

**PROPOSITION D'AJOUT À L'EXTENSION
DE LA PARTICIPATION DE L'INRS-EAU
À LA RECHERCHE ET AU
DÉVELOPPEMENT DE LA PLATE-
FORME HYDROSOFT**

**PROPOSITION D'AJOUT À L'EXTENSION DE LA PARTICIPATION DE
L'INRS-EAU À LA RECHERCHE ET AU DÉVELOPPEMENT DE LA PLATE-
FORME HYDROSOFT**

Proposition à

HMS Énergie

par

Jean-Pierre Fortin
Serge Massicotte

Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau
2800, rue Einstein, Case postale 7500, SAINTE-FOY (Québec), G1V 4C7

Juin 1996

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	iii
1 SOMMAIRE EXÉCUTIF	1
2 ACTIVITÉS PROPOSÉES	3
2.1 Ajustement de l'état du bassin suite à une modification manuelle des données météorologiques	3
2.2 Intégration des données météo-radar dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques	4
2.3 Prévision aux sites secondaires non-jaugés	6
2.4 Points divers	7
3 PERSONNEL, ÉCHÉANCIER ET COÛTS ASSOCIÉS À LA RÉALISATION DU PROJET	9
3.1 Personnel affecté au projet	9
3.2 Temps alloué, en jours, pour la réalisation du projet	9
3.3 Salaires horaire et journalier du personnel	9
3.4 Échéancier	11
3.5 Coûts salariaux	12
3.6 Frais divers	12
3.6.1 Frais de voyage	14
3.6.2 Frais de fournitures	15
3.6.3 Total et commentaires	15
3.7 Enveloppe budgétaire	15
3.8 Documentation, programmation et tests	15
3.9 Déroulement du projet	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1	Temps alloué en jours pour la réalisation du projet	10
Tableau 3.2	Tarifs horaire et journalier	11
Tableau 3.3	Échéancier en mois	12
Tableau 3.4	Coûts salariaux pour la réalisation du projet	13

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Identification des nouveaux modules à développer pour le système de prévision d'apports naturels	2
Figure 2	Grille d'interpolation et matrice météo-radar	5

1 SOMMAIRE EXÉCUTIF

Cette proposition est présentée dans le cadre de l'entente générale de collaboration entre HMS Énergie et l'INRS-Eau. Une énumération des activités additionnelles que HMS Énergie veut sous-contracter pour la recherche et le développement de la plate-forme HYDROSOFT, ainsi que l'échéancier correspondant jusqu'au mois d'octobre 1996, suivent.

Actuellement, dans la phase 1, l'INRS-Eau participe à la conception des modules suivants: formation des séries chronologiques de données météorologiques, prévision des apports naturels, modèle de calcul des apports naturels, procédure de calibration du modèle, formation des séries d'apports naturels et mise-à-jour de l'état d'un sous-bassin.

HMS Énergie souhaite ajouter trois autres modules à ceux dont l'INRS-Eau est déjà responsable. L'INRS-Eau aurait un mandat de recherche et de développement pour l'amélioration des algorithmes et la programmation en C++ : (1) de l'ajustement de l'état du bassin suite à une modification manuelle des données météorologiques, (2) de l'intégration des données météo-radar dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques et (3) de la prévision aux sites secondaires non-jaugés. Ces trois modules seront intégrés par HMS Énergie afin de produire une version de leur système pour la fin de septembre 1996.

La Figure I présente le système de prévision des apports naturels. La prévision des apports naturels s'appuie sur une analyse statistique des séries d'apports naturels calculés. Ces dernières sont obtenues par l'application du modèle de calcul des apports naturels aux séries chronologiques de données météorologiques, séries formées à partir des données météorologiques, des données climatologiques et des données météo-radar. L'état du bassin est mis-à-jour d'après les dernières observations météorologiques et les dernières mesures d'apports naturels, afin d'obtenir une meilleure estimation de la réponse hydrique du sous-bassin en question. Dans le cas d'une modification manuelle des données météorologiques, l'ajustement de l'état du sous-bassin est effectué. Les nouveaux modules que HMS Énergie souhaite ajouter apparaissent sur fond gris.

Notons, finalement, que sous-bassin principal est un synonyme de site principal et que sous-bassin secondaire est un synonyme de site secondaire.

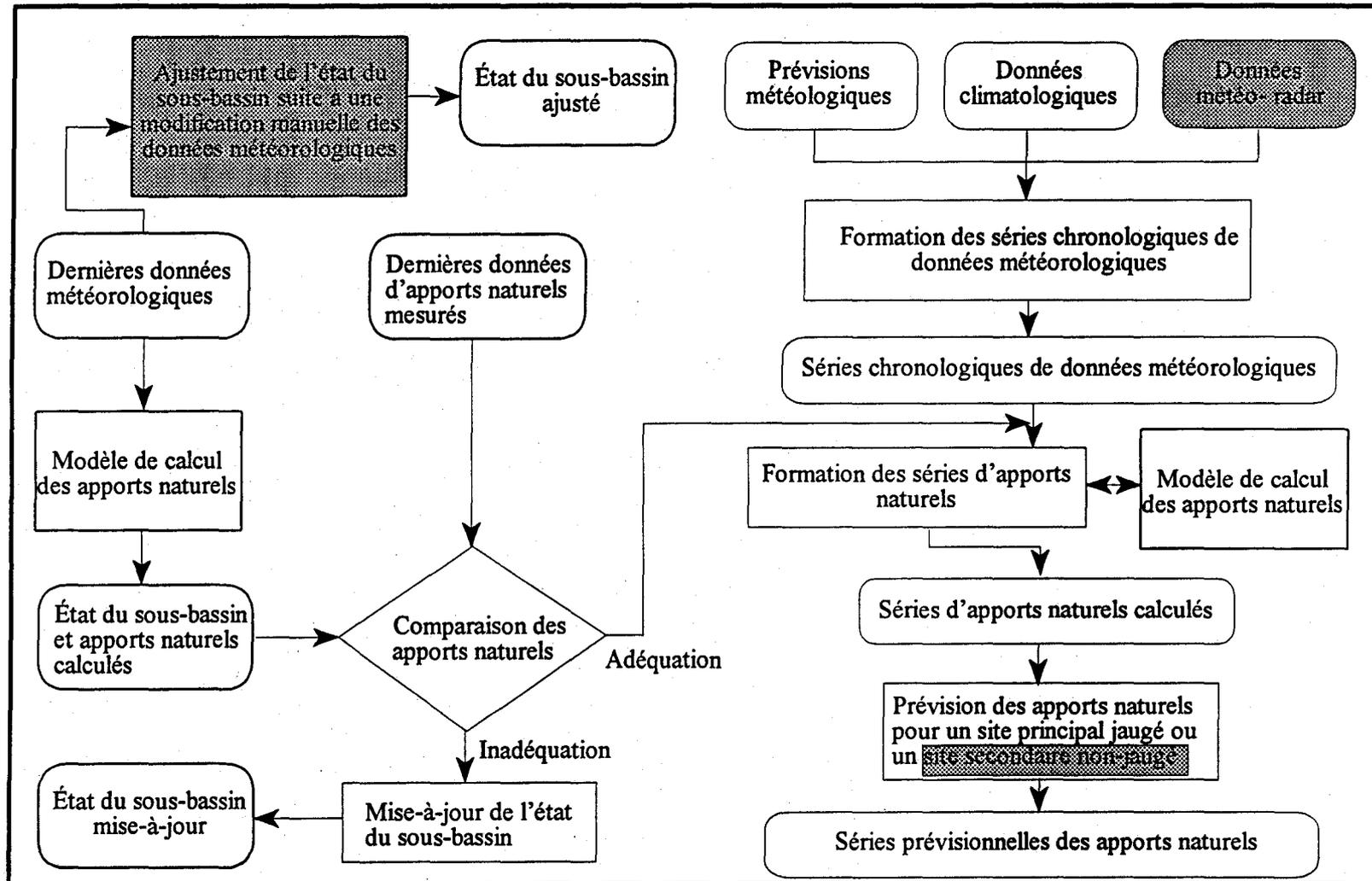


Figure I : Identification des nouveaux modules à développer pour le système de prévision d'apports naturels.

2 ACTIVITÉS PROPOSÉES

Trois activités correspondant aux trois modules nouvellement ajoutés seront réalisées:

- 1) ajustement de l'état du bassin suite à une modification manuelle des données météorologiques;
- 2) intégration des données météo-radar dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques;
- 3) prévision aux sites secondaires non-jaugés.

Ces trois activités produisent des biens livrables qui seront intégrés à HYDROSOFT. Les biens livrables sont constitués du code source, des modèles objet et dynamique, du document d'analyse fonctionnelle et du cahier d'essais. Notons que les modèles objet et dynamique seront mis-à-jour en collaboration avec HMS Énergie.

2.1 Ajustement de l'état du bassin suite à une modification manuelle des données météorologiques

Il est prévu dans la plate-forme HYDROSOFT que l'utilisateur puisse modifier les données météorologiques des derniers jours. Le modèle de calcul des apports naturels conserve les états du bassin des 18¹ derniers jours à partir de la date courante. Le but de ce module est de mettre à jour les états du bassin à partir du premier jour des modifications des données météorologiques jusqu'au jour courant. L'ajustement des états du bassin s'effectue par l'application du modèle de calcul des apports naturels MÉTÉO-APPORT, déjà programmé par l'INRS-Eau. Pour chaque pas de temps, ce dernier ajuste l'état du bassin pour le pas de temps suivant. Les états du bassin sont conservés dans une structure de données, soit le vecteur de VarEtatSousBassinModeleHQ dans la classe SousBassinVueModeleHQ, prévue à cet effet.

Nous avons identifié six activités pour la réalisation du module d'ajustement des états du bassin :

¹ Lorsque le modèle de calcul des apports naturels travaille à un pas de temps de 24h on conserve les états des 18 derniers jours. Pour un pas de temps inférieur à 24h on doit multiplier par 18 le nombre de pas de temps dans 24h.

- établissement de l'interface entre ce module et les autres modules de HYDROSOFT afin de permettre l'acquisition des données nécessaires pour l'ajustement des états du bassin;
- document sur l'analyse fonctionnelle;
- modèle objet et dynamique;
- conception de l'algorithme et programmation en C++;
- établissement de l'interface entre ce module et les autres modules de HYDROSOFT afin de permettre le stockage des états du bassin;
- cahier d'essais.

2.2 Intégration des données météo-radar dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques

La formation des séries chronologiques de données météorologiques repose, en partie, sur l'interpolation aux points d'une grille des données climatologiques et météorologiques aux stations. La grille possède une résolution pouvant varier de 2 à 5 kilomètres, par exemple. Les données météo-radar sont fournies sous forme matricielle où chacune des valeurs porte sur la surface du pixel¹. La Figure 2 illustre une grille d'interpolation et une matrice de données météo-radar, où le trait gras représente la délimitation du sous-bassin versant. Nous rappelons que les données météorologiques sont utilisées par le modèle de calcul des apports, celui-ci est un modèle global. Par conséquent, il ne nécessite qu'une seule valeur de précipitation pour le sous-bassin au complet, et ce, pour chaque pas de temps. Une procédure est déjà programmée dans le cas où les valeurs de précipitation sont calculées avec la grille d'interpolation. Il s'agit donc ici de développer une procédure utilisant les données météo-radar dans le calcul des valeurs de précipitation.

La matrice de données météo-radar fournit une valeur de précipitation en tout point du sous-bassin contrairement à la grille d'interpolation où les valeurs de précipitation sont connues en des points. De plus, la grille d'interpolation permet de déduire ces valeurs à partir de sources d'informations brutes qui sont encore plus disparates sur le sous-bassin, soient les stations climatologiques et météorologiques. Nous croyons qu'une meilleure connaissance de la distribution spatiale des précipitations améliorera la prévision des apports naturels, compte tenu de la sensibilité élevée du

¹Un pixel étant un élément de l'image météo-radar.

modèle de calcul des apports naturels face à cette variable d'entrée.

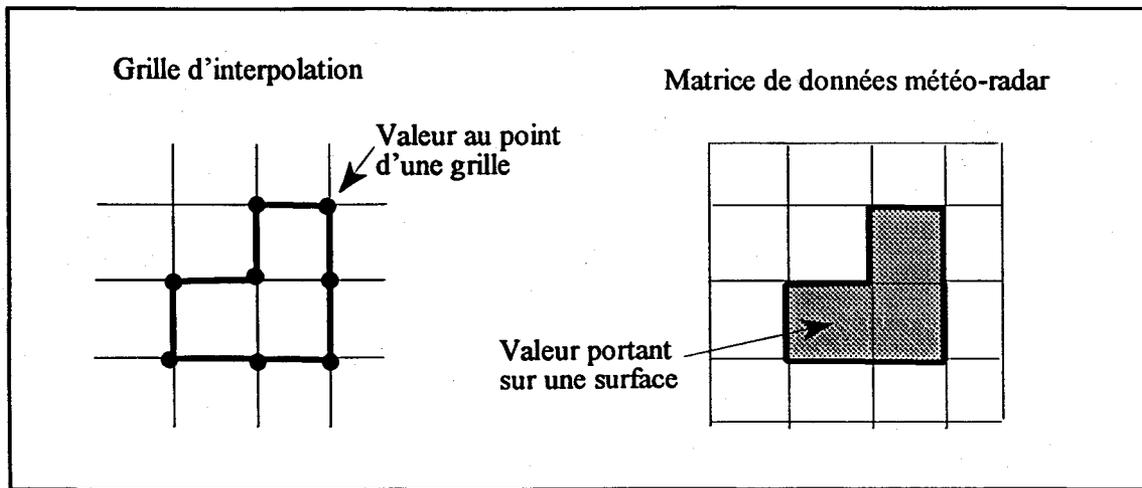


Figure 2 : Grille d'interpolation et matrice météo-radar

Nous posons une hypothèse sur la matrice de données météo-radar: les données ont déjà été étalonnées et validées. Par conséquent, elles ne nécessitent aucun traitement supplémentaire, sauf un rééchantillonnage éventuel, avant leur utilisation dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques.

La stratégie pour l'évaluation des précipitations, à partir de l'image radar, consiste à calculer la moyenne des valeurs de la matrice des données météo-radar se situant dans le sous-bassin versant. Dans le cas où la résolution de la grille d'interpolation et celle de la matrice¹ des données météo-radar ne sont pas identiques, une procédure d'intégration (ou d'interpolation) sera appliquée à la matrice des données météo-radar pour la rendre compatible.

Nous avons identifié cinq sous-activités pour réaliser le module d'intégration des données météo-radar dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques :

- établissement de l'interface entre ce module et les autres modules de HYDROSOFT afin de permettre l'acquisition des données nécessaires à l'intégration des données météo-radar dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques;
- document sur l'analyse fonctionnelle;
- modèle objet et dynamique;

¹ Nous parlons ici de la résolution des pixels de l'image radar qui a été utilisée pour remplir la matrice de valeurs.

- conception de l'algorithme et programmation en C++;
- cahier d'essais.

2.3 Prévision aux sites secondaires non-jaugés

La prévision des apports naturels s'appuie, entre autre, sur le modèle de calcul des apports naturels. Ce dernier est un modèle mathématique qui décrit la relation mathématique entre les données météorologiques, en entrée, et les apports naturels, en sortie. Un ensemble de paramètres permet d'ajuster le modèle de calcul des apports naturels à un sous-bassin jaugé. Cet ajustement des paramètres correspond à la calibration du modèle. Cette étape est essentielle pour l'utilisation du modèle de calcul des apports naturels dans un cadre de prévision.

Dans le contexte de la plate-forme HYDROSOFT, un sous-bassin jaugé est appelé un sous-bassin principal. Celui-ci est subdivisé en sous-bassins secondaires (sites secondaires), ces derniers n'étant pas jaugés. HMS Énergie utilisera un module pour estimer les apports naturels des sous-bassins secondaires. Ces estimations se basent sur une répartition des apports naturels mesurés au sous-bassin principal vers les sous-bassins secondaires, en tenant compte des surfaces de chacun d'eux et de la conservation du bilan hydrique. La reconstitution des apports naturels aux sous-bassins secondaires permet la calibration du modèle de calcul des apports naturels sur ceux-ci. Il sera donc possible d'effectuer des prévisions d'apports naturels aux sites secondaires. Ces prévisions seront d'autant meilleures que les reconstitutions des apports naturels aux sites secondaires seront réalistes.

La modélisation, objet des modules actuellement sous la responsabilité de l'INRS-Eau, permet la plupart des calculs qui sont nécessaires à la prévision des sites secondaires non-jaugés, car le modèle de calcul des apports naturels est déjà programmé. L'emphase sera mise sur l'adaptation des modules afin de permettre une prévision des apports naturels aux sites secondaires, et ce, à des pas de temps d'une heure. Notons qu'HMS Énergie est responsable de l'acquisition des informations dans la base de données.

Nous avons identifié six sous-activités pour réaliser la prévision aux sites secondaires non-jaugés:

- établissement de l'interface entre ce module et les autres modules de HYDROSOFT afin de permettre l'acquisition des données nécessaires pour la prévision aux sites secondaires non-jaugés;
- document sur l'analyse fonctionnelle;

- modèle objet et dynamique;
- programmation en C++;
- établissement de l'interface entre ce module et les autres modules de HYDROSOFT afin de permettre le stockage de la prévision aux sites secondaires non-jaugés;
- cahier d'essais.

2.4 Points divers

L'INRS-Eau produira, en collaboration avec HMS Énergie, un modèle objet et un modèle fonctionnel pour chacun des modules programmés en C++. Préalablement, il complètera une analyse fonctionnelle des modules afin de la présenter aux responsables de HMS Énergie qui pourront y apporter leurs commentaires et suggestions. L'INRS-Eau suivra les normes définies dans le document "Programmation en C++, cahier des normes".

HMS Énergie verra à fournir à l'INRS-Eau une base de données temporaire pour les tests et la validation de ses modules, et ce, pour des pas de temps journalier, de 6 heures et à l'heure. Cette base de données temporaires pourra être utilisée à l'INRS-Eau et elle répondra à l'API défini par l'INRS-Eau et HMS Énergie. De plus, celle-ci devra être disponible avant le début du mois d'août 1996.

HMS Énergie fournira un interface usager aux modules développés par l'INRS-Eau afin de les intégrer à son prototype.



3 PERSONNEL, ÉCHÉANCIER ET COÛTS ASSOCIÉS À LA RÉALISATION DU PROJET

3.1 Personnel affecté au projet

Le projet sera réalisé sous la responsabilité du professeur Jean-Pierre Fortin.

De plus, l'équipe de recherche et développement comprendra:

- M. Serge Massicotte, agent de recherche spécialisé en mathématiques et informatique,
- Mme Josée Fitzback, agente de recherche spécialisée en mathématiques et informatique,
- M. Richard Turcotte, assistant spécialisé en hydrologie,
- M. Pierre Trudel, technicien en informatique,
- M. Stéphane Gagné et Mme Marylène Fillion (selon leur disponibilité), technicien et technicienne en informatique.

3.2 Temps alloué, en jours, pour la réalisation du projet

Le temps alloué à chaque participant représente la durée que nous considérons raisonnable pour mener à bien les activités de recherche et développement du sous-projet auquel il contribue. Ces temps sont présentés au Tableau 3.1.

Dans les tableaux, le personnel est identifié de la façon suivante:

- | | | |
|--------------------------------------------------------|---|--------|
| - Jean-Pierre Fortin | : | JPF |
| - Agents de recherche en mathématiques et informatique | : | A.M.I. |
| - Assistant en hydrologie | : | A.H. |
| - Technicien en informatique | : | T.I. |

3.3 Salaires horaire et journalier du personnel

Les salaires horaire et journalier du personnel, déterminés selon les taux de majoration établis entre l'INRS-Eau et HMS Énergie, sont indiqués au Tableau 3.2.

Tableau 3.1 Temps alloué en jours pour la réalisation du projet.

Activités	juillet 96 - octobre 96				TOTAL
	JPF	A.M.I.	A.H.	T.I.	
2.1) Ajustement de l'état du bassin suite à une ...					
Interface pour l'acquisition des informations		2	1	2	5
Document sur l'analyse fonctionnelle	1	3	3		7
Modèles objet et dynamique		1			1
Conception algorithme et programmation C++		2		5	7
Interface pour le stockage des informations		1		2	3
Cahier d'essais		5	1	3	9
sous-total	1	9	4	9	32
2.2) Intégration des données météo-radar ...					
Interface pour l'acquisition des informations		2		2	4
Document sur l'analyse fonctionnelle	1	3	3		7
Modèles objet et dynamique		2			2
Conception algorithme et programmation C++		3		5	8
Cahier d'essais	1	7	3	3	14
sous-total	2	17	6	10	35
2.3) Prévision aux sites secondaires non-jaugés					
Interface pour l'acquisition des informations		2		1	3
Document sur l'analyse fonctionnelle	1	2	2		5
Modèles objet et dynamique		2			2
Programmation C++		3		3	6
Interface pour le stockage des informations		1		1	2
Cahier d'essais		6	2	3	11
sous-total	1	16	4	8	29
TOTAL	4	42	14	27	87

Tableau 3.2 Tarifs horaire et journalier en vigueur pour le projet

Nom	Tarif horaire	Tarif journalier	Taux de Majoration	Tarif horaire majoré	Tarif journalier majoré
Jean-Pierre Fortin	61.31\$	429.16\$	2.0	122.62\$	858.32\$
Serge Massicotte/ Josée Fitzback	28.48\$	199.35\$	2.0	56.96\$	398.69\$
Richard Turcotte	19.58\$	137.03\$	2.0	39.15\$	274.05\$
Pierre Trudel/ Stéphane Gagné/ Marylène Fillion	18.82\$	131.74\$	2.0	37.64\$	263.47\$

3.4 Échéancier

Le Tableau 3.3 présente l'échéancier des différentes activités. On distingue deux parties dans l'échéancier. Les travaux devraient débuter le 2 juillet 96 et se poursuivre jusqu'à la fin d'octobre 96. Un calcul rapide nous indique qu'il y a 17 semaines disponibles; cependant, si l'échéancier de démarrage est respecté, nous prévoyons compléter les trois modules pour la quatrième semaine de septembre 96, afin d'allouer une période raisonnable pour les tests et la validation. Par conséquent, le développement portera sur 15 semaines, le reste du temps permettra les ajustements nécessaires.

Plusieurs activités s'exécuteront concurremment, les efforts variant selon le temps. Les zones foncées indiquent la période de développement. À la fin de cette période, nous devrions être en mesure d'effectuer l'intégration des modules développés à l'INRS-Eau à l'environnement HYDROSOFT. Les zones pâles représentent une période de tests et d'ajustements dans HYDROSOFT. La majorité des rencontres avec HMS Énergie seront tenues à la période correspondant aux zones foncées. Cependant, d'autres réunions auront lieu pour assurer l'intégration des modules développés par l'INRS-Eau. L'INRS-Eau est responsable de la correction d'avis de problème logiciel (APL) qui seront générés durant la période de tests.

Tableau 3.3 Échéancier en mois

Activités	96			
	juil	aoû	sep	oct
Ajustement de l'état du bassin suite à une modification manuelle des données météorologiques	■	■	■	■
Intégration des données météo-radar dans la formation des séries chronologiques de données météorologiques	■	■	■	■
Prévision aux sites secondaires non-jaugés	■	■	■	■

3.5 Coûts salariaux

Les coûts salariaux (Tableau 3.4) ont été obtenus à partir des informations contenues aux Tableaux 3.1 et 3.3.

3.6 Frais divers

Des frais de voyages et de fournitures seront imputés au projet.

Tableau 3.4 Coûts salariaux pour la réalisation du projet.

Activités	juillet 96 - octobre 96				TOTAL
	JPF	A.M.I.	A.H.	T.I.	
2.1) Ajustement de l'état du bassin suite à une ...					
Interface pour l'acquisition des informations		797,38F	274,05F	526,94F	1 598,37F
Document sur l'analyse fonctionnelle	858,32F	1 196,07F	822,15F		2 876,54F
Modèles objet et dynamique		398,69F			398,69F
Conception algorithme et programmation C++		797,38F		1 317,35F	2 114,73F
Interface pour le stockage des informations		398,69F		526,94F	925,63F
Cahier d'essais	0,00F	1 993,45F		790,41F	2 783,86F
sous-total	858,32F	5 581,66F	1 096,20F	3 161,64F	10 697,82F
2.2) Intégration des données météo-radar ...					
Interface pour l'acquisition des informations		797,38F		526,94F	1 324,32F
Document sur l'analyse fonctionnelle	858,32F	1 196,07F	822,15F		2 876,54F
Modèles objet et dynamique		797,38F			797,38F
Conception algorithme et programmation C++		1 196,07F		1 317,35F	2 513,42F
Cahier d'essais	858,32F	2 790,83F	822,15F	790,41F	5 261,71F
sous-total	1 716,64F	6 777,73F	1 644,30F	2 634,70F	12 773,37F
2.3) Prévision aux sites secondaires non-jaugés					
Interface pour l'acquisition des informations		797,38F		263,47F	1 060,85F
Document sur l'analyse fonctionnelle	858,32F	797,38F	548,10F		2 203,80F
Modèles objet et dynamique		797,38F			797,38F
Programmation C++		1 196,07F		790,41F	1 986,48F
Interface pour le stockage des informations		398,69F		263,47F	662,16F
Cahier d'essais	0,00F	2 392,14F	548,10F	790,41F	3 730,65F
sous-total	858,32F	6 379,04F	1 096,20F	2 107,76F	10 441,32F
TOTAL	3 433,28F	18 738,43F	3 836,70F	7 904,10F	33 912,51F

3.6.1 Frais de voyage

Le Tableau 3.5 présente les réunions prévues à Montréal pour la réalisation du projet. On y retrouve les informations telles que l'objet de la réunion, le lieu, la date approximative, le personnel, le nombre de jours et les coûts.

Dans le Tableau 3.5, le personnel est identifié de la façon suivante:

- Jean-Pierre Fortin : JPF
- Serge Massicotte : SM
- Josée Fitzback : JF

Tableau 3.5 Réunions à Montréal de juin 96 à octobre 96 inclusivement.

Objet	Lieu	Date	Personnel	N ^{bre} jours	Coûts (en \$)
Étude de la procédure pour la prévision aux sites secondaires non-jaugés	HMS	08/07/96	SM	1	150.00
Présentation de l'analyse fonctionnelle	HMS	5/08/96	JPF, SM, JF	1	250.00
Analyse du modèle objet et du modèle fonctionnel	HMS	12/08/96	SM, JF	1	200.00
Phase préliminaire d'intégration	HMS	16/09/96	SM, JF	2	500.00
Phase finale d'intégration	HMS	24/09/96	SM, JF	2	500.00
Tests, validation et ajustements	HMS	1/10/96	SM, JF	2	500.00
Total:					2 100.00

3.6.2 Frais de fournitures

Un micro-ordinateur¹ fourni par HMS qui restera à la disposition de l'INRS-Eau et qui pourra être transféré à d'autres projets si nécessaire.

- Matériel : 2 000.00\$

3.6.3 Total et commentaires

Les frais divers s'élèvent à 4 100.00\$. Toutefois, ces frais pourront éventuellement être réduits si certaines visites prévues à Montréal se passent à Québec, à l'INRS-Eau.

3.7 Enveloppe budgétaire

Les coûts salariaux et les frais divers s'élèvent à 38 012.00\$. Rappelons que ces frais pourront être réduits dans la mesure où certaines réunions, prévues à Montréal, se tiendront à Québec.

3.8 Documentation, programmation et tests

HMS Énergie étant actuellement certifié ISO 9001, l'INRS-Eau s'inspirera le plus possible des procédures actuellement en vigueur chez HMS Énergie (pour la documentation, la programmation et les jeux d'essais).

3.9 Déroulement du projet

Le projet sera divisé en deux parties:

PHASE I Production du document d'analyse fonctionnelle qui inclura un schéma détaillé du système décrivant chacun des modules, leur origine, leurs intrants, leurs sorties ainsi que les fichiers et les liens les unissant. À ce schéma sera joint un échéancier détaillé indiquant les dates de livraison de chacun des modules et des fichiers impliqués. Une réunion² de coordination aura lieu pour approuver ce plan de développement.

PHASE II Réalisation de la PHASE I. Elle se fera selon l'échéancier détaillé prévu au cours de la

¹ Cet ordinateur est déjà en possession de l'INRS-Eau.

² Cette réunion est prévue lors de la présentation de l'analyse fonctionnelle.

PHASE I.

Modalités de paiement

Les paiements s'effectueront selon les modalités suivantes :

- 1/6 de la valeur totale en juillet 1996;
- 1/6 de la valeur totale en août 1996;
- 1/3 de la valeur totale en octobre 1996;
- 1/3 de la valeur totale lors de l'approbation finale du produit par HMS Énergie.