OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Service hydrologique

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION DE L'ÉQUIPEMENT
ET DE L'HYDRAULIQUE

ÉTUDE DE L'EXTENSION RATIONNELLE DU RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

1. Rapport méthodologique

par

Pierre DUBREUIL

PARIS 1968

OFFICE de la RECHERCHE
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE
OUTRE-MER

Service Hydrologique

MINISTERE de l'AGRICULTURE

Direction de l'Equipement et de l'Hydraulique

ETUDE de l'EXTENSION RATIONNELLE du RESEAU HYDROMETRIQUE du MINISTERE de l'AGRICULTURE

1. Rapport méthodologique

par

Pierre DUBREUIL

Chef du Département de la Recherche Appliquée

PARIS, 1968

TABLE DES MATIERES

Page

Au sein du Ministère de l'Agriculture, il existe déjà, au début de 1968, plus de 500 stations hydrométriques dont la gestion est assumée dans le cadre de structures départementales et régionales. Ces stations ont été conçues pour répondre à des besoins locaux, en dehors de toute considération de réseau.

Les attributions du Ministère de l'Agriculture en matière d'inventaire des ressources en eau superficielle et en matière de Service Hydraulique rendent nécessaire une extension du nombre de ces stations hydrométriques, vers un objectif approximatif de 1 000 stations. Une telle extension ne peut être entièrement laissée à l'initiative des structures locales ; il importe qu'elle soit harmonisée à l'échelle nationale, dans une optique de réseau.

Concevoir rationnellement un réseau hydrométrique, c'est rechercher au moindre coût la collecte du maximum d'informations de qualité requise. Cette conception constitue la raison d'être et l'objectif de la présente étude.

Initialement, ce marché d'études était envisagé pour définir avant toute chose le type d'équipement limnigraphique le mieux adapté aux nécessités modernes de l'Agriculture. On pensait alors que le parc existant n'excédait pas 200 à 250 limnigraphes et que, par conséquent, l'équipement futur était plus important.

Aujourd'hui, après des retards d'ordre administratif dans la passation du marché, force est de constater que l'existence du parc actuel de 500 limnigraphes représente un problème d'importance égale au problème de l'équipement futur.

Il y a donc deux problèmes : rationaliser l'exploitation des stations existantes et choisir l'équipement des futures stations, deux problèmes à résoudre de manière coordonnée et dans l'optique d'une automatisation aussi poussée que possible.

Le plan du rapport d'étude n'est pas modifié, mais le contenu tient compte de cette dualité des objectifs.

L'examen de la situation actuelle du réseau hydrométrique et des conditions spécifiques de son extension fait l'objet d'un premier chapitre, qui pose en quelque sorte le problème.

Dans un second chapitre, on présente les dispositifs existants ou en cours d'étude aux divers plans horizontaux suivants (Cf. fig. 1) :

- observation des niveaux des cours d'eau,
- collecte des données d'observations,
- transformation des niveaux ou hauteurs en débits,
- élaboration des données de base relatives au débit,
- classement et publication des données élaborées.

Cette présentation, pour des raisons de méthodologie, est la plus exhaustive possible, mais elle ne comporte de développement que sur les dispositifs susceptibles d'être utilisés dans le réseau examiné.

Un troisième chapitre offre une synthèse en assemblant ces divers dispositifs, selon leurs compatibilités, en combinaisons verticales préfigurant, sous l'aspect technique, les organigrammes possibles de gestion du futur réseau hydrométrique. L'accent y est mis sur la possibilité d'automatiser les multiples opérations.

Il est tenu compte, dans l'ensemble de l'étude, des améliorations éventuelles des dispositifs existants et des créations envisageables à court terme de nouveaux dispositifs. Un réseau hydrométrique important ne peut être mis sur pied qu'en plusieurs années et ne doit pas être figé sur des bases techniques anciennes, susceptibles d'être périmées ou dépassées demain.

L'aspect financier et économique est seulement effleuré dans cette étude. Il sera examiné en détail lors de l'étude ultérieure consacrée aux combinaisons verticales dégagées ici et répondant le mieux aux besoins du Ministère de l'Agriculture, étude destinée à préciser le schéma d'organisation et de gestion du réseau et le calendrier de réalisation du programme d'extension.

La présente étude correspond ainsi à un rapport méthodologique, auquel fera suite un rapport de mise en oeuvre.

La réalisation pratique de cette étude a comporté deux phases :

a) une phase d'exploration à la fois des situations existantes tant au sein du Service de l'Hydraulique que dans les autres organismes opérant des mesures hydrométriques en réseau, et également chez les divers constructeurs susceptibles de fournir l'équipement du réseau de l'Agriculture ;

b) une phase de synthèse procédant de l'exploration et de l'analyse précédentes et tentant de répondre aux objectifs énoncés en tête de cette introduction.

Fig. 1

SCHEMA de l'ETUDE de GESTION du RESEAU

	Plans horizontaux des opérations de gestion de réseau	Nature des opérations	Supports matériels des opérations
1 –	Observations des niveaux ou hauteurs d'eau	Captage et Codage de l'information "niveau d'eau" ou "hauteur d'eau"	Limnigraphe
2 –	Collecte des données d'observation	Transmission de l'Information "hauteur d'eau"	Organe de liaison (téléphone, radio, télex, poste, etc)
3 –	Transformation des hauteurs en débits	Traitement de l'Information "hauteur d'eau"	Centre de calcul (manuel, semi-automatique, automatique)
	Elaboration des données de base relatives au débit	Traitement de l'Information "débit"	
	Publication et classement des données élaborées		

Nous tenons à remercier toutes les personnalités, que nous avons consultées à l'occasion de la préparation de ce rapport, qui nous ont fourni des renseignements tirés de leur expérience quant aux performances de divers dispositifs, quant au fonctionnement de leurs services. Nous tenons à citer tout particulièrement :

- M. ANDRE — Chef du Service des Etudes et Mesures hydrométriques - Division Technique Générale (DTG) - E.D.F. - GRENOBLE

- M. GUILLOT — Chef du Service Hydrométéorologique - DTG - E.D.F. - GRENOBLE

- M. CORMARY — Chef du groupe "Centre d'Etudes hydrométéorologiques" - ERNUTH - E.D.F. - MONTPELLIER

Nous remercions également les constructeurs et leurs représentants qui ont bien voulu nous recevoir, accepter nos critiques, modifier certains appareils ou prototypes, entreprendre des recherches sur tel équipement ... etc ...

Une liste complète des constructeurs consultés figure en annexe dans les références bibliographiques sur la documentation compulsée, avec indication des notices d'appareillage et des études inédites lancées à l'occasion de ce marché.

Nous tenons à marquer enfin la liaison continuelle que nous avons assurée tout au long de cette étude, tant pour la consultation des constructeurs et des autres services hydrométriques que pour la rédaction proprement dite du présent rapport, avec l'Ingénieur du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Chef de la Section Hydrologie-Hydrogéologie du CERAFER, responsable du marché.

x

x x

Les définitions précises contenues dans le texte du marché d'études nous ont conduits à adopter <u>l'optique de réseau</u> pour analyser la situation actuelle et prévoir son extension rationnelle.

Dans cette optique, plusieurs critiques sont formulées dans le cours du texte par référence à l'optique de réseau.

Il va de soi que les raisons historiques qui ont motivé la prise en charge croissante de la police et de la gestion des eaux, et de leur inventaire par le Service de l'Hydraulique justifient pleinement l'état actuel des stations hydrométriques. En effet, ces stations ont été implantées en tenant compte de l'existence des stations répondant à des objectifs particuliers (par exemple aménagements hydro-électriques).

Les stations du Service de l'Hydraulique répondent déjà et surtout aux multiples problèmes d'aménagement des eaux qui se sont posés aux responsables régionaux et départementaux des divers services du Ministère de l'Agriculture.

Ainsi s'explique parfaitement une croissance rapide et volontaire du nombre des stations hydrométriques qui doit être considérée dans la présente étude sous l'optique de réseau et peut parfois dans cette optique sembler peu rationnelle.

D'autre part, pour faciliter la rédaction du rapport le terme "secteur agricole" est employé pour désigner l'ensemble de toutes les stations hydrométriques relevant du Ministère de l'Agriculture, que ces stations aient été implantées en vue d'un aménagement agricole précis ou en vue d'améliorer les connaissances des ressources en eau du territoire rural dans son ensemble.

CHAPITRE I

Le RESEAU HYDROMETRIQUE de l'AGRICULTURE : SITUATION ACTUELLE et CONDITIONS d'EXTENSION

1.1. - Situation actuelle du réseau hydrométrique de l'Agriculture, dans le cadre national

1.1.1. - Les bases de l'enquête

On trouvera en annexe au présent chapitre la liste détaillée des documents utilisés pour faire le point en matière de stations hydrométriques dans le secteur agricole et dans les autres secteurs. La plupart de ces documents nous ont été fournis par le Maître de l'ouvrage ou par les responsables de réseaux (EDF - DTG par exemple) ; d'autres documents sont des publications de divers organismes. On ne saurait, en aucune manière, prétendre que ces documents nous ont permis de dresser un constat exact des stations hydrométriques de FRANCE. Mais il est vraisemblable que l'erreur est modérée et que, tant globalement qu'à l'échelle régionale, les résultats tirés de cette enquête peuvent être considérés comme significatifs.

Pour ce qui est du secteur agricole, on note certaines divergences entre un premier état, dressé au niveau départemental (DDA) en 1965, et un second, issu des Services Régionaux d'Aménagement des Eaux (SRAE), plus récent (Mars 1968)*. Les lacunes sont plus nombreuses quand il s'agit de situer exactement une station, de connaître la nature de son équipement et la superficie drainée par le bassin contrôlé ; cette remarque vaut d'ailleurs pour tous les secteurs.

On a groupé sous la dénomination "Ministère de l'Agriculture" toutes les stations dépendant du Service Hydraulique, qu'elles soient gérées par les Services Régionaux d'Aménagement des Eaux (SRAE) ou par les Directions Départementales de l'Agriculture (DDA). La liste des organisations dites para-agricoles qui forment, avec cette première rubrique, l'ensemble du "secteur agricole" est donnée ci-après :

---

* Confer annexe au présent chapitre pour indications précises sur ces 2 types d'inventaires.

- Compagnie Nationale d'Aménagement de la région du Bas-RHÔNE - LANGUEDOC
- Compagnie d'Aménagement des Côteaux de GASCOGNE
- Société du Canal de PROVENCE et d'Aménagement de la Région Provençale

Les stations gérées par des organismes n'appartenant pas au secteur agricole ont été groupées sous une même rubrique ; la liste de ces organismes est donnée ci-après :

- Circonscriptions Electriques (Service technique de l'énergie électrique et des grands barrages du Ministère de l'Industrie)
- Electricité de France : Division Technique Générale DTG, Groupes Régionaux de Production Hydraulique GRPH, Service d'Etudes et Recherches Nucléaires, Thermiques et Hydrauliques ERNUTH (anciennement CREC), Régions d'Equipement Hydraulique REH
- Directions Départementales de l'Equipement (Ponts et Chaussées)
- Services de la Navigation Atlantique, de la Seine, Rhône-Saône (Ministère de l'Equipement).
- Compagnie Nationale du RHÔNE
- Société Nationale des Chemins de Fer Français SNCF
- Centre de Recherches de Géologie appliquée (Université de MONTPELLIER)
- Société Grenobloise d'études et d'applications hydrauliques SOGREAH

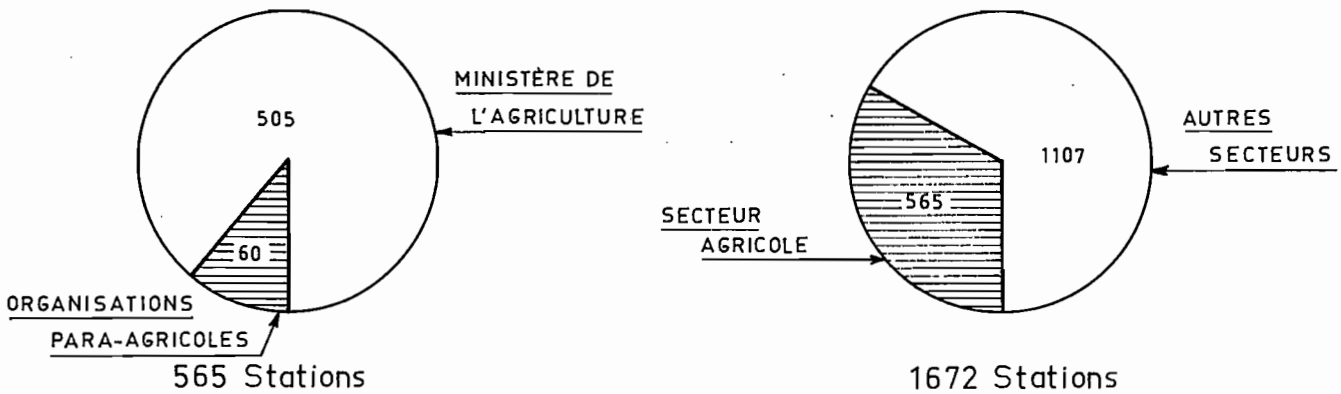
Au cours des récentes années, certaines stations gérées par les Circonscriptions Electriques par exemple ont été reprises par le Service Hydraulique. Suivant le document consulté, ces stations sont rattachées tantôt à l'une, tantôt à l'autre de ces organisations (tantôt aux deux !) : des risques d'erreur peuvent en découler pour quelques stations. Une confusion analogue est possible entre DDA et SRAE.

On s'est efforcé de ne retenir dans l'inventaire que les stations faisant l'objet de relevés permanents sur la plus grande partie du marnage (exclusion des échelles à maximums, des échelles d'annonces de crue ... etc ...), mais bien souvent l'information disponible n'a pas permis de faire cette sélection.

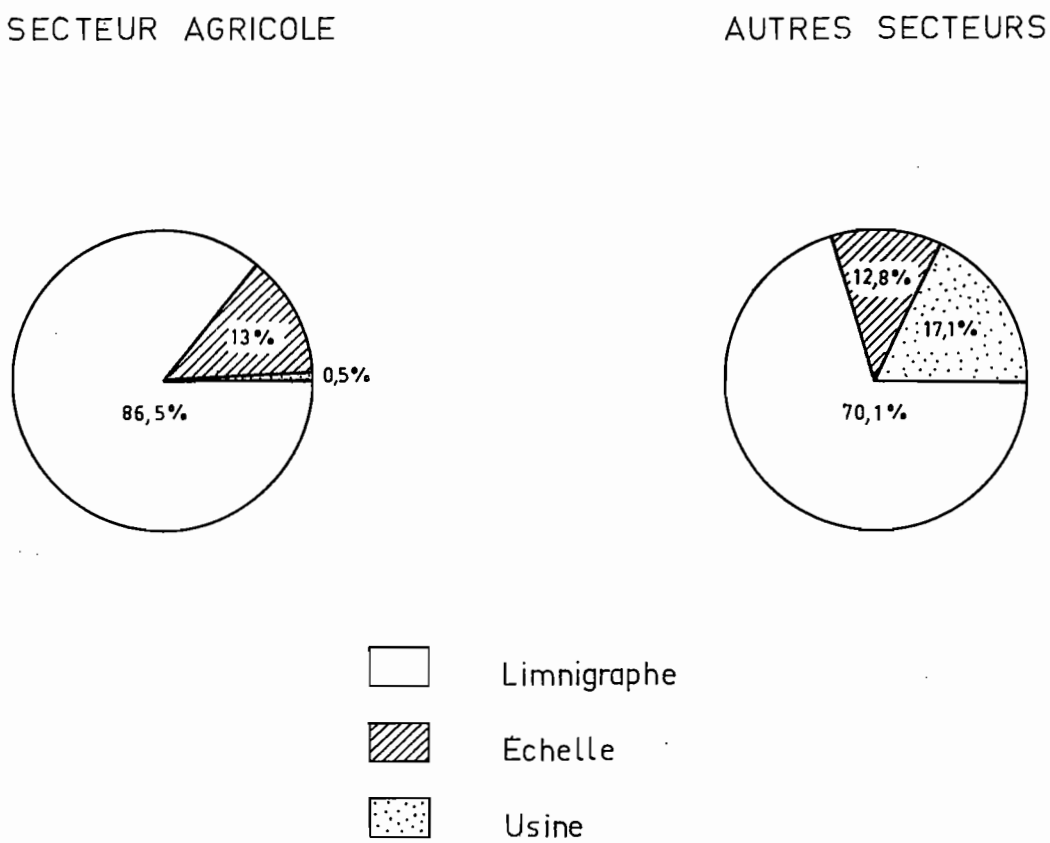
Toute l'enquête a été menée sur une base départementale, les résultats ont été ensuite groupés par SRAE (21) et par agence de bassin (6), le travail étant effectué d'une part pour le secteur agricole, d'autre part pour les autres secteurs. L'enquête a porté sur le nombre et le type

Fig. 2

La place du secteur agricole dans l'ensemble des stations hydrométriques de France



Divers types de stations hydrométriques en France



de stations, sur la longueure de la période d'observations et sur la superficie contrôlée. Le type de limnigraphe en service dans les stations équipées d'un tel appareil a fait l'objet d'une enquête séparée. Enfin, une étude de la densité actuelle des stations du secteur agricole et des autres secteurs a été effectuée dans le cadre des SRAE et dans celui de 9 grands ensembles de bassins (division plus fine que celle des agences).

1.1.2. - Le type de station hydrométrique

Les stations ont été classées en 3 groupes selon qu'elles sont équipées d'un limnigraphe, d'une simple échelle ou s'il s'agit d'une usine hydroélectrique. Les résultats sont groupés selon les deux divisions géographiques retenues (SRAE et bassins) dans les tableaux 1 et 2 pour le secteur agricole et les autres secteurs. Ces résultats, illustrés sur la figure 2, appellent les commentaires suivants :

- les organismes para-agricoles ne représentent que 12 % du secteur agricole, mais leurs actions sont limitées à 4 régions : Aquitaine, Midi-Pyrénées, Provence-Côte d'Azur et Languedoc dans lesquelles leur part est plus notable ;

- avec 565 stations - dont 505 au seul Service Hydraulique - le secteur agricole représente déjà 34 % du nombre total de stations en service en FRANCE.

  Les problèmes de répartition géographique et de densité de stations seront examinés plus loin.

- Les stations du secteur agricole sont équipées à 86,5 % en limnigraphes ; en fait, si l'on met à part l'ALSACE où l'on compte 42 échelles sur 91 stations, l'équipement en limnigraphe est quasi total (94 %).

- Dans les autres secteurs, le nombre d'échelles reste modéré mais la part des limnigraphes est amputée par celle des stations-usines (EDF ...) qui atteignent 17 % de l'équipement total (188 usines) ; usines et limnigraphes groupés forment un ensemble à "enregistrement" des niveaux de 87 %. La part des usines est évidemment plus grande (20 à 30 %) dans les régions de montagne Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées. L'objectif de cette note étant l'étude du secteur agricole, l'importance respective des organismes des autres secteurs n'a pas lieu d'être examinée.

1.1.3. - L'ancienneté des stations hydrométriques

Le décompte des diverses stations s'est effectué en 4 classes

TABLEAU 1

TYPE de STATIONS du SECTEUR AGRICOLE

Division géographique	Min. Agriculture				Organ.para-agricoles				Total			
	L	E	U	I	L	E	U	I	L	E	U	I
A. S.R.A.E.												
1. Région PARIS	8	4							8	4		
2. Nord										néant		
3. Picardie	3								3			
4. Haute Normandie										néant		
5. Bretagne	39								39			
6. Basse Normandie	9	1		33					9	1		33
7. Pays de la Loire	24	7							24	7		
8. Centre	14								14			
9. Aquitaine	13				5				18			
10. Poitou-Charente	12	1							12	1		
11. Limousin	10								10			
12. Midi-Pyrénées	37	7	1	1	13				50	7	1	1
13. Rhône-Alpes	39			5					39			5
14. Auvergne	9								9			
15. Provence-Côte d'Azur	31				23			4	54			4
16. Languedoc	49				14	1			63	1		
17. Lorraine	7	4							7	4		
18. Champagne	5	1							5	1		
19. Alsace	48	42	1						48	42	1	
20. Bourgogne	30								30			
21. Franche-Comté	10								10			
B. Bassins												
1. Seine-Normandie	37	6		28					37	6		28
2. Loire-Bretagne	97	7		5					97	7		5
3. Rhin-Meuse	55	46	1						55	46	1	
4. Rhône-Méditerranée	146			5	37	1		4	183	1		9
5. Adour-Garonne	62	8	1	1	18				80	8	1	1
6. Artois-Picardie										néant		
Total FRANCE	397	67	2	39	55	1		4	452	68	2	43
	505				60				565			

Légende
L Limnigraphe
E Echelle
U Usine
I Type inconnu

TABLEAU 2

TYPE de STATIONS des SECTEURS NON AGRICOLES

Division géographique	Limnigraphe	Echelle	Usine	Inconnu
A. S.R.A.E.				
1. Région PARIS	4	9		1
2. Nord	11	7		
3. Picardie	5	5		
4. Haute Normandie		5		
5. Bretagne	15		5	
6. Basse Normandie	3	2	1	
7. Pays de la Loire	6	1		
8. Centre	12		2	
9. Aquitaine	35	2	13	
10. Poitou-Charente	7		1	
11. Limousin	45	4	15	
12. Midi-Pyrénées	105	13	45	
13. Rhône-Alpes	187	48	68	3
14. Auvergne	53	10	6	1
15. Provence	95	1	14	3
16. Languedoc	125	14	6	
17. Lorraine	12	4		
18. Champagne	10	6		
19. Alsace	2		1	
20. Bourgogne	16	5	3	
21. Franche-Comté	22	5	8	
B. Bassins				
1. Seine-Normandie	30	31	4	1
2. Loire-Bretagne	114	16	18	1
3. Rhin-Meuse	16	4	1	
4. Rhône-Méditerranée	388	66	93	6
5. Adour-Garonne	209	17	72	
6. Artois-Picardie	13	7		
Total FRANCE	770	141	188	8
	1 107			

de durée des périodes d'observations :

- moins de 5 ans,
- plus de 5 ans et moins de 10 ans,
- plus de 10 ans et moins de 20 ans,
- plus de 20 ans.

Les résultats de ce décompte par ancienneté sont présentés dans les tableaux 3 et 4.

Alors qu'en matière de type de stations, l'imprécision n'affectait que 7,5 % de l'effectif inventorié pour le secteur agricole, le nombre de stations à période observée non déterminée, dans les documents consultés, s'élève à 15 % (11,5 % pour le seul Service Hydraulique, l'indétermination étant surtout le fait des organismes para-agricoles), ce nombre est seulement de 8,8 % pour les autres secteurs (il y avait moins de 1 % d'imprécision quant au type de stations). Il est vraisemblable que les stations à période indéterminée sont d'implantation récente et qu'ainsi il soit plus réaliste d'augmenter le pourcentage des stations de moins de 5 ans (au détriment des autres) tel qu'il ressort des tableaux 3 et 4.

La figure 3 illustre cette étude de l'ancienneté des stations. On peut en tirer quelques remarques :

- Les stations du secteur agricole constituent un ensemble très récent dans lequel près de 90 % ont moins de 10 ans de relevés. Si l'on met à part l'ALSACE (43 des 50 stations de plus de 10 ans y sont situées), la totalité de ces stations est d'implantation toute récente.

- Les divers réseaux des autres secteurs ont l'air d'avoir été mis en place et développés régulièrement depuis plusieurs décennies puisque le nombre de stations par tranche d'années est peu variable. Si l'ensemble de ces stations a doublé d'effectif au cours des 10 dernières années, la diminution des stations récentes (19 % de moins de 5 ans contre 27 % entre 5 et 10 ans) laisserait penser que la tendance à la croissance s'est annulée, si elle ne s'est pas renversée.

L'opposition entre secteur agricole en pleine croissance et autres secteurs en "vitesse de croisière" est ici bien nette.

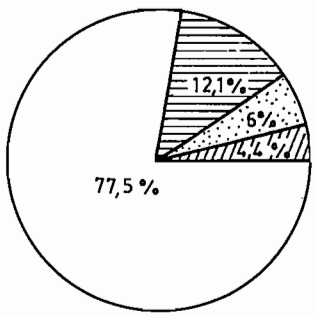
De l'ancienneté d'un réseau hydrométrique découle son degré d'utilité.

Fig. 3

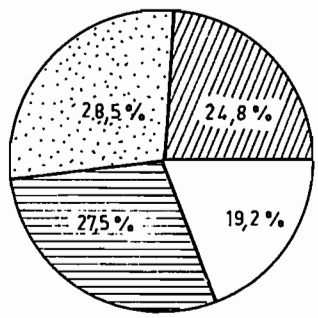
L'ancienneté des stations hydrométriques

(en % de leur nombre)

SECTEUR AGRICOLE



AUTRES SECTEURS



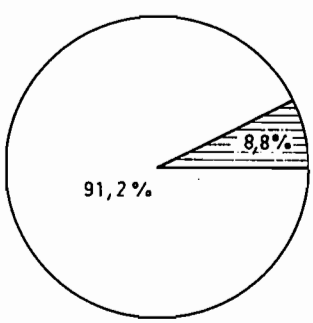
Moins de 5 ans — De 10 à 20 ans

De 5 à 10 ans — Plus de 20 ans

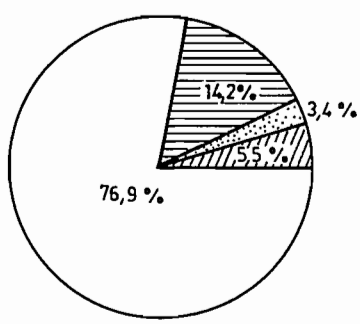
Répartition des surfaces de bassins contrôlées par les stations

(en % de leur nombre)

SECTEUR AGRICOLE



AUTRES SECTEURS



Moins de 1000 km² — De 5 à 10000 km²

De 1000 à 5000 km² — Plus de 10000 km²

TABLEAU 3

NOMBRE de STATIONS du SECTEUR AGRICOLE
CLASSEES par PERIODES d'OBSERVATION (en années)

Division géographique	Ministère de l'Agriculture					Secteur agricole total				
	< 5	5 à 10	10 à 20	> 20	I	< 5	5 à 10	10 à 20	> 20	I
A. S.R.A.E.										
1. Région PARIS	12					12				
2. Nord						néant				
3. Picardie	1				2	1				2
4. Haute Normandie						néant				
5. Bretagne	35	4				35	4			
6. Basse Normandie		10			33		10			33
7. Pays de la Loire	28	2	1			28	2	1		
8. Centre	14					14				
9. Aquitaine	13					18				
10. Poitou-Charente	12				1	12				1
11. Limousin	10					10				
12. Midi-Pyrénées	41	2	1		2	54	2	1		2
13. Rhône-Alpes	38		2		4	38		2		4
14. Auvergne	4	5				4	5			
15. Provence	31					37	8	1		12
16. Languedoc	31	10		1	7	31	10		1	22
17. Lorraine	7		1		3	7		1		3
18. Champagne	6					6				
19. Alsace	31	17	23	20		31	17	23	20	
20. Bourgogne	24				6	24				6
21. Franche-Comté	10					10				
B. Bassins										
1. Seine-Normandie	25	10			36	25	10			36
2. Loire-Bretagne	92	11	1		5	92	11	1		5
3. Rhin-Meuse	38	17	24	20	3	38	17	24	20	3
4. Rhône-Méditerranée	128	10	2	1	10	134	18	3	1	37
5. Adour-Garonne	65	2	1		4	83	2	1		4
6. Artois-Picardie						néant				
Total FRANCE	348	50	28	21	58	372	58	29	21	65

I : période inconnue

TABLEAU 4

NOMBRE de STATIONS des SECTEURS NON AGRICOLES
CLASSEES par PERIODES d'OBSERVATION (en années)

Division géographique	< 5 ans	5 à 10 ans	10 à 20 ans	> 20 ans	Inconnu
A. S.R.A.E.					
1. Région PARIS	1	4	7	2	
2. Nord	4	11	3		
3. Picardie	1	5	4		
4. Haute Normandie	1	1	3		
5. Bretagne	1	6	6	7	
6. Basse Normandie		1	4	1	
7. Pays de la Loire	2	1	3	1	
8. Centre	6		4	4	
9. Aquitaine	3	17	13	17	
10. Poitou-Charente	2	2	2	2	
11. Limousin	14	6	15	29	
12. Midi-Pyrénées	20	44	42	52	5
13. Rhône-Alpes	78	86	72	39	31
14. Auvergne	3	5	17	44	1
15. Provence	26	43	29	13	2
16. Languedoc	10	17	36	24	58
17. Lorraine	5	8	3		
18. Champagne		7	9		
19. Alsace	2			1	
20. Bourgogne	10	3	4	6	1
21. Franche-Comté	6	10	11	8	
B. Bassins					
1. Seine-Normandie	8	21	28	9	
2. Loire-Bretagne	27	17	36	68	1
3. Rhin-Meuse	7	8	5	1	
4. Rhône-Méditerranée	122	152	116	70	93
5. Adour-Garonne	26	68	98	102	4
6. Artois-Picardie	5	11	4		
Total FRANCE	195	277	287	250	98

En hydrologie, l'absence d'observations continues de très longues durées - plusieurs siècles - ne permet que des estimations des vraies valeurs des variables hydrologiques à partir de petits échantillons ; en conséquence, la valorisation de l'information (extension des données de stations récentes à l'aide de celles de stations plus anciennes) est impérative. Pour valoriser l'information hydrométrique, il faut que soient remplies deux conditions :

a) bien connaître les débits à toutes les stations, même récentes ;

b) disposer de données à des stations anciennes (plus de 10 et 15 ans).

L'état actuel du réseau du secteur agricole pèche non seulement par son manque d'ancienneté mais également par le retard qui apparaît dans l'étalonnage des nouvelles stations :

a) L'extension des données hydrométriques du secteur agricole - hors d'ALSACE - ne peut se faire qu'en s'appuyant sur les données issues des autres secteurs.

Le réseau de l'Agriculture est encore fortement dépendant des autres réseaux quant à la valorisation de son information.

b) Il importe de ne pas laisser s'installer un retard néfaste entre l'observation des niveaux et l'étalonnage aux nouvelles stations du secteur agricole.

1.1.4. - La répartition en surface des bassins contrôlés par les stations :

Les superficies des bassins contrôlés par les stations hydrométriques ont été groupées en 4 classes : en dessous de 1 000 km^2, de 1 000 à 5 000 km^2, de 5 000 à 10 000 km^2 et au-dessus de 10 000 km^2.

Le nombre de stations qui n'ont pu être implantées avec précision est très grand : 16 % pour le Service Hydraulique, 21,5 % pour tout le secteur agricole, 10 % pour les autres secteurs. Il est vraisemblable que ces stations sont situées pour la plupart sur de petits cours d'eau (moins de 5 000 km^2 et même moins de 1 000 km^2). Les résultats sont présentés dans les tableaux 5 et 6, et illustrés par la figure 3 ; les pourcentages portés sur cette figure sont donc vraisemblablement sous-estimés pour la classe des petits bassins et surestimés pour celles des grands bassins.

TABLEAU 5

NOMBRE de STATIONS du SECTEUR AGRICOLE
CLASSEES par SURFACE de BASSIN CONTRÔLE (km^2)

Division géographique	Ministère de l'Agriculture			Secteur agricole total		
	< 1 000	1 000-5 000	I	< 1 000	1 000-5 000	I
A. S.R.A.E.						
1. Région PARIS	12			12		
2. Nord				néant		
3. Picardie	1		2	1		2
4. Haute Normandie				néant		
5. Bretagne *	34	1		34	1	
6. Basse Normandie			43			43
7. Pays de la Loire	28	3		28	3	
8. Centre	14			14		
9. Aquitaine	13			16	2	
10. Poitou-Charente *	9	1		9	1	
11. Limousin	10			10		
12. Midi-Pyrénées	38	3	5	49	5	5
13. Rhône-Alpes	39		5	39		5
14. Auvergne	3		6	3		6
15. Provence *	21		8	27		29
16. Languedoc	38	4	7	38	4	22
17. Lorraine	7	1	3	7	1	3
18. Champagne	6			6		
19. Alsace	72	19		72	19	
20. Bourgogne *	22	1	6	22	1	6
21. Franche-Comté	9	1		9	1	
B. Bassins						
1. Seine-Normandie	25		46	25		46
2. Loire-Bretagne *	89	4	11	89	4	11
3. Rhin-Meuse	79	20	3	79	20	3
4. Rhône-Méditerranée *	123	6	19	129	6	55
5. Adour-Garonne	60	4	6	74	8	6
6. Artois-Picardie				néant		
Total FRANCE	376	34	85	396	38	121

I Surface Inconnue.

* Un total de 10 stations à équipement multiple dans ces régions (cause de la divergence avec les totaux des tableaux 1 à 4).

N.B. Il n'y a pas de stations à l'issue de bassin supérieur à 5 000 km^2.

TABLEAU 6

NOMBRE de STATIONS des SECTEURS NON AGRICOLES
CLASSES par SURFACE de BASSIN CONTRÔLE (km^2)

Division géographique	< 1 000	1 à 5 000	5 à 10 000	> 10 000	Inconnue
A. S.R.A.E.					
1. Région PARIS	4	3		6	1
2. Nord	16	2			
3. Picardie	2	5	2	1	
4. Haute Normandie	4	1			
5. Bretagne	14	6			
6. Basse Normandie	4	2			
7. Pays de la Loire	1	2	2	2	
8. Centre	2	3	1	8	
9. Aquitaine	24	10	2	5	9
10. Poitou-Charente	1	4	3		
11. Limousin	57	6	1		
12. Midi-Pyrénées	130	21	8	-	4
13. Rhône-Alpes	228	19	7	21	31
14. Auvergne	62	6	2		
15. Provence	95	8	2	3	5
16. Languedoc	75	5		4	61
17. Lorraine	7	7	2		
18. Champagne	3	11	1	1	
19. Alsace	3				
20. Bourgogne	13	5	1	5	
21. Franche-Comté	19	16			
B. Bassins					
1. Seine-Normandie	27	26	3	9	1
2. Loire-Bretagne	100	25	10	12	
3. Rhin-Meuse	11	7	2	1	
4. Rhône-Méditerranée	382	45	6	27	93
5. Adour-Garonne	229	36	11	5	17
6. Artois-Picardie	16	3	1		
Total FRANCE	765	142	34	55	111

A plus de 91 %, les stations du secteur agricole intéressent des bassins de moins de 1 000 km^2. Aucune station ne contrôle un bassin de plus de 10 000 km^2. L'ALSACE seule possède 19 des 38 stations situées à l'issue d'un bassin de 1 à 5 000 km^2.

Le nombre de petits bassins de moins de 1 000 km^2 est encore élevé - 76,9 % - dans les autres secteurs, mais cela tient en partie au réseau du Massif Central (Production hydraulique EDF des régions Auvergne et Limousin) dans lequel 90 % des stations ressortent à cette classe.

On note une légère divergence entre ces états (tableaux 5 et 6) et les précédents (tableaux 1 à 4) ; cela est dû au fait que certaines stations sont équipées de plusieurs limnigraphes et ont été tantôt comptées comme station simple, tantôt comme étant aussi nombreuses qu'il y avait d'appareils en service. Cette divergence est évidemment négligeable au niveau de l'interprétation des tableaux.

1.1.5. - L'équipement limnigraphique

Afin de pouvoir organiser à un échelon régional ou national une gestion rationnelle (achats centralisés, maintenance) des limnigraphes des stations du Service Hydraulique, afin également de prévoir une exploitation rationnelle des enregistrements, une connaissance aussi exacte que possible du parc d'appareils est nécessaire. Un inventaire des divers types de limnigraphes en service a été effectué à l'échelle départementale pour le secteur agricole d'une part, pour les autres secteurs d'autre part. Les résultats regroupés sur le plan national sont présentés dans le tableau 7.

Les documents consultés sont nettement insuffisants pour les secteurs non agricoles: moins de 50 % des équipements définis. Sur le bilan partiel dressé, on constate une majorité d'appareils OTT mais deux minorités non négligeables : RICHARD et le limnigraphe de la 5ème Circonscription Electrique (TOULOUSE).

En comparaison, l'équipement du secteur agricole est mieux connu : 85 % des postes identifiés. L'équipement du secteur agricole est également et heureusement plus homogène : 90 % de limnigraphes à flotteur OTT, 8,5 % de TELIMNIP à insufflation de gaz ; tous ces appareils produisent un limnigramme.

Parmi l'équipement OTT, le limnigraphe X représente à lui seul 75 % du parc. A côté, seul le limnigraphe XX est de quelque importance ;

TABLEAU 7

EQUIPEMENT en LIMNIGRAPHES
des STATIONS HYDROMETRIQUES

Désignation de l'équipement	Secteur agricole		Autres secteurs	
	Nombre	% du total identifié	Nombre	% du total identifié
Marque OTT				
Type X	286	75		
XX	36	9,5		
XV	9			
R.16	9			
Total OTT	343	90	216	59
NEYRPIC - TELIMNIP	33	8,5		
RICHARD			85	23
Type 5ème C.E.			65	18
Divers (1)	7	1,5		
Total identifié	383	85 % du total installé	367	48 % du total installé
Total installé	452		770	

(1) Les limnigraphes RICHARD doivent vraisemblablement être inclus dans cette rubrique pour le secteur agricole, si celui-ci en possède.

on le trouve dans 12 départements ; 5 de ces départements n'ont pas d'autre type d'appareil. On trouve les limnigraphes XV dans 5 départements et les R.16 dans 4.

L'équipement en TELIMNIP NEYRPIC n'intéresse que 10 départements, mais 80 % de cet équipement sont concentrés dans les régions Languedoc et Midi-Pyrénées, comme il fallait s'y attendre.

La régionalisation d'emploi des types de limnigraphe s'effectue d'après la nature des rivières et les appareils à prise de pression sont prédominants sur le bassin méditerranéen.

1.1.6. - Conclusions

La situation actuelle du réseau hydrométrique de l'Agriculture, dans le cadre national, peut se résumer comme suit :

- ce réseau comprend plus de 500 stations représentant plus du tiers de l'ensemble du réseau français ;
- plus de 85 % de ces stations sont équipées de limnigraphes (dont 90 % sont de marque OTT à flotteur et 8,5 % NEYRPIC TELIMNIP à prise de pression) ;
- près de 80 % des stations ont moins de 5 ans d'âge et plus de 90 % contrôlent des bassins de moins de 1 000 km^2.

Comment sont réparties ces stations en FRANCE ? Que représente cet équipement dans le cadre national vis-à-vis d'un optimum de réseau ? Ces deux points sont traités en détail après un examen théorique des conditions rationnelles qui nous paraissent nécessaires pour promouvoir une gestion efficace et l'extension de ce réseau de l'Agriculture.

1.2. - Conditions rationnelles de gestion et d'extension

Le réseau hydrométrique de l'Agriculture présente une certaine situation qui vient d'être examinée et comparée à celles des réseaux gérés par les autres organismes publics français.

Tandis que les situations sont à peu près stables dans la plupart de ces réseaux, celle de l'Agriculture est en phase de croissance continue sous la pression du retard pris en certaines régions, sous la pression également des besoins des utilisateurs d'eau de surface.

Cette croissance est une preuve de jeunesse et de dynamisme, mais elle doit être contrôlée et orientée. Passé un certain seuil, un certain nombre de stations, la croissance d'un réseau devient anarchique et la somme d'information recueillie n'augmente plus proportionnellement avec les investissements.

Une réflexion sur le développement du réseau hydrométrique de l'Agriculture est indispensable maintenant à son stade de développement et c'est ce qui a motivé la mise en oeuvre de la présente étude.

Si l'on se réfère à la terminologie propre à la planification et à l'organisation des réseaux, on peut dire que le stade actuel du réseau de l'Agriculture n'est pas homogène : certaines régions ont atteint la densité de réseau minimal, d'autres non. Le réseau minimal comble les grosses lacunes géographiques et permet de répondre aux besoins urgents. Il n'est qu'un premier pas vers le réseau optimal dans lequel la densité des stations est telle que l'interpolation des données actuelles permet l'estimation de la même donnée en un point quelconque non observé avec une précision choisie a priori ou admissible a posteriori.

Quand la densité minimale n'est pas atteinte, il faut orienter au mieux la croissance vers cet objectif ; quand elle est atteinte, il faut freiner la croissance et ne procéder à de nouvelles créations de postes qu'après un examen sérieux de leur utilité.

Il est donc indispensable de contrôler l'extension du réseau ; pour cela, il faut en dégager les conditions rationnelles ce qui conduit à l'examen des points suivants :

- objectifs spécifiques du Service de l'Hydraulique de l'Agriculture,
- composition du réseau (nature des stations),
- définition du contenu de la présente étude méthodologique,
- limitation de ce contenu.

1.2.1. - Objectifs spécifiques du Service de l'Hydraulique de l'Agriculture

De par sa vocation, le Service de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture assure, dans le sens des intérêts généraux, la police de la plupart des cours d'eau non domaniaux et la gestion de quelques cours d'eau

domaniaux. Ce Service est chargé en outre de promouvoir l'utilisation des eaux sur l'ensemble du territoire rural (besoins ruraux et agricoles : alimentation en eau potable, irrigations, drainages,- besoins industriels : coopératives agricoles, industries agricoles et alimentaires, ...).

De ces fonctions du Service de l'Hydraulique découle la nécessité de connaître le régime et la qualité des eaux des cours d'eau de sa compétence, connaissance dont le réseau hydrométrique est la cheville ouvrière.

Une première déduction s'impose : le réseau hydrométrique concerne essentiellement les petits cours d'eau de quelques centaines, parfois de quelques milliers de km^2.

L'inventaire des ressources en eau de ces cours d'eau répond à des besoins urgents d'une part et à des objectifs spécifiques d'autre part. Enfin, dans cet inventaire, l'Agriculture n'est pas seule. Les objectifs spécifiques peuvent être ainsi explicités :

- assurer la consommation du monde rural, en tenant compte des besoins industriels d'amont en aval,

- la consommation rurale croît en été, avec l'évapotranspiration ; la satisfaction de cette consommation risque donc d'être alors critique d'où l'importance particulière attachée aux débits d'étiage et de basses eaux, d'où également l'intérêt porté à la connaissance des apports saisonniers et annuels (renforcement du débit d'étiage par accumulation des eaux de crue en petites retenues, lacs collinaires),

- la protection contre les crues du patrimoine rural constitue un objectif secondaire, non négligeable bien qu'évidemment d'importance moindre que celle concernant les patrimoines urbains et industriels.

Une seconde déduction s'impose : le réseau hydrométrique doit permettre toujours une connaissance précise des débits d'étiage, très souvent une connaissance de toutes les caractéristiques de l'écoulement, parfois une connaissance particulière du régime des crues.

L'inventaire des ressources en eau des petits cours d'eau, antérieurement et parallèlement à l'Agriculture, a intéressé et intéresse d'autres organismes publics et tout particulièrement les Circonscriptions Electriques et Electricité de France avec l'objectif de production d'énergie électrique (concentration des stations en régions montagneuses).

Une troisième déduction en découle : le plan d'organisation du réseau hydrométrique de l'Agriculture doit tenir compte de l'existence de ces autres réseaux ; tous ces réseaux ensembles peuvent être considérés comme susceptibles de former un réseau optimal français.

1.2.2. - Composition du réseau hydrométrique rationnel

Compte tenu des déductions mises en évidence dans le paragraphe précédent, on peut dessiner le portrait-robot du futur réseau hydrométrique de l'Agriculture. Il est exact de parler de futur réseau car aujourd'hui, à quelques exceptions près, n'existent que des ensembles plus ou moins denses de stations dispersées ; ces stations résultent d'un reliquat historique ou d'une réponse à un problème urgent d'aménagement.

Les projets d'aménagement du ressort de l'Agriculture concernent, pour beaucoup, des très petits cours d'eau. Les stations hydrométriques d'un réseau sont parfois plus rares sur les très petits cours d'eau que sur les grands et sur tous ces petits cours d'eau, très nombreux, on ne peut prétendre implanter une station permanente. Plus la surface intéressée par le bassin versant est faible, plus elle offre de singularité vis-à-vis de ses voisines, plus l'estimation des ressources en eau y est délicate. La conclusion logique incite à traiter chaque projet d'aménagement séparément en implantant, pour une courte durée d'étude, la station hydrométrique susceptible de mettre en évidence les caractéristiques locales de l'écoulement. On aboutit ainsi à la conception d'un ensemble de stations dites tertiaires.

Se limiter à une telle conception est une erreur, car un ensemble de stations tertiaires ne constitue pas un réseau. Par conséquent, une telle conception implique d'abdiquer en faveur d'autres organismes la charge de créer et de gérer le réseau optimal.

Or le réseau optimal est une nécessité puisque la station tertiaire fournit une information de très courte durée - 1 à 3 ans - uniquement valorisable par corrélation avec l'information de longue durée tirée du réseau optimal.

Or l'expérience actuelle et les tendances montrent qu'un tel réseau n'existe pas et ne verra le jour que si l'Agriculture y participe, comblant les lacunes dans le domaine des petits bassins de plaine en particulier.

Dans cette optique, à côté d'une majorité de stations tertiaires, le futur réseau hydrométrique doit avoir des stations permanentes surtout secondaires, parfois primaires. En effet, il est admis en théorie qu'un réseau optimal comprend autant de stations qu'elles soient primaires ou secondaires sur grands et sur petits bassins. La limite de superficie drainée entre grands et petits bassins proposée par le Guide d'Hydrométéorologie de l'O.M.M. [1] est de 3 à 5 000 km^2 en région de plaine, et seulement de 1 000 km^2 en zone montagneuse. C'est bien dans cette gamme

[1] Renvoi à référence bibliographique en fin de volume.

inférieure de surfaces drainées que se situent les stations du ressort de l'Agriculture. Une densité minimale de 1 station pour 1 000 km^2 en plaine (300 km^2 en montagne) est recommandée dans le même guide quelle que soit la superficie du bassin.

Comme il doit y avoir autant de stations sur grands et sur petits bassins, la densité de stations pour chacun de ces groupes est la même, et elle est égale à la moitié de la densité pour l'ensemble du réseau. Si la densité est exprimée en S km^2 pour 1 station, une densité moitié équivaut à 2 S km^2 pour une station. Ainsi pour les petits bassins seulement peut-on dire que la recommandation du Guide O.M.M. assigne comme densité minimale : 1 station pour 2 000 km^2 en plaine et 600 km^2 en montagne.

Il va de soi que la densité optimale, beaucoup plus élevée peut-être, n'est définissable qu'après analyse corrélative des données recueillies pendant 10 à 20 ans au moins, donc dans un avenir proche seulement (*).

L'exploitation d'un tel réseau hydrométrique, à majorité de stations tertiaires, nécessite le recours permanent aux corrélations avec les données de stations primaires et secondaires, corrélations qu'il est parfois utile de compléter et d'améliorer à l'aide de l'information pluviométrique.

A ce sujet, l'expérience dégagée des études menées en Alsace a montré qu'il était rare, sur les petits bassins du réseau de l'Agriculture, de trouver une densité suffisante de stations pluviométriques, lesquelles se situent généralement dans les centres urbains, le long des axes routiers ou fluviaux, c'est-à-dire en aval de ces bassins.

De cet examen, on peut tirer quelques conclusions :

a) nécessité d'une implantation au moindre coût des stations tertiaires susceptibles d'être souvent déplacées, et de la récupération de l'équipement ;

b) nécessité d'associer un réseau pluviométrique (pluviographes de préférence) au réseau hydrométrique ;

c) importance des analyses statistiques dans l'exploitation, d'où besoins de moyens de calcul appropriés.

---

* Sur le réseau d'Alsace, une tentative de rationalisation de l'implantation et de la densité des stations est projetée pour 1968. Confer également réf. bibliogr. [2]

1.2.3. - Ligne-guide générale pour la présente étude méthodologique

Les conclusions dégagées dans le paragraphe 1.1.6. et dans les deux paragraphes précédents permettent d'appréhender facilement la composition et les objectifs du réseau hydrométrique futur. Des règles d'équipement et d'exploitation en découlent logiquement qu'il faut préciser maintenant.

La jeunesse du réseau oblige à faire un choix d'appareillage d'avenir : donner la priorité à ce qui existe sans négliger la recherche et les prototypes. L'existence de quelque 500 stations conseille un choix d'appareillage pour les nouvelles stations tel que l'exploitation s'effectue sans hiatus et que la transition soit assurée entre appareillage ancien (prévoir sa modification au moindre coût ou son échange au mieux) et appareillage moderne. Mais l'importance à accorder au nouvel équipement ne doit pas faire négliger l'examen des modifications de la gestion actuelle en vue d'une meilleure efficacité.

Le réseau jeune ne doit pas se figer dans un équipement parfait mais intransformable ; la technique évolue plus vite que ne s'use l'appareillage ; il faut retenir des solutions souples à vieillissement lent permettant des adaptations faciles aux améliorations techniques à venir.

La mobilité des stations implique un coût minimal de l'investissement fixe dans une station et un choix d'équipement permettant une récupération de l'appareillage.

L'uniformisation aussi poussée que possible de cet appareillage est une conséquence de l'importance du réseau (problème de commandes groupées à l'échelon national pour peser sur les constructeurs, problème de maintenance des appareils).

L'investissement en matériel est plus aisé que l'investissement en personnel : l'automatisation de la gestion du réseau s'impose de plus en plus.

Les objectifs de l'Agriculture demandent une exploitation normale des données d'observation à l'échelle annuelle, avec aperçu mensuel pour le contrôle de fonctionnement. Il n'y a pas de problèmes de prévision à court terme de crues à traiter, donc l'équipement doit s'orienter vers la transmission différée de l'information captée, vers une collecte au moindre coût.

Le présent rapport méthodologique doit s'efforcer de dégager les solutions techniques d'équipement et d'exploitation conformes aux règles précédentes.

Ces solutions sont constituées par la combinaison verticale de dispositifs relatifs aux 3 plans horizontaux suivants :

- 1.captage et collecte de l'information "hauteur d'eau",
- 2.transformation de l'information "hauteur d'eau" en information "débit",
- 3.traitement (élaboration, classement et publication) de l'information "débit".

Les recherches relatives au "captage direct" de l'information débit sont encore à un stade embryonnaire [3] ; il est donc réaliste d'envisager le réseau selon l'optique classique : observation du niveau d'eau - mesure de débit - transformation du niveau en débit (étalonnage, traduction de la hauteur en débit).

La nature des procédés de mesure de débit n'influe pas sur la structure du réseau quant à son équipement d'observation et de traitement de l'information. Ce rapport n'aborde pas l'examen de ces procédés ni de l'équipement correspondant.

Le plan horizontal 1, c'est le problème de l'équipement de la station hydrométrique, c'est le problème du limnigraphe.

Les plans 2 et 3 sont ceux du traitement de l'information, liés à la nature des moyens de calcul et au support matériel de l'information.

Tout le problème des solutions techniques, c'est-à-dire des combinaisons verticales, dépend des dispositifs retenus au plan 1 et aux plans 2 et 3 ; ces choix ne sont pas indépendants et la compatibilité des dispositifs ainsi choisis n'est pas certaine. L'objet principal du chapitre suivant est de décrire les dispositifs utilisables aux divers plans horizontaux. L'objectif du 3ème chapitre sera de mettre en évidence les compatibilités entre les dispositifs des divers plans et d'en déduire les combinaisons verticales les plus efficaces et les plus rationnelles.

1.2.4. - Limitation du contenu de l'étude méthodologique

La définition des combinaisons verticales de dispositifs n'est pas suffisante pour permettre l'exploitation rationnelle du réseau hydrométrique. Des problèmes de gestion et de structures ainsi que des problèmes économiques doivent être abordés et résolus pour permettre le choix entre les diverses combinaisons. Ces problèmes sont relatifs à plusieurs thèmes, que l'on peut grouper ainsi :

a) Nature des structures d'exploitation du réseau (échelles départementale, régionale, suprarégionale, nationale) et organisation de leurs liaisons (répartition des tâches d'exploitation entre les diverses échelles).

b) Répartition des coûts en investissements fixes, mobiles, en dépenses de matériel et de personnel, en frais de fonctionnement selon les diverses combinaisons verticales et les diverses structures de gestion possibles.

Tous ces problèmes découlent de l'existence actuelle ou dans un proche avenir d'un ensemble de quelque mille stations qu'il faut bien appeler un réseau hydrométrique. L'existence de ce réseau hydrométrique implique celle du service hydrométrique chargé de sa gestion. Tous ces problèmes concernent l'organisation de ce service.

Aucun de ces thèmes ne sera abordé dans ce rapport méthodologique. Selon les désirs du maître de l'ouvrage, tout ou partie de ces thèmes pourront faire l'objet d'examens plus ou moins détaillés, dans le rapport de mise en oeuvre qui s'attachera uniquement à la - ou aux - combinaison retenue (par le maître de l'ouvrage) après examen du présent rapport.

1.3. - Densité actuelle des stations hydrométriques et moyens d'amélioration

1.3.1. - Caractères de l'étude effectuée

Le problème abordé dans ce paragraphe consiste en premier lieu à constater la densité actuelle de couverture de la FRANCE par les stations hydrométriques du secteur agricole et des autres secteurs ; il consiste en second lieu à mettre en évidence les hétérogénéités dans cette carte de densité et à proposer les meilleurs moyens pour les pallier.

Pour résoudre ce problème, le territoire est divisé en 21 régions (SRAE) d'une part et en 9 ensembles de bassins d'autre part : Seine, Rhin, Loire, Rhône, Garonne, fleuves côtiers de Méditerranée, du Nord de la Seine, d'entre Seine et Loire, du Sud de la Loire.

Les règles de densité du réseau minimal extraites du Guide de l'O.M.M. ont été rappelées au paragraphe 1.2.2. On propose de les interpréter avec les nuances suivantes :

a) Si ce n'est les quelques départements entre Loire-Atlantique et Landes, ou le Nord, on ne peut pas parler de région plate pour la FRANCE et il nous paraît plus raisonnable d'admettre une situation intermédiaire mi-plate mi-montagneuse pour la plus grande partie du territoire. Ainsi admettra-t-on une densité intermédiaire entre celle de la plaine et celle de la montagne pour la majeure partie du territoire.

b) La limite de 1 000 km^2 est retenue entre petits et grands bassins pour la totalité de la FRANCE, le caractère "plaine" étant moins marqué que celui de "montagne".

Les densités du réseau minimal adoptées pour l'étude effectuée sont les suivantes :

a) Pour la partie montagneuse ou méditerranéenne du pays :

1 station pour 300 km^2 dont

1 station (de moins de 1 000 km^2 de bassin) pour 600 km^2

Cette partie montagneuse comprend les 8 régions suivantes (SRAE) : Limousin, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes, Auvergne, Provence-Côte d'Azur, Languedoc, Alsace et Franche-Comté. Cette partie affecte en quasi-totalité les bassins du Rhône, de la Garonne et des côtiers méditerranéens ; elle n'intéresse que modérément ceux de la Loire et du Rhin, et encore moins ceux de la Seine et des côtiers atlantiques.

b) Pour la partie ni montagneuse, ni méditerranéenne du pays :

1 station pour 700 km^2 dont

1 station (de moins de 1 000 km^2 de bassin) pour 1 400 km^2

Cette partie comprend le reste du territoire, soit 13 régions ou la plus grande part des bassins côtiers atlantiques, de la Seine et une bonne part de celui du Rhin (Meuse) et de la Loire (partie aval).

Pour cette étude de densité, on a considéré à part les stations ayant plus de 10 ans d'observations estimant que ce critère pouvait être celui définissant les stations réellement permanentes. Cette nuance a été introduite pour éviter de prendre systématiquement en compte les très nombreuses stations tertiaires (de durée limitée) dans le calcul de densité, l'objectif particulier de ces stations ne figurant pas explicitement dans les documents de l'enquête.

Les résultats de cette étude de densité sont rassemblés dans les tableaux 8 et 9.

Les pourcentages élevés d'indétermination affectant la connaissance des surfaces de bassin contrôlé et celle des périodes d'observation entraînent une sous-estimation des densités calculées pour les bassins de moins de 1 000 km^2. Il faut avoir présent à l'esprit cette situation pour corriger les résultats des tableaux 8 et 9 et les conséquences qui en sont tirées.

Une autre remarque préalable importante doit être faite : l'inventaire des stations hydrométriques qui a été dressé repose sur des bases d'enquête insuffisantes. D'une part, on n'a pas pu totalement éliminer les stations ne faisant pas l'objet de relevés permanents ; d'autre part, aucune information n'a permis d'écarter les stations n'ayant pas fait l'objet d'un étalonnage ou ne pouvant pas en faire l'objet, que les raisons soient inhérentes aux caractéristiques hydrauliques de la station ou aux buts poursuivis par l'organisme gestionnaire.

Une station hydrométrique peut être intégrée dans un réseau si elle fait l'objet de relevés permanents de niveaux d'eau et si ceux-ci peuvent être traduits correctement en débits. En conséquence, il n'est donc nullement exclu que le nombre des stations qui pourraient être valablement intégrées dans un réseau rationnel soit bien inférieur au nombre de stations inventoriées.

Approcher plus précisément le nombre exact de stations valables aurait demandé une enquête plus complète avec visite approfondie de tous les organismes gestionnaires à l'échelon exécutif local. Un tel travail, qui sort du cadre de ce marché, n'est cependant pas inutile et devrait être fait. L'étude de densité que nous proposons ici n'a donc qu'un caractère indicatif et devra en tout état de cause être révisée.

1.3.2. - Hypothèse d'un réseau formé des stations de plus de 10 ans de relevés

C'est l'hypothèse restrictive, mais c'est la plus vraisemblable et la plus réaliste, dans le cadre restreint de notre étude, et sachant l'importance des stations tertiaires dans le secteur agricole, surtout.

Pour être plus parlants, les résultats des tableaux 8 et 9 peuvent être traduits en rapports à la densité adoptée pour le réseau minimal, tout rapport inférieur à 1 accusant un déficit d'équipement, tout rapport supérieur à 1 un excédent.

TABLEAU 8

DENSITE ACTUELLE des STATIONS HYDROMETRIQUES
(nombre de km² moyen par station)

Division géographique	Secteur agricole				Autres secteurs			
	Stations de plus de 10 ans		Toutes stations		Stations de plus de 10 ans		Toutes stations	
	B < 1 000 km²	Tout	B < 1 000 km²	Tout	B < 1 000 km²	Tout	B < 1 000 km²	Tout
A. S.R.A.E.								
1. Région PARIS	-	-	1 005	1 005	(12 000)	1 340	3 000	860
2. Nord	-	-	-	-	6 250	4 175	780	695
3. Picardie	-	-	(6 530)	6 530	(19 600)	4 900	9 800	1 960
4. Haute Normandie	-	-	-	-	4 125	4 125	3 100	2 475
5. Bretagne	-	-	755	725	(3 140)	2 180	2 020	1 415
6. Basse Normandie	-	-	I	425	(6 100)	3 650	4 560	3 040
7. Pays de la Loire	-	32 600	1 165	1 050	-	6 150	32 600	4 660
8. Centre	-	-	2 825	2 825	(39 500)	4 945	19 770	2 825
9. Aquitaine	-	-	2 650	2 355	(10 600)	1 415	1 765	850
10. Poitou-Charente	-	-	(2 620)	2 015	-	6 555	26 225	3 275
17. Lorraine	-	-	3 380	2 150	I	7 885	3 380	1 480
18. Champagne	-	-	4 290	4 290	I	2 860	8 580	1 610
20. Bourgogne	-	-	1 440	1 060	I	2 890	2 440	1 325
11. Limousin	-	-	1 705	1 705	(450)	380	295	265
12. Midi-Pyrénées	-	45 600	930	775	(750)	485	350	280
13. Rhône-Alpes	(44 620)	22 310	1 145	1 015	(1 350)	400	195	145
14. Auvergne	-	-	(8 700)	2 910	(490)	430	420	375
15. Provence-Côte d'Azur	-	39 940	(1 475)	690	(1 650)	950	420	350
16. Languedoc	27 770	27 770	(730)	435	I	465	(370)	190
19. Alsace	(345)	195	115	90	8 295	8 295	2 765	2 765
21. Franche-Comté	-	-	1 805	1 630	(5 430)	860	855	465

N.B. - Le premier groupe de régions est celui de topographie plutôt plate, le second celui de montagne prédominante.

TABLEAU 8 (suite)

Division géographique	Secteur agricole				Autres secteurs			
	Stations de plus de 10 ans		Toutes stations		Stations de plus de 10 ans		Toutes stations	
	B < 1 000 km²	Tout	B < 1 000 km²	Tout	B < 1 000 km²	Tout	B < 1 000 km²	Tout
B. Bassins								
Côtiers Nord-Seine	-	-	-	-	(3 800)	3 250	1 140	950
Côtiers entre Seine-Loire	-	-	(1 310)	620	(3 950)	2 985	2 780	2 075
Côtiers Sud-Loire	-	-	2 630	1 635	(1 750)	1 250	820	635
Seine	-	-	(3 000)	2 260	(6 800)	2 330	(3 930)	1 285
Loire	-	111 000	2 530	1 915	(2 020)	810	1 610	1 000
Rhin	(1 440)	805	480	340	17 220	6 900	3 455	1 570
Rhône	(92 450)	46 225	(1 125)	985	(890)	620	(300)	225
Garonne	-	80 175	(1 485)	1 100	(800)	475	(565)	335
Côtiers Méditerranée	39 360	19 680	(770)	395	(1 400)	1 000		275
Total FRANCE (Densité moyenne)	(21 200)	11 000	1 390	980	(2 340)	1 030	720	500

I Densité indéterminée

Entre ( ) densité estimée par défaut, c'est-à-dire que la superficie moyenne par station est surestimée, le nombre de stations étant lui sous-estimé.

TABLEAU 9

DENSITE ACTUELLE des STATIONS HYDROMETRIQUES en FRANCE

(nombre de km² moyen par station)

Division géographique	Stations de plus de 10 ans		Toutes stations	
	B < 1 000 km²	Tous bassins	B < 1 000 km²	Tous bassins
A. S.R.A.E.				
1. Région PARIS	(9 300)	1 340	755	465
2. Nord	6 250	4 175	780	695
3. Picardie	(19 000)	4 900	3 900	1 505
4. Haute Normandie	4 125	4 125	3 100	2 475
5. Bretagne	(3 140)	2 180	555	480
6. Basse Normandie	(6 100)	3 650	I	370
7. Pays de la Loire	-	6 525	1 125	880
8. Centre	(39 500)	(39 500)	2 470	1 410
9. Aquitaine	(10 600)	1 415	1 060	625
10. Poitou-Charente	-	6 555	(2 380)	1 250
17. Lorraine	I	7 885	1 690	875
18. Champagne	I	2 860	2 860	1 170
20. Bourgogne	I	2 890	905	590
11. Limousin	(450)	380	255	230
12. Midi-Pyrénées	(750)	480	255	220
13. Rhône-Alpes	(1 315)	395	165	130
14. Auvergne	(490)	430	(400)	330
15. Provence-Côte d'Azur	(1 650)	930	(300)	235
16. Languedoc	I	455	(245)	135
19. Alsace	(330)	190	110	90
21. Franche-Comté	(5 430)	860	580	360
B. Bassins				
Côtiers Nord-Seine	(3 800)	3 250	1 140	950
Côtiers entre Seine-Loire	(3 950)	2 985	(890)	475
Côtiers Sud-Loire	(1 750)	1 250	625	455
Seine	(6 800)	2 330	(1 700)	820
Loire	(2 020)	820	985	660
Rhin	(1 330)	720	410	280
Rhône	(880)	610	(235)	185
Garonne	(800)	470	(410)	260
Côtiers Méditerranée	(1 350)	955	(290)	165
FRANCE (Densité moyenne)	(2 100)	925	475	330

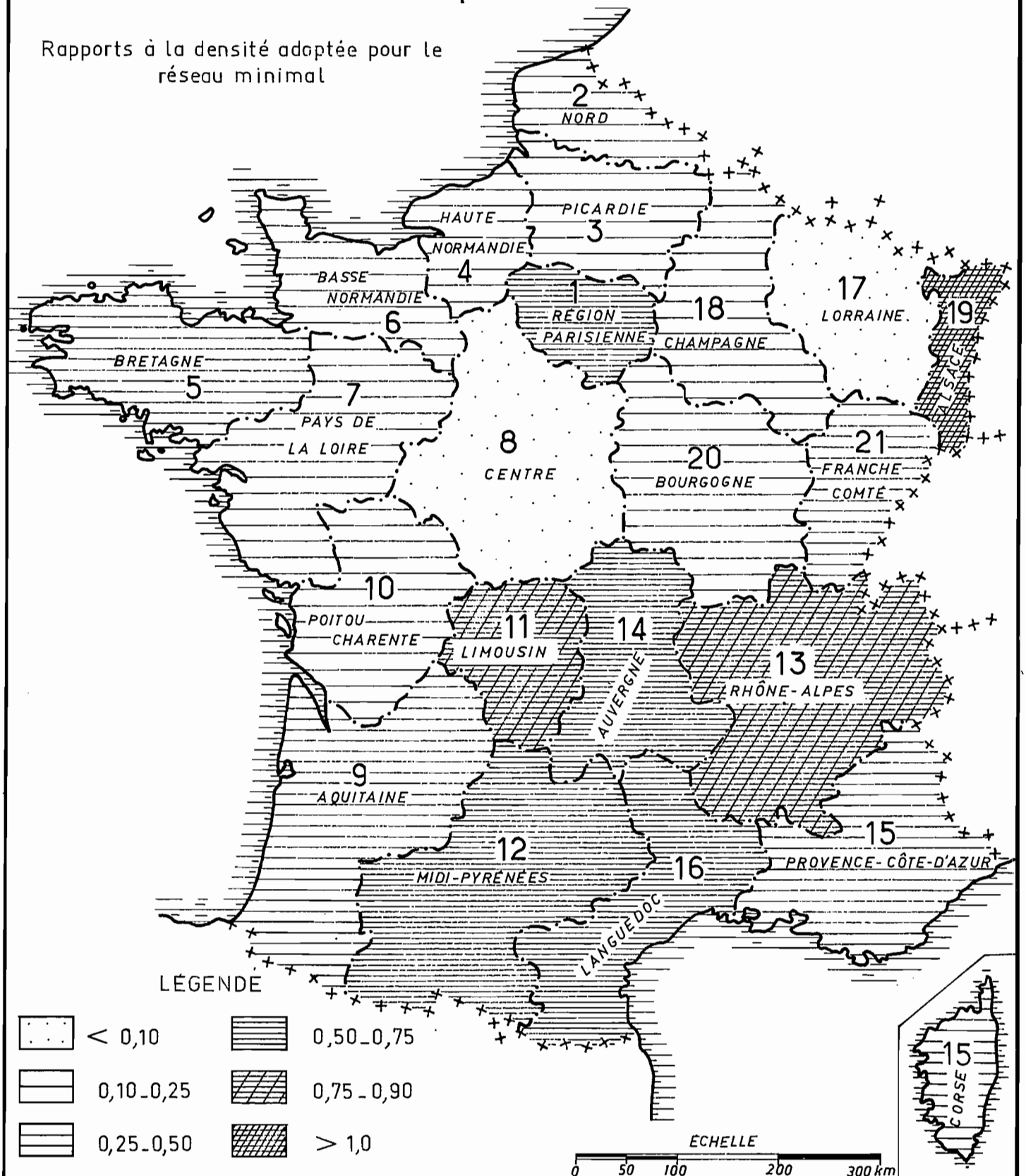
I : densité indéterminée Entre ( ) : densité estimée par défaut

CARTE DE LA SITUATION DES DENSITÉS RÉGIONALES DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Fig _ 4

_Toutes stations de plus de 10 ans d'observations _

Rapports à la densité adoptée pour le réseau minimal



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J. G.

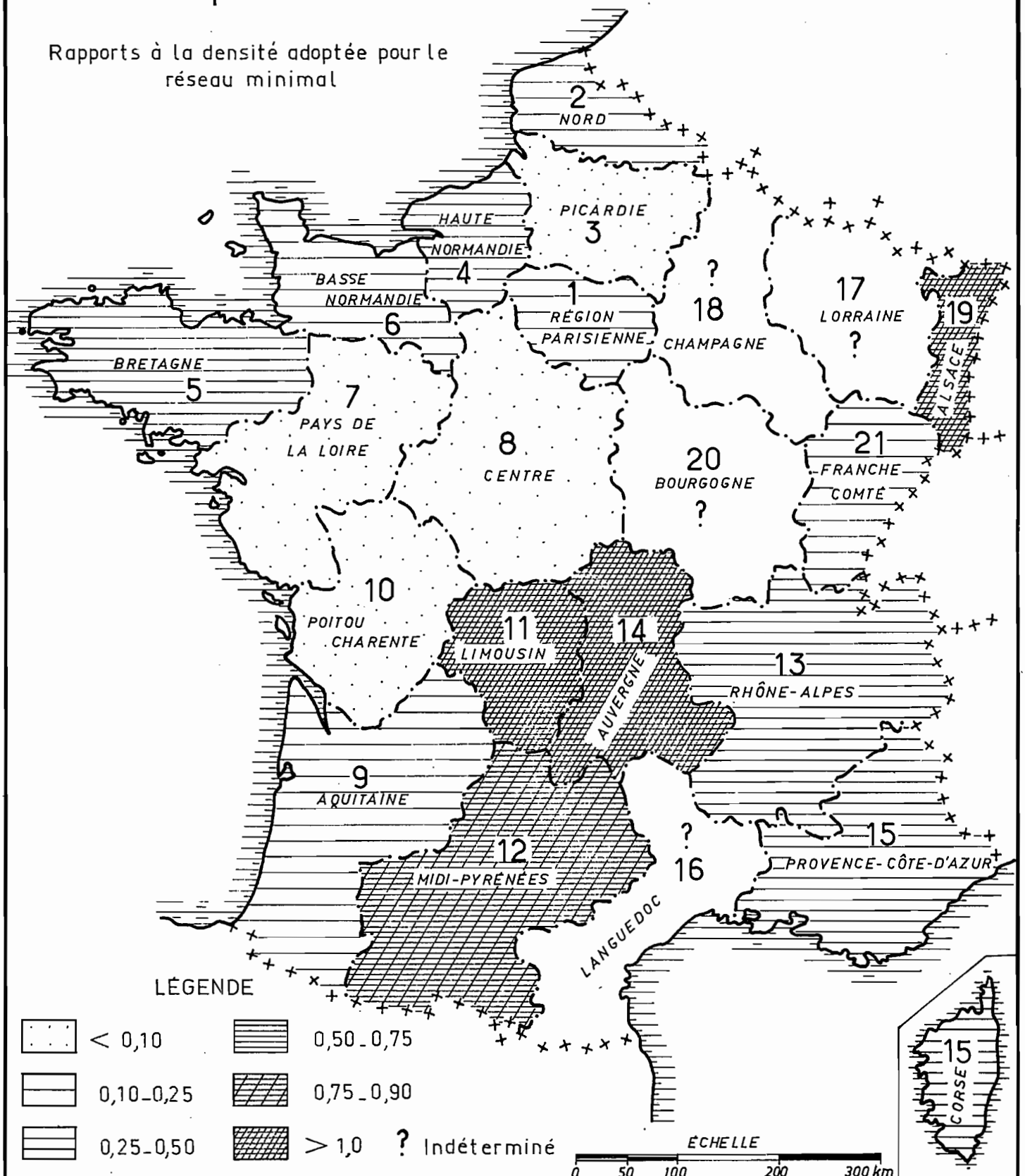
12-6-88

DIV_261 311

CARTE DE LA SITUATION DES DENSITÉS RÉGIONALES
DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Fig. 5

Stations de plus de 10 ans à l'issue de bassins de moins de 1000 km²



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer | 13.6.68 | DIV-261 312

En moyenne, selon cette hypothèse, en FRANCE la densité du réseau serait seulement moitié de l'objectif minimal.

Pour cerner les disparités géographiques, le découpage en 9 bassins est insuffisant et il faut descendre au niveau des régions ; la figure 4 traduit sur carte les déficits ou les excédents régionaux relativement aux densités adoptées pour le réseau minimal.

Pour l'ensemble des stations hydrométriques, on constate que :

a) seule l'Alsace dépasse la densité minimale,

b) Limousin et Rhône-Alpes dépassent les 3/4 de cette densité,

c) onze régions n'atteignent pas le quart de cette densité.

Pour les seuls bassins de moins de 1 000 km^2 (carte de densité sur la figure 5), les déficits sont comparativement moins prononcés :

a) Limousin, Auvergne et Alsace dépassent la densité minimale,

b) neuf régions n'atteignent pas le quart de cette densité.

La part du secteur agricole est nulle dans la formation de ce réseau partout en France, sauf en Alsace où elle est, par contre, prépondérante.

L'exemple de l'Alsace est particulièrement symptomatique des insuffisances de l'enquête signalées au paragraphe 1.3.1. Il y a 43 stations de plus de 10 ans de relevés, et seulement 12 d'entre elles fournissent des débits exploitables sur plus de 10 ans en vue d'une analyse du régime hydrologique. Parmi les autres stations, 7 ne sont pas observées en permanence ou sont sur des canaux ; une quinzaine d'autres ne peuvent pas être étalonnées ou ne le seront jamais (simples échelles de niveau) ; il n'y a guère plus de 7 stations qui après achèvement du tarage seront exploitables. Ainsi le déchet est-il très grand entre le nombre total de stations et le nombre réellement exploitable (ici près de 50 %) ; une forte proportion en pourrait être comblée si l'étalonnage n'était pas exagérément en retard.

Les constats de densité prononcés au niveau régional doivent être nuancés par la prise en compte du niveau départemental. Ainsi, bien que seule l'Alsace (2 départements) dépasse la densité minimale, on trouve au total 13 départements répondant au même critère, à savoir (outre le Bas-Rhin et le Haut-Rhin) :

- Corrèze, Savoie, Haute-Savoie, Cantal et Haute-Loire qui appartiennent aux 3 régions assez denses déjà mentionnées (Auvergne, Limousin et Rhône-Alpes).

- Basses-Pyrénées, Ariège, Haute-Pyrénées, Hautes-Alpes et Lozère qui appartiennent à des régions n'atteignant pas dans leur ensemble une densité égale aux 3/4 de celle du réseau minimal.

- Seine enfin, cas particulier d'un département très petit.

En conclusion, si l'on ne tient pas compte des particularités départementale signalées, au niveau des régions, les stations hydrométriques de plus de 10 ans de relevés ne permettent pas en FRANCE la constitution d'un réseau minimal, Alsace mise à part. Cet objectif minimal est proche pour ce qui est du Limousin, de l'Auvergne et de Rhône-Alpes ; il n'est pas trop éloigné pour les régions Languedoc et Midi-Pyrénées.

1.3.3. - Hypothèse d'un réseau formé de toutes les stations en service

Pour renforcer le réseau minimal formé des seules stations anciennes, la solution consiste à y incorporer les stations récentes même celles ayant à l'origine une vocation tertiaire si elles sont aptes à remplir leur rôle dans un réseau. Les restrictions sur les insuffisances de l'enquête, quant à l'aptitude des stations à s'intégrer en réseau, formulées au paragraphe 1.3.2. restent valables.

Les figures 6 et 7 montrent sur carte les déficits et les excédents aux densités minimales adoptées.

A l'échelle de la FRANCE, la densité moyenne est une fois et demie supérieure à celle du réseau minimal et deux fois pour les seuls bassins de moins de 1 000 km^2.

L'examen régional permet de modifier cette appréciation globale.

Pour l'ensemble des bassins :

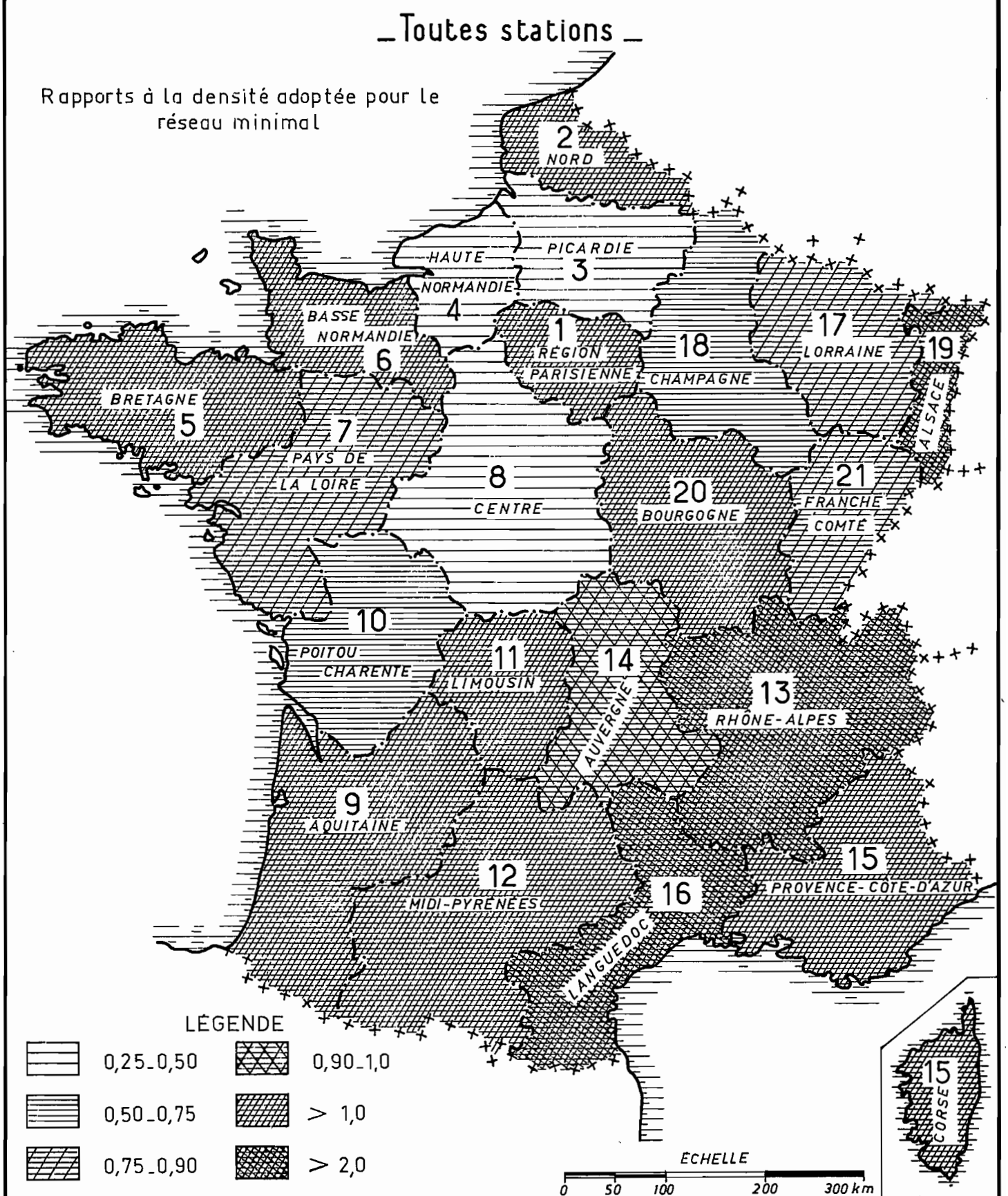
a) Alsace, Languedoc et Rhône-Alpes ont une densité double du minimum.

b) Neuf autres régions ont une densité supérieure au minimum.

c) Trois régions sur les neuf autres, Picardie, Haute-Normandie et Centre, n'atteignent pas la moitié de la densité minimale.

CARTE DE LA SITUATION DES DENSITÉS RÉGIONALES
DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Fig. 6



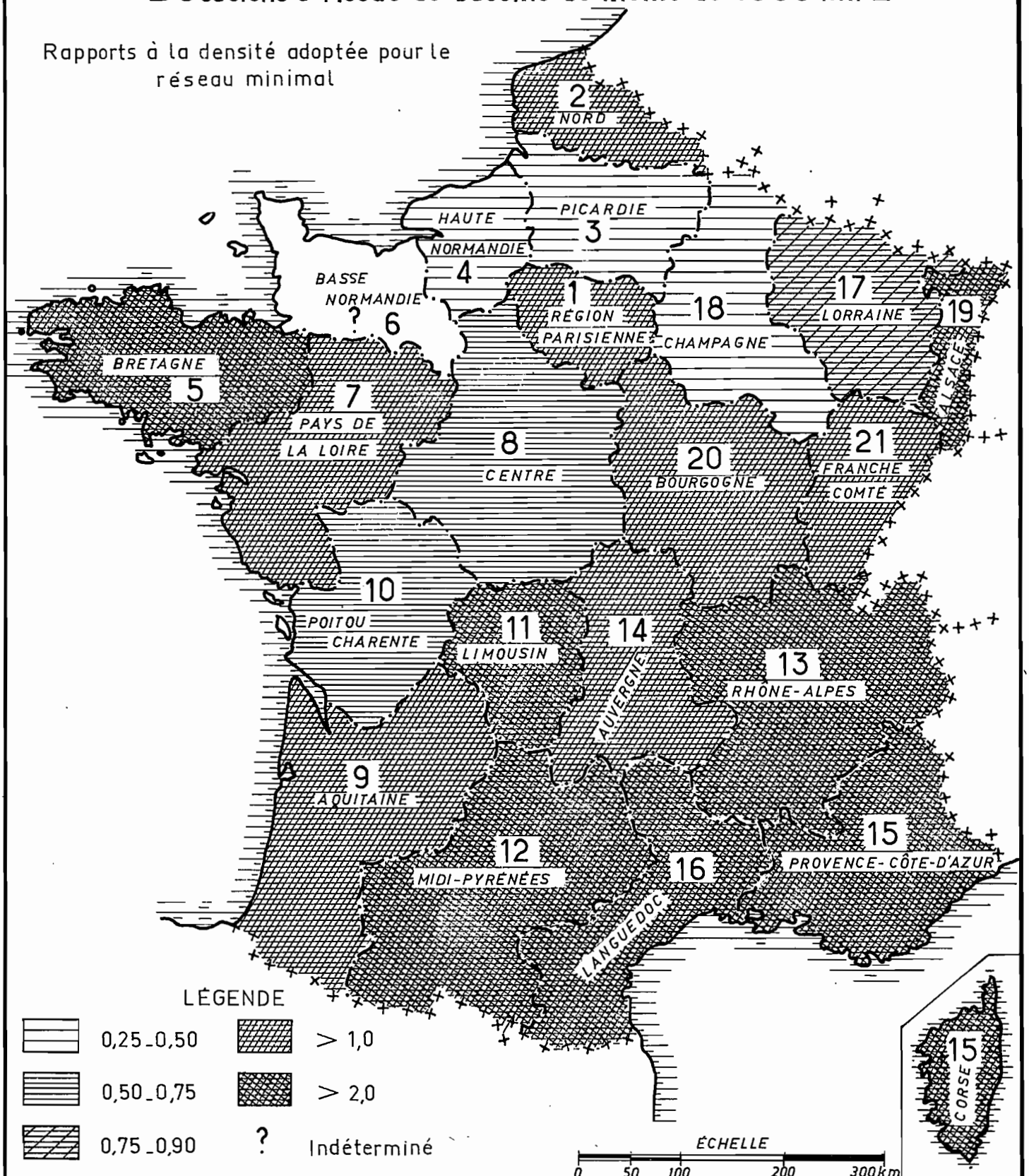
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer | J.C. 13.6.61 | DIV_261 313

CARTE DE LA SITUATION DES DENSITÉS RÉGIONALES
DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES

Fig _7

_ Stations à l'issue de bassins de moins de 1000 km²_

Rapports à la densité adoptée pour le réseau minimal



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

13-6-65
J.G.

DIV_261 314

Pour les seuls bassins de moins de 1 000 km^2 :

a) Sept régions dépassent le double de la densité minimale, les 4 nouvelles étant Bretagne, Limousin, Midi-Pyrénées et Provence-Côte d'Azur.

b) Sept autres régions dépassent la densité minimale.

c) Parmi les sept régions déficitaires, trois n'atteignent pas la moitié de cette densité : Picardie, Haute-Normandie et Champagne.

Au niveau départemental, ces conclusions sont quelque peu modifiées. Ainsi parmi les douze régions, dans lesquelles la densité minimale est dépassée pour l'ensemble des bassins, on compte 54 départements dont seulement 37 ont également une densité supérieure à la valeur de la densité minimale. On compte en dehors de ces douze régions, 8 autres départements affectés par la même densité, l'un d'entre eux l'Indre-et-Loire se trouvant dans une région - le centre - dans laquelle la densité n'atteint pas la moitié de celle du réseau minimal.

Dans l'ensemble, les déficits affectent le bassin de la Seine, celui de la Loire moyenne et les cours d'eau côtiers de la Manche.

Le rôle du secteur agricole dans le dépassement de la densité du réseau minimal peut être précisé comme suit :

a) influence prépondérante en Alsace ;

b) appoint peut-être excessif puisqu'il provoque un doublement de la densité minimale en Languedoc, Auvergne et Midi-Pyrénées pour les petits bassins ;

c) appoint nécessaire en Bretagne, Basse-Normandie, Aquitaine, Auvergne, Bourgogne et pour les seuls petits bassins en Pays de Loire, Région de Paris et Franche-Comté.

Au niveau départemental, il y a au moins une station dans chaque département, mais 3 départements n'ont des stations que dans le secteur agricole et 15 autres sont au contraire démunis de stations du secteur agricole.

En conclusion, en considérant toutes les stations hydrométriques de FRANCE, le niveau de densité du réseau minimal est dépassé en moyenne et seulement dans 12 régions sur 21 pour la totalité des bassins et dans 14 régions pour ceux de moins de 1 000 km^2.

D'importantes disparités font qu'il y a aujourd'hui d'une part des régions dans lesquelles la densité est déjà double de celle du réseau minimal (trois régions pour l'ensemble des stations, sept régions pour les bassins de moins de 1 000 km^2) et d'autre part des régions (elles sont trois : Picardie, Haute-Normandie et Centre - pour toutes les stations - ou Champagne - pour celles de moins de 1 000 km^2) dans lesquelles la densité n'atteint pas la moitié de celle du réseau minimal.

L'introduction du secteur agricole en pleine croissance, a été faite jusqu'à présent avec une concertation au niveau national dans le choix du matériel, et au niveau régional dans le choix de l'implantation des stations hydrométriques. Il doit être maintenant concerté dans l'optique réseau, en harmonie avec les autres secteurs. Des disparités existent, elles risquent même de s'accroître. Toutefois le groupe des bassins de moins de 1 000 km^2 paraît moins défavorisé que l'ensemble des stations.

Tout cela conseille fortement une politique d'amélioration de ces densités pour atteindre partout le niveau minimal et pour examiner l'optimisation des régions où ce seuil est déjà fortement dépassé.

1.3.4. - Moyens d'amélioration de la situation actuelle

Les conclusions formulées à l'issue des deux paragraphes précédents doivent être tempérées des remarques suivantes :

a) Toutes les stations en service ne sont pas aptes à s'intégrer dans un réseau. L'exemple de l'Alsace montre que le déchet peut être de 50 % environ. Si l'on regarde le pourcentage de débits journaliers publiés dans les divers annuaires français par rapport au nombre de stations inventoriées, on trouve également un chiffre voisin de 50 %. On peut penser qu'un tel déchet n'est pas exagéré, car nombre de stations ne permettent pas l'observation de tout le marnage, ne peuvent faire l'objet de mesures de débits, intéressent des voies d'eau artificielles ... etc ... ou bien ne sont pas observées en permanence d'une part, et d'autre part, surtout pour le secteur agricole, nombre de stations sont tertiaires et après information recueillie ne peuvent être transformées en stations permanentes (hypothèse que les bases d'enquête ne permettent pas de préciser).

Sans entrer plus avant dans la polémique, on peut admettre que le stade du réseau minimal est atteint avec une densité de stations intermédiaire entre celle définie et admise précédemment (paragraphe 1.3.1.) et le double de celle-ci.

Atteindre la densité adoptée pour le réseau minimal est un objectif immédiat à réaliser par la création de nouvelles stations.

Pour atteindre la densité du réseau minimal dans toute la FRANCE, on doit compter essentiellement sur le secteur agricole, le seul qui soit vraiment en croissance.

Dès qu'une densité double du réseau minimal est atteinte, on doit considérer qu'une étude de rationalisation est nécessaire en vue d'optimiser le réseau (réglage du nombre optimal de stations de base et répartition entre stations principales et secondaires).

b) Les objectifs de réseau minimal et de réseau optimal ne peuvent être atteints par la simple prise en compte de la densité des stations sur une région ou un bassin. La localisation de nouvelles stations (comme la fermeture d'autres) doit reposer également sur l'examen du milieu physique et géologique, de la forme du chevelu hydrographique, de l'importance économique locale des ressources en eau (confrontation avec les besoins).

Aussi les recommandations qui peuvent être formulées ici ne présentent-elles qu'un caractère global et devraient être soumises à réexamen préalablement à leur application régionale, en tenant compte des remarques précédentes.

Les politiques de gestion de réseau sont de trois natures différentes, selon l'état actuel de la densité des stations :

a) Pour les régions dans lesquelles la densité dépasse le double de celle du réseau minimal, il faut procéder dès que possible à l'étude de rationalisation du réseau et en attendant n'installer de nouvelle station que si elle répond à un objectif tertiaire immédiat et impératif. Ceci affecte 3 régions : Alsace, Languedoc et Rhône-Alpes ; pour la première d'entre elles, seulement, l'étude de rationalisation est prévue dans le cadre d'un autre marché et s'appuyera sur le réseau du secteur agricole ; pour les 2 autres régions, l'étude doit s'appuyer sur les stations des autres secteurs.

b) Pour les régions dans lesquelles la densité oscille entre 1 et 2 fois celle du réseau minimal, les installations de stations nouvelles doivent être soigneusement étudiées et admises seulement pour répondre à un objectif tertiaire précis, ou pour combler un vide géographique évident dans le réseau.

c) Pour les régions dans lesquelles la densité minimale n'est pas atteinte, les installations de stations doivent se poursuivre non pas au hasard,

mais en comblant les vides géographiques qui subsistent, aucun frein ne devant être mis à la création de stations tertiaires. Ceci concerne les 9 régions suivantes : Picardie, Haute-Normandie, Centre, Poitou-Charente, Lorraine, Champagne, Auvergne, Pays de la Loire et Franche-Comté. Dans les 3 dernières régions, la densité minimale relative aux petits bassins est déjà atteinte ; la politique à retenir pour ces petits bassins est celle définie au paragraphe b) précédent.

Au total, l'accès de toutes les régions à la densité minimale, avec suppression des plus fortes disparités départementales, requiert l'installation de 150 nouvelles stations dans l'hypothèse ou subsisteraient en permanence toutes les stations actuellement en service.

Si l'on admet un certain déchet de 50 % entre stations installées et stations de réseau, l'objectif serait grossièrement le doublement général de la densité minimale. Cet objectif requiert l'installation de 900 nouvelles stations à partir de l'état actuel à répartir dans toutes les régions à l'exclusion de celles déjà mentionnées et dans lesquelles la densité double existe déjà : Alsace, Languedoc, Rhône-Alpes pour tous les bassins, Bretagne, Limousin, Midi-Pyrénées et Provence-Côte d'Azur pour les seuls bassins de moins de 1 000 km^2.

On peut admettre enfin :

a) que le pourcentage de stations tertiaires du secteur agricole est de 40 % de l'effectif actuel (pure hypothèse) soit environ 225 stations et que l'équipement en est à renouveler tous les 10 ans et les infrastructures au moins tous les 3 ans (durée maximale vraisemblable d'un tel type de station) ;

b) que la création de nouvelles stations est pour 75 % du ressort du secteur agricole (pure hypothèse également).

En conclusion, les besoins en équipement de stations hydrométriques (limnigraphes, donc) pour le secteur agricole sont à peu près les suivants :

- à court terme (2 à 3 ans) 120 stations de réseau,
- à moyen terme (10 ans) 600 autres stations de réseau,
- au moins tous les 3 ans, l'infrastructure de 75 stations tertiaires,
- tous les 10 ans, l'équipement de 25 stations tertiaires environ.

La vitesse de croisière d'équipement en nouvelles stations est de l'ordre de 60 stations par an. Il serait irrationnel de dépasser cette vitesse. Les gestionnaires des stations doivent porter leur effort non seulement sur l'équipement de nouvelles stations mais également sur l'exploitation des stations existantes et surtout sur l'étalonnage complet de ces stations en activité.

Ces conclusions constituent plutôt un guide d'orientation, pour le déroulement de cette étude et les conséquences à en tirer, que des formulations précises devant être suivies à la lettre.

ANNEXE au CHAPITRE I

ENQUETE sur la SITUATION ACTUELLE du RESEAU HYDROMETRIQUE en FRANCE

Liste des documents consultés

- Annuaire Hydrologique de la FRANCE (1962) publié par la Société Hydrotechnique de FRANCE.
- Stations de jaugeages exploitées par les Circonscriptions Electriques (Ministère de l'Industrie) - Relevés journaliers ou mensuels - Année 1966 - 4 volumes - Imprimerie Nationale, PARIS.
- Débits dans les Aménagements Hydroélectriques - Pyrénées-Languedoc, Alpes, Massif Central - Année 1966 - EDF - Service de la Production Hydraulique - DTG.
- Premier Inventaire départemental des stations hydrométriques gérées par le Ministère de l'Agriculture (2 fiches modèles ci-jointes) et centralisé par la Section Technique Centrale d'Aménagement des Eaux (STCAE) - suite à Circulaire HA/1/211 du 12-3-65.
- Second Inventaire des stations hydrométriques gérées par les 21 Services Régionaux d'Aménagement des Eaux (Fiche modèle ci-jointe) avec carte de situation, centralisé par STCAE - Circulaire de Mars 1968.
- Comité Technique de la zone du Languedoc : "Infrastructure hydrologique" DATAR - SRAE du Languedoc - 1967.
- Compagnie d'Aménagement des Côteaux de Gascogne - Hydrologie - Rapport d'études - 1965-66.
- Inventaire des stations de jaugeages entièrement exploitées ou exploitées en collaboration et des stations-usines (collaboration avec GPRH) de la DTG - 1er Janvier 1968.

OBSERVATEUR

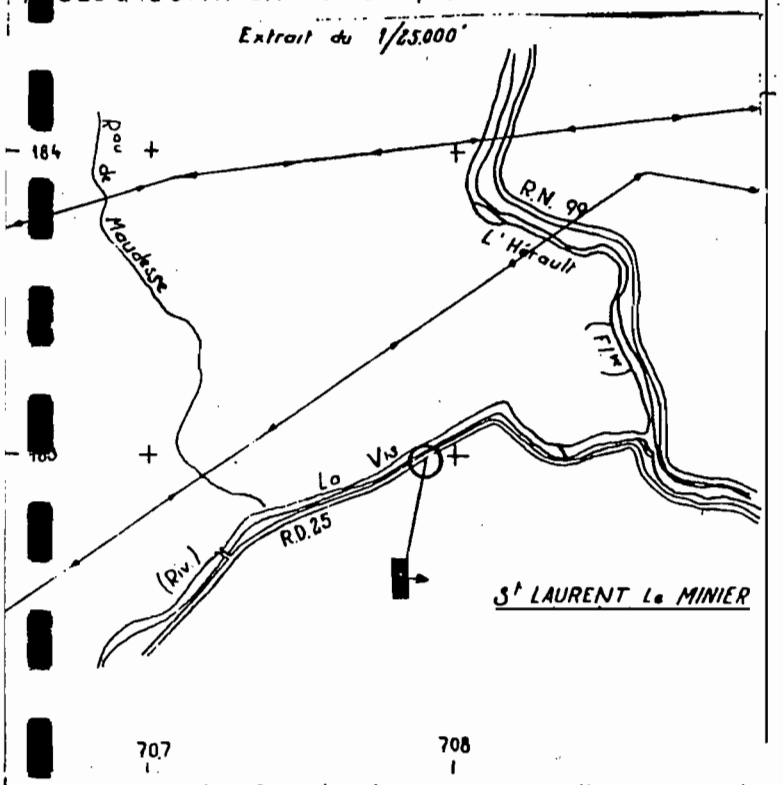
Adresse et téléphone

SERVICE REGIONAL de l'AMENAGEMENT DES EAUX
LANGUEDOC ROUSSILLON

1º Inventaire 1965

Distance domicile (ou lieu travail) station

ACCES à la STATION (carte si possible)



REPERE ALTIMETRIQUE de REFERENCE

Nature R.N.G.F. p'fL3 nº100 (repère de rattacht)

Emplacement mur de soutainement du C.D.110 au PKo 7

Cote NGF : du repère de rattachement 154,105
du zéro de l'échelle 148,955

RELEVES HAUTEURS D'EAU ou LIMNIGRAMMES

Envoyés tous les ... jours

Par

Originaux conservés par le S.R.A.E.

COURBES de TARAGE :

(1) première 0,180 à 32 m³ du 1.1.61 au 31.8.62 h<1,m º
(2) deuxième 32 à 386 m³ du 1.1.61 au 22.1.67 h>1.m º x
du 22.1.67 + h>1,50m º
(3) troisième 0,180 à 32 m³ du 1.9.62 au 31.10.62 h<1m º
quatrième 0,180 à 32 m³ du 1.11.62 au 31.1.63 h<1m
cinquième 0,180 à 32 m³ du 1.2.63 au 30.6.63 h<1m
sixième 0,030 à 32 m³ du 1.7.63 au 31.7.63 h<1m
sept : 0,080 à 32 m³/s du 1.8.63 au 31.10.63 h<1m
huit : 0,080 à 32 m³/s du 1.11.63 au 30.4.65 h<1m
neuf : 0,200 à 32 m³/s du 1.5.65 au 22.1.67 h<1m
dix : 0,200 à 64,5 m³/s du 23.1.67 + h<1,50m

MODE de JAUGEAGE (emplacement - point d'injection & de prélèvement - matériel utilisé - etc.)

Mesure de débits
- jaugeage chimique
- jaugeage au Moulinet O T T

voir emplacement sur l'extrait de carte au 1/25.000º ci-dessus

º (1) courbe extrapolée au delà de 5.90 m³/s
º (2) " " " de 54 m³/s x
º (3) " " " de 15.50 m³/s
x courbe reconstituée à partir de la mesure à 53,16 m³/s effectuée en 1964

Mesure des variations du P.E.
- limnigraphe NEYRPIC pneumatique
0-6 m depuis le 15.II.1960

+ Courbes toujours exploitées

RIVERS :

Date d'installation de la station : 15.II.1960

Situation : Département : GARD
Commune : ST LAURENT le MINIER, section B1
parcelle : 2 et 3
Lieu-dit : Travers de Lérou

Nom de la station : ST LAURENT LE MINIER Cours d'eau LA VIS

DIV. 261315

1° INVENTAIRE 1965

FICHE-MODELE

RECENSEMENT des STATIONS HYDROLOGIQUES

DEPARTEMENT de : la DORDOGNE

Nom de la station	Cours d'eau	Equipement de la station) E:Echelle) L:Limnigraphe) P:Passerelle	Mode de jaugeage	Date de mise en service	Surface du bassin versant	Organisme Exploitant
BOURGNAC	LA CREMPSE	E. L. OTT type X 1/5 (8 j.)	moulinet OTT	9-12-1966	150 km^2	SRAE AQUITAINE
BITAREL	L'EYRAUD	P. E. L. OTT type X 1/5 (8 j.)	"	2-12-1966	73 km^2	"
LE MANET	LA DRONNE	E. L. OTT type X 1/5 (8 j.)	"	25-11-1966	140 km^2	"
LESPARAT	LE MANOIRE	L. OTT type X 1/5	moulinet sur perche	13- 3-1967	198,50 km^2	

FICHE-MODELE

2° INVENTAIRE 1968

Nom de la station : WILLER S-THUR N° correspondant sur la carte : 22

Cours d'eau : THUR Bassin : THUR

Situation : x : 954,280 (II zone centrale)
y : 326,500
(coordonnées Lambert)

Superficie du B.V. : 159,0 km²

Altitude du zéro de l'échelle : 365,305

Organisme constructeur : Génie Rural

Organisme exploitant : Service Régional de l'Aménagement des Eaux

Date de mise en service : 27 - 10 - 1952

Type de station et équipement (1) :

- OTT type X [X]
- OTT type XX [ ]
- OTT type XVI [ ]
- TELIMNIP NEYRPIC [ ]
- Autres appareils (2) : .....

Mode de jaugeage : Moulinet

Observations : Tarée

(1) mettre une croix dans la case correspondante.

(2) mentionner par le détail le type d'appareil mis en place.

CHAPITRE II

Les DISPOSITIFS ACTUELLEMENT UTILISABLES en MATIERE d'EQUIPEMENT et d'EXPLOITATION de RESEAU HYDROMETRIQUE

Ce chapitre constitue un essai d'inventaire aussi exhaustif que possible des dispositifs techniques existants ou en cours d'études, en matière d'équipement et d'exploitation de réseau hydrométrique. Ces dispositifs sont examinés aux plans suivants :

- captage et collecte de l'information "hauteur d'eau" ;
- transformation de l'information "hauteur d'eau" en information "débit" ;
- traitement de l'information "débit".

Pour réunir la matière de ce chapitre, une enquête a été menée auprès des organismes publics et para-publics gestionnaires de stations hydrométriques et auprès des constructeurs de matériel limnimétrique et de matériel de traitement de l'information. On a tenté d'estimer toutes les solutions techniques existantes ou en cours d'études, mais il n'est pas exclu que certaines solutions "en gestation", ici ou là, nous aient échappées, étant donné le "secret" dont s'entourent beaucoup de chercheurs et de constructeurs, ne serait-ce que sur le plan de leur propre publicité...

Cette enquête a d'ailleurs été limitée aux constructeurs français ou étrangers fournisseurs traditionnels (R. F. d'ALLEMAGNE, SUISSE). Il est simplement fait référence à quelques principaux constructeurs américains, par souci de comparaison.

2.1. - Captage et collecte de l'information "hauteur d'eau"

A ce plan, le travail effectué s'est déroulé en plusieurs temps :

a) examen de la situation actuelle de l'équipement des stations hydrométriques en fonctionnement ;

b) définition des caractéristiques optimales souhaitées pour le capteur "idéal" du futur réseau de l'Agriculture ;

c) inventaire des appareillages existants sur le marché et des projets en carton chez les principaux constructeurs ;

d) consultation de constructeurs pour obtenir une meilleure approche du "capteur idéal" soit par modification d'appareillage existant, soit par conception d'un nouvel appareillage.

L'examen de l'équipement limnimétrique actuel a déjà été fait dans le 1er chapitre (Cf. paragraphe 1.1.5.) ; on rappelle ici les conclusions de cet examen.

Il existe en FRANCE environ 1 220 stations limnigraphiques dont 450 dans le secteur agricole ; elles sont équipées de limnigraphes, à enregistrement continu sur diagramme, à flotteur pour 90 %, à prise de pression pour 10 %. Cet équipement est neuf - moins de 10 ans d'âge - pour plus de 50 % des stations (80 % dans le secteur agricole). Il faut en priorité étudier l'automatisation de l'exploitation de ces limnigrammes (75 % des enregistrements sont dus à des appareils OTT type X).

L'avenir prévisible est un doublement approximatif de l'équipement. La part des limnigraphes à prise de pression ne peut que s'accroître. Des objectifs de 150 stations - sous 2 ou 3 ans - et de 750 stations - sous 10 ans - sont assez importants pour justifier une coordination de l'équipement au niveau national. Ces objectifs définis à l'échelle nationale (Cf. paragraphe 1.3.4.) se traduisent pour le seul secteur agricole (supposé participer pour 75 % à ces objectifs) par : 120 stations sous 2 ou 3 ans et 600 stations sous 10 ans.

Après définition des caractéristiques du capteur "idéal", on fait le point de la situation actuelle du problème "captage" + "codage" en deux temps :

a) exposition des dispositifs intéressants actuels, c'est-à-dire des solutions de captage d'une part et de codage d'autre part qui sont soit opérationnelles, soit au stade des essais ou des études ;

b) présentation de la situation du marché de l'appareillage "capteur + codeur" telle qu'elle ressort des dispositifs commercialisés, en cours d'essai ou d'études qui ont pu être portés à notre connaissance après l'inventaire et la consultation effectués.

Il est bien entendu que les termes "capteur" et "codeur", empruntés au langage moderne de l'informatique, correspondent, dans le cas des hauteurs d'eau, au limnigraphe.

2.1.1. - Définition des caractéristiques optimales du capteur de niveau envisagé pour le réseau de l'Agriculture

Ce problème et celui de la nature du centre de calcul des données constituent les deux points clés de la gestion du réseau hydrométrique, l'un agissant en amont, l'autre en aval, et leurs influences, à peu près indépendantes, interfèrent à tous les stades intermédiaires pour définir la - ou les - combinaison verticale la plus satisfaisante.

Ce problème de définition des caractéristiques optimales du capteur pourrait être envisagé d'une manière stricte à l'intérieur du réseau de l'Agriculture. Cependant, il est plus réaliste de prendre en compte la nature des capteurs existants dans les autres réseaux français et les intentions des gestionnaires de ces réseaux pour l'avenir, ne serait-ce que pour homogénéiser le parc national et au moins réduire par là le coût d'un appareillage fabriqué en plus grande série par les constructeurs. Cela faciliterait également les échanges d'information sur l'exploitation des stations, des données, ainsi que les échanges de personnel d'exécution, éventuellement.

Cet aspect national du problème a déjà été abordé en 1965, bien que de façon un peu étroite. Une série de réunions entre les techniciens responsables de l'Agriculture, d'Electricité de France et de NEYRPIC avait abouti à certaines conclusions (notes des 29 et 30 Mars 1965 de NEYRPIC [4].

Nous nous sommes inspirés de cette première approche du problème, lors de la mise à jour de la définition des caractéristiques optimales du capteur de niveau envisagé. Les premiers contacts avec les constructeurs ont permis de préciser cette définition. D'autre part, dans le cadre de l'action concertée "EAU", la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique a passé une convention de recherches à la Compagnie des Compteurs, sur le thème "Amélioration d'appareillage de mesures hydrométéorologiques". Une réunion préalable ayant pour objet la délimitation du programme de cette convention s'est tenue, sous la présidence de M. BANAL, le 5 Mai 1967 au Secrétariat Permanent pour l'étude des problèmes de l'eau (S.P.E.P.E). A l'issue de cette réunion, nous avons fait tenir au président la définition des caractéristiques optimales du capteur de niveau d'eau à laquelle nous étions arrivés (Cf. également [5]).

L'exposé des caractéristiques optimales du capteur, qui suit, reprend en partie le plan des entretiens de Mars 1965 :

a) caractéristiques inhérentes à la nature du réseau ;

b) caractéristiques propres au capteur :

- bande de mesure
- sensibilité, précision
- cadence d'enregistrement
- autonomie

c) caractéristiques propres au codeur.

- Caractéristiques inhérentes à la nature du réseau

L'importance relative des stations tertiaires confère au réseau une mobilité certaine (déplacement de stations tous les 2 ou 3 ans par exemple). Cette mobilité engendre les caractéristiques suivantes :

- infrastructure à coût minimal,
- récupération maximale de l'équipement tertiaire lors de son déplacement,
- universalité ou adaptabilité de l'appareillage au plus grand nombre possible de stations tertiaires (cours d'eau et écoulement très divers).

La gestion d'un nombre important de stations par un personnel de terrain très peu spécialisé appelle les caractéristiques suivantes :

- installation facile,
- maniement (réglage, exploitation, entretien) aisé,
- robustesse.

- Caractéristiques propres au capteur

a) bande de mesure
- 0 - 10 m dans la majorité des cas,
- extension à 20 m pour quelques cours d'eau méditerranéens.

b) sensibilité - précision influe sur la bande de mesure.

On a proposé aux constructeurs étudiant de nouveaux appareils, les normes souhaitables suivantes :

± 1 cm sur la bande 0 - 2 m (connaissance de l'étiage, *)

± 2 cm sur la bande 2 - 10 m

± 3 cm (ou même plus, ce qui n'est pas trop grave) au-delà de 10 m

c) cadence d'enregistrement

Modifiable aisément sur un appareil pour s'adapter au cours d'eau ou à la saison, entre les extrêmes 1/4 heure et 4 heures (intermédiaires possibles les plus souhaitables 1/2 h - 1 h - 2 h). Possibilité d'une cadence plus serrée pour les études (hors réseau) particulières sur petits cours d'eau (bassins représentatifs) : 1/10 h (cette division décimale est beaucoup plus pratique technologiquement que la sexagésimale).

Cette cadence s'applique évidemment au codage discontinu par interrogation, chaque Δ t, du niveau d'eau. Pour ce qui est du codage continu (limnigramme), il n'y a pas lieu de définir de nouvelles caractéristiques, ce dispositif existant actuellement avec une gamme de vitesse de déroulement assez variée chez les divers constructeurs.

d) autonomie

Elle dépend de la cadence d'enregistrement qui conditionne directement la vitesse de déroulement du support de codage ; la longueur de ce support étant fixée, l'autonomie est une résultante de la cadence.

L'autonomie dépend également de la capacité de la source d'énergie, il est judicieux de conditionner celle-ci pour quelle corresponde à la plus longue autonomie (liée à la cadence lente de 4 h par exemple). L'autonomie dépend également du mouvement d'horlogerie : on se libère de cette astreinte en prenant un remontage électrique alimenté par la source d'énergie.

En matière de source d'énergie, le principe retenu est celui de la station non reliée au secteur de distribution électrique.

En définitive, on recommande une autonomie de 1 à 3 mois, avec source d'énergie indépendante (piles, batteries). L'éventualité d'une autonomie de 6 mois est à retenir pour quelques stations très isolées.

---

* Il n'est pas exclu que, dans certains cas particuliers, une précision supérieure ne soit nécessaire : ± 0,5 ou ± 0,2 cm, par exemple.

- Caractéristiques propres au codeur

Trois idées directrices pour ces caractéristiques ont été dégagées :

- fidélité sévère du codeur qui ne doit pas faire manquer le captage de l'information ;
- dans le cas du codage discontinu non clair, la simplicité de l'appareillage (convertisseur ou transcodeur pour la phase de conversion produisant un support compatible avec l'ordinateur) est vivement souhaitée ;
- nécessité dans le cas du codage non clair d'un contrôle visuel de la hauteur d'eau sous la forme d'un enregistrement - type limnigramme - témoin en "réduction".

On peut conclure qu'il y a 2 voies de codage :

- la voie continue illustrée par le limnigramme classique ;
- la voie discontinue admettant tous les supports existants (cartes, bande perforée, bande magnétique ...).

Dans le cas de cette voie discontinue, il est nécessaire que le codeur offre en parallèle un témoin continu de l'enregistrement, permettant au gestionnaire du réseau d'effectuer le contrôle immédiat de la bonne marche de l'appareil et d'avoir une première vision du régime hydrologique avant dépouillement du support codé, lequel peut exiger un certain délai.

Les caractéristiques de ce témoin pourraient être :

- largeur de bande de 100 mm ;
- échelle de réduction 1/20° à 1/50° ;
- vitesse de déroulement 0,5 à 2 mm/h.

Le paragraphe de la définition des caractéristiques optimales du capteur de niveau peut être clos en réglant le problème de la collecte de l'information "hauteur d'eau". En matière de réseau de l'Agriculture, la transmission immédiate n'est pas nécessaire ; on se contente d'une transmission différée à l'échelle mensuelle. Sauf cas peu vraisemblables, cette transmission sera manuelle : tournée de collecte de l'hydrologue ou

envoi postal par l'observateur. Il n'y a aucune spécification particulière pour le codeur sinon que l'extraction de l'enregistrement soit aisée comme la remise en place du nouveau support de codage, afin que tout observateur puisse réaliser ces opérations sans erreur.

2.1.2. - Inventaire des dispositifs de captage et de codage

On aurait pu faire un inventaire le plus exhaustif possible de tous les dispositifs concevables de captage de niveau d'eau et de codage de cette information. On a jugé plus réaliste de limiter cet inventaire aux dispositifs existants d'une part et à ceux qui sont en cours d'essai ou d'études, étant entendu par là que cela signifie un stade poussé d'investigation allant de l'avant-projet dessiné et chiffré au prototype construit.

De cette manière, ont été écartées, entre autres, les solutions de captage concevables mais simplement restées au stade de l'idée, ou encore que l'évolution actuelle de la technique rend financièrement prohibitives. Dans cette catégorie, peuvent être rangés les dispositifs à ultrasons et à l'infra-rouge invoqués par certains constructeurs, bien que le premier soit déjà opérationnel pour des problèmes voisins (houlographe EDF, mesureurs ULTRASONIC [6] .

De la même façon, on a écarté les solutions de codage non opérationnelles sur le terrain aujourd'hui : cartes perforées (fragilité pour lecture ultérieure directe), cartes et disques magnétiques ... etc ... Dans ce domaine en pleine évolution du support d'information, on ne peut évidemment prévoir les découvertes ou les améliorations techniques des prochaines années.

Les dispositifs finalement retenus et jugés intéressants sont donc ceux qui existent et qui s'accordent avec les caractéristiques souhaitées pour le capteur optimal (paragraphe 2.1.1.). Le tableau n° 10 présente ces dispositifs pour le captage du niveau d'eau d'une part, pour le codage de l'information "hauteur d'eau" d'autre part, avec indication de la nature du codage et du support matériel de celui-ci.

A priori, il n'y a aucune incompatibilité entre les dispositifs de captage et de codage portés dans ce tableau, de telle sorte que toutes les combinaisons entre dispositif de captage par limnigraphe et dispositif de codage quelconque (11 hormis, évidemment) sont concevables. Un certain nombre seulement de ces associations entre capteur et codeur existent sur le marché. Compte tenu des objectifs du réseau de l'Agriculture, on a incité certains constructeurs à aborder des domaines jugés intéressants. Le tableau n° 11 fait le point de cette situation :

TABLEAU 10

INFORMATION LIMNIMETRIQUE

DISPOSITIFS INTERESSANTS de CAPTAGE et de CODAGE

Captage	Codage	
	Nature	Support
1. Par lecture directe : Echelle limnimétrique	1. Clair - Numérique discontinu	1.1. Feuille de R.H.E
2. Par enregistrement : Limnigraphe	1. Clair - Numérique discontinu	1.2. Ruban numérique
	2. Clair - Courbe continue	2. Limnigramme
2.1. à flotteur	3. Codé - Numérique discontinu	3.1. Bande perforée
2.2. à insufflation de gaz		3.2. Bande magnétique
2.3. à prise directe de pression		3.3. Impulsion électrique
2.4. à dépression (pr. mémoire)		
2.5. à ultra-sons (pr. mémoire)		

TABLEAU 11

INFORMATION LIMNIMETRIQUE

SITUATION du MARCHE

Capteur + Codeur			Appareillage	
1*	Echelles limnimétriques		existant Nombreuses marques	en projet
2.1	L. à flotteur	2.11 Limnigramme	OTT, RICHARD, STEVENS ...	
	"	2.12 Bande perforée	OTT, STEVENS + FISHER and PORTER	
	"	2.13 Bande perforée + témoin		OTT, RICHARD
	"	2.14 Bande magnétique pré-enregistrée	Limniphone SAREG, OTT	
	"	2.15 Impulsion électrique	STEVENS Telemark	
	"	2.16 Limnigramme + bande magnétique		DTG
2.2	L. à insufflation de gaz	2.21 Limnigramme	TELIMNIP NEYRPIC, Balance RITTMEYER	
		2.22 Bande perforée	STEVENS (ou CAE) + F. and PORTER	
		2.23 Bande perforée + témoin		OTT
		2.24 Bande numérique + témoin		NEYRPIC
		2.25 Film Infra-rouge		C.D.C.
2.3	L. à prise de pression pneumatique	2.31 Limnigramme	Hydrocapteur RICHARD	
2.3	L. à prise de pression par jauge de contrainte	2.32 Bande perforée + témoin		SFIM
		2.33 Ruban numérique + témoin		SFIM

N.B. Les appareils "en projet" soulignés sont à l'état de prototypes disponibles pour essai.

* Les chiffres de cette colonne font référence à ceux de la colonne "captage" du tableau 10.

- appareillage existant sur le marché,
- appareillage en cours d'essai ou d'études.

On a, de prime abord, éliminé les solutions de captage à ultrasons et à dépression. Le limnigraphe à dépression a fait l'objet de diverses réalisations. Les expérimentations menées par l'ORSTOM sur son propre réseau (limnigraphe construit par MECABOLIER) n'ont pas été concluantes pour 2 raisons principales :

a) difficulté insurmontable d'obtenir l'étanchéité de la colonne d'eau par manque de mouillabilité suffisante du liquide ;

b) obligation d'avoir toujours de l'eau, en bas de la colonne, en rivière ;

c) amplitude limitée à quelques mètres.

On voit que par rapport aux rubriques du tableau n° 10 (reprises pour classer l'appareillage dans le tableau n° 11), on a décompté 14 dispositifs (échelle exclue évidemment) sur le marché. Beaucoup sont bien connus de tous les utilisateurs, certains sont encore inédits ; quoi qu'il en soit on a jugé inutile de reprendre ici les descriptions des catalogues de fabricants *.

L'objectif de cette note est de voir, dans quelles mesures, ces dispositifs se rapprochent de l'optimum recherché, décrit au paragraphe 2.1.1.

A priori, 4 dispositifs ont été écartés pour cette confrontation :

1. Le limniphone à bande magnétique pré-enregistrée - rubrique 2.14 - type SAREG [11] intéressant uniquement pour les utilisateurs désirant soit la transmission instantanée, soit la possibilité d'interrogation à tout moment de la station par appel téléphonique, objectifs situés hors du cadre de ce marché.

2. Le limnigraphe TELEMARK de LEOPOLD and STEVENS [14] - rubrique 2.15 - ayant même vocation que le précédent. Un jeu de tambours commandés mécaniquement par la rotation du flotteur assure un codage numérique. Par interrogation à distance, le TELEMARK émet des impulsions électriques, soit par voie téléphonique, soit par radio VHF selon un code de

---

* Confer références bibliographiques [7] à [15].

tonalité spécifique pour les hauteurs d'eau et selon le code Morse pour les caractéristiques de la station. A la réception, l'impulsion électrique commande la perforation d'une bande ou, par le canal d'un pont de Wheastone, le report graphique de la hauteur sur un diagramme.

3. L'hydrocapteur à prise de pression par cloche en caoutchouc - rubrique 2.31 - peu utilisé en limnigraphie, alliant les défauts des appareils à flotteur (besoin de puits, donc infrastructure coûteuse) et des appareils à pression (peu précis, environ ± 7,5 cm sur 0 - 15 m)[9].

4. Le projet Compagnie des Compteurs (CDC) - rubrique 2.25 - encore sur le papier, faisant appel à une technologie mal connue (codage sur film I.R.) et dont aucune caractéristique n'est encore définie, semble-t-il, [5].

Les caractéristiques des 10 autres dispositifs intéressants sont rassemblées dans le tableau n° 12, en regard des optimums définis pour le capteur idéal. On trouve réunis là des appareils excellents qui donnent toute satisfaction aujourd'hui, mais sont dépassés ou incomplets pour le réseau de demain.

Les appareils satisfaisants qui constituent l'équipement actuel des stations, vont être passés en revue, leurs avantages et leurs inconvénients, par rapport à l'optimum recherché, sont brièvement décrits :

2.11 - Les limnigraphes OTT, types X, XX surtout, et plus ancien quoique moins utilisé type XV vertical ou plus récent pour grande précision type R.16, [7].
- Les limnigraphes RICHARD de conception ancienne.
- Les limnigraphes STEVENS types F ou A 35, de conception fort analogue aux appareils OTT, et très répandus aux U.S.A. [14].

On leur reproche pour l'équipement futur de ne pas fournir une information "hauteur d'eau" sur un support permettant une exploitation rapide et automatisée.

2.13 - Le limnigraphe OTT type 20.061 à bande perforée [7c] excellent appareil moderne à flotteur, encore peu utilisé en FRANCE.

2.12 - Les limnigraphes STEVENS à sortie couplée avec un enregistreur numérique de données analogiques, l'ADR 1542 de FISHER and PORTER qui produit une bande perforée. Cette association représente la majorité des équipements de stations aux U.S.A. [13], [14].

TABLEAU 12

CARACTERISTIQUES des DISPOSITIFS EXISTANTS ou en PROJET
pour le CAPTAGE de l'INFORMATION LIMNIMETRIQUE

Type d'appareil	Caractéristiques du réseau		Caractéristiques du capteur				Caract. du codeur	
	Coût de l'infrastructure	Installation	Bande de mesure	Précision	Cadence d'enregistr.	Autonomie	Nature du support codé	Témoin visuel
OPTIMUM RECHERCHE	Minimal	Facile	0-10 m (20 m)	± 1 à 2 cm (3 cm)	1/4 h - 4 h	1-3 mois (6 mois)	Simple Fidèle	oui
2.11 OTT X, XX ...	Elevé	Facile	Satisfaisante (retournement stylet)	± 0,5 à 1 cm	Continu	1 mois (7 mois)	Néant	oui
2.11 STEVENS A.35 ...	Elevé	Facile	"	± 0,3 cm à R 1/6	"	6m-2 ans	"	oui
2.12 STEVENS A.35 + ADR FISHER-PORTER	Elevé	Facile	"	± 0,3 cm à R 1/6	1/4 h	1 an 1/2	Bande perforée C.B.D.	non
2.13 OTT 20.061 (RICHARD)	Elevé	Facile	0 - 10 m (100 m)	± 1/2 cm	1/4 h minimum	6 mois	Bande perforée - Telex (C.B.D.)	oui
2.16 DTG ... (sur OTT)	Elevé	Facile	Satisfaisante (retournement stylet)	Satisfaisante	1/10 h minimum	1 an (codeur)	Bande magnétique	oui
2.21 NEYRPIC TELIMNIP	Faible	Délicate	0 - 18 m	± 2 cm	Continu	1 m/4 m	Néant	oui

TABLEAU 12 (suite)

Type d'appareil	Caractéristiques du réseau		Caractéristiques du capteur				Caract. du codeur	
	Coût de l'infrastructure	Installation	Bande de mesure	Précision	Cadence d'enregistr.	Autonomie	Nature du support codé	Témoin visuel
2.24 NEYRPIC Imprimant	Faible	Délicate	0 - 18 m	± 2 cm	1/4 h-1/2 h 1 h - 2 h	1 m 1/2 - 3 m 6-12 mois	Ruban numérique	oui
2.22 Manometer Servo STEVENS + ADR (FISHER-PORTER)	Faible	Délicate	0 - 15 m	± 1 cm	1/4 h	1 an	Bande perforée C.B.D.	non
2.23 OTT Projet	Faible ?	?	?	± 1 cm souhaitée	1/4 h minimum	6 mois	Bande perforée	oui
2.32-33 SFIM	Faible à modéré ?	Délicate ?	0 - 10 m (ou 1 000 mb)	± 0,2 % du maximum	1/4 h	1 mois	Bande perforée ou ruban numérique	oui

N.B. Les indications chiffrées figurant entre ( ) dans les colonnes relatives aux caractéristiques du capteur sont relatives aux objectifs souhaitables mais non nécessaires, ou à des possibilités d'extension sur commande.

On reproche à ces appareils, qui fournissent un support moderne de l'information "hauteur d'eau", de ne pas être dotés de témoin visuel clair de l'enregistrement.

On reproche, en outre, à ces deux groupes - 2.11 et 2.12 - de représenter, avec le flotteur, un équipement exigeant une infrastructure coûteuse et non récupérable (puits).

2.21 - Le TELIMNIP NEYRPIC est un excellent appareil qui a maintenant surmonté ses maladies de jeunesse [8b]. Ni son installation, ni son exploitation ne sont aussi aisées que celles des appareils à flotteur. En outre, le TELIMNIP fournit une information sur un support non moderne, comme les appareils du type 2.11.

2.22 - L'adjonction d'un Manometer Servo STEVENS sur un enregistreur type A.35 de la même marque constitue un équipement de même nature que le TELIMNIP, mais dans lequel la technique de captage est plus astucieuse et finalement meilleure.

Cet appareil, ou sa version canadienne CAE [15], avec sortie soit sur limnigramme A.35, soit sur l'ADR de FISHER and PORTER, constitue également l'un des piliers d'équipement des réseaux d'Amérique du Nord.

On lui reproche simplement de ne pas être doté d'un témoin visuel d'enregistrement et secondairement d'être d'exploitation moins aisée que les appareils à flotteur.

On peut ajouter à cette liste d'appareils, la balance de pression de RITTMEYER [12] - 2.21 - qui est généralement inutilisée en rivière car cet appareil est beaucoup trop cher. Il offre les mêmes inconvénients que le TELIMNIP mais il assure une précision bien supérieure de la mesure.

Ainsi cet examen conduit-il à éliminer pour l'équipement futur les 4 catégories de dispositifs qui viennent d'être passées en revue.

En réalité, si l'élimination est à prononcer pour les dispositifs existants décrits, il n'est pas exclu, comme on va le voir, que ces dispositifs deviennent valables après avoir subi une légère modification qui sera généralement une adjonction :

a) soit d'un témoin visuel clair aux dispositifs à codage non clair,

b) soit d'un codeur à support moderne aux dispositifs à limnigramme.

L'idée de la seconde adjonction est à mettre à l'actif de M. GUILLOT de la DTG. L'idée de la première adjonction nous est propre et nous sommes satisfaits d'avoir pu la faire partager à certains constructeurs (OTT, NEYRPIC) jusqu'à leur faire adopter dans leurs fabrications.

A côté de cette récupération ou modernisation de dispositifs existants, nos réflexions sur le capteur idéal nous ont conduits à rechercher un équipement libéré de l'astreinte du puits pour flotteur d'une part, et fournissant une information sur support codé moderne associé à un témoin visuel d'autre part. Cette recherche a débouché sur des résultats concrets puisque nous avons pu relancer l'idée du limnigraphe à ruban imprimant chez NEYRPIC et provoquer à la SFIM l'étude et la mise au point d'un capteur original de hauteurs d'eau.

Grâce aux adjonctions, soit d'un codeur, soit d'un témoin et grâce à ces nouveaux prototypes provoqués chez les constructeurs, on arrive à retenir 6 dispositifs , sur les 13 de l'inventaire, qui satisfassent, au moins partiellement, aux normes de l'optimum.

On trouve d'abord un premier dispositif représenté par deux appareils existants, à flotteur, et sortie sur bande perforée, valorisés par la présence d'un témoin visuel :

2.13 - Le limnigraphe RICHARD à bande perforée et témoin visuel toujours au stade du 1er prototype, bien qu'ayant franchi favorablement le stade de l'essai de terrain (fait à la DTG - GRENOBLE) il y a quelques années [9].

2.13 - Le limnigraphe OTT à bande perforée type 20.061 existant sur le marché et fonctionnant bien, devenu tout à fait satisfaisant après adjonction d'un témoin visuel, ce qui est fait depuis Mai 1968 (prototype opérationnel) à la suite de notre demande [16].

On trouve ensuite, dans un second dispositif, la valorisation de tous les limnigrammes classiques par l'adjonction d'un codeur à support moderne :

2.16 - Le capteur magnétique de la Division Technique Générale (Service des Etudes et Mesures Hydrométriques) DTG - EDF qui doit rendre satisfaisant l'équipement classique OTT (rubrique 2.11, types X et XX) de cet organisme. Il passe au stade des essais du prototype sur le terrain (pluviographe et limnigraphe) au cours du 2ème semestre 1968 [17].

Le dispositif suivant est un nouveau prototype NEYRPIC [18] :

2.21 - Le limnigraphe à ruban imprimant est une association d'un capteur analogue à celui du TELIMNIP (par insufflation de gaz) et d'un codeur imprimant les hauteurs d'eau en clair sur un ruban, dit ruban numérique, les caractères utilisés pour représenter les chiffres étant susceptibles d'être lus par un lecteur optique (caractères IBM, lecteur IBM).

La commande du codeur est assurée par un servo-moteur sur le principe du limnimètre asservi (horloge électrique pour déclanchement du pas de temps). Il est adjoint un témoin visuel de l'enregistrement, sur notre demande expresse.

Quelques difficultés dans le choix du compteur-codeur imprimant retardent jusqu'à la fin de 1968 les essais du 1er prototype.

Le quatrième dispositif est une association du dispositif 2.13 pour le codage avec un nouveau capteur :

2.23 - Ce projet OTT associe la prise de pression par insufflation de gaz et le codage sur bande perforée (avec témoin) ; mais il est au stade des études de définition (achèvement de celles-ci, fin 1968) ; la transmission prévue est du type à balance de pression et servo-moteur (comme chez RITTMEYER) d'où une meilleure précision (le centimètre est envisagé) tout en étant d'un prix abordable, bien que non défini aujourd'hui.

Enfin, les deux derniers dispositifs reposent sur un principe de captage entièrement nouveau en hydrométrie :

2.32 et 33 - Ce principe de captage direct de la pression peut s'opérer soit par transformateur différentiel, soit par jauge de contrainte.

La Société Française d'Instruments de Mesure, SFIM, sollicitée, a bien voulu répondre à nos demandes et a étudié cette possibilité de captage.

Dans un premier stade [19], la SFIM envisageait soit l'un ou l'autre des procédés de captage avec sortie soit sur bande perforée, soit sur ruban numérique (principe déjà retenu par NEYRPIC pour son limnigraphe à ruban imprimant).

Après études préalables, il a été décidé de construire un premier prototype [20] sur le principe du capteur à jauge de contrainte associé au codeur par compteur imprimant sur ruban numérique.

L'appareil délivre également un témoin d'enregistrement.

Etant donné qu'actuellement la plupart de ces dispositifs sont encore au stade expérimental, on ne peut augurer de leurs qualités, avant essais sur le terrain, et l'orsqu'ils seront réalisés en série. La comparaison est donc aujourd'hui difficile. On peut espérer être mieux informé avant la fin de ce marché ; une note rectificative complémentaire pourra toujours être rédigée alors, et adjointe au rapport de mise en oeuvre.

On ne peut clore cet inventaire des dispositifs intéressants sans mentionner deux solutions également dignes d'intérêt :

a) Le besoin d'un témoin visuel d'enregistrement a été ressenti par les Américains lorsqu'ils ont adopté les limnigraphes codeurs (association STEVENS et ADR de FISHER and PORTER).

Leur solution est celle d'un pays riche : mise en parallèle de deux limnigraphes, l'un classique par exemple le STEVENS A.35, l'autre à sortie sur ADR.

Cet accouplement peut se réaliser avec un seul capteur et deux codeurs ou même avec deux limnigraphes séparés (méthode employée au CANADA pour accroître la sécurité de l'observation permanente en région très froide).

Nous estimons beaucoup plus astucieuse et économique la solution du simple témoin visuel que nous avons préconisée et fait adopter par OTT, NEYRPIC et SFIM : un seul limnigraphe, donc un prix non prohibitif.

b) Parmi les objectifs du réseau de l'Agriculture, il y a celui de voir associés dans un même réseau limnigraphes et pluviographes.

L'idéal est la disposition d'un appareil à double capteur et codeur unique. Le seul appareil existant, à notre connaissance, sur le marché est le STEVENS, type SR :

- enregistrement de la pluie par flotteur dans un cylindre de 2 pouces de diamètre à vidange automatique par siphon,

- enregistrement du niveau par flotteur dans un même cylindre,
- inscription par stylets à 180° l'un de l'autre des deux enregistrements sur un même diagramme circulaire horizontal.

L'appareil n'est pas universel car son enregistrement limnigraphique est insuffisant : réduction d'échelle trop grande (1/30° à 1/120°), amplitude réduite (6 m au plus), puits trop étroit valable pour des eaux très claires et très calmes, codage classique de type ancien.

On doit noter le grand intérêt du codeur magnétique DTG adaptable aussi bien sur limnigraphe que sur pluviographe puisqu'il a été conçu à l'origine pour couplage avec pluviographe à augets basculeurs (type PRECIS MECANIQUE ou RICHARD).

Nous n'avons pas orienté la recherche des constructeurs vers un appareil limnigraphe-pluviographe moderne, mais cela pourrait être tenté, d'autant plus que le codage de la pluie (captée par augets basculeurs) est beaucoup plus facile que celui de la hauteur d'eau. L'adjonction d'un pluviographe à l'un des dispositifs intéressants de limnigraphie ne serait donc pas impossible.

Une première série d'appréciations peut déjà être déposée maintenant, en matière de conclusion à cet inventaire :

a) Pour les rivières calmes, pour les stations permanentes, quand une bonne précision est exigée (faible amplitude du niveau d'eau), le limnigraphe à flotteur reste le meilleur appareil.

Entre le prototype RICHARD et le limnigraphe OTT type 20.061, léger avantage à ce dernier car il est d'une part fabriqué dès maintenant en série (adjonction prévue sans difficulté du témoin visuel, dès 1968, sur les appareils déjà en service) et fonctionne normalement, car d'autre part son code de perforation à 5 canaux est celui du Telex international (gros intérêt pour la transmission des données) alors que RICHARD [21] perfore en binaire-décimal à 16 canaux ; en outre, le code Telex est compatible avec les lecteurs de bande perforée d'ordinateur, le code BD ne l'est pas (d'où la nécessité d'un transcodage comme pour le FISHER and PORTER, Cf. paragraphe 2.3.).

Pour la valorisation des équipements classiques à flotteur et sortie sur diagramme, le projet du capteur magnétique DTG est très séduisant, il pourra s'imposer s'il se révèle satisfaisant aux essais et si aucun procédé de traitement automatique du diagramme ne s'avère

plus intéressant (Cf. paragraphe 2.2.). Il faut signaler que de tels capteurs sont expérimentés avec succès en GRANDE-BRETAGNE depuis plusieurs mois et que ce procédé (codage sur BM) est l'objet d'une forte tendance dans ce pays, comme aux USA actuellement.

b) Pour les rivières torrentielles, à transport solide notable, pour les stations tertiaires à déplacement fréquent de site, les limnigraphes à insufflation de gaz ou à capteur de pression sont les plus intéressants.

Dans l'immédiat, en écartant le projet OTT, encore imprécis, il reste deux appareils prometteurs : le limnigraphe à ruban numérique NEYRPIC (technologie de captage déjà confirmée, technologie du codage séduisante à envisager) et le capteur de pression SFIM à soumettre aux essais. Léger avantage au limnigraphe NEYRPIC car le capteur SFIM serait actuellement d'un prix non compétitif.

c) Sur le plan financier, la comparaison ne peut être qu'ébauchée, les prix retenus par les fabricants n'étant actuellement qu'indicatifs ; le rapport de mise en oeuvre reprendra l'examen détaillé de ce point.

Les prix hors-taxes se tiennent entre OTT, NEYRPIC et RICHARD avec une bande variant de 7 000 F (série de 100) à 4 500 F (série de 1 000) ; le codeur DTG n'augmenterait pas de plus de 25 % le prix du limnigraphe OTT classique, ce qui est très satisfaisant. Seule la SFIM arrive à des coûts trois fois plus élevés, ce que peut justifier à la fois le fait que cette entreprise aborde pour la première fois le marché des limnigraphes, et également le fait que son capteur soit cher (baisse non invraisemblable dans quelques années avec les progrès de la technique de fabrication). On peut retenir ce capteur SFIM comme un prototype d'avenir, non utilisable dans les proches années pour équiper le réseau.

2.2. - Transformation de l'information "hauteur d'eau" en information "débit" :

Ce deuxième plan est étroitement lié au suivant (traitement de l'information débit) puisqu'ils sont l'un et l'autre justiciables des activités de bureau, le premier plan concernant les activités de terrain. Malgré quelques risques de redite, on a jugé préférable de présenter à part la transformation niveau-débit, les dispositifs la concernant étant très variés et originaux. En outre, cette opération reste pour de nombreuses années encore, la clé de la gestion du réseau, le captage direct du débit étant toujours du domaine de la recherche (compteur de vitesse acoustique, par exemple [3]).

2.2.1. - Présentation du problème

En gestion de réseau, l'objectif est le calcul du débit moyen journalier. Dans certains cas particuliers, la connaissance de plusieurs débits au cours d'une journée est intéressante : analyse de crue sur petit cours d'eau, tracé d'hydrogramme de bassins représentatifs, ... ; ces cas particuliers ne nécessitent pas de dispositifs spéciaux et peuvent être négligésici.

Pour atteindre cet objectif, l'information "niveau" ou "hauteur" se présente sous l'une des 5 formes suivantes : feuille de relevés de niveau ou de hauteur d'eau (RHE) remplie par l'observateur d'échelle, limnigramme, ruban numérique, bande perforée, bande magnétique. Cette information "hauteur" doit être transformée en information "débit" grâce à l'étalonnage.

L'information "étalonnage", résultat de mesures de débits effectuées de diverses manières (jaugeages au moulinet, chimiques, jaugeurs ...) est constituée par une relation entre hauteur et débit, relation mise sous forme de courbe de tarage, de barème d'étalonnage ou d'équation.

Cette information "étalonnage" permet le calcul du débit moyen journalier directement à partir de l'information hauteur, ou après un pré-traitement de celle-ci. Dans la plupart des cas, ce pré-traitement, que l'on peut également appeler transcodage (transformation du support ou de la forme du codage) est rendu nécessaire par l'organe de calcul du débit ou par les besoins du classement des données ; ces raisons seront examinées au paragraphe 2.3., avec tout ce qui concerne l'automatisation du traitement de l'information.

Le tableau n°13 offre une représentation schématique des diverses manières de réaliser la transformation hauteur-débit. On peut y constater la grande facilité avec laquelle s'effectue le passage d'une forme de codage à une autre par l'intermédiaire du transcodage : les combinaisons sont multiples. Cependant, le même tableau permet de dégager les systèmes originaux de la transformation hauteur-débit :

a - système manuel numérique

b - système manuel graphique

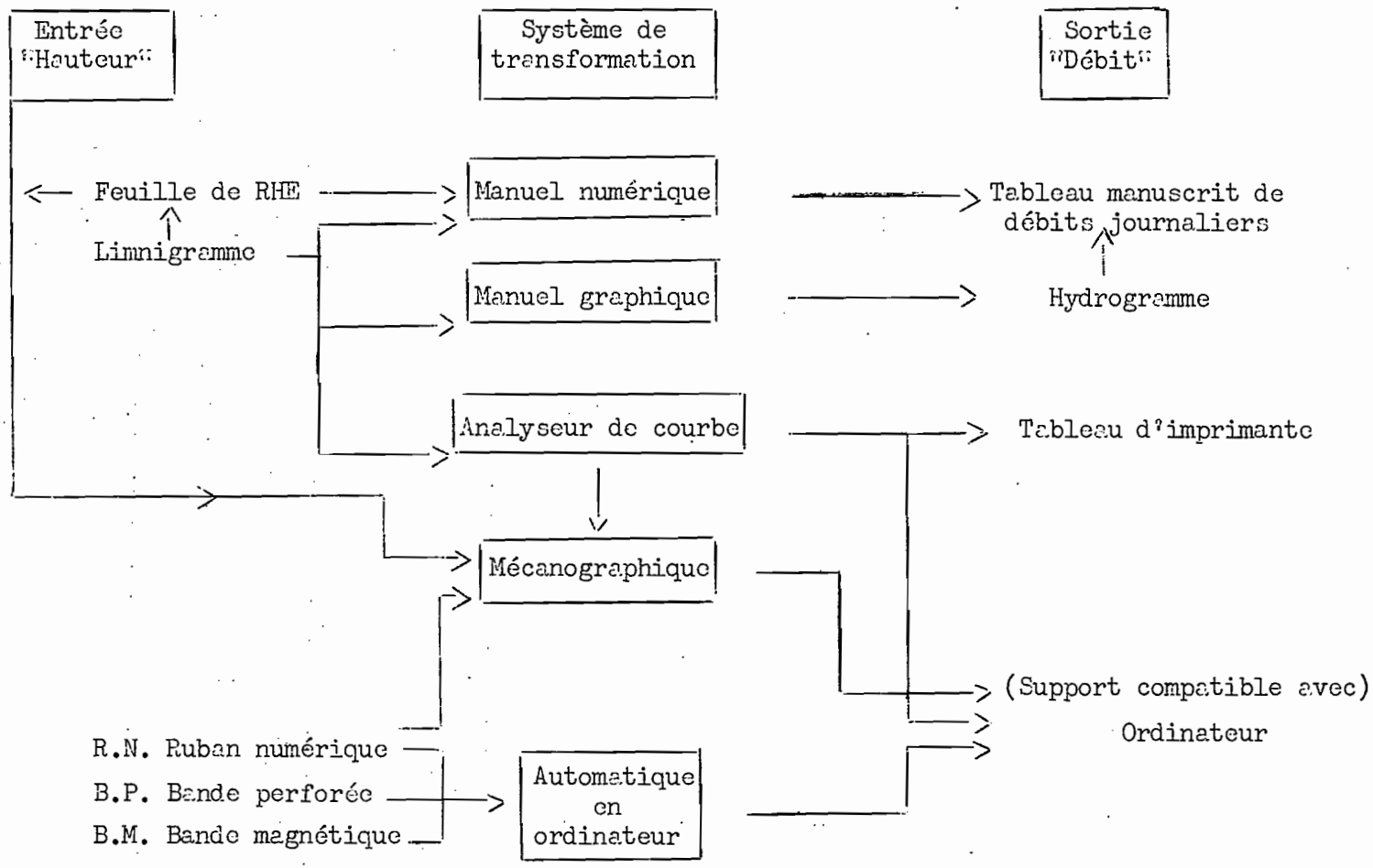
c - système semi-automatique ou automatique de l'analyseur de courbe

d - système semi-automatique mécanographique

e - système automatique numérique

TABLEAU 13

TRANSFORMATION HAUTEUR-DEBIT



On va analyser brièvement ces cinq systèmes en tenant compte des conditions d'entrée (nature du codage de la hauteur) mais indépendamment des conditions de sortie (nature des organes de traitement).

2.2.2. - Analyse des systèmes de transformation (tableau n° 14)

Dans le système manuel numérique, un opérateur effectue le travail en partant soit des feuilles de relevés de hauteurs d'eau, soit des limnigrammes ; ce procédé classique est évidemment très long - (environ 40 h pour une année-station à 12 débits par jour) - et rapidement insuffisant si le réseau possède plusieurs centaines de limnigraphes.

Le système manuel graphique emploie une équerre de dépouillement de limnigramme faite en plexiglass avec la courbe de tarage gravée dessus : la vitesse de l'opérateur est multipliée au moins par 3, mais le résultat, purement graphique, donne un hydrogramme dessiné sur le papier support du limnigraphe (intérêt limité peut-être aux études de petits bassins, de crues ...). On pourrait évidemment extraire de l'hydrogramme les n débits instantanés nécessaires au calcul du débit moyen journalier. Le gain de temps serait alors faible.

Seuls les trois autres systèmes peuvent prétendre assurer une transformation hauteurs-débits correcte dans un réseau moderne, chacun d'eux étant plus ou moins automatique.

L'analyseur de courbe, comme d'ailleurs son inverse le traceur de courbe, est un appareil que l'industrie a rendu totalement automatique ou presque.

On peut citer dans ce secteur industriel, deux appareils :

a) l'analyseur électronique SIEMENS qui absorbe tout diagramme de 290 mm de large (tous limnigrammes OTT mais non celui du TELIMNIP de 300 mm) et en effectue le traitement en 25 minutes pour une longueur déroulée de 30 mètres ; la sortie automatique des hauteurs s'effectue sur bande perforée en code Telex, ou sur tableau d'imprimante, [21] ;

b) l'analyseur D.MAC semi-automatique (exploration manuelle de l'enregistrement) qui peut prendre des diagrammes d'au moins 300 mm de large et fournit les hauteurs sur cartes perforées.[22]

A côté de ces analyseurs du commerce à vocation générale, on trouve des analyseurs semi-automatiques fabriqués spécialement pour le dépouillement des limnigrammes par les propres utilisateurs :

TABLEAU 14

Les SYSTEMES de TRANSFORMATION

Système	Nature du prétraitement ou transcodage	Support transcodé de l'information "hauteur"	Forme d'introduction de l'information "étalonnage"	Forme de sortie de l'information "débit"
1. Manuel numérique	Néant ou dépouillement de limnigramme	Tableau numérique	Barème d'étalonnage	Tableau manuscrit
2. Manuel graphique	Equerre	-	Courbe de tarage (graphique)	Hydrogramme
3. Analyseur de courbe	3.1. Analogique (rotation d'arbre)	-	Courbe de tarage (tension analogique)	Tableau d'imprimante
	3.2. Analogique (rotation d'arbre)	Carte perforée ou Bande perforée	Barème d'étalonnage	Support compatible avec ordinateur
	3.3. Exploration électronique	Table numérique ou Bande perforée ou Carte perforée	-	-
4. Mécanographique	Lecture de feuille de RHE ou Dépouillement de limnigramme ou Analyse de courbe	Carte perforée	Equation	Support compatible avec ordinateur
5. Automatique	Transcodage automatique (RN, BP, BM)			

a) l'ADL 61 du Service Hydrométrique DTG-EDF [23] utilise deux conversions analogiques (rotation d'arbre pour les hauteurs et tension électrique pour l'étalonnage), lit des diagrammes OTT type X et XX, et sort les débits sur tableau d'imprimante ; cet appareil à performances modestes va être remplacé car il ne fournit pas d'information "hauteur" sous une forme traitable ultérieurement.

b) l'analyseur mis au point à la 2ème Circonscription Electrique par M. DICONNE [24] à l'avantage de pouvoir accepter de très nombreux limnigrammes, avec ou sans retournement de stylet : OTT X, XX, XV et R.16, également HWK (à tambour vertical), appareil allemand surtout utilisé sur puits. Cet analyseur à commande manuelle sort les hauteurs sur un tableau d'imprimante. Ces données sont ensuite mises sur cartes perforées par un opérateur perforateur.

c) le nouvel analyseur DTG qui va remplacer l'ADL 61 est conçu sur le principe de l'exploration manuelle de l'enregistrement et par adaptation du perforateur de bande du limnigraphe OTT type 20.061 ; il fournit les hauteurs au pas de temps choisi, sous forme de bande perforée.

d) le prototype EDF-ERNUTH que nous avons vu aux essais à BORT-les-ORGUES est très voisin du nouvel analyseur DTG puisqu'il fournit les hauteurs sur bande perforée après exploration manuelle de l'enregistrement. On peut introduire par un clavier les caractéristiques de la station, date, heure, sur la bande perforée. Cet appareil lit également les enregistrements curvilignes comme ceux des pluviographes et autres appareils météorologiques.

Il pourrait être adapté pour tenir compte du retournement de stylet. Seul inconvénient très important : un pas de temps rigide beaucoup trop court (1 heure ?) non modifiable aisément.

Sous les aspects coût et performance, on peut consulter le tableau ci-après, établi pour le traitement d'une station-année à 12 relevés par jour, à partir des indications des fournisseurs ou fabricants utilisateurs sans qu'une étude comparative, à conditions de travail analogues, ait pu être effectuée :

Analyseur	Coût en francs	Performance en heures
SIEMENS	45 000	1 h (sous réserves)
D. MAC	13 000	1 h (sous réserves)
ADL 61	15 000	6 - 9
DICONNE	7 000 (perforation des cartes exclue)	6

Aucune indication ne peut être fournie actuellement sur les appareils DTG et ERNUTH en cours d'installation.

Le système mécanographique peut traiter l'information "hauteur" sous toutes ses formes, mais il est plutôt recommandé quand celle-ci est sous forme de tableaux de R.H.E. Dans ce cas, l'équipe du perforateur et du vérificateur produit des cartes perforées, ultérieurement traitées sur ordinateurs, à une vitesse d'environ 2 à 5 h pour une année-station à 12 débits par jour. Le dispositif retenu par la 2ème Circonscription Electrique de DIJON conjugue l'analyseur de courbe (M. DICONNE) et la mécanographie.

Système mécanographique et analyseur de courbes sont de qualités comparables et s'appliquent à des supports différents de l'information "hauteur" : relevés de hauteurs d'eau et limnigraphes. Ces 2 systèmes sont intéressants pour les supports anciens de l'information hauteur.

Le système automatique est destiné au traitement des supports codés modernes : ruban numérique, bande perforée, bande magnétique ; il est beaucoup plus rapide encore, puisqu'il consiste simplement en un transcodage automatique du support de captage en un support de nature différente mais compatible avec l'ordinateur. Le transcodage peut être considéré comme une opération qui s'exécute en périphérie d'ordinateur, aussi fait-il l'objet d'un plus long développement dans le paragraphe suivant 2.3.

2.3. - Traitement de l'information "débit"

Sous ce titre, on rassemble toutes les opérations classiques effectuées sur les débits journaliers, dans un service de gestion de réseau hydrométrique.

L'opération de traitement de l'information "débit" est étroitement liée à l'opération précédente de transformation de l'information "hauteur" en information "débit" parce que :

- elles s'effectuent toutes deux au bureau,
- les procédés qu'elles emploient l'une et l'autre dépendent de la forme du support de l'information "hauteur" et des moyens matériels de traitement en bureau.

Sous le titre "traitement de l'information débit", on a, en fait, groupé 3 catégories d'activités imbriquées certes mais d'objectifs propres :

a) l'élaboration des données hydrologiques de base, c'est-à-dire le calcul des débits moyens mensuels, annuels, caractéristiques, extrêmes, classés ...,

b) la publication de tout ou partie de ces données de base, généralement sous la forme d'annuaires,

c) le classement et l'archivage des diverses informations et données élaborées.

Toutes ces activités sont exécutées par un centre de calcul dont la nature détermine les procédés de traitement employés. Enfin, suivant la nature de ce centre de calcul également, la transformation hauteur-débit et le traitement du débit sont réalisés de manière successive ou simultanée.

Le centre de calcul peut être qualifié d'"automatique" ou de "manuel" suivant qu'il s'organise, ou non, autour d'un calculateur électronique, c'est-à-dire d'un ordinateur.

Après un bref examen du calcul manuel, l'essentiel du texte portera sur le calcul automatique en abordant successivement les problèmes de la nature du centre de calcul, des divers types de traitement des débits selon les besoins du service gestionnaire du réseau, du transcodage de l'information et des procédures de traitement, enfin des caractères spécifiques des supports d'informations. Une conclusion dégage les solutions rationnelles envisageables.

2.3.1. - Traitement en calcul manuel

Quand aucun ordinateur n'est disponible, on parle de calcul manuel, les employés affectés à cette tâche pouvant bien entendu disposer d'instruments divers comprenant jusqu'à des machines à calcul de bureau électromécaniques (type Olivetti, Divisumma ou Tetractys à ruban imprimé par exemple) ou électroniques.

Le calcul manuel s'opère à partir de la feuille de R.H.E. ou du limnigramme et fournit un tableau numérique de débits ou un hydrogramme (lignes 1 et 2 des tableaux 13 et 14). Si l'on met à part le procédé assez particulier de la production de l'hydrogramme par la méthode l'équerre, le calcul manuel des débits était, il y a encore peu de temps, le seul en usage dans les services hydrométriques. Il l'est encore dans les services n'ayant pas un grand nombre de stations à gérer comme dans la plupart des pays sous-développés. Très lent, source d'erreurs, le calcul manuel est condamné pour la gestion rationnelle d'un service hydrométrique important - disons de plus de 100 stations.

En outre, la pénurie de personnel qualifié de bureau justifierait, si besoin était, l'abandon du calcul manuel.

L'exemple de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer est significatif. Son annuaire hydrologique compte environ 100 stations. Jusqu'en 1966, on travaillait manuellement avec machines Olivetti Divisumma. Un employé établissait le tableau de débits journaliers d'une station-année, le barème étant connu, en 12 heures, à partir du tableau des relevés de hauteurs d'eau contenant 12 observations par jour. Au total, un an d'employé était nécessaire pour préparer tous les tableaux de débits de l'annuaire.

Depuis 1967, un atelier mécanographique a été monté et l'accès à un ordinateur IBM 360-40 obtenu. En pratiquant un transfert des RHE sur cartes perforées et un calcul des débits sur cet ordinateur, le temps pour une station-année à 12 relevés-jour tombe entre 2 et 4 heures d'employé ; pour l'annuaire 2 à 4 mois d'employé suffisent. Le temps passé est réduit de trois à six fois et les erreurs de transcription et de traduction supprimées.

Dans un réseau hydrométrique important, le calcul manuel se justifie uniquement soit pour un contrôle initial des données avant transfert au centre de calcul pour élaboration, soit encore pour un problème précis ne portant que sur quelques jours (une crue ...) ou sur un ou plusieurs mois d'une année à une certaine station. Ainsi le responsable d'un secteur régional est-il à même d'obtenir rapidement, sans trop d'effort, une certaine information.

Au-delà, qu'il s'agisse de préparer un annuaire, qu'il s'agisse d'une étude portant sur toute la période observée d'une station, et de toute manière dès que le volume des données à traiter est important, le recours au calcul automatique s'impose.

2.3.2. - Traitement en calcul automatique

2.3.2.1. - Nature de l'équipement [27]

Le centre de calcul automatique se conçoit autour d'un calculateur électronique ou ordinateur. La gamme de ces appareils est déjà vaste, selon la vitesse de calcul, la capacité des mémoires, les moyens d'entrée-sortie ... etc ... Il est hors de propos dans ce rapport de présenter une étude, même sommaire, de l'équipement pour calcul automatique, mais il est important de connaître les performances du calculateur disponible pour savoir ce qu'il peut faire, ce qu'il ne peut pas faire ... etc ...

On peut classer en 3 groupes les calculateurs électroniques :

a) Les petits calculateurs numériques à moyens d'entrée-sortie très limités (clavier généralement), à programme préétabli en langage non-évolué et à capacité insignifiante de la mémoire ; ces calculateurs ne peuvent prétendre en toute rigueur que remplacer les calculateurs électromécaniques pour des opérations d'envergure modeste (calculs rapides de bureau sur un faible volume de données). C'est le cas de la Programma 101 d'Olivetti [25], des appareils WANG ou LOCI [26], du calculateur DIEHL Combitron et même de l'E.M.D. 8-48 de M. DASSAULT [27]. En aucun cas, de tels appareils ne peuvent être recommandés pour être à la base de l'équipement du centre de calcul d'un important service hydrométrique ; leur rôle ne peut être qu'auxiliaire.

b) Les ordinateurs, c'est-à-dire les gros calculateurs numériques aux moyens divers et rapides d'entrée-sortie, dotés de mémoires centrales et annexes de forte capacité, acceptant les programmes en langages évolués (FORTRAN, ALGOL ...).

c) Les terminaux d'ordinateurs constitués d'ensembles plus ou moins complets d'organes d'entrée-sortie reliés à des unités centrales d'ordinateur par réseau téléphonique. Il s'agit en fait d'une variante du groupe b) dans laquelle les organes périphériques sont en partie chez l'utilisateur tandis que l'ordinateur occupe un autre local, et peut appartenir à un autre organisme que cet utilisateur.

Suivant l'importance d'un service hydrométrique, suivant son appartenance ou non à un ensemble plus important, suivant la structure régionale du service l'une ou l'autre des solutions b) ou c) est recommandable : l'ordinateur moyen pour le service en ayant plein emploi, ou l'accès au gros ordinateur soit directement, soit par le biais de terminaux installés dans le service ou même dans ses antennes régionales.

Ce choix sera examiné dans le rapport de mise en oeuvre. Quelle que soit la solution choisie, le traitement en calcul automatique n'en est pas affecté dans ses méthodes opératoires et la suite du développement sous-entend que le centre de calcul possède ou a accès à un ordinateur.

Autour de l'ordinateur, le centre de calcul dispose d'organes périphériques soit indépendants de celui-ci et servant au transcodage de l'information, soit liés à celui-ci et servant aux opérations d'entrée-sortie. Le rôle important de ces organes est examiné avec la nature des supports d'information (paragraphes 2.3.2.3. et 2.3.2.4.).

2.3.2.2. - Types de traitement

En matière de traitement de l'information "débit", comme dans beaucoup d'autres domaines, les opérations se groupent sous les rubriques "de gestion" et "scientifique". Il y a un traitement de gestion et un traitement scientifique de l'information "débit".

Le traitement de gestion est celui qui consiste en l'élaboration des données de base : débits moyens journaliers, débits moyens mensuels, modules, valeurs interannuelles, débits caractéristiques, débits classés, débits extrêmes de crue ou d'étiage ... etc ... Dans le traitement de gestion est également inclusela publication, en annuaire, de tout ou partie des données de base.

Le traitement de gestion est une somme d'opérations de routine qui peuvent être programmées une fois pour toute.

Le traitement scientifique comprend toutes les analyses effectuées à partir des données de base élaborées pour répondre à une question spécifique ou générale affectant une station ou un ensemble de stations : monographies hydrologiques de bassin, note hydrologique pour un aménagement agricole, calcul de crue exceptionnelle pour dimensionnement d'évacuateur de crue ...

Le traitement scientifique est un ensemble d'opérations variées exigeant des programmes spécifiques, aisément modifiables, faisant cependant appel en partie à des sous-programmes préfabriqués.

Un service hydrométrique, au sens strict, pourrait se contenter d'un traitement de gestion des données. Bien souvent, il est partie intégrante d'un service hydrologique où l'on procède au traitement scientifique des données.

Or le traitement scientifique nécessite une plus grande souplesse dans l'accès aux données que le traitement de gestion ; cette souplesse de la disponibilité des données doit être examinée sous l'angle des supports d'entrée et de classement des informations hauteur d'eau et débit.

La part relative des deux sortes de traitement dans les activités d'un service hydrométrique peut être variable et ceci peut influencer également le choix du support d'information pour traitement et classement.

2.3.2.3. - Transcodage et procédure de traitement automatique

L'information hauteur se présente sur un certain support fourni par le capteur ou limnigraphe. Ce support est ou n'est pas compatible avec un organe d'entrée-sortie d'ordinateur et doit, en cas d'incompatibilité, être transcodé dans un organe périphérique adéquat. Après passage dans l'ordinateur, les informations hauteur et débit sont classées (et publiées) sur d'autres supports.

Le support d'information hauteur, défini par le limnigraphe employé, détermine le type de transcodeur nécessaire.

Le type de traitement envisagé (de gestion ou scientifique) et la nature de l'équipement du centre de calcul conditionnent la nature du support transcodé compatible avec l'ordinateur - donc également le type d'organe périphérique d'entrée à utiliser - ; ils conditionnent également le choix du support de sortie pour classement des informations hauteur et débit.

L'objectif de gestion rationnelle vers lequel on doit tendre est le choix d'un support d'information offrant le maximum de souplesse d'emploi et présentant le moins d'incompatibilité possible avec les ordinateurs, ou plus précisément avec l'ordinateur disponible.

Deux remarques préalables à ce choix :

a) Les conditions de travail sur le terrain (intempéries) et au bureau - salle climatisée d'ordinateur - sont tellement différentes qu'il y aura très souvent intérêt à transcoder le support d'information hauteur avant l'accès à l'ordinateur. Le transcodage est un moindre mal : un transcodeur suffit pour tout un réseau (ou tout un secteur régional de réseau, au moins).

b) L'évolution des techniques de calcul automatique est tellement rapide que le support adéquat, aujourd'hui, risque d'être périmé demain ; mais en contre-partie, il y aura toujours un organe périphérique permettant le transfert d'information du support périmé sur le nouveau support adéquat.

A titre d'exemple, et sans aucune prétention à être complet en cette matière, nous pouvons examiner la situation actuelle dans divers services hydrométriques utilisant des limnigraphes existants et y joindre les schémas d'exploitation probables que permettront les projets en cours d'étude, à partir des prototypes de limnigraphes que nous avons provoqués.

Le tableau 15 fait référence au contenu des tableaux 11 et 12 de l'inventaire des capteurs et codeurs (paragraphe 2.1.2.). Il explore pour chaque type d'équipement de terrain le processus d'évolution des supports d'information "hauteur".

On y constate plusieurs choses :

a) il y a 4 formes de supports d'information captée : limnigramme, bande perforée BP, bande magnétique BM, ruban numérique imprimé RN sans compter la feuille de relevés (RHE) ;

b) tous ces supports nécessitent un transcodage à l'exception de la bande Telex du OTT 20.061 et du ruban numérique (quand la chiffraison y est effectuée en caractères aptes à la lecture optique) tous deux compatibles avec un organe d'entrée d'ordinateur ;

c) si l'on écarte l'atelier mécanographique de perforation manuelle des RHE (surtout valable pour un réseau d'échelles), il reste deux grands procédés de transcodage : l'analyse de courbe et le transcodage automatique ;

d) il y a 4 supports d'information hauteur compatibles avec l'entrée d'ordinateur, la carte perforée CP venant s'ajouter aux trois supports BP, BM et RN.

La durée du transcodage va s'amenuisant avec l'automaticité de l'opération et l'emploi de supports à lecture rapide.

Pour la station-année à 12 lectures-jour, la durée du transcodage passe de 12 h en traitement manuel à environ 6 h avec les analyseurs semi-automatiques (ADL 61 ou DICONNE 2ème C.E.) et à moins de 2 h avec les analyseurs type SIEMENS ou D.MAC (45 minutes avec le décodeur FISHER and PORTER à sorties BP ou CP).

Cette durée doit encore être fortement réduite avec la bande magnétique (capteur DTG et sortie BM du décodeur FISHER and PORTER).

Un réseau de 900 stations (à 12 relevés-jour) peut être traité par un seul employé en un an au maximum si la durée-unité de transcodage est inférieure à 2 heures. Il n'y a donc pas à craindre de goulot d'étranglement dû au transcodage.

Le tableau 16 prend la suite du tableau 15 et expose les procédures en vigueur, ou en projet, en matière de traitement automatique de l'information. On y trouve les procédures EDF-DTG, ORSTOM, 2ème C.E ...

TABLEAU 15

SUPPORTS d'INFORMATION des LIMNIGRAPHES EXISTANTS
ou en PROJET et TRANSCODAGE

Type de limnigraphe	Support information hauteur captée	Transcodage	Support information hauteur compatible
211. 221. 231. OTT, RICHARD, TELIMNIP, ...	Limnigramme	Analyseur de courbe ADL 61	non
	"	" " SIEMENS	BP
	"	" " DTG et ERNUTH	BP
	"	" " DICONNE + A. Mécano.	CP
Pour mémoire	RHE	Atelier mécanographique	CP
212. 213. 223. OTT	BP Code Telex	non	BP
212. 222 STEVENS + FISHER-PORTER (ADR 1542)	BP Code DB	Décodeur FISHER and PORTER	BP CP BM
213. RICHARD	BP Code DB	oui	?
216. OTT + DTG	BM	Lecteur-enregistreur magnétique	BM
224. 233. NEYRPIC, SFIM	RN	non	RN

TABLEAU 16

PROCEDURES EXISTANTES, ou en PROJET, de TRAITEMENT AUTOMATIQUE des DEBITS

1	2	3	4	5	6
Sortie du transcodeur ou support d'inf. hauteur compatible (Organisme ou Constructeur)	Organe périphérique d'entrée	Support des programmes *	Organe périphérique de sortie des débits	Classement	
				Hauteurs	Débits
ADL 61 (DTG)	Perfo. manuelle des débits sur BP	BM	Tableau imprimé	limnigramme / BP	BM
CP (2ème CE) " (ORSTOM)	lecteur CP "	CP "	Tableau imprimé " + CP	CP CP	CP
BP (DTG) BP (OTT)	lecteur BP " (IBM 2671)		Tableau imprimé	BP BP	(BM)
BM (US Geological Survey) BM (DTG)	lecteur BM "	CP (CP)	Tableau imprimé "	BM BM	DM (DM)
RN (NEYRPIC, SFIM)	lecteur optique (IBM 1287)			RN	

- dans la colonne 6, une ( ) signifie une hypothèse ou un projet
- l'absence d'indication dans les colonnes 3 à 6 signifie que la procédure n'est pas déterminée

* ce support est également celui de l'information "étalonnage"

A l'examen de ce tableau, on peut faire les remarques suivantes :

a) la procédure ORSTOM repose sur l'emploi de la carte perforée parce que d'une part les données arrivent sous la forme de tableaux de RHE, d'autre part le traitement scientifique est plus important que le traitement de gestion ;

b) la procédure 2ème CE repose également sur la carte perforée, bien qu'il s'agisse d'un pur traitement de gestion mais le réseau est modeste (70 stations) et l'exécution se fait à façon chez IBM ;

c) les procédures DTG tendent à introduire la bande magnétique en entrée pour accélérer le traitement de gestion (production prioritaire de l'annuaire) de plus de 200 stations.

Cette tendance du traitement sur bande magnétique est également celle de l'U.S. Geological Survey qui gère environ 5 000 stations avec production d'annuaire.

Les procédures exposées tableau 16 ne sont nullement figées. La variété des transcodeurs d'une part et des organes de sortie d'ordinateur d'autre part permettent pratiquement d'établir le classement des informations "hauteur" et "débit" sous toutes les formes possibles : CP, BP, BM, RN et disque magnétique DM.

Enfin, l'emploi des appareils nouveaux (OTT 20.061 à support BP) ou à l'état de prototype (NEYRPIC et SFIM à support RN) peut se concevoir de toutes les façons possibles pour ce qui est des supports de classement. Néanmoins, cette nouvelle et dernière procédure repose sur la lecture optique de caractères déterminés, et cette opération reste l'obstacle à franchir pour les 2 prototypes de limnigraphes car il y a encore des difficultés technologiques pour faire du ruban numérique un support fiable. On peut espérer voir cet obstacle franchi dans un délai d'un an environ.

2.3.2.4. - Caractères spécifiques des supports

Ces caractères sont inhérents au support lui-même d'une part et dépendent du mode d'accès d'autre part (performance des organes périphériques d'entrée-sortie d'ordinateur).

Aux 4 supports évoqués, carte perforée CP, bande perforée BP, ruban numérique imprimé RN, bande magnétique BM, qui sont déjà utilisés en entrée d'ordinateur, il faut ajouter, pour le traitement de l'information débit comme supports d'information hauteur :

- le disque magnétique DM
- la carte magnétique CM (nouveau support, mal connu des hydrologues)
- le tableau d'imprimante (utilisé uniquement en sortie)

a) Du point de vue des accès, ces supports sont soit :

- d'accès direct comme CP (choix manuel), DM (accès par adresse) et CM, ce qui est très intéressant pour le traitement scientifique, sans être incompatible avec le traitement de gestion,

- d'accès séquentiel comme BP, RN, BM, ce qui est satisfaisant pour le traitement de gestion, mais compliqué pour le traitement scientifique.

On précise ici qu'un support est d'accès :

- direct quand on peut aller chercher une information à son emplacement directement et sans tenir compte de l'ordre de classement,

- séquentiel quand on ne peut atteindre une information recherchée qu'après avoir fait "défiler" le support jusqu'à l'emplacement occupé par ladite information, c'est-à-dire en tenant compte de l'ordre de classement.

Enfin, l'adresse d'une information est un code qui permet de retrouver celle-ci à sa place en consultant la table des adresses (travail automatique du lecteur de disque magnétique, dans un ordinateur).

b) Les vitesses de lecture des organes d'entrée comme les vitesses de production des organes de sortie différencient également les supports :

- à débit lent comme CP et BP (ordre de 400 à 1 000 caractères/seconde avec des lecteurs-perforateurs de bonne performance) ou comme RN (vitesse encore mal connue - 100 caractères/seconde environ - et risque de rebuts non négligeable jusqu'à maintenant) ;

- à débit rapide comme BM (100 fois le débit de CP/BP) ;

- à débit très rapide (accès quasi-instantané) comme DM.

On peut ajouter que se rangent parmi les appareils à débit très lent les imprimantes de sortie et les systèmes de télétransmission entre terminaux et ordinateurs (lignes téléphoniques de performances diverses).

La lenteur du débit de délivrance d'une information n'a pas d'inconvénient quand elle concerne un traitement scientifique et quand elle s'effectue sans mobiliser l'unité centrale d'ordinateur. Le décodage préliminaire CP/BM ou BP/BM est d'ailleurs déjà d'usage courant avant entrée dans l'ordinateur.

c) La concentration de l'information sur un support et la capacité de celui-ci différencient encore les divers supports entre d'une part:

- les supports à faible densité comme CP, BP et RN,
- les supports très denses comme BM (80 à 300 caractères par centimètre) et DM,

et, d'autre part :

- les supports à capacité illimitée comme CP, BP, BM,
- les supports à capacité limitée comme CM (20 000 caractères) ou DM (quelques millions de caractères). En fait, on ne peut pas parler rigoureusement de capacité limitée car un paquet de cartes magnétiques contient quelques millions de caractères et une pile de disques quelques centaines de millions, ces 2 supports n'étant utilisés qu'en paquet ou en pile.

d) Sur le plan qualitatif enfin, en regardant plus particulièrement les aspects fidélité, fiabilité et longévité, les supports se classent en ceux qui ont fait leur preuve : CP et BP et en ceux de création plus récente peut-être pas encore tout à fait sûrs : BM, CM, DM, RN. Par exemple, la bande magnétique vieillit et il est indispensable de transporter régulièrement (chaque année) toute l'information classée sur un support neuf et vierge.

2.3.2.5. - Indications pour des solutions envisageables

- Le traitement de gestion se satisfait d'un support à accès séquentiel, il peut s'opérer sur un volume important de données donc la vitesse de lecture doit être rapide et l'information concentrée.

  Pour un gros service hydrométrique pratiquant surtout du traitement de gestion, avec comme objectif prioritaire la production d'un annuaire, la solution Bande Magnétique en entrée (information "hauteur") et Disque Magnétique en classement (information "débit") paraît alléchante, bien que pas encore totalement sûre au point de vue opérationnel.

Comme il est classique dans un centre de calcul doté d'un gros ordinateur de transcrire toutes les données d'entrée d'un support à débit lent (BP, CP, RN) sur un support à débit rapide (BM) avant introduction dans l'ordinateur, la nature du support de l'information hauteur (captage et classement) est indifférente. Aussi la solution précédente BM/DM n'a-t-elle réellement d'intérêt que par la concentration de l'information qu'elle offre.

- Le traitement scientifique exige un accès sélectif direct aux données qui ne sont généralement pas d'un gros volume (tout au moins pour chaque opération spécifique).

  La carte perforée est la solution la plus satisfaisante pour servir de support d'information d'entrée et de classement des informations hauteur et débit ; l'emploi du disque magnétique, pour le classement débit, peut également être séduisant et tendra peut-être à se substituer partiellement à la carte perforée dans ce type de traitement.

- Quel que soit le type de traitement envisagé, il y a des programmes de traitement à introduire dans l'ordinateur. Ces programmes commandent toutes les opérations de calcul à exécuter, les entrées, les sorties et archivages des données. Les programmes sont sujets à des modifications fréquentes, surtout en traitement scientifique ; il faut donc pouvoir y accéder de manière très souple. La tendance générale est d'inscrire les programmes sur cartes perforées, même dans les organismes traitant des données sur supports magnétiques (tableau 1/, U.S.G.S.);dans ceux-ci l'introduction de l'information "étalonnage" se fait sous forme de cartes perforées également, et pour les mêmes raisons.

- L'encombrement des données à classer peut influencer le choix du - ou des - support de classement.

  Si l'on garde comme base de raisonnement la station à 12 relevés-jour, le volume de l'information hauteur est prépondérant, celui de l'information débit (1 valeur par jour) n'en représentant que 10 % environ. Sur une telle base, on peut classer :

  - 1 jour de relevés sur une CP
  - 1 an " " CM
  - 100 ans " " DM (de 3.10^6 caractères)
  - 200 ans " " BM (750 m de long)

Ainsi pour un service hydrométrique gérant 500 stations (à 12 relevés-jour), le classement d'une année d'observations exige-t-il soit :

- 2 armoires et demie de CP (dimensions d'une armoire 1,70 H x 0,54 L x 0,61 P en mètres)
- 500 cartes magnétiques (0,35 x 0,08 m chaque)
- 2 bandes magnétiques et demie
- une pile de 5 disques magnétiques

Seul le classement sur cartes perforées nécessite une surface non négligeable et pose donc un problème pour un service important ayant une vocation au traitement scientifique non négligeable.

Mais les avantages indéniables de la carte perforée (sûreté du support, facilité du traitement scientifique ...) compensent largement le petit problème de la surface de classement. En supposant que demain le Ministère de l'Agriculture gère 1 000 stations et que l'information soit captée en moyenne par 4 relevés-jour, dans 20 ans la surface nécessaire au classement de la totalité des informations n'excédera pas 35 mètres carrés. Quel service important serait incapable d'avoir une telle surface disponible pour le classement de ses données ?

CHAPITRE III

Les COMBINAISONS d'EQUIPEMENT POSSIBLES pour le RESEAU HYDROMETRIQUE de l'AGRICULTURE

3.1. - Problèmes et conditions de résolution

Dans le premier chapitre, nous avons constaté la situation actuelle du réseau hydrométrique de l'Agriculture, en elle-même, vis-à-vis du secteur agricole dans sa totalité, et par comparaison avec les autres réseaux français.

Cette situation, pour ce qui est du secteur agricole dans sa totalité, peut être résumée comme suit :

- 565 stations hydrométriques, soit 34 % de l'équipement français.
- Stations hydrométriques équipées de limnigraphes de moins de 5 ans d'âge pour environ 80 % d'entre elles.
- Parc de limnigraphes assez homogène, de 452 appareils recensés, comprenant au moins :

  - 286 OTT Type X
  - 36 OTT Type XX
  - 33 NEYRPIC-TELIMNIP

  tous appareils à flotteur (sauf les TELIMNIP) fournissant un limnigramme comme support unique de l'information hauteur.

- Implantation répondant aux besoins exprimés mais concertée au seul niveau régional.

Des conditions rationnelles d'extension ont été posées et développées. Après une étude de densité de répartition des stations sur le territoire de la FRANCE Métropolitaine, des hypothèses relatives à l'obtention d'un réseau minimal organisé ont été émises.

Plusieurs points saillants découlent de ces considérations :

- Doublement prévisible de l'équipement hydrométrique existant en FRANCE au cours de la prochaine décennie avec participation, pour 75 % au moins, du secteur agricole.

- Le parc agricole de limnigraphes devrait s'accroître alors de 120 unités en 2 à 5 ans et de 600 autres unités en 10 ans ou plus.

Le parc existant de limnigraphes devant rester, pendant encore plus de 5 ans, plus abondant que celui qui reste à installer, il y a aujourd'hui deux problèmes d'égale importance à résoudre simultanément et rapidement :

a) la rationalisation de l'exploitation des 565 stations hydrométriques dont 452 équipées en limnigraphes ;

b) le choix de l'équipement lié à la création des 720 nouvelles stations.

Dans le second chapitre, nous avons décrit tous les dispositifs utilisables - existants ou à l'état de prototypes - en matière d'équipement et d'exploitation de réseau hydrométrique. Cette description s'est faite plan par plan, les liaisons entre captage et codage de l'information "hauteur d'eau", transformation de l'information "hauteur" en information "débit" et traitement de l'information "débit" ont été seulement présentées sans que les jugements portés tiennent pleinement compte de la chaîne complète des opérations. Les combinaisons possibles entre dispositifs des divers plans ont seulement été évoquées.

Il importe maintenant de reprendre toutes les combinaisons possibles entre dispositifs des divers plans et de dégager celles qui permettraient de fournir des réponses optimales aux deux problèmes posés.

La clé du premier problème est dans le choix d'un équipement de codage non-clair, ou de transcodage, avant transformation hauteur-débit, puisque l'existence du limnigramme comme seule forme support de l'information hauteur captée constitue la donnée du problème.

La clé du second problème est dans le choix d'un équipement en limnigraphes.

La résolution de ces deux problèmes doit s'inscrire dans un certain cadre qui peut être ainsi défini :

- Equipement actuel et équipement futur étant appelés à faire partie d'un même réseau, il faut penser à leur harmonisation en vue d'une intégration progressive.

- Le secteur agricole ne peut vivre en circuit fermé, il est encore et pour longtemps dépendant des autres réseaux quant à la valorisation de ses propres observations ; il faut donc également penser aux modalités d'exploitation en vigueur ou en projet dans les autres secteurs, lors du choix de celles du secteur agricole.

- La rapidité d'évolution des techniques, surtout en matière de traitement automatique des données, conseille un choix d'équipement à la fois sûr, éprouvé, assez souple pour être adapté ou modifié et suffisamment moderne pour n'être pas périmé avant dix ans.

3.2. - Rationalisation de l'exploitation des stations existantes

L'équipement en limnigraphes des stations existantes a été examiné dans le premier chapitre (paragraphe 1.1.5., tableau 7). En dehors des 3 types d'appareils déjà cités en tête de ce chapitre (OTT X et XX, TELIMNIP), il existe quelques autres types recensés en faible quantité dans le secteur agricole, en particulier le type R.16 de chez OTT.

L'emploi de ce limnigraphe R.16 est justifié par la spécificité de certains problèmes du milieu agricole (étude des étiages) et par les conditions particulières de nombreux cours d'eau contrôlés par le Service Hydraulique (plans d'eau artificiellement stabilisés) ; cet appareil est en effet le plus apte à mesurer les très faibles variations de niveau.

Dans la phase transitoire entre cette situation, disons au 1er Mars 1968, et le démarrage de l'équipement futur, aussi courte soit cette phase (et il faut qu'elle soit courte), on risque de voir encore s'accroître l'équipement en limnigraphes. Afin d'éviter une dispersion préjudiciable des types de limnigraphes, il ne faut pas que cet accroissement porte sur d'autres appareils que les 3 types les plus utilisés et sur le type R.16 de chez OTT, pour les problèmes très particuliers cités ci-dessus.

La rationalisation de l'exploitation des limnigrammes, puisque tel est bien le problème pratique, doit être résolue pour les limnigraphes OTT "types X, XX, R.16" et MEYRPIC "TELIMNIP".

Cette rationalisation peut se concevoir de 2 manières différentes :

a) par l'emploi d'un analyseur de courbe semi-automatique ou automatique ;

b) par l'adjonction au limnigraphe d'un codeur ; on retient la solution élégante du codeur magnétique type DTG, tandis que l'on écarte la solution luxueuse et inélégante du second limnigraphe codeur couplé au limnigraphe classique (1).

3.2.1. - La solution de l'analyseur de courbe

3.2.1.1. - Quelles conditions doit satisfaire l'analyseur de courbe ?

a) Accepter le limnigramme - question de largeur de bande et de sens d'enregistrement (retournement du stylet chez OTT).

b) Lire à intervalles de temps choisis - mais pouvant varier au cours du dépouillement d'une bande à l'autre - la hauteur enregistrée en tenant compte des variations possibles à la fois de l'échelle de réduction d'enregistrement des niveaux et de la vitesse de déroulement du papier, variations susceptibles d'être introduites sur un appareil donné en cours d'année.

c) Transcrire cette hauteur en un code et sur un support compatibles avec le traitement automatique des données.

3.2.1.2. - Quels sont les analyseurs de courbe en présence ?

En éliminant l'ADL 61 que la DTG elle-même estime périmé, il reste :

a) D'une part tous les lecteurs-traceurs de courbe électroniques que proposent les fabricants de calculateurs et périphériques divers, équipement non spécifique du problème mais généralement automatique ; on place les analyseurs SIEMENS et D.MAC dans ce groupe, bien que le second soit semi-automatique.

b) D'autre part, les analyseurs de courbe conçus spécialement pour la traduction des limnigraphes : prototype DTG, prototype EDF-ERNUTH, analyseur DICONNE, appareils tous semi-automatiques c'est-à-dire qu'un opérateur doit suivre la courbe à la main pour le pointage des hauteurs sélectionnées.

(1) Solution très répandue aux USA, au CANADA et qui fait son apparition en FRANCE (Directions de l'Equipement, Service de la Navigation) dans le Nord particulièrement.

3.2.1.3. - A quelles conditions satisfont les analyseurs existants ?

Il est impossible de savoir a priori si tel ou tel lecteur de courbe électronique à vocation générale satisfait ou non les conditions, car les caractéristiques en sont insuffisamment définies sur les prospectus commerciaux. On peut douter que satisfaction complète soit obtenue a priori, mais il ne faudrait pas renoncer à l'analyse du marché avant de conclure, car ces appareils, pour la plupart munis d'organes de sortie, fournissent un support compatible avec ordinateur ; cette analyse de marché pourrait être incluse dans le rapport de mise en oeuvre.

En entrant dans le détail des conditions requises :

a) Pour ce qui est de la condition de largeur de la bande, il faut dire que celle-ci est de 250 mm pour tous les appareils sauf pour le TELIMNIP où elle est de 300 mm (1). Tous les analyseurs spécifiques acceptent les bandes de 250 mm, aucun apparemment n'accepte de bande de 300 mm (à vérifier car l'adaptation peut être réalisée moyennant une transformation minime). L'analyseur SIEMENS ne peut accepter actuellement de bande supérieure à 290 mm. Seul l'analyseur D.MAC prend les bandes de toutes largeurs jusqu'à 300 mm.

b) Pour ce qui est du retournement de stylet, caractéristique du limnigraphe OTT X (2), les analyseurs DTG et DICONNE sont prévus pour tenir compte de cette éventualité, le prototype ERNUTH peut être adapté, l'analyseur SIEMENS non. L'appareil DICONNE est apparemment le seul prévu pour dépouiller pratiquement les bandes de OTT XV et R.16, sans que cela puisse laisser préjuger que les autres analyseurs n'en soient pas capables.

c) Pour ce qui est des pas de temps, échelle de réduction et vitesse d'enregistrement variables, les analyseurs spécifiques, étant semi-automatiques, devraient s'adapter sans difficulté. Ceux conçus pour des problèmes bien définis (DTG, 2° CE) remplissent les conditions, car ils ont été fabriqués, par leurs propres utilisateurs, spécialement pour résoudre ces problèmes. Les appareils automatiques devraient s'y adapter mais peut-être seulement pour des gammes délimitées et des degrés prédéterminés ; ainsi les marges d'adaptation des appareils SIEMENS ou ERNUTH sont-elles trop rigides.

---

(1) Attention, il existe une variante du type X, le type X/43 dans lequel le limnigramme a 430 mm de large. On n'a pas relevé l'existence de ce type dans le parc recensé, mais il n'est pas exclu que cet appareil existe et que mention de la variante "43" ne soit pas portée à l'inventaire. On fait l'hypothèse - à vérifier - que les limnigrammes X en service sont tous du type normal ...

(2) Egalement du limnigraphe HWK, type P4, à axe vertical, surtout utilisé sur puits ou forages.

d) Pour ce qui est de la nature du support d'information ou sortie d'analyseur, l'appareil DICONNE fournit les hauteurs sur un tableau d'imprimante ; il faut ensuite procéder à une perforation manuelle de cartes ; cette solution qui rejoint celle pratiquée par l'ORSTOM à partir de feuilles de RHE est tout à fait satisfaisante si le réseau est peu important (volume du classement) et si le traitement scientifique est notable.

Tous les autres analyseurs sortent une bande perforée compatible, sauf le D.MAC qui sort sur cartes perforées, solution très intéressante pour le calcul scientifique.

On notera que cette perforation automatique s'effectue en code binaire ; le support d'information n'est donc pas aisément consultable à la main. La carte perforée en code décimal et "interprétée" est d'un usage très intéressant. Elle permet en effet une consultation facile de l'information hauteur, ce qui est souvent très intéressant pour le classement des données et la préparation des "passages" sur ordinateur pour traitement scientifique (emploi de certaines données qu'il est agréable et efficace de "trouver" rapidement dans le classement). On rappellera ici que "l'interprétation" d'une carte est l'impression en haut de celle-ci des caractères en chiffres perforés en dessous ; l'interprétation facilite grandement la lecture directe.

3.2.1.4. - Quel analyseur peut-on proposer ?

La nature des enregistrements de niveau, aux variations aléatoires et parfois brusques, est telle qu'un analyseur automatique semble trop rigide et non susceptible de s'adapter à tous les cas possibles. La solution actuelle est dans l'emploi de l'analyseur semi-automatique avec opérateur suivant le tracé de la courbe. L'appareil D.MAC est certainement le plus satisfaisant des appareils actuels parce qu'il existe en version commerciale et non artisanale.

Pour que cet appareil soit tout à fait satisfaisant, il faudrait :

a) pouvoir obtenir une sortie sur carte perforée en code décimal,

b) qu'il puisse tenir compte du retournement de stylet du OTT X (pas impossible),

c) que sa performance-durée se situe autour de 1 h pour la station-année à 12 relevés-jour (vraisemblable).

Ces points pourraient être élucidés par contact direct avec le fabricant, d'ici la production du rapport de mise en oeuvre.

3.2.2. - La solution du codeur magnétique adjacent

C'est la voie suivie par la DTG qui possède un parc de limnigraphes d'environ 250-300 unités composés de OTT type X (en grosse majorité) et XX. Le limnigramme devient alors un témoin visuel pour contrôle des données et analyses sommaires rapides. Le véritable support d'information est la bande magnétique.

Cette solution séduisante est au stade des essais : les premiers codeurs vont être essayés couplés à un pluviographe d'abord, à un limnigraphe ensuite dans le 2ème semestre de 1968. On ne peut préjuger aujourd'hui, pour cette solution, de la possibilité de devenir réellement opérationnelle dans un court délai, bien que des dispositifs, équivalents sur le principe, soient en service, depuis plusieurs mois, en GRANDE-BRETAGNE.

En admettant que cette solution soit satisfaisante au niveau du terrain, elle entraîne logiquement la poursuite de la totalité du traitement de l'information sur support BM. On ne peut affirmer honnêtement, aujourd'hui, qu'un tel support soit tout à fait fiable (vieillissement) ; en outre son emploi pour le calcul scientifique est très compliqué.

Retenue par un organisme aussi compétent que la DTG, en matière de gestion de réseau hydrométrique, cette solution ne doit pas être écartée ; elle mérite un examen plus approfondi à l'occasion des essais de mise en oeuvre auxquels procède la DTG. Aujourd'hui, elle paraît technologiquement moins sûre que la solution de l'analyseur de courbe semi-automatique.

A l'extrême, la solution du codeur magnétique DTG, conçue pour répondre au premier problème, peut paradoxalement être considérée comme une réponse au 2ème problème, c'est-à-dire comme un type de capteur concurrentiel pour l'avenir ... mais pourquoi garder, dans ces conditions, un "témoin" visuel aussi encombrant que le limnigramme actuel ?

3.3. - Choix de l'équipement limnigraphique des futures stations

Ce choix doit s'effectuer parmi les dispositifs existants ou à l'état de prototypes en cours d'essai et dont la construction en série est raisonnablement envisageable dans un délai d'un an environ.

Ce choix doit tenir compte des multiples conditions, qui ont été présentées et développées tout au long de ce rapport, relatives à l'extension rationnelle du réseau hydrométrique, aux caractéristiques optimales souhaitées pour le capteur de niveau, aux nécessités d'un traitement automatique des données ... etc ...

On rappelle ci-dessous très brièvement, et dans l'ordre de leur exposition, les principales conditions de ce choix d'équipement futur :

a) coût minimal de l'infrastructure des stations et possibilité de récupération du matériel pour réemploi ailleurs (stations tertiaires) ;

b) uniformisation aussi poussée que possible de l'appareillage de terrain ;

c) automatisation de l'emploi des divers dispositifs, à chaque plan de gestion du réseau et d'un plan au suivant ;

d) codeur associé à un capteur soit à flotteur (pour rivières calmes), soit à prise de pression (pour rivières torrentielles ou chargées), l'ensemble fonctionnant à l'aide d'une source d'énergie autonome;

e) codeur, muni de témoin visuel de l'enregistrement, fournissant un support de l'information hauteur , si possible compatible avec ordinateur ;

f) existence d'un transcodeur opérationnel, si nécessaire ;

g) centre de calcul apte à un traitement automatique des données quel que soit le support d'information utilisé.

Sur un plan pratique, la satisfaction de ces multiples conditions peut être obtenue en considérant l'équipement disponible sous deux angles différents :

- limnigraphes à flotteur ou à prise de pression ;
- équipement opérationnel satisfaisant ou resté au stade des essais.

L'association de ces deux points de vue conduit à envisager quatre groupes de solutions possibles que l'on passe maintenant en revue.

3.3.1. - Limnigraphes à flotteur

Ils ont l'inconvénient d'exiger un coût élevé de l'infrastructure mais ils sont bien connus, sûrs, précis, faciles d'emploi et tout à fait adaptés aux cours d'eau calmes et peu chargés. Parmi les limnigraphes à flotteur, le choix se circonscrit donc entre le groupe "opérationnel" et le groupe "en cours d'essai".

3.3.1.1. - Equipements opérationnels

Deux possibilités : le limnigraphe OTT type 20.061 à bande perforée et doté d'un témoin d'enregistrement (modification opérationnelle depuis Avril 1968) et l'association du STEVENS type A 35 et du codeur FISHER and PORTER ADR 1542.

Avantage au limnigraphe OTT type 20.061 à témoin, car sa bande perforée est compatible, celle de l'ADR non - nécessité d'emploi du décodeur FISHER and PORTER. Avantage également car l'appareil OTT est de conception moderne : priorité au codage BP avec témoin accessoire, tandis que l'ensemble américain n'est qu'un accouplement d'un limnigraphe ancien à grand diagramme avec un codeur.

3.3.1.2. - Equipements à l'essai

Il s'agit tout simplement de l'adjonction du codeur magnétique DTG sur des limnigraphes type X. Il est concevable qu'un tel codeur puisse être couplé avec les autres limnigraphes OTT types XX, R.16, ou même avec le TELIMNIP NEYRPIC. Les essais en cours permettront d'appuyer ou non cette solution.

3.3.2. - Limnigraphes à prise de pression

D'installation plus délicate que les appareils à flotteur, leur exploitation exige plus de soins également. Malgré les contraintes de l'approvisionnement en gaz, la solution du captage par insufflation a fait de grands progrès en fiabilité mais la sensibilité reste un peu insuffisante. En plus de l'avantage certain pour ce qui est de la mobilité des stations, du coût réduit de l'infrastructure, il faut reconnaître au limnigraphe à prise de pression une nette supériorité dans les rivières torrentielles à eaux chargées.

3.3.2.1. - Equipement opérationnel

Il n'y a que l'association - très lourde - du Manometer SERVO (captage à insufflation d'azote) avec l'enregistreur A 35 de STEVENS (limnigramme) auquel s'accouple le codeur FISHER and PORTER ADR 1542.

Il s'agit bien d'un équipement formé de dispositifs juxtaposés et non pas d'un ensemble intégré étudié à cet effet, ce qui ne nous rend pas favorablesà cette solution peu élégante, non périmée certes dans son principe, mais dont la réalisation technologique n'est plus moderne surtout pour la partie codage. Le Manometer SERVO de STEVENS reste par contre, actuellement dans le monde, le meilleur capteur à insufflation de gaz.

3.3.2.2. - Equipements à l'essai

Sans retenir les projets nombreux mais encore lointains, on peut citer le limnigraphe à ruban imprimant de NEYRPIC (servo-moteur asservi et prise de pression type TELIMNIP avec sortie sur ruban numérique traitable par lecteur optique) et le capteur de pression SFIM également à sortie sur ruban numérique (sortie BP possible). Le premier appareil est opérationnel sauf pour la lecture optique. Un problème de compteur imprimant retarde la sortie du prototype pour essais. Il doit être résolu avant la fin de l'année 1968.

La solution, toute nouvelle en limnigraphie, de SFIM doit être soumise à de longs essais : le capteur à jauge de contrainte doit faire ses preuves face aux dispositifs à insufflation. En outre le prix élevé de cette solution ne permet pas, de toute manière, d'émettre, pour l'action immédiate, un avis favorable en faveur du choix d'un tel équipement.

En conclusion, on peut retenir 3 solutions possibles pour un équipement à court terme :

1. Le limnigraphe OTT type 20.061 à témoin (opérationnel).

2. L'adjonction du codeur magnétique DTG sur limnigraphes classiques (essais en cours).

3. Le limnigraphe asservi à ruban imprimant NEYRPIC (essais prévus fin 1968).

Le capteur SFIM doit également être soumis à essais, car dans un avenir de quelques années cet appareil peut devenir compétitif.

Le tableau 17 présente une récapitulation des combinaisons d'équipement possibles retenues après un dernier examen tant pour la rationalisation de l'exploitation des stations existantes que pour la mise en place de nouvelles stations.

Pour atteindre ce résultat final assez épuré, nous avons écarté, à tous les plans, des dispositifs certainement valables et qui auraient pu être retenus. Les solutions présentées sont apparemment les meilleures mais nous ne prétendons pas qu'elles constituent un ensemble rigide et clos. Autrement dit d'une part, des variantes et des adaptations sont possibles à tous les niveaux , et, d'autre part, l'évolution de la technique peut faire apparaître comme opérationnelle et satisfaisante une solution aujourd'hui soit écartée, soit incertaine, soit inconnue.

TABLEAU 17

PRESENTATION des COMBINAISONS d'EQUIPEMENT POSSIBLES

Plan opérationnel	Stations existantes		Equipement futur		
	1	2	3	4	5
Limnigraphe	OTT X, XX, R.16, TELIMNIP	OTT X, XX, R.16 TELIMNIP + Codeur BM (DTG)	OTT type 20.061 à témoin	Limnimètre asservi NEYRPIC à ruban imprimant	Capteur de pression SFIM
Inf. hauteur captée	Limnigramme	Limnigramme + BM	BP_c (code Telex)	RN_c	RN_c
Transcodage	Analyseur de courbe D.MAC	Lecteur-enregistreur magnétique	non	non	non
Inf. hauteur à traiter	CP (ou BP_c?)	BM_c	BP_c	RN_c	RN_c
Entrée ordinateur	Lecteur CP	Lecteur BM	Lecteur BP	Lecteur optique	Lecteur optique
Programmes	CP	CP	CP	CP	CP
Sortie débit	Imprimante	Imprimante	Imprimante	Imprimante	Imprimante
Classement information :					
- Tr. de gestion	CP/BP/BM	BM	(CP)/BP/BM	RN/(CP)/BM	RN/(CP)/BM
- Tr. mixte	CP/(DM?)	(DM?)	CP/(DM?)	RN/CP/(DM?)	RN/CP/(DM?)

N.B. - 1. Les solutions entre ( ) sont relatives à des supports possibles mais non sûrs, ou non logiques dans le cas traité.

2. L'indice "c" accolé à un support CP, BP ... signifie que celui-ci est compatible avec un ordinateur.

Le tableau 17 présente 5 combinaisons possibles d'équipement en suivant successivement les plans opérationnels de gestion du réseau explicités ci-après :

1. Captage et Codage

1.1. Type de limnigraphe
1.2. Nature du support de l'information hauteur captée par le limnigraphe

2. Traitement

2.1. Transcodage de l'information hauteur captée en une information hauteur compatible avec les organes d'entrée d'ordinateur.

2.2. Nature du support d'information hauteur compatible (indice c).

2.3. Nature de l'organe d'entrée d'ordinateur.

2.4. Nature du support d'introduction des programmes de traitement des données (y compris l'information étalonnage).

2.5. Forme de sortie d'ordinateur pour l'information débit destinée à la publication.

2.6. Forme de support des informations hauteur et débit destinées au classement et à tous traitements ultérieurs.

On notera que l'information "hauteur" peut être classée sous la forme qui a présidé à son captage ou à son entrée dans l'ordinateur mais qu'elle peut également l'être sous une autre forme mieux adaptée à un traitement ultérieur, forme que peut produire l'ordinateur en sortie, sur demande programmée.

C O N C L U S I O N

Cinq combinaisons possibles d'équipement ont été retenues. L'une d'entre elles - l'adjonction du codeur BM sur limnigraphe classique - est valable tant pour l'équipement existant que pour l'équipement futur. Cette combinaison à double vocation entre en compétition avec la solution de l'analyseur de courbe pour l'équipement ancien et avec les 3 solutions OTT 20.061, NEYRPIC à ruban imprimant et SFIM pour l'équipement futur, cette dernière solution ne pouvant toutefois être retenue pour les programmes d'équipement des toutes prochaines années.

Comme il est prévu dans le texte du marché, l'Administration du Ministère de l'Agriculture, c'est-à-dire le maître de l'ouvrage et le responsable du marché, choisira parmi ces 5 combinaisons celles qui devront faire l'objet d'une étude détaillée dans le rapport de mise en oeuvre où il sera tenu compte des besoins propres de l'Administration, de la structure des services chargés de la réalisation de l'extension du réseau hydrométrique. Dans ce rapport de mise en oeuvre, on examinera également les combinaisons retenues sous l'aspect économique : coût relatif de l'équipement et de sa gestion dans les diverses hypothèses de structures envisageables, importance relative des coûts en matériel et en personnel, des frais de fonctionnement et des investissements ... etc

Au cours des quelques mois supplémentaires fournis par le temps de réflexion de l'Administration après remise du présent rapport méthodologique et par le délai contractuel postérieur de 3 mois accordé pour la remise du rapport de mise en oeuvre, on peut escompter un développement favorable des essais en cours ou en projet :

- essais en cours du codeur DTG couplé sur limnigraphe OTT X à GRENOBLE,
- expérimentation par l'Administration des prototypes NEYRPIC et SFIM qu'elle a commandée (marchés en cours de passation), sur notre conseil,
- expérimentation par l'Administration d'un OTT type 20.061 à témoin mis à sa disposition par le constructeur (livraison prévue en Juillet 68).

Nous nous efforcerons de suivre les essais réalisés par la DTG et nous porterons toute notre attention aux expérimentations prévues dans le cadre de l'Administration et qui se dérouleront sur des stations du réseau de l'Agriculture, soit en région parisienne, soit en province (dans le Languedoc très vraisemblablement).

Une expérimentation de l'analyseur de courbe D.MAC et un examen plus approfondi du marché des lecteurs de courbes doivent utilement compléter ce programme expérimental.

Ainsi seront dégagées les qualités et les défauts les plus apparents des 5 combinaisons proposées. L'attention devra porter tout particulièrement sur les points suivants :

- fidélité du captage par codeur à BM type DTG et facilité d'emploi du support BM en traitement automatique (y compris la fiabilité),

- caractère opérationnel de la lecture optique des caractères imprimés sur ruban numérique (solutions NEYRPIC et SFIM),

- adaptabilité du capteur SFIM à jauge de contrainte aux conditions imposées au capteur optimal de hauteur d'eau,

- adaptabilité de l'analyseur D.MAC aux multiples conditions d'emploi exigées d'un bon analyseur.

Il est bien certain que de cette ultime confrontation aucune combinaison ne peut sortir comme solution unique et universelle. L'existence d'un parc de stations, la nécessité d'avoir des limnigraphes à prise de pression pour certains cours d'eau, sont deux motifs suffisants pour que plusieurs combinaisons soient retenues comme satisfaisantes quel que soit le souci d'homogénéisation et de normalisation de l'équipement qui doit prévaloir au niveau national.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
et DOCUMENTATION CONSULTEE des DIVERS CONSTRUCTEURS

[1] W.M.O. - 1965 - "Guide to Hydrometeorological practices"

1ère édition - W.M.O. - n° 168 T.P. 82 - GENEVE - 115 p., 8 tabl., 10 fig., annexes.

[2] ROCHE (M) - 1967 - "Composition et rationalisation des réseaux hydrométéorologiques"

Cah. ORSTOM - Sér. Hydrol. - Vol. IV n° 3 - pp. 47-60.

[3] CARTER (Rolland W.) - 1965 - "Le débit des rivières et le niveau d'eau ; les incidences de l'utilisation d'appareils nouveaux et de techniques nouvelles sur la planification des réseaux"

O.M.M., A.I.H.S., Colloque sur la Planification des réseaux hydrométéorologiques, QUEBEC.

[4] NEYRPIC - GRENOBLE - "Recherche d'une solution pour le calcul automatique du débit des rivières"

Note multigraphiée de J. COHARD du 29-3-65 (10 p.) suivie d'un "Compte rendu d'entretien à PARIS le 23-3-65" de J. COHARD

[5] COMPAGNIE des COMPTEURS C.D.C. -

a) "Amélioration d'appareillages de mesures hydrométéorologiques"

Compte rendu de séance du 31-1-68 au S.P.E.P.E. relative à la convention de recherches de la C.D.C.

b) Lettre du 13-12-67 sur "La mesure du niveau dans les cours d'eau"

[6] ULTRASONIC - "Mesureurs de niveaux par ultrasons" - Catalogue

[7] OTT - KEMPTEN, BAVIERE -

a) Hydrometrische Geräte - Catalogue complet valable au 1-1-68.

b) "Documentation générale et tarifs concernant les instruments d'hydrométrie" chez Société WILD, RUEIL, FRANCE, représentant exclusif OTT pour la FRANCE.

c) "Limnigraphe OTT à bande perforée pour la détermination automatique des niveaux et des débits moyens" par D. DODANE, extrait de "Terres et Eaux" Vol. XIX n° 47.

[8] NEYRPIC - GRENOBLE -
a) "Appareils de mesures hydrauliques", catalogue complet.

b) "Limnigraphe pneumatique de précision Télimnip", notice M 3226.

[9] Jules RICHARD - PARIS - "Appareils de mesures et de contrôles", catalogue général dont "Limnigraphe enregistreur codeur" (document provisoire FT 28).

[10] SOCIETE FRANCAISE d'INSTRUMENTS de MESURES S.F.I.M. - MASSY
a) Catalogue industriel et catalogues de "Mesures de pression", de "Capteurs de pression à jauge de contrainte, Licence DYNISCO" (notice 33/66).

b) "Système d'enregistrement magnétique incrémental en baie" (notice 16/67).

c) "NURATEM chaîne de mesures de 40 points de température" (notice 17/65).

d) "Clauses techniques des enregistreurs magnétiques A 4700, AD 1200" et "Enregistreur magnétique SFIM AD 1100 - Description et clauses techniques" 9-1-67

[11] E.D.F.-D.T.G. - GRENOBLE - "Contrôle des débits des cours d'eau. Le limniphone SAREG à mémoire" - F. LUGIEZ et H. ANDRE - Août 1961.

[12] RITTMEYER, ZOUG (SUISSE) et PROME (PARIS), représentant pour la FRANCE. Catalogue.

[13] OTIC - FISHER and PORTER - CLERMONT-FERRAND -
a) Notice MCE "Mesures de niveau, leur transmission à distance, leur exploitation par appareils secondaires - enregistreurs ou indicateurs".

b) "Enregistreur de données analogiques ADR 1542".

[14] LEOPOLD and STEVENS Instruments Inc. (PORTLAND, OREGON, U.S.A.)
"Hydrologic instruments and accessories" - short-form catalogue n° 23 - 4ème édition.

[15] CANADIAN AVIATION ELECTRONICS CAE - (WINNIPEG, MONTREAL, CANADA)
"Manomètre indicateur du niveau supérieur des eaux" - Instructions pour l'installation, l'emploi et l'entretien - Publication 6425 F.

[16] OTT - Lettre du 3-1-68 de la Société WILD, PARIS relative à l'adjonction d'un témoin d'enregistrement classique au limnigraphe OTT à bande perforée, suite à notre demande.

[17] E.D.F.-D.T.G. - GRENOBLE - "Avant-projet de principe d'un capteur de variations émetteur d'impulsions" et "Projet de commande à la Société SAREG" P. GUILLOT - 31-1-66 et 8-6-66.

[18] NEYRPIC - GRENOBLE - "Dispositif imprimant à dépouillement automatique", lettre du 20-6-67 sur le projet de limnigraphe imprimant suivie des lettres des 10-5-68 et 21-6-68 sur l'avancement du prototype.

[19] SOCIETE FRANCAISE d'INSTRUMENTS de MESURES S.F.I.M. - MASSY - "Avant-projet d'un dispositif d'enregistrement de niveau de cours d'eau" Y. DESCAMPS - 27-10-67

[20] SOCIETE FRANCAISE d'INSTRUMENTSde MESURES S.F.I.M. - MASSY -
a) "Spécification provisoire d'un prototype d'équipement de mesure de niveau de rivière" Y. DESCAMPS - 29-4-68.

b) Lettres du 12-7-67, du 13-12-67 et du 26-12-67 relatives à la mise en oeuvre du précédent prototype.

[21] SIEMENS - KARLSRUHE -
a) "Un analyseur de diagrammes électronique pour l'évaluation des courbes" - H. BREUNIG, H. KURNER - extrait de "Revue SIEMENS" 19ème Année, Mai 1961.

b) "L'appareil de commande par perforation dans la métrologie digitale" - G. METT, G.H. SCHEIDENBERGER - extrait de "SIEMENS ZEITSCHRIFT" n° 4 - Avril 1964.

[22] Y. CORMARY, C. GENIN - "Traitement automatique de l'information en hydrologie. Transcription et dépouillement de pluviogrammes et limnigrammes"

B.E.P. - 1967
En annexe, notice sur analyseur D.MAC Pencil Follower type PF.

[23] H. ANDRE, A. LACOSTE - "Analyse des limnigrammes, l'ADL.61" - La Houille Blanche n° 3 - Juillet-Août 1962.

[24] A. DICONNE - 2ème Circonscription Electrique - "Exposé d'une méthode mécanographique pour la lecture des hydrogrammes et la détermination des débits".

[25] OLIVETTI - PARIS - "Programma 101. Calculateur électronique de table - Manuel de présentation. Calculs scientifiques et techniques" - Juillet 1966.

[26] WANG Laboratories Inc. (MASSACHUSSETS, U.S.A.) et Aéromaritime Electronique AEREL (PARIS), représentant pour la FRANCE.

Catalogue sur calculatrices WANG 300, 370 et 380.

[27] ELECTRONIQUE MARCEL DASSAULT - (St-CLOUD)-
Catalogues sur calculatrice EMD 848 et lecteur de courbes LC 2.
Manuel d'utilisation de l'EMD 848.

[28] MESUCORA 1967 - Catalogue général de la 61ème Exposition de Physique - PARIS, Avril 1967.

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Service hydrologique

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION DES AMÉNAGEMENTS RURAUX
Service de l'hydraulique

ÉTUDE DE L'EXTENSION RATIONNELLE DU RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

2 - Rapport de mise en œuvre

par

Pierre DUBREUIL

PARIS 1969

OFFICE de la RECHERCHE
SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE
OUTRE-MER

Service hydrologique

MINISTERE de l'AGRICULTURE

DIRECTION des
AMENAGEMENTS RURAUX

Service de l'Hydraulique

ETUDE de l'EXTENSION RATIONNELLE du RESEAU HYDROMETRIQUE du MINISTERE de l'AGRICULTURE

2. Rapport de mise en oeuvre

par

Pierre DUBREUIL

Chef du Département de la Recherche Appliquée

Paris, 1969

TABLE des MATIERES

Page

Page

L'étude de l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture, que nous avons entreprise conformément à un marché passé avec cette Administration, comprend deux parties. Une première partie consacrée à l'examen méthodologique du problème a fait l'objet d'un rapport dit rapport méthodologique, qui a été remis en Septembre 1968.

La seconde partie doit proposer une mise en oeuvre rationnelle de cette extension de réseau. C'est l'objet du présent rapport, qualifié de rapport de mise en oeuvre.

Avant d'exposer le contenu de ce rapport de mise en oeuvre, il nous a paru utile de rappeler succinctement ce qui avait été étudié dans le rapport méthodologique et les principales conclusions dégagées à l'occasion de ces études.

La situation au début de 1968 du réseau hydrométrique de l'Agriculture dans le cadre national a fait l'objet du premier chapitre. Cette situation a été examinée sous divers angles dont entre autres : type, ancienneté et équipement des stations, répartition géographique et densité de ces stations.

Les conclusions alors formulées :

- montraient l'existence de plus de 1 650 stations en France dont 565 - 34 % - ressortaient de la compétence du Ministère de l'Agriculture ;

- mettaient en relief la jeunesse des stations de l'Agriculture (près de 90 % d'entre elles ont moins de 10 ans) et la croissance continue de ce secteur du territoire rural en face des autres secteurs, eux à peu près stables ;

- constataient la satisfaisante homogénéité du parc de limnigraphes du secteur du territoire rural (90 % d'appareils OTT à flotteur) ;

- statuaient sur l'impossibilité, au niveau des régions, d'atteindre la densité du réseau minimal à partir des seules stations de plus de 10 ans, exception faite de l'Alsace ;

- admettaient, en revanche, que la prise en compte de toutes les stations hydrométriques mettaient plus de la moitié des régions dans un état de densité supérieur à celui du réseau minimal ;

- s'achevaient sur des recommandations relatives à l'implantation des stations afin de permettre l'accès aux stades "minimal" et "optimal" de réseau dans les meilleures conditions ;

- évaluaient, enfin, les besoins de la France à près de 900 nouvelles stations en matière de réseau à moyen terme (10 ans), dont les trois-quarts pourraient être de la compétence de l'Agriculture, soit 720 stations dont 120 à court terme (2-3 ans).

Le second chapitre du rapport méthodologique dressait un inventaire des divers dispositifs actuellement utilisables en matière d'équipement et d'exploitation de réseau. Cet inventaire portait sur les limnigraphes et sur le codage en vue du traitement des données par ordinateur. Les diverses étapes de la chaîne de gestion d'un réseau étaient passées en revue : captage des hauteurs d'eau, codage, transformation des hauteurs en débits, traitement sur ordinateur. Cet examen méthodologique tenait compte des objectifs propres de l'Agriculture, tout en restant le plus général possible afin de ne négliger aucun aspect du problème.

Avec les divers dispositifs rencontrés à chaque stade de la chaîne de gestion, il est possible de monter des combinaisons satisfaisantes à la résolution des objectifs propres définis. Ceci faisait l'objet du chapitre III du rapport méthodologique.

On a tout d'abord constaté l'absence de limnigraphe "idéal", c'est-à-dire satisfaisant les exigences du traitement sur ordinateur, ce qui a provoqué la mise en chantier de divers prototypes chez divers constructeurs.

On a pu conclure à la possibilité future d'équiper le réseau hydrométrique avec 4 prototypes différents :

- le codeur DTG à bande magnétique BM à adjoindre au limnigraphe classique ;
- le limnigraphe à flotteur OTT type 20.061 à sortie sur bande perforée, doté d'un témoin d'enregistrement ;
- le limnigraphe NEYRPIC asservi, à prise de pression et sortie sur ruban numérique, pouvant être traité par un lecteur optique ;
- le prototype SFIM à jauge de contrainte.

Ce dernier appareil ne pouvait pas prétendre être opérationnel à court terme.

A côté de ces solutions d'équipement futur, la rationalisation de l'exploitation du parc actuel de limnigraphes classiques a été jugée au moins d'égale importance. On a conclu à la nécessité d'automatiser le dépouillement des limnigrammes par emploi d'analyseur de courbe, sortant sur support compatible avec ordinateur. A cette solution, applicable au parc actuel, doit être associée celle du couplage d'un codeur à bande magnétique, également valable pour ce parc.

Ainsi s'achevait le rapport méthodologique par cette présentation de cinq combinaisons, voies possibles d'équipement et d'exploitation du réseau hydrométrique.

Ces voies étaient complètement explorées, sinon définies, c'est-à-dire qu'étaient proposés, outre les équipements en limnigraphes, les meilleures formes de traitement des données, les meilleurs supports d'entrée et de sortie d'ordinateur, de classement et d'archivage des données. Ainsi, les chaînes de gestion les plus appropriées au cas du réseau hydrométrique de l'Agriculture étaient-elles esquissées dans un cadre souple permettant toute modification ultérieure, imposée par le progrès technique par exemple.

Tous les problèmes de structures de gestion, de coût d'investissements, de besoins en personnel avaient été écartés de cette première partie de l'étude de l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture. Ils réapparaissent donc dans la seconde partie de cette étude, dans le rapport de mise en oeuvre.

Contractuellement, cette seconde partie de l'étude comprend l'"examen détaillé des combinaisons répondant le mieux aux besoins de l'Administration et à la structure des Services chargés de mettre en oeuvre les solutions ainsi dégagées".

L'étude "aboutira à des conclusions précises sur le schéma d'organisation et de gestion du réseau, et sur le calendrier de réalisation du programme d'extension".

Ainsi se trouve parfaitement circonscrit la cadre du rapport de mise en oeuvre.

La préparation du rapport de mise en oeuvre s'est effectuée à partir des renseignements et documents réunis lors de l'élaboration du rapport méthodologique, auxquels sont venues s'ajouter d'autres informations parmi lesquelles on peut citer principalement :

- les résultats et conclusions du rapport méthodologique ;

- les réflexions et discussions provoquées par ce rapport méthodologique à l'occasion et à l'issue d'entretiens avec le Maître de l'ouvrage et le responsable du marché, et lors de la journée d'information et d'études des Services Régionaux de l'Aménagement des Eaux le 6 Février 1969 ;

- les réponses à l'Enquête partielle complémentaire du 5 Mars 1969 auprès des Services Régionaux de l'Aménagement des Eaux, enquête orientée sur la gestion actuelle des stations hydrométriques (procédures et coûts) ;

- les visites des Services Régionaux de l'Aménagement des Eaux de Languedoc - Roussillon, de Provence - Côte d'Azur, de Lorraine et d'Alsace ;

- les contacts avec les constructeurs de prototypes OTT, NEYRPIC, SFIM ainsi qu'avec EDF-DTG, et les procès-verbaux d'essais réalisés au CERAFER ;

- les essais d'analyseurs de courbe disponibles sur le marché.

Aucune des cinq combinaisons retenues à la fin du rapport méthodologique n'ayant été écartée par le Maître de l'ouvrage, la mise en oeuvre de chacune d'elles est, en conséquence, examinée dans ce second rapport.

Le présent rapport de mise en oeuvre, suite logique du rapport méthodologique, est articulé en six parties.

On a tout d'abord jugé utile de reprendre, clairement et pratiquement, l'exposé des objectifs du Service de l'Hydraulique et des moyens nécessaires à la réalisation de ces objectifs sous l'angle de la connaissance du régime et de la qualité des cours d'eau de sa compétence. Cet exposé introduit un développement sur le réseau hydrométrique, sa composition, sa planification, son optimisation, développement qui s'achève par l'examen de la croissance actuelle de ce réseau.

En seconde partie, sont présentées sous l'angle technique d'une part la chaîne de gestion de ce réseau, d'autre part les structures aptes à la mise en oeuvre des divers maillons composant cette chaîne.

Les deux parties suivantes sont consacrées, en détail, à la réalisation pratique des deux problèmes que pose la mise en place de la chaîne de gestion :

a) la rationalisation de l'exploitation du parc actuel de stations par l'emploi de l'analyseur de courbe et l'exploitation en aval du calcul sur ordinateur ;

b) l'introduction progressive de nouveaux équipements en limnigraphes dans cette chaîne de gestion.

Dans la cinquième partie, on s'efforce d'étudier le coût de la gestion du réseau hydrométrique, à partir de l'examen de la situation actuelle, en comparant les diverses solutions possibles de la chaîne de gestion. On introduit la notion d'implantation géographique des structures de gestion et l'on examine l'incidence de la répartition des tâches entre elles, en choisissant plusieurs hypothèses pour l'introduction des nouveaux équipements (problèmes du renouvellement du parc actuel de limnigraphes et de sa croissance).

Enfin dans une dernière partie et en matière de conclusion, plusieurs schémas structuraux de chaîne de gestion sont proposés et le calendrier de leur réalisation esquissé. A côté de ce calendrier couvrant les 5 à 10 prochaines années, des vues prospectives sont esquissées pour l'avenir plus éloigné.

Afin d'éviter toute équivoque sur la terminologie, on a introduit dans ce rapport l'expression "territoire rural" en lieu et place de l'adjectif "agricole" pour qualifier le secteur de la compétence du Ministère de l'Agriculture, en matière d'hydraulique. L'expression "territoire rural" est bien plus claire, car elle revêt un sens analogue à celui qui est employé lorsque l'on parle d'"aménagement du territoire".

Il importe de préciser que pour des raisons historiques et diverses, des organismes indépendants du Ministère de l'Agriculture gèrent des stations hydrométriques dans le territoire rural ; lorsque nous parlons dans ce rapport des stations ou du réseau du territoire rural il s'agit toujours des seules stations ou du seul réseau gérés par le Ministère de l'Agriculture ou les organismes qui en dépendent. Le sens est donc, sous l'aspect hydrologique, restrictif vis-à-vis du sens général concernant la compétence en matière d'hydraulique.

CHAPITRE I

POLITIQUE de GESTION du RESEAU HYDROMETRIQUE : OBJECTIFS et MOYENS

Ce chapitre comprend un bref rappel des objectifs du Service de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture suivi d'une présentation, parmi les moyens nécessaires à la réalisation de ces objectifs, des points de mesures et de contrôle du régime des eaux qui constituent le réseau hydrométrique.

Suite à cet exposé introductif, on définit de manière détaillée les actions à mettre en oeuvre pour créer un réseau hydrométrique et le développer, en passant par le stade "minimal", jusqu'au stade "optimal". Les problèmes de la situation actuelle du réseau hydrométrique dans le cadre national, de la croissance de ce réseau sont ensuite examinés également de manière réaliste et pratique.

Tout ce chapitre est étroitement lié à ce qui a été écrit dans le chapitre I du rapport méthodologique dont il constitue une suite logique.

Il sera alors possible de proposer plusieurs solutions à la chaîne de gestion de ce réseau et plusieurs structures de résolutions de cette gestion dans le chapitre suivant.

1.1. - Définition du réseau hydrométrique face aux objectifs du Service de l'Hydraulique

1.1.1. - Comme il a déjà été dit dans le rapport méthodologique, le Service de l'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture, de par sa vocation, assure, dans le sens des intérêts généraux, la police de la plupart des cours d'eau non domaniaux et la gestion de quelques cours d'eau domaniaux. Ce Service est chargé, en outre, de promouvoir l'utilisation des eaux sur l'ensemble du territoire rural quels que soient les utilisateurs (ruraux, industriels, ...).

De ces fonctions du Service de l'Hydraulique découle la nécessité de connaître, au sens large, le régime des eaux de sa compétence.

Au sens large, le régime des eaux recouvre :

- les hauteurs et débits des cours d'eau à l'aide desquels s'étudie le régime hydrologique, au sens étroit du terme ;

- les caractères physico-chimiques et biologiques des eaux de ces cours d'eau, dits de "qualité des eaux".

Il s'agit aussi bien du régime naturel, que du régime influencé par des accumulations, des prises et rejets qui peuvent modifier les hauteurs, les débits et les caractéristiques de qualité (pollution).

L'ensemble des points de mesure des hauteurs et des débits des cours d'eau forme le réseau hydrométrique.

L'ensemble des points de mesure de "qualité" des eaux forme le réseau de qualité des eaux.

Nous limitons notre étude à celle du réseau hydrométrique, sans oublier qu'il n'y a pas indépendance ni entre les implantations des points de mesure ni entre les modalités de gestion du réseau hydrométrique et du réseau de qualité des eaux.

Mais il est important d'avoir présent à l'esprit, comme l'ont confirmé nos voyages en province, que les Services Régionaux de l'Aménagement des Eaux, chargés sur le plan local de réaliser les tâches du Service de l'Hydraulique, ont des activités diverses :

- administratives et techniques de contrôle et de police des eaux ;

- d'étude, de conseil et d'information des Directions Départementales de l'Agriculture (avis sur projets d'aménagements ... etc ...) ;

- de contrôle des nappes aquifères (par mesures piézométriques) nécessaires pour les alimentations en eau dans le territoire rural quand la ressource en eau de surface est déficiente ;

etc ...

Compte tenu de ces activités diverses d'une part, de la gestion du réseau de qualité des eaux d'autre part, il ressort clairement que la gestion du réseau hydrométrique n'est que l'une des tâches et l'un des moyens du Service de l'Hydraulique et, qu'à l'échelle locale, une partie seulement du personnel technique se trouve affectée à cette gestion.

1.1.2. - Le réseau hydrométrique, ensemble des points de mesure des hauteurs et des débits des cours d'eau, est composé, comme l'est tout autre réseau, de trois sous-ensembles dans lesquels les points de mesures sont qualifiés de stations primaires, secondaires ou tertiaires.

- Les stations primaires sont théoriquement pérennes et fixes.

- Les stations secondaires sont théoriquement pérennes (dans leur nombre) mais déplaçables (en position) après une certaine durée de fonctionnement en un point donné.

  Les stations primaires et secondaires constituent l'ossature de base du réseau.

- Les stations tertiaires répondent aux multiples demandes concernant la ressource "eau de surface" en vue de son utilisation. Ces stations sont à vocation exclusivement pratique et sont spécifiques d'un problème posé. Elles n'ont a priori aucune raison d'être pérennes si leur but ne l'exige pas, et en conséquence beaucoup d'entre elles fonctionnent souvent moins de cinq ans.

Ce catalogue des points de mesures du réseau hydrométrique en trois sous-ensembles paraît avoir une consistance un peu théorique. Il importe maintenant de justifier pourquoi et comment cette notion et cette définition du réseau hydrométrique ont vu le jour et d'en brosser l'évolution non plus théorique mais pratique sur l'exemple français.

1.2. - La notion de réseau hydrométrique et sa création

1.2.1. - Le stade antérieur à la création du réseau

A l'origine, les points de mesures sont installés pour répondre à un problème précis d'utilisation de la ressource en eau de surface. Il peut s'agir d'aménagement hydro-agricole (irrigation, drainage, adduction...) ou hydro-électrique. Il peut s'agir également de contrôler les cotes d'eau dans un bief navigable, de rivière ou de canal, ou de protéger un périmètre urbain des crues par un système d'annonce. Bien d'autres exemples pourraient être donnés.

Ces stations sont tantôt hydrométriques - on y mesure les hauteurs et les débits -, tantôt limnimétriques - on y mesure seulement les hauteurs ; certaines sont observées en permanence, d'autres non ; certaines permettent la mesure de tous les débits, d'autres seulement de ceux de basses eaux ; certaines sont fixes quelques années, d'autres sont de simples points de mesures périodiques (cliché d'étiage régional par exemple). Dans l'ampleur des mesures, la diversité règne aussi.

La multiplicité des besoins en eau entraîne la multiplicité des points de mesure. Rien n'interdit théoriquement qu'un besoin ne soit à satisfaire sur chaque cours d'eau français et que l'on ne crée en réponse un point de mesure sur chacun d'eux. Devant ce risque d'exorbitance, la réflexion oriente les responsables vers la conclusion qu'il faut modérer cette croissance pour au moins deux raisons :

a) la fermeture d'un point de mesure est toujours possible quand le problème qui l'a motivé est résolu ; cette fermeture entraîne un tarissement de l'information collectée. Or les études hydrologiques, à base de statistique, exigent des chroniques de longue durée que cette information limitée dans le temps ne fournit pas. Le recours aux observations pluviométriques est un pis-aller qui ne permet pas la création d'une information hydrologique aussi complète et aussi précise que celle qui découlerait d'observations hydrométriques. Maintenir des stations de mesure permanentes et complètes est donc une nécessité.

b) le coût de la création d'un nombre considérable de postes de mesures doit être minimisé. Il faut obtenir le maximum d'information pour le moindre coût. La solution paraît être dans la disponibilité de stations permanentes sources d'une information riche, susceptible de valoriser les observations de courte durée collectées aux points de mesure installés pour répondre à un besoin précis.

1.2.2. - La création du réseau

Ainsi se justifie la notion de réseau et la hiérarchie établie entre les stations de base - primaires et secondaires - lieux pérennes d'observations complètes et les stations tertiaires, à vocation pratique et limitée soit dans la portée, soit dans le temps.

Mais il est logique que l'objectif tertiaire ait été et reste prioritaire dans la création de stations. La notion de réseau lui est postérieure. Si l'ensemble des stations tertiaires ne constitue pas un réseau, celui-ci s'édifie a postériori et de préférence par prélèvement dans cet ensemble tertiaire pour mettre en place l'ossature de base primaire - secondaire.

Tout pays, pour tout ensemble de mesures du milieu physico-climatique, aboutit, par le même chemin historique, aux mêmes réflexions et à la même notion de réseau. Le secteur du territoire rural français est arrivé à ce stade en matière de réseau hydrométrique.

La constitution du réseau hydrométrique du territoire rural doit être étudiée en tenant compte de ce qui existe en FRANCE, hors de ce territoire, hors de la compétence du Service de l'Hydraulique.

Les stations de base du réseau - primaires et secondaires - doivent théoriquement fournir une information complète sur les hauteurs et les débits. Nombre de stations tertiaires, de par leurs caractéristiques, ne satisfont pas cette règle et, par conséquent, une partie seulement d'entre elles pourront être transformées en stations de base. Théoriquement, lors de la constitution de cette ossature de base, toutes les stations tertiaires doivent être testées. On comprendra que ce travail soit irréalisable, au plan global où nous opérons, et qu'en conséquence, on ait envisagé l'hypothèse de ne tenir compte que des stations tertiaires de plus de 10 ans d'âge comme étant selon toute vraisemblance les plus susceptibles de devenir stations de base.

Mais, en pratique, certaines stations ne collectant pas une information complète pourraient être admises dans le groupe de base ; ce serait par exemple le cas de stations qui permettent la mesure de toute la gamme des hauteurs ou d'une partie - étiage - de la gamme des débits.

Cette admission se ferait sous réserve que soient remplies les deux conditions suivantes :

a) les données collectées en ces stations pourraient étendre par corrélation toute autre donnée de hauteur ou de débit d'une station tertiaire de son aire d'influence ;

b) les données collectées en ces stations sont d'un intérêt majeur au plan de la région ou du grand bassin hydrographique qui les contient.

On conçoit que de tels cas peuvent se présenter dans le territoire rural.

1.3. - Le développement du réseau hydrométrique

C'est la réalisation effective du groupe des stations de base. On parle alors de réseau minimal, c'est-à-dire qui assure une couverture correcte, sans lacune, du paysage géographique du territoire. Il est fortement conseillé de procéder à une planification de ce réseau minimal, comme on le verra plus loin.

A un stade ultérieur de développement, le réseau de base ayant selon toute vraisemblance dépassé le niveau minimal précédent, et son ancienneté devenant notable, il faut procéder à sa rationalisation, de laquelle doit sortir un réseau optimal. Le réseau optimal a une densité suffisante et une répartition adéquate pour permettre l'estimation, directe ou par extension statistique, de toute caractéristique de hauteur et de débit observée en une station de base quelconque, et cela avec une précision connue et en admettant un certain risque choisi. Ce réseau permet également de valoriser au maximum, par extension statistique, toute information de courte durée collectée en une station tertiaire quelconque.

La planification du réseau minimal est sur le plan pratique l'établissement d'un plan de localisation des stations de mesure destinées à former l'ossature de base permanente de ce réseau, en tenant compte des conditions physiques, climatiques et économiques du milieu régional considéré.

La rationalisation du réseau a pratiquement pour effet de choisir parmi les stations de base celles qui seront primaires, celles qui seront secondaires, de décider de la périodicité de déplacement desdites stations secondaires et de leur future localisation, enfin de préciser si le nombre de stations de base actuel est suffisant ou non et en conséquence d'indiquer quelles sont les fermetures ou les créations de stations souhaitables pour que l'optimum en matière d'information collectée soit atteint.

1.3.1. - Les critères du développement

Au début, le réseau minimal se crée en quelque sorte librement par choix a priori ou par ponction dans l'ensemble tertiaire. Cette liberté peut subsister sans entrave jusqu'à ce qu'un certain seuil de densité soit franchi ; alors il importe de procéder à la planification du réseau minimal.

On admet également que franchi un autre seuil de densité, le degré de développement du réseau appelle une rationalisation.

Ces seuils de densité constituent des critères à utiliser pour statuer sur l'état de développement du réseau et décider de l'opportunité ou de l'urgence d'une planification ou d'une rationalisation.

La définition de ces seuils de densité, grossièrement esquissée dans le rapport méthodologique, est précisée ici.

On appelle :

- D : la densité de toutes les stations existantes au 1er Mars 1968, exprimée en nombre de stations pour 1 000 km^2,

- D' : la densité des stations de plus de 10 ans d'âge au 1er Mars 1968, exprimée en nombre de stations pour 1 000 km^2 ; D' est évidemment plus petit que D.

- Dm : la densité seuil pour le réseau minimal ; elle est égale à 3,4 stations pour 1 000 km^2 en zone montagneuse ou méditerranéenne et à 1,4 stations pour 1 000 km^2 dans le reste du pays.

Les stations doivent être réparties également entre bassins de moins de 1 000 km^2 et bassin de plus de 1 000 km^2.

Les critères de développement sont établis à partir des densités D et D' par rapport à la densité Dm, et à partir de D seule par rapport au double de Dm pour tenir compte de l'incapacité de nombreuses tertiaires récentes à devenir stations de base.

La conjugaison des conditions en D et en D' conduit à cinq plages qui jalonnent le développement du réseau et permettent d'évaluer l'opportunité des opérations de planification et de rationalisation.

Le tableau 1 présente ces cinq plages.

La planification est tantôt :

- urgente, c'est-à-dire à réaliser dans les meilleures conditions d'efficacité.
- à prévoir, ce qui veut dire qu'en n'y prenant pas garde à temps, elle deviendra rapidement urgente.
- peu utile, ce qui signifie que l'on a dépassé le stade urgent et que le nombre de stations est tellement élevé que la planification en risquant de proposer a priori beaucoup de fermetures ou déplacements serait soit peu efficace, soit onéreuse, et par conséquent risquerait de n'être pas mise en exécution, et qu'en tout état de cause il vaut mieux alors rationaliser.
- inutile, quand les critères imposent la rationalisation.

La rationalisation est tantôt :

- urgente, c'est-à-dire que l'efficacité et la recherche du moindre coût exigent ce travail.
- à faire, c'est-à-dire que l'urgence n'est pas loin et qu'il vaut mieux ne pas attendre.
- à prévoir, c'est-à-dire que l'on est dans les conditions intermédiaires entre la planification, déjà "peu utile" et la rationalisation à faire.
- impossible, quand le réseau peu dense et jeune est encore à planifier.

1.3.2. - L'application des critères au réseau français

Pour être réellement valable, cette application des critères devrait s'effectuer au niveau de chaque région ou de chaque grand bassin hydrographique. En effet, planification et rationalisation sont réalisables au plan régional pour les petits cours d'eau - moins de 1 000 km^2, ou même de quelques milliers -, mais pour les grands fleuves - Loire, Rhône, Garonne, Seine, ... etc - elles ne peuvent s'exécuter correctement qu'à l'échelle du bassin, au-delà des limites régionales.

TABLEAU 1

CRITERES de DEVELOPPEMENT du RESEAU HYDROMETRIQUE

(selon la position de la densité des stations par rapport à celle du réseau minimal Dm)

Densité D de toutes les stations	D < Dm	Dm < D < 2 Dm	D > 2 Dm
Densité D' des stations de plus de 10 ans			
D' < Dm	Prévoir la planification du réseau minimal - Rationalisation impossible	Planification urgente du réseau minimal - Rationalisation impossible	Planification peu utile - Prévoir la rationalisation
D' > Dm		Planification inutile - Rationalisation à faire	Planification inutile - Rationalisation urgente

Il nous a paru cependant utile de donner quelques indications relatives à l'opportunité de planifier ou de rationaliser telle ou telle partie du réseau français. Mais ces indications auront tendance à être parfois erronées, car elles s'appuyent sur un calcul des densités D et D' fait dans le rapport méthodologique sur les bases d'un état du réseau au 1er Mars 1968 environ. Or la croissance de celui-ci, surtout dans le secteur du territoire rural (Cf. paragraphe 1.3.3.), est telle que beaucoup de situations de 1968 sont aujourd'hui passées dans la plage voisine du tableau 1 (mouvement de gauche à droite).

Notre recherche a porté sur l'analyse des densités D et D' au plan régional, corrigées ensuite des disparités départementales ; il a été tenu compte avec un poids plus grand des densités pour les bassins de moins de 1 000 km^2 - intérêt majeur pour le territoire rural -. Enfin, nous avons grossièrement transcrit les résultats en termes de bassins hydrographiques.

Nous ne présentons que les cas les plus importants du développement du réseau dans le tableau 2.

On n'a pas tenu compte de la région parisienne, trop particulière. Les seules autres régions non citées se situent dans la plage "planification peu utile, rationalisation à prévoir", dite plage d'attente.

En matière de planification, on peut admettre que si les stations de plus de 10 ans sont intouchables jusqu'à leur rationalisation, les stations récentes par contre peuvent sans scrupules être déplacées : perte réduite d'information ponctuelle au lieu abandonné, gain présumé de poids régional de l'information avec le nouveau site.

Lors de l'implantation de nouvelles stations de base, il faut porter attention au bon échelonnement des bassins desservis. En effet, quelques rapides sondages (Poitou-Charente, Rhône-Alpes entre autres) montrent que le réseau du territoire rural tend à s'intensifier dans les très petites surfaces, en dessous de 500 km^2, et laisse par contre s'installer un trou relatif autour de 1 000 - 2 000 km^2, au niveau de la charnière avec les réseaux des grands cours d'eau.

1.3.3. - Influence du développement du réseau sur la politique de gestion

Il s'agit de reprendre quelques conclusions provisoires et hypothèses avancées dans le rapport méthodologique et de les compléter, bien qu'aucun élément important ne soit intervenu depuis pour introduire beaucoup de modifications :

a) Les stations de base représentent 60 % du total de stations actuelles et 40 % restent au lot tertiaire (hypothèse gratuite applicable au territoire rural et aux autres secteurs).

TABLEAU 2

APPLICATION des CRITERES au RESEAU FRANCAIS
(situation de Mars 1968)

Rationalisation urgente (plan régional)				Planification urgente (plan régional)			
Ordre d'urgence	Région	Correction départementale (1)	Bassins	Ordre d'urgence	Région	Correction départementale (2)	Bassins
1	Alsace	2/0/0		1	Bourgogne	3/1	Yonne Saône amont confluent Doubs
2	Languedoc	3/2/0	Côtiers Hérault Côtiers Pyrénées Orientales	2	Franche-Comté	3/1	Doubs
3	Rhône-Alpes	3/2/3	Isère Rhône amont Lyon	3	Lorraine	2/2	Moselle Meuse
4	Midi-Pyrénées	2/3/3	Garonne amont Toulouse Tarn amont Mautauban Lot amont Cahors	4	Aquitaine	2/3	Adour
				5	Pays de la Loire	2/3	Maine Côtiers vendéens
				6	Nord	1/1	
5	Limousin	1/2/0	Hautes Dordogne et Vézère au confluent				

Correction départementale : indication du nombre de départements ayant atteint un certain stade :

(1) 1er chiffre : stade rationalisation urgente
2ème " : " " à faire ou à prévoir
3ème " : " " impossible

(2) 1er chiffre : stade planification urgente
2ème " : " " à prévoir

TABLEAU 2 (suite)

APPLICATION des CRITERES au RESEAU FRANCAIS
(situation de Mars 1968)

Rationalisation à faire (plan régional)			Planification à prévoir (plan régional)	
Ordre d'urgence	Région	Correction départementale (3)	Ordre d'urgence	Région
1	Auvergne	2/0/2	1	Centre
2	Provence-Côte d'Azur	1/4/1	2	Champagne
			3	Poitou-Charente Haute-Normandie Corse Picardie

Correction départementale : indication du nombre de départements ayant atteint un certain stade :

(3) 1er chiffre : stade rationalisation à faire
2ème " : " " à prévoir
3ème " : " " impossible

b) La mise en place du réseau de base se fera partie dans le secteur du territoire rural, partie hors de celui-ci (prédominance étant donnée là aux stations des Circonscriptions Electriques et d'Electricité de France) et cela à peu près à parts égales.

c) La création du réseau de base demandera environ 20 % de stations nouvelles à créer, hors de l'ensemble tertiaire existant, parce que, lors de la planification, on verra certainement que plusieurs sites souhaitables pour implanter une station de base ne sont pas dotés d'une station tertiaire.

d) Le réseau de base après planification complète dépassera d'au-moins 20 % le nombre de stations requis par le seule règle de densité minimale et qui est d'environ 1 230 (780 sur 230 000 km^2 de zone montagneuse et méditerranéenne et 450 sur le reste du pays).

e) Sur le plan des nouvelles stations, le territoire rural devrait intervenir pour 75 % environ.

Une fois les stations de base sélectionnées et mises en place, on voit que le lot résiduel des stations tertiaires peut se scinder à peu près en deux parts :

a) Les stations tertiaires de projet destinées à fournir les informations nécessaires à un aménagement en cours d'étude ou de réalisation, elles ont souvent des observations de portée générale mais leur durée est limitée à quelques années. Certaines installations de recherches sur une courte période peuvent également être classées sous cette rubrique.

b) Les stations tertiaires de contrôle à fonctionnement pouvant être d'une certaine durée, mais où les observations sont de portée limitée. On y trouve beaucoup de stations :

- de police des eaux
- de contrôle des niveaux pour la navigation
- d'annonce de crue
- de systèmes de prévision d'apports (cas de la Production Hydraulique de EDF - DTG)
- de gestion de réseaux d'irrigation complexes
- de mesures épisodiques d'étiages

... etc ...

Le devenir des tertiaires de projet peut être triple :

- fermeture
- transformation en tertiaire de contrôle
- transformation en station de base

Il est bon de noter qu'une station de base peut également assumer une tâche de contrôle, c'est-à-dire qu'en pratique une station tertiaire de contrôle peut être intégrée dans le groupe de base sans cesser sa fonction spécifique. Tel pourrait être le cas de nombreuses stations EDF - DTG auxquelles la qualité des mesures est du niveau de ce qui est requis pour une station de base.

Les stations tertiaires de contrôle sont plus nombreuses que celles de projet hors du territoire rural (ce qui est normal car nombre d'entre elles furent de projet et sont aujourd'hui de contrôle, par exemple à EDF), tandis qu'elles paraissent à égalité dans le territoire rural. Cependant le groupe de contrôle doit rester le plus important ne serait-ce qu'avec l'accroissement des tâches de police des eaux, dues entre autres choses à la pollution.

Toutes ces hypothèses conduisent à une estimation grossière de la création du réseau de base et de la croissance à moyen terme de l'ensemble des stations hydrométriques de France. La figure 1 illustre cette estimation (les hypothèses de répartition des stations sont purement gratuites).

Les conclusions du rapport méthodologique sont toujours valables dans leur ensemble : 830 nouvelles stations à créer dont 645 pour le secteur du territoire rural en 10 ans, parmi lesquelles 210 appartiendraient au lot tertiaire de projet (mobilité à peu près tous les 3 ans).

Entre Mars 1968, date de l'enquête base du rapport méthodologique, et Mars 1969, date d'une enquête complémentaire auprès des SRAE, le nombre de stations du Service de l'Hydraulique dotées de limnigraphes est passé de 397 à 503, soit une augmentation de 106 unités (26,7 %).

Avec une telle croissance, même si elle se modère un peu, appliquée à l'ensemble du secteur du territoire rural, on atteindra à la fin de 1970 environ 800 stations soit 66 % de l'objectif décennal estimé.

Comme il est peu vraisemblable qu'un prototype quelconque puisse être opérationnel, traitement des données sur ordinateur inclus, avant cette date de fin 1970, il faut admettre que la valorisation de l'exploitation des limnigraphes classiques déjà plus urgente, devient plus importante que le choix de l'équipement futur, sans mésestimer celui-ci.

Avec trois hypothèses simplistes :

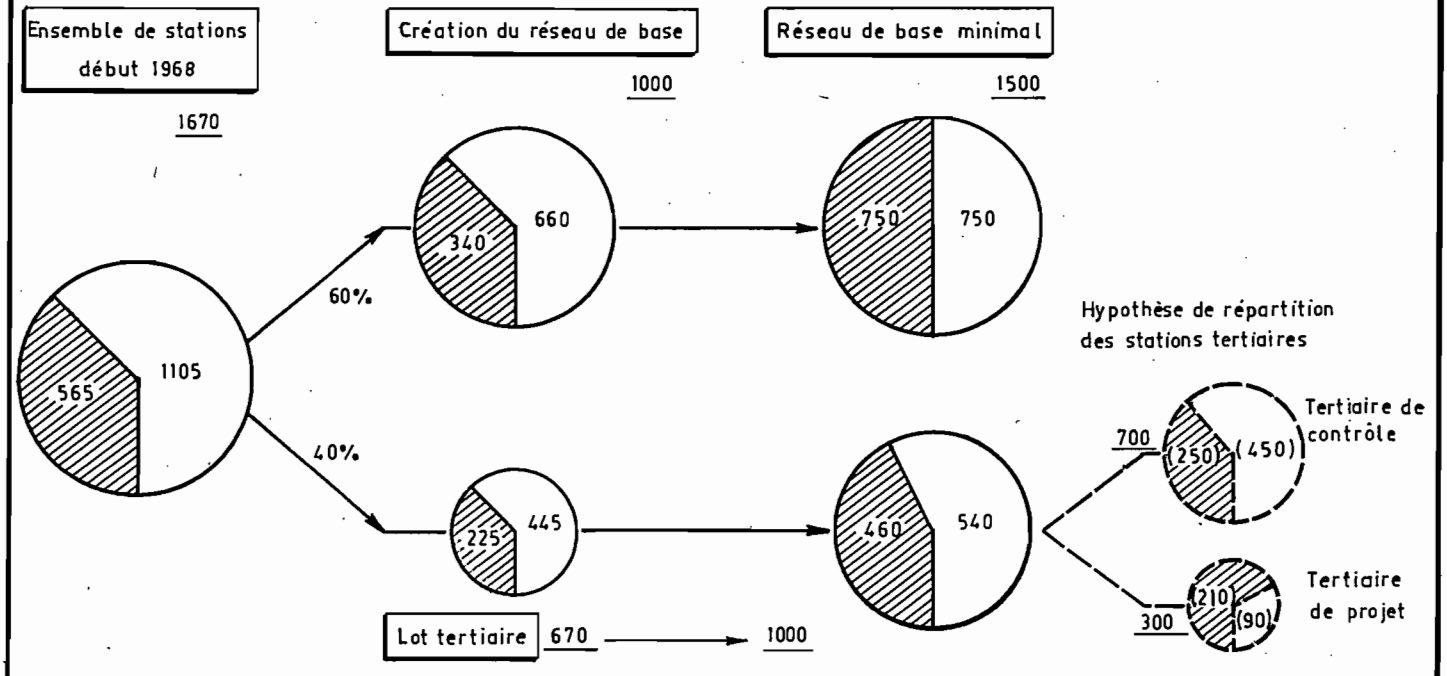
- achèvement de croissance du réseau en 1978
- renouvellement du parc tous les 15 ans
- lot de réserve de 5 % du parc

on peut construire la figure 2 qui montre que pour 1 200 stations environ en 1978, il faudra 1 400 appareils et que la part potentielle de l'équipement non classique* décroit rapidement de 730 en 1969 à 250 en 1975 selon la date de mise en service opérationnel. Passé 1978, de nouveaux besoins et le renouvellement du parc pourraient assurer une fourniture annuelle de 80 à 120 appareils au secteur du territoire rural, le double à peu près pour l'ensemble du pays.

* il s'agit des nouveaux limnigraphes codeurs.

Fig. 1

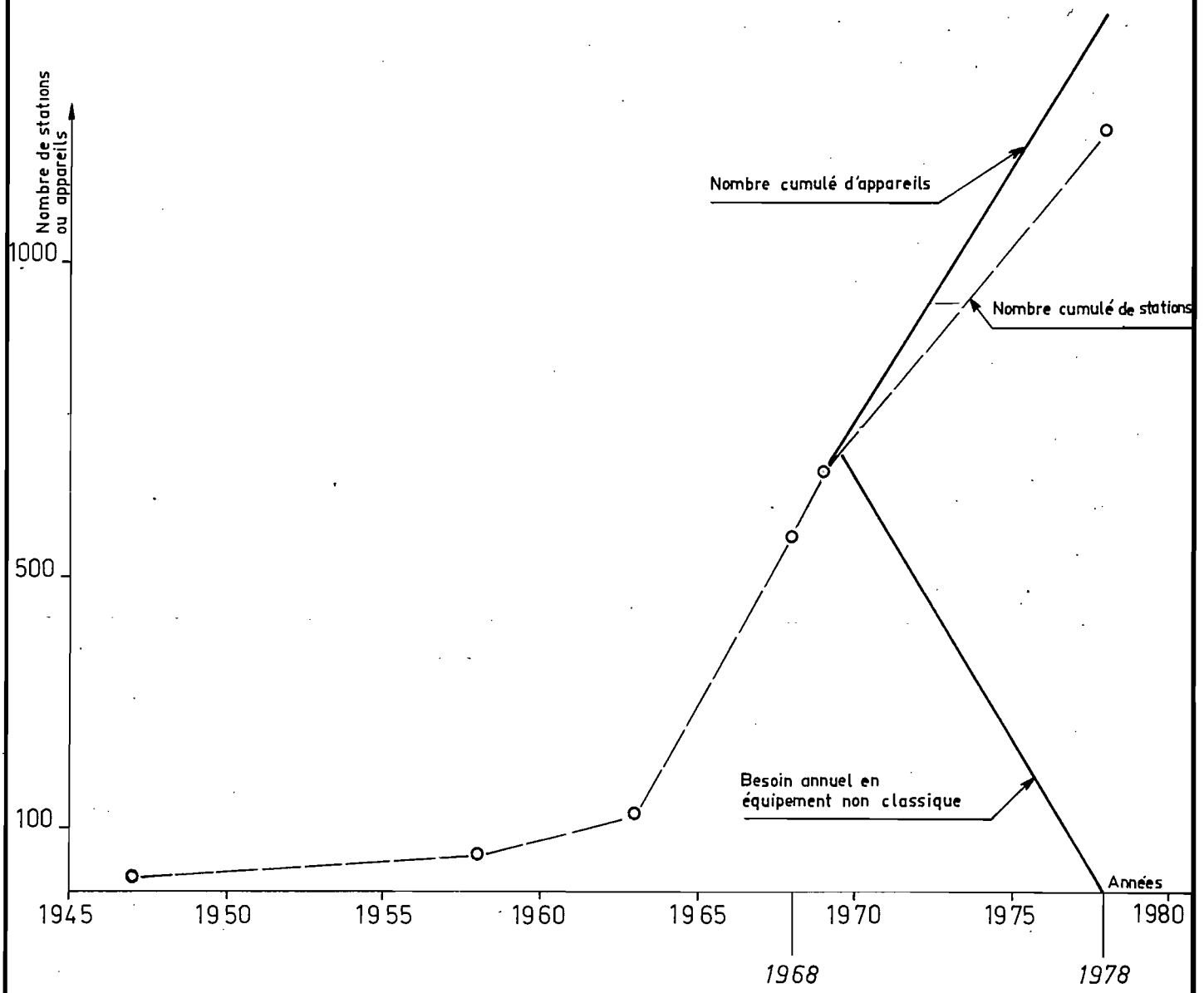
Hypothèse de création du réseau de base et de croissance à moyen terme de l'ensemble des stations hydrométriques de France



En hâchures, la part du secteur du territoire rural.

Fig.2

Hypothèse d'équipement du réseau du territoire rural



CHAPITRE II

La CHAÎNE et les STRUCTURES de GESTION du RESEAU HYDROMETRIQUE

L'objectif de ce chapitre est de décrire d'une part l'ensemble des opérations de gestion du réseau hydrométrique pris dans sa situation actuelle et en tenant compte du développement prévisible, et de définir d'autre part le cadre structural dans lequel doivent s'exécuter ces opérations de gestion. Ces descriptions de la chaîne et des structures de gestion sont faites sur le plan technique et restent assez générales. Après les chapitres 3 et 4 consacrés à l'exploitation des stations actuelles et à l'introduction d'équipement neuf, dans lesquels seront précisées chaîne et structures de gestion sur le plan technique, il sera possible de présenter les options de structures motivées par diverses solutions de répartition des tâches, et enfin d'esquisser l'aspect géographique de l'implantation des structures (chapitre 5).

2.1. - Description d'ensemble de la chaîne de gestion

La chaîne de gestion a été présentée schématiquement, dans l'introduction du rapport méthodologique, comme formée de trois plans : observations, collecte et traitement des données.

On conserve l'option de collecte différée des observations dans ce chapitre, se réservant de revenir sur la collecte par télétransmission dans l'examen prospectif joint à la conclusion (chapitre 6).

Les deux plans des observations et du traitement ont été disséqués pour former 9 maillons constitutifs de la chaîne de gestion.

La description détaillée de ces 9 maillons est représentée sur la figure 3. La présente description concerne uniquement la chaîne de gestion d'une information hydrométrique depuis son observation jusqu'à son traitement, abstraction faite des autres activités de gestion de réseau qui sont présentées, plus sommairement, aux paragraphes suivants.

La figure 3 appelle quelques commentaires :

a) Il y a deux chaînes de gestion possibles, l'une d'exploitation des limnigraphes actuels avec analyseur de courbe, l'autre d'exploitation des limnigraphes à sortie codée sur support bande ou ruban magnétique, perforé ou numérique.

b) La chaîne avec analyseur utilise les deux parties du maillon 5 - dépouillement des limnigrammes - tandis que l'autre chaîne saute directement à la 2ème partie de ce maillon 5.

c) Exécution de tâche, classement d'information et organe de contrôle peuvent affecter une ou deux structures ; cette dualité, reflet du problème de répartition des activités, fera l'objet de détails explicatifs aux paragraphes suivants.

d) Les structures sont ébauchées ici et l'on voit déjà l'articulation entre "Secteur hydrométrique" et "Centre de calcul" apparaître avec une charnière importante autour de l'analyseur de courbe. Ces points sont repris aux paragraphes suivants, Secteur hydrométrique et Centre de calcul constituant les deux structures principales de gestion.

2.2. - Le Secteur hydrométrique

Le réseau hydrométrique étant formé d'un ensemble de stations hydrométriques réparties dans le territoire rural, la première structure que l'on rencontre, structure de base, est le Secteur hydrométrique qui gère et exploite directement les stations hydrométriques d'une région déterminée.

L'étude du Secteur hydrométrique ainsi défini porte sur trois points essentiels : l'organigramme des activités, le graphe des mouvements d'information et le schéma exécutif.

2.2.1. - L'organigramme des activités

On considère que cet organigramme est la première description de la composition d'un Secteur hydrométrique, puisque les unités composantes d'exécution sont étroitement liées aux activités à exécuter. On a choisi deux hypothèses vraisemblables :

a) celle d'un secteur léger, représentative de la situation actuelle de nombreuses régions et pouvant subsister encore un certain temps soit dans des régions à superficie limitée, soit dans des régions où le problème des ressources en eau superficielle est secondaire, c'est-à-dire où le volume des activités n'est pas important ;

Fig. 3

DESCRIPTION DE LA CHAINE DE GESTION D'UN RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE

	Opération de gestion		Réalisation pratique	Lieu d'exécution	Exécutant	Équipement	Forme de l'information	Lieu de classement de l'information	Organe de contrôle	
1	Captage.codage de l'information Hauteur H		Observations des hauteurs d'eau fonction du temps (H,t)	Station hydrométrique	Observateur Brigade hydrométrique	Limnigraphe	Limnigramme Bande / ruban	Bureau technique secteur id	Brigade hydrométrique –	TERRAIN
2	Captage de l'information Étalonnage E		Mesures de débits	id	Brigade hydrométrique	de jaugeages	Carnet de jaugeages	id	–	
3	Codage de l'information Étalonnage E		Dépouillements des jaugeages Tracé courbes de tarage	Bureau	Brigade hydrométrique Bureau tech. secteur (B.T.S.)	de bureau	Liste de jaugeages Courbe de tarage	id	Chef secteur	BUREAU
4	Critique et contrôle des informations H et E		Corrections erreurs, lacunes.. etc...	Bureau	Brigade hydrométrique Bureau tech. secteur (B.T.S)	id	–	–	Chef secteur	
5	Transcodage de l'information H	1	Dépouillement limnigrammes	Bureau Centre de calcul	Brig. hydro. B.T.S. Atelier d'analyseur	Analyseur de courbe	Chroniques de coordonnées (X,Y)	id Centre de calcul	Chef secteur Chef centre calcul	SECTEUR HYDROMÉTRIQUE
		2	Mise chroniques (H,t) sur support compatible (s.c)	id	Atelier trait. routine	Transcodeur Programmes LIMNI sur ordinateur	Chroniques (H,t) *	id Secteur hydrométrique *	id	
6	Transcodage de l'information E		Mise en équation des courbes de tarage, sur s.c.	id	id	Programmes TARAG sur ordinateur	Caractéristiques des fonctions de tarage *	Centre de calcul Secteur hydrométrique *	Chef centre calcul / chef secteur	CENTRE DE CALCUL
7	Traitement de l'information H	1	Transformation hauteur H – débit Q	id	id	Programmes TRAD sur ordinateur	Chroniques (Q,t)	Centre de calcul Secteur hydrométrique *	id	id
		2	Élaboration données de base "Hauteurs"	id	id	Programmes HAUT sur ordinateur	Données de base Hauteurs *	Centre de calcul Secteur hydrométrique *	id	id
8	Traitement de l'information Débit Q	1	Élaboration données de base "Débits"	id	id	Programmes DÉBIT et	Données de base Débits *	Centre de calcul Secteur hydrométrique *	id	id
		2	Publication Annuaire	id	id	Programmes ANNUA sur ordinateur	Annuaire			
9	Traitements scientifiques sur Débits / Hauteurs		Études spéciales d'interprétation et données pour aménagements.	id	Atelier trait. spécialisé	Programmes spéciaux sur ordinateur	Rapports imprimés		id	id

* Toutes ces informations sortent sur support compatible et sur tableaux d'imprimante, au moins ceux-ci sont classés au Secteur hydrométrique.

b) celle d'un secteur renforcé, représentative de quelques régions actuelles et appelée à être adoptée un jour ou l'autre dans la plupart des régions, en tout cas nécessaire quand le volume des activités est important.

Les figures 4 et 5 représentent les organigrammes de ces deux types de Secteur hydrométrique.

Les lignes en trait plein définissent les liaisons entre activité et organe d'exécution ; les lignes en pointillés sont employées lorsqu'il s'agit d'une exécution d'appoint (rôle de l'observateur local de station hydrométrique).

Les activités exercées dans un Secteur hydrométrique sont pour l'essentiel définies dans des cadres en bas de figure. Nombreuses sont celles qui sortent du domaine strict de la chaîne de gestion (figure 3) :

- activités de maintenance (installation, entretien de station hydrométrique, entretien du matériel de jaugeages, de déplacements ...) ;

- activités spéciales telle l'annonce de pluie ou de crue par un observateur qui permet de déclencher l'intervention de la brigade hydrométrique à partir de certains seuils critiques choisis (indispensable pour l'étalonnage des stations situées à l'issue de très petits bassins ou en zone montagneuse torrentielle) ;

- activités de direction et de relations extérieures.

Dans le Secteur hydrométrique renforcé, il y a :

- un atelier mécanique ayant une part importante sinon exclusive dans les activités d'installation et d'entretien de station hydrométrique et d'entretien du matériel (de déplacement, de jaugeages) ;

- un bureau technique de secteur B.T.S. ayant une part importante dans les activités de bureau (maillons 3-4 et 5 de la chaîne de gestion) : dépouillements, critique et contrôle des informations obtenues sur le terrain ;

- une (ou plusieurs) brigade hydrométrique responsable des activités de terrain et qui participe avec le B.T.S. aux activités de bureau.

Dans le Secteur hydrométrique léger, la (ou les) brigade hydrométrique fait fonction de bureau technique de secteur et se charge des activités dévolues à l'atelier mécanique.

Le rôle des entreprises privées dans l'exécution de travaux est très variable ; on conçoit qu'il soit plus important en l'absence d'atelier mécanique.

Les observateurs facilitent et réduisent le travail de la brigade hydrométrique et accessoirement de l'atelier mécanique (petit entretien).

Il est tout à fait concevable que la répartition des tâches entre :

- brigade hydrométrique et bureau technique de secteur
- brigade hydrométrique et atelier mécanique
- atelier mécanique et entreprises

... etc ...

puisse être modulée par le Chef de Secteur en fonction des conditions régionales, du personnel disponible, de la nature des problèmes à résoudre.

2.2.2. - Les mouvements d'information

Les activités d'un Secteur hydrométrique correspondent aux 5 premiers maillons de la chaîne de gestion, aussi les informations "hauteurs d'eau H" et "étalonnage E" sont-elles les seules concernées par l'étude des mouvements d'information.

La figure 6 illustre ces mouvements qui sont assez complexes du fait qu'il y a plusieurs compositions possibles d'un Secteur hydrométrique et du fait de la répartition des tâches, tout particulièrement entre brigade hydrométrique et B.T.S.

En effet, pour les tâches de bureau (dépouillements, critiques et contrôles correspondants aux maillons 3-4 et 5), on peut avoir :

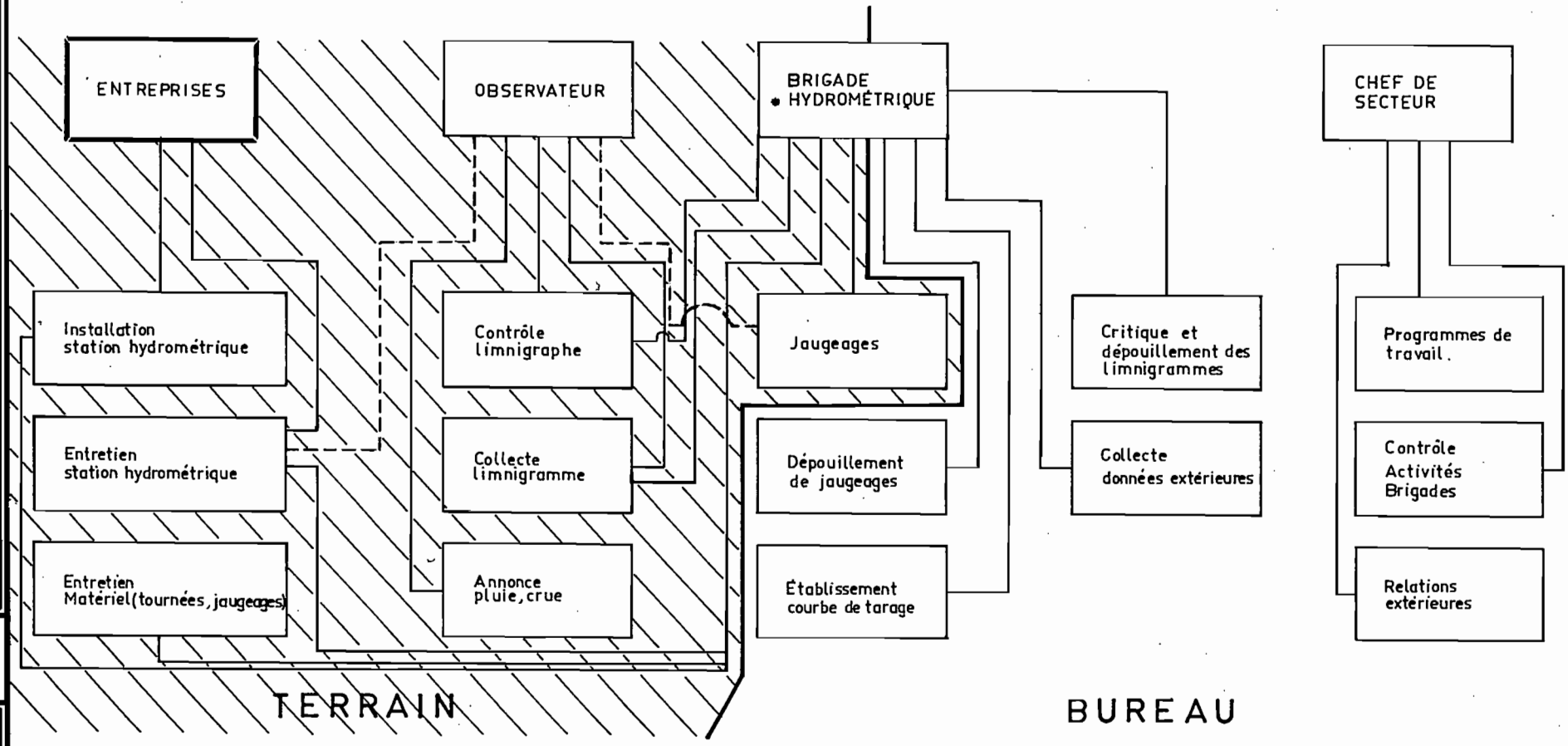
a) soit tout le travail fait par la - ou les - brigade hydrométrique en cas d'absence de B.T.S. dans un secteur léger ; exemples des cricuits d'information 1 et 1.1, 2 et 2.1, 3 et 3.1, 4 et 4.1 ;

b) soit tout le travail fait par le B.T.S., cas possible dans un Secteur hydrométrique renforcé, exemples des circuits 1 et 1.2, 2 et 2.2, 3 et 3.2, 4 et 4.2.

c) soit le travail partagé entre brigade(s) et B.T.S., selon des modalités à définir, variables ou non (répartition par groupes de stations, par type d'activité, selon l'urgence des tâches de terrain ...) ; dans ce cas, il y aura coexistence des circuits 1.1 et 1.2, 2.1 et 2.2, 3.1 et 3.2, 4.1 et 4.2.

Cette dernière solution est de loin la plus harmonieuse, car il est indispensable que les responsables de terrain aient droit de regard le plus loin possible sur le devenir de l'information collectée par eux.

1° Organigramme de secteur hydrométrique (léger)



* Fait fonction de bureau technique

Fig. 4

2e Organigramme de secteur hydrométrique (renforcé)

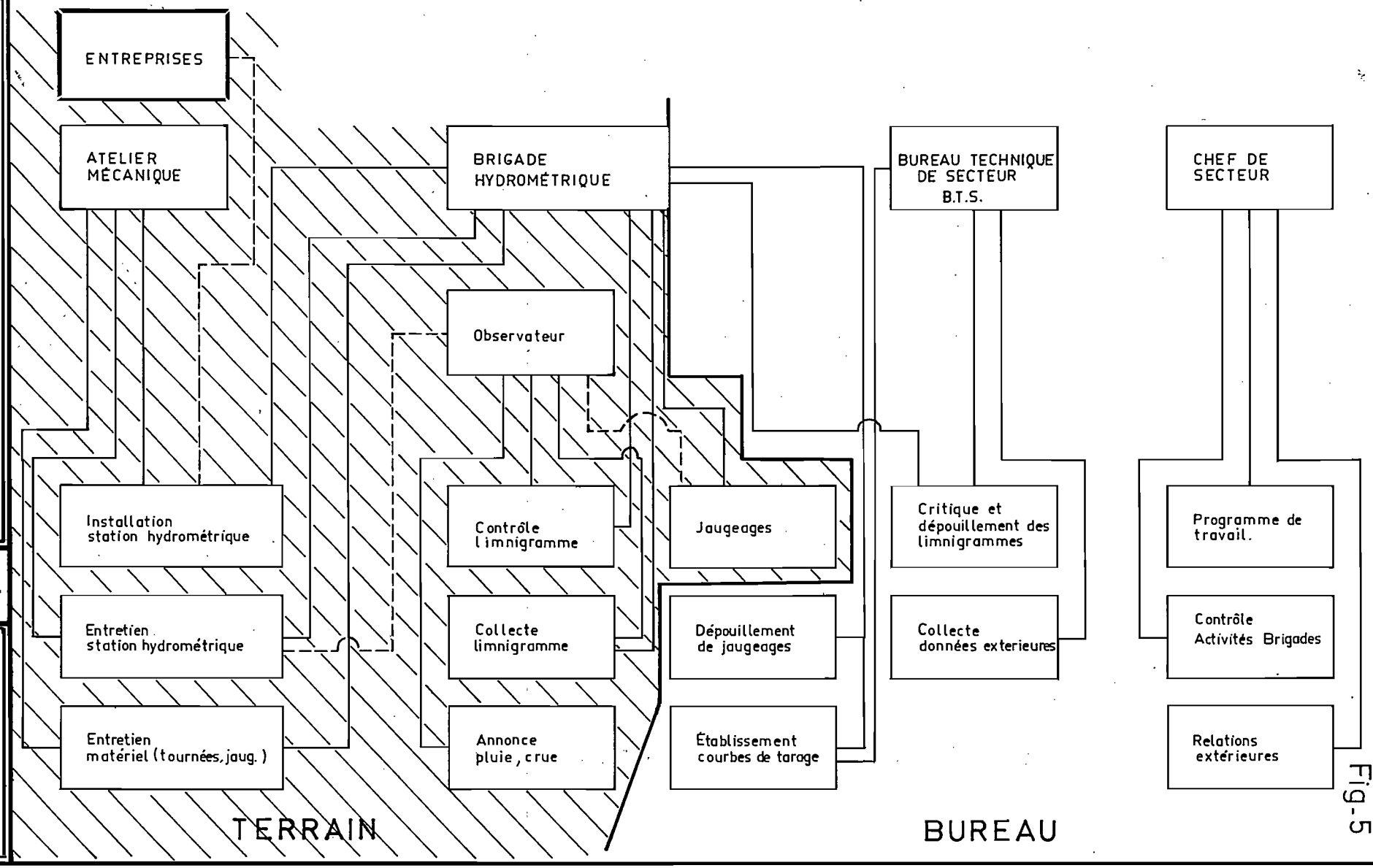


Fig-5

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J.G. 28.3.69

HEX. 145

Mouvements des informations hauteur et étalonnage dans un secteur hydrométrique

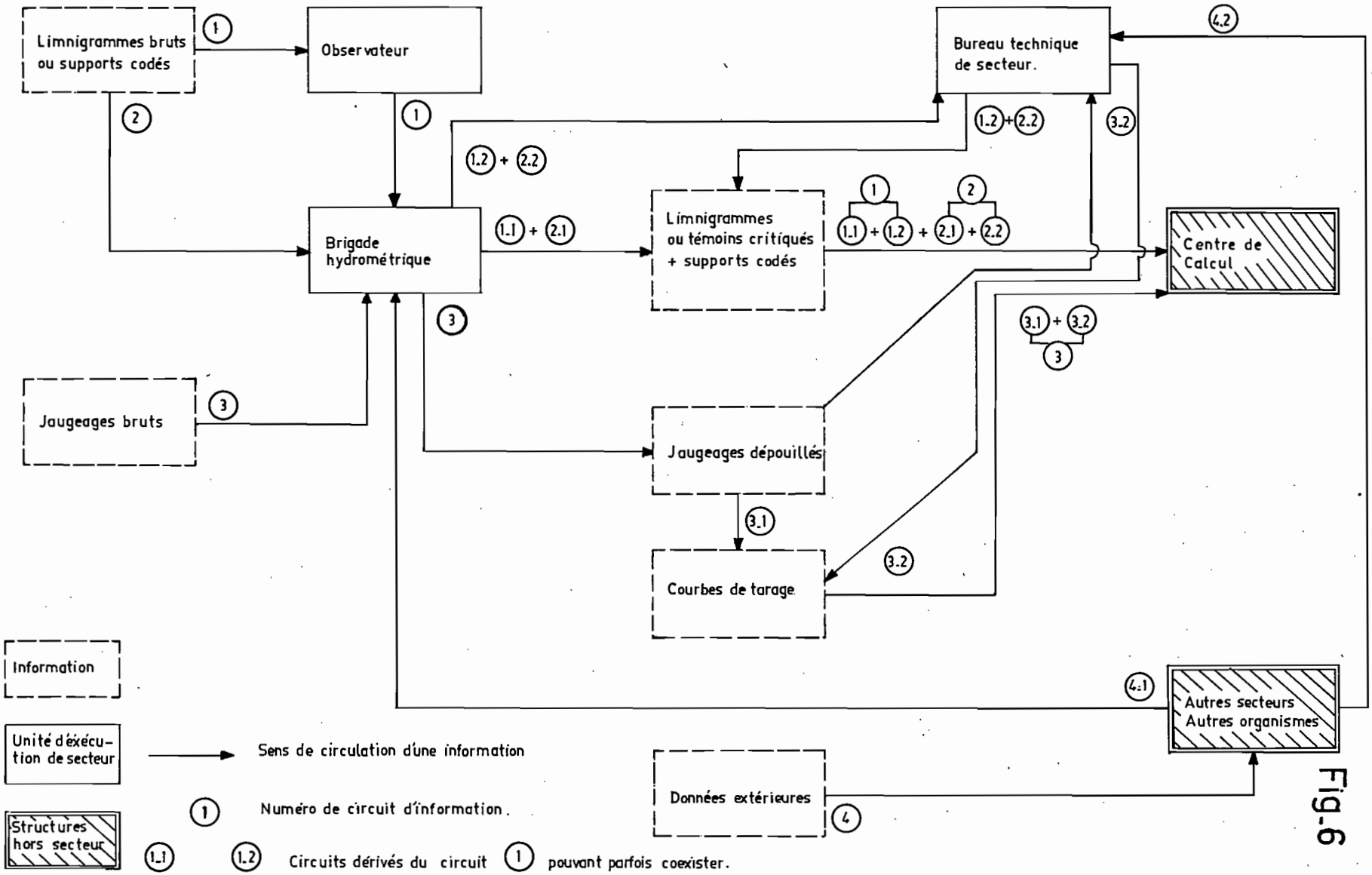


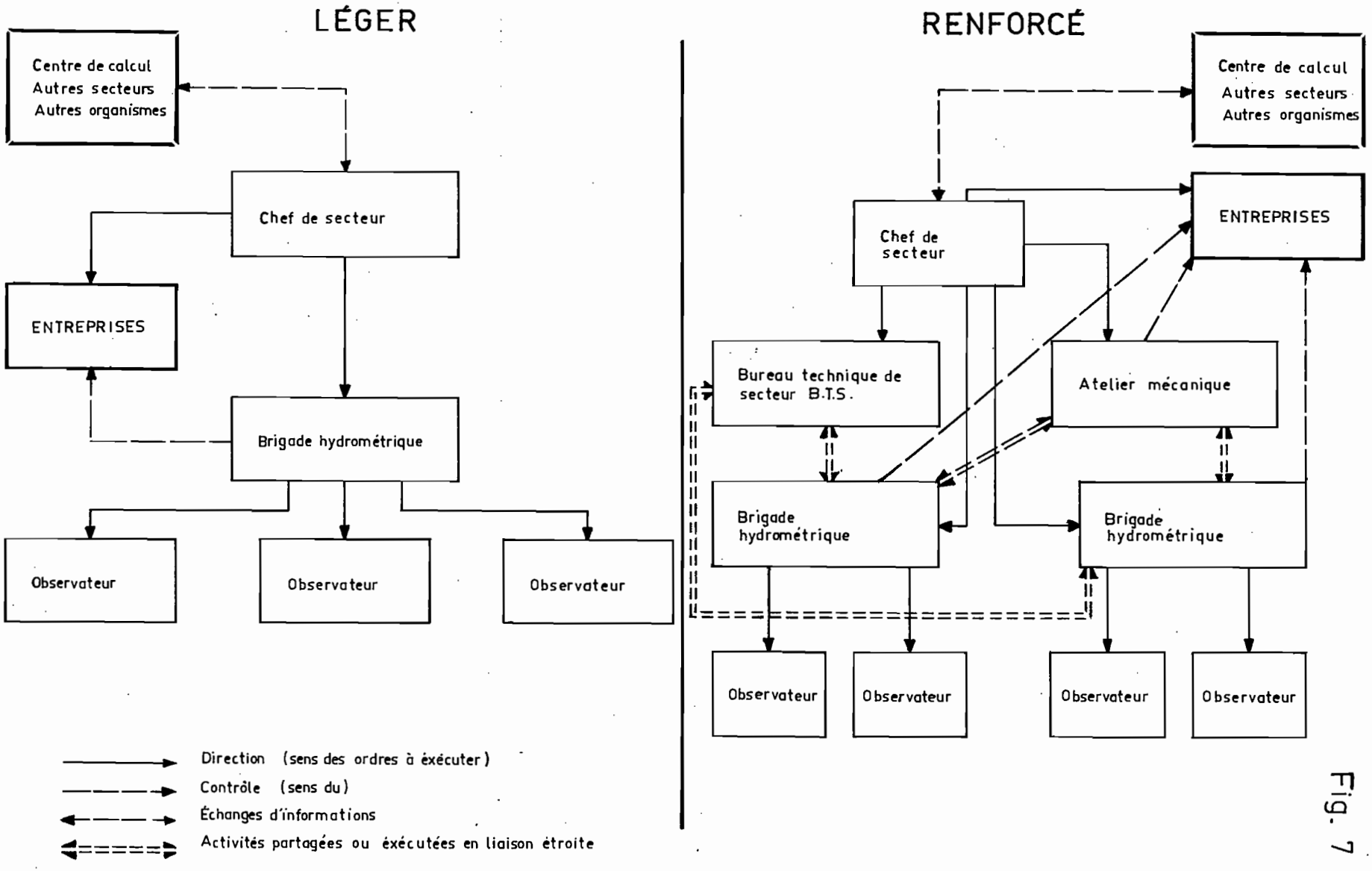
Fig-6

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J.G.

HEX - 146

SCHÉMA EXÉCUTIF DE SECTEUR HYDROMÉTRIQUE



N.B. Le nombre d'observateurs est évidemment variable, celui des brigades également

Fig. 7

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J.C. 30.7.69

HEX. 147

2.2.3. - Schéma exécutif

On a représenté sur la figure 7 les composantes de la structure "Secteur hydrométrique" dans les deux hypothèses légère et renforcée en y adjoignant les structures externes : entreprises, autres secteurs, centre de calcul et autres organismes gérant des réseaux (Météorologie Nationale, Circonscription Electrique ... etc ...).

Ce schéma exécutif concrétise le contenu de la structure "secteur hydrométrique" ; il en montre le fonctionnement interne et externe.

Ce schéma est l'aboutissement logique de la nécessité de faire fonctionner aux mieux l'organigramme des activités et le graphe du mouvement d'information.

Les liaisons organiques entre ces éléments ont été figurées selon qu'il s'agisse des lignes de direction, de contrôle ou des lignes de liaisons pour activités communes ou pour échanges.

Les liaisons privilégiées avec le Centre de calcul font l'objet des paragraphes suivants.

2.3. - Le Centre de calcul

Deuxième structure de base, le Centre de calcul est conçu pour traiter l'information fournie par un ou plusieurs Secteurs hydrométriques.

La nécessité d'une structure différente de celle du Secteur hydrométrique tient au fait qu'il faut y rassembler des équipements spécialisés : analyseur de courbe, périphériques d'ordinateur et bibliothèque de programmes, équipements gérés par du personnel qualifié.

On reviendra ultérieurement sur la localisation de l'analyseur de courbe au Secteur hydrométrique ou au Centre de calcul, en examinant les implantations géographiques ; mais, au plan technique, on peut considérer que l'analyse de courbe est du ressort du Centre de calcul tout en sachant que cette activité exige une liaison étroite avec le Bureau-Technique de Secteur.

L'étude du Centre de calcul est menée comme celle du Secteur hydrométrique : organigramme d'activités, mouvement d'information et schéma exécutif.

2.3.1. - Organigramme d'activités

Les activités du Centre de calcul sont du domaine du transcodage et du traitement des données, c'est-à-dire qu'elles recouvrent les maillons 5 à 9 de la chaîne de gestion, le maillon 5 étant, pour sa première partie et dans le cas de l'exploitation des limnigrammes, à la charnière entre Centre de calcul et Secteur hydrométrique.

La figure 8 représente l'organigramme des activités à partir du maillon 5 de la chaîne de gestion. Les lignes pleines définissent les liaisons entre activités (bas de figure) et organe d'exécution (haut de figure) tandis que les lignes pointillées décrivent des exécutions auxiliaires ou secondaires.

Le contenu du Centre de calcul est explicité sur cette figure :

a) Un Atelier d'analyse de courbe (A.A.C.) organisé autour d'un analyseur D.MAC (ou autre) couplé avec un périphérique de mise des données sur support codé (perforatrice de carte, de bande ...).

b) Un Atelier de traitement de routine (A.T.R.) organisé pour traiter toute l'information à partir d'une bibliothèque de programmes avec accès à un ordinateur. Le traitement est dit de routine pour toutes les élaborations classiques de données de base en matière de hauteurs et de débits. Ceci exige une définition préalable du contenu du traitement de routine, l'écriture des programmes correspondants et des procédures d'emploi de ces programmes ... etc ...

   On peut admettre que ces tâches sont du ressort d'une structure sise à un échelon supérieur ; l'Atelier de traitement de routine ne crée pas mais gère les programmes.

c) Un Atelier de traitement spécialisé (A.T.S.) destiné à résoudre tous problèmes hors routine nécessitant l'écriture de programmes spéciaux pour passage sur ordinateur. Cet atelier est d'essence différente du précédent puisqu'il crée ses propres programmes et les exploite.

On doit noter l'intervention du Secteur hydrométrique, par son B.T.S.*, à deux stades du traitement de l'information par le Centre de calcul :

- celui du dépouillement des limnigrammes qui est une activité partagée avec l'Atelier d'analyse de courbe ;

- celui de l'élaboration des données de base où le secteur contrôle a postériori, avec son expérience d'exploitant de réseau, les résultats du traitement.

---

* ou la brigade hydrométrique en faisant fonction.

ORGANIGRAMME de CENTRE de CALCUL
(Traitement de l'Information)

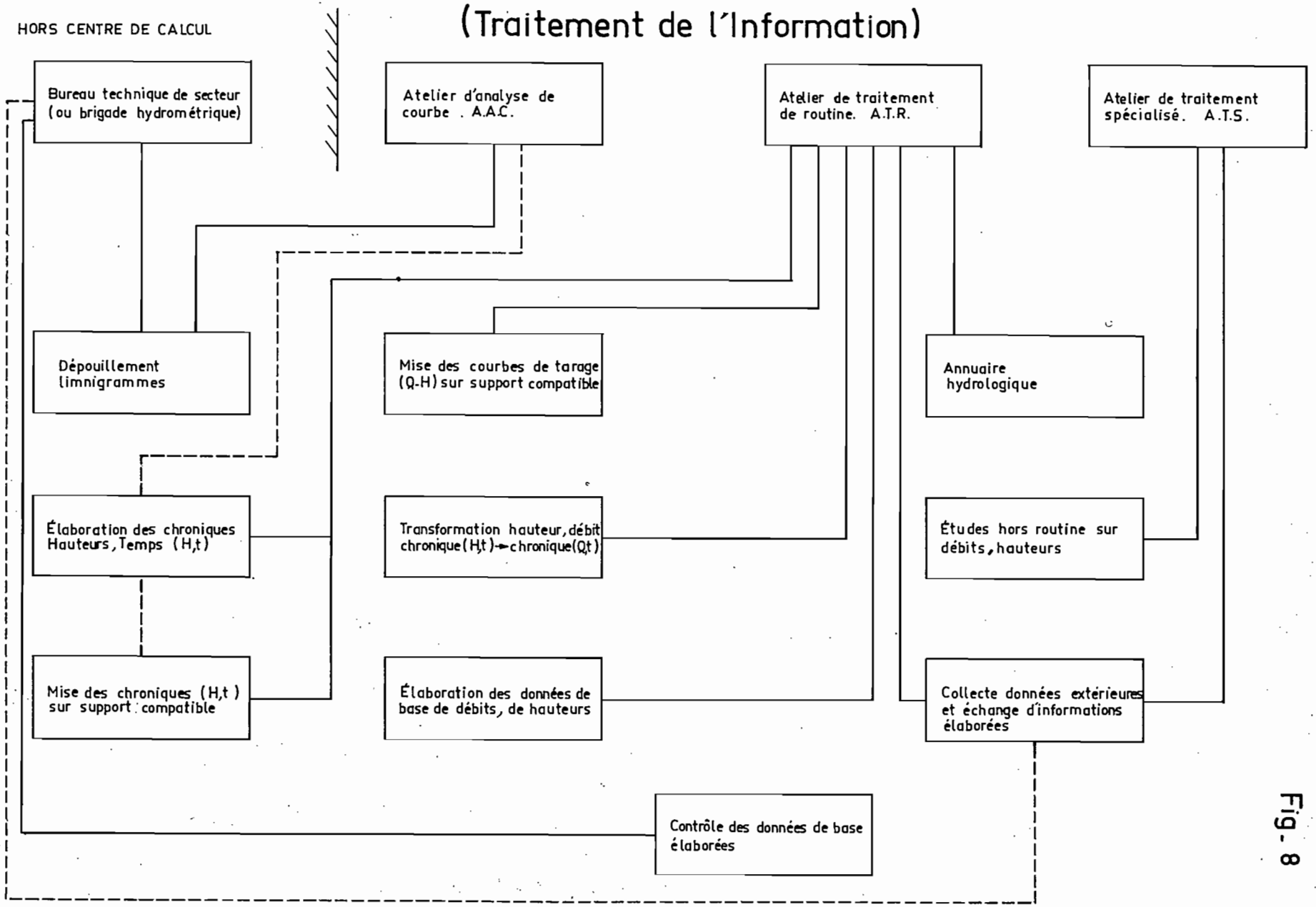
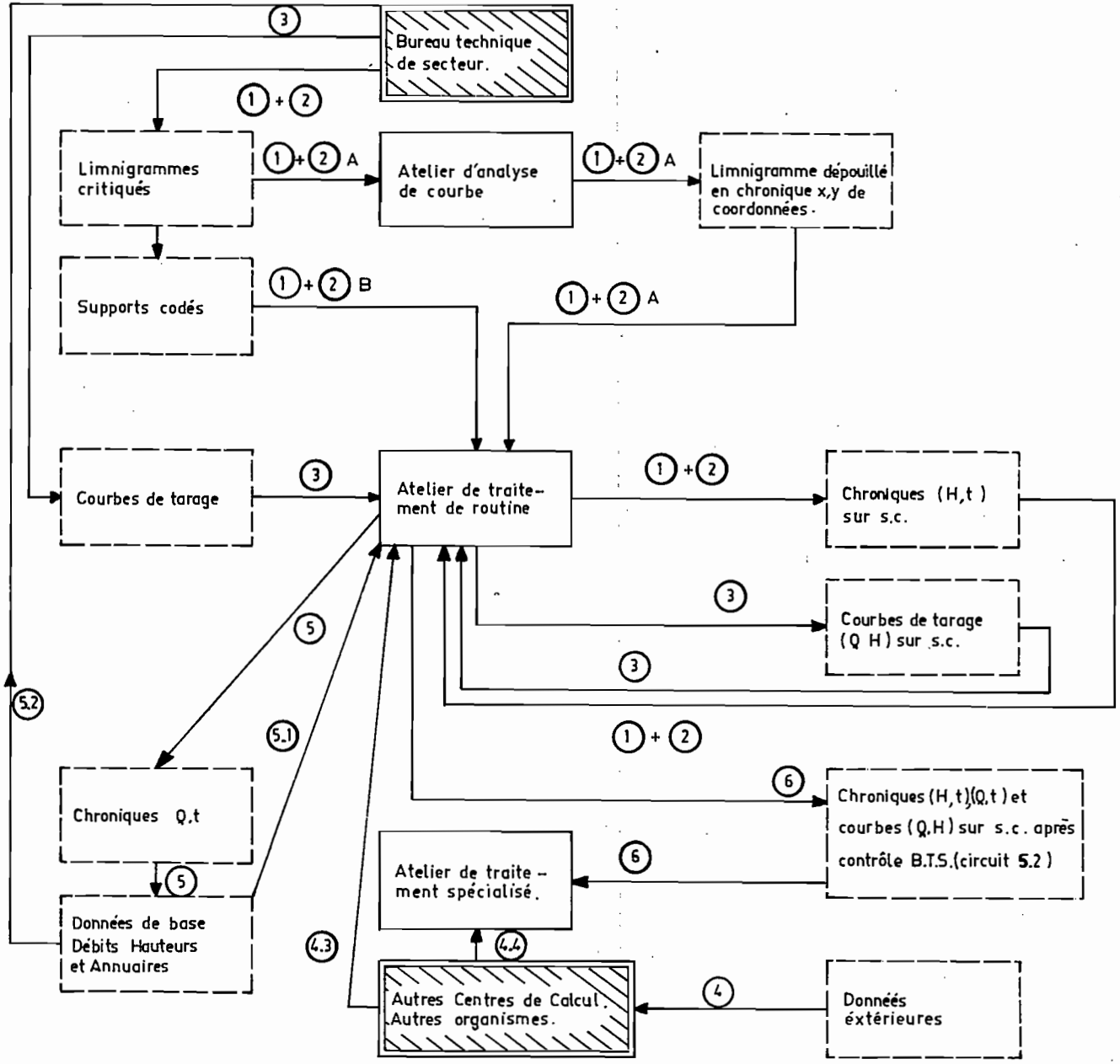


Fig. 8

Mouvement des informations (en traitement) au Centre de calcul



Information

Unité d'exécution de secteur

Structures hors centre.

Sens de circulation d'une information.

(1) Numéro de circuit d'information.

(1.1), (1.2) Circuits dérivés du circuit (1), pouvant parfois coexister.

NB 1 : Les numéros des circuits 1 à 4 sont les mêmes que dans le secteur hydrométrique (fig 6).

NB 2 : Les circuits (1)+(2) et le circuit (3) donnent naissance par composition au circuit (5)

NB 3 : Les variantes A et B des circuits (1)+(2) correspondent aux exploitations des limnigraphes classiques et des équipements nouveaux.

Fig. 9

Cette activité de contrôle par le Secteur des données élaborées par le Centre de calcul est indispensable pour éviter toute erreur accidentelle conduisant à des chiffres sans signification pratique.

2.3.2. - Mouvement de l'information

Le graphe n° 9 montre tous les circuits que sont susceptibles d'emprunter les informations "hauteurs H" et "étalonnage E" fournies par le Secteur hydrométrique, auxquelles se joint l'information "débits Q" créée au stade du Centre de calcul.

Les circuits d'information 1, 2, 3 et 4 créés dans le graphe relatif au Secteur hydrométrique se poursuivent normalement dans le Centre de calcul.

Les circuits dérivés sont toujours tous utilisés ensemble qu'il s'agisse de 5.1 et 5.2 ou de 4.3 et 4.4 qui sont eux deux autres dérivations du circuit 4 (4.1 et 4.2 se produisant au niveau du Secteur) dans la diffusion des données extérieures.

Les variantes A et B des circuits ① + ② correspondent l'une au traitement sur analyseur des limnigrammes, l'autre à l'exploitation directe des supports codés issus d'équipements nouveaux.

On notera tout particulièrement que le circuit 6 signifie que l'ensemble des informations élaborées par l'Atelier de traitement de routine doit être transmis à l'Atelier de traitement spécialisé soit à la demande, soit systématiquement.

2.3.3. - Schéma exécutif

Il est représenté sur la figure 10 de la même manière que celui du Secteur hydrométrique.

Les doubles liaisons, comme sur la figure 7, y caractérisent la nécessité d'une coordination étroite entre les deux unités incriminées ou bien le fait que l'une ou l'autre peut effectuer tout ou partie des activités de leur compétence.

En terme de structures, ces doubles liaisons laissent la possibilité de séparer ou de réunir les unités incriminées dans le Secteur ou dans le Centre de calcul. Ceci concerne particulièrement le Bureau technique de Secteur et l'Atelier d'analyse de courbe, ce dernier pouvant être à l'extrême inclus dans un Secteur plutôt que dans le Centre de calcul lié à l'emploi d'ordinateur. Le choix dépend également des implantations géographiques de Secteur et de Centre, ce qui sera examiné au chapitre 5.

2.4. - Le Service hydrométrique

Plusieurs secteurs hydrométriques et plusieurs Centres de calcul paraissent a priori nécessaires pour couvrir tout le territoire rural. Leur juxtaposition dans un ensemble forme le Service hydrométrique.

Le Service hydrométrique, structure d'un niveau supérieur, comprend l'ensemble des Secteurs hydrométriques et des Centres de calcul nécessaires à l'exploitation rationnel du réseau hydrométrique du territoire rural.

Le Service hydrométrique, à l'échelon supérieur, a un certain nombre de tâches propres d'incitation et de coordination qu'il ne peut faire exécuter que par des unités situées à son niveau.

On peut ainsi concevoir, sur le plan technique, la nécessité de 4 unités d'échelon supérieur :

- un bureau des méthodes chargé d'élaborer les méthodes de travail, les procédures de mesures de terrain et les protocoles de dépouillement.

- un bureau de programmation chargé d'élaborer les programmes de routine, faisant donc fonction de bureau des méthodes pour l'application de l'information au traitement des données ; ce bureau peut également aider les ateliers de traitement spécialisé des Centres de calcul (coordination et animation de la programmation spécifique).

- une banque de données rassemblant toutes les données de base élaborées par les Centres de calcul sous des formes les plus aptes à la consultation et à la diffusion.

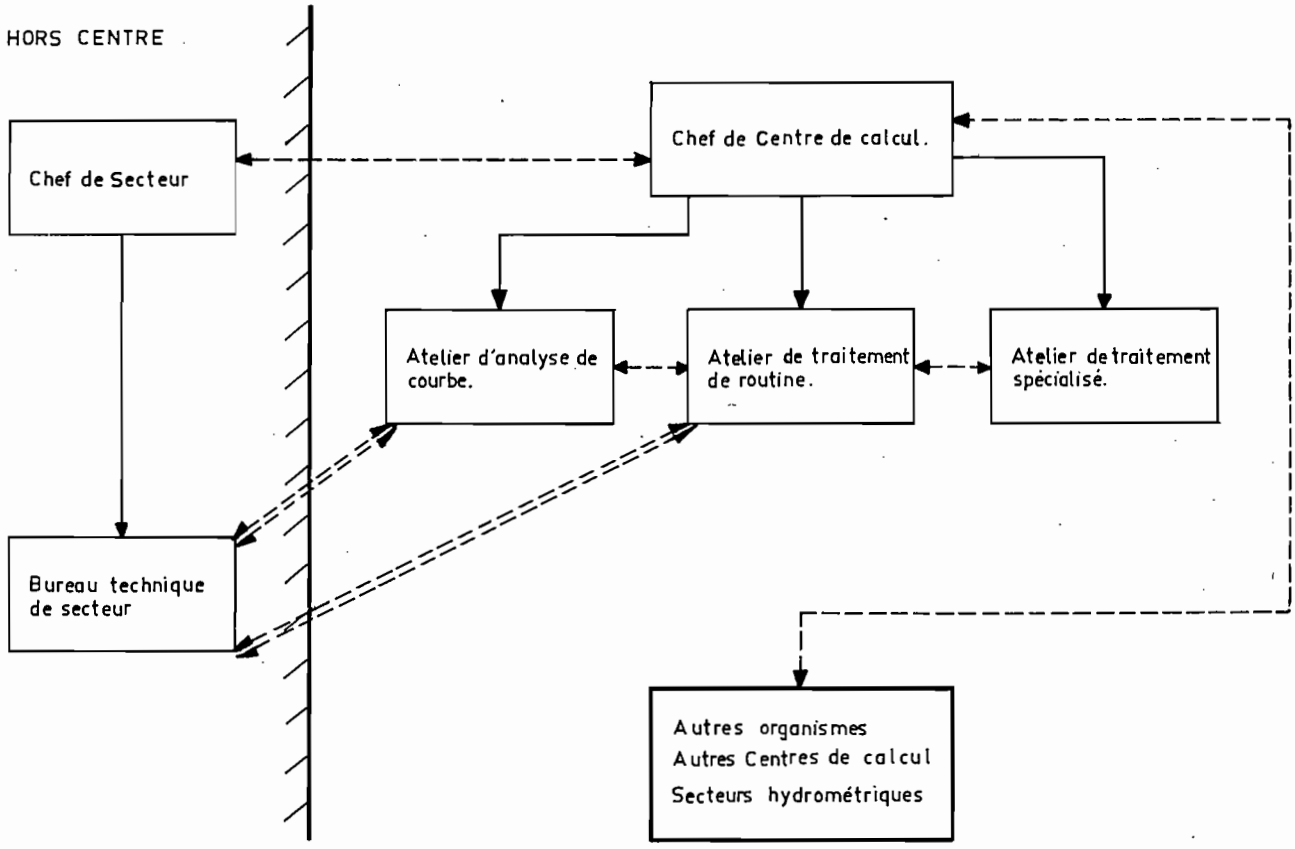
- un bureau du matériel chargé de définir les équipements les plus aptes à servir en Secteur et en Centre, à procéder à des essais de matériel, à normaliser autant que faire se peut les matériels à employer, à concentrer les commandes et les fournitures.

La figure 11 présente le schéma général du Service hydrométrique avec l'ensemble de ses unités propres et les articulations avec Secteur hydrométrique et Centre de calcul. Les liaisons étroites entre unités de diverses structures montrent clairement celles qui travaillent en liaison étroite et par conséquent dont l'implantation géographique doit être étudiée afin d'assurer une transmission optimale des données.

Ainsi se trouvent définies sur le plan technique les structures nécessaires à la gestion du réseau hydrométrique. On va maintenant approfondir chaîne et structures dans les deux grandes directions de l'exploitation du parc actuel de limnigraphes et de l'introduction d'équipements neufs.

Fig. 10

SCHÉMA EXÉCUTIF DE CENTRE DE CALCUL



Direction (sens des ordres à exécuter)

Activités partagées ou exécutées en liaison étroite.

Liaisons d'échanges d'informations.

SCHÉMA GÉNÉRAL DU SERVICE HYDROMÉTRIQUE

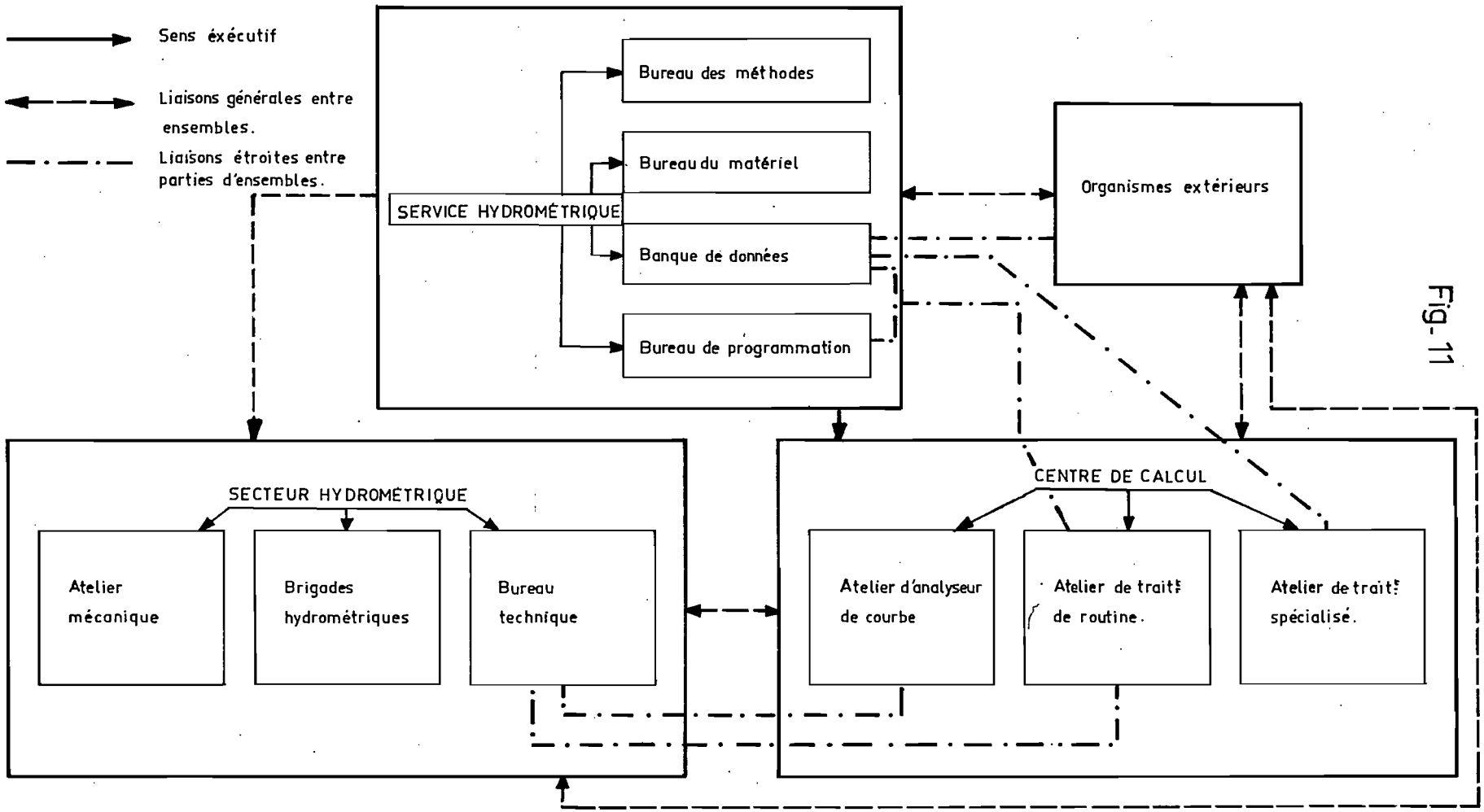


Fig. 11

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J. G. 31.7.69

HEX. 151

Ensuite, les structures de gestion seront précisées surtout dans leurs articulations ; et compte tenu des structures existantes au Service de l'Hydraulique, on aboutira à diverses options possibles pour la constitution du Service hydrométrique et la répartition géographique de ses composants.

CHAPITRE III

L'EXPLOITATION des LIMNIGRAPHES EXISTANTS avec EMPLOI d'ANALYSEUR de COURBE

Le dernier paragraphe du chapitre I a montré que, dans le secteur du territoire rural, un parc de limnigraphes classiques, de types actuels, d'environ 800 appareils peut être envisagé en fin de 1970 et que ce parc représentera alors près de deux tiers du parc futur, supposé arrivé en fin de croissance dans moins de dix ans.

L'exploitation rationnelle de ce parc est donc urgente et prioritaire. Elle se conçoit avec l'emploi de l'analyseur de courbe ou par adjonction d'un codeur à bande magnétique BM.

3.1. - Adjonction d'un codeur magnétique

Cette seconde solution est mise en oeuvre conjointement par EDF-DTG à Grenoble en France et par E.N.E.L. en Italie. Nous nous contentons ici d'évoquer cette solution et l'état actuel d'avancement de sa mise en oeuvre [1] : prototypes construits par fabricants français et italien en 1968 ; essais en laboratoire en France et en Italie en 1968 ; début des essais sur le terrain de codeurs couplés à des limnigraphes et des pluviographes au début de 1969 ; achèvement des essais et tests de fiabilité de terrain peut-être au début de 1970 ; essais du transcodeur ultérieurement (lecture de la bande enregistrée sur le terrain et enregistrement simultané d'une bande compatible avec l'ordinateur en même temps qu'introduction par clavier des caractères d'identification) ; coût prévisible du codeur à BM, adjoint à un limnigraphe OTT X, environ 1 000 F ; entrées et sorties des informations sur ordinateur par BM et programmes de traitement actuellement opérationnels sur CAE 510 [2] ; adaptation prévue fin 1969 des programmes de traitement pour passage sur ordinateur ICT 1902 A à disques magnétiques, utilisable en temps partagé.

Il est de l'intérêt du Service de l'Hydraulique de suivre la mise en oeuvre de cette solution séduisante à deux points de vue : théoriquement concurrente de la solution de l'analyseur de courbe, elle ne l'est pas pratiquement car sa mise en oeuvre ne peut être immédiate comme peut l'être celle de cette dernière ; sa mise en oeuvre peut être achevée avant

celle des solutions s'appuyant sur de nouveaux limnigraphes et, son modeste coût aidant, elle pourrait, de solution mixte à cheval sur le présent et le futur, devenir la bonne solution d'avenir à moyen terme parce que la première en état de fonctionnement.

3.2. - Le choix de l'analyseur

La confrontation entre performances des analyseurs commercialisés et conditions optimales souhaitées avait abouti dans le rapport méthodologique - paragraphe 3.2.1. - à retenir l'analyseur ou lecteur de courbe D.MAC Pencil Follower type P.F. 10.000 Mark 1 B de fabrication anglaise.

Une prospection du marché a été cependant entreprise et a permis tout en retenant le lecteur D.MAC de lui trouver deux appareils concurrents produits par une entreprise française, BENSON : le lecteur numérique de courbe LNC 610 et le lecteur de points LP 620.

Ces trois appareils ont fait l'objet d'essais soit sur stand d'exposition, soit chez un utilisateur ; une manipulation de dépouillement de limnigramme a eu lieu. Tous ces appareils paraissentaptes à satisfaire les besoins : dépouiller limnigrammes et ultérieurement pluviogrammes et tout autre enregistrement de donnée climatique par exemple.

Le tableau suivant résume les performances des 3 appareils :

Nom de l'appareil	D-MAC Pencil Follower	BENSON LNP 610	BENSON LP 620
Dépouillement digital par incrément de 0,1 mm en X et Y	OUI	OUI	NON
Dépouillement en pas de temps (X) préréglé automatique	OUI	OUI	OUI sur option
Dépouillement libre point par point	OUI	OUI	OUI
Sortie de contrôle sur tableau numérique	OUI	OUI	OUI
Sortie sur carte perforée	OUI	OUI	OUI
Sortie sur BP et sur imprimante en clair	OUI	OUI	NON sauf option spéciale
Sortie sur BM	OUI en option	OUI	NON

Le lecteur de points LP 620 est un appareil simple qui ne permet pas le dépouillement par incrément de 0,1 mm (a priori inintéressant pour les besoins étudiés ici) et qui, dans sa version normale, a une sortie unique sur perforatrice de cartes.

Bien qu'une telle sortie soit recommandée pour la mise en oeuvre de la chaîne de gestion à ses débuts, il serait regrettable de s'enfermer ainsi pour l'avenir, ce qui incite à choisir l'un ou l'autre des 2 appareils à performances plus complètes.

Entre ces appareils, peu séparables a priori sur le plan technique, l'examen des coûts est un élément de choix.

Le tableau suivant livre les résultats de cet examen :

Coûts comparés TTC 1er trimestre 1969 (francs)

Equipement	D.MAC Pencil Follower	BENSON LNC 610	BENSON LNP 620
Lecteur complet Organe de calcul	66 475	44 887 67 086	67 901
Sortie sur perforatrice de carte	) (3 963	inclus	inclus
Sortie sur imprimante	) (	inclus	-
Clavier d'entrée	1 481	inclus	inclus
Prélèvement automatique en X, préréglable	2 969	4 879	4 879
Compteur de pointés	3 228	inclus	-
TOTAL	78 121	116 852	72 780
Accessoires :			
Adresse fixe d'indicatif	3 228	-	-
Dérouleur de bande	5 351	-	-
TOTAL DEFINITIF	86 700	116 852	72 780
Option pour sorties :			
a) sur imprimante	-	-	) 24 690
b) sur perforatrice bande	2 956	3 900	(
c) sur bande magnétique	41 975	env 15 000	Néant
TOTAL "sorties sur BM"	env 125 500	env 132 000	Néant

Finalement, l'avantage revient au lecteur D.MAC pour deux raisons :

- coût moindre d'environ 30 000 F pour des performances a priori égales, tout au moins si l'on se contente des sorties sur carte ou bande perforée (coût équivalent avec sortie sur bande magnétique),
- possibilité d'adjonction d'un agrandisseur-projeteur de micro-films d'un coût inférieur à l'écart de prix avec le lecteur LNC 610.

Il est intéressant de constater que la mme prospection de marché effectuée par l'E.N.E.L. en Italie en 1968 avait abouti à la même sélection d'appareils et au même choix final.

Il reste évident que l'exploitation en gestion de réseau pendant un an est le seul moyen de vérifier le choix fait ici. De toute manière, si les performances de D.MAC ou le service d'entretien après-vente ne se révèlent pas satisfaisants, il sera toujours possible d'acquérir un lecteur BENSON dont la mise en oeuvre est, aux détails près, de même nature.

D'autres appareils de coût et de performance équivalents peuvent également apparaître sur le marché. La qualité du service après-vente pourrait devenir l'élément décisif du choix.

3.3. - Le dépouillement des limnigrammes

L'opération de transcodage de l'informateur hauteur, 5ème maillon de la chaîne de gestion, constituée de deux parties, l'une le dépouillement proprement dit du limnigramme, l'autre la mise de l'information sous une forme et sur un support compatibles, est décrite en détail sur la figure 12. On y constate que cette opération se subdivise pratiquement en cinq opérations de natures différentes faisant appel à la fois au personnel et à l'équipement du Service hydrométrique et du Centre de calcul, lecteur de courbe et ordinateur inclus.

Dans ces opérations, deux sont très importantes, la première et la cinquième, parce qu'elles correspondent à ce que seul l'homme, responsable de Secteur, peut faire : contrôler et critiquer le limnigramme brut*, le préparer au dépouillement en notant ou corrigeant les anomalies et lacunes, puis contrôler en retour le tableau imprimé des hauteurs d'eau liées au temps.

L'existence de ces deux opérations importantes, qui encadrent le dépouillement proprement dit, est une raison suffisante pour que les activités de l'Atelier d'analyse soit étroitement liées à celles du Secteur hydrométrique.

---

* C'est en fait l'opération correspondant au 4ème maillon de la chaîne.

Schéma détaillé du dépouillement de limnigrammes par lecteur de courbe

FORME DE L'INFORMATION	OPÉRATIONS RÉALISÉES	OPÉRATEURS	ÉQUIPEMENT
Limnigramme brut	Préparation au dépouillement. Contrôle de l'enregistrement. Contrôle des échelles de réduction. Mise en évidence des anomalies, des lacunes. Correction manuelle de certaines anomalies, et lacunes.	Brigade hydrométrique ou B.T.S.	
Limnigramme contrôlé	Introduction des caractères d'identification de station, de limnigramme. Choix du mode de dépouillement.	Brigade hydrométrique ou B.T.S. ou Atelier d'analyse. (A.A.C.)	Clavier de perforatrice couplée au lecteur.
Limnigramme contrôlé.	Dépouillement sur lecteur : 1) par pas de temps libre. 2) par pas de temps fixe.	Brigade hydrométrique ou B.T.S. ou Atelier d'analyse (A.A.C.)	Lecteur de courbe.
Jeu de cartes d'identification et de données (coordonnées X,Y du limnigramme)	Transformation des ensembles (X,Y) en chroniques hauteurs-temps (H,t) sur support compatible SC (carte perforée CP) et sur tableaux d'imprimantes.	Atelier de traitement routine. (A.T.R.)	Programmes LIMNIL, LIMNIF sur ordinateur.
Chroniques (H,t) sur C.P.	Classement pour emploi ultérieur.		
Chronique (H,t) sur tableau.	Contrôle des résultats, puis classement.	Brigade hydrométrique ou B.T.S.	

Mouvement de l'information. →

Fig. 12

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J.G. 1.8.67

HEX. 152

Les trois autres opérations sont de type routinier sinon quasi automatiques car elles mettent en oeuvre des équipements électroniques, ce qui exige de suivre étroitement des procédures bien définies.

Pour être effective, la mise en oeuvre d'un lecteur de courbe exige essentiellement :

a) l'établissement préalable des procédures d'emploi du lecteur et des programmes LIMNI ;

b) la réalisation d'une liaison étroite entre l'Atelier d'analyse et le Secteur hydrométrique.

3.3.1. - Procédures d'emploi du lecteur de courbe

On considère ici que le but recherché est l'établissement d'une chronique hauteurs-temps (H,t) destinée à tout traitement ultérieur et entre autres à être transformée en chronique débits-temps (Q,t), de laquelle sortira le débit moyen journalier, première donnée de base élaborée, toutes les autres données de base de l'information débit en découlant.

Ce but satisfait toutes les stations de base du réseau, et peut également satisfaire bon nombre de stations tertiaires. Il faut noter que certaines stations tertiaires de contrôle n'ont pas besoin d'être exploitées de la sorte, par exemple quand elles ont pour but, soit d'annoncer une cote d'alerte, soit de vérifier, en grandeur et en date, prises et rejets dans le bief amont. Dans de tels cas, leur exploitation restera manuelle ou peut-être fera l'objet de procédures à définir ultérieurement, si besoin est.

Dans le cas général des stations de base et assimilées, les procédures d'emploi à définir se groupent sous les rubriques suivantes [3] :

a) anomalies et lacunes

- énumération exhaustive des principales anomalies d'enregistrement (exemple : gel, puits bouché en décrue ... etc ...) ;
- énumération exhaustive des principaux cas de lacune d'enregistrement (arrêt d'horloge, inscription illisible ... etc ...) ;
- sélection des anomalies et lacunes pouvant être corrigées avant dépouillement et description des modes de correction ;
- sélection des anomalies et lacunes ne pouvant pas être corrigées avant dépouillement et dont la prise en compte doit avoir lieu pour établir la chronique (H,t) ;

- codes d'identification des anomalies et lacunes non corrigées.

b) identification de station et de limnigramme

- code de station hydrométrique ;
- codes de repères des échelles de réduction de temps et de hauteur du limnigramme ;
- codes indicatifs des dates de début et de fin d'enregistrement et de la hauteur de base (zéro d'échelle ou autre) ;
- format et contenu par colonnes de la - ou des - carte d'identification relative aux données ci-dessus.

c) lectures des limnigrammes

- description du contenu et du format de la carte des données (coordonnées X,Y) perforée sur IBM 029 couplée au lecteur D.MAC ;
- mode d'introduction au clavier des codes d'anomalies et lacunes et du code de retournement de stylet ;
- critères de choix pour chaque station, ou groupe de stations, du mode de lecture :
  - à pas de temps fixe quand les variations de hauteurs sont régulières,
  - à pas de temps libre quand les variations de hauteurs sont irrégulières,

  étant entendu que le prélèvement fixe doit donner lieu à un volume réduit de données tandis que le prélèvement libre, tout en serrant la réalité de plus près, crée un volume plus abondant de données.

Le prélèvement à pas de temps fixe est applicable à tous les grands fleuves et cours d'eau non torrentiels, tandis que le prélèvement à pas de temps libre - utilisé à l'ORSTOM pour les bassins représentatifs - doit être appliqué aux cours d'eau torrentiels et aux très petits cours d'eau à crues brutales, courtes et imprévisibles.

On peut, dans la gestion d'un réseau hydrométrique national, rencontrer des cours d'eau des deux types et par conséquent opérer le prélèvement suivant les deux modes adéquats. Ceci entraîne la création de deux systèmes différents de traitement de l'information reposant sur deux types de supports également différents dans leur constitution interne (répartition des colonnes des cartes perforées).

On pourrait envisager de renoncer au pas de temps fixe et adopter le pas de temps libre pour tout le réseau : difficulté accrue au moment du prélèvement car les consignes données aux opérateurs ne peuvent être rigides, ceux-ci ayant une liberté de choix des points, avantage par contre pour le type de traitement unique avec format de carte unique. Cette question du choix de la méthode de prélèvement est à nouveau examinée au paragraphe 4.2.1.

La figure 13 représente trois modèles de cartes perforées :

a) le modèle ORSTOM CØH 301 pour hauteurs à pas de temps fixe, celui-ci étant donné par les colonnes GROUPE 13-14 et CAS 79 ;

b) le modèle ORSTOM CØH 311 pour hauteurs à pas de temps libre ne contenant que 6 hauteurs contre 16 au précédent modèle ;

c) une ébauche de ce que pourrait être le format de la carte perforée par l'analyseur et porteuse de 8 couples X,Y de coordonnées.

Seul le modèle de la (ou des) carte des caractéristiques d'identification n'est pas présenté car il demande une étude approfondie.

Si une grande partie des procédures d'emploi peuvent et doivent être définies dès maintenant, certaines ne pourront l'être qu'au cours des premiers essais de dépouillement après livraison des premiers lecteurs de courbe.

L'ensemble des procédures doit faire l'objet d'une brochure claire et concise mise à la disposition de tous les Secteurs hydrométriques et de tous les Centres de calcul. Un extrait des procédures concernant les codes d'identification d'anomalies et lacunes ... et les consignes de fonctionnement du lecteur de courbe doit être à demeure fixé sur la table d'opération de celui-ci.

L'établissement des procédures d'emploi du lecteur doit se faire en même temps que celle des programmes de calcul LIMNI.

3.3.2. - Etablissement des chroniques hauteurs-temps

Pour chaque limnigramme dépouillé, le lecteur de courbe donne par l'intermédiaire de la perforatrice de cartes, un ensemble de cartes d'identification et de cartes de coordonnées (X,Y), anomalies et lacunes comprises.

A partir de cet ensemble de cartes, on pourrait directement établir la chronique débit-temps et la série des débits moyens journaliers. La variabilité des étalonnages et le besoin propre de l'information hauteur font qu'il est indispensable de s'arrêter à un stade intermédiaire, celui de la chronique hauteurs-temps.

Pour atteindre un tel objectif, il faut disposer de programmes et d'accès à un ordinateur. Ces programmes ont été baptisés, pour cet exposé, LIMNIL et LIMNIF selon qu'ils traitent des données obtenues par prélèvement en pas de temps libre ou en pas de temps fixe.

A l'entrée, on dispose de couples de coordonnées (X,Y) exprimés en numération décimale et en dixièmes de millimètres. Chaque couple X,Y est soit :

- une hauteur X et un temps Y
- un code d'anomalie ou de lacune

Le couple classique X,Y est évalué par rapport aux origines des axes de coordonnées du limnigramme introduites en identification. La transformation de ce couple X,Y en couple H,t exige la prise en compte :

- de l'échelle de réduction du temps du limnigramme
- de l'échelle de réduction des hauteurs du limnigramme
- des dérives éventuelles de l'enregistrement en temps et hauteurs
- des valeurs arbitraires en X,Y des origines de hauteurs et de temps du limnigramme

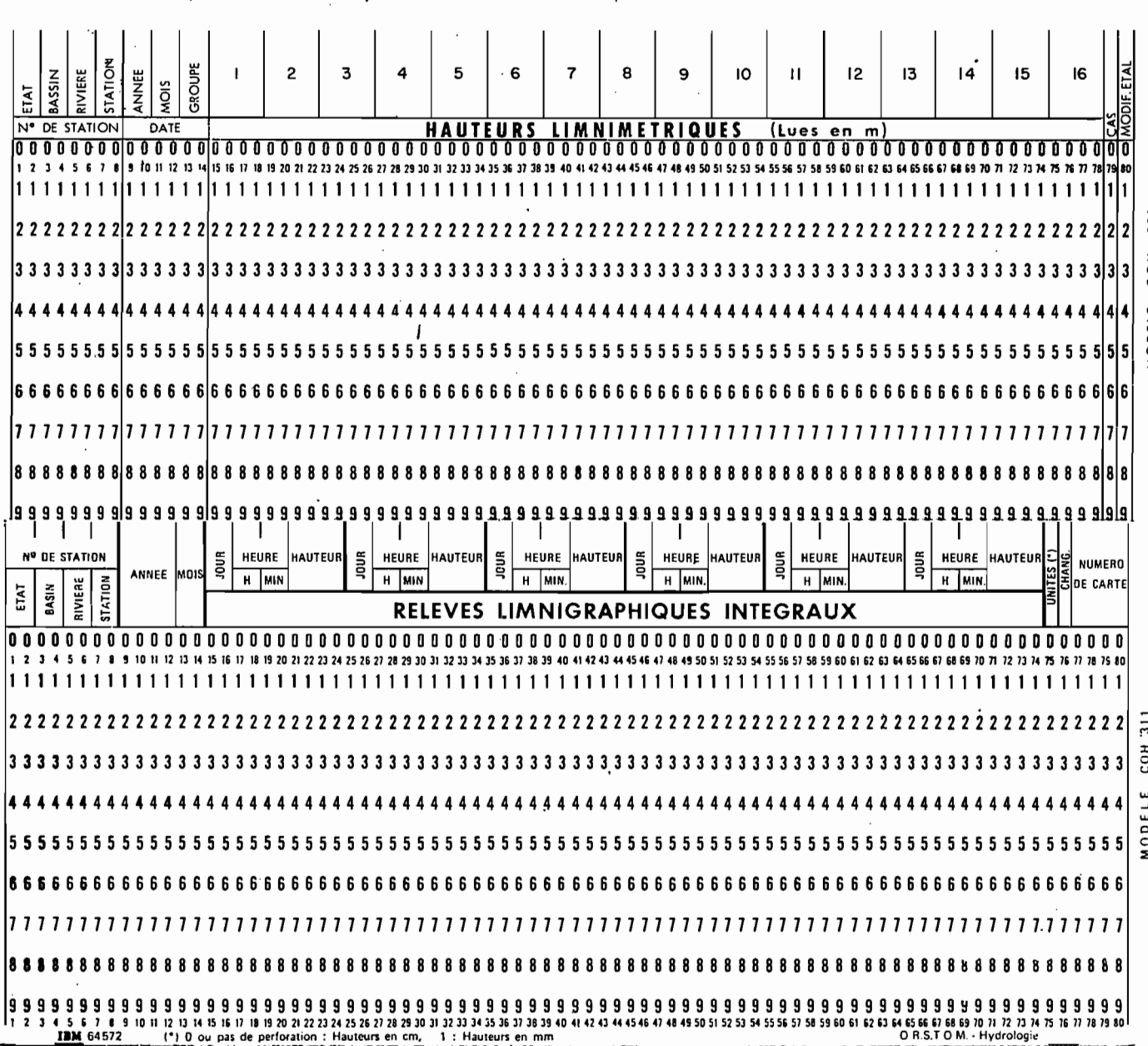
Le couple spécial X,Y relatif à une anomalie ou lacune doit être traité de sorte que cette anomalie ou lacune puisse être codée dans le champ des hauteurs-temps.

A la sortie, on dispose de couples hauteurs-temps (H,t), qui peuvent être perforés sur des cartes de formats différents suivant que le prélèvement était libre (nécessité d'adresser chaque hauteur de sa date donc de perforer un couple H,t, exemple figure 13 au milieu) ou fixe (indication préalable du pas de temps et possibilité de ne perforer ensuite que les hauteurs H, exemple figure 13 en haut).

Bien entendu, les couples (H,t) sortent également sur tableau d'imprimante ce qui permet le contrôle du Secteur hydrométrique gestionnaire sur le dépouillement.

Fig. 13

Exemples de cartes perforées utilisables pour établir l'information hauteur



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J.C. 28.7.69

HEX_153

L'établissement des programmes LIMNIL et LIMNIF est la première tâche du Bureau de programmation du Service hydrométrique (paragraphe 2.4., fig. 11). Cela exige, s'agissant d'une tâche de routine, que ces programmes soient écrits dans un langage qui sera celui de tous les autres programmes de routine, et soient aptes à passer sur l'ordinateur ou la série d'ordinateurs auxquels auront accès les Centres de calcul.

Définition du langage de programmation et choix du type d'ordinateur sont à faire dès maintenant. Il ne s'agit pas d'un engagement définitif et irrévocable ; le changement est toujours possible mais il faut savoir qu'il nécessite des adaptations, voire de nouvelles écritures des programmes, et des transcodages de données, toute opérations longues, sources d'erreurs et de retard et parfois onéreuses.

L'adoption de la carte perforée appelle un choix du code de perforation. Le code numérique, utilisé essentiellement pour les données, est généralement toléré par tous les ordinateurs à quelques exceptions près concernant les signes +, -.

Par contre le code alphabétique, qui est utilisé surtout pour les programmes, est bien souvent spécifique d'un type d'ordinateur.

On ne peut avoir de programme "universel" que s'il est écrit en code binaire, mais il est nécessaire d'avoir le programme dans son code alphabétique pendant toute sa phase de mise au point, le code binaire étant illisible.

Ces considérations ouvrent la voie à deux alternatives d'équipement :

a) homogénéité nationale du parc d'ordinateurs auxquels auront accès Bureau de programmation et Centres de calcul et par conséquent emploi d'un langage de programmation et d'un code alpha-numérique définis (exemple IBM, FORTRAN ...) ;

b) hétérogénéité entre l'ordinateur du Bureau de programmation et ceux des Centres de calcul, d'où nécessité de circulation des programmes en code binaire.

On notera que pour permettre le passage des données numériques sur n'importe quel ordinateur, la présence dans le code hydrologique français, identifiant la station, d'une lettre avant dix chiffres n'est pas du tout recommandée. Ainsi dans la série IBM 360, faut-il disposer du type le plus important (modèle 75) pour que le code alpha-numérique soit admis dans les données (possibilité d'appliquer l'instruction de contrôle IF LOGIQUE sur la lettre pour identifier la station).

Ces problèmes d'équipement seront revus à l'examen de la répartition géographique des Centres de calcul.

3.4. - L'Atelier d'analyse de courbe

Cet Atelier est la cheville ouvrière de la réalisation pratique de la chaîne de gestion des limnigraphes classiques par emploi du lecteur de courbe.

Cet Atelier c'est d'abord un équipement, c'est ensuite un lieu de transit de l'information, c'est enfin un personnel d'exécution.

Son équipement comprend deux organes principaux et des éléments annexes :

- un lecteur de courbe D.MAC avec la table de lecture et le clavier d'introduction, un meuble de calcul électronique et une imprimante (*) ;
- une perforatrice IBM 026 ou 029 à clavier alpha-numérique connectée au meuble de calcul ;
- le mobilier de décharge et de rangement pour :
  - les limnigrammes avant et après dépouillement
  - les jeux de cartes d'identification et de données

Lieu de transit de l'information. L'Atelier reçoit en effet les limnigrammes des Secteurs hydrométriques non pas régulièrement mais par saccades correspondant aux fins de périodes de rotation des appareils, c'est-à-dire chaque semaine, quinzaine ou mois ; il faut ajouter le décalage de temps nécessaire à la collecte et à la critique préalable des limnigrammes bruts. Cette critique préalable peut ne pas être exécutée dès réception par le Secteur et de ce fait les envois des limnigrammes à l'Atelier peuvent suivre un rythme différent, plus long, avec regroupement de plusieurs bandes provenant de la même station. Pour obtenir un traitement rapide de l'information, donc un retour rapide des données élaborées au Secteur, il importe d'assurer une gestion régulière avec le moins d'à-coups possible.

L'Atelier de lecture de courbe expédie à l'Atelier de traitement de routine les jeux de cartes perforées pour établissement des chroniques hauteurs-temps. La quantité des limnigrammes à dépouiller par un Atelier est exactement connue (nombre de Secteurs hydrométriques rattachés, nombre de limnigraphes et durées de rotation) ; on peut et l'on doit en organiser le fonctionnement régulier évitant les files d'attente.

(*) ou tout autre lecteur ...

Le personnel opérateur de l'Atelier est sous la direction du Chef de Centre de calcul qui organise le fonctionnement, c'est-à-dire le transit régulier des données. La marche de l'Atelier peut être confiée :

a) soit à une seule personne à plein temps - technicien de bureau - assurant dépouillement des limnigrammes et expédition des données ;

b) soit à une personne à temps partiel - appartenant au Centre de calcul - assurant seulement le transit des données, chaque responsable de B.T.S. venant dépouiller ses limnigrammes.

La première solution est sûrement plus efficace quant au rendement - temps passé par limnigramme -, mais la seconde est plus sûre et permet quasi simultanément critique préalable et a posteriori du dépouillement par le responsable de Secteur.

Dans la première solution, la séparation géographique entre Secteur et Atelier de lecture de courbes n'est pas une gêne ; elle pourrait en être une dans la seconde solution.

3.5. - L'Atelier de traitement de routine

Il doit élaborer, vite et bien, toutes les données de base nécessaires à l'utilisation immédiate ou différée par les Secteurs hydrométriques, à la mise en forme des annuaires, à l'utilisation différée par l'Atelier de traitement spécialisé.

L'Atelier de traitement de routine c'est une bibliothèque de programmes, du personnel capable de s'en servir et des moyens de stockage et de diffusion de l'information (rôle local de banque de données).

3.5.1. - La bibliothèque des programmes

Elle doit être établie par le Bureau de programmation national et mise à la disposition des divers Ateliers de traitement de routines avec les modes d'emploi (ordres de présentation des données, variantes avec sous-programmes, variantes de support de sortie ...). Les programmes de routine sont théoriquement en quantité limitée et définie ; ils sont souvent rédigés pour résoudre les problèmes de la manière la plus générale et la plus complète. Cependant leur utilisation peut être nuancée et certaines variantes ou combinaisons possibles, ce qui exige la possession par l'Atelier de traitement de routine A.T.R. des "listings" de programmes et des cartes constitutives de ces programmes en langage de programmation et interprétées afin d'en faciliter la namipulation. Ceci a une influence sur le choix du langage et du type d'ordinateur, déjà évoqué (Cf. paragraphe 3.3.2.).

Le contenu de la bibliothèque des programmes ne saurait être dressé de manière exhaustive. Il s'agit d'assurer tous les traitements des informations hauteur, étalonnage et débits inclus dans les maillons 5 à 8 de la chaîne de gestion.

Les informations à l'entrée sont les jeux de cartes provenant du dépouillement des limnigrammes, fournis par l'Atelier d'analyse de courbes, et les courbes de tarage, fournies par les Secteurs hydrométriques.

Il faut y ajouter les informations en provenance de l'extérieur et relatives soit à des grandeurs analogues (hauteurs, débits d'autres réseaux), soit à des grandeurs différentes mais nécessaires au traitement de routine (hauteurs de précipitations).

Les informations à la sortie sont les données de base relatives aux hauteurs, aux étalonnages et aux débits sous des formes diverses :

- sur cartes perforées (ou tout autre support compatible) pour banque de données et utilisation ultérieure ;
- sur tableaux d'imprimante pour contrôle et emploi immédiat ;
- sur tableaux pour impression d'annuaires ;
- sur formats d'entrée ou intermédiaires pour archivage.

A titre d'exemples, on peut citer quelques-uns des programmes actuellement opérationnels à l'ORSTOM (écriture FORTRAN, passage sur IBM série 360 modèle 75) et qui peuvent se classer en programmes de routine selon les diverses rubriques évoquées au chapitre II (figure n° 3) :

a) programmes TARAG

- Mise en parabole d'une courbe de tarage (ORSTOM POH 302) de station univoque.
- Mise en parabole de trois courbes de tarage - enveloppe, à dénivelée normale, courbe de correction - de station à pente variable équipée de deux échelles ou limnigraphes (POH 311).

b) programmes TRAD

- Transformation en débits des chroniques (H,t) à pas fixe avec calcul des débits moyens journaliers, mensuels, annuels après interpolation des lacunes (POH 301).
- Transformation identique des chroniques (H,t) à pas libre (POH 310).

c) programmes DEBITS

- Calcul des débits moyens mensuels, annuels pour la période d'observation (POH 309).

d) programmes ANNUA

- Calcul et impression selon un format prédéterminé (21 x 27) des débits journaliers, mensuels et annuels arrondis à 3 chiffres significatifs. Réalisation pour une année hydrologique ou deux confondues ou non avec l'année calendaire (POH 304, 305, 306, 307, 308).

e) programmes PLUIE

- Calcul des hauteurs mensuelles et annuelles en une station à partir des relevés journaliers ; applicable à n stations durant p années (POH 101).

- Calcul des précipitations moyennes journalières, mensuelles et annuelles sur un bassin par la méthode de THIESSEN avec comblement des lacunes (POH 104 et 106).

3.5.2. - Le personnel et les moyens matériels

Un ingénieur à temps partiel et un technicien à plein temps sont nécessaires à la bonne marche d'un A.T.R. L'ingénieur doit avoir de solides notions d'informatique et être capable de corriger ou de modifier les programmes de routine (variantes d'assemblages, de sorties) donc savoir manier le langage d'écriture.

Il y a, comme à l'Atelier de lecture de courbes sinon plus, un fort mouvement de transit de l'information ce qui exige une organisation solide et efficace fonctionnant le plus régulièrement possible. Les liaisons sont étroites, pour ne pas dire permanentes, avec l'Atelier d'analyse de courbes ; elles sont régulières avec le Secteur - B.T.S. - pour les tarages ; elles sont également assez importantes avec l'extérieur pour les données, avec l'imprimeur, avec l'A.T. spécialisé et le Bureau de programmation.

Le stockage des informations élaborées, hauteurs, étalonnages et débits, exige des classeurs adéquats pour cartes perforées - ou autre support - et pour les tableaux correspondants.

Le stockage concerne également les programmes (support CP) et les informations extérieures (support quelconque).

La diffusion des informations exige la possession d'un équipement de reproduction conforme des données :

- photocopieuse pour tableaux imprimés
- reproductrice de cartes perforées
- traductrice de cartes perforées, pour interprétation en position de celles-ci

La manipulation des programmes et des données, comme la mise en forme des données extérieures, ne peuvent se faire sans accès à un atelier mécanographique (perforatrice et vérificatrice de cartes, ou tout autre ensemble producteur d'autre support BP, BM ...).

Cet atelier mécanographique pourrait être celui de l'Atelier de traitement spécialisé qui en aura un usage important pour la mise au point de ses programmes, la mise en forme éventuelle des données à traiter.

Il est bien certain qu'une imbrication étroite existe entre les deux Ateliers de traitement qui ont des besoins en matériel identiques, qui utilisent les mêmes informations et sont animés par des agents de même compétence (ingénieur hydrologue initié à l'informatique). On peut même aller jusqu'à les confondre sur les plans matériel et personnel, leurs fonctions restant bien distinctes (Cf. paragraphe 4.3.).

3.6. - Organigramme de gestion

Il s'agit de reprendre l'organigramme général du Centre de calcul présenté dans le chapitre II (figures n° 8, 9, 10) et d'en préciser le contenu sous le double aspect personnel et équipement d'une part, mouvement de l'information d'autre part ; et ceci dans l'optique d'une chaîne de gestion articulée autour d'un lecteur de courbe.

3.6.1. - Mouvement de l'information

A partir de la figure 9 et des remarques formulées dans les chapitres précédents, on peut dire que les points saillants à examiner sont celui de la fréquence du mouvement d'informations compte tenu des origines et des destinations de ces informations, et celui de l'archivage des informations brutes.

Atelier d'analyse de courbe et Atelier de traitement de routine ont des tâches de transformation à assurer sur l'information, l'A.T.R. ayant également une fonction de banque de données.

Les Secteurs hydrométriques, par leurs B.T.S., le Service hydrométrique, par son Bureau de programmation et sa Banque de données, les organismes extérieurs et enfin le propre Atelier de traitement spécialisé au Centre de Calcul sont fournisseurs d'informations brutes, critiquées, plus ou moins préparées et demandeurs d'informations élaborées.

La connaissance de l'utilisation des informations élaborées permet d'estimer la fréquence à imposer au mouvement des informations.

On a passé en revue les divers mouvements d'information et les délais d'obtention les plus classiques tant pour les opérations de contrôle (délai entre départ et retour de l'information) que pour les autres (fréquence de production). Le tableau suivant résume cette analyse :

Les CADENCES du TRAITEMENT de l'INFORMATION

Opération	Délai de retour ou Fréquence d'exécution
Contrôle des chroniques (H,t)	Un mois
Contrôle des équations de tarage	Apériodique au moins une fois l'an
Contrôle des chroniques (Q,t)	Trois (ou six) mois
Contrôle des données de base élaborées en H et Q et révision des chroniques (Q,t)	Annuelle
Annuaire	Annuelle
Collecte des données extérieures	Annuelle ou semestrielle
Etudes hors routine	Apériodique peut-être prioritaire
Diffusion des données de base (vers banque, extérieur)	Annuelle

On peut scinder les diverses opérations en quatre groupes :

a) l'élaboration des chroniques (H,t) qui doit se faire au plus vite dès collecte des limnigrammes ;

b) l'élaboration des chroniques (Q,t) à délai de quelques mois ;

c) toutes les opérations exécutées chaque année ;

d) les études hors routine qui peuvent à tout moment si elles sont prioritaires obliger l'A.T.R. à élaborer toutes affaires cessantes les données nécessaires.

En conclusion, on note que le mouvement d'informations peut s'exécuter aux rythmes souhaités s'il existe des liaisons très étroites entre les trois organes constituant le Centre de calcul et entre Secteur hydrométrique (B.T.S.) et Centre de calcul (Atelier d'analyse de courbe). Tout cela implique évidemment l'accès facile et rapide à un ordinateur.

L'archivage des informations brutes, c'est essentiellement le devenir des limnigrammes, des courbes de tarage et des données extérieures si elles ne sont pas codées sur support compatible.

Les limnigrammes ne feront plus l'objet que de consultations rares et imprévisibles après leur dépouillement. On peut soit les classer tels quels, soit les réduire et l'archivage peut se faire au Secteur ou au Centre de calcul. Devant le volume des documents, la réduction s'imposera un jour ou l'autre suivant un schéma, qui peut s'inspirer de ce qui se pratique à la DTG, à savoir la mise sur micro-film des limnigrammes. L'opération exige une caméra automatique avec table de prise de vue. La consultation exige un agrandisseur de micro-film, soit pour examen visuel, soit pour projection, soit pour photocopie : l'agrandisseur-photocopieur existe en un seul appareil. Le lecteur D.MAC peut recevoir un agrandisseur-projeteur ; l'une ou l'autre des solutions est envisageable. Le Centre de calcul paraît mieux adapté pour réaliser cet archivage.

Les données brutes d'origine extérieure peuvent subir le même sort. Les courbes de tarage retournent au Secteur hydrométrique ; il en sera de même des limnigrammes après micro-filmage au Centre de calcul.

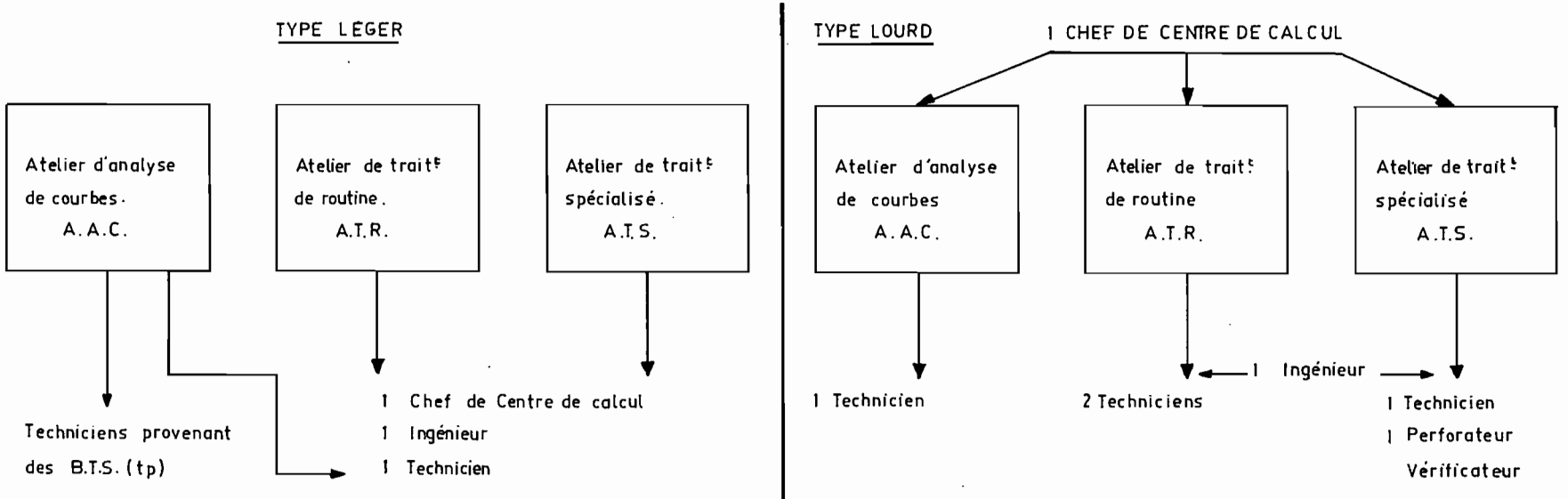
3.6.2. - Personnel et moyens

En complément de la figure 10 sur le schéma exécutif du Centre de calcul, on présente ici les besoins en personnel et en matériels pour faire fonctionner les trois unités du Centre. Cette présentation, illustrée par la figure 14, offre une solution légère et une solution lourde.

Le Centre de calcul léger - 2 ingénieurs, 1 technicien, accès des techniciens de B.T.S. et utilisation d'équipement en temps partiel à l'extérieur - est capable de dépouiller les limnigrammes et d'assumer un traitement modeste des données (volume des données réduit et nombre d'opérations de traitement limité). Seul le Centre de type lourd peut assumer pleinement la vocation complète du traitement des données.

On pourra admettre un passage progressif du type léger au type lourd, ou le choix d'un type ou d'un autre selon l'implantation géographique. On pourra également considérer l'urgence de la mise au point du traitement de routine (Cf. paragraphe 4.3.) pour décider que lors de leur création les Centres de calcul se consacrent en priori à cette activité avant toute autre, l'Atelier de traitement spécialisé assistant l'A.T.R. dans la programmation (relai du Bureau de programmation du Service hydrométrique).

Personnel et moyens d'un Centre de Calcul à lecteur de courbe



1 Lecteur de courbe D.MAC
1 Perforatrice I.B.M. 029
1 Équipement de stockage

ACCÉS à
- Ordinateur
- Atelier mécanographique
- Équipement de reproduction

(tp) : Temps partiel.

1 Lecteur D.MAC
1 Perforatrice I.B.M. 029
1 Equipement de stockage
1 Équipement de reproduction
1 Atelier mécanographique

ACCÉS à Ordinateur

En option : 1 Équipement pour micro-films

Fig. 14

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

J.G. 1.8.61

HEX_154

CHAPITRE IV

L'INTRODUCTION d'EQUIPEMENTS LIMNIGRAPHIQUES NOUVEAUX dans le RESEAU

Les développements du chapitre III concernaient la chaîne de gestion à mettre immédiatement en place pour améliorer l'exploitation du parc de limnigraphes existants ; cette amélioration reposait essentiellement sur l'emploi du lecteur de courbe. La chaîne de gestion ainsi présentée correspond à ce qu'il est souhaitable de voir mis en oeuvre avant deux ans.

Le chapitre IV concerne l'avenir de cette chaîne de gestion, dans un délai de 2 à 8 ans. Cet avenir, c'est tout d'abord l'éventualité de l'introduction d'un ou plusieurs types nouveaux de limnigraphes en lieu et place du parc existant, c'est ensuite les incidences de cette introduction sur la chaîne de gestion, c'est enfin, et presque indépendamment de ces équipement nouveaux, l'accroissement des tâches de traitement des données qui, limitées aux opérations de routine dans les années immédiates (hypothèse explicité dans le chapitre III), vont déborder, à courte échéance, dans le domaine spécialisé.

4.1. - Les nouveaux équipements possibles en limnigraphie [4]

Depuis le rapport méthodologique, un an s'est écoulé. Il importe donc de faire le point sur l'avancement des prototypes retenus : OTT 20.061 à témoin, NEYRPIC asservi à ruban numérique, SFIM à jauge de contrainte.

Auparavant, nous allons procéder à un dernier tour d'horizon du marché.

4.1.1. - Compléments d'inventaire

Ils concernent tout particulièrement les deux grands producteurs des antipodes, Japon et Australie, et le projet de prototype C.D.C. en France.

Au Japon, nous avons consulté l'inventaire d'équipement entrepris par l'O.M.M. [5] . On y relève peu d'appareils intéressants, car, hormis un pluviomètre télétransmetteur, tous sont des enregistreurs classiques sur diagrammes. Nous tenons à signaler un astucieux combiné de limnigraphe et pluviographe à enregistrements sur même diagramme donc rigoureusement synchronisés.

En Australie, on trouve chez RAUCHFUSS Instr., RIMCO, un codeur multi-canaux à bande perforée compatible d'un certain intérêt [6] . Ce RIMCO Digital Event recorder, dans une version simplifiée, peut coder 2 paramètres - niveau d'eau et pluie par exemple -. Le codage se fait uniquement lorsqu'il y a variation du paramètre à la fin du pas de temps (fixe et égal à 6 minutes), ce qui limite l'encombrement de l'enregistrement. Le code binaire spécial doit sûrement être décodé sur périphérique d'ordinateur. Les capteurs sont un pluviographe à auget basculeur et un limnigraphe à flotteur (diamètre faible d'environ 6 cm). L'énergie est fournie par une batterie de 7,5 V rechargée par cellule solaire. L'appareil simplifié à 2 paramètres coûterait au moins 11 000 F, départ Melbourne et accessoires non compris.

Pas de codage dans l'appareil japonais, pas de témoin et coût élevé de l'appareil australien : des équipements intéressants par certains côtés mais inadéquats pour le réseau hydrométrique tel qu'on l'envisage ici.

Avant de clore ces compléments d'inventaire, il nous a paru intéressant d'indiquer l'état d'avancement du prototype de la Compagnie des Compteurs C.D.C. élaboré dans le cadre d'un vaste marché "Amélioration d'appareillages des mesures hydrométéorologiques" passé par la DGRST en Octobre 1967 [7] .

Les options initiales (ultrasons, codeur optique rotatif ...) ont été abandonnées au profit d'une solution connue : l'insufflation de gaz avec codage sur bande perforée (code CCIT ou BCD non défini).

Un prototype expérimental (montage de laboratoire) a été présenté en Février 1969. Ses particularités sont les suivantes :

- insufflation par étages métriques (l'assemblage de 10 étages donne une précision de 1/1 000°, soit du centimètre) ;
- scrutateur pour sélectionner l'étage actif ;
- programmeur et régulateur pour déclencher la mesure et l'émission de gaz (qui n'a lieu que lors de la mesure) ;
- autonomie de 100 jours (10 m^3 de gaz sous 200 bars).

Cet appareil est compliqué par rapport au prototype NEYRPIC ; il est très loin d'être au point. Son prix indicatif est prohibitif : 15 000 à 20 000 F sans codeur. A priori cet appareil n'a pas plus de compétitivité que celui de la SFIM, malgré l'emploi d'une solution classique de captage.

4.1.2. - Le limnigraphe OTT 20.061 à témoin [8]

Ce n'est pas à proprement parler un prototype. Il dérive du limnigraphe 20.060 déjà commercialisé, auquel on ajoute une platine "témoin" d'enregistrement. Ce témoin a les caractéristiques suivantes : largeur 100 mm, réduction hauteur 1/20, vitesse déroulement 2 mm/h, retournement du stylet.

La perforation se fait maintenant non plus sur papier huilé mais sur bande plastique plus résistante et insensible à l'humidité.

Les performances de l'appareil sont les suivantes :

- amplitude de 9 999 cm (ou 9 999 mm)
- précision de ± 0,5 cm (ou ± 0,5 mm)
- code télétype international CCIT 5 canaux
- perforation toutes les 15 minutes
- autonomie de 6 mois

Un appareil prêté par la Société WILD-Paris, concessionnaire OTT en France, a été soumis aux essais de terrain par le CERAFER sur le bassin de l'ORGEVAL. Les essais ont duré du 10 Octobre 1968 au 30 Avril 1969. Deux pannes mineures se sont produites dues à un excès d'humidité et à un défaut du moteur de remontage du témoin ; elles ont pu être corrigées.

On peut admettre que cet appareil est aujourd'hui satisfaisant et apte à servir en réseau. Il coûte 6 300 F, abri et taxes inclus. Reste à examiner le problème du traitement de la bande perforée (paragraphe 4.2.).

Avant de passer au prototype suivant, il faut signaler que OTT poursuit la mise au point de son premier prototype à balance de pression et que celui-ci serait visible au début de 1970 et peut-être même disponible pour essais. S'il réalise les espérances mises en lui, ce prototype aura une excellente précision parmi les capteurs à pression disponibles sur le marché.

On doit attacher une certaine importance à ce prototype car :

a) chez OTT le passage du prototype à la série est très rapide, le prototype étant en général très élaboré ;

b) couplé au codeur du 20.061 avec témoin, ce capteur offre l'alternative souhaitée par beaucoup pour remplacer le flotteur en cas de besoin.

L'ensemble de ces deux capteurs à flotteur et à balance de pression associable au codeur à bande perforée et témoin formera une panoplie complète et de performances satisfaisantes pour l'utilisateur moderne de limnigraphes.

4.1.3. - Le limnigraphe asservi NEYRPIC à ruban numérique [8]

Le premier prototype a été réalisé sur marché du Service de l'Hydraulique. Il est conçu comme un assemblage du captage par insufflation de gaz, modèle TELIMNIP, et de la mesure par limnimètre asservi à électrodes décalées suivant un niveau de mercure sous influence de la pression, donc de la hauteur d'eau. Le moteur d'asservissement entraîne un compteur indicateur instantané de la hauteur, un compteur imprimant et un témoin enregistreur.

Le témoin a les caractéristiques suivantes : largeur 100 mm, réduction des hauteurs 1/60, 1/120 ou 1/180, vitesse de déroulement de 5, 10 ou 20 mm/h (jeux de pignons).

Le compteur imprimant, à moteur auxiliaire pour le marteau d'impression, frappe des caractères de forme IBM modèle 1428 compatibles avec lecteur optique ; cette frappe se fait sur un papier spécial, un papier carbone étant intercalé entre marteau et papier d'impression et animé d'un mouvement d'avancement indépendant.

Les performances de l'appareil sont :

- étendue de mesure de 6, 12 ou 18 mètres modifiable par le changement du manomètre et des démultiplicateurs en sortie du moteur d'asservissement ;
- sensibilité constante de 1 cm ;
- cadence d'impression variable de 15 minutes à 12 heures ;
- énergie fournie par 6 piles rondes de 1,5 V ;
- autonomie selon cadence, de 3 à 15 mois.

Une première série d'essais en laboratoire a eu lieu en 1968 avec pour objectif l'obtention d'une impression de chiffres qui soient tolérés par le lecteur optique. Le pourcentage de rejet admissible à la lecture, égal à 1/2 000°, selon les Services Scientifiques d'IBM n'ayant pas été dépassé, l'appareil a été jugé apte aux essais de terrain. Il a été mis en place en Mai 1969 en parallèle avec un limnigraphe TELIMNIP en une station du SRAE de Languedoc, GANGES sur la VIS. Une panne au moteur d'impression, début Juin, a rendu nécessaire la dépose et le retour chez le fabricant. Le réducteur de ce moteur a été modifié pour avoir un couple différent ; le montage électrique a été amélioré pour une consommation moindre et une autonomie accrue. Les essais de terrain ont repris fin Juillet 1969. Ils doivent se poursuivre plusieurs mois jusqu'à l'hiver pour être concluants.

Le traitement du ruban numérique doit être étudié (paragraphe 4.2.).

Cet appareil ne devrait pas pouvoir être construit en série avant un an au moins (fiabilité de terrain, mise au point de la lecture optique). Son prix indicatif actuel varierait de 7 à 8 000 F, taxes incluses, accessoires et abri exclus.

4.1.4. - Le prototype SFIM à jauge de contrainte [8]

Le premier prototype a été réalisé sur marché du CERAFER. C'est encore un assemblage de modules préexistants d'origines diverses. L'ensemble de mesure et de codage reste très hétéroclite : convertisseur, voltmètre, horloge, programmateur, relais, imprimante de bureau à caractères IBM 1428.

L'intérêt du prototype réside dans l'expérimentation de la jauge de contrainte et la recherche de son adaptabilité à la mesure des niveaux d'eau. L'ensemble de captage : crépine de prise de pression, jauge de contrainte à fils tendus (échelle 1 bar), convertisseur d'impédance, est réuni dans un boîtier immergeable.

Etant donné l'état actuel du prototype, les seuls essais possibles ont lieu en laboratoire au CERAFER depuis le mois de Mai 1969.

Diverses pannes de l'ensemble de mesures sont à l'étude : impressions parasites en marche sur batterie, décalages du volmètre numérique d'affichage vis-à-vis de la cote du plan d'eau ... Jusqu'ici aucune dérive ni aucune hystérésis de la jauge de contrainte n'ont été décelées au cours des variations artificielles de hauteurs.

Il reste un prototype qui n'est pas encore au point, qui consomme beaucoup d'énergie et qui n'est pas près de pouvoir être mis sur le terrain ; cela nécessiterait une révision complète de la technologie de construction.

4.2. - Les incidences sur le fonctionnement de la chaîne de gestion

Les seuls équipements nouveaux susceptibles d'être intégrés dans le réseau hydrométrique, étudié ici, sont :

a) le limnigraphe OTT 20.061 à flotteur, concurrent des appareils de la même marque (types X et XX) ;

b) le limnigraphe asservi NEYRPIC, concurrent du TELIMNIP.

Il est à noter que le prototype OTT à balance de pression, s'il devient compétitif, peut concurrencer l'appareil NEYRPIC.

En dehors de ces deux appareils intégrables le premier dès maintenant, le second au plus dans deux ans, à quelques réserves près (Cf. ci-après), aucun autre prototype ne paraît devoir être compétitif assez vite sur le marché. Tout en gardant en mémoire l'existence des projets SFIM et C.D.C., et en suivant leur développement, nous estimons qu'il n'y a plus lieu d'en tenir compte dans la présente étude de la chaîne de gestion.

L'objectif de ce paragraphe 4.2. est donc d'étudier les modifications à apporter à la chaîne de gestion, construite autour du lecteur de courbe et du parc actuel de limnigraphes, si l'on introduit l'un ou l'autre de ces nouveaux limnigraphes. Cette introduction n'est pas une opération immédiate ; aussi se contente-t-on de rester dans les généralités du traitement des informations, sachant qu'il sera toujours temps de préciser en détail les travaux à effectuer lorsqu'il y aura projet arrêté d'introduction.

Comme il n'y a pas d'opposition importante de nature entre bande perforée BP et ruban numérique imprimé RN, les deux supports codés vont être étudiés ensemble, mention étant faite de leurs caractères propres et ceci en suivant le plan de la dernière partie du chapitre III, à partir du paragraphe 3.3., en indiquant au fur et à mesure les modifications de la chaîne de gestion.

4.2.1. - Le transcodage de l'information hauteur

Il s'agit en fait des maillons 4 et 5 de la chaîne de gestion consacrés le premier au contrôle et à la critique de l'information brute, le second à la mise de cette information sous une forme et sur un support compatibles.

La figure 15 remplace la figure 12 (du paragraphe 3.3.) et montre en un schéma détaillé le mouvement de l'information, les opérations réalisées, les opérateurs et l'équipement nécessaire. Il n'y a plus que

Schéma détaillé du transcodage de l'information Hauteur captée sur limnigraphes à codeurs

FORMES DE L'INFORMATION	OPÉRATIONS RÉALISÉES	OPÉRATEURS	ÉQUIPEMENT
Enregistreur témoin de B.P. (Ott)	Contrôle fonctionnement Mise en évidence anomalies et lacunes décelables sur témoin Contrôle cadence perforation (ou impression)	Brigade hydrométrique ou B.T.S.	
Enregistreur témoin de R.N. (Neyrpic)	Mise en évidences toutes anomalies et lacunes décelables sur le témoin et R.N.	Brigade hydrométrique ou B.T.S.	
Procès verbal de contrôle et B.P. brute (code CCIT)	Identification station et bande Introduction anomalies lacunes	Centre de calcul Atelier de traitement de routine A.T.R.	Lecteur B.P. (IBM 2671) Programmes LIMNIB sur ordinateur.
B.P. identifiée	Corrections anomalies, lacunes Transformations relevés en chroniques (H,t) sur support compatible et tableaux imprimants.		
Procès verbal de contrôle et RN brut	Identification station, ruban Corrections impressions "refusées" par lecteur optique		Lecteur optique (IBM. 1285/1287) Programmes LIMNIR sur ordinateur.
R.N. corrigé (transcrit sur SC provisoire)	Corrections anomalies, lacunes Transformations relevés en chroniques (H,t)		
Chroniques (H,t) sur SC	Classement pour traitement ultérieur.		
Chroniques (H,t) sur tableaux	Contrôle résultats.	Brigade hydro. ou B.T.S.	

→ Mouvement de l'information

Fig. 15

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

V.G. 4.8.69

HEX. 155

quatre opérations au lieu de cinq, les deux opérations d'identification et de dépouillement sur lecteur n'en font plus qu'une puisque le support codé BP ou RN équivaut déjà à l'ensemble des coordonnées (X,Y) fourni par l'analyseur de courbe.

Il subsiste deux opérations de traitement proprement dit à caractère automatique et routinier et deux opérations - la première et la dernière - de contrôle et critique des données brutes et des résultats. Ces deux opérations gardent leur caractère primordial et restent à la charge du Secteur hydrométrique.

Rien de changé dans les principes de mise en oeuvre : liaison étroite entre Secteur hydrométrique (B.T.S.) et Centre de calcul (A.T.R.) d'une part, établissement préalable des protocoles d'analyse et de correction des bandes et rubans d'autre part.

L'opération de contrôle et de critique de l'information hauteur brute a lieu essentiellement sur le témoin d'enregistrement. La parfaite lisibilité du ruban numérique en permet également l'examen et par conséquent théoriquement toutes les erreurs - anomalies, lacunes ... - peuvent être décelées au Secteur hydrométrique. Par contre, ceci n'est pas possible avec la bande perforée et les éventuelles erreurs propres à la perforation ne pourront être décelées qu'en traitement ou lors du contrôle a posteriori des chroniques (H,t).

La distinction entre stations de base du réseau destinées à produire une chronique hauteurs-temps et stations tertiaires de contrôle à objectifs précis et limité doit être conservée. On peut même considérer que les nouveaux limnigraphes ayant pour intérêt principal de fournir une information codée susceptible d'un traitement quasi automatique, de tels appareils seraient superflus pour équiper des tertiaires de contrôle non productrices de chroniques (H,t). Il est suggéré de conserver les limnigraphes actuels pour l'équipement des stations tertiaires de contrôle et de réserver les nouveaux équipements aux stations productrices de chroniques hauteurs-temps.

Les procédures d'analyse des bandes et rubans doivent être établies minutieusement et de manière complète lors de la mise en réseau des premiers équipements. Elles ont des caractères communs et des traits spécifiques. On retrouve les rubriques d'inventaire et codage des anomalies et lacunes, d'identification de station, de bande ou de ruban ; il n'y a plus de problèmes d'échelles de réduction mais à la place indication de la cadence de prélèvement d'information.

En règle générale, l'utilisation d'un limnigraphe à BP ou RN se fait à cadence fixe durant une longue période, au moins entre deux visites de contrôle, et tant qu'une modification de la cadence n'est pas

souhaitable pour la précision des relevés. En conséquence, les couples (H,t) sont des couples assimilables à ceux dits "à prélèvement par pas de temps fixe" sur limnigramme. Dans un souci d'homogénéité et de simplification, ce caractère des futurs équipements devrait inciter le gestionnaire du réseau actuel à opérer le dépouillement des limnigrammes en pas de temps fixe préréglé. Ainsi pourrait-on n'avoir qu'un seul format de carte perforée, aujourd'hui, et un format comparable du support de l'information, quel qu'il soit dans l'avenir (exemple du format modèle CØH 301 du haut de la figure 13). On notera qu'un tel format peut contenir 16 relevés. Le programme de traitement de l'ORSTOM prévoit au maximum 16 relevés par jour (CAS 9), mais il n'est pas exclu qu'une modification puisse être introduite permettant par exemple 32 relevés/jour en 2 cartes (ou des multiples supérieurs), ce qui permettrait ainsi le traitement de la plupart des cours d'eau à variations rapides ; ceci exige la révision de la logique interne du programme de traitement.

La cadence fixe de prélèvements des observations a l'inconvénient de parfois enregistrer des couples (H,t) successifs à hauteur constante. Lors du transcodage, il parait inutile de conserver tous ces couples et l'on suggère que les chroniques hauteurs-temps soient allégées, c'est-à-dire ne contiennent que des couples successifs à hauteurs différentes, étant admis qu'il y aura de toute façon conservation d'au moins deux couples par jour.

Cet allègement doit être inscrit dans les tâches du programme de la série LIMNI, baptisé LIMNIB pour la bande et LIMNIR pour le ruban.

Toutes les remarques relatives à la programmation, à son langage et aux codes sont variables ici également (Cf. paragraphe 3.3.2.).

L'emploi du lecteur de bande perforée (ex : modèle 2671 IBM) en code 5 canaux (CCIT ou autre) n'appelle pas de commentaires particuliers.

La mise en oeuvre du lecteur optique appelle quelques commentaires. Les caractères IBM 1428 à l'aide desquels est imprimé le ruban numérique du limnigraphe NEYRPIC peuvent être lus par un lecteur optique IBM 1285 ou 1287, l'un ou l'autre obligatoirement connecté avec un ordinateur de la série 360.

Les tests de tolérance à la lecture optique : qualité du papier, du carbone, des caractères ... etc ... ont été effectués sur ruban imprimé en laboratoire chez le fabricant. Sous réserves d'un entretien à définir, d'une absence d'usure du compteur imprimant à vérifier, d'une fourniture de qualité constante du papier et du carbone, d'une non-détérioration de ces qualités par les conditions de terrain ... on peut escompter obtenir sur le terrain un ruban numérique également toléré par le lecteur optique. C'est aux essais en cours en Languedoc à nous le prouver.

La lecture optique proprement dite devra alors être étudiée. On peut simplement dire que les chiffres refusés par le lecteur peuvent être corrigés sur le champ ou en différé, leur image projetée agrandie sur écran permettant à l'opérateur d'introduire au clavier le bon chiffre. Le choix du mode de correction dépendra de beaucoup de choses : qualité de l'opérateur, plus ou moins grande facilité de la programmation de la correction différée, quantité de chiffres refusés, temps perdu aux corrections immédiates, l'ordinateur étant en marche ... etc ...

A priori, le caractère essentiel de la lecture optique est sa rapidité. Un ruban de 50 mètres, se mouvant de 5 mm à chaque impression, peut recevoir près de 10 000 lignes imprimées, donc 10 000 relevés. Avec une cadence de 15 minutes, l'autonomie est de 3 mois. La vitesse de lecture étant de l'ordre de 2 500 lignes/minute, un tel ruban peut être lu en 4 minutes, 5 minutes avec les introductions au clavier.

Une station-année - cadence 15 minutes - est "lue" en 20 minutes.

Une station-année - cadence 2 heures - est "lue" en moins de 3 minutes.

Selon ces deux exemples de cadence, une Section hydrométrique de 50 stations, peut obtenir la lecture optique de tous ses relevés d'une année dans un intervalle de temps de 2 h 1/2 à 17 heures d'utilisation du lecteur 1287.

A 300 F/heure, le traitement annuel précédent coûte de 750 à 5 000 F ; il faut y joindre le coût d'utilisation de l'ordinateur, non inclus dans ce prix, et qui est certainement plus élevé que celui du lecteur optique.

4.2.2. - Le traitement de routine

Il n'y a plus d'Atelier de lecture de courbe. L'Atelier de traitement de routine A.T.R., du Centre de calcul, assume toutes les tâches en aval du Secteur hydrométrique : réception des informations critiquées, préparation pour traitement et traitement proprement dit.

Les besoins en personnel sont les mêmes ; le technicien chargé de l'Atelier de lecture de courbe étant indispensable à l'A.T.R. pour faire face aux tâches accrues (réception et manipulation des informations).

Sur le fond, le traitement de routine reste le même quelle que soit la nature des équipements limnigraphiques ; seule la forme peut varier.

Le transcodage de l'information hauteur effectué, le traitement de routine peut changer dans la forme, c'est-à-dire dans les supports compatibles.

Pour ce qui est de l'information étalonnage E et des programmes, il est vraisemblable que le support carte perforée gardera la faveur du gestionnaire, même avec les nouveaux codeurs.

Les supports des informations hauteurs (forme chronique H,t) et débits sont susceptibles de changer.

Le maintien de la carte perforée, dans un premier stade, peut se concevoir afin entre autres choses de limiter l'ampleur des perturbations que provoquera immanquablement l'introduction de nouveaux limnigraphes.

Après ? Il est de bon sens d'attendre que des éléments nouveaux permettent de trancher nettement dans les solutions possibles. Rien n'a évolué depuis le rapport méthodologique : outre le tableau d'imprimante indispensable pour les contrôles à tous les stades, comme pour la sortie d'annuaire, les trois autres supports possibles restent en lice qu'il s'agisse de la bande perforée, de la bande magnétique ou du disque magnétique. Plus précisément, la bande perforée BP, le ruban numérique RN et la bande magnétique BM (solution du codeur adjacent, paragraphe 3.1.) sont les supports possibles de l'information fournie par le Secteur hydrométrique. Ni la bande perforée, ni le ruban numérique ne sont intéressants comme supports d'information élaborée pour tout traitement.

L'avenir pour l'information élaborée est donc entre un maintien de la carte perforée et son remplacement par la bande magnétique ou le disque magnétique.

En matière d'équipement, les tâches de l'A.T.R. restant les mêmes, celui-ci doit disposer du matériel de stockage et de reproduction de l'information déjà présenté (paragraphe 3.5.). A l'Atelier mécanographique du Centre de calcul - perforatrice et vérificatrice de cartes - il y aurait peut-être lieu d'ajouter un équipement de lecture et de perforation de bande autonome.

Outre l'accès à l'ordinateur, il faut envisager celui au lecteur optique. Les sujétions et les performances de cet appareil sont telles - aujourd'hui - qu'un "accès" est suffisant et que la possession par un Centre de calcul est impensable. Cela veut dire, si aucun lecteur indépendant n'apparaît sur le marché, qu'il faudra passer par un organisme possédant un IBM 360 et un lecteur optique 1287, ce qui, étant donné le coût de ce dernier, n'existe pratiquement pas en dehors de quelques centres IBM pratiquant la location de "services". La décentralisation est donc très limitée aujourd'hui.

Pour ce qui est du mouvement de l'information, l'essentiel de ce qui a été dit au chapitre III reste valable.

Il y a cependant lieu de préciser le sens donné à la cadence d'un mois choisie pour le contrôle des chroniques (H,t). Cette cadence s'entend comme le délai de retour entre date de départ des limnigrammes du Secteur hydrométrique et date d'arrivée des chroniques (H,t) sur tableaux.

Pour les limnigrammes classiques, comme on l'a déjà vu, la cadence d'envoi peut et même doit suivre, avec plus ou moins de décalage pour l'opération de contrôle et de critique, le rythme de production : toutes les semaines, quinzaines ou mois, selon les appareils. A priori, pour limiter des mouvements trop fréquents et aussi trop désordonnés, on peut admettre que l'envoi mensuel des limnigrammes au Centre de calcul représente l'optimum.

Avec une cadence de codage de 15 minutes, la bande perforée OTT dure 6 mois, le ruban numérique NEYRPIC 3 mois. Avec des cadences, admissibles en beaucoup de rivières, de l'ordre de l'heure par exemple, on atteindrait ou dépasserait un an d'autonomie.

Une telle autonomie est sans intérêt pratique car le gestionnaire d'un réseau ne peut pas attendre si longtemps pour connaître les hauteurs et les débits de ses stations. En tenant compte de toutes les sujétions propres à la visite des appareils, à la collecte des relevés, aux désirs des gestionnaires, on peut proposer comme optimum une cadence trimestrielle pour la collecte des bandes et rubans codés de limnigraphes.

Les délais de traitement au Centre de calcul restant fixés à un mois pour les chroniques (H,t) et trois mois pour les chroniques (Q,t), on peut dire que ces informations élaborées sous forme de tableaux reviendront pour contrôle dans les Secteurs hydrométriques de 1 à 3 mois après leur date de réalisation - parc actuel de limnigraphes -, ou de 4 à 6 mois après - parc futur -.

L'élaboration des chroniques (Q,t) pourrait être accélérée en cas de besoin, bien que le traitement de stations par tranches mensuelles ne soit sûrement pas très efficient. Bien entendu, ce n'est que chaque année que la chronique complète (Q,t) est confirmée et que sortent les données de base dérivées ; les chroniques (Q,t) par tranches mensuelles ou trimestrielles restant de caractère provisoire jusqu'au contrôle final à l'échelle annuelle.

L'archivage des informations brutes peut se concevoir sur deux plans :

- témoins d'enregistrement et courbes de tarage au Secteur
- bandes et rubans codés au Centre de calcul

La mise sur micro-film des tableaux d'imprimante peut s'envisager.

4.3. - Le traitement spécialisé de l'information

Il s'agit du 9ème et dernier maillon de la chaîne de gestion, consacré aux études spéciales d'interprétation et à la production de données et d'informations pour les projets d'aménagements hydrauliques. Cette tâche pourrait être assumée, dans le Centre de calcul, par un Atelier de traitement spécialisé, Atelier chargé en quelque sorte de tous les travaux hors routine nécessitant l'écriture de programmes spéciaux pour passages sur ordinateur.

En fin de chapitre III, une ébauche de ses besoins en personnel et moyens matériels est présentée sur la figure 14.

On peut considérer que dans la mise en oeuvre de la gestion rationnelle du réseau hydrométrique du territoire rural, la priorité doit être donnée à l'exploitation du parc actuel de limnigraphes et au traitement de routine des données. Ultérieurement, on pourra envisager l'introduction de nouveaux équipements et le développement du traitement spécialisé ; ces deux opérations étant indépendantes sur le plan technique mais concomitantes en pratique.

Toutes les activités consacrées au calcul doivent, au début, être orientées vers la création de Centres de calcul, la dotation de ceux-ci en moyens et personnels, la formation de ces derniers, la mise en marche de l'Atelier d'analyse de courbe et la pleine réalisation du traitement de routine. Quand un tel stade sera atteint, quand les activités de routine suivront un rythme de croisière, il sera possible de développer les études spécialisées.

Le personnel qui prendra en charge les activités spécialisées doit être parfaitement au courant des tâches de routine ; sa formation initiale passe par l'Atelier de traitement de routine.

Un objectif envisageable maintenant est celui de la définition des activités spécialisées, tout au moins de celles qui paraissent évidentes aujourd'hui parce qu'elles sont "demandées" par les utilisateurs. Il est bien évident que le développement de ce secteur ne fait aucun doute et que le contenu exact des activités spécialisées est pour le moins non délimitable de façon définitive.

On peut classer les activités spécialisées en deux groupes :

a) les analyses d'interprétation des caractéristiques du régime hydrologique à base de méthodologies statistiques ;

b) les études propres d'aménagements où la part spécifique des conditions du projet n'est pas négligeable malgré l'emploi de modèles plus ou moins généraux.

Le premier groupe aurait tendance à s'intégrer dans un domaine circonscrit et par conséquent à pouvoir être traité par un ensemble de programmes en quantité limitée. Après mise au point et rodage, de telles études pourraient sans difficulté rejoindre le lot des activités de routine. On n'oubliera cependant pas que le calcul du débit moyen journalier est de caractère plus stable et plus immuable que celui des estimations d'une loi de distribution par exemple ; en conséquence même devenue routinière, cette seconde opération restera de nature différente de la première.

Dans le premier groupe se classent toutes les études d'ajustement de lois de distribution sur des variables hydrologiques : débit moyen mensuel, module, débit de crue, débit d'étiage ... etc ... Ces études exigent de nombreux programmes d'analyse statistique. Ainsi le Service Hydrologique de l'ORSTOM a-t-il en bibliothèque plus de 25 programmes et sous-programmes pour calculer les paramètres par le maximum de vraisemblance, calculer la valeur de la variable pour une fréquence donnée et l'inverse, et ceci dans les principaux types de lois : GAUSS, GALTON, GAMMA incomplète, et exponentielle généralisée, avec leurs variantes tronquées.

C'est tout particulièrement le contenu du second groupe qui mériterait une étude de définition, en suivant le processus :

a) inventaire des types de projets d'aménagements hydro-agricoles les plus courants dans le domaine du territoire rural ;

b) recherche des aspects communs aux projets de même type ;

c) formulation d'un modèle de traitement des projets-types ;

d) programmation de projets-types.

Il s'agit en quelque sorte de préciser les thèmes : régularisation des étiages, écrêtement des crues ou confrontation ressources-besoins que nous avons entendu exprimer à l'occasion de nos multiples contacts avec les gestionnaires régionaux. On pourrait également parler des modèles hydrologiques pour simulation de gestion d'aménagements à buts multiples avec retenue ... etc ...

L'ampleur des activités spécialisées est considérable. Pour une part, ces activités s'apparentent au travail d'un centre de recherches. Il est donc extrêmement difficile de préciser les besoins en personnel d'un Atelier chargé du traitement des activités spécialisées. Ce qui a été proposé sur la figure 14 (paragraphe 3.6.) représente un minimum, un seuil critique pour qu'un tel bureau soit efficace.

Pour embrasser toutes les activités spécialisées, deux alternatives :

a) étoffer l'Atelier de traitement spécialisé au fur et à mesure des besoins et jusqu'à un maximum difficile à définir ;

b) cantonner ledit Atelier à sa dimension minimale et faire appel à un organisme extérieur pour les tâches complexes.

CHAPITRE V

L'ORGANISATION des STRUCTURES de GESTION du RESEAU HYDROMETRIQUE

Dans le second chapitre, on a présenté la chaîne de gestion du réseau hydrométrique et les structures nécessaires à la réalisation des diverses opérations que comporte cette chaîne. Les troisième et quatrième chapitres ont été consacrés au développement de chaîne et structures dans les deux grandes options : exploitation du parc actuel de limnigraphes avec lecteur de courbe, introduction de nouveaux limnigraphes.

Ceci a permis de mettre en évidence les points-clés de la chaîne de gestion et les nécessités de liaisons étroites entre certaines structures pour assurer un franchissement correct de ces points-clés.

Les structures de gestion ont été étudiées et présentées comme des unités aptes à remplir une certaine fonction, en s'appuyant uniquement sur des critères techniques pour concevoir ces unités et leur contenu.

Les noms qui leur ont été donnés résultent soit d'un choix simple, d'habitudes, soit du désir de les rendre explicites par eux-mêmes. Il s'agit presque d'appellations théoriques.

Le problème de ce cinquième chapitre est celui de l'organisation des structures, c'est-à-dire de la répartition des tâches entre elles, de leurs articulations et de leur implantation géographique ; ce problème doit se résoudre dans le cadre des Services de l'Administration. Cette intégration des structures théoriques dans les Services existants va conduire à un côtoiement de noms gratuits - ceux des structures - et de noms significatifs - ceux des Services - ; et il ne faut donc pas voir dans les termes "service", "bureau" ou "atelier" qualifiant des structures, le sens que leur donne l'Administration dans la dénomination de ses Services.

Avant cette étude d'organisation, le début de chapitre sera consacré à faire le point sur la situation actuelle des Services gestionnaires des stations hydrométriques. Ce chapitre s'achèvera par un bref examen de l'incidence des coûts sur l'organisation des structures de gestion.

5.1. - Situation actuelle de la gestion du réseau

Il s'agit uniquement du réseau du territoire rural dépendant du Service de l'Hydraulique, à l'exclusion des stations appartenant aux organismes para-publics dont la gestion est pratiquement autonome.

Au sommet, les fonctions dévolues au Service hydrométrique, surtout pour les méthodes et le matériel, sont assurées par la Section Technique Centrale d'Aménagement des Eaux (STCAE), mais sans qu'existent des bureaux spécialisés.

Au plan local, la gestion est assumée par les Services Régionaux d'Aménagement des Eaux (SRAE), et par certaines Directions Départementales de l'Agriculture (DDA) pour des raisons historiques ou géographiques (Ain, Corse, Indre-et-Loire, Pyrénées-Orientales). De prime abord, on peut dire que les SRAE, ou quelques DDA, correspondent aux Secteurs hydrométriques, étant entendu que l'hydrométrie n'est que l'une de leurs tâches. On notera que deux SRAE n'ont pas encore de stations hydrométriques : Haute-Normandie et Nord. Pour analyser le fonctionnement de ces Secteurs hydrométriques, une enquête partielle complémentaire a été lancée le 5 Mars 1969 ; en voici les résultats qui vont permettre de dresser en quelque sorte le portrait-robot du Secteur hydrométrique.

5.1.1. - Examen analytique au niveau du SRAE

Du dépouillement des réponses à l'Enquête du 5 Mars 1969, des renseignements divers recueillis surtout lors des visites locales effectuées, nous escomptions tirer une étude analytique - un peu dans le sens de la compabilité analytique - de la gestion du réseau hydrométrique, ainsi décomposée :

- investissements (nature, montant, durée d'amortissement)
- fonctionnement de chaque maillon de la chaîne de gestion (procédure employée, temps passé par type d'agents)

Il faut avouer que les résultats sont trop disparates pour être publiés in extenso et pour autoriser des conclusions solides et générales. Ceci provient d'une part du libellé de l'Enquête que nous n'avions pas voulu trop détaillé afin de ne pas obliger chaque SRAE a un trop long travail, et d'autre part à l'évidente disparité du paysage français, des problèmes hydrométriques et des moyens choisis pour les résoudre, évidente disparité que la géographie de la France et l'histoire de la création du réseau expliquent aisément.

Tel qu'il est, cet examen analytique est suffisamment riche d'enseignements pour faire l'objet d'une série de commentaires présentés dans l'ordre de décomposition de l'analyse :

a) Une normalisation souple du type d'abri pour limnigraphe serait souhaitable. On trouve une gamme trop étendue de prix depuis 250 F pour l'abri type DTG des Constructions Mécaniques Grenobloises jusqu'à 1 000 F pour celui de la Société des Abris Scientifiques en passant par tous les types de fabrications locales (350 à plus de 1 000 F).

b) Les travaux d'installation de limnigraphes et les travaux d'aménagement de bief pour les jaugeages sont évalués à des coûts très variables, car ils sont de nature très différente selon les stations et réalisés tantôt par le SRAE, tantôt à l'entreprise. On peut classer ces travaux en plusieurs groupes :

- installation de limnigraphes sur tubes, posés dans le lit, sans aménagements : coût minimal (de 500 à 2 000 F), environ 20 % des stations et surtout en zone de plaine ;

- installation de limnigraphes sur tubes dans le lit, ou sur puits creusé en berges, avec aménagements (élagage, faucardage, rectification de berge ...) : coût élevé (de 2 à 10 000 F), environ 60 % des stations ;

- aménagements extraordinaires, tels que déroctages, seuils en béton stabilisateurs, route d'accès, digues, passerelles, téléphériques ... accroissent le coût de l'installation classique (jusqu'à 30 000 F maximum), se rencontrent dans 10 à 15 % des stations ;

- installations de TELIMNIP avec aménagements plus ou moins importants : coût variable (2 à 5 000 F), moins de 10 % des stations.

c) Les investissements en matériel de jaugeages au moulinet, de jaugeages chimiques, de transport reflètent une excellente homogénéité dans les options d'équipement (majorité de matériel OTT ..., 3 ou 4 types de véhicules ...), résultat heureux de l'action de normalisation due à la STCAE, échelon national.

d) Sur la base du temps passé par le technicien d'équipe de jaugeages en journées H par station-année, on constate une croissance régulière du temps de fonctionnement pour les activités de terrain (maillons 1 et 2 de la chaîne de gestion) depuis 10 H pour les régions gérant plus de 20, disons 30 à 50 stations point trop récentes jusqu'à 20 et 30 H pour les régions n'ayant pas 20 stations ou des stations très récentes.

e) Les activités de bureau (maillons 3 à 8 de la chaîne de gestion) occupent à peu près autant que celles de terrain et ne modifient pas la disparité entre réseau étoffé et assez ancien et réseau peu dense et très récent.

5.1.2. - Portrait-type d'un Secteur hydrométrique de SRAE

De l'examen analytique précédent, on peut tirer les tendances dominantes dans chaque compartiment de la gestion, à l'aide desquelles on bâtit un portrait-type du Secteur hydrométrique de SRAE tel qu'il apparaît dans la situation actuelle. Il s'agit bien d'un portrait-type parfois fort éloigné des quelques vingt modèles observés, et constituant une ligne d'orientation vers un optimum souhaitable.

a) Schéma exécutif (Cf. paragraphe 2.2.3. et figure 7)

- pour moins de 12 stations récentes, une Brigade hydrométrique de 2 agents et un chef de SRAE faisant fonction de chef de Secteur ;

- pour environ 20 stations, schéma "léger" de Secteur hydrométrique avec un ingénieur (TR ou hydrologue contractuel) chef de Secteur et une Brigade hydrométrique de 2 ou 3 agents dont l'un reste parfois au bureau (embryon de B.T.S.) ;

- pour 30 stations au moins, schéma "renforcé" de Secteur hydrométrique avec ingénieur chef de Secteur, B.T.S. de un à deux agents, deux brigades de 2 à 3 agents, et parfois un atelier mécanique (un agent).

Cette évolution historique cadre parfaitement avec les schémas exécutifs proposés au chapitre II, le schéma "renforcé" représentant l'aboutissement du Secteur en fin de croissance avec quelques 50 stations.

Il est satisfaisant de constater qu'une telle ampleur de structure se retrouve au Service des Essais et Mesures hydrométriques de la DTG où la gestion de quelque 230 stations, dont 67 usines environ, est assurée par 4 Secteurs (1 ingénieur, 1 agent de bureau, 2 brigades de 2 agents, composant le personnel de chaque Secteur).

b) Gestion au temps passé

Base de calcul reposant sur la station-année.

Elément de compte : la journée d'hydrométriste H à laquelle se ramènent les journées des autres agents (estimation d'après coûts indiqués dans réponses à Enquête, soit :

$\frac{4}{7}$ I, $\frac{4}{5}$ T, 1,6 S ; I étant l'ingénieur, T le technicien supérieur de Génie Rural, S la secrétaire).

Les coûts d'observateur, d'ouvrier, de dessinateur sont également transcrits en jours d'hydrométriste.

On obtient, pour les 3 phases évolutives de schéma de Secteur, pour toute la chaîne de gestion (maillons 1 à 8) et par référence à 1968-69 les valeurs suivantes :

- moins de 12 stations, de 60 à 100 H par station et par an
- Secteur léger, 40 H " "
- Secteur renforcé, 25 H " "

c) Equipement (coût d'investissement en 1969)

- de jaugeages au moulinet : 30 000 F pour une brigade
  45 000 F pour 2 brigades ayant même base
- complémentaire pour jaugeage au bateau : 12 000 F
- de jaugeages chimiques : 4 000 F par brigade
- annexe de jaugeages (outillage, vêtements, etc ...) : 2 000 F par brigade
- de déplacement : 1 camion de 15 000 F par brigade
  1 " " pour atelier mécanique
  1 véhicule léger de 8 000 F pour B.T.S.
- de laboratoire chimique : 11 000 F
- de bureau : 10 000 F pour le B.T.S.
  3 500 F par brigade
- d'atelier mécanique : 15 000 F

d) Investissements de terrain (coût en 1969 pour une station hydrométrique)

- limnigraphe OTT à flotteur avec accessoires, prêt à installer : 3 050 F
- limnigraphe TELIMNIP avec accessoires, prêt à poser : 7 200 F
- installation sans aménagement de lit :
  1 450 F pour un OTT
  1 800 F pour un TELIMNIP
- aménagement classique : 7 000 F en plus
- aménagements complémentaires :
  téléphérique : 3 500 F (Pyrénées-Orientales)
  passerelle : 200 F au mètre linéaire

e) Durée d'amortissement (estimation moyenne vraisemblable)

- équipement de jaugeages au moulinet	15 ans
- limnigraphes	"
- laboratoire pour jaugeages chimiques	"
- équipement de bureau	"
- équipement d'atelier mécanique	"
- camion	8 ans
- bateau	"
- véhicule léger	5 ans
- équipement de jaugeage chimique	4 ans
- équipement annexe de jaugeage	1 an

5.1.3. - Absence de Centre de calcul

Les opérations de gestion dévolues au Centre de calcul sont :

- soit effectuées en SRAE manuellement par l'équivalent de ce que l'on appelle le B.T.S. plus ou moins renforcé (cas général) ;
- soit réalisées à l'extérieur sur contrat avec des firmes privées opérant par mécanographie et passage sur ordinateur (cas peu répandu).

L'absence de Centre de calcul se fait sentir : lourdeur des activités de bureau en SRAE, retard dans les dépouillements, élaboration incomplète des données de base, rares publications locales des données sous forme de pseudo-annuaires ...

Cette absence est restée supportable tant que le réseau était jeune et peu dense : peu de stations donc dépuillements manuels possibles, stations jeunes donc priorité à l'installation et à l'étalonnage, étalonnages encore incomplets donc traductions en débits pas toujours possibles ...

Avec l'étoffement du réseau et son vieillissement, les Secteurs hydrométriques de SRAE deviendront très vite, sous 2 ans au plus, incapables d'assumer toutes les opérations de gestion de bureau.

La création des Centres de calcul est une nécessité et doit se concrétiser dès 1970.

5.2. - Les articulations techniques et géographiques des structures

5.2.1. - Le cadre des Services existants

Au plan régional, existent les Services Régionaux d'Aménagement des Eaux (SRAE) au nombre de vingt-deux, si l'on indivisualise la Corse.

Au plan national, dans le Service de l'Hydraulique, il y a la Section Technique Centrale d'Aménagement des Eaux (STCAE).

Entre les deux, il faut d'une part signaler l'existence des Ingénieurs Généraux délégués à l'Aménagement des grands Bassins, au nombre de six, un pour chaque grand ensemble de bassins hydrographiques français (découpage du territoire français en domaines de compétence des Agences Financières de Bassin), et d'autre part le rôle de Service Centralisateur de Bassin joué, dans chacun de ces six bassins, par l'un des SRAE de la zone interrégionale correspondante, à savoir actuellement : Nord, Lorraine, Paris, Rhône-Alpes, Centre et Midi-Pyrénées.

5.2.2. - La place du Secteur hydrométrique

Le Secteur hydrométrique ne peut être que ce qu'il est déjà presque partout, c'est-à-dire une unité au sein d'un SRAE.

Le Secteur hydrométrique de SRAE, après avoir suivi l'évolution décrite ci-dessus (Cf. paragraphe 5.1.2.), doit assez rapidement, et dans la majorité des régions, tendre vers le schéma "renforcé".

En moyenne, le nombre de stations y sera voisin de 50 à 60 ; peu de Secteurs gèreront moins de 20 stations, peu en gèreront plus de 100.

A ces dernières nuances près, justifiant des adaptations de structure, on peut dire que le schéma "renforcé" type s'impose : Bureau Technique de Secteur B.T.S. indispensable, Atelier mécanique souvent utile.

Le nombre de brigades hydrométriques dépendra du nombre de stations et de leur dispersion géographique (distance et accessibilité depuis le siège du SRAE) : deux à trois environ en moyenne.

Dans certaines grandes régions, les distances et la densité des stations sont telles qu'une décentralisation des brigades au niveau départemental devient souhaitable. L'exemple est déjà répandu : Brigades de l'Aude et de Lozère (Languedoc), de Nice (Provence-Côte d'Azur) ou de l'Ain (Rhône-Alpes). Cette décentralisation des brigades au niveau départemental, quand elle est utile, facilite les contacts avec les DDA et a intérêt à s'effectuer avec leur appui (locaux et personnels).

On dira que de telles brigades gèrent des sous-secteurs hydrométriques jusqu'à un degré dépendant de la compétence et du temps disponible de leurs agents.

La répartition des tâches entre brigades et B.T.S., brigades et Atelier mécanique dépend des mêmes facteurs, des problèmes à résoudre et des conditions régionales ; c'est un problème d'organisation interne au Secteur, à la diligence de son chef.

Le chef de Secteur, ingénieur placé sous les ordres du chef de SRAE, dispose de 5 à 9 techniciens selon l'importance de son Secteur (2 à 3 brigades, présence d'Atelier mécanique ...).

5.2.3. - La place de l'Atelier d'analyse de courbes

La création de Centres de calcul est une nécessité. Le Centre de calcul première formule, c'est-à-dire pour exploiter le réseau actuel, c'est avant tout un Atelier d'analyse de courbe.

Cet Atelier est à la charnière des activités du Secteur hydrométrique (B.T.S.) et du Centre de calcul proprement dit (Ateliers de traitement). Son implantation géographique, qui doit tenir compte de cette nécessaire articulation technique, est donc l'opération clé. Une fois les Ateliers implantés, les Centres de calcul le seront. La prise en compte des calculs, autres qu'hydrométriques, et qui sont du domaine de l'Administration est nécessaire pour implanter ces Centres de calcul.

Combien d'Ateliers d'analyse de courbe doit-on créer et où les implanter ?

La réponse à cette double question essentielle dépend de plusieurs éléments :

- performance d'un analyseur D.MAC, ou autre ;
- volume des dépouillements dans chaque SRAE, état actuel et évolution à court terme ;
- distance et facilité de liaison entre Secteurs hydrométriques et Centre de calcul ;
- disponibilité en personnel qualifié ou susceptible d'être formé.

La performance d'un analyseur de courbe ne peut être définie qu'après plusieurs mois de pratique. On a choisi l'hypothèse de travail suivante : 5 minutes pour dépouiller un limnigramme hebdomadaire, 50 % de temps consacré par l'Atelier aux tâches annexes (réception et réexpédition des limnigrammes, classement, transmission des jeux de cartes de coordonnées X,Y à l'A.T.R. ...), elle conduit à la possibilité de traiter 200 stations à limnigrammes hebdomadaires par an.

Le volume des dépouillements s'évalue en transformant les stations à rotation mensuelle et bi-mensuelle en "équivalents hebdomadaires" et en adoptant grossièrement un taux de croissance unique et constant passant de 500 stations au début de 1969 à 1 000 stations productrices de chroniques (H,t) en 1978, ce qui donne aujourd'hui 400 "équivalents hebdomadaires" et 800 dans 10 ans.

La liaison entre Centre de calcul et Secteur hydrométrique pourra être soit uniquement postale (gestion de l'Atelier de lecture de courbe par le Centre), soit routière ou ferroviaire (dépouillements par les agents des B.T.S. en déplacement à l'Atelier). On a surtout tenu compte des distances routières.

Les trois groupes d'éléments présentés ci-dessus permettent de faire un choix : il est insuffisant de n'avoir qu'un analyseur de courbe à l'échelon national et superflu d'en placer un dans chaque SRAE. La solution de l'implantation interrégionale s'impose, c'est-à-dire qu'il est souhaitable de placer un Atelier d'analyse de courbe, donc un Centre de calcul, dans la même ville qu'un SRAE et d'y faire traiter les données des SRAE voisins. En Mai 1969, la STCAE prenait, sur nos conseils, la décision de créer en première phase deux Ateliers, à Colmar et à Montpellier. Ces implantations étaient évidentes : volume important de données, personnel qualifié, réseaux hydrométriques anciens, nature des cours d'eau différents donc conditions de gestion différentes, donc situation très propice à une élaboration exhaustive des procédures d'emploi.

Compte tenu de toutes les remarques précédentes, nous suggérons la création de deux autres Ateliers, d'abord celui d'Orléans, puis celui de Bordeaux. Avec ces quatre Ateliers, on pourrait théoriquement absorber la production du réseau 1978 ; 1 000 stations soit 800 équivalents hebdomadaires.

On peut cependant considérer qu'il s'agit là d'un minimum car il y aura bientôt d'autres enregistrements à analyser (l'Enquête a révélé, sans que la question doit posée, l'existence de plus de 50 pluviographes ...), et l'importance des tâches de calcul croissant, une décentralisation plus intense serait souhaitable. Nous suggérons alors soit de créer un 5ème Atelier à Lyon, soit d'en créer six en fermant Orléans et en le remplaçant par Nantes et Paris. Mais il s'agit là d'éventualités que seule l'évolution des années à venir permettra de concrétiser. Les figures 16 et 17 représentent, sur la

carte des régions, les aires d'influence des Ateliers d'analyse de courbes pour les seconde et troisième phases d'une part et les deux variantes possibles de l'éventuelle quatrième phase. Le tableau 3 résume la mise en place de ces Ateliers et évalue leurs "productions" en stations-années équivalentes hebdomadaires des SRAE rattachés à ces Ateliers, rattachements variant d'une phase à la suivante.

5.2.4. - Le Centre de calcul et le traitement des données

Les problèmes à résoudre sont de trois ordres :

a) tout d'abord, comment doit-on articuler Centres de calcul et Secteurs hydrométriques ou plus exactement quelle situation peut occuper le Centre de calcul vis-à-vis du SRAE ?

b) ensuite, quelle importance donner aux Centres de calcul dans le traitement des données où plus précisément à qui confier les traitements spécialisés ?

c) enfin, comment mettre en place ces Centres de calcul et quelle évolution peut-on leur prévoir ?

Pour la résolution des problèmes des deux premiers ordres, on est conduit à proposer trois hypothèses d'articulations entre SRAE et Centres de calcul qui deviennent six en tenant compte de la plus ou moins grande intervention possible de l'échelon national (Cf. figure 18).

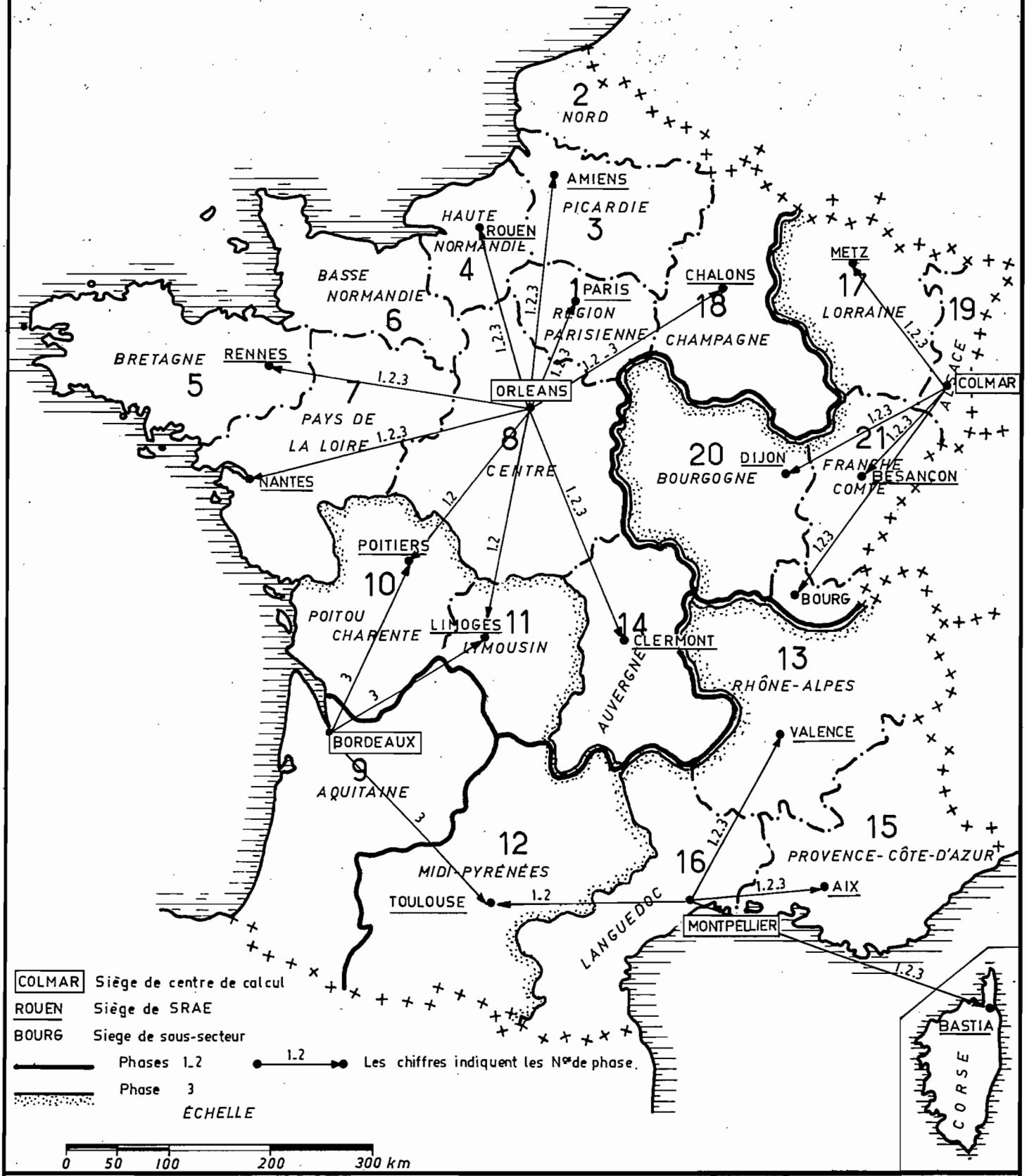
Dans la première hypothèse, on adopte la solution théorique logique, présentée dans les chapitres précédents, c'est-à-dire la création de Centres interrégionaux de calcul hydrologique CICH, dotés d'analyseur de courbes et indépendants des SRAE dont ils traitent les données. Il est souhaitable que ces Centres soient implantés pour permettre une transmission optimale de l'information). Leur nombre coïncide avec celui des Ateliers d'analyse de courbes : 4 à 6.

Dans la seconde hypothèse, on rapproche autant que faire se peut l'analyse de courbes des tâches de terrain, en intégrant l'Atelier d'analyse de courbes dans un SRAE (à l'intérieur du B.T.S. du Secteur hydrométrique, par exemple) qui devient SRAE Centraliseur d'Hydrométrie (SRAECH) traitant ses propres données et celles des SRAE voisins. Il subsiste un Centre interrégional de calcul hydrologique CICH seulement chargé des traitements de routine et spécialisés. Ce CICH est indépendant du SRAECH. Il est souhaitable qu'il soit dans la même ville et dans ce cas il y a 4 à 6 SRAECH et autant de CICH. On peut cependant envisager que le CICH peut encore concentrer le traitement et recevoir les données de 2 SRAECH par exemple ; dans ce cas, leur nombre pourrait être réduit.

Fig. 16

Mise en place des ateliers d'analyse de courbes

1º 2º et 3º phases

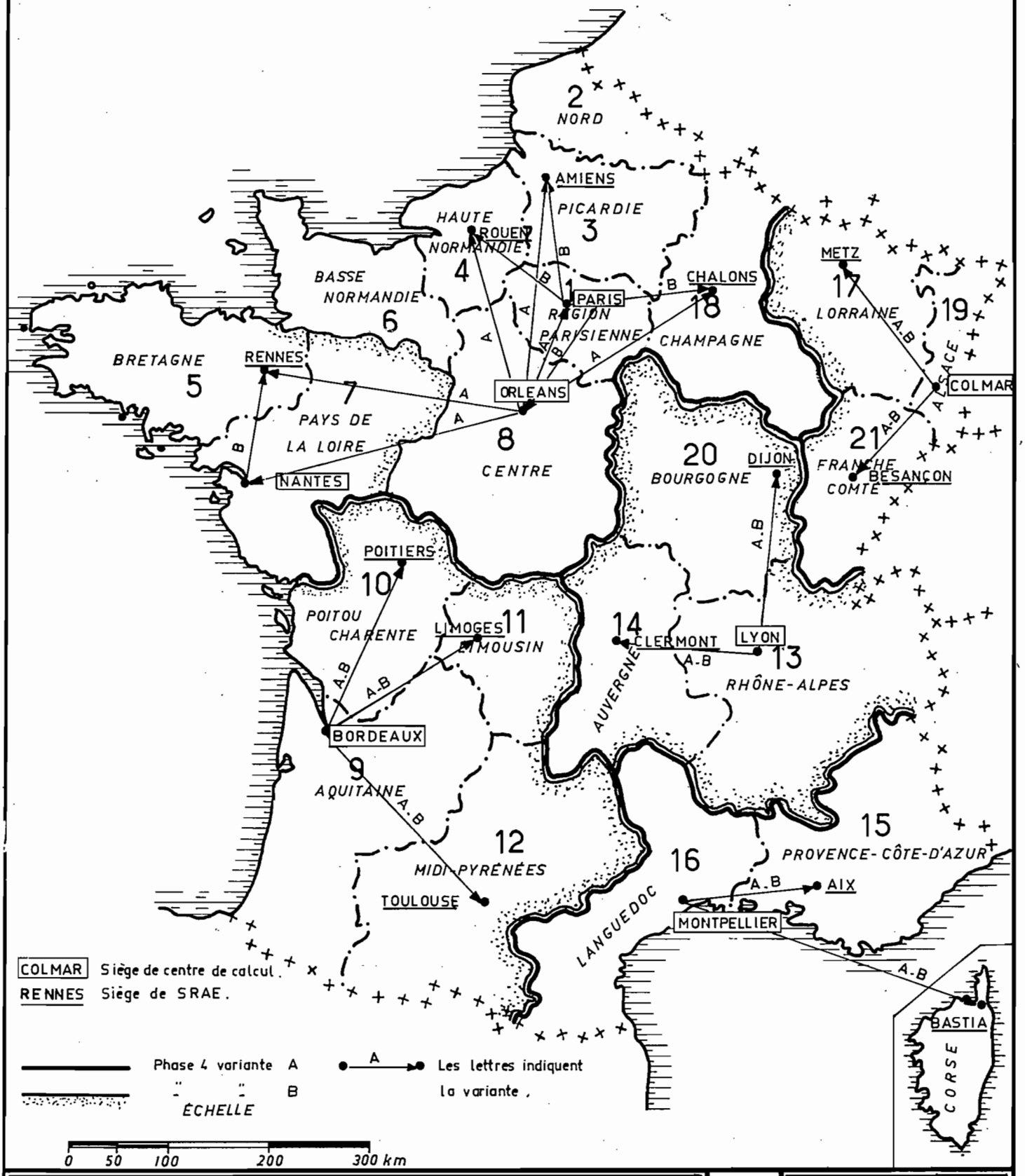


Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer | J.G. 8.P.69 | HEX - 156

Fig. 17

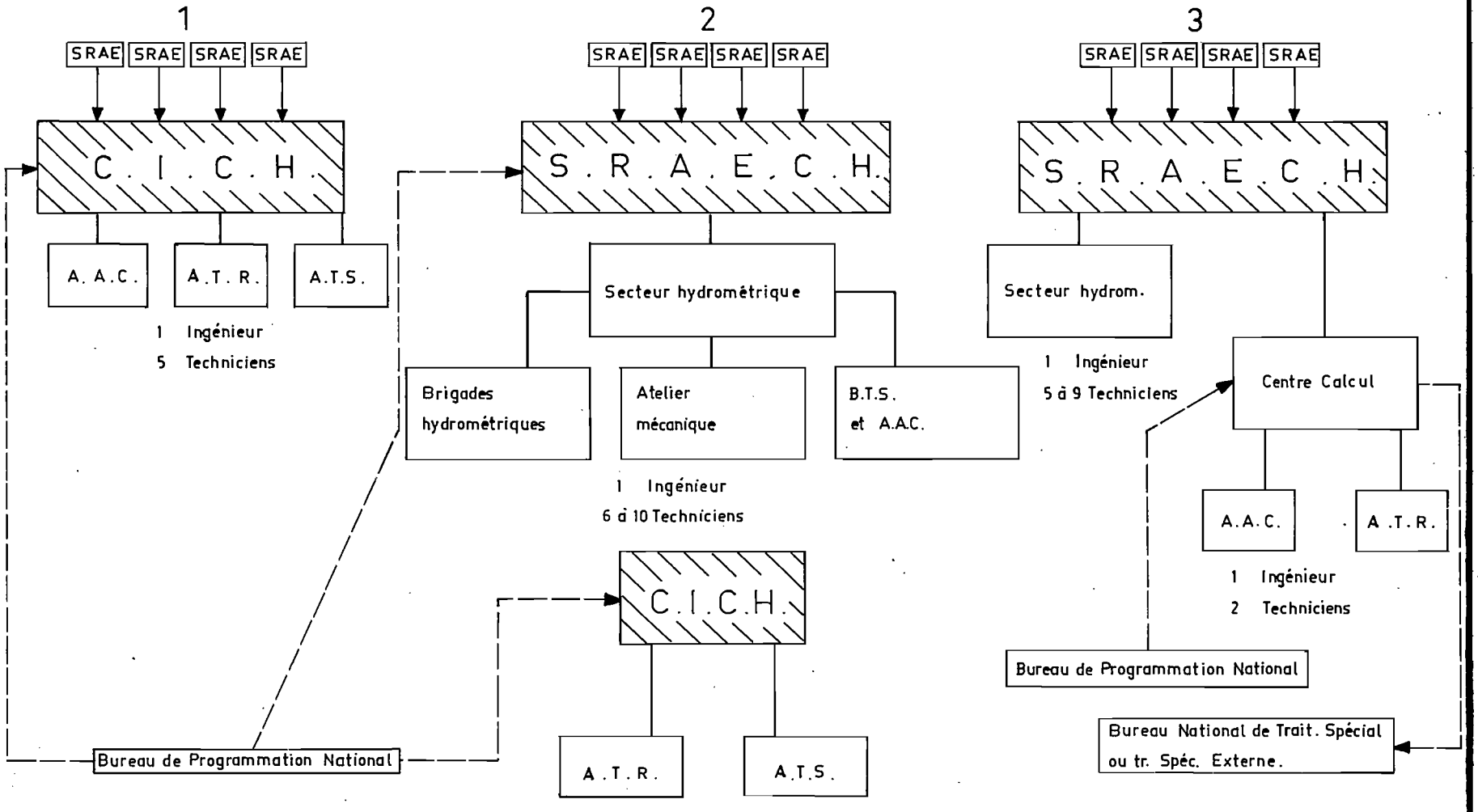
Mise en place des ateliers d'analyse de courbes

4° phase (deux variantes)



Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer | J.C. 6.8.69 | HEX_157

Le traitement des données dans plusieurs hypothèses d'articulation entre SRAE et Centre de Calcul



C.I.C.H. Centre Interregional de Calcul Hydrologique.
S.R.A.E.C.H. SRAE Centralisateur d'Hydrométrie.
A.A.C. Atelier d'Analyse de Courbes.
A.T.R. Atelier de Traitement de Routine.
A.T.S. Atelier de Traitement Spécialisé.

Fig. 18

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
H.T.
J.G.
HEX. 158

TABLEAU 3

MISE en PLACE des ATELIERS d'ANALYSE de COURBES

Phases	1er Atelier	2ème Atelier	3ème Atelier	4ème Atelier	5ème Atelier	6ème Atelier	7ème Atelier
1ère	COLMAR 123	MONTPELLIER 106	-	-	-	-	-
2ème	COLMAR 123	MONTPELLIER 106	ORLEANS 142	-	-	-	-
3ème	COLMAR 123	MONTPELLIER 71	ORLEANS 118	BORDEAUX 67			
4ème A	COLMAR 100	MONTPELLIER 90	ORLEANS 175	BORDEAUX 110	LYON 140		
4ème B	COLMAR 100	MONTPELLIER 90	-	BORDEAUX 110	LYON 140	NANTES 85	PARIS 90

Les nombres soulignés sont les stations-années en équivalents hebdomadaires (état 1969).
Les nombres non soulignés " " " (état 1978).

Pour ces deux hypothèses, deux variantes possibles :

a) il existe un Bureau de programmation national et les ateliers de traitement spécialisé des CICH peuvent être mis en place selon les besoins et après les Ateliers d'analyse de courbe et A.T.R. qui doivent exister dès la création des CICH ;

b) il n'y a pas de Bureau de programmation national, dont la fonction est tenue (mais certainement pas de manière aussi homogène quant à l'élaboration des programmes) par les Ateliers de traitement spécialisé qui doivent donc être mis en place dès le début.

Dans la troisième hypothèse, on poursuit dans la voie de la réduction des tâches confiées aux Centres de calcul en leur retirant les activités spécialisées. Le Centre de calcul est une unité faisant partie, au même titre que le Secteur hydrométrique, d'un SRAE Centralisateur d'Hydrométrie. On y analyse les courbes et on y effectue les traitements de routine. L'existence du Bureau de programmation national est indispensable.

Il y a deux variantes pour le traitement spécialisé des données :

a) on crée un Bureau national de traitement spécialisé à cet effet ;

b) on fait effectuer les traitements spécialisés à l'extérieur, programmation incluse. Chaque SRAE peut alors passer commande de ses traitements à l'entreprise de son choix, directement ou par le canal du SRAECH, ou même par celui de l'échelon national.

En conclusion, la seconde hypothèse paraît une solution intermédiaire, et il semble que le choix doive se circonscrire entre les hypothèses 1 et 3, le Bureau de programmation national existant. Quant au traitement spécialisé des données, il dépend des intentions de limiter à l'hydrométrie ou d'étendre à toute l'hydrologie le champ des activités propres au secteur public dans le territoire rural. Ce qui est en cause ici, c'est la programmation c'est-à-dire la conception et la partie noble des études ; peu importe en effet que ce traitement soit matériellement exécuté sur un ordinateur appartenant au secteur public - locataire ou propriétaire - ou sur un ordinateur extérieur dont le gestionnaire en loue les services.

L'implantation des Centres de calcul appelle quelques commentaires. Comme il est souhaitable qu'une telle implantation coïncide avec une ville siège de SRAE ou de SRAECH d'une part et qu'au début il s'agit de mettre en oeuvre des Ateliers d'analyse de courbes, l'implantation évidente est celle des sept villes retenues pour ces Ateliers. Une autre influence sur l'implantation pourrait être la proximité des autres organismes faisant de l'hydrométrie et avec lesquels les Centres de calcul échangent des informations. Ces organismes sont tout d'abord les Circonscriptions Electriques,

EDF-DTG, et les Agences de Bassins, puis le CERAFER et les autres gestionnaires du territoire rural, enfin les autres gestionnaires (GRPH, REH, CNR, Services de navigation ... etc ...). On notera que le CERAFER projette d'équiper en unités de calcul automatique ses divers échelons interrégionaux. Le tableau 4 présente les principaux groupements urbains sièges de ces organismes, plus ou moins classés selon l'importance et le nombre des liaisons. Le choix précédent des 4 ou 6 villes, dans une liste de 7, se confirme à l'exception peut-être de Bordeaux concurrencée par Toulouse (dans la zone d'influence de ces 2 villes, Bordeaux est la moins éloignée de toutes les autres, d'où le choix fait).

L'introduction de nouveaux limnigraphes ne devrait pas modifier cette situation. Les enregistrements codés se transmettront par la poste et même par Telex dans le cas de la bande du OTT 20.061.

5.2.5. - L'échelon national

Le développement des unités constituant l'échelon national est urgent à partir du moment où se mettent en place les Ateliers d'analyse de courbes, les Centres de calcul et le traitement des données sur ordinateur. Il faut éviter que dans ces nouveaux domaines relatifs aux maillons 5 à 9 de la chaîne de gestion ne s'installent des méthodes et des moyens souvent disparates et que des efforts identiques, donc pour beaucoup inutiles, ne se dispensent en divers lieux comme cela a dû affecter le domaine des activités de terrain.

Les questions propres aux activités de terrain et aux tâches de bureau en Secteur hydrométrique doivent être coordonnées par le Bureau des méthodes et celui du matériel. Ces deux Bureaux peuvent être dirigés par un ingénieur assisté au total de 3 à 4 agents, un ingénieur si possible et des techniciens supérieurs. A côté de ce groupe méthodes-matériel, il y a le groupe informatique avec les Bureaux de programmation et la Banque des données. On vient de voir la nécessité d'un Bureau national de programmation (paragraphe 5.2.4.) dont la mise en place devrait être immédiate. Les tâches actuelles en sont lourdes. Tout le traitement de routine et la mise en oeuvre des lecteurs de courbes est à élaborer dès maintenant. Deux ingénieurs ne seront pas de trop pour cela.

La Banque des données rassemble à l'échelon national les données qui sont élaborées par les A.T.R., données que ceux-ci évidemment conservent pour la diffusion au plan régional. On peut envisager une publication d'annuaires régionaux ou interrégionaux à la diligence des A.T.R. comprenant toutes les stations de base et une publication d'un annuaire national comprenant une sélection des annuaires régionaux, que réaliserait la banque de données.

TABLEAU 4

LISTE des PRINCIPAUX GROUPEMENTS URBAINS SIEGES d'ORGANISMES SUSCEPTIBLES d'ECHANGER des INFORMATIONS avec les SRAE

PARIS	1ère C.E. - Agence Seine-Normandie - CERAFER - Service Navigation Seine
LYON - St-ETIENNE	DTG - Agence Rhône-Méditerranée - Service navigation Rhône - CNR - GRPH - REH
TOULOUSE	5ème C.E. - DTG - Agence Adour-Garonne - GRPH - REH
GRENOBLE	6ème C.E. - DTG - CERAFER - GRPH
NANTES	3ème C.E. - Service Navigation Loire
DIJON	2ème C.E.
LIMOGES	4ème C.E.
BRIVE	DTG - GRPH
ORLEANS	Agence Loire-Bretagne
METZ - NANCY	Agence Rhin-Meuse - CERAFER
LILLE - DOUAI	Agence Artois-Picardie
AIX - MARSEILLE	Canal de Provence - CERAFER - GRPH - REH
MONTPELLIER-NÎMES-BEZIERS	Bas-Rhône Languedoc - GRPH
CLERMONT-FERRAND	CERAFER - REH - SOMIVAL
TARBES	Côteaux de Gascogne
BORDEAUX	CERAFER - Landes de Gascogne
MULHOUSE - COLMAR	GRPH
RENNES	CERAFER
BASTIA	SOMIVAL

Les villes susceptibles d'être dotées de Centres de calcul (stade analyse de courbe) sont soulignées.

Enfin, suivant que le traitement spécialisé est ou n'est pas réalisé à l'échelon national, la division informatique sera plus ou moins étoffée en personnel compétent.

L'équipement matériel de cette division est au moins équivalent à celui d'un Centre de calcul, type lourd (figure 14).

La figure 19 schématise l'échelon national.

5.3. - Incidence des coûts

Au début des études entreprises pour aboutir à ce rapport, on aurait pu penser que plusieurs combinaisons de dispositifs possibles pour équiper la chaîne de gestion d'une part, et que plusieurs articulations de structures destinées à faire fonctionner cette chaîne d'autre part entreraient en compétition sur le plan technique et administratif, et qu'en conséquence un recours à l'aspect économique et financier aurait seul pu trancher entre ces diverses alternatives.

Il n'en est rien en réalité. L'examen technique suffit pour choisir. Plusieurs combinaisons ne sont pas encore opérationnelles et l'urgence oblige à adopter la première, celle qui utilise le lecteur de courbe. En matière d'équipements de stations limnigraphiques, on voit bien que les solutions en présence, une fois l'urgence satisfaite, sont :

a) conserver la combinaison limnigraphe classique + lecteur de courbe opérationnelle dès maintenant ;

b) adjoindre à tous les limnigraphes actuels un codeur à bande magnétique (modèle DTG-ENEL) dès qu'il sera opérationnel en 1971 (?) ;

c) introduire les limnigraphes OTT à BP et NEYRPIC à ruban imprimé dès qu'ils seront opérationnels - 1970 pour l'un, 1972 (?) pour l'autre - et au fur et à mesure des besoins pour création de stations et renouvellement du parc ancien ;

d) introduire les nouveaux limnigraphes d'un seul coup en réformant tout le parc ancien.

Sur le strict plan financier, la solution a) est la moins chère puisqu'il faut acheter les lecteurs de courbe et puisque les limnigraphes actuels sont moins chers que toutes les nouveautés. Par rapport à cette solution a), on peut essayer de classer les trois autres. Pour cela on a estimé un plan de croissance du réseau directement inspiré des conclusions du chapitre I (Cf. paragraphe 1.3.3.) et qui figure sur le tableau 5. On a simplement admis qu'il suffisait de calculer le supplément dû à chaque solution,

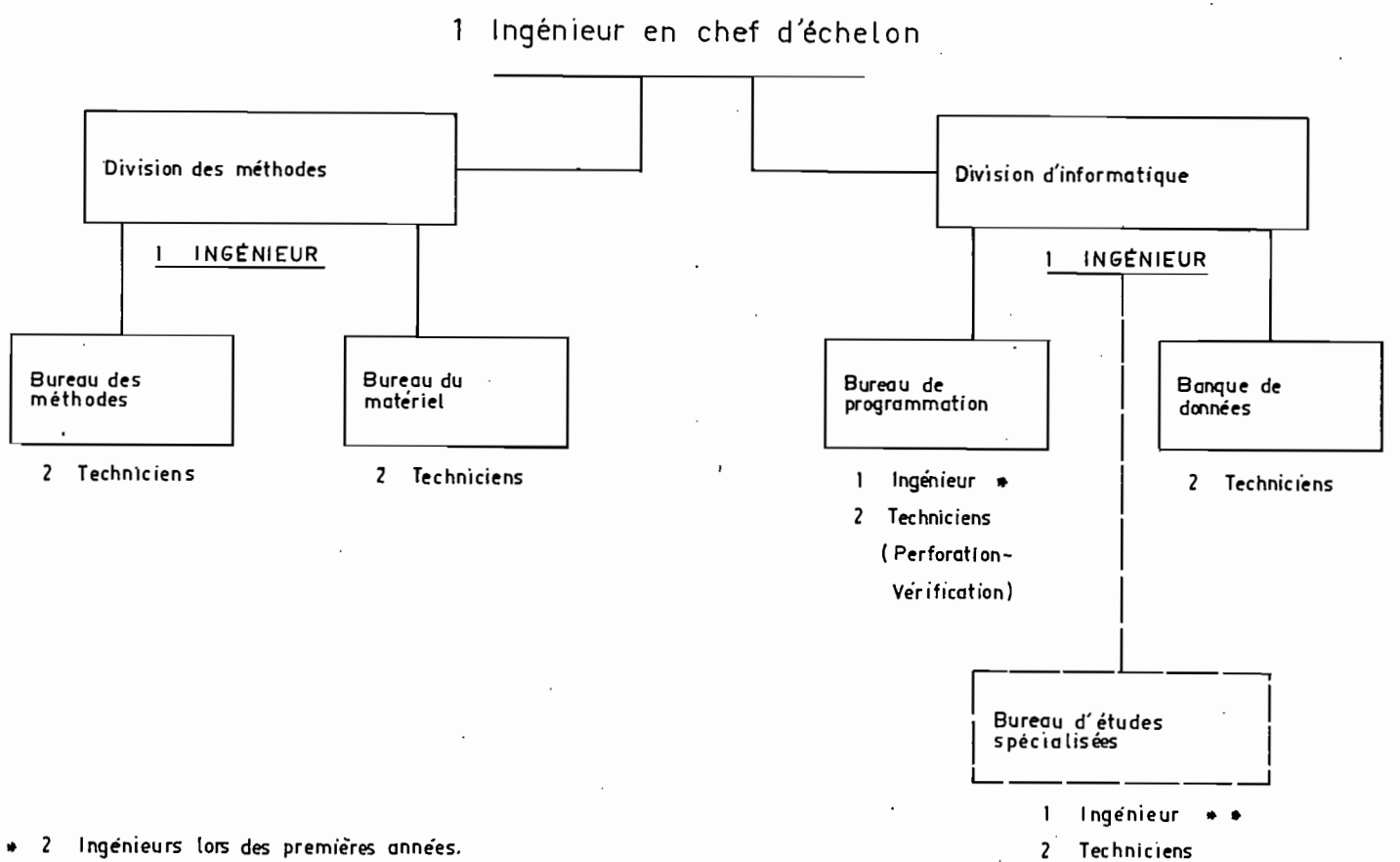
TABLEAU 5

HYPOTHESE de CALENDRIER de CROISSANCE du RESEAU HYDROMETRIQUE

Années	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Nombre total de stations	400	500	600	700	800	900	1000	1050	1100	1150	1200
Nouvelles stations		100	100	100	100	100	100	50	50	50	50
Renouvellement d'appareils			20	20	20	20	20	20	80	100	100
Total d'appareils à acquérir		100	120	120	120	120	120	70	130	150	150
Part des appareils nouveaux à acquérir dans ce total				50	50	120	120	70	130	150	150
Stations équipées d'anciens limnigraphes (reste)	400	500	600	650	700	680	660	640	560	460	360

N.B. - Il n'a pas été tenu compte de la constitution d'un lot de limnigraphes de réserve, égal au moins à 5 % du parc, soit à 60 appareils en 1978.

Composition de l'Échelon national



* 2 Ingénieurs lors des premières années.

** 2 Ingénieurs au bout de quelques années.
(passage d'un ingénieur du B. Program. à ce B. d'Études.)

——— Hypothèse du Traitement spécialisé à l'échelon national.

Fig. 19

à partir des bases de 1 000 F pour le codeur BM, 4 000 F pour le OTT 20.061 et 2 000 F pour le NEYRPIC à RN. Ces dépenses ont été actualisées à 1969, avec un taux d'actualisation de 5 %. On a également tenu compte de la valeur résiduelle des équipements anciens sur la base d'un amortissement en 15 ans.

Le classement des excédents de coût actualisé, par rapport à la solution a), était prévisible :

- solution b) codeur BM 1 100 000 F
- solution c) nouveau parc graduel 1 475 000 F
- solution d) nouveau parc immédiat 4 400 000 F

Ces chiffres confirment ce que l'étude technique proposait : le choix doit être fait entre l'adjonction de codeurs à BM et l'introduction progressive selon les besoins des limnigraphes OTT à BP et NEYRPIC à RN, l'une ou l'autre de ces solutions paraissant techniquement meilleure que la solution a).

Quant aux problèmes posés par les diverses articulations envisagées entre structures (SRAE et Centre de calcul) et par l'importance de ces diverses structures, ils ne paraissent pas justifier un examen financier.

L'importance des structures s'imposera d'elle-même au fur et à mesure du développement du réseau et des traitements de données. L'articulation des structures, quelle que soit l'hypothèse retenue, conduit à des besoins en matériel et en personnel, à peu près équivalents. Dans ce domaine, c'est le point de vue administratif après examen technique qui tranchera l'incidence financière étant minime.

CHAPITRE VI

CALENDRIER de REALISATION et VUES PROSPECTIVES

Ce chapitre est une conclusion en deux temps : un calendrier de réalisation des diverses opérations, examinées dans le rapport, et dont la mise en oeuvre conditionne la pleine et rationnelle gestion du réseau hydrométrique, calendrier suivi de vues prospectives sur l'évolution à moyen terme (6 à 10 ans) de ce qui aura été créé à court terme (1 à 5 ans).

6.1. - Calendrier de réalisation

La figure 20 rassemble et simplifie les diverses conclusions auxquelles les études ont conduit tout au long de ce rapport.

On propose dans le cadre choisi pour que le réseau hydrométrique du territoire rural achève sa grande croissance, à savoir d'ici 1978, un échéancier probable de la réalisation d'un certain nombre d'opérations-clés :

a) planification du réseau minimal et rationalisation du réseau dense et ancien à développer de 1969 à 1973-74 dans la plupart des régions et surtout à l'échelle des bassins hydrographiques ;

b) mise en place des Ateliers d'Analyse de courbes et des Centres de calcul qui les contiennent, ce qui inclut évidemment la mise en train du traitement de routine sur ordinateur ;

c) étoffement de l'échelon national avec indication du développement graduel de ses tâches d'informatique : programmation de routine, banque et annuaire, études spécialisées ...

d) création des nouvelles stations hydrométriques avec indication d'un volume annuel approximatif et des échéanciers d'introduction en réseau des nouveaux limnigraphes.

Dans cette seconde série d'opérations, il y a une stratégie à élaborer d'ici 1971, année supposée être celle du début d'introduction possible en réseau du limnigraphe OTT 20.061.

Cette étude de stratégie s'exprime ainsi : comment procéder à l'introduction de nouveaux limnigraphes ? à la demande n'importe où dans le territoire, ou en des zones choisies et selon quels critères ?

L'introduction de nouveaux limnigraphes cause un bouleversement total de la chaîne de gestion, plus grand que celui dû aux lecteurs de courbes. Il faut donc procéder à cette introduction par zones pilotes bien choisies, possédant un personnel bien qualifié. Or ces zones risquent d'être a priori les mêmes que celles où l'on aura implanté les lecteurs de courbe et il paraît inefficace et malencontreux de créer un second bouleversement là où seraient à peine en marche régulière des Centres de calcul tout récent.

Il paraît rationnel, au stade de la création et de l'organisation, d'éviter dans un même Centre la juxtaposition des Ateliers d'analyse de courbes et l'exploitation des bandes codées des nouveaux équipements ; l'introduction de ceux-ci devrait se faire dans les régions non atteintes par la mise en place de ces lecteurs de courbe.

On est donc amené à regarder vers les derniers projets de Centres de calcul pour les créer sur la base d'équipements nouveaux, sans passer par le stade "lecteur de courbe" ; ce pourrait être le cas de Lyon et Paris, les Centres précédents de Colmar, Montpellier, Bordeaux et d'Orléans (à relayer par Nantes ?) subsistant avec lecteurs de courbe.

La vitesse d'introduction des équipements neufs dépendra de la performance de ceux-ci ; il en sera de même de la part que pourront prendre ces équipements dans l'ensemble du réseau. L'adaptation aux traitements des bandes codées se fera ainsi progressivement ensuite dans les Centres dotés d'analyseurs, si l'intérêt s'en fait sentir. Avant ou après 1978 ? Difficile à prévoir.

Dans les zones d'influence des Centres de calcul ainsi choisies (Lyon, Paris ...), l'introduction des nouveaux limnigraphes devrait se faire en une seule fois dans une région (ou à la rigueur dans un sous-secteur départemental), avec un maximum de deux régions à la fois. L'opération pourrait s'exécuter à la faveur des basses eaux d'été ou peut-être de celles d'hiver (périodes de gel). Les stations tertiaires de contrôle ne nécessitant pas la production de chroniques (H,t) resteraient équipées de limnigraphes classiques. Les stations de base et les tertiaires de projet seraient équipées à neuf, leurs appareils étant redistribués dans les régions de la zone couverte par les Centres dotés de lecteurs de courbe (Colmar, Montpellier, Bordeaux, Orléans).

Bien évidemment, cette stratégie devra être adaptée aux cas réels, en temps utile ; c'est un problème de tactique.

Fig. 20

Calendrier probable de réalisation de la gestion rationnelle du réseau hydrométrique

OPÉRATIONS A METTRE EN OEUVRE	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975 à 1978
Planification du réseau minimal	LORRAINE PAYS DE LA LOIRE	BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ	AQUITAINE NORD	CENTRE CHAMPAGNE CORSE POITOU H^te NORMANDIE PICARDIE			
Rationalisation du réseau	ALSACE	LANGUEDOC RHÔNE-ALPES	MIDI-PYRÉNÉES LIMOUSIN	AUVERGNE PROVENCE	Envisager	BRETAGNE B^te NORMANDIE	→ ?
Centre de calcul avec analyseurs de courbes " sans "	Procédures d'emploi Programmation	COLMAR MONTPELLIER	ORLÉANS	BORDEAUX LYON	PARIS NANTES		
Échelon national	Division des méthodes Bur. programmation	Banque de données	Bureau d'études spécialisées ?				
Création de nouvelles stations hydrométriques	100	100	100	100	100	100	50 / an
Introduction O.T.T. 20 061		Appareils pilotes - Mise au point - chaine de gestion	Introduction possible en réseau →				
Introduction NEYRPIC asservi à R N	Essai du prototype 001	Mise au point Fabrication série ?	Appareils pilotes - Mise au point - Chaine de gestion ?	Introduction possible en réseau ? →			
Introduction du codeur à B.M.	Essais de terrain	Appareils pilotes - Mise au point ? Chaine de gestion	Introduction possible en reseau ? →				
Limnigraphe S.F.I.M.	Essais laboratoire CERAFER	Essais de terrain du prototype → ?					

NB : ? Désignent des opérations sur la réalisation desquelles des réserves de date ou d'opportunité peuvent être formulées.

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer | 6.8.69 J.C. | HEX - 160

L'adjonction de codeurs magnétiques aux limnigraphes classiques pose des problèmes seulement au niveau du traitement des données. On pourrait donc admettre que cette adjonction se fasse graduellement par régions, en commençant indifféremment dans les zones couvertes par des Centres à lecteurs de courbe ou non.

6.2. - Vues prospectives

La plus grande partie du calendrier de réalisation sera terminée vers 1973-74. Les structures de traitement des données seront alors toutes en place, quels que soient les équipements de terrain, et leur fonctionnement aura atteint un rythme régulier ; seule se poursuivra, à vitesse réduite, la croissance du réseau.

Il sera lors temps d'étudier les modifications d'avenir qui pourraient bien s'imposer quelques années plus tard. Ces modifications seraient susceptibles d'apparaître à l'examen prospectif des deux points suivants :

- développement du traitement sur ordinateur en temps partagé à partir de terminaux ;

- besoins de télétransmission rapide de l'information au lieu de la collecte différée dans certains cas, notamment pour les problèmes de simulation en temps réel de la gestion d'ouvrages régulateurs d'aménagements hydrauliques à buts multiples (pénurie d'eau) ou problèmes d'annonce de crue.

La première modification résulterait de l'emploi de terminaux d'ordinateur.

Un terminal est un équipement de transmission automatique des données utilisant le réseau téléphonique avec des vitesses variables de 200 à 600 et même 1 200 bauds (1), et relié à un ordinateur [9].

Cet équipement est commandé par un clavier d'interrogation-réponse auquel on connecte le - ou les - périphérique correspondant au support des données : lecteur de cartes, lecteur-perforateur de bande, lecteur-enregistreur de bande magnétique.

---

(1) Le baud est l'unité de rapidité de modulation, qui équivaut à un bit par seconde ; il faut près de 10 bits pour transmettre un caractère.

Le terminal sera très intéressant rapidement pour la liaison entre Centres de calcul et ordinateurs. Cela facilitera grandement tous les traitements de routine. Ultérieurement, il en sera de même pour les traitements spécialisés et dans ce cas l'accès à un très gros ordinateur, dans une autre ville que le Centre de calcul, peut être obtenu pour des volumes importants de données ou de calculs (études sur modèles).

On pourrait envisager de doter les Secteurs hydrométriques de terminaux pour diminuer les temps d'aller-retour et d'attente entre SRAE et Centre de calcul ; mais la rapidité de transmission est telle que le terminal ne servirait pas à 10 % de sa capacité pour assurer tout le traitement de routine du Secteur. Est-ce efficace ? Gain de temps d'un côté, réduction possible des effectifs et équipements des Centres de calcul (plus de traitement de routine) mais par contre investissement accru et gonflement de l'effectif régional. L'étude pourrait être faite dans quelques années.

A partir d'un Centre de calcul, l'emploi du terminal est possible quel que soit le support codé de l'information à traiter par l'ordinateur : carte et bande perforées, bande magnétique.

Par contre, à partir d'un SRAE, l'emploi du terminal souffre quelques restrictions :

a) le ruban numérique NEYRPIC devant être traité par un lecteur optique connecté directement à l'ordinateur (on-line), la transmission des données qu'il porte ne peut se faire par terminal ;

b) les limnigrammes classiques à dépouillement par lecteur de courbe (implanté généralement hors SRAE, en Centre de calcul) ne peuvent également pas être transmis par terminal.

Seules les observations limnigraphiques sur bandes perforées ou magnétiques (OTT 20.061, codeur DTG-ENEL ...) pourraient profiter de la transmission par terminal.

La seconde modification aurait un caractère limité aux cas particuliers nécessitant la télétransmission des données pour traitement en temps réel. On tombera alors dans des équipements limnigraphiques couplés à des émetteurs-radio et à la mise en place d'un Centre de réception radio des données (ville de SRAE ou de CICH ou non). Si le traitement exige l'ordinateur, le Centre de réception radio devra être doté d'un terminal pour assurer le relai.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] H. ANDRE, J. FLEURE - 1969 - "Appareillage pour l'enregistrement, la télémesure et le traitement de l'information dans le domaine des stations de jaugeage et des stations-usines" - EDF-DTG - Communic. SHF - Comité Technique de Mars 1969.

[2] J. FLEURE - 1968 - "Traitement de données de débits sur calculatrice électronique" - Thèse de Doc. Ing. - Fac. Sc. de Grenoble

[3] Y. CORMARY, C. GENIN - 1967 - "Traitement automatique de l'information en hydrologie. Transcription et dépouillement de pluviogrammes et limnigrammes" - B.E.P.

[4] P. DUBREUIL - 1968 - "Les conceptions nouvelles dans le domaine du limnigraphe en 1968 ; dispositifs actuellement utilisables, prototypes et projets" - Cah. ORSTOM - Sér. Hydrologie - Vol V n° 4

[5] National Institute for Resources, Sciences and Technology Agency - Japon - 1969 - "Survey of special equipment used in different countries" - Enquête O.M.M.

[6] M.J. GOODSPEED, J.V. SAVAGE - 1968 - "A multichannel digital event recorder for field applications" - Journal of Scientif. Instrum. - 1969 - Série 2 Vol 2 - Australie

[7] F. CLERC - 1969 - "Etude de matériels pour le contrôle d'un bassin" - C.D.C. - Départ. Liquides - Communic. Comité Technique SHF, Session de Mars 1969.

[8] P. DUBREUIL, R. HLAVEK - 1969 - "Conceptions nouvelles en matière de mesures limnimétriques sur les cours d'eau" - Communic. Comité Technique SHF, Session de Mars 1969

[9] Compagnie Industrielle des Télécommunications - CIT - Documentation sur les équipements de transmission de données.