
```

```
GC TO 33
   54 L12=L(J)
      DIS(K) HANGL1(L1, L2, L12, DIS(K), DIS(M))
      GC TO 33
   55 L12=L(J)
      DIS(K) #ANGL1(L1, L2, L12, DIS(K), DIS(M))
      GC TO 33
   56 DIS(K)=VARI1(L1,L2,L(ISOM),DIS(K),DIS(M),INF)
      GC TO 33
   57 DIS(K)=VARI2(L1,L2,L(ISOM),DIS(K),DIS(M),INF,D1,D2,D(ISOM))
      GC TO 33
   58 DIS(K)=VARI3(L1,L2,L(ISOM),DIS(K),DIS(M),INF,D1,D2,D(ISOM))
      GO TO 33
   59 DIS(K)=((P1*DIS(K)+P2*DIS(M))/(P1+P2))=(P1*P2*INF/((P1+P2)**2))
   33 CONTINUE
      IF(SP'EQ.CARSOM) GO TO 38
      SCM(SP)=SOM(CARSOM)
      LARSOM=CARSOM-1
      DO 37 IX=1, LARSOM
      IF(IX'ER.SP) GO TO 37
      K=LEX(IX,SP)
      M=LEX(IX, CARSOM)
      DIS(K)=DIS(M)
   37 CONTINUE
   38 CONTINUE
   11 CONTINUE
      PRINT 42
      PRINT 600
  600 FCRMAT(1X,*:*;2X,*J*,1X,*:*,1X,*I(J)*,1X,*:A(J):B(J):P(J):*,5X,*DE
     1SCRIPTION DES CLASSES DE LA HIERARCHIE*,45X,***)
      DO 410J=LCARD, KCARD
      KI=1
      N(1)=J
      LY=0
  538 IF(N(KI)=CARDJ) 535,535,540
  535 NPI=N(KI)
      LY=1 Y+1
      NUM(LY)=NOM(NPI)
      KI=KI-1
      GC TO 534
  540 KJ=KI+1
      NPI=N(KI)
       N(KJ)=A(NPI)
      N(KI)=B(NPI)
      KI=KI+1
  534 IF(KI,NE.O) GO TO 538
      PRINT 42
   42 FCRMAT(1X,120(1H=))
      IF (IPUNCH NE.1) GO TO 788
      PUNCH 777, J, A(J), B(J), D(J), P(J)
C 777 FORMAT(1X,315,E11.4,I5)
  788 CCNTINUE
      PPINT400,J,D(J),A(J),B(J),P(J),(NUM(IL),IL=1,LY)
  400 FCRMAT(1X,***,I4,***,F6,3,***,I4,***,I4,***,I4,***,I4,***
     130(1X, xxx, 4X, xxx, 6X, xxx, 4X, xxx, 4X, xxx, 4X, xxx, 18(1X, A4), xxx/) )
  410 CONTINUE
      PRINT 42
      DC 650 J=1, KCARD
  650 DJ(J)=D(J)
      RETURN
      END
```

```
SUBROUTINE DULTRA(N, NUM, A, B, D, DIS, KBAND, KCARD, CARDJ, NOM, NCARD,
     1AAMAX, BBMAX, IDBEN)
C
C
¢
      # SOUS PROGRAMME DE RECONSTITUTION DES DISTANCES ULTRAMETRIQUES
C
C
      1
C
C
      INTEGER CARDJ
       INTEGER N(CARDJ), NUM(CARDJ), A(KCARD), B(KCARD), NOM(CARDJ)
      REAL D(KCARD), DIS(NCARD)
      LEX(IU, IV)=MINO(IU, IV)+((MAXO(IU, IV)-1)+(MAXO(IU, IV)-2)/2)
      LCARD=CARDJ+1
                     (DIS(K),K=1,NCARD)
      READ (KBAND)
      REWIND KBAND
      PRINT 75
   75 FORMAT(1H1)
      DC 501 K=LCARD, KCARD
      JJ=KCARD+LCARD+K
      KI=1
      N(1)=JJ
      LY=0
  538 IF(N(KI)=CARDJ) 535,535,540
  535 NFI=N(KT)
      LY=LY+1
      NUM(LY)=NPI
      KI=KI-1
      GC TO 534
  540 KJ=KI+1
      NPI=N(KI)
       N(KJ)=A(NPI)
      N(KI)=B(NPI)
      KI=KI+1
  534 IF(KI'.NE.O) GO TO 538
      DC 521 TL=2.LY
      NUML=NUM(IL)
      KK3=IL=1
      DC 521 TK=1,KK3
      NUMK=NUM(IK)
      KL=LEX(NUML, NUMK)
      DIS(KL)=D(JJ)
  521 CCNTINUE
  501 CONTINUE
      PRINT 600
  600 FCRMAT(1H1.*TABLEAU DES DISTANCES ULTRAMETRIQUES*/1X,36(1H*))
      CALL IMPDIS(DIS, CARDJ, NOM, NCARD)
      IF (IDBEN_EQ.1) CALL DISBEN(DIS, NOM, CARDJ, NCARD, AAMAX, BBMAX)
C
      RETURN
```

```
SUBROUTINE PROFIL(L,A,B,AD, VD, CARDI, CARDI, PRI, PRJ, KNOM, KCARD,
     1 IPRISO, IPROSI, IC1, IC2)
C
C
C
                                                                             ;
C
      : SOUS PROGRAMME DE CALCUL DES CONTRIBUTIONS DES ELEMENTS DE I
                                                                             ;
C
      * A LA DISTANCE D*UNE CLASSE DE LA HIERARCHIE AU CENTRE DE
C
      # GRAVITE DU NUAGE
C
      : IMPRESSION DES CONTRIBUTIONS SIGNEES (ABSOLUES ET RELATIVES )
C
      # IMPRESSION DE LA DISTANCE DES CLASSES AU CENTRE DU NUAGE
C
C
C
      COMMON CMAX, NETUD
      INTEGER CARDI, CARDJ, ADA, ADB, VDA, VDB
      INTEGER A(KCARD), B(KCARD), AD(KCARD), VD(KCARD), KNOM(CARDI)
      REAL L(KCARD), PRI(CARDI), PRJ(CARDJ)
      REAL KNOJ
      KLEX(I,J,M)=(I-1)*M+J
      LCARD=CARDJ+1
   50 FCRMAT(1H1,////////,20x,*CONTRIBUTIONS DES INDIVIDUS A LA DISTAN
     1CE DES CLASSES DE LA HIERARCHIE A(J)*//25X,*AU CENTRE DE GRAVITE D
     RE L ENSEMBLE J *)
      DC 1111 I=1, CARDI
      CALL READMS (16, PRJ, CARDJ, I)
      CALL WRITMS(17, PRJ, CARDJ, I)
 1111 CONTINUE
      DC 1 J=LCARD, KCARD
      IA=A(J)
      IB=B(J)
      IF (IA-CARDJ) 10,10,11
   10 ADA=IA
      VCA=IA
      GC TO 12
   11 ADA=AD(IA)
      VCA=VD(IA)
   12 CONTINUE
      IF(IB=CARDJ) 13 ,13,14
   13 ACH=IB
      VD8=IB
      GC TO 15
   14 ADB AD(IB)
      VDB=VD(IB)
   15 CONTINUE
      AD(J)=VDA
      VO(J)=VDB
      L(VDA)=0
      L(VDB)=1
      DC 1 I=1, CARDI
      CALL READMS(17, PRJ, CARDJ, I)
      PRJ(VDA)=PRJ(ADA)+PRJ(ADB)
      L(VDA)#L(VDA)+PRJ(VDA)
      CALL WRITMS(17, PRJ, CARDJ, I)
    1 CONTINUE
      DC 3 I=1, CARDI
      CALL READMS(17, PRJ, CARDJ, I)
      DC 30J=1, CARDJ
   30 PRJ(J)=PRJ(J)/L(J)
      CALL WRITMS(17, PRJ, CARDJ, I)
    3 CONTINUE
```

```
IF(TPRISG_EG.1) CALL PRBISG(KNOM, NOM, PRI, PRJ, CARDI, CARDJ, PIJ, AC, L,
  (KCARD)
   NG=AD(KCARD)
   DC 4 J=1, CARDJ
 4 L(J)=0
   DC 5 I=1, CARDI
   CALL READMS(17, PRJ, CARDJ, I)
   KNOJ=PRJ(NO)
   DC 6 J=1, CARDJ
   IF (J.EQ.NO) GO TO 6
   EPS=PRJ(J )-KNOJ
   IF(KNOJ) 20,20,21
20 PRJ(J )=0.
   GC TO 22
21 PRJ(J )=EPS*EPS/KNOJ
22 CONTINUE
   L(J)=L(J)+PRJ(J)
   PRJ(J )=SIGN(PRJ(J ),EPS)
 6 CCNTINUE
   CALL WRITMS(17, PRJ, CARDJ, I)
 5 CONTINUE
   MCARD=2*CARDJ=2
   ILIGN=19
   JLIGN=(CARDI=1)/ILIGN+1
   IF(IC1.NE'.1) GO TO 88
   PRINT 50
   DC 9 NN=1, JLIGN
    PRINT 75
75 FORMAT(/////)
   IC = (NN+1) *ILIGN+1
   IFI = TD + ILIGN=1
   IF(IFI GT.CARDI) IFI =CARDI
   PRINT 77, (KNOM(I), I=ID , IFI )
                    N*,3X,6HRHO**2,19(2X,A4))
77 FORMATC///1x.*
   DC 7 JELCARD, MCARD
   JAD=AD(J)
   DC 8 I=1, CARDI
   CALL READMS(17, PRJ, CARDJ, I)
 8 PRI(I)=PRJ(JAD)
                    L(JAD), (PRI(I), I=ID, IFI)
   PRINT 76.J.
76 FCRMAT(1X, 14, 3X, 20(1X, F5, 2))
 7 CONTINUE
9 CONTINUE
88 CONTINUE
   IF(IC2.NE.1) GO TO 89
   PRINT 51
51 FORMAT(1H1,////30X,*CONTRIBUTIONS RELATIVES DES CLASSES Q DE LA
  1HIERARCHIE * ///32X, *A LA DISTANCE DE LA CLASSE AU CENTRE DU NLAGE
  2*////
   DC 60NN=1, JLIGN
    PRINT 75
   ID =(NN+1) *ILIGN+1
   IFI =ID +ILIGN=1
   IF(IFI 'GT.CARDI) IFI =CARDI
   PRINT 77. (KNOM(I).I=ID .IFI )
   DO 62J=LCARD, MCARD
   JAD=AD(J)
   DC68 I=1, CARDI
   CALL READMS(17, PRJ, CARDJ, I)
68 PRI(I) #PRJ(JAD)/L(JAD)
```

L(JAD), (PRI(I), I=ID, IFI)

PRINT 76, J, 62 CONTINUE

60 CONTINUE

89 CONTINUE RETURN END

```
SUBROUTINE PRBISG(KNOM, NOM, PRI, PRJ, CARDI, CARDJ, PIJ, AD, L, KCARD)
C
C
C
C
      : SOUS PROGRAMME DE CALCUL ET D*IMPRESSION DES FREQUENCES
Ċ
      : CONDITIONNELLES PAR CLASSE P(I:Q) Q CLASSE DE LA HIERARCHIE :
C
C
C
      INTEGER CARDI, CARDJ
      INTEGER KNOM(CARDI), NOM(CARDJ), AD(KCARD)
      REAL PRI(CARDI), PRJ(CARDJ), PIJ(CARDJ), L(KCARD)
      COMMON CMAX, NETUD
      MCARD=2*CARDJ-2
      LCARD=CARDJ+1
      PRINT 86
   86 FORMAT(1H1)
      ILIGN=19
      JLIGN=(CARDI+1)/ILIGN+1
      PRINT 76
   76 FORMAT(20x, *TABLEAU DES FREQUENCES CONDITIONNELLES PR(I : Q)*)
       PRINT 75
   75 FORMAT(///30X, *NGI=PIG/PG*)
      DC 9 NN=1, JLIGN
      IC =(NN-1) \times ILIGN+1
      IFI = JD + ILIGN=1
      IF(IFI 'GT.CARDI) IFI =CARDI
      PRINT 77, (KNOM(I), I=ID , IFI )
   77 FORMAT(///1X,* N*,3X,*PRQ(N)*,19(2X,A4))
      DC 7 JELCARD, MCARD
      JAD=AD(J)
      DC 8 I=1.CARDI
      CALL READMS(17, PRJ, CARDJ, I)
    8 PRI(I)=PRJ(JAD)
      PRINT 96,J, L(JAD), (PRI(I), I=ID, IFI)
   96 FORMAT((X, 14, 2X, F7.0, 19(1X, F5.2))
    7 CONTINUE
```

9 CONTINUE RETURN END

```
SUBROUTINE BACBAB(A,B,ID,D,CARDI,KCARD,LIP,IX,IY,IP,ND,ITM,P)
C
С
C
      SOUS PROGRAMME D*IMPRESSION DE LA REPRESENTATION HIERACHIQUE
Ç
C
      2
                                             (G. THAURONT )
C
      :
C
C
      INTEGER CARDI, CA, CB
       LUGICAL LIP(KCARD)
      INTEGER A(KCARD), B(KCARD), ID(KCARD), P(KCARD)
      INTEGER LIMP(130), IP(CARDI)
      INTEGER IY(KCARD),IX(KCARD),ND(KCARD),ITM(KCARD),LTM(130)
      REAL D(KCARD)
      DATA IPLUS, IMOINS, ISTAR, IBLANC/4H:
                                            ,4H-
                                                     ,4H+
                                                            . 4H
      CA=KCARD
C
   SOUS-PROGRAMME DE TRACE DXARBRE
C
C
      ICA=120
      CE=CARDI+1
      DC 10 I=1, ICA
   10 LIMP(I)=IMOINS
      DC 15 I=1.10
      J=(I*ICA)/10
   15 LIMP(J)=IPLUS
      PRINT 1, (LIMP(I), I=1, ICA)
    1 FCRMAT(6X,126A1)
C DISCRETISATION DES ABSCISSES
      DC 20 I=1.CARDI
      IX(I)=1
   20 CONTINUE
      QU=FLOAT(ICA=1)/D(CA)
      DC 30 I=CB,CA
      IX(I)=D(I)*GU+1.
      IS=A(I)
      ITM(IS)=1
      IY(IS)=IX(I)
      IS=B(I)
      IY(IS)=IX(I)
      ITM(IS)==1
   30 CONTINUE
      IY(CA)=ICA
      ITM(CA)=0
C MISE EN ORDRE DES NOEUDS (1: DES CARDI TERMINAUX)
C
         tP(I)
                    PILE
                    AIGUILLAGE AINE-BENJAMIN
                                                    (LOGIQUE)
C
         LIP(I)
C
         Ī
                    INDICE DE LA PILE
                    NO D*ORDRE DU NUEUD
 INITIALISATION
      IS=CA
      I = 1
      N=1
      IP(1)=CA
      LIP(1)= FALSE.
C AINEES
  100 II=I
      IS=A(IS)
  120 IF(IS.LE.CARDI) GO TU 130
```

```
I=II+1
      IP(I)=IS
      LIP(I)=.FALSE.
      GCTO 100
C NO D CRORE
  130 D(IS)=N
      N=N+1
      IF (N.GT'CARDI) GOTO 199
      GOTO 140
C BENJAMIN
  110 II=II-1
  140 IF(LIP(II))GOTO 110
      LIP(II)= TRUE
      JS=IP(II)
      IS= B(JS)
      GCT0. 120
  199 CONTINUE
C INTERCLASSEMENT DES NON TERMINAUX
C IDENTIFICATEURS
      00 200 I=CB,CA
      IS=A(I)
      JS=B(I)
      IC(I)=IMOINS
  200 D(I) = (D(IS) + D(JS)) * .5
      IC(CA)=ISTAR
      DC 310 I=1,CA
  310 ND(I)=I
C TRI
      JS=CA
  410 N=JS
      JS=0
      DC 400 I=2,N
      II=I-1
      IF(D(II).LE.D(I)) GOTO 400
      DS=D(II)
      D(II) = D(I)
      D(I)=DS
      IS=ND(II)
      NC(II)=ND(I)
      ND(I)=IS
      JS=II
  400 CONTINUE
      IF(JS'NE.O) GOTO 410
C IMPRESSION
      DC 510 J=1,TCA
      LTM(J)=0
  510 LIMP(J)=IBLANC
      K=1
      DC 500 I=1,CA
      IS=ND(I)
      JS=IX(IS)
      KS=TY(IS)
      DC 520 J=JS.KS
  520 LIMP(J)=IMOINS
      LIMP(JS)=IPLUS
      LIMP(KS)=ISTAR
      PRINT 2, ID (IS), (LIMP(J), J=1, ICA)
    2 FORMAT (1H , A4, 1X, 126A1)
      IF (IS'.GT.CARDI)JS=JS+1
      DC 530 J=JS,KS
```

530 LIMP(J)=IRLANC
LTM(KS)=LTM(KS)+ITM(IS)
IF(LTM(KS)) 500,500,560
560 LIMP(KS)=IPLUS
500 PRINT 1,(LIMP(J),J=1,ICA)
RETURN
END

```
SUBROUTINE ARRSUP(CARDJ,CARDW,KCARD,KCARQ,A,B,P,AS,BS,PS,DT,D,
     1 NCM, NOMS, ITER, IQUOT, N, NUM, AMAX, BMAX, KPAS, TITRE, X, Y)
C
C
C
C
      : SOUS PROGRAMME D*ELABORATION DES HIERARCHIES SUPERIEURES
                                                                             :
      I IMPRESSION DE LA PARTITION SUPPORT DE L*ARBRE SUPERIEUR
C
C
C
C
      INTEGER CARDO, CARDJ
      INTEGER A(KCARD), B(KCARD), P(KCARD), AS(KCARQ), BS(KCARQ), PS(KCARQ)
      INTEGER NOMS (CARDQ), ITER (CARDQ), IQUOT (CARDJ), N(CARDJ), NUM (CARDJ)
      INTEGER NOM(CARDJ)
      REAL D(KCARD), DT(KCARG)
      DATA NBL 14H
   75 FCRMAT(1H1)
      PRINT 75
      LCARG=CARDQ+1
      DC 70 IQ=LCARQ, KCARQ
      ICARG=2*(CARDJ=CARDQ)+IQ
      AS(IG) = A (ICARG)
      BS([Q)=B([CARQ)
      DT(IQ)=D (ICARG)
      PS(IQ)=P(ICARQ)
   70 CCNTINUE
      DC 39 IQ=1,CARDQ
      NCMS(IG)=NBI
      DT(IG)=0.
      NE=4
      NX=IQ
      CALL NUMER (NX, NOMS (IQ), NE)
   39 CONTINUE
      KI=1
      DC 42 IQ=LCARQ, KCARQ
      IF(AS(IQ)_LT.(1=CARDQ+2*CARDJ)) GO TO 421
      AS(IQ)=AS(IQ)-2*(CARDJ-CARDQ)
      GC TO 42
C SOUS PROGRAMME DE CALCUL DE L*ARBRE SUPERIEUR
  421 \text{ ITER(KI)} = AS(IQ)
      AS(IG)=KI
      KI=KI+1
   42 CONTINUE
      DC 43 IQ = LCARG, KCARG
      IF(8S(IQ)_LT, (1=CARDQ+ 2*CARDJ)) GO TO 431
      BS(IQ)=BS(IQ)= 2*(CARDJ=CARDQ)
      GC TO 43
  431 ITER(KI)=BS(IQ)
      BS([Q)=KI
      KI=KI+1
   43 CONTINUE
      KK=2*CARDJ=CARDQ
      LL=KK-1
      DKK=D(KK)/D(KCARD)
      DLL=D(LL)/D(KCARD)
      NN=KK+1
      DNN=D(NN)/D(KCARD)
      SUIV=DKK=DLL
      PREC=DNN+DKK
```

PRINT 92, CARDO, DKK, SUIV, PREC

```
92 FORMAT(1X, *NOMBRE DE TERMINAUX DEMANDES =*, 14/10X, *NIVEAU =*, F6.3
  1/3x.*ECART AVEC LA PARTITION SUIVANTE =*,F6.3/3X,*ECART AVEC LA PA
  2RTITION PRECEDENTE*, F6.3///)
   DC 85 IQ= 1.CARDQ
   KI=1
   N(1)=ITER(IQ)
   LY=0
83 IF(N(KI)=CARDJ)80,80,81
80 NPI=N(KI)
   IGUOT(NPI)=IQ
   LY=LY+1
   NUM(LY) = N(KI)
   KI=KI-1
   GO TO 82
81 PJ=KI+1
   NPI=N(KI)
   (IGM)A=(LG)M
   N(KI)=B(NPI)
   KI=KI+1
82 IF(KI'NE.0) G0T083
   PRINT 93, IQ
93 FCRMAT(1X,22(1H*),/1X,1H*,2X,14,2X,1H*,11X,1H*)
   DC 84 IL=1,LY
   NUML=NUM(IL)
   PRINT 94, NOM (NUML)
94 FCRMAT(1X,1H*,8X,1H*,5X,A4,2X,1H*)
84 CONTINUE
   PS(TG)=LY
85 CONTINUE
   PRINT 95
95 FORMAT(1X,22(1H*))
   RETURN
   END
```

```
0000000
```

```
: Sous programme de transformation d'un entier en alphanumerique :
   DIMENSION N10(10), NM(4)
   DATA N10/1H0,1H1,1H2,1H3,1H4,1H5,1H6,1H7,1H8,1H9/
   IF(NX.GE.10000) GOTO 99
   DC 10 L=1, NE
   K=5-L
   M=MOD(NX,10) + 1
   NM(K)=N10(M)
10 NX=NX/10
   ENCODE (4,5,NL)NM
5 FORMAT(4A1)
   RETURN
99 PRINT 11
11 FORMAT(* NUMER : NX > 9999*)
   STOP
   END
```

```
SUBROUTINE CONTRI (CARDJ,CARFAC,KCARD,KJFAC,IJFAC,FACJ,QJ,PRI,PRJ
     1, LAM, A, B, NOM, FAI, D, TRI, PIJ)
C
C
C
      1
                                                                            1
      1 SOUS PROGRAMME DE CALCUL DES CONTRIBUTIONS MUTUELLES ENTRE
C
                                                                            1
           CLASSES D UNE CLASSIFICATION HIERARCHIQUE ET LES AXES DE
C
      1
                                                                            1
C
          L ANALYSE DE CORRESPONDANCE
                                                                           . 1
C
                                                                            1
C
C
      INTEGER CARDI, CARFAC
      DIMENSION NOM(CARDJ), TRI(CARFAC), PIJ(CARDJ)
      INTEGER A(KCARD), B(KCARD), PRI(CARFAC)
      REAL FACJ(KJFAC), PRJ(KCARD), LAM(CARFAC), QJ(KCARD)
      REAL FAT(IJFAC), D(KCARD)
      KLEX(I,J,M)=(I-1)*M+J
      LCARD=CARDJ+1
      MMCARD=CARDJ=1
      MCARD=KCARD=1
   76 FORMAT(/)
      DC 2 K=1, CARFAC
    2 LAM(K)=0
      PRINT 152
  152 FORMAT( *1 TABLEAU DES VALEURS PROPRES X1000*/)
      DC 5 K=1.CARFAC
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, K)
      DC 5 J=1.CARDJ
      IJ=KLEX(J,K,CARFAC)
      FACJ(IJ)=PIJ(J)
    5 LAM(K) #LAM(K) +FACJ(IJ) *FACJ(IJ) *PRJ(J)
      DC 6 K=1, CARFAC
    6 PRI(K)=1000*LAM(K)+0.5
      PRINT 300
      PRINT 76
      PRINT 151, (K, K=1, CARFAC)
      PRINT 76
  151 FCRMAT(1X,10(4X,12)//)
      PRINT 150 , (PRI(K), K=1, CARFAC)
  150 FORMAT(1X,10(1X,15))
      DO 3 JELCARD KCARD
      IA=A(J)
      IB=8(J)
      PRJ(J)=PRJ(IA)+PRJ(IB)
      DC 3 K=1.CARFAC
      IJ#KLEX(J,K,CARFAC)
      IJA=KLEX(TA,K,CARFAC)
        IJB=KLEX(IB,K,CARFAC)
        FACJ(IJ)=(PRJ(IA)*FACJ(IJA)+PRJ(IB)*FACJ(IJB))/PRJ(J)
      PRINT 75
      PRINT 207
  207 FORMAT(1x, *TABLEAU DES COORDUNNEES DES VARIABLES */3x, *DANS L ESPA
     1CE FACTORIELX1000*//)
      PRINT 300
  300 FORMAT(16x, *AXES FACTORIELS*)
      PRINT 13, (I, I=1, CARFAC)
      PRINT 76
      DC 20 J=1.CARDJ
      DC 21 K=1, CARFAC
      IJ=KLEX(J,K,CARFAC)
```

```
IF(FACJ(IJ)_LT_0.) PRI(K)=FACJ(IJ) *1000-.5
 21 IF (FACJ(IJ) GE.O.) PRI(K) = FACJ(IJ) *1000+.5
 20 PRINT 120.NOM(J), (PRI(K), K=1, CARFAC)
    PRINT 75
    PRINT 208
208 FORMAT(1X, *TABLEAU DES COORDONNEES DES CLASSES */3X, *DANS L ESPACE
   1 FACTORIELX1000*//)
    PRINT 300
    PRINT 76
    PRINT 180, (I, I=1, CARFAC)
    PRINT 76
180 FCRMAT(1X.4X.10(3X, I2.1X)//)
    DC 30 J=LCARD, KCARD
    DO 31 K=1, CARFAC
    IJ=KLEX(J,K,CARFAC)
    IF(FACJ(IJ),LT.O.) PRI(K)=FACJ(IJ)*1000~15
 31 IF(FACJ(IJ)_GE.O.) PRI(K)=FACJ(IJ)*1000+.5
 30 PRINT 12 ,J. (PRI(K),K±1,CARFAC)
    PRINT 75
    PRINT 209
209 FCRMAT(1X, *TABLEAU DES COS CARRES DES ANGLES*/3X, *DES RAYONS DES
   1CLASSES AVEC LES AXESX1000*//)
    PRINT 300
    PRINT 76
    PRINT 181, (I, I=1, CARFAC)
    PRINT 76
181 FCRMAT(1X,4X,* RO2*,10(3X,12,1X)//)
    DC 40 J=LCARD.MCARD
    R02=0
    DC 41 K=1, CARFAC
    IJ=KLEX(J,K,CARFAC)
    TRI(K) = FACJ(IJ) * FACJ(IJ)
 41 RC2=RO2+TRI(K)
    EPS=0.00001
    IF(RO2=EPS) 400,400,401
400 DC 402 K=1, CARFAC
402 PRI(K)=0
    GC TO 43
401 DC 42 K=1.CARFAC
 42 PRI(K)=1000*TRI(K)/R02+.5
 43 IRO2=RO2*1000+.5
 40 PRINT 160, J, IRO2, (PRI(K), K=1, CARFAC)
160 FORMAT(1X, *N*, I3, 10(1X, I5))
    DC 4 J=LCARD, KCARD
    IA=A(J)
    18=8(J)
    IG=J=CARDJ
    QJ(J) #PRJ(IA) *PRJ(IB) /PRJ(J)
    D(J)=0
    DC 4 K=1, CARFAC
    IJQ=KLEX(IQ,K,CARFAC)
    IJA=KLEX(IA,K,CARFAC)
    IJ8=KLEX(IB,K,CARFAC)
    FAI(IJQ)=QJ(J)*(FACJ(IJA)=FACJ(IJB))**2
  4 D(J)=D(J)+FAI(IJG)
    PRINT 75
    PRINT 15
 15 FORMAT(5X, *TABLEAU DES CONTRIBUTIONS ABSOLUES MUTUELLES X 10000*/)
 75 FORMAT(1H1)
    PRINT 301
```

```
301 FCRMAT(26x, *AXES FACTORIELS*/)
    PRINT 130. (I, I=1, CARFAC)
    PRINT 76
130 FCRMAT(1X,4X,3X,*PRJ*,2X,*NIVEAU*,10(1X,12,3X))
    DC 10 J=1, MMCARD
    IG=CARDJ+J
    QJ(IQ)=1000*QJ(IQ)
    D (IQ) = 1000 * D (IQ)
    DC 11 K=1.CARFAC
    IJ=KLEX(J,K,CARFAC)
 11 PRI(K)=
                FAI(IJ) *10000+.5
    IDIG=10*D(IG)+.5
    IGQJ=10*QJ(IQ)+.5
                          ,IDIG ,(PRI(K),K=1,CARFAC)
 10 PRINT 12 , IQ, IQQJ
120 FCRMAT(1X,A4,10(1X,I5))
 12 FORMAT(1X, *N*, I3, 10(1X, I5))
 13 FORMAT(/1x,4x,10(3x,12,1x)//)
    PRINT 75
    PRINT 16
 16 FORMAT(5X, *TABLEAU DES CONTRIBUTIONS RELATIVES*/8X, *DES NOEUDS AUX
   1FACTEURSX1000*//)
    PRINT 301
    PRINT 130, (I, I=1, CARFAC)
    PRINT 76
    DC 100J=1.MMCARD
    IG#CARDJ+J
    DC 111K=1.CARFAC
    IJ=KLEX(J,K,CARFAC)
111 PRI(K)=1000*FAI(IJ)/LAM(K)+.5
    IDIQ=D(IQ)+.5
    IGQJ=QJ(IQ)+.5
100 PRINT 12 , IG, IGGJ , IDIQ , (PRI(K), K=1, CARFAC)
    PRINT 75
    PRINT 17
 17 FORMAT(5x,*TABLEAU DES CONTRIBUTIONS RELATIVES*/8X,*DES FACTEURS
   1AUX NOEUDSX1000*//)
    PRINT 301
    PRINT 130, (I, I=1, CARFAC)
    PRINT 76
    DC 200J=1, MMCARD
    IG#CARDJ+J
    IF (D(IQ)_LE_EPS) GO TO 200
    DC 211K=1, CARFAC
    IJ=KLEX(J,K,CARFAC)
211 PRI(K)=(1000*FAI(IJ)/D(IQ))*1000 +.5
    IGQJ=QJ(IQ)+.5
    IDIG=D(IG)+.5
          12 , IQ, IQQJ, IDIQ , (PRI(K), K=1, CARFAC)
    PRINT
200 CONTINUE
    RETURN
```

```
SUBROUTINE DIST2(CARDI, CARDJ, PIJ, DIS, L, NOM, PRI, PRJ, NCARD, TRI,
     1AAMAX,BBMAX,IDIST,IDBEN,KCARD,KNOM,IERIJ,IPRJSI,IPRISJ)
C
C
C
                                                                             :
            SOUS PROGRAMME DE CALCUL DE DISTANCES
C
      1
                                                                             :
                 DISTANCE EUCLIDIENNE USUELLE
C
C
C
C
      INTEGER CARDI, CARDJ
      COMMON CMAX, NETUD
                     CO, ALPHA , BETA
      REAL
      INTEGER NOM(CARDJ), KNOM(CARDI)
      REAL TRI(CARDI)
      REAL DIS(NCARD),PIJ(CARDJ ),L(KCARD),PRI(CARDI),PRJ(CARDJ)
      LEX(IU, IV) = MINO(IU, IV) + ((MAXO(IU, IV) - 1) * (MAXO(IU, IV) - 2)/2)
      BETA=1.E-20
      PRINT 699
  699 FORMAT(1H1)
        DO 80 K=1.NCARD
   80 DIS(K)=0
      BL = 0
      DC 100 I=1, CARDI
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, I)
      DC 110 J=1.CARDJ
  110 BL#BL+PIJ(J)*PIJ(J)*L(J)
  100 CONTINUE
      PRINT 894, BL
  894 FCRMAT(//10x, *INERTIE TOTALE DU NUAGE *, E20.8)
      DC 20 I=1.CARDI
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, I)
      DC 10 J1=2,CARDJ
      J3=J1=1
      DO 10 J2=1.J3
      (SL)LIG=( IL )LIG=AHGJA
      ALPHABALPHA*ALPHA
      IF (ALPHA-BETA) 30,30,31
   30 ALPHA=0.
      GC TO 10
   31 K=LEX(J1,J2)
      DIS(K)=DIS(K)+ALPHA
   10 CONTINUE
   20 CONTINUE
      DL=0
      DO BIO K=1, NCARD
  810 DL=DL+DIS(K)
      DU=BL*CARDJ
      PRINT 811 .DL.DU
  811 FGRMAT(10x, 2E11.3)
      KBAND=15
      REWIND KBAND
      WRITE (KBAND)
                     (DIS(K), K=1, NCARD)
      WRITE(KBAND)
                     (L(J),J=1,CARDJ)
      REWIND KBAND
      DC 902 K=1.NCARD
  902 DIS(K)= SORT(DIS(K))
      IF(IDIST.NE.1) GO TO 99
      PRINT 600
  600 FCRMAT(1H1, *TABLEAU DES DISTANCES*/ 1X,30(1H*))
```

CALL IMPDIS(DIS,CARDJ,NOM,NCARD)
99 CONTINUE
C IF(IDBEN.EQ.1) CALL DISBEN(DIS,NOM,CARDJ,NCARD,AAMAX,BBMAX)
RETURN
END

```
SUBROUTINE DIST1(CARDI,CARDJ,PIJ,DIS,L,NOM,PRI,PRJ,NCARD,TRI,
     1AAMAX, BBMAX, IDIST, IDBEN, KCARD, KNOM, IERIJ, IPRJSI, IPRISJ)
C
C
C
      : SOUS PROGRAMME DE CALCUL DES DISTANCES DISTRIBUTIONNELLES
C
                                                                             :
C
      : DISTANCE DU CHI 2 - J.P. BENZECRI
C
C
C
      INTEGER CARDI, CARDJ
      CCMMON CMAX, NETUD
                     CO. ALPHA , BETA
      REAL
      INTEGER NOM(CARDJ), KNOM(CARDI)
      REAL TRICCARDI)
      REAL DIS(NCARD), PIJ(CARDJ ), L(KCARD), PRI(CARDI), PRJ(CARDJ)
      LEX(IU,IV)#MINO(IU,IV)+((MAXO(IU,IV)-1)+(MAXO(IU,IV)-2)/2)
      BETA=1.E-20
      DC 1 J#1.CARDJ
    1 PRJ(J)=0.
      DC 3 I=1, CARDT
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, I)
      PRI(I)=0.
      DC 3 J=1, CARDJ
      PRI(I)=PRI(I)+PIJ(J)
       PRJ(J) = PRJ(J) + PIJ(J)
    3 CONTINUE
       PRINT 76
   76 FCRMAT(1H1,1X,*DISTRIBUTION DES OBJETS*//1X,19(1H*))
      DC 75 J=1,CARDJ
   75 PRINT 77 , NOM(J), PRJ(J)
   77 FORMAT(1X.1H*,2X,A4,2X,1H*,2X,F5.0,1X,1H*)
      PRINT 78
   78 FCRMAT(1X,1H*,8X,1H*,8X,1H*/1X,19(1H*))
      CC=0.
      DC 4 J=1, CARDJ
    4 CC=CO+PRJ(J)
      PRINT 699
      IF(IPRISI_EQ.1) CALL PRBISJ(KNOM, NOM, PIJ, PRJ, TRI, CARDI, CARDJ)
  699 FORMAT(1H1)
      IF (IPRJSI_EQ.1) CALL PRBJSI (KNOM, NOM, PRI, CARDI, CARDJ, PIJ)
                             INERTI (KNOM, NOM, PRI, PRJ, CARDI, CARDJ, PIJ, CO)
      IF (IERIJ.EQ.1) CALL
      CC=1./CO
      DC 5 I=1, CARDI
    5 PRI(I)=CO*PRI(I)
      DC 8 J=1.CARDJ
    8 L(J)=CO*PRJ(J)
        DO 80 K=1, NCARD
   80 DIS(K)=0.
      DC 20 I=1,CARDI
      CALL READMS(16, PIJ, CARDJ, I)
      IF (PRI(I)) 40,40,41
   40 GC TO 20
   41 DC 10 J1=2, CARDJ
      J3=J1+1
      DC = 10 J2 = 1.J3
      ALPHA#PIJ( J1 )/PRJ(J1)=PIJ( J2 )/PRJ(J2)
```

ALPHA=ALPHA*ALPHA

30 ALPHA=0.

IF (ALPHA-BETA) 30,30,31

```
GC TO 10
   31 K=LEX(J1,J2).
      DIS(K)=DIS(K)+ALPHA/PRI(I)
   10 CONTINUE
   20 CONTINUE
      KBAND=15
      REWIND KBAND
                    (DIS(K),K=1,NCARD)
      WRITE (KBAND)
      WRITE(KBAND) (L(J), J=1, CARDJ)
      REWIND KBAND
      DC 902 K=1.NCARD
  902 DIS(K) = SQRT(DIS(K))
      IF (IDIST.NE'.1) GO TO 99
      PRINT 600
  600 FORMAT(1H1, *TABLEAU DES DISTANCES*/ 1X,30(1H*))
      CALL IMPDIS(DIS, CARDJ, NOM, NCARD)
   99 CONTINUE
Ç
      IF (IDBEN_EQ'1) CALL DISBEN (DIS, NOM, CARDJ, NCARD, AAMAX, BBMAX)
      RETURN
      END
```

2.4 Exemple d'utilisation

ler exemple

Le tableau de données à analyser est le même que celui analysé par A.F.C. Dans cet exemple, on demande de faire une classification sur les 18 observations en tenant compte des 15 variables en utilisant le critère d'agrégation de la maximisation du moment centré d'ordre 2 d'une partition (KTEST (7)=1) et la distance associée à l'analyse des correspondances (ID 2 = 1). On demande de plus

- A- l'impression du tableau des données (ITAB=1)
- B- l'impression des fréquences conditionnelles (IPRISJ=IPRJSI=1) $P_{ij}/P_{i} \text{ et } P_{ij}/P_{j}$
- C- l'impression des inerties partielles et totales (IERIJ=1) $(P_{ij}-P_{i}P_{j})^{2}/P_{i}P_{j}$
- D- l'impression du tableau des distances (IDIST=1)
- E- l'impression des fréquences conditionnelles des classes (IPRISQ=1) $(P_{qj}/P_q-P_j)^2/P_j$ et $((P_{qj}/P_q-P_j)^2/P_j)/\rho^2(q)$
- G- l'impression d'un arbre supérieur à 5 terminaux (NTMAX=1, NT (1)=5)

Les sorties comprennent aussi le tableau décrivant la hiérarchie, et l'arbre hiérarchique qui ne sont pas optionnels.

Dans le tableau décrivant la hiérarchie, on présente

- le numéro du noeud (variant entre CARDJ+1 et 2*CARDJ-1)
- l'indice de diamètre du Noeud $\tau(q)$
- l'ainé (A) et le benjamin (B) du noeud (constituants de la classe)

- le nombre d'éléments dans la classe
- les individus compris dans la classe

2ième exemple

Le 2ième exemple porte sur l'utilisation de la C.A.H. sur des résultats de l'A.F.C. On demande de faire une classification sur les 18 observations en tenant compte des 3 facteurs en utilisant le critère d'agrégation de la maximisation du moment centré d'ordre 2 d'une partition (KTEST(7)=1) et la distance euclidienne (ID 2=2). Chaque observation est pondérée par les fréquences marginales P_i . On demande de plus

- A- l'impression du tableau des distances (IDIST =1)
- B- l'impression des sorties fournies par le sous-programme CONTRI (IPROF=1)
 - valeurs propres λ_{α}
 - coordonnées des observations dans l'espace factoriel $F_{\alpha}(i)$
 - coordonnées des classes dans l'espace factoriel $F_{\alpha}(q)$
 - cosinus carrés des angles des rayons des classes avec les axes $F_{\alpha}^{\ 2}(q)/\rho^2(q)$
 - contributions obsolues mutuelles des axes et des classes $I(\alpha,q)$
 - contributions relatives des noeuds aux axes $I(\alpha,q)/\lambda_{\alpha}$
 - contributions ralatives des axes aux noeuds $I(\alpha,q)/\tau(q)$
- C- l'impression d'un arbre supérieur à 5 terminaux (NTMAX=1 et NT(1)=5)

Les sorties comprennent également l'inertie totale du nuage, le tableau décrivant la hiérarchie et l'arbre hiérarchique qui ne sont pas optionnels.

```
EXEMPLE D UTILISATION DE LA CAH
 15
    18
 5
(A4,15F2.0)
                             1
 2 4
                      0 0
                                 1
                                                              0
             0
                 1
PHI PHZ PH3 PH4 PH5 TU1 TU2 TU3 TU4 TU5 CT1 CT2 CT3 CT4 CT5
 9429312817 7 1 2 322844431 9 820
982723292013 0 11229705222141311
90394815 6 4 210117118296210 9 2
 903927211213 1 41132644826161210
 9E3214272712 91328392332382013 9
 9F2522371513 4203929201422282622
 9G2727192910 41729461610 9165027
 944613102221 8262528251014482119
 911684 6 5 1 7127513 5 6 5127217
 91142129282031422410 51815202831
 9K 3 514464433262718 81720232131
 911617302425274029 8 81212182644
 9416 9212343514310 4 43220241323
```

1

9N231830182334312115111512342229 90 1 6113262384814 7 53027301015 9P 0 11124766528 7 7 51764 9 913 9Q2021332711731817 2 210 4163250 9R27183327 716212123311815301831

EXEMPLE D'UTILISATION DE LA CAH

```
CARDIE 15
CARDJS 18
EXAMTH
AMAXE -0.
BMAXE =0.
AAMAXE =0.
BBMAX# =0.
TENTRE
KPAS=
IDIST=
TULTRAM
IPROF#
TTRACES
IDREN#
ITAB= 1
IERIJ#
IPRISJE
IPRJSI=
IPRISO.
IC1= 1
ICS=
ILEC 10
IPUNCH#
PORMAT DE LECTURE ? (A4,15F2.0)
NOMBRE DE CRITERES D'AGREGATION UTILISES 1
```

CRITERE D AGREGATIONS MAXIMISATION DU MOMENT CENTRE D ORDRE 2 D'UNE PARTITION

	9 4	98	9 C	9.0	9 E	9 F	9 G	9 H	91	9J	7K	9 L	9 M	9 N	90	9 P	96	98
PHI	- 29.	27.	39,	39,	32,	25,	27.	46.	16.	14.	3.	16.	16.	23.	1.	0.	20.	27.
PHS	31.	23,	48.	27.	14.	.55	27,	13.	84.	21,	5	17.	9	18.	6,	1.	21,	18.
PHE	24	29.	15.	21.	27.	37.	19.	10.	6.	29,	14.	30.	21.	30.	11.	11.	33.	33.
PH4	17.	20.	6.	12.	27.	15.	29.	22,	5,	28,	46.	24.	23.	18,	32.	:24.	27.	27.
PHS	7.	13.	4,	13.	12.	13,	10.	21,	1,	20,	44	25	43	23.	62.	76.	11.	7.
TUL	1.	0.	2.	1.	9.	4 .	4.	8.	7,	31,	33.	27.	51.	.34	38.	65,	. 73.	16.
TUZ	2,	1.	10.	4.	13.	20.	17.	26,	12,	42.	26.	40.	43.	31,	48.	28.	18.	21.
TU3	3.	12.	11.	11.	28.	39.	29.	25.	75.	24.	27	29	10.	21.		7.		21.
TU4	22.	29.	71.	32,	39.	29.	46.	28	13.	10.	18.	8,	4	15.	7.	7.	2 .	23.
105	84	7.0	18.	64.	23,	20	16.	25,	5.	5,	8	8	4.	11.	5	5	.5.	31.
CT1	44.	52,	29.	48.	32.	14.	10.	10,	6,	18.	17,	12,	32	15.	30.	17.	10.	18.
CTZ	31.	22,	62.	26.	38.	22.	9.	14.	5,	15.	20.	12.	20.	12.	27	64.	4	15
CT3	9	14.	10.	16.	20	.85	16.	48.	12.	20,	23.	18.	24.	34.	30.	9.	16.	30.
CT4	8.	13,	9	12.	13.	26.	50	21.	72.	28.	21	26,	13.	55.	10.	9	32.	18.
CT5	20.	11.	5.	10.	9,	22.	27,	19,	17.	31,	31,	44 ,	23,	29.	15.	13.	50,	31.

DISTRIBUTION DES OBJETS

TABLEAU DES FREGUENCES CONDITIONNELLES PR(I # J)

NJI#PIJ/PJ

	PRJ(J)	PHI	PHZ	PH3	PH4	PH5	TU1	TUZ	TU3	TU4	TUS	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
94	336,	.09	09	0.8	.05	.02	.00	.01	.01	.07	. 25	.13	.09	.03	.02	. 06
98	336	.08	.07	09 04 06 08	0.6	04	0.00	.00	.04 .03 .03 .08	09	.21	.15	.07	.04	.04	. 03
90	336.	.12	.07 .14 .08	.04	• 02	.01	01	. 03	0.3	.21	. 05	.09	18	. 03	.03	.01
90	336.	.12	.08	.06	.04	04	01	01	.03	.10	.19	. 14	.08	. 05	. 04	,03
9E	336.	.10	04	0.8	.08	.04	.03	.04	.08	.12	.07	.10	07	.06	.04	.03
9F	336.	.07	.07	.11 .06 .03	.04	.04	.01	.06	. 12	.09	.06	.04	.07	.08	. . 0.8	.07
9 G	336.	. 08	OB.	.06	.09	.03	.01	.05	.09	.14	.05	.03	,03	05	.15	.08
9H	336.	. 14	0 B	.03	.07	.06	.02	.08	.07 .22 .07 .08 .09 .03	.08	.07	.03	.04	.14	.06	.06
91	336.	.05	.25	. 02	.01	.00	.02	.04	, 22	.04	.01	.02	.01	.04	.21	.05
9.1	336,	.04	206	09 04 09 06	.08	.06	.09	. 13	.07	.03 .05	.01	. 05	.04	.06	.08	.09
9.K		. 01	.01	.04	, 14	.13	.10	.08	. 08	.05	.02	05	.06	.07	.06	.09
91	336.	.05	, 05	.09	.07	.07	.08	12	09	.02	.02	.04	.04	.05	.08	.13
9 M	336.	. 05	03	.06	.07	. 13	, 15	. 13	.03	.01	.01	.10	.06	.07	.04	,07
9 N	336.	.07	, 05	.09	.05	.07	10	.09	,06	.04	.03	.04	.04	.10	.07	.09
. 90	336.	.00	01 05 03 05	. 0.5	.10	. 18	.11	.14	.04	.02	.01	.09	.08	.09	.03	.04
99	336.	0,00	,00	,03 ,10	.07	. 23	,19	.08	.02	.02	.01	. , 05	19	.03	.03	.04
90	336.	.06	,06	, 10	.08	.03	.22	.05	.05	.01	01	.03	.01	.05	.10	.15
98	336.	.08	.05	10	.08	.02	05	.06	.06	.07	.09	.05	.04	09	.05	.09

TABLEAU DES FREQUENCES CONDITIONNELLES PR(J # I)

NIJ=PIJ/PI

	POIDS	9.4	.98	90	90	9E	9 F	9 G	911	91	9.J	9 K	9L	9 M	9 N	90	9 P	96	98
PH1	400.	.07	.07	.10	.10	.08	.06	.07	.11	04	03	01	.04	.04	.06	.00	0.00	.05	.07
PHZ	405.	.08	.06	.12	.07	.03	, 05	.07	.03	.21	.05	.01	.04	.02	.04	.01	,00	.05	.04
PHS	404.	.07	.07	.04	.05	.07	0.9	.05	.02	.01	0.7	.03	.07	.05	.07	.03	.03	.08	.08
PH4	402.	.04	.05	.01	.03	.07	0.4	.07	02 05	01	,07	.11	.06	.06	.04	. 08	06	.07	.07
PH5	405.	.02	.03	0.1	.03	.03	.03	.02	.05	.00	.05	. 11	.06	.11	. 06	.15	.19	.03	.02
TU1	404.	.00	0.00	.00	.00	.02	.01	.02	.02	.02	.05 .08	.08	.07	, 13	08	.09	. 16	. 18	.04
TUZ	402.	0.0	.00	50.	.01	0.3	.05	.04	.02 .06	.00	. 10	.06	.10	.11	8.0	,12	.07	.04	.05
103	403.	01	.03	, 03	.03	.07	,10	.07	.06	. 19	.06	.07	. 07	.02	05	.03	.02	.04	. 05
104	403.	05	07	.13	0.3	. 10	.07	.11	.07	.03	.02	.04	.02	.01	.04	.02	.02	.00	.06
145	404.	.21	.17	. 94	.16	.06	.05	. 04	.06	.01	0.1	.02	.02	.01	.03	. 01	.01	0 0	.08
CTI	414.	,11	. 13	.04	.12	.08	, 03	.02	0.2	01	01	.04	03	.08	.04	.07	.04	.02	.04
CTZ	418.	.07	.05	. 15	.06	.09	05	.02	06 02 03	.01	. 04	.04	.03	.05	.03	.06	. 15	. 01	.04
CT3	377.	.02	.04	.03	.04	. 05	.07	.04	13	.03	.05	.06	.05	.06	.09	.08	.02	.04	.08
CT4	403	.02	.03	.12	.03	.03	.06	.12	.05	.18	.07	.05	.06	.03	,05	.02	. 02	.08	.04
CT5	404.	.05	.03	.00	.02	0.5	.05	.07	, 0,5	.04	08	.08	. 11	06	.07	. 04	.03	.12	.08

TABLEAU DES CONTRIBUTIONS DE LA PAIRE (I,J) A L INERTIE DU NUAGE

NIJm(PIJmPI*PJ)**2/PI*PJ)/INERTIE TOTALE

	PRI(I	94	98	90	9D	9 E	9 F	9 G	9 H	9 [93	9 K	91	9 M	91	90	99	96	9 R
PH1	400	. 7	. 3	4.1	4.1	1.4	. 1	3	8.3	. 6	1.0	5.4	. 6	. 6	. 0	6,6	7,3	1	. 3
SHq	405	1.0	. 0	9.4	. 3	1.0	• 0	. 3	1,3	54,9	. 0	4.4	. 4	2.6	. 3	4.0	6.7	0	, 3
PHE	404	4.	. 6	. 8	• 0	, 3	3.1	. 2	2.3	3,9	. 6	1.0	. 8	, 0	. 8	1.9	1.9	1.6	1.6
PHA	402,			3,9	1.6	, 3	. 8	. 7	, 0	4,4	, 5	8,2	. 0	. 0	. 3	1.4	. 0	3	. 3
PHS	405		1,3	5.0	1.3	1.6	1.3	2.3	0	6.7	• •	6.7	. 1	6.1	.0	22.7	41.6	1,9	3.5
TUI	404		7,3	6,1	6,7	2.6	5.0	5,0	3.0	3.5	1.1	1.6	. 3	11.9	1.9	3,5	26.4	37,2	6
SUT	402.		6,7	2.2	4.9	1,3		. 4	٤٠	1,6	5,7	. 5	4,6	6.2	1,1	9.6	. , 5	. 3	• 0
103	403		1,6	1.9	1.9	.5	4.0	. 6	1	40.4	. 0		. 6	2.2	. 0	1.0	3,5	• 4	. 0
704	403			34,5	1.3	4.0	, 6	8.1		1.3	2.2	* 3	3.0	4.9	8	-3.5	3,5	0.1	0
TUS	404,		32.9		25.1	. 0		2.0	2 4	4.4	4.4	3.0	3.0	5.0	1.9	4.4	4,4	2 0	1,1
CTI	414.		11.9	21 2	8,9	1.2	1.2	2,4	2.4	4.1	1.0	. 5	1.7	1.2	, 9	• /	23.4	2,4	• 4
CT2	377		, , , , ,	1 0	• 1	3.1	. 0	2.8	11.4	1,2			1.8	• 1	2.7	1.3	2,2	5.2	1 3
CT4	403		1.3	2.6	1.6	1.3	3	11.1	ō		0	. 0	. 2	1,3	0	2.2	2.6	1.3	7.7
CT5	404		1.9	6.1	2.3	2.6		.3	. 2	4	1.1	1.1	6.8	ŏ	. 6	. 8	1.3	11.1	1.1

INERTIE TOTALE DU NUAGE .5061460E+00

***	***	***	***	***	A		. *											
	9 4	98	ė C	90	9E	. 9F	96	9 H	- 9 I	91	9K	19L	:9 M	98	490	98	90	'9R
9 A 🕒																		
98	.31																	
9 C	1.10	1.03								•			•		4			
90	36	. 23	.89															
9 E		.69	. 73	.64														
9 F	1.01	.86	.96	.82	47													
9 G	1.14	1.00	1.00	.96	67	.50												
9 H	1.09	.96	1.08		.62	.54	.67											
91	1.69	1.60	1.52	1.55	1,40	1.14	1.04	1.37						,				
9 J	1.24	1.12	1.25	1.11	76	,59	.71	.74	1,26									
9 K	1.32	1,18	1,35	1.19	. 81	.79	.85	.81	1.48	,51								
9 L	1,25	1.16	1,32	1.14	.83	.60	.73	.75	1.28	.21	,52							
9 M	1,34	1.22	1,39	1.20	. 92	.92	1,08	.90	1,62		54	,58						
9 N	1,16	1.04	1.20	1.01	.70	.52	.71	,56	1,31	.30	.56	. 34	.51					•
90	1.44	1,31	1.46	1,30	1.01	1.03	1.18	.98	1.71	.70	,51	.76	.39	.72				
99	1,62	1,55	1,55	1,53			1.49		1,96		. 87	1,12	.76	1,09				
90	1.48	1.41	1.57	1.40	1,15		1.04				. 83	,65	.76	, 65	1.07	1.22	. 2	
9 R	. 86	.75	1.05	.74	,50_	.37	.59	•50				-54	.81	.42	.97		.86	·9R
	ABCDEFGHIJKLMN0P9	9A 7B 7B 7C 1.10 9D .36 9E .87 9F 1.01 9G 1.14 9H 1.69 9J 1.24 9K 1.32 7L 1.25 9M 1.34 9N 1.45 9N 1.46 1.46	9A 98 9B 31 9C 1.10 1.03 9D .36 .23 9D .87 .69 9F 1.01 .86 9G 1.14 1.00 9H 1.09 .96 9H 1.69 1.60 9H 1.32 1.18 9L 1.25 1.16 9H 1.34 1.22 9N 1.16 1.04 9P 1.62 1.55 9Q 1.48 1.41 9R .86 .75	9A 98 9C 9A 31 9B 31 9C 1.10 1.03 9D .36 .23 .89 9E .67 .69 .73 9F 1.01 .86 .96 9G 1.14 1.00 1.00 9H 1.09 .96 1.08 9H 1.69 1.60 1.52 9H 1.32 1.18 1.35 9K 1.32 1.18 1.35 9K 1.32 1.18 1.35 9K 1.32 1.18 1.35 9K 1.32 1.18 1.35 9H 1.34 1.22 1.39 9N 1.16 1.04 1.20 9P 1.62 1.55 1.55 9Q 1.48 1.41 1.57 9R .66 .75 1.05	9A 9B 9C 9D 7A 7B .31 7C 1.10 1.03 7D .36 .23 .89 7F 1.01 .86 .96 .82 7G 1.14 1.00 1.00 .96 7H 1.09 .96 1.08 .86 7H 1.09 .96 1.08 .86 7H 1.09 .96 1.08 .86 7H 1.32 1.18 1.35 1.19 7K 1.32 1.18 1.35 1.19 7K 1.32 1.18 1.35 1.19 7K 1.34 1.22 1.39 1.20 7H 1.04 1.25 1.16 1.32 7H 1.34 1.25 1.39 1.20 7H 1.34 1.25 1.39 1.20 7H 1.34 1.35 1.39 7H 1.34 1.35 1.35 1.39 7H 1.34 1.35 1.35 1.30 7H 1.36 1.37 1.40 7H 1.48 1.41 1.57 1.40 7H 1.48 1.41 1.57 1.40 7H 1.48 1.41 1.57 1.40	9A 98 9C 9D 9E 7A 7B 7B 7B 7B 7C 1 10 1 03 7D 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B	9A 98 9C 9D 9E 9F 7A 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 7A 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 9H 7A 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I A	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 7A 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 9K 7A 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 9K 9L 7A 7B 7B 7B 7B 7C 1 10 1 03 7C 1 10 1 08 7C 7C 7C 7C 7C 7C 7C 7C 7C 7	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 9K 9L 9M 7A 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B 7B	9A 9B 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 9K 9L 9M 9N 9A 9B 9B 9B 9B 9C 9B 9B 9C 9B	9A 98 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 9K 9L 9M 9N 90 9A 31 9C 1.10 1.03 9D .36 .23 .89 9E .87 .69 .73 .64 9F 1.01 .86 .96 .82 .47 9G 1.14 1.00 1.00 .96 .67 .50 9H 1.09 .96 1.08 .86 .62 .54 .67 9I 1.69 1.60 1.52 1.55 1.40 1.14 1.04 1.37 9J 1.24 1.12 1.25 1.11 .76 .59 .71 .74 1.26 9K 1.32 1.18 1.35 1.19 .81 .79 .85 .81 1.48 .51 9L 1.25 1.16 1.32 1.14 .83 .60 .73 .75 1.28 .21 .52 9H 1.34 1.22 1.39 1.20 .92 .92 1.08 .90 1.62 .50 .54 .58 9N 1.16 1.04 1.20 1.01 .70 .52 .71 .56 1.31 .30 .56 .34 .51 9O 1.44 1.31 1.46 1.30 1.01 .03 1.18 .98 1.71 .70 .51 .76 .39 .72 9P 1.62 1.55 1.55 1.53 1.25 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 1.09 .67 9P 1.62 1.55 1.55 1.53 1.25 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 1.09 .67 9P 1.62 1.55 1.55 1.53 1.25 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 1.09 .67 9P 1.62 1.55 1.55 1.53 1.25 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 1.09 .67 9P 1.62 1.55 1.55 1.53 1.25 1.55 1.02 1.04 1.11 1.45 .65 .63 .65 .76 .65 1.07 9P 1.68 .75 1.05 .74 .50 .37 .59 .50 1.33 .53 .71 .54 .81 .42 .97	9A 9B 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 9K 9L 9M 9N 90 9P 9A 9B 31 9C 1.10 1.03 9D .36 .23 .89 9E .87 .69 .73 .64 9F 1.01 .86 .96 .82 .47 9F 1.01 .80 .96 .82 .47 9H 1.09 .96 1.08 .86 .62 .54 .67 9H 1.09 .96 1.08 .86 .62 .54 .67 9H 1.09 .96 1.08 .86 .62 .54 .67 9H 1.25 1.16 1.52 1.55 1.40 1.14 1.04 1.37 9J 1.24 1.12 1.25 1.11 .76 .59 .71 .74 1.26 9K 1.32 1.18 1.35 1.19 .81 .79 .85 .81 1.48 .51 9L 1.25 1.16 1.32 1.14 .83 .60 .73 .75 1.28 .21 .52 9M 1.34 1.22 1.39 1.20 .92 .92 1.08 .90 1.62 .50 .54 .58 9N 1.16 1.04 1.20 1.01 .70 .52 .71 .56 1.31 .30 .56 .34 .51 9O 1.44 1.31 1.46 1.30 1.01 1.03 1.18 .98 1.71 .70 .51 .76 .39 .72 9P 1.62 1.55 1.55 1.55 1.55 1.55 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 1.09 .67 9P 1.62 1.55 1.57 1.57 1.58 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 .65 1.07 1.22 9P 1.48 1.41 1.57 1.40 1.15 1.02 1.04 1.11 1.45 .65 .83 .65 .76 .65 1.07 1.22 9P .86 .75 1.05 .74 .50 .37 .59 .50 1.33 .53 .71 .54 .81 .42 .97 1.32	9A 9B 9C 9D 9E 9F 9G 9H 9I 9J 9K 9L 9M 9N 9O 9P 9G 9A 31 9C 1.10 1.03 9D .36 .23 .89 9E .87 .69 .73 .64 9F 1.01 .86 .96 .82 .47 9F 1.01 .86 .96 .82 .47 9F 1.04 .80 .96 .80 .60 .54 .67 9H 1.09 .96 1.08 .86 .62 .54 .67 9H 1.09 .96 1.08 .86 .62 .54 .67 9H 1.69 1.60 1.52 1.55 1.40 1.14 1.04 1.37 9J 1.24 1.12 1.25 1.11 .76 .59 .71 .74 1.26 9K 1.32 1.18 1.35 1.19 .81 .79 .85 .81 1.48 .51 9K 1.32 1.18 1.35 1.14 .83 .60 .73 .75 1.28 .21 .52 9M 1.34 1.22 1.39 1.20 .92 .92 1.08 .90 1.62 .50 .54 .58 9N 1.16 1.04 1.20 1.01 .70 .52 .71 .56 1.31 .30 .56 .34 .51 9O 1.44 1.31 1.46 1.30 1.01 1.03 1.18 .98 1.71 .70 .51 .76 .39 .72 9P 1.62 1.55 1.55 1.55 1.25 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 1.09 .67 9P 1.62 1.55 1.55 1.55 1.55 1.25 1.35 1.49 1.36 1.96 1.08 .87 1.12 .76 1.09 .67 9P 1.62 1.55 1.55 1.55 1.55 1.05 .74 .50 .37 .59 .50 1.33 .53 .71 .54 .81 .42 .97 1.32 .86

	-																	 G
																		è
																		7
1					.) () () () (Z
			e B														-	0
1														i.				Σ O
																	:	\$ *
			9															Ģ.
NOILI					i i												16	10
PART	CHIE															96	96	9
200	LA HIERARCHIE												i		6		ž	5
~																96	96	36
ORDRE	SSES DE							8						9	9	6	<u>р</u>	0
R O	CLAS										9			9 T	2 5	<u>т</u>	Q.	G.
CENTRE	න ස ට		9							O O	E C	0	0	96	06	ე გ	ပ	ပ္
OYEN	PILON			7	4			<u>о</u>	06	96	9E	5	Σ Ο	<u>Б</u>	Σ	∀ 6	46	∀ 6
20	DESCRI	9	6	0	0	0	06		0	9	6	7	0	or Or	0	60 67	6	œ :
TIC		6	0	Z		b (b)s (0	er er	9	BOC I	loc i	0	G G	ပ (၁	о. О	0.6	6	G G
IHIX	(7)	~	~			~	- N	-	2	. 7				49				- 8 - 7 - 7
X N	8 (C) 8	0	a l	19:		9	151	150	2	80	7	17 :	261	60	. es ((32
EGATI	A (C) A	121	7	1 4	-		1 K 3	231	-	25.5		211	161		30 S	221	"	
O AGR	(3)	9 100 100	100	003	4	700	004	007	600			016	in :	3 . so :		9	90	7 4
CRITERE			20:	211	221	•								314	321	((35:
CRI)) 		•					-		-) ~				

TABLEAU DES FREQUENCES CONDITIONNELLES PR(I + Q)

NOI#PIQ/PO

N	PRG(N)	PHI	PH2	PH3	PH4	PH5	TUI	TUZ	TU3	TU4	TUS	CT1	CTZ	CT3	CT4	CT5
19	672	04	.06	.09	.08	0.7	.09	.12	.08	.03	.02	. 04	.04	.06	. , 08	. 11
20	672	.10	.07	.07	.05	.04	.00	. 01	.03	.09	.20	. 15	.07	. 04	.04	.03
51	1008	09	.06	09	.07	.07	.09	. 11	.07	, 03	. 02	.04	. 04	.07	.08	. 10
5.5	1008	09	0.8	.08	.05	, 03	.00	.01	.03	.08	, 22	. 14	.08	.04	.03	.04
23	672	0.8	.06	10	.06	.03	.03	.06	.09	.08	.08	.05	.06	.09	.07	.08
24	672	.03	.02	. 05	.08	.15	.13	. 14	.04	.02	01	.09	. 07	.08	.03	.06
25	1008	. 08	05	.10	0.7	.03	.03	.05	09	.09	.07	.06	.07	08	. 06	.06
26	1008.	0.2	605	05	.10	. 15	.12	. 12	05	.03	.02	.08	.07	08	.04	,07
27	1344	.10	05	0.8	.07	. 04	.03	.06	.08	. 09	. 0.7	.06	.07	09	.06	.06
85	1680	.09	.06	.07	.07	0.4	.02	.06	.08	. 10	07	.05	.06	08	.08	. 06
29	1344	05	06 02 07	609	.07	.06	.12	.10	.07	, 03	.02	. 04	,03	.07	.08	. 11
30	1344.	.01	\$ 02	.04	. 09	. 17	.14	.11	.04	.03	.02	.07	.10	.06	04	.06
31	2016	.10	07	.07	.06	.03	.02	.05	.08	, 12	,07	.06	.08	. 08	.07	.05
32	2688,	.03	.04	, 07	.08	.11	.13	.10	.06	.03	.02	.06	.06	.06	.06	. 09
33	3024,	.10	07	07	.06	.03	.01	.04	,06	11	, 12	,08	08	06	.06	. 05
34	3360.	.09	. 09	.07	.05	.03	.02	.04	., 08	.10	. 11	. 08	.07	06	.07	. , 05

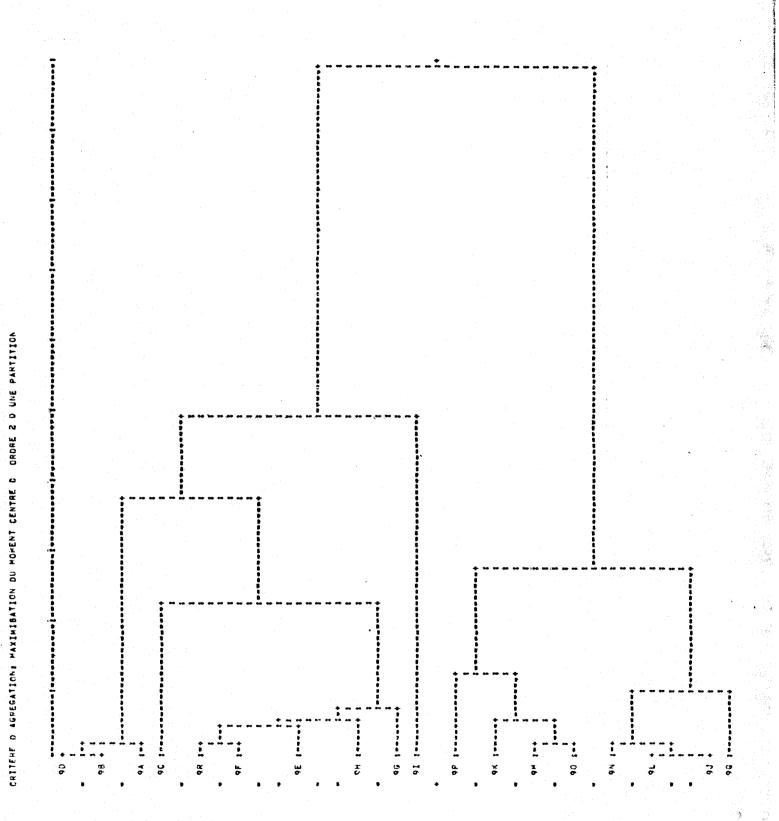
CONTRIBUTIONS DES INDIVIDUS A LA DISTANCE DES CLASSES DE LA HIERARCHIE AÇJA AU CENTRE DE GRAVITE DE L'ENSEMBLE J

N	RH	10++2	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	TU1	TUZ	TU3	TU4	TUS	CTI	CT2	CT3	C14	C15
19		. 18	-,01	00	.01	.00	0.00	.01	.05	.00	02	03	01	· . 0 1	.00	.00	.03
20		,57	50.	.00	.00	01	01	-,06	05	02	. 01	, 26	.09	.00	w. 01	·m . 01	S0.*
15		.14	00	∞ ,00	.01	.00	.00	.01	.03	.00	-,02	-,03	01	0i	.00	.00	.02
5.5		. 64	.01	.00	.00	⇒. 0.0 .	-,02	₩.06	₩,05	 03	.00	. 33	.08	.00	01	02	01
5.3		, 10	.00	.00	. 02	■ () 0	-,02	= 02	-,00	.01	.00	. 00	-,01	00	.01	-,00	.00
24		. 44	.03	•,03	- 01	.00	15	.06	.07	. 01	04	-,04	.01	.00	.01	.02	-,00
25		, OB	.00	= 00	.01	.00	-,02	-,02	00	.01	.01	.00	00		.00		
26		.34	03	-,03	₩,01	.02	. 10	. 04	.04	-,00	*.02	04	.00	.00	,00	01	.00
27		.09	. 01	* ,00	.00	.00	-,01	02	00	.00	.01	.00	•.00	•.00	.02		• .00
85		.09	.01	00	.00	.00	01	03	• .00	.00	.01	.00	·• , 0 0	•.00	.01	.00	• .00
29		.20	 00	-,00	.01	.00	•,00	.05	.01	.00	02	•.03	-,01	₩,02	.00	.00	.03
30		45	-,04	- 04	-,01	.01	.15	.08	.03	-,01	* ,02	04	.00	.01	.00	• . 01	₩,00
31		, 11	01	.00	.00	••00	.02	03	•,00	.00	.04	00	00		.00	.00	•.00
32	100	. 55	02	-,01	• 00	.00	.03	.06	.02	• • 00	02	04	•,00	•.00	.00	00	. 01
33		.16	.01	,00	,00	00	-,02	04	-,01	•.00	.02	.04	.00	.00	.00	•.00	00
34		.14	.01	.01	.00	••00	02	-,04	-,01	.00	.02	,02	.00	.00	·· • 0 0	.00	· • • 0 6

CONTRIBUTIONS RELATIVES DES CLASSES Q DE LA HIERARCHIE

A LA DISTANCE DE LA CLASSE AU CENTRE DU NUAGE

N	RHO##2	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	TUI	TUZ	TU3	TU4	TUS	CTI	CT2	C13	CT4	CT5
19	.18	04	01	.04	.01	0.00	.03	, 25	.01	-,13	18	-,05	07	· * , 00	.02	.16
20	.57	03	0.0	.00	01	02	11	■ 0.9	- 03	80	.46	.17	.00	₩,01	02	-,03
21	.14	02	- 01	05	.00	.00	.06	5.5	.00	.12	- 20	06	-,09	.01	.01	. 14
5.5	64	.02	.00	.00	.01	-,03	10	.08	- 04	10.	,53	.13	.00	· • 0 1	03	-,02
23	.10	.02	01	. 22	.00	=,21	21	·w , 00	.08	.02	01	07	.03	.10	·• .00	.02
24	.44	06	07	w.01	.01	. 27	.14	. 16	03	w.09	10	.02	.00	. 01	04	. 00
25	.08	.05	03	. 15	.00	o.55	*. 26	.03	.08	.10	.01	00	,00	.04	02	- ,00
26	.34	09	10	02	.05	.28	,13	. 11	·# , 01	m, 06	m. 11	.00	.00	.01	· * , 02	.00
27	,09	. 16	• 05	.03	.00	*,13	w.26	01	05	.08	.01	03	·•,00	.18	01	-, 01
28	.09	,12	• 02	.01	.00	-,14	29		.05	. 16	.00	05	-,02	, 09	.02	-, 00
29	.20	. 01	.01	0.4	.00	· • • 0 0	. 23	.07	.00	12	-,17	05	•.10	.00	.01	.17
30	45	= 09	w 09	02	.05	. 34	.18	.06	02	-,05	•,09	,00	.03	.00		= , 00
31	.11	.13	. ,00	.00	· 🕶 🛊 Q 🛈	15	27	05	.01	.33	• 00	02	.01	.02	.00	4, 02
32	. 22	.07	-,06	* ,00	. 02	, 15	. 28	.09	• 01	*,11	-,16	01		.00	· · • 00	, 03
33	. 16	.09	.00	,00	01	-,11	-,26	.08	. 01	14	. 23	.03	.01	.00		-,03
34	.14	.07	.06	.00	a.05	-,15	85. *	··· , 09	.01	. 11	, 16	.01	00	00	00	-,03



NOMBRE DE TERMINAUX DEMANDES # 5

NIVEAU # 219

ECART AVEC LA PARTITION SUIVANTE # .096

ECART AVEC LA PARTITION PRECEDENTE .052

444*****	****
*	* 9P *
	* 9K *
* *	# 9M #
~ #	* 90 *
****	and the second s
. 2	* *
	# 90 W
	* 98 *
A	* 94 *
*****	***
• 3	*
•	* 9N *
•	* 9L *
t in the second	* 91 *
	* 90 *

	*
t	* 9C *
	* 9R *
	* 95 *
	# 9E #
	* 9H * 9G *
	* 75 *
5	*****************
7 a., 7	* 91 *
*****	*****

CRITERE D AGREGATION: MAXIMISATION DU MOMENT CENTRE D ORDRE 2 D UNE PARTITION

		******	 	 			 i		 	
- 0				*****			 •	- 	 - c	
Ť					1					

					•					
0	004	1000000	 	 	• •					
_							 		 ·:	
•						1	 		 	
0	005		 	 *******	****					
										i
•		7.								12 - \$ K
^	~ ^ 1		123272	 <u> </u>						
V	6 a T	I ammanan	 	 •						
				-	********				 	
				i.						
Δ	404			 4						

```
SECOND EXEMPLE D UTILISATION DE LA CAH
       18
   3
            1
   5
 (1X,A4,1X,4F9.5)
        4
                                                           0
                                                                0
                                                                    5
   2
            1
                      1
                               0
                                    0
                                        0
                                             0
                                                  0
                                                      0
***1***2***3
          05556
                                          .26759
  9 4
                     .69246
                               .43225
          ,05556
                                          .20249
  9 B
                     .61758
                               .36968
          05556
                               .14266
                                        -.62770
  90
                     .60092
                                         .09417
          ,05556
                     .63010
                               .33550
  9 D
          .05556
                     .26210
                               .13846
  9E
                                        -. 14944
          05556
                     .17456
  9F
                              - 19396
                                        -.00088
          .05556
                              -. 37290
                                        -,04363
  9 G
                     .21551
                              -.05338
                                         .05279
          ,05556
                    .10729
  9 H
  91
          .05556
                    .27635
                             -1,09200
                                        -,25816
          .05556
                              -.17166
                   -,30231
                                         .09553
  9J
                               .04368
                                        -,00691
          .05556
  9K
                   -. 43664
                              -19989
                                          .17071
                   -,31685
  9L
          .05556
          ,05556
                               .19303
                                          .04128
  9 M
                   -.54192
                              -.09714
                                          ,13310
                   -,22733
  9 N
          .05556
                               .29267
  90
          ,05556
                   -.61303
                                        -,12791
  9 P
          .05556
                               .52504
                                        -.41565
                   -.76233
          .05556
                              -.26187
  90
                   -,49787
                                         .33959
```

-.03017

.12139

9R

.05556

.23301

CONTROLE DES PARAMETRES DU PROGRAMME

SECOND EXEMPLE D UTILISATION DE LA CAH

CARDI 3 CARDJ 18

```
NTMAXE 1
BMAX= -0.
AAMAX# #0.
BBMAX= =0.
IENTRE 2
KPAS= 4
IDIST# 1
TULTRAM 0
IPROF= 2
TTRACES 0
IDBEN= 0
ITAB= 0
IERIJ= 0
IPRISJ=
IPRJSI=
        . 0
IPRISQ=
IC1= 0
IC2= 0
TLEC 10
IPUNCH# 0
FORMAT DE LECTURE : (1x, A4, 1x, 4F9,5)
NOMBRE DE CRITERES D'AGREGATION UTILISES 1
```

CRITERE D AGREGATION: MAXIMISATION DU MOMENT CENTRE D ORDRE 2 D UNE PARTITION

TAR	LEAU DES	DIST	NCES	100														
***	****	***	***	****	*				_		1				-		••	
	9 A	98	9 C	90	9 E	9 F	96	9 H	91	9,1	9 K	9 L	9 M	9 N	90	·9P	90	98
9 A																		
98	.12																	
90	. 95	.86																
90	.21	.11	.75															
9 E	.67	. 55	.59	.48														
9F	.86	.75	.83	.70	.37													
9 G	99	88	.87	.83	52	.19												
9 H	79	.68	86	.65	.32	.16	35											
91	1.67	1.57	1.33	1.51	1.24	94	.75	1.10										
9.J	1.18	1.07	1.20	1.06	.69	49	.57	. 43	1.14									
9K	1,23	1.12	1.21	1.11	.72	.66	.77	.56	1.36	.27								
9 L	1.19	1.09	1,26	1.09	74	.52	.60	. 46	1,15	.08	. 32							
9 M	1.28	1.18	1.33	1.18	83	.82	.95	. 69	1.55	44	. 19	. 47						
QN	1.07	97	1.15	.96	61	43	.55	. 35	1,18	.11	.29	1.4	.44					
90	1.37	1.28	1.32	1.26	89	93	1.07	8.2	1.65	60	. 33	65	.21	61				
9 P	1.61	1.52	1.43	1.49	1,13	1,25	1.38	1.14	1.93	98	71	1.03	.61	99	.40			
90	1.38	1.29	1.52	1.30	99	76	82	70	1,28	33	47	26	.55	. 38	73	1,12		
98	74	.64	1.00		44	.29	45	18	1.18	47	61	.47	7.3	.37	88	1,23	.67	
.yr	94	98	90	•64 90	9E	95	96	9.H	91	9.3	9.6	9L	9.4	9N	90	9.9	90	98
	. 7A	70	70	70	7 60	71	7.0	7.11	7.0	., ,	713	, .	A. L.	711	, 4		, -	, , , ,

INERTIE TOTALE DU NUAGE

40125032E+00

		SCALP LUN URS CITAGORO UN LA DIENANÇALE	-			e B		Y	i,			Ω.		×	5 00	10 No 36 Ho W	α	90 9P 9G	
	00000000000000000000000000000000000000	1	٠, i			2 2 3 6 ts.	i i inc	¥		*		Ω	α	 		α	α	×	
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0					g B								E		5	5	Σ	
		1		-	3:		 											-	
			108	2.	6	. 0			i Ni	i ທ	17	25.			 M	1 7		331	
			*	3 I		1 · · · 1 · · · 1 · · ·			: : :				i e	- vo	8 ++ : 8 ++ :		. ~ ∶		ě

TABLEAU DES COORDONNEES DES VARIABLES DANS L'ESPACE FACTORIELX1000

TABLEAU DES VALEURS PROPRES X1000 AXES FACTORIELS

AXES FACTORIELS

	1	5	3	
9.4	692	432	268	
98	618	370	202	
90	601	143	*628	
90	630	335	94	
9E	262	138	-149	
9F	175	-194	-1	
9 G	216	-373	₩ 44	
9H	107	-53	53	
91	276	-1092	-258	
9 J	⇒ 302	-172	96	
9 K	-437	44	-7	
91_	-317	-200	171	
9 M	-542	193	41	
9 N	~227	-97	133	
90	#613	293	-128	
92	* 762	525	=416	
90	-498	-262	340	

121 -30

9R

1 2 3 211 133 57

TABLEAU DES COORDONNEES DES CLASSES DANS L'ESPACE FACTORIELX1000

233

AXES FACTORIELS

		1	5	3 ·	
N	19	-310	-186	133	
N	20	624	353	148	
N	21	-282	-156	133	
N	22	141	-124	26	
N	23	647	379	188	
N	24	-489	118	17	
N	25	134	-93	95	
N	26	-531	176	-31	
N	27	-336	-183	185	
N	28	155	-163	60	
N	29	176	-102	18	
N	30	-588	264	-127	
N	31	635	320	-16	
N	32	-52	-138	92	
Ņ	33	-19	-233	57	
N	34	-182	=91	5	
N	35	- 0	0	⇒ 0	

TABLEAU DES COS CARRES DES ANGLES
DES RAYONS DES CLASSES AVEC LES AXESX1000

AXES FACTORIELS

		R02	1	2	3
N	19	148	647	233	120
N	20	535	727	232	41
N	21	122	654	200	146
N	22	36	554	427	19
N	23	597	700	241	59
N	24	254	944	55	1
- N	25	36	507	240	253
N	26	314	898	99	3
N	27	180	626	185	189
N	28	. 54	443	490	67
N	29	42	741	250	8
N	30	432	802	161	38
N	31	506	797	202	Ö
N	32	30	88	030	282
N	33	58	6	938	56
N	34	41	797	202	ō

TABLEAU DES CONTRIBUTIONS ABSOLUES MUTUELLES X 10000

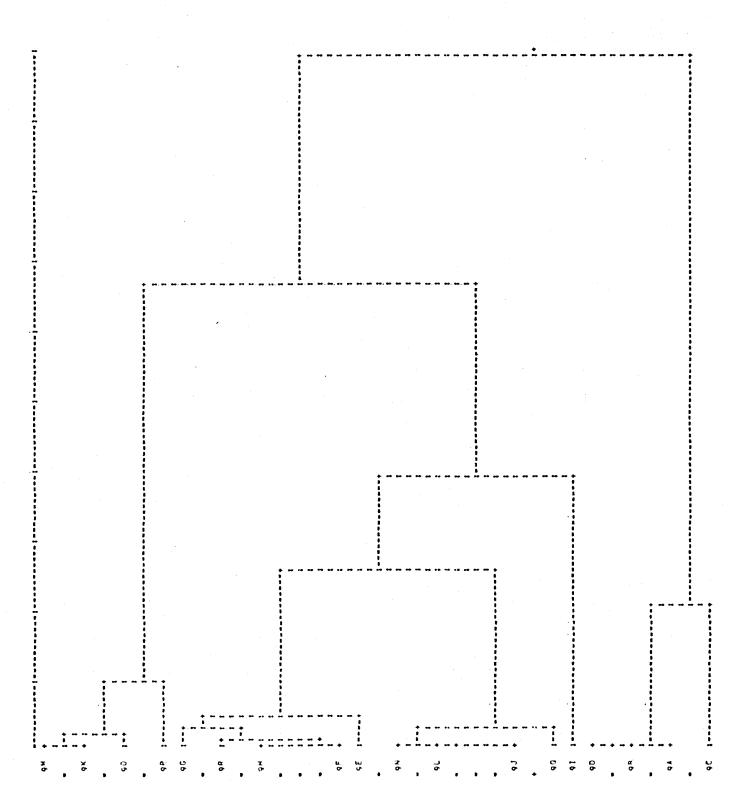
AXES FACTORIELS

		PRJ	NIVEAL	1	5	3
N	19	278	2	0	0	2
N	20	278	4	0	0	3
N	21	370	5	3	3	0
N	5.5	278	8	1	5 2	1
N	23	370	9	- 2	2	5
N	24	278	1.0	3	6	1
N	25	370	19	0	3	16
N	26	370	25	6	11	8
N	27	417	42	19	- 5	18
N	28	417	44	3	33	8
N	29	444	65	5	40	20
N	30	417	135	5.5	51	62
N	31	417	301	. 1	23	277
N	32	1235	366	324	8	34
N	33	500	570	54	455	61
N	34	1587	962	515	392	54
N	35	1729	1446	1153	293	1

TABLEAU DES CONTRIBUTIONS RELATIVES
DES FACTEURS AUX NOEUDSX1000

TABLEAU DES CONTRIBUTIONS RELATIVES
DES NOEUDS AUXFACTEURSX1000

					AXES	FACTO	RIELS						AXES	FACTORIELS
		PRJ	NIVEAU	1,1	5	3				PRJ	NIVEAU	1	5	3
N	19	2.8	0	32	120	849		N	19	28	0	0	0	3
N	20	28	Q	12	89	899		N	20	28	0	0	. 0	6
N	21	37	1	463	537	Ó		. N		37	- 1	1	2	0
N	5.5	28	1 .	167	727	106		N	22	28	i	ì	4	1
N		37	1	186	251	563		N	23	37	i	ĭ	2	9
N	24	28	1	310	625	65		N	24	28	i	1	Š	1
N		37	ž	7	168	825		N	25	3.7	ž	ŏ	ž	28
N	20	37	2	229	455	315		N	26	37	2	3	8	14
N	27	42	4	464	111	425		N		42	4	9	3	31
N	. 28	42	4	63	753	184		Ň	28	42	4	- 1	25	14
N	29	44	6	79	620	301		N		44	6	Ž	30	34
N	30	42	1.3	166	376	458		, N	30	42	13	11	38	108
N	31	42	30	3	77	920		N		42	30	Õ	18	487
N	32	123	37	885	2.2	93		N	32	123	37	153	6	60
N	33	50	57	94	798	108		N	4.7	50	57	25	342	108
N	100	159	96	536	408	56		N	34	159	96	244	295	95
N	35	173	145	797	202	0		N	***	173	- ,	546	220	ĩ



CRITERE D AGREGATION! MAXIMISATION DU MOMENT CENTRE D. ORDRE 2 D LNE PARTITION

NOMBRE DE TERMINAUX DEMANDES = 5
NIVFAU = .208
ECART AVEC LA PARTITION SUIVANTE = .115
ECART AVEC LA PARTITION PRECEDENTE .045

****	***	r pk
*		*
·#	9 G	*
*	9 R	Ħ
*	9H :	×
•	9 F	*
*	9 E	#
*****	****	*
*		*
*	9.M	×
*	9 K	Ħ
* '	90	Ħ
* ,	9 P	*
*****	****	r pk
*		*
*	9 N	*
*	9 L	×
* .	9 J	×
*	9 Q -	*
****	****	ĸ
*		*
*	9 I	*
*****	***	*
*		Ħ
*	9 D	*
*	98	*
*	94	Ħ
*	9 C	*
******	****	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	9 G 9 R 9 R 9 P 9 P 9 P 9 P 9 P 9 P 9 P 9 P

CRITERE D AGREGATION: MAXIMISATION DU MOMENT CENTRE D ORDRE 2 D UNE PARTITION

001				
	• •			1
003 : **********************************	; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ;	an 45 ga 40 40 30 80 40 40 80 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40 40	! ! +	1
04				