

# Le logiciel Peach, un outil de valorisation des petits aménagements hydroélectriques

*Peach software, a tool for small hydropower sites valorization*

par L. Deroo, N. Van Hecke, F. Isambert

I.S.L. Bureau d'Ingénieurs Conseil

*PEACH software, developed by ISL in collaboration with ADEME and ESHA within the frame of ALTERNER program, is dedicated to preliminary studies of hydropower sites. PEACH covers all technical engineering methods usually used at these preliminary stages ; it also deals with economic and financial analysis of hydropower schemes :*

— hydraulic structures design, choice and selection of electromechanical equipment suiting natural conditions,  
— economical and financial feasibility analysis.

*A software general overview is presented hereafter, which insists on two features : project design methodology with PEACH and engineering methods used by the software.*

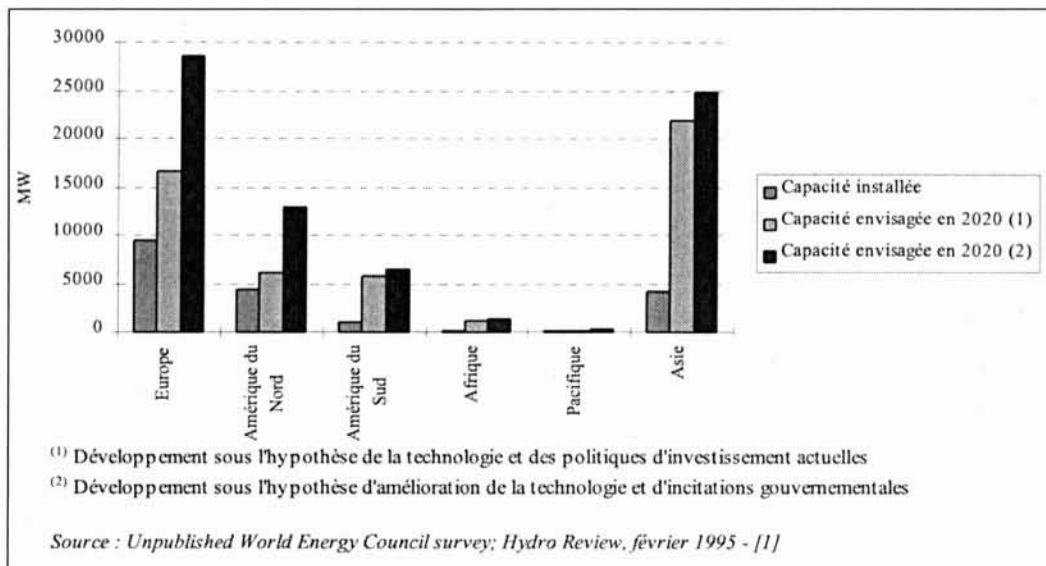
## I ■ INTRODUCTION

En 1995, la puissance installée en Petite Hydroélectricité atteignait 20 000 MW ; un triplement de cette capacité pourrait intervenir avant 2020.

L'Asie, et dans une moindre mesure l'Europe, contribuent à ce potentiel important. Les aménagements de petite hydro-

électricité constituent en effet une source d'énergie renouvelable dont la technique est maîtrisée, et représentent pour les investisseurs une rentabilité appréciable.

Cependant, lorsqu'un site potentiel est identifié, le développement des projets est souvent ralenti par le coût qu'il faut engager pour les études de faisabilité : la mise au point d'un projet de petite hydroélectricité engage de larges com-



1. Petite hydroélectricité : capacité installée et projetée.

pétences techniques, qu'il n'est pas possible de mobiliser à ce stade. PEACH, logiciel d'analyse préliminaire des projets de petite hydroélectricité, permet à une personne possédant des connaissances de base dans ce domaine, de procéder à une définition préliminaire du projet, et d'évaluer ainsi le potentiel d'un site et le coût des aménagements correspondants :

- il apporte une assistance à la conception de l'ensemble des ouvrages de génie-civil du projet,
- il aide à la sélection des turbines adaptées au site envisagé,
- il utilise les données hydrologiques de base pour calculer la recette et faire l'analyse financière du projet : prix du kWh et temps de retour sur investissement.

PEACH a été et est actuellement utilisé par ISL pour réaliser des études et expertises (Plan Directeur Pérou-Bolivie, Nouvelle-Calédonie, Plan Directeur du Nil Bleu). Les développements actuels, réalisés par un groupement ADEME-ESHA-ISL, avec le soutien de la Communauté Européenne visent à promouvoir une large diffusion de cet outil, au moins à l'échelle européenne.

## II ■ PRÉSENTATION D'ENSEMBLE DU LOGICIEL

### ● 2.1 Les objectifs

PEACH a été conçu pour assister le projeteur dans l'analyse préliminaire de projets d'hydroélectricité. Sur la base d'un nombre volontairement limité de paramètres, PEACH permet un prédimensionnement de chacune des composantes du projet ; il en détermine ensuite la performance et le coût. En outre, PEACH fournit une large gamme d'analyse des paramètres économiques et financiers du projet, qui permettent d'en établir la rentabilité et les conditions optimales de fonctionnement.

Le logiciel est conçu pour s'adapter à de nombreuses configurations de projets. Il est applicable aux aménagements de toutes tailles, et plus particulièrement aux aménagements de petite et moyenne puissance installée. Il convient aux projets de basse chute et de haute chute.

### ● 2.2 La démarche d'étude par PEACH

La création d'un projet par PEACH est établie en 6 étapes :  
Etape 1 : saisie des données générales sur la zone d'étude : les données naturelles (topographie de la vallée,

courbe des débits classés), les données économiques (prix unitaires).

Etape 2 : création du projet : un projet est défini en assemblant les différentes structures (prise d'eau, galeries, usine,...) qui en constituent les briques élémentaires.

Etape 3 : dimensionnement de chacune des structures ; des méthodes de calculs adaptées sont utilisées pour chacune des structures, qui en permettent un dimensionnement technique et aboutissent aux avant-métrés de la structure,

Etape 4 : choix des turbines et dimensionnement du génie-civil de l'usine,

Etape 5 : exploitation des résultats, analyse économique et financière,

Etape 6 : édition du rapport.

PEACH a été conçu pour permettre une grande souplesse d'utilisation. Parmi les fonctionnalités les plus notables, on peut mentionner :

- l'organisation en base de données, qui permet d'établir aisément des variantes de l'aménagement : variantes de sites, variantes de projet sur un site, variantes de débit d'équipement, variantes de données économiques, variantes de projets de financement,

- deux niveaux de dimensionnement des structures : un niveau « standard » et un niveau « avancé », qui permet d'intervenir sur les paramètres du dimensionnement et les résultats intermédiaires des calculs,

- la possibilité d'études préliminaires du potentiel d'un site, sans projet, par l'établissement des courbes de productibles,

- la possibilité d'introduire une capacité de stockage, avec deux conséquences : l'application de tarifs différenciés jour/nuit et, si la retenue est importante, une régularisation des apports,

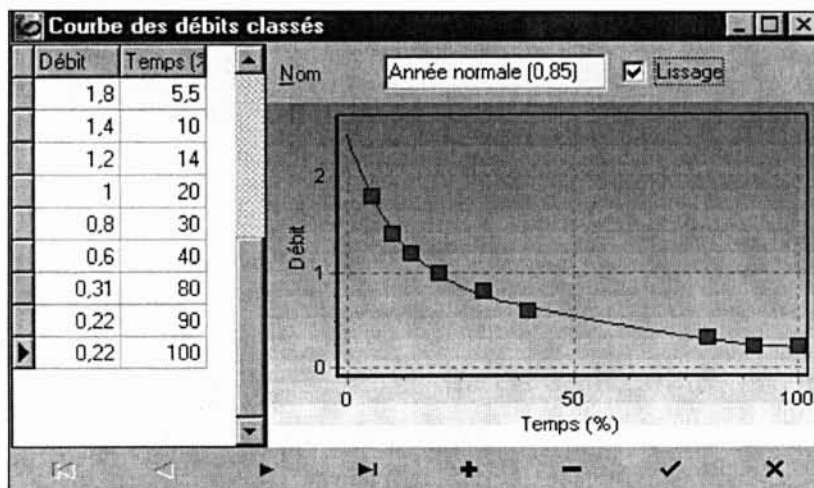
- 6 langues de travail.

## III ■ PEACH, PROGRAMME D'ÉVALUATION DES AMÉNAGEMENTS DE CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES

### ● 3.1 Etape 1 : données générales de la zone d'étude

Pour chaque site, l'utilisateur définit des *données communes* à tous les projets :

- une ou plusieurs courbes de débits classés, qui permettent de tester plusieurs hypothèses hydrologiques,
- une ou plusieurs courbes de tarage,



2. Courbe des débits classés — Peach.

— une ou plusieurs séries de prix unitaires de génie-civil (terrassement, excavation, béton, soutènement en galerie,...).

— ouvrage de stockage : retenue avec barrage en remblai,  
 — usine : usine à l'air libre, usine souterraine,  
 — autres composants : lignes électriques, route d'accès.

● 3.2 Etape 2 : Création du projet

La création du projet consiste à choisir les structures qui le composent. La figure 3 illustre la création d'une composante du projet : une section de canal.

La figure 3 montre les icônes des structures pouvant être utilisées :

— ouvrages amont : seuil en rivière, prise d'eau, dessableur,  
 — ouvrages de transfert : canal, galerie (à l'air libre, en charge), cheminée d'équilibre, conduite forcée, puits blindé,



3. Composantes du projet.

● 3.3 Etape 3 : dimensionnement des structures

Le dimensionnement de chacune des structures est effectué de manière interactive. Des boîtes de dialogue permettent la saisie des données de base du dimensionnement, le lancement des calculs et l'édition des métrés de la structure.

Deux niveaux de conception peuvent être utilisés : un niveau « normal » et un niveau « avancé », qui donne accès aux options de dimensionnement et aux étapes de calculs.

Les méthodes de dimensionnement sont résumées dans le tableau 1.

Pour chaque composante dimensionnée, les résultats consistent à éditer un schéma de la structure et établir le détail estimatif.

Un « tableau de bord » du projet en cours permet de visualiser la progression du dimensionnement et de vérifier la cohérence d'ensemble du projet. Il donne accès à la liste des structures en précisant leur état (dimensionnée / non dimensionnée), les prix et les pertes de charges.

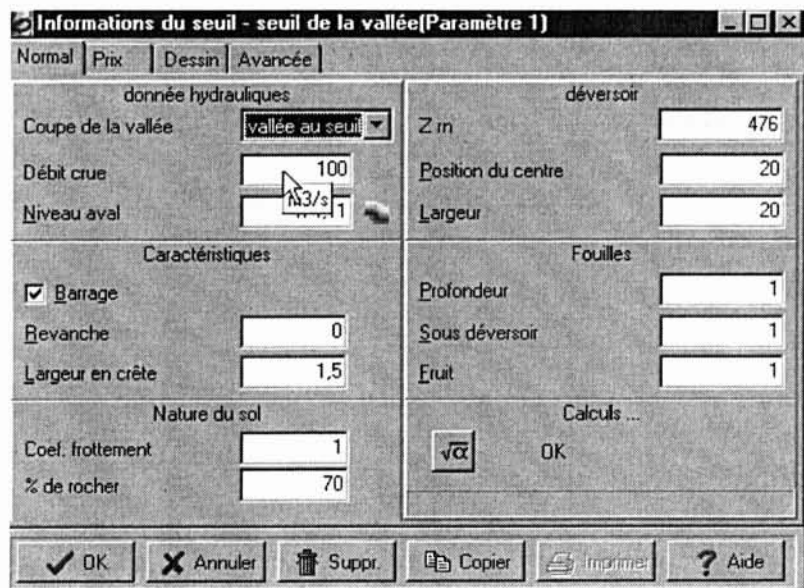
● 3.4 Etape 4 : choix des turbines et dimensionnement du génie-civil

Le choix des turbines est assisté par PEACH, en référence à la méthode de L. Vivier [2]. Pour une série de conditions générales, qui correspondent à un débit d'équipement et à une hauteur de chute, les turbines admissibles sont proposées par le logiciel au choix de l'utilisateur.

L'utilisateur effectue ensuite un choix, qu'il peut visualiser sur les courbes de limite des vitesses spécifiques (fig. 7), dont il peut éditer les caractéristiques (fig. 8) et la courbe de rendements.

Lorsque les turbines ont été choisies, le dimensionnement de l'usine est effectué en référence à des « schémas-types » d'usine :

— dans un premier temps l'espace intérieur de l'usine est évalué, à partir notamment des données issues de [3] et [4],

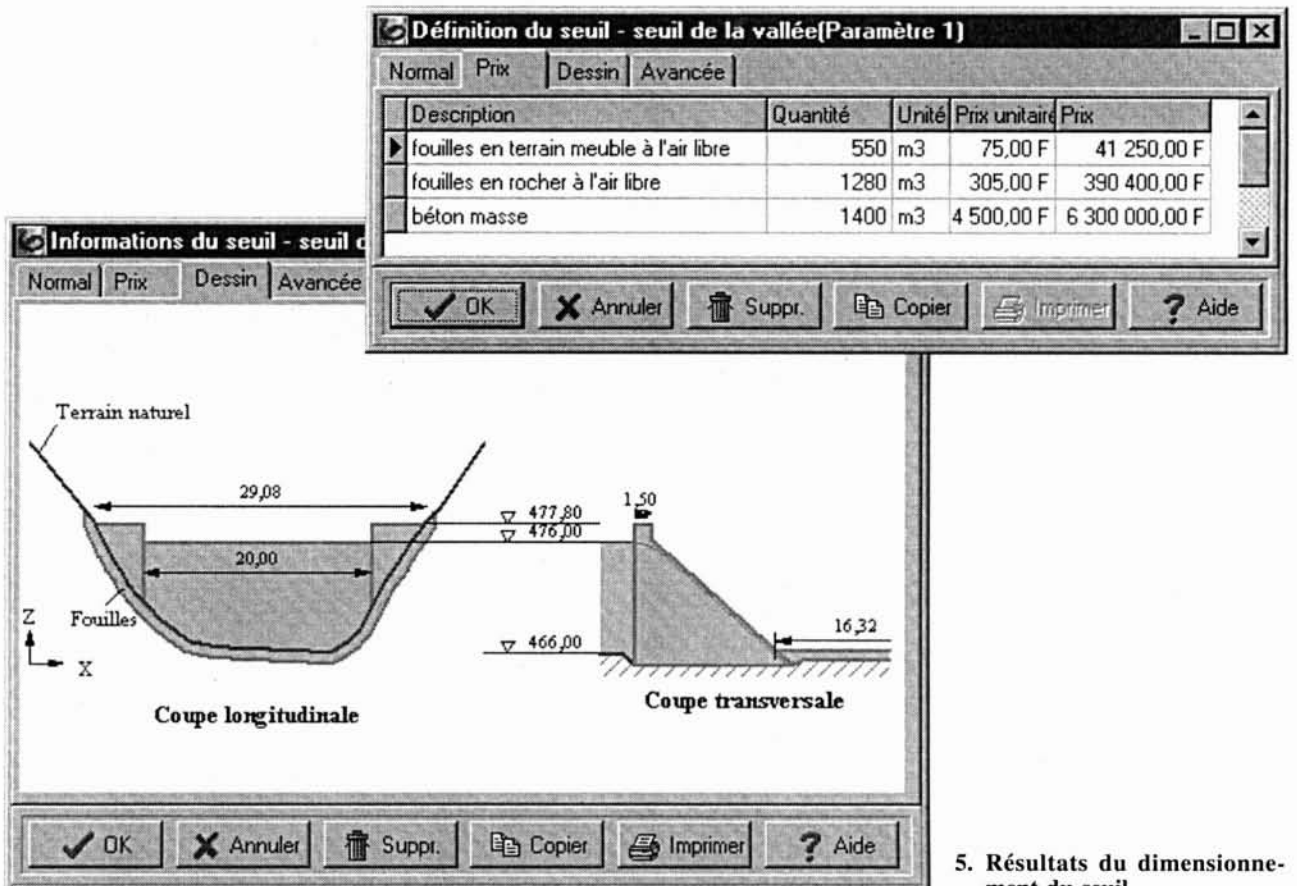


4. Exemple de dimensionnement, le seuil.

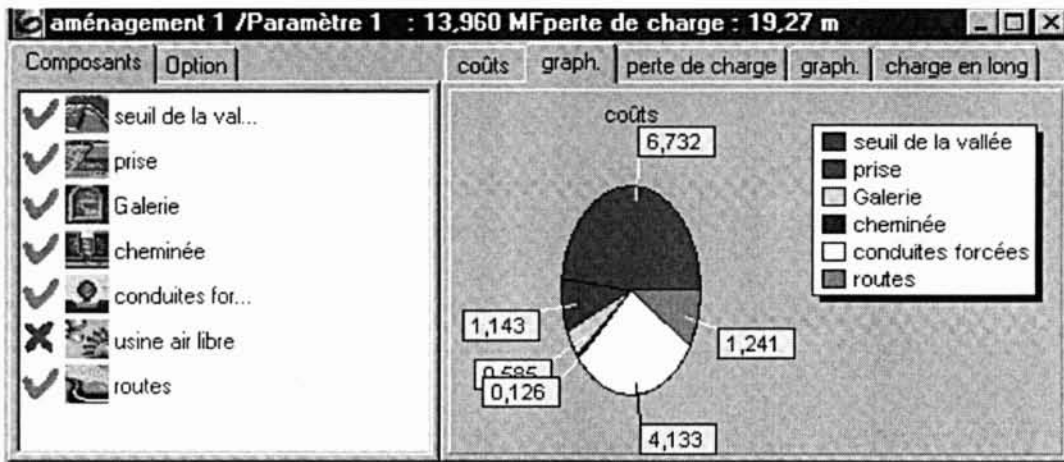


**Tableau 1. — Méthodes de dimensionnement.**

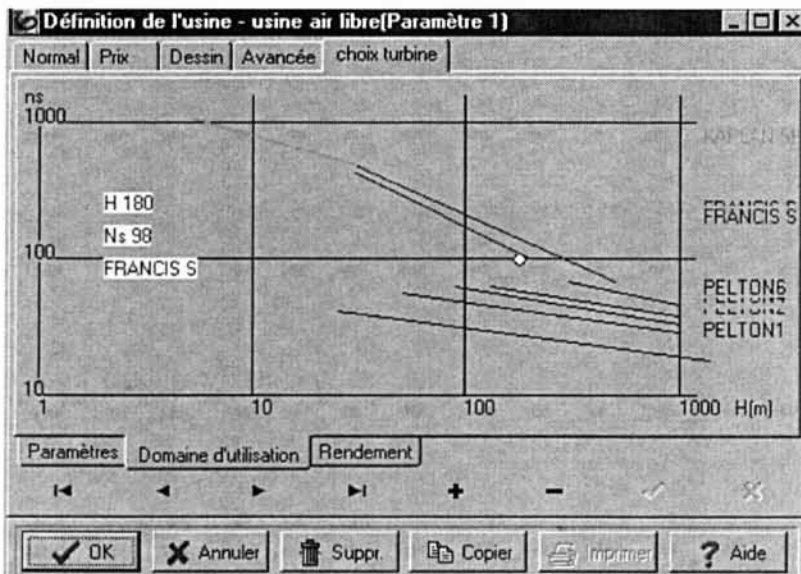
Structure	Dimensionnement		Options
	Hydraulique	Structure	
<b>Seuil en rivière</b>	Evacuation des crues	Stabilité poids	Bassin de dissipation, séisme
<b>Prise d'eau</b>	Vitesse max. à l'entrée	Stabilité au glissement	Grille et vanne de garde, séisme
<b>Dessableur</b>	Longueur du dessableur	—	Vitesse de l'écoulement, formule de dimensionnement
<b>Canal</b>	Hauteur d'écoulement Optimisation coupe-type	Implantation (optimum déblai/remblai)	Critère de dimensionnement (vitesse max., chute, pente)
<b>Galerie</b>	Ecoulement libre/en charge Optimisation diamètre (valorisation économique des pertes de charges)	Résistance revêtement en fonction de classes de terrain	Critère de dimensionnement (vitesse max., chute, pente, diamètre de la galerie)
<b>Cheminée d'équilibre</b>	Diamètre : formule de Thoma ; calcul des oscillations (transitoire)	Résistance revêtement en fonction de classes de terrain	Coefficients de perte de charge au passage du diaphragme
<b>Conduites forcées</b>	Optimisation du diamètre (valorisation des pertes de charges)	Résistance de la conduite et des supports en béton	Epaisseur de corrosion Mode de calcul surcharge dynamique
<b>Puits blindé</b>	Ecoulement en charge	Résistance blindage à la pression extérieure	Epaisseur de corrosion pression extérieure
<b>Retenue de stockage</b>	Capacité de retenue (avec courbe hauteur-surface)	—	Paramètre du remblai (fruits, revanche, largeur en crête)



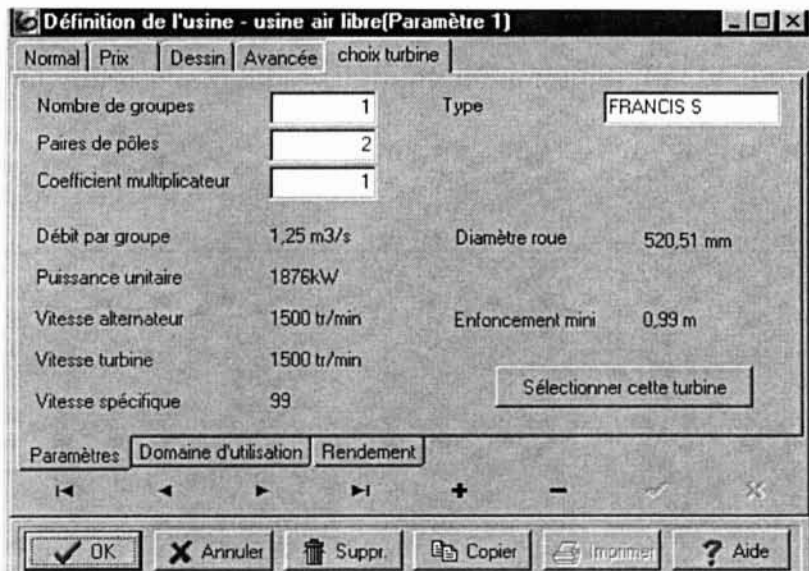
**5. Résultats du dimensionnement du seuil.**



6. Tableau de bord « projet ».



7. Vitesses spécifiques maximales ([2]).



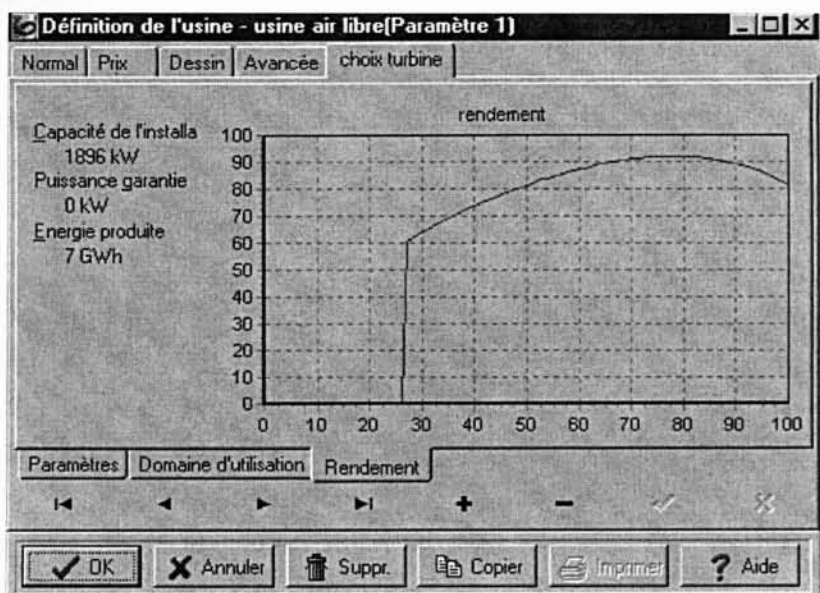
8. Caractéristiques des turbines choisies.

— ensuite, les épaisseurs des murs, plafonds et planchers sont déterminés à partir de calculs sommaires de béton armé.

Les volumes de béton ainsi déterminés peuvent être comparés aux données publiées, notamment par Gordon ([5]).

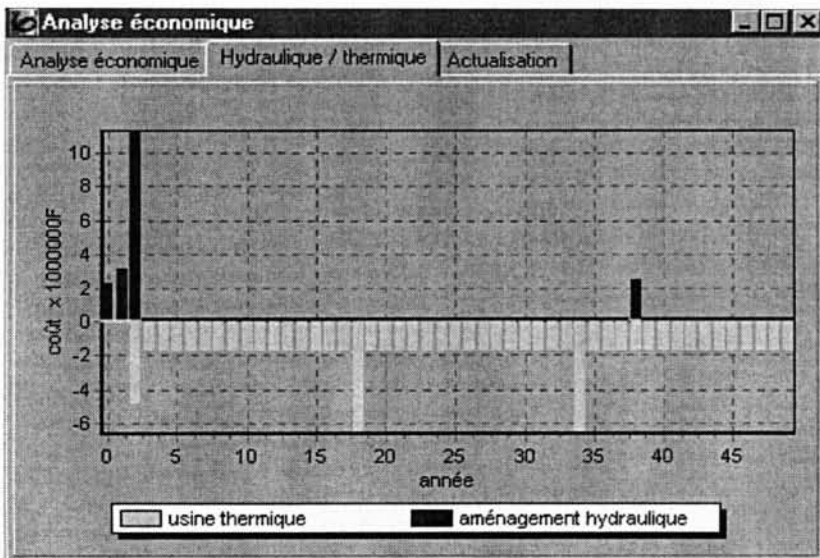
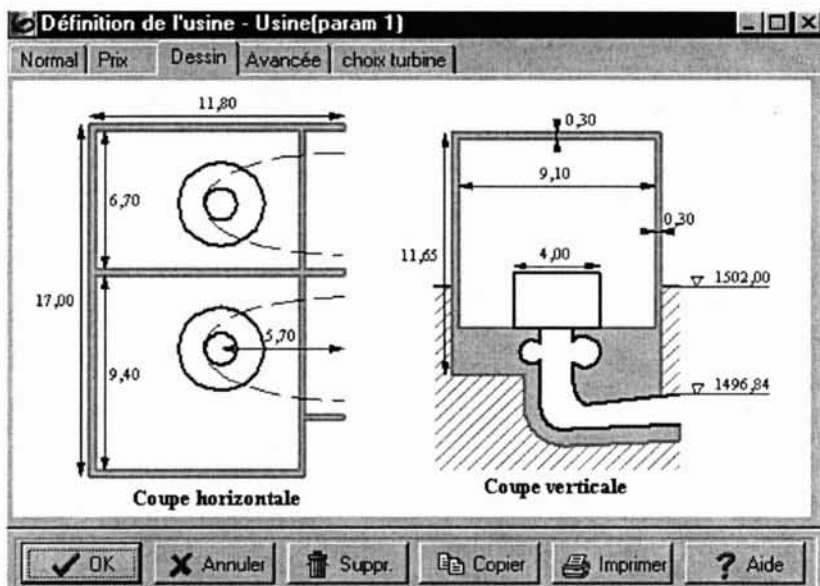
● 3.5 Etape 5 : analyse économique et financière

Le projet dimensionné fait l'objet d'une double analyse :  
— l'analyse économique fournit le prix de revient du kWh, compare les coûts d'investissement et de maintenance du

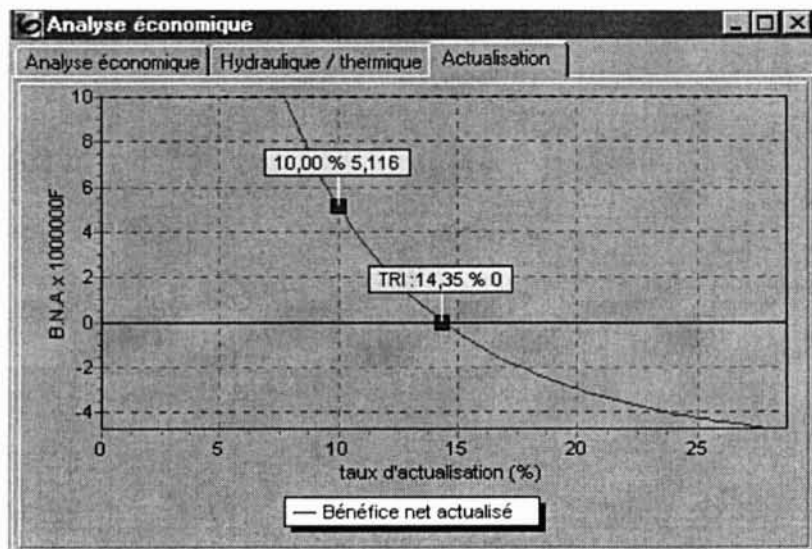


9. Courbes de rendements.

10. Usine, exemple type (Francis Vertical).

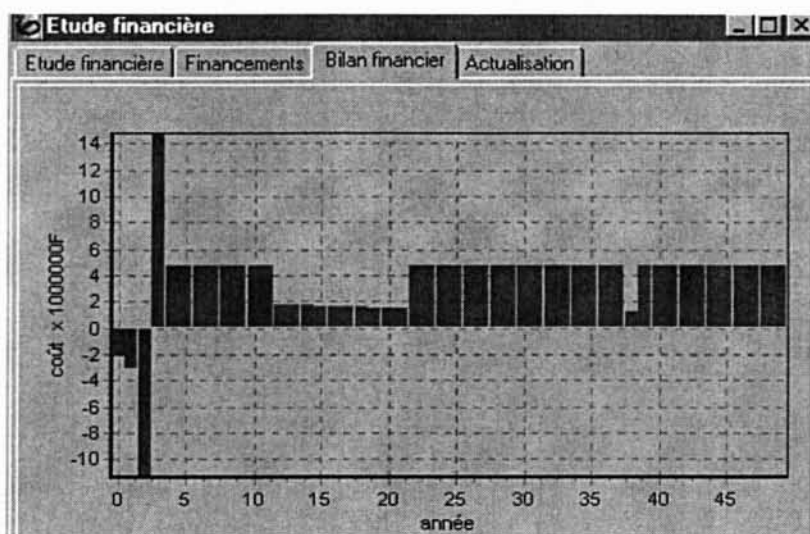


11. Comparaison hydraulique / thermique équivalent.



12. Taux de rendement interne, bénéfice net actualisé.

13. Cash flow.



projet et d'une centrale thermique équivalente, et dégage les paramètres classiques : taux de rendement interne, bénéfice net actualisé,  
 — l'analyse financière permet d'établir, à partir du prix de vente de l'électricité et de plans de financements, le taux de rendement interne, le bénéfice net actualisé et le *cash flow* du projet.

● 3.6 Etape 6 : édition du rapport

PEACH est conçu pour permettre l'édition de rapports automatiques, dont le contenu est paramétré par l'utilisateur. A titre d'exemple, l'édition à l'écran de la partie du rapport concernant le détail estimatif est présenté par la figure 14.

14. Rapport prix des éléments du projet.

Site: SAO TOME      Projet: aménagement 1

Paramètre 1      Débit équipement      1,25 m<sup>3</sup>/s

---

détail des prix

	Prix unitaire (F)	quantité	Prix total
<b>seuil de la vallée</b>			
béton masse	4 500	1 400 m <sup>3</sup>	6 300 000 F
tuiles en terrain meuble à l'	75	550 m <sup>3</sup>	41 250 F
tuiles en rocher à l'air libre	305	1 280 m <sup>3</sup>	390 400 F
<b>Total</b>			<b>6 731 650 F</b>
Alea	5 %		306 683 F
<b>Total</b>			<b>7 068 233 F</b>

	Prix unitaire (F)	quantité	Prix total
<b>prise</b>			
tuiles en rocher à l'air libre	305	56 m <sup>3</sup>	16 980 F
béton masse	4 500	250 m <sup>3</sup>	1 125 000 F
tuiles en terrain meuble à l'	75	14 m <sup>3</sup>	1 043 F
<b>Total</b>			<b>1 143 023 F</b>

Page 1 sur 2

## IV ■ CONCLUSIONS

PEACH peut contribuer au développement de la petite hydroélectricité :

- en réduisant notablement les coûts d'étude,
- en rationalisant les investissements,
- en mettant en évidence la rentabilité attendue des projets.

La Communauté Européenne a jugé utile de contribuer à l'élaboration et à la diffusion de ce logiciel, dans un souci de promotion de la petite hydroélectricité. Cet outil est désormais disponible. De plus amples informations techniques et une version de démonstration téléchargeable sont accessibles depuis le site Internet : <http://www.isl-ingenierie.fr>.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] WARD BYERS (1995). — Small Hydro : What Will Trigger the Development Explosion. *Hydro Review*, Vol. XIV, No 1, February.
- [2] VIVIER L., ALBIN M. — Turbines hydrauliques et leurs régulation.
- [3] (1989). — Civil Engineering Guidelines for Planning and Designing Hydroelectric Developments, Vol. 4, Small-Scale Hydro (ASCE/EPRI Guides).
- [4] BELHAJ T. (1989). — Contribution à la conception des petites turbines hydrauliques. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon.
- [5] Powerhouse concrete quantity estimates. *Can. J. of Civ. Eng.* 10, 271-286.
- [6] ISAMBERT F., SALEMBIER M. (1991). — Software for identifying and designing hydro schemes. *Water Power & Dam Construction*, septembre.