

9/99

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE



Ecole Nationale Polytechnique

المركز الوطني المتعدد التخصصات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Département d'Hydraulique

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Stage effectué à
l'Institut Nationale de Recherche en Informatique et en Automatique de Paris

CONCEPTION ET MISE EN PLACE DU SITE WEB DU PROJET ESIMEAU

(Elaboration d'un Système Intégré pour la Modélisation et la gestion des ressources en EAU)

Fait par :

M^{lle} TALAMALI S.

Encadré par :

D' DABAGHI F. (INRIA)
P^r KETTAB A. (ENP)
M^{lle} BENMAMAR S. (ENP)

Promotion 1998 / 99

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE



Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Département d'Hydraulique

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Stage effectué à
l'Institut Nationale de Recherche en Informatique et en Automatique de Paris

CONCEPTION ET MISE EN PLACE DU SITE WEB DU PROJET ESIMEAU

(Elaboration d'un Système Intégré pour la Modélisation et la gestion des ressources en EAU)

Fait par :

M^{lle} TALAMALI S.

Encadré par :

D^r DABAGHI F. (INRIA)
P^r KETTAB A. (ENP)
M^{lle} BENMAMAR S. (ENP)

Promotion 1998 / 99

*A mes parents,
Je dédie ce modeste travail.*

Souad.

REMERCIEMENTS

Ce travail est le résultat de mon stage de six mois à l'INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique en France), au sein du projet Euro-méditerranéen ESIMEAU sous la direction du Dr F. DABAGHI, coordonnateur du projet.

Je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude et je le remercie pour sa disponibilité et son aide durant toute la période de l'élaboration de ce travail.

Que M le professeur M.K BERRAH, Directeur de l'ENP trouve l'expression de ma reconnaissance pour m'avoir confié ce stage, j'espère avoir été à la hauteur de ses attentes.

Je remercie M le professeur A. KETTAB pour son soutien et son suivi permanent dans le projet ainsi que pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail.

Des remerciements particuliers et amicaux à M^{lle} S.BENMAMAR pour son aide et son soutien moral tout le long de mes études au département d'hydraulique et spécialement durant mon stage à l'INRIA .

Mes remerciements sont adressés à M A. GHARBI, Conseiller scientifique pour les moyens informatiques du projet ESIMEAU, pour son aide et ses précieux conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer tout le long de mon stage

Je remercie également tous les thésards du projet ESIMEAU (particulièrement, M N. SMAKGHI, M M. ABDELOUAHED et M M. HASSINE) ainsi que tous les chercheurs du bâtiment 16 à l'INRIA pour leurs aides et leurs conseils amicaux pendant toute la période de mon stage.

Je ne saurais oublier de remercier tous mes enseignants de l'ENP particulièrement du département d'hydraulique, tous mes amis(e) et le personnel de la bibliothèque de l'école (M OURARI et sa fille Faiza, Ammi Salah, Toufik, Krime, ...)

Saliad

Résumé :

Dans ce document, on s'occupe de l'une des actions génériques d'ESIMEAU à savoir l'intégration du système d'information sous le protocole web. Notre travail a porté sur la conception est la mise en place du site web d'ESIMEAU qui sera utilisé pour la diffusion et l'exploitation des résultats du projet par les partenaires euro-méditerranéens.

Une esquisse préliminaire du site web de l'Ecole Nationale polytechnique sera présentée dans un deuxième partie de ce travail et nous terminerons par la présentation des travaux d'ESIMEAU avec ses deux volets : informatique et hydraulique.

Mots clés : Web, HTML, conception, FrontPage

Abstract:

In this paper, we shall see to one of ESIMEAU generated actions that remains to be seen the integration of the system information on the web protocol. Our work is to develop a web site that will be used to disseminate and exploit the results of the ESIMEAU project by the euro-medeteraneen partners.

In the second part of this work, we propose a primary sketch of web site for national polytechnic school and finally we present the informatic and hydraulic works of ESIMEAU.

ملخص

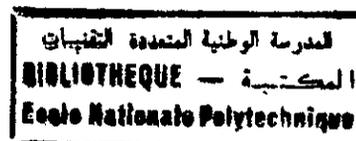
في هذه المذكرة نهتم بإحدى الجوانب العامة لمشروع ESIMEAU التي تتعلق بدمج النظام المعلوماتي تحت البروتوكول " الواب " .

عملنا هذا تمحور حول تصميم ووضع سيات و اب لمشروع ESIMEAU الذي يستعمل لنشر واستغلال نتائجه من طرف الشركاء الأورومغاربية.

في القسم الثاني من هذا العمل، نقدم هيكل أولي لسيات و اب للمدرسة الوطنية المتعددة التقنيات.

و ننهي عملنا بتقديم أعمال ASIMEAU بطرفيها المعلوماتية و الهيدرولوجية.

SOMMAIRE



INTRODUCTION.....	2
I- PRESENTATION DU PROJET ESIMEAU.....	5
I-1 Objectifs du projet ESIMEAU	6
I-2 Partenaires	7
I-3 Plan de travail du projet	11
I-4 Retombées du projet	15
II- L'INTERNET ET LE WEB.....	17
II-A Généralités.....	18
1. Quelques définitions	18
2. Création d'un site web.....	20
2.1 Les approches	20
2.2 La procédure.....	22
2.3 Outils de développement.....	25
II-B Site web d'ESIMEAU.....	30
3.1 Aspect informatif.....	31
3.2 Aspect d'un système intégré.....	43
3.3 Serveur web et sécurité.....	47
II-C Présentation d'une esquisse du site web de l'ENP.....	48
III- TRAVAUX D'ESIMEAU.....	54
III-1 Le système intégré.....	55
III-2 L'eutrophisation.....	58
III.2.1 Mécanisme de l'eutrophisation.....	59
III.2.2 Caractéristiques des eaux d'un plan eutrophe.....	60
III.2.3 Les causes de l'eutrophisation.....	61
III-3 Moyens de lutte contre l'eutrophisation (procédé d'aération).....	61
III.3.1 Aération hypolimnique.....	62
III.3.2 Aération par destratification (travaux d'ESIMEAU).....	63
• Position du problème	65
• Approche monophasique.....	66
• Approche diphasique.....	69
CONCLUSION GENERALE.....	72
ANNEXE.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	80

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La sécheresse qui sévit aux pays sud-méditerranéens est si sévère que, dans plusieurs régions, les offices nationaux de l'eau ont dû avoir recours à des palliatifs onéreux allant jusqu'au transport d'eau par camion pour assurer un minimum d'eau potable aux populations. Par ailleurs, on assiste à une surexploitation des nappes existantes et à une grave réduction des volumes d'eau dans les retenues.

Une priorité absolue a été accordée par les pouvoirs publics sud-méditerranéen aux problèmes des ressources en eau, particulièrement à la rationalisation de leur exploitation par une gestion optimisée. Du fait de l'accroissement démographique et du développement économique, le déficit en eau s'aggravera à l'horizon 2000-2005, même en cas de pluviométrie normale.

Pour remédier à ces problèmes, il est nécessaire de développer des logiciels de simulation numérique, de gestion, de stockage et de maîtrise des données. Etant donné que les capacités humaines et matérielles des pays du sud-méditerranéen sont réduites, il est plus rationnel de fédérer leurs efforts et de répartir les tâches au sein d'un partenariat entre l'Algérie, le Maroc, la Tunisie et le Liban.

Face à cette situation, le projet ESIMEAU (Elaboration d'un Système Intégré pour la Gestion et la Modélisation de ressources en EAU) est mis en place depuis juin 1995. Son objectif général est le développement d'un système intégré de gestion, de prédiction et de simulation numérique consacrée à l'évolution des ressources hydriques dans les régions semi-arides. Les principales actions de recherche envisagées pour ce projet peuvent être groupées en deux catégories.

➤ **Actions génériques**

Les actions génériques consistent à étudier et développer le concept d'une plate forme pérenne, évolutive et modulaire réalisée sous la forme d'un système intégré prototype montrant sa faisabilité. Cette plate forme contiendra des outils de gestion, d'analyse et de traitement des données appropriées aux caractéristiques climatologiques et hydriques. L'accès à ce système d'information (SI) se fera à travers un site web créé pour exploiter les résultats du projet et effectuer des applications sur le modèle numérique développé.

➤ **Actions spécifiques**

Ces actions consistent à modéliser, représenter les phénomènes hydriques rapides (crues, écoulement torrentiel, etc) ou plus lents (transport de sédiments, eutrophisation, envasement, etc) et ensuite développer des algorithmes numériques adéquats pour une simulation réaliste en vue d'une meilleure restitution physique de ces phénomènes

Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, on s'occupe particulièrement de l'une des actions génériques du système d'information à savoir la plate forme web du projet ESIMEAU

qui aura deux aspects, un aspect informatif et un autre permettant l'exploitation du système intégré. Ce travail est partagé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre de ce projet de fin d'études nous présentons le projet ESIMEAU, ses objectifs, les différents partenaires, le plan de travail et les retombées du projet.

Dans le second chapitre, deux grandes parties sont étudiées. La première partie concerne le site web d'ESIMEAU tandis que la deuxième partie présente l'esquisse préliminaire du site web de l'ENP.

Le dernier chapitre sera consacré aux travaux d'ESIMEAU. Une vue d'ensemble du système intégré sera exposée, enfin la technique d'aération mécanique des lacs et retenues d'eau eutrophe sera brièvement décrite .

I

PRESENTATION DU PROJET

PRESENTATION DU PROJET ESIMEAU

La disponibilité de l'eau, ressource variable et souvent rare dans les pays de la rive sud de la méditerranée, diminue gravement sous l'effet de l'accroissement démographique, de l'activité économique et de l'urbanisation. Différents phénomènes peuvent intervenir pour diminuer la qualité et la quantité d'eau dans les retenues.

La détérioration de la qualité des eaux a débuté avec la colonisation moderne : La mise en valeur des terres, l'exploitation des forêts et l'urbanisation ont provoqué l'envasement des cours d'eau et des retenues (cas du barrage de Beni Amrane en Algérie) et la pollution organique des retenues. A court terme, on s'achemine vers un déficit que le traitement et le recyclage des eaux ne suffiront plus pour éliminer les polluants biologiques, qui menace de façon immédiate la santé des populations. Dans certaines juridictions, des règlements ont été adoptés pour empêcher les déversements effectués inconsidérément dans les voies navigables et les cours d'eau. Finalement, il a fallu que tous les grands lacs et retenues soient exposés à une sérieuse menace, pour que les autorités se rendent compte que tout l'écosystème est en voie de détérioration.

Pour faire face à ces problèmes, la maîtrise des outils d'évaluation et le suivi des ressources passent par la réorientation des capacités sud-méditerranéennes vers le secteur de la recherche. En ce sens, les offices nationaux de l'eau sud méditerranéens ont proposé d'étudier quelques problèmes tests particulièrement aigus dont la solution pourrait être généralisée à de nombreuses autres régions sud-méditerranéennes.

Une gestion rigoureuse et rationnelle de ces ressources, basée sur une connaissance précise de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement, implique la prise en compte d'un grand nombre de paramètres et d'informations multiples, relevant de diverses disciplines scientifiques : Climatologie, hydrogéologie, biochimie, hydrologie, mécanique des fluides, modélisations physique et numérique, calcul scientifique, maillages, bases de données, systèmes d'informations géographiques, interfaces informatiques conviviaux, etc.

Cette gestion des ressources d'eau est le but du projet ESIMEAU (Elaboration d'un Système Intégré pour la gestion et la Modélisation des ressources en EAU) qui consiste à développer une infrastructure ouverte et modulaire d'un système intégré d'aide à la prise de décision permettant la structure des données hétérogènes, la prédiction et la simulation numérique ainsi que l'estimation de l'évaluation et l'évolution des ressources hydriques.

La plate forme d'ESIMEAU s'appuiera sur les modèles numériques et sur les simulations opérant par l'intermédiaire de base de données géographiques spatiales. ESIMEAU permettra le traitement des problèmes des eaux de surface tels que le problème d'eutrophisation et l'aménagement des bassins versants.

Les bénéficiaires directs en seront les aménageurs et les décideurs qui trouveront à travers ce système des moyens opérationnels efficaces pour l'adoption des mesures relatives à l'eau, tout au niveau de la ressource que la protection contre les risques.

I.1 Objectifs du projet ESIMEAU :

L'objectif final d'ESIMEAU est la réalisation d'un système intégré commun de simulation et de traitement d'image pour la prédiction et l'évaluation des phénomènes hydriques. Il permettra un suivi et une gestion plus efficaces des ressources en eau des zones arides ou semi-arides et traitera des applications spécifiques aux eaux superficielles suivantes :

- Analyse et traitement des données climatologiques et hydriques des zones arides ou semi-arides. Ces données sont souvent hétérogènes soient :
 - Brutes réelles, acquises in situ ou par images satellitaires.
 - Virtuelles issues de modèles numériques de simulation.

Ces données sont difficiles à traiter en particulier à cause de leur hétérogénéité, leur grande taille et leurs variabilités spatiale et temporelle.

- Mécanisme de transport des polluants.
- Problème d'eutrophisation et optimisation du procédé d'oxygénation des retenues d'eaux par aération forcée ainsi que l'estimation de l'évaluation et l'évolution des ressources hydriques.

Les problèmes étudiés sont traités par des techniques de modélisation numérique et d'analyse des données. Il s'agit d'élaborer des bases de données spécifiques aux zones côtières arides ou semi-arides. Ces données vont alimenter les logiciels de calcul et les modèles numériques traitant l'aération des retenues.

➤ ***Base de données climatologiques***

Cette base de données doit être l'aboutissement de l'étude et de la prise en charge des processus climatiques dans les zones semi-arides ou arides. Elle doit permettre, à partir de l'acquisition de donnée et de leur analyse, l'élaboration de modèles de prédiction numériques (rayonnement de surface, évaporation, pluies...) ainsi que le suivi du changement climatique éventuel. Des simulations par traitement d'images seront effectuées en liaison avec les modèles numériques et les systèmes d'information géographique (SIG) ; Il s'agit de trouver des algorithmes de prétraitement efficaces ou des alternatives rapides pour une modélisation convenables.

➤ ***Transport des sédiments ou de polluants***

L'étude porte sur le problème de transport des polluants dans les retenues. Il s'agit de développer des modèles décrivant convenablement le problème et d'écrire les logiciels de simulation numérique adéquats. Ces logiciels permettront, après homologation, de simuler des différentes solutions et leur sécurité.

➤ *Traitement mécanique de l'eutrophisation*

Dans le but de réduire au maximum le traitement chimique ou biochimique des réserves d'eaux de surface en cas d'eutrophisation, il est proposé de réoxygéner cette eau en injectant de l'air par les conduites placées en divers endroits et niveaux. Cette injection d'air doit permettre, par convection forcée, le brassage général de l'eau. Ce problème sera traité par la mécanique des fluides (écoulements diphasiques) pour le développement d'un logiciel de simulation numérique.

Pour ce faire, ce système sera développé sous forme modulaire, facilitant ainsi la répartition des tâches entre les différents partenaires du projet. La plate forme d'ESIMEAU incluant les données et les outils relatifs aux applications mentionnées ci-dessus, permettra en particulier :

- D'inventorier les ressources disponibles aussi bien en quantité qu'en qualité sous forme d'un système d'information géographique,
- d'approfondir la caractérisation et la connaissance de certaines ressources en termes de paramètres climatologiques pour une bonne identification en vue de simulation future,
- de servir de base au développement de modèles de prédictions (analyse de système par traitement numérique),
- de construire des modèles de gestion basés sur les contraintes socio-économiques et démographiques,
- d'intégrer les divers modules dans un code de calcul convivial pour l'aide à la prise de décision rapide par le planificateur, le gestionnaire ou l'exploitant direct.

Ce projet amènera la communauté scientifique concernée à se structurer de manière coopérative et pluridisciplinaire pour une sensible avancée scientifique. Il sera non seulement un outil d'étude de situations théoriques ou réelles mais aussi un support de développements ultérieurs et un bon test de référence. Il assurera l'établissement de coopération avec les organismes de production et de distribution d'eau potable. Le programme de travail proposé prévoit aussi l'encadrement commun des travaux de recherche menés par des étudiants de la rive sud de la méditerranée. Cette démarche vise à assurer le retour organisé de ces étudiants dans leurs pays permettant un véritable transfert technologique et le développement de liens entre les équipes de recherche travaillant sur les sujets d'intérêt commun.

I.2 Partenaires :

Un réseau euro-méditerranéen sur les problèmes de gestion et de modélisation des ressources en eau en zones semi-arides ou arides s'est mis en place de manière informelle depuis juin 1995.

ESIMEAU implique des partenaires de France, de Grèce, d'Algérie, du Maroc, de Liban et de Tunisie. Les partenaires des pays du nord (France et Grèce) apportent leur savoir-faire et leur expérience pour les approches méthodologiques. L'expérience grecque dans la gestion des ressources en eau dans les zones semi-arides permettra de gagner un temps précieux en démarrant les recherches à un stade plus avancé. Les équipes françaises interviennent en partenariat dans le développement des logiciels et leur optimisation. Ces outils informatiques doivent en phase finale permettre l'aide directe à la décision pour les offices nationaux sud-méditerranéens de l'eau.

Il regroupe les institutions et les organismes utilisateurs ou prestataires de services. Les établissements sont actuellement :

❖ **ERCIM** : (European Research Consortium for Informatics and Mathematics) en France

Cet organisme a été fondé par CWI, GMD et INRIA en 1988. Il comporte maintenant quatorze instituts de mathématique. Ses objectifs sont :

- De favoriser la recherche et la formation en informatique, technologie de l'information et mathématiques relatives à un niveau européen,
- d'apporter les contributions substantielles à de futurs programmes de recherche,
- pour mettre des ressources et le savoir-faire en commun, renforçant de ce fait la position européenne sur un marché global de recherche et de technologie.

❖ **INRIA** : (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique) en France

L'INRIA est un secteur scientifique public et technologique sous la responsabilité du ministère de la recherche et ministère de l'industrie. La recherche effectuée à l'INRIA est principalement concernée par le logiciel et l'automatique. Cette recherche rassemble des experts des zones des mathématiques, de la commande, du traitement des signaux et de l'informatique appliquée dans le cadre de cinq programmes de recherche: Architectures parallèles, bases de données, réseaux et systèmes, programmation et technologie de la programmation symbolique, Calcul scientifique et la modélisation.

❖ **IRD** (Institut de Recherche pour le Développement) en France

IRD est une organisation publique de recherche sous la responsabilité du ministère de la recherche. Elle installe et exécute une recherche scientifique des programmes dont l'objectif principal est de contribuer au développement des pays du sud. Ce but implique:

- La recherche qui apporte une solution utile et accessible au problème de différents personnes et organismes travaillant pour le développement dans les pays du sud,
- Un examen étendu des procédés de développement,
- Renforcement de la compétence scientifique dans les pays en voie de développement,
- Un souci continu pour favoriser un développement soutenable.

❖ **FORTH** : (Foundation for Research and Technology-Hellas) en Grèce

La Division régionale d'analyse a été formée à IACM en 1988. IACM est un des sept instituts de la base pour la recherche. FORTH est le plus grand centre de recherches en Grèce situé dans l'Héraklion, Crète.

L'emphase de la Division régionale d'analyse est sur l'élaboration des outils et des méthodes visant pour aider le développement régional. La division se concentre sur l'application des techniques des zones de l'informatique appliquée, des statistiques, des sciences environnementales, des mathématiques, de la recherche opérationnelle, de la géographie, de la planification de ville et des sciences économiques pour développer les bases de données et les systèmes interactifs d'aide à la décision qui peuvent être employés par les secteurs publics et privés.

Spécifiquement les chercheurs de la division sont impliqués dans:

- La conception et le développement des bases de données statistiques,
- Applications des systèmes d'information géographiques dans la planification urbaine et la gestion environnementale,
- Développement des modèles statistiques pour des économies régionales,

❖ **RIKS** : (Research Institute for knowledge Systems b.v) en Hollande

L'activité principale de RIKS concerne le développement des systèmes informatisés innovateurs d'information utilisés pour la planification de la production, diagnostiquant, s'exerçant et faisant d'ordre public. L'institut accomplit un rôle important: Il traduit de nouveaux résultats de la recherche en outils pour des utilisateurs dans l'industrie et dans les établissements publics ou privés. La participation de RIKS dans ce projet est la conception et la mise en place des systèmes interactifs d'aide à la décision (SAD) pour la prise de décision politique et publique intégrée de planification. Typiquement ces systèmes représenteront le domaine de décision au moyen de modèles dynamiques et explicitement spatiaux intégrés. Ainsi l'utilisateur pourra obtenir une bonne compréhension des processus sociaux et économiques joints qui évoluent dans les contraintes physiques et institutionnelles données de la région étudiée.

❖ **ENP** : (Ecole Nationale Polytechnique) en Algérie

L'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger s'implique dans ce projet par son département d'Hydraulique. L'équipe concernée travaille sur des objectifs précis avec une coordination globale pour tenir compte de la multidisciplinaire du projet.

Les enseignants chercheurs de ce département ayant travaillé sur différents problèmes du type :

- Transport des sédiments dans les bassins versants, risques d'envasement, sécurité des retenues d'eaux,

- écoulements diphasiques, optimisation des réseaux d'alimentation en eau potable.
- calcul dynamique des barrages,
- modélisation numériques des écoulements à surface libre.

❖ **ESIB** : (Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth) au Liban

Les différents laboratoires de l'ESIB ont été associés à la plupart des grands projets d'aménagements hydrauliques du Liban, en collaboration avec les organismes concernés: Ministère des ressources hydrauliques et électriques, Office du Litani, Conseil National de la Recherche Scientifique... (Aménagement de Nahr Beyrouth, Protection contre les crues du Nahr Abou Ali, Aménagement du Nahr Bisri, Etude des ressources en eau du Liban...)

Les travaux sont très diversifiés aussi bien en termes de modélisations qu'en termes d'applications. Les applications aux ressources en eau, à l'Hydraulique et à l'Environnement sont multiples.

❖ **EUCLID** :

EUCLID est une société de service libanaise, créée en 1989 en même temps que la société Euroclid à l'INRIA pour être l'interlocuteur de cette société au moyen orient. Etant donné les circonstances économiques et politiques du Liban, l'activité d'EUCLID a démarré en 1997.

EUCLID a pour mission le conseil, l'étude et le service en ingénierie documentaire, déclinées sous deux aspects :

- Le rétro conversion (reprise de l'existant) de documents par saisie, numérisation, OCR, balisage SGML manuel et semi-automatique, en langues arabes et européennes,
- l'ingénierie documentaire pour le moyen orient en arabe et en Français: chaîne documentaire complète de la saisie à l'accès via le WWW ou CD-ROM, en passant par le stockage.

❖ **EMI** : (Ecole Mohammadia d'Ingénieurs) au Maroc

Les recherches suivies par l'Ecole Mouhammadia d'Ingénieurs entourent le développement et les applications des techniques de calcul par élément fini, le volume fini et les méthodes d'éléments de frontières pour les ressources d'eau, l'environnement et l'hydraulique, conception assistée par ordinateur, technique de programmation orienté objet et mise en place de systèmes experts.(Intelligence artificielle).

❖ **ONEP** : (Office Nationale de l'Eau Potable) au Maroc

ONEP, a été créée en 1997, c'est un établissement public avec un caractère industriel et un caractère commercial. L'ONEP est placé sous la direction administrative du ministère responsable des travaux publics et soumis au ministère de la commande de finances.

❖ **CITET** : (Centre International des technologies de l'Environnement de Tunis)

CITET est un organisme public installé par le gouvernement tunisien en 1996 afin d'aider les compagnies et les agences pour contrôler les technologies de l'environnement. CITET a un rôle nécessaire à accomplir le règlement introduit ces dernières années pour protéger l'environnement et les ressources naturelles en Tunisie.

CITET a une tâche importante qui consiste à lier les capacités de la recherche disponibles à l'université aux solutions des problèmes écologiques provoqués par le développement industriel et l'augmentation des activités humaines. [3]

I.3 Plan de travail du projet :

Ce projet porte sur les technologies de l'information et sur la gestion durable des ressources naturelles renouvelables, deux secteurs prioritaires dans les appels communautaires du 4^{ème} PCRD (Programme Cadre de Recherche et de Développement technologique). L'architecture du système d'information intégré ESIMEAU permettra de par sa conception générique de traiter les aspects suivants :

- La définition et la mise en place d'une base de données climatologiques spécifiques aux zones semi arides ou arides. Cette base de données contient des données hydrométéorologiques, statistiques, hydrauliques et hydrologiques. Ce travail, principalement de collecte et d'analyse de ces données sera étendu à la modélisation météorologique et phénoménologique des aspects climatologiques.
- Fixer des modèles physiques (types d'équations, position d'hypothèses, etc) qui régissent le phénomène d'écoulement diphasique (présence des bulles d'air dans l'eau).
- Modélisation de l'eutrophisation des lacs, mise en œuvre des procédures optimisées de dépollution par aération. Il est proposé de développer un modèle numérique basé sur la mécanique des fluides diphasiques : Injection adéquate d'air favorisant, par une convection forcée, un brassage de l'eau et ainsi une diminution notable des besoins en traitement chimique pour améliorer sa qualité. La modélisation numérique sera faite par des méthodes performantes (Analyse mathématique utilisée pour l'étude de l'existence et l'unicité de la solution, méthode des éléments finis, schéma d'optimisation des solveurs, etc) avec des innovations soit dans la formulation, la

méthodologie, l'accélération des solveurs, leur couplage éventuel, l'amélioration de la précision ou l'adaptativité des maillages.

- Utilisation des simulateurs et des outils performants (scripts, système de gestion d'une base de données (SGBD), système d'information géographique Arc View, le logiciel de maillage EMC2) pour créer une interface entre la base de données et la modélisation numérique du phénomène d'aération.
- Une interface résultats / web est mise en place dans le but d'intégrer le système d'ESIMEAU et d'exploiter ses résultats par les utilisateurs. L'intégration sera faite en utilisant les protocoles HTML (Hyper Texte Mark-up Language) ou XML (Extended Mark-up Language).

L'organigramme fonctionnel d'ESIMEAU suivant illustre les principales tâches de travail :

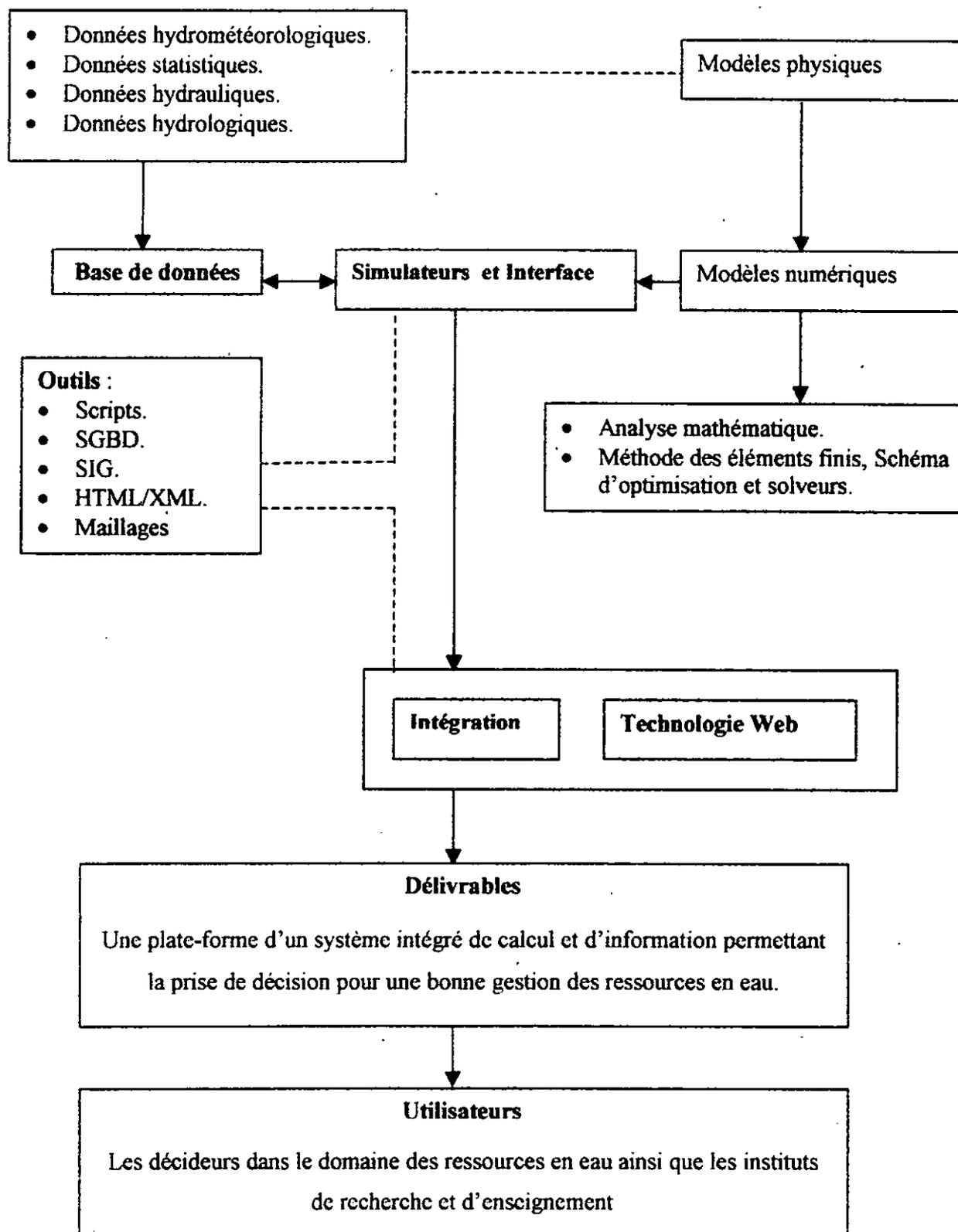


Figure 1 : Organigramme fonctionnel du projet ESIMEAU [8]

➤ *Structure du travail dans des workpackages et des tâches*

Le travail est subdivisé en sept workpackages ayant beaucoup d'interaction utilisant les données, les modèles, les outils d'informations et l'expérience de la technologie. Ces tâches sont partagées entre les partenaires avec un transfert de technologie Nord-Sud à travers des échanges scientifiques.

Workpackage 1 : Architecture du système ESIMEAU

ESIMEAU essaye de rassembler plusieurs bases de données, modèles, systèmes d'informations géographiques et les introduire dans un système intégré. Dans cette tâche, la structure globale du système d'information est définie en détail.

Workpackage 2 : Web – Accès à l'Internet

Une des tâches la plus visible dans le projet ESIMEAU est de développer un site web qui sera utilisé pour :

- Diffuser les résultats de ce projet,
- fournir des liens à d'autres sites web traitant la gestion des ressources en eau,
- échanger des données et procédures entre les partenaires,
- produire les moyens d'intégration des différents ensembles de données.

Les deux premiers objectifs (diffusion des résultats et la fourniture des liens à d'autres sites) seront réalisés en développant les pages standard de Word Wide Web (WWW) en utilisant l'HTML. Un premier prototype du site a été développé à partir de l'étape initiale du projet. Au fur et à mesure, ce site sera mis à jour sans interruption.

C'est précisément à ce niveau, que nous intervenons pour:

- améliorer les pages existantes et ajouter de nouvelles pages descriptives du projet et des partenaires,
- mettre une page présentant la bibliographie utilisée dans le projet ESIMEAU et ceci afin d'implanter un moteur de recherche qui servira à une recherche plus facile, plus vite et plus riche,
- créer une page de liens avec d'autres sites,
- préparer une version française du site.

Workpackage 3 : SIG ArcView, conception de la base de données et interfaces du système

L'objectif de ce workpackage est :

- l'utilisation du système d'information géographique ArcView,
- La conception de la base de données utilisée dans le code numérique élaboré,

- le développement des interfaces qui permettent le transfert des données entre les bases de données, le système d'information géographique et les modèles numériques.

Workpackage 4 : Simulation numérique de l'eutrophisation

L'objectif global de ce workpackage est le développement d'un code numérique traitant la simulation d'une aération forcée des eaux profondes pour l'amélioration de la qualité de l'eau spécifiquement pour empêcher et/ ou arrêter le phénomène de l'eutrophisation dans les retenues.

Ce problème sera traité en quatre parties :

- Approche compartimentale (analyse directe ou inverse, calibration).
- Formulation monophasique (2d et 3d).
- Formulation diphasique (2d).
- Modèle d'optimisation de l'aération.

Workpackage 5 : Modélisation physique et numérique des bassins versants

Ce workpackage est axé sur une étude complète permettant l'aménagement d'un bassin versant. Cette étude exige la détermination des :

- caractéristiques physiologiques du bassin versant ,
- données hydrométéorologiques (précipitation, évapotranspiration, infiltration...),
- données hydrauliques.

La modélisation physique et numérique des bassins versants est très complexe à cause de la variabilité spatiale et temporelle des facteurs hydrologiques. Par conséquent, cette partie nécessite des systèmes d'information géographique à savoir la modélisation des terrains digitale (DTM) et l'extraction par télédétection, des cartes caractérisant l'occupation du sol, la pédologie et d'autres cartes pour alimenter les modèles hydrologiques et hydrauliques

Les deux derniers workpackages présentent respectivement les ateliers du projet (journées programmées pour le transfert de la technologie) et la gestion du projet.[3]

1.4 Retombées du projet :

La coopération autour de la construction d'un système intégré commun devrait avoir des retombées dans plusieurs domaines : Scientifiques, économiques et sociales. Quelques retombées du projet sont :

- Création d'interaction entre les domaines de la physique, la mécanique et le numérique.
- Une avancée scientifique dans le domaine de la prédiction numérique, de la prédiction graphique, du traitement et de l'analyse des données, dans les liens entre le traitement de l'image et modélisation numérique.

- Une meilleure compréhension des phénomènes physiques liés à l'aération des retenues, à l'exploitation rationnelle et optimale des ressources en eau.
- L'adaptation et l'amélioration de divers outils numériques.
- Le volet eutrophisation et sa prise en charge par un logiciel proposant une solution mécanique au lieu d'une solution chimique. Cette solution permettra des gains financiers, l'amélioration de la qualité de l'eau et diminuera les risques de surdosage chimique nocif pour la consommation.
- Ce projet permettra aussi à des laboratoires de nord et du sud de travailler sur des sujets cruciaux d'intérêt commun et de former ensemble de jeunes chercheurs.[3]

II

L'INTERNET ET LE WEB

L'INTERNET ET LE WEB

L'Internet (Internal Network) est devenu de plus en plus accessible ces derniers temps. Les gens se communiquent par le biais de l'Internet, c'est un réseau destiné à la diffusion et l'échange d'informations.

L'Internet est le plus grand réseau numérique de la planète. Il s'agit d'un réseau regroupant une multitude de réseaux régionaux, gouvernementaux et commerciaux. Tous les réseaux se parlent par le biais du protocole de communication TCP/ IP. Plusieurs ressources sont disponibles sur ce réseau tels le courrier électronique, Telnet, le transfert de fichiers FTP, le WWW (Word Wide Web ; le visage le plus connu d'Internet), etc.

Les perspectives qui s'offrent à n'importe quel projet scientifique ou entreprise s'accroissent de jour en jour, parallèlement au nombre de connectés au réseau des réseaux. Quelques avantages ouverts par Internet sont :

➤ **L'existence**

Une adresse sur Internet deviendra bientôt aussi indispensable que l'est aujourd'hui un numéro de téléphone ou un numéro de fax. Une absence d'Internet aujourd'hui risque de nous laisser à l'écart des routes industrielles modernes - Des millions de personnes dans le monde y ont accès-. Quelle que soit notre activité.

Pour faire partie de cette communauté et accéder à ces millions de clients ou partenaires potentiels nous avons besoins d'être sur Internet. Soyons sûr que nos concurrents y sont ou y seront.

➤ **La communication**

Une grande partie de temps consacré à faire des affaires est en fait passée à communiquer avec d'autres personnes. Communiquer facilement et rapidement grâce à ce réseau.

Sur Internet, On trouve des sites contenant des documents (publications, rapport de recherche ...), la présentation d'un projet scientifique (tel que ESIMEAU) ou présentation d'une entreprise, accessible par les partenaires et les clients. De même manière, pour faciliter la communication vers la presse ou vers les jeunes chercheurs.

➤ **Le développement**

Un site accessible mondialement nous permet d'accroître aisément notre présence territoriale.

Un site commercial dédié à un marché spécifique nous permet d'ouvrir un nouveau canal de distribution, de toucher une nouvelle clientèle, d'actualiser en permanence les informations.

➤ **Accroître l'Internet du public et répondre aux questions fréquemment posées**

Avec un site Internet n'importe qui, n'importe où, ayant un accès à Internet est un visiteur et un client potentiel car rendre l'information disponible est l'un des plus importants services.

Le visiteur lisant les informations sur le site Internet aura certainement des questions à poser, ce sont les questions auxquelles le visiteur veut une réponse, le courrier électronique permet d'avoir la réponse instantanément.

Le monde virtuel de l'Internet appelle l'élaboration d'une économie parallèle. Notre savoir-faire actuel peut et doit trouver une déclinaison dans cette nouvelle économie pour anticiper les enjeux de demain.[13.5]

II.A Généralités

1. Quelques définitions

L'Internet est le réseau des réseaux. Ce réseau se compose de milliers d'ordinateurs et de réseaux hétérogènes. Pour que les machines puissent communiquer entre elles, les créateurs d'Internet furent contraints d'élaborer une langue commune permettant d'échanger les données entre les ordinateurs les plus divers. Un tel langage est appelé protocole de communication (TCP/ IP), on a besoin d'adresse Internet, d'un serveur, d'un provider, des URLs, des protocoles de transfert des fichiers, les HTTP et des pages web. Voici quelques définitions qui vont être utilisées par la suite :

➤ ***Protocole de communication TCP/ IP***

Les ordinateurs distants parlent le même langage et peuvent donc lire, rédiger ou traiter des données grâce au protocole TCP/ IP. Ce protocole de communication pilote le flot des données qui part des ordinateurs vers d'autres machines par l'intermédiaire d'une liaison téléphonique ou d'un réseau.[13.5]

➤ ***Les adresses IP***

Pour qu'on puisse atteindre un des innombrables ordinateurs connectés à Internet, chaque machine doit être identifiée par une adresse unique. L'adresse Internet se présente sous deux formes :

- Numérique (numéro IP) comme 195.0.49.130 par exemple.
- Alphanumérique (nom de la machine) comme www.advalvas.be [13.5]

➤ ***Un serveur***

Un serveur est un ordinateur connecté en mode réseau en permanence, chargé de stocker et délivrer les informations aux ordinateurs personnels clients. Lorsqu'on se branche sur Internet via une ligne téléphonique, l'ordinateur se connecte à un serveur. Le réseau Internet

est composé de millions de serveurs à travers le monde, tous reliés en permanence les uns avec les autres. Ainsi, l'accès à un serveur permet de communiquer avec tous ces autres serveurs et donne accès à une quantité phénoménale d'information de toutes sortes.

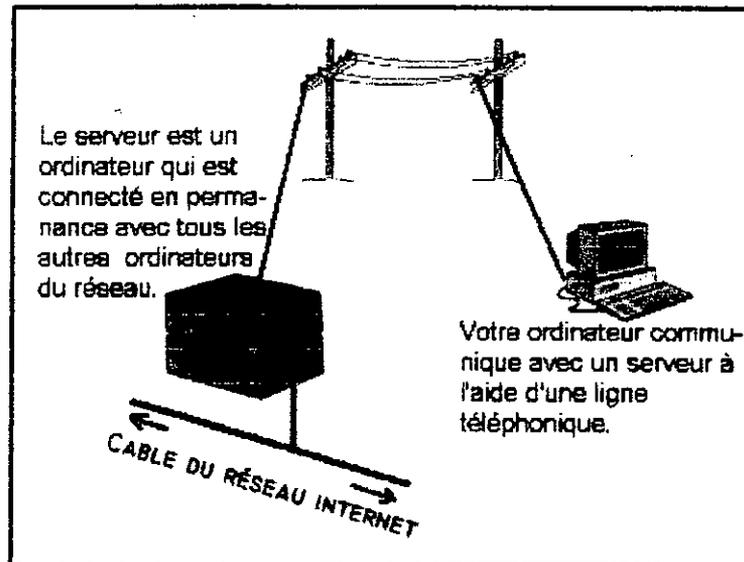


Figure 2

➤ *Un Provider*

Un provider est une société qui fournit les éléments nécessaires pour être présent sur Internet. Elle fournit,

- un accès au web,
- une ou plusieurs boites aux lettres (E-mail),
- l'hébergement des sites web

Il peut également fournir des services complémentaires,

- réservation d'un nom de domaine pour le site, auprès de l'AFNIC (.fr) ou l'INTERNIC (.com),
- hébergement de bases de données,
- support d'extensions particulières : Frontpage, Real audio, etc [13.3]

➤ *Les URLs : (Uniform Resource Locator)*

Un URL est une extension de la notion de fichier et permet de désigner une ressource quelconque : Un fichier, une session Telnet, un serveur web, un FTP, etc...

La majorité des URLs sont de la forme : Service: // nom-serveur : port / chemin accès.[13.4]

➤ **FTP** : (*File Transfert Protocol*)

Il s'agit d'un protocole utilisé lors de transferts de fichiers entre deux ordinateurs sur le réseau. Pour effectuer du FTP, l'utilisateur doit posséder un logiciel client FTP. Ce client interagit avec le serveur pour s'assurer que les données soient bien échangées.[13.8]

➤ **HTTP** : (*Hyper Text Transfert Protocol*)

Un protocole de transfert de pages hypertexte sur Internet, Il gère les cibles des divers éléments d'une page hypertexte. Il est le protocole de communication entre les navigateurs et les serveurs.[13.5]

➤ **Le WWW** : (*Word wide Web*)

C'est une source introduite en 1992 par le Centre Européen de Recherche Nucléaire. Il s'agit d'un ensemble de serveurs Internet offrant des documents sous forme d'hypertextes. Ces documents permettent de naviguer plus facilement et d'obtenir des informations qui proviennent d'autres ressources.

Un site web est un ensemble de page HTML , reliées entre elles, généralement consacrées à un sujet déterminé, et qui sont portées à la libre connaissance de la communauté des internautes. Un site constitue l'outil le plus moderne de communication et de publication.[11]

2. Création d'un site web

La création d'un site n'est pas une tâche difficile. Mais est-ce à la portée de tous ? Si on n'est habitué qu'à cliquer pour passer d'une page à une autre, il nous faudra un effort important. Si on est familier avec des logiciels de bureautique, au moins un traitement de texte, si on peut organiser les fichiers dans des répertoires, manipuler un peu les images, alors la tâche sera facile.

Quatre approches bien différentes sont possibles pour réaliser des pages web, il convient de réfléchir aux avantages et inconvénients de chacune avant de commencer la réalisation du site.

2.1 Les approches :

a / *Première approche* : Approche bureautique

Des logiciels de traitement de texte, tel word ou de publication, tel publisher, savent traiter la conception de pages web.

L'avantage est que si on est habitué à ces logiciels, ceci nous permettra d'être opérationnel rapidement. C'est d'autant plus intéressant quand on reprend des documentations déjà existantes (en format txt, doc...).

Les inconvénients ne sont pas toujours évidents, mais ils peuvent cependant être lourds de conséquence. En voici les principaux :

- Impossibilité de personnaliser à volonté ses pages, autant pour des critères essentiels (titres, mots clés...) que pour d'autres qui sont parfois accessoires, tels que les images animées, les formulaires de saisie d'information, etc.
- Impossibilité de faire des cadres, notamment le cadre de gauche par exemple qui joue le rôle de menu. Lorsqu'il y a peu de pages, on peut toutefois gérer efficacement ses menus en les répétant page par page.

b / Deuxième approche : Approche HTML-pur

L'approche HTML-pur consiste à travailler principalement au bloc-notes, c'est à dire avec un éditeur de texte, car le format HTML est d'abord un format texte pur. Il faut alors connaître le format HTML. Cela signifie que l'on apprend à manipuler les balises du langage HTML, elles ne sont pas nombreuses, surtout lorsqu'on utilise peu de fournitures.

- L'avantage le plus important est de pouvoir utiliser toutes les fonctionnalités du HTML. On prendra garde, cependant à ne pas utiliser les commandes spécifiques à Microsoft ou Netscape.
- Un autre avantage est de construire des pages qui sont plus flexibles et s'adaptent à toutes les résolutions et plus généralement à toutes les largeurs du cadre.
- En inconvénient, il y a la période d'apprentissage qui est plus longue que précédemment.
- Il y a aussi une certaine complexité dans les mises en page sophistiquée (où les autres méthodes sont plus faciles, car on y est plus assisté).

On comprend que cette approche est idéale pour une personne qui ne rebute pas la connaissance d'un langage (et celui-ci est à considérer comme simple) et pour un site à l'ergonomie simple et efficace.

c / Troisième approche : Approche HTML-éditeur

Cette approche consiste à utiliser un éditeur HTML, tel que Web Expert, Arachnophilia ou Microsoft Frontpage. Certains restent encore très proches de la méthode précédente. D'autres sont plus dirigistes.

Les avantages de cette approche sont :

- On bénéficie souvent du processus de contrôle (de liens, de syntaxe...) ou de visualisation de la hiérarchie des pages dans un site.
- On bénéficie principalement d'un aide à construire des pages complexes.

Parmi les inconvénient de cette approche c'est qu'il est parfois plus simple d'écrire les balises HTML que de sélectionner un texte puis de prendre la souris et appuyer sur un bouton de formatage.

Un autre inconvénient c'est que certains éditeurs imposent leur balises qui restent difficiles à enlever et on perd la maîtrise de son code.

d/ Quatrième approche : Approche mixte

Mixer la méthode de l'HTML-pur et l'HTML-éditeur permet de bénéficier des avantages de l'une et de l'autre. C'est ce que nous avons été amené à faire dans le présent projet.[13.2]

2.2 La procédure

Les pages web ne sont rien d'autre que de simples fichiers textes. Par contre l'extension .htm remplace l'extension .txt. L'édition des pages web est simple, il suffit d'avoir les outils nécessaires et de suivre certaines étapes citées par la suite :

a/ Avoir un contenu

Aujourd'hui, toute publication, toute présentation d'un projet, d'une école ou université et n'importe quelle entreprise peut être le contenu d'un site web.

Le contenu d'un site peut être un sujet, un thème professionnel comme il peut être une passion d'un domaine de loisir.

Pour avoir une bonne présentation des pages web, il suffit d'utiliser des phrases simples, bien résumer le sujet et ne donner que l'objectif principal.

b/ Structurer le contenu

Une des règles pour la réalisation d'un site est que chaque page HTML ne peut dépasser 3 à 5 écrans, pour des raisons de temps de chargement et de lisibilité. Il faudra donc découper le contenu en pages et sous pages. Ensuite, il faudra relier ces différentes pages de façon logique afin que le lecteur puisse naviguer avec aisance dans le site. Ce qui ne pose pas de problèmes du point de vue technique, car le langage HTML est, par essence, un langage hypertexte ou plus simple un langage de liens.

Des petits repères graphiques rendront cette navigation plus intuitive pour le lecteur. On prévoit généralement sur chaque page, un retour vers la page d'accueil ou table des matières pour venir au secours des lecteurs égarés ou encore à ceux qui entrent dans le site par un thème bien déterminé.

c/ Faire l'organigramme

Une bonne organisation est souvent la clé de la réussite et permet d'épargner pas mal de temps. Faire l'organigramme du site nous permettra de voir claire dans la navigation dès le départ et de visualiser les problèmes de navigation éventuels. L'avantage de l'hypertexte c'est que l'on peut envoyer le client n'importe où. Autant tirer partie de ce fait pour proposer une navigation intéressante. On peut même utiliser cette navigation pour transmettre l'information qu'on veut communiquer de façon plus spécifique.

Avant de faire l'organigramme, il est important de mettre certaines choses au point. Par exemple, il faut savoir quelles parties du site seront complètement statiques et ne nécessiteront que peu de mises à jour, et quelles sont les parties qui devront souvent être mises à jour plus spécialement dans cas hypertexte.

d/ Communiquer avec le public :

L'auteur d'un site web se voit confronté avec la forme la plus aboutie de ce qu'on appelle la communication. Cette communication est établie par des mots, des couleurs, la mise en page des pages et des images.

Dans cette communication par essence internationale visuelle autant que littéraire, il faudra tenir compte des différents langages qui peuvent exister. La pondération des mots et de la présentation graphique, concision, efficacité seront les éléments déterminants mais ce ne sera pas forcément la règle. Le respect des règles et usages du web en la matière sera le meilleur garant de la mondialisation de la communication.

e/ Avoir quelques connaissances de retouches d'images

Il n'est pas nécessaire d'être un infographiste pour faire un site mais un minimum de connaissances dans le traitement d'images sera utile. La bonne connaissance d'un logiciel comme photoshop semble une bonne introduction en matière de traitement graphique. Il ne faut pas oublier le temps de chargement de la page, que la plus petite image correspond à une ou plusieurs pages de texte. L'utilisation des images, indispensable pour la présentation, est donc toujours un compromis.

f/ Connaître le langage HTML

Le web parle le langage HTML. C'est un langage de traitement de texte qui permet aussi d'insérer des images et des sons. Sa principale utilité est la création des pages web.

Le Javascript et le Vbscript sont deux autres moyens pour créer des pages web. Nous précisons qu'on peut très bien faire un site sans ces deux derniers.

g/ Avoir un espace disque chez un provider

Si on est connecté à Internet, il y a deux grandes chances que nous ayons déjà un espace disque compris dans notre abonnement. Si on n'est pas connecté, des cyber club peuvent fournir un espace disque pour une somme modique. Avec l'espace disque, nous aurons aussi une adresse Internet.

Une adresse électronique n'est pas à proprement parler un élément d'un site. Mais sans elle, le site perdrait toute sa saveur. Les possibilités du courrier électronique seront la suite ou le complément indispensable en terme de contact, de communication et autre interactivité avec les lecteurs du site.

h/ L'installation sur le serveur

Le protocole de transfert de données sur le web est l'HTTP qui permet de prendre l'information se trouvant sur le serveur. Par contre, dans la production d'un site Internet, on doit diffuser les pages réalisées sur le serveur pour quelles puissent être vues par tout le monde. On doit avoir recours à un autre type de protocole, c'est le FTP.

Il est possible de communiquer avec un serveur FTP par son navigateur, mais il n'est malheureusement pas possible de mettre des fichiers sur le serveur par ce procédé. Pour ce faire, on fait appel à un autre type de client : Le client FTP, comme WsFTP ou CuteFTP.

En pratique, pour se connecter à un serveur FTP, il faut :

- L'adresse du serveur (Numéro IP ou nom de la machine).
- Un nom d'utilisateur.
- Un mot de passe.

L'utilisation du CuteFTP ressemble un peu à l'explorateur Windows. Il permet de se connecter à un serveur, de voir le contenu de celui-ci et le contenu du disque dur sur le même écran et de transférer les fichiers du disque au serveur.

Il peut arriver des erreurs de transfert ; Il peut arriver que le site web fonctionne bien sur le disque dur mais qu'une fois le transfert fait, il ne fonctionne plus tout à fait correctement. Certaines images n'apparaissent pas, certains accents sont remplacés par d'autres caractères, des liens ne fonctionnent pas, etc.

Dans ce cas, il y a deux choses à vérifier :

- Les liens de références au sein du site ; Il peut arriver que les liens paraissent exacts mais qu'il y a un problème de cohérence entre le nom de la référence et le fichier (problème de majuscule par exemple). Il est possible aussi que l'éditeur crée un lien absolu au lieu d'un lien relatif.
- Type de transfert ; Les deux types de transfert sont le ' Binaire' et l' 'ASCII'. CuteFTP s'occupe du type de transfert automatiquement. Mais on peut le faire manuellement. Dans ce cas, il faut savoir que tous les fichiers contenant que du texte doivent être transmis en 'ASCII' et les autres en 'Binaire'. Mais si on fait le transfert pour tout en 'Binaire', il ne devrait pas y avoir trop de problèmes non plus.

/ Faire la mise à jour

Contrairement à un livre, un site Internet est quelque chose de vivant. Le contenu évolue, le courrier nous permet de mieux cibler le public, les lecteurs suggèrent tel ou tel ajout, le type de présentation graphique change quelque peu, ce sont de bonnes raisons pour faire des mises à jour régulières qui permettront de fidéliser les lecteurs.

2.3 Outils de développement

Les pages d'un site web peuvent être développées par plusieurs logiciels, le plus utilisé est l'éditeur de Frontpage via le langage HTML.

a/ Le logiciel Frontpage :

Frontpage constitue un outil de développement web récent ; Il simplifie de nombreuses tâches de programmation avec son éditeur WYSIWYG (what you see is what you get). Il permet, entre autre, d'insérer très facilement des liens hypertextes, des tableaux, des images, des cadres (frames), etc.

De plus, Frontpage facilite l'insertion de composants dynamiques issus du DHTML (HTML dynamique). C'est l'ensemble idéal pour créer un site Internet de qualité professionnelle rapidement opérationnel ainsi que l'outil performant pour la gestion d'un site.

Il propose également un outil pour la retouche d'image et un serveur personnel pour tester le site web. Il supporte toutes les technologies de l'Internet pour rendre le site multimédia et interactif. Le Frontpage s'adresse aux individus qui désirent créer, maintenir et développer un site de plusieurs centaines de pages sans se préoccuper de l'aspect de la programmation et sans se préoccuper de l'administration du serveur qui héberge le site.

Grâce aux fonctionnalités intuitives de ce logiciel, il sera plus rapide et plus facile pour le maîtriser. Quelques fonctionnalités sont :

- Importation aisée des sites web existants à l'aide de l'assistant importation web.
- La création d'un site web à partir des modèles existants dans ce logiciel. Le Frontpage nous offre des possibilités d'édition et de gestion pour continuer à développer le site web créé à partir d'un modèle.
- L'éditeur Frontpage "WYSIWYG " permet de visualiser le résultat final. Il donne l'aperçu et l'allure qu'auront les pages web une fois affichées dans l'explorateur.
- La technologie perfectionnée permet de simplifier la création et la gestion des liens que ceux ci renvoient à l'intérieur du même site web ou à l'extérieur. Dans certains cas, la procédure de création devient quasiment automatique lorsqu'il s'agit des liens avec d'autres sites web.
- L'activation de la commande de menu d'aide permet d'initier rapidement à l'utilisation de Frontpage et de profiter d'une documentation riche expliquant les fonctionnalités de ce logiciel.
- Le Frontpage fournit le code source HTML qui permet d'ajouter des balises et des scripts HTML absents de la bibliothèque du logiciel. Les instructions du code sont affichées avec différentes couleurs pour différencier entre les tags, les paramètres et le texte.

- Une fois le site terminé, le Frontpage offre une méthode simple et rapide pour naviguer entre la modification et la visualisation de la page.

Un écran d'une fenêtre de Frontpage est composé de la barre titre, barre des menus, barre d'outils, barres de défilement et la barre d'état. Ces derniers permettent de connaître des trucs et des astuces pour bien réaliser un site web.

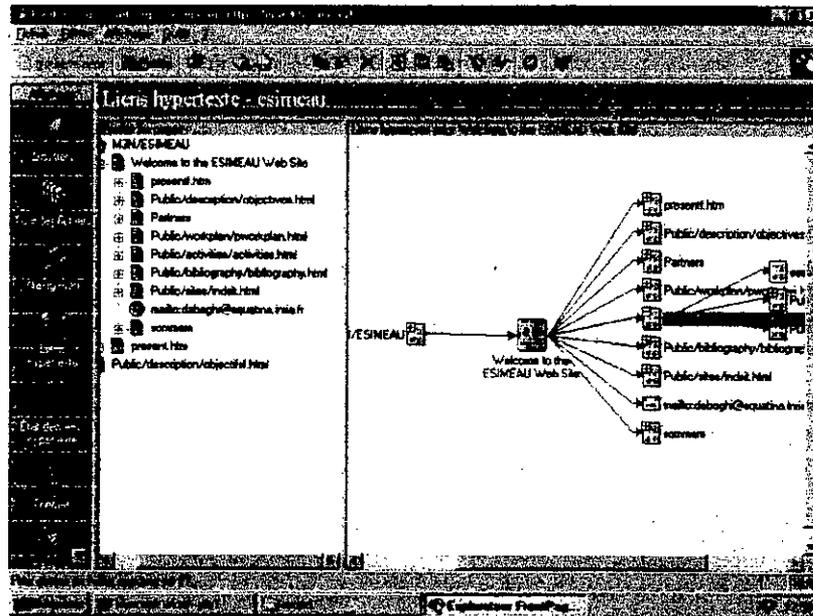


Figure 3

b/ Le langage HTML

L'HTML est un langage de programmation permettant la conception de pages de lien hypertexte, permet également d'insérer des images et des sons. Tous les sites web sont réalisés par des scripts en langage HTML ensuite le browser se charge à traduire ce code et rend la page à l'écran sous la forme d'une page Internet. Les fichiers HTML ressemblent aux fichiers texte, la différence entre eux est l'extension (.htm au lieu .txt) et la présence des tags.

b.1/ Les tags (ou les balises)

Les tags se présentent sous la forme d'une lettre ou d'un mot mis entre les caractères < et >. Les tags servent à identifier les différentes parties du fichier HTML et à donner des aspects différents de certaines parties du texte. On s'en sert également pour insérer les images et autres éléments multimédias. D'autres tags sont utilisés pour l'insertion des tableaux, des sons et d'autres pour créer des liens vers les pages web, vers une adresse e-mail, un fichier ou vers une ancre.

Un fichier HTML est composé de :

- Tags primaires qui constituent la structure d'un fichier HTML. (voir paragraphe *b.2*)

- Tags secondaires (Voir l'annexe 1 : Listes des différentes balises et leurs effets).
- Tags prises comme commandes dans le programme :
 - Pour définir les scripts utilisés dans le programme (ex : <script language="JavaScript1.2 ">,
 - Pour ignorer des lignes dans le programme (ex : <!--***-->)

Ces tags sont classées en deux catégories :

- Des tags d'ouverture qui se présentent sous la forme < . >.
- Des tags de fermeture pour arrêter l'effet de ceux de la première catégorie. Ils se présentent sous la forme </ . >.

Exemple :

Un texte en caractère gras est identifié par le tag d'ouverture . L'arrêt de cet effet est identifié par le tag de fermeture .

 Ecole Nationale Polytechnique en HTML donne "Ecole Nationale Polytechnique" sur la page web. [13.4]

b.2/ Structure d'un fichier HTML

La structure d'un fichier HTML est très simple. Il y a quelques tags qu'il faut insérer au début et à la fin de la page pour être sûr que tout se passe bien sur tout browser. Un document type HTML est présenté comme suit :

```
<HTML>
```

```
<HEAD>
```

```
<TITLE>
```

```
Ecole Nationale Polytechnique
```

```
</TITLE>
```

```
</HEAD>
```

```
<BODY>
```

```
corps de la page, on peut insérer : Texte, images, tableaux,etc.
```

```
</BODY>
```

```
</HTML>
```

Remarque: Les tags secondaires doivent être utilisés entre les codets <BODY> et </BODY>.

b.2/ Les composantes standards

Il y a deux types de fichiers que l'on peut réaliser. Celui que l'on retrouve le plus souvent comporte trois parties : La tête <HEAD>, le corps <BODY>, et le pied <FOOTER>. Les seuls fichiers à faire exception à cette règle sont les documents de base des pages en format cadres(frames). Ils sont composés seulement de la tête et d'une section cadre <FRAMESET>.

- **La tête :**

La tête contient normalement le titre. Un fichier de titre 'page 1' se présente comme suit :

```
<HEAD>
<TITLE> page 1</TITLE>
</HEAD>
```

On peut également ajouter dans cette section une référence de base (par exemple un lieu relatif d'un fichier sur le serveur de netscape) :

```
<BASE HREF = "HTTP:// home.netscape.com / ">
```

- **Le corps**

Tout comme la tête se trouve dans le codet <HEAD>, le corps se trouve dans un codet <BODY>. C'est là que presque tout les codets s'utilisent. Les paramètres que le BODY peut recevoir sont divisés en deux catégories : Ceux qui modifient le fond de l'écran (BGCOLOR et BACKGROUND) et ceux qui modifient la couleur du texte (TEXT, LINK, VLINK, ALINK).

Le paramètre BACKGROUND a comme référence une image qui sera mise au fond de l'écran. Le paramètre BGCOLOR prend une couleur sous forme de chaîne qui sera mise au fond de l'écran.

Les paramètres TEXT, LINK, VLINK et ALINK modifient respectivement les couleurs du texte, les liens jamais consultés, des liens déjà consultés et du lien sélectionné. La valeur de ses paramètres est une couleur sous forme de chaîne.

Exemple : `<BODY BACKGROUND="image.gif" TEXT="#00000" LINK="#FF1010" VLINK="#FFA0A0" ALINK="#FF5050">`

- **Le pied :**

Le pied est une séparation logique tout à fait optionnelle. Elle peut contenir les même codets que le corps. Habituellement, le pied contient un lien avec la page précédente, un avec la page principale, un avec l'index et avec la page suivante (si ce derniers existent). Ces liens sont souvent présentés sous la forme d'une barre boutons.

L'information la plus importante que peut contenir le pied est le nom de l'auteur accompagné de son adresse électronique. Pour beaucoup de pages, il est également important d'ajouter l'adresse électronique de l'envoyeur.

- Les cadres :

Les cadres ne font partie d'aucune spécification HTML, il s'agit d'une extension ajoutée par le netscape. Il sera difficile d'utiliser le contenu de cette section si on ne dispose pas d'un navigateur qui supporte les cadres.

Les cadres sont parmi les codets les plus compliqués. il est recommandé de créer une version sans cadre.

Il existe deux codets importants concernant les cadres : FRAMESET et FRAME. Un fichier en mode cadre commence comme un fichier standard, mais au lieu d'avoir des sections BODY, on a la section FRAMESET. Le codet <FRAMESET> doit avoir exactement un des deux paramètres suivants : COLS et ROWS. Les deux paramètres prennent le même type de valeur. Il s'agit d'une suite de longueurs qui sont séparées par des virgules et interprétées comme largeurs (COLS) et hauteurs (ROWS). Les longueurs sont de trois types : Absolue (un nombre de pixels), relative (un nombre suivi d'un pourcentage) ou ajustable (un nombre suivi d'un astérisque ou simplement un astérisque).

A l'intérieur du codet <FRAMESET>, on doit retrouver le même nombre de codets <FRAME> que le nombre d'éléments de la valeur du paramètre ROWS et COLS (sauf si on utilise des codets <FRAMESET> imbriqués). Le codet <FRAME> requiert deux paramètres : SRC et NAME. La valeur du paramètre SRC est l'URL d'un document qui sera le contenu du cadre. Le nom est une chaîne de caractères qui sera utilisés pour la destination des liens.

Une section FRAMESET est présentée dans l'exemple suivant :

```
<FRAMESET COLS="*,170">
  <FRAME SRC="ref1.htm" NAME="main">
  <FRAME SRC="menu.htm" NAME="menu">
</FRAMSET>
```

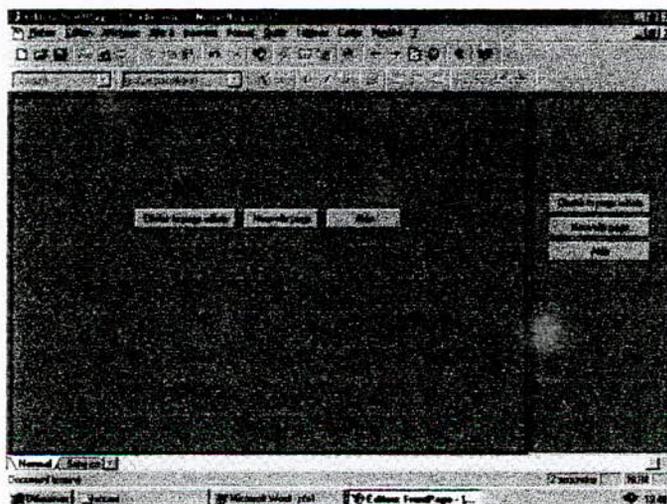


Figure 4

Il est possible d'utiliser un codet <FRAMESET> à l'intérieur d'un autre, le codet <FRAMESET> intérieur et son contenu prend alors la place d'un codet <FRAME>. Une section imbriquée est donnée par l'exemple suivant : [13.1]

```
<FRAMESET ROWS="10%,60%,30%">
  <FRAME SRC=" ../logo.gif" Name="T1">
    <FRAMESET COLS="*,*">
      <FRAME NAME="T3" SRC=" ../image1.gif">
      <FRAME NAME="T4" SRC=" ../image2.gif">
    </FRAMESET>
  <FRAME NAME="T2" SRC=" ../ref.htm">
</FRAMESET>
```

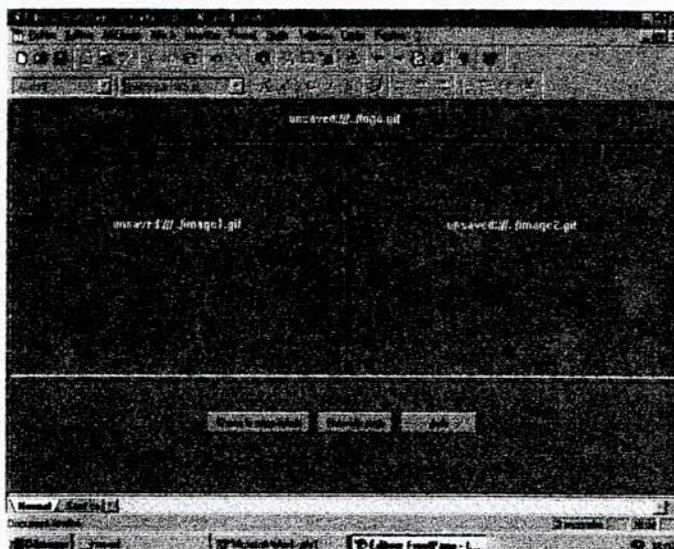


Figure 5

II.B Site web d'ESIMEAU

La création d'un site web permet au projet ESIMEAU de faire une intégration sous le web. Ce site est accueilli à l'INRIA à l'URL suivant : <http://www-esimeau.inria.fr>

Le site web d'ESIMEAU est développé pour qu'il soit utilisé pour :

- La diffusion des résultats du projet.
- La fourniture des liens à d'autres sites web.
- L'échange de données et de procédures entre les partenaires.
- Produire les moyens d'intégration des différents ensembles de données.

La création d'un outil de diffusion d'informations répondant aux besoins d'un consortium tel qu'ESIMEAU requiert un travail de grande envergure et un personnel appartenant à divers

corps de métier. Le projet ESIMEAU détient et produit un volume d'informations s'accroissant avec son évolution.

Un système d'information (SI) doit répondre à des besoins de diffusion de données/documents complexes et divers, composés de textes, d'images de sons et d'autres natures de données. Il doit proposer des vues différentes en fonction de ses utilisateurs et à divers usages. Alors, le site web d'ESIMEAU a deux aspects, un aspect informatif et un autre disant le système intégré unifiant l'environnement de développement. [10]

1. Aspect informatif

L'aspect informatif du site web d'ESIMEAU est caractérisé par la représentation des différentes pages web descriptives des objectifs du projet, des partenaires, de la bibliographie, des wokpackages, la charte du projet, les tâches de travail et les livrables.

Le secteur d'ESIMEAU sera également une plate-forme pour la diffusion d'information par Internet comprenant des liens convenables à l'URL liés aux technologies de l'information (IT) et aux ressources d'eau ainsi qu'à une bibliographie spécialisée.

Les pages web d'ESIMEAU doivent permettre une navigation aisée, les informations doivent être hiérarchisées et l'accès au contenu du site doit être clair.

Afin de faciliter la lisibilité, une page d'accueil ne doit pas avoir plus de sept entrées. Ces dernières doivent être parlantes. Pour cela, il faut prendre en compte le mouvement de lecture, la lisibilité plus difficile sur écran que sur papier (nature de texte) et l'impact des couleurs est des images. [8]

a/ Le texte

Le texte d'un site web doit être bien résumé. Le contenu des pages web d'ESIMEAU est composé des objectifs, des descriptions de chaque partenaire, les livrables, les workpakages, etc. Ce texte est extrait d'un document du projet (programme du projet).

b/ Les images et les couleurs

Un site coloré et comportant beaucoup d'images peut être très esthétique mais les réseaux de la plupart des pays membres d'ESIMEAU, de part leur nature impliquant un chargement très long des images, nous font préférer un chargement rapide des informations à l'esthétique des images. Il va de soi qu'elles sont parfois nécessaires et dans ce cas, on essaye de choisir les moins volumineuses en terme d'octets. Les couleurs peuvent ainsi être très agréables mais les outils que dispose les différents partenaires du projet et d'autres visiteurs du site (les personnes ayant des petits écrans) ne peuvent pas assurer une bonne compréhension de l'information. Par ailleurs, il faut optimiser le nombre de visiteurs, optimiser la lisibilité et faciliter l'accès à l'information.

c/ La structure

La structure du serveur doit pouvoir s'adapter aux évolutions du projet et aux attentes des utilisateurs du site. On doit prévoir l'alimentation d'une partie de son arborescence par diverses entités (responsable de WP, organisations membres, responsables des réunions,

techniques,...). Le premier objectif est de faciliter le maintien du site et on doit tenir compte de la logique du placement des pages et de la navigation dans le site.

La structure du site est effectuée en trois étapes :

- Analyse des utilisateurs d'ESIMEAU et de leur mode d'utilisation de l'information (qui, quoi, pourquoi et comment).
- Connaissance de l'outil de consultation le plus courant. Pour les consultations à l'écran, le grand public dispose d'un écran 640/480 pixels.
- Etablir la structure du système d'information pour modéliser la présentation des pages par classes hiérarchisées et en fonction des chemins de navigation.

La navigation permanente requiert la réalisation de rubriques stables et d'un bandeau comprenant le nom du projet, son logo et les liens élémentaires (retour à la page d'accueil par exemple).

La structure du site doit être modélisée afin d'optimiser la visibilité sur son arborescence, permettre sa gestion par une autre personne que le concepteur et permettre à d'autres personnes que l'intégrateur de l'alimenter. Si la structure du site est claire, il devient facile de déterminer un responsable d'une partie de son arborescence.

Le serveur d'ESIMEAU est structuré comme le montre la figure suivante :

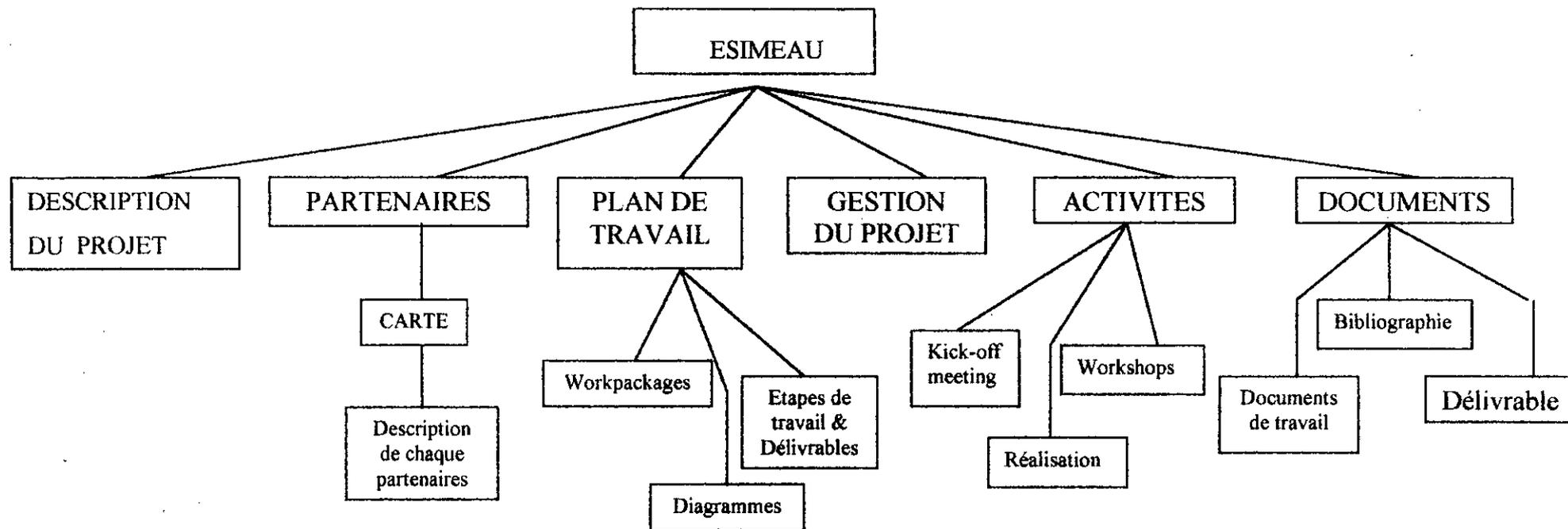


Figure 6 : Structure du site web d'ESIMEAU

d/ Présentation du site :

Quelques pages du site web d'ESIMEAU sont illustrées par la suite.

➤ Page d'accueil :

La page d'accueil est illustrée par la figure 7, elle est constituée de deux parties:

- Le menu pour faciliter la navigation dans le site
- La description générale du projet.

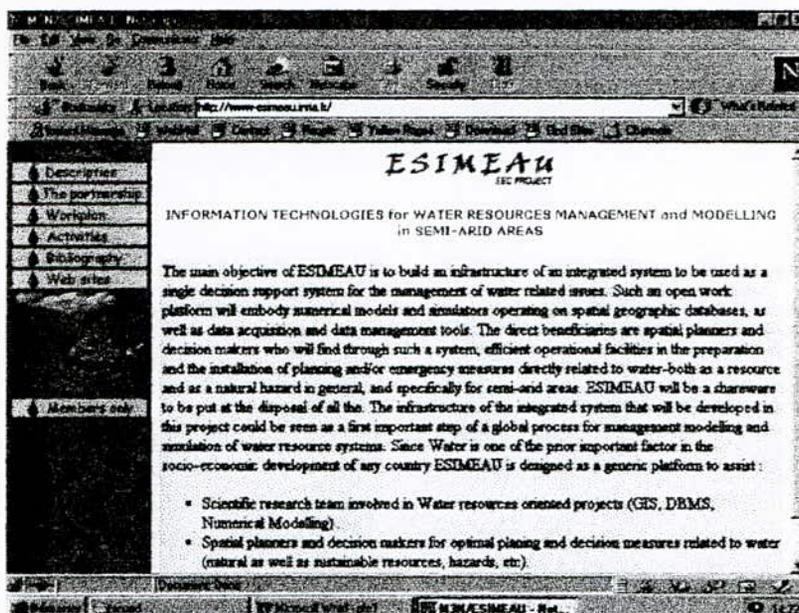


Figure 7

• Le menu de navigation

Le menu de navigation a deux accès, un accès public et un autre réservé aux membres.

1. Accès public :

L'accès public permet d'activer les boutons indiqués sur la figure 8, chaque bouton nous envoie à la page en lien correspondante.

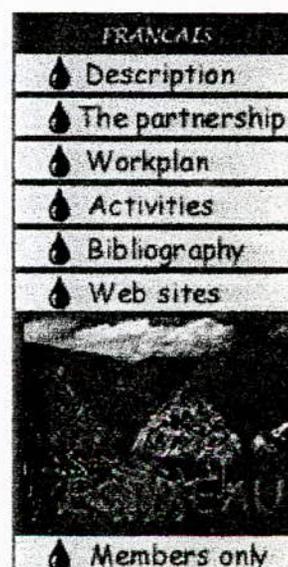


Figure 8

➤ **Description :**

L'activation de ce bouton nous permet d'avoir la page illustrée par la figure 9. Dans cette page, on trouve les objectifs généraux du projet.

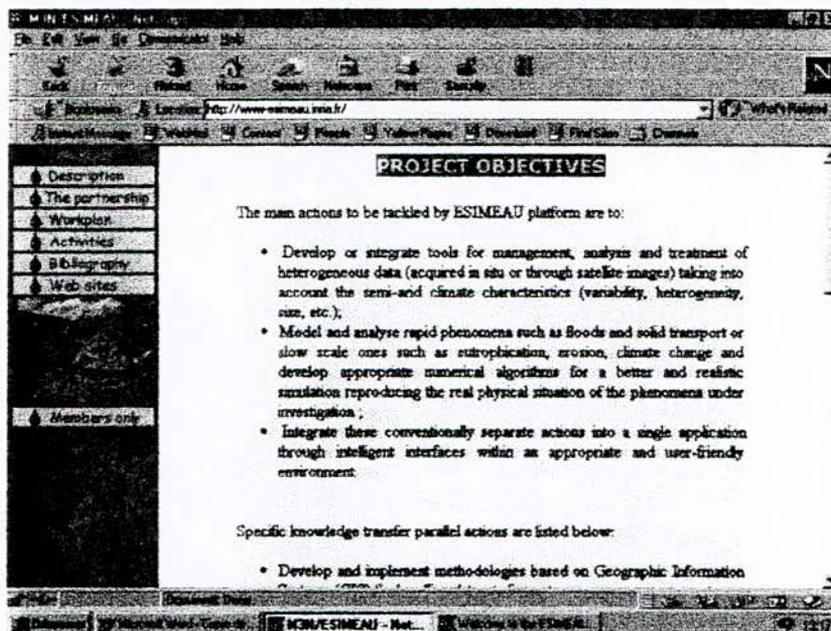


Figure 9

➤ **Partenaires :**

Cette page contient une carte qui regroupe les différents partenaires du projet ESIMEAU. Les fonctionnalités des pointeurs sur la carte permettent l'accès à la description du partenaire choisi et à son propre site web. A titre d'exemple, on montre deux pages, celles de l'ENP et de l'INRIA. On retrouve aussi en bas de la carte un menu qui joue le même rôle que les pointeurs sur la carte

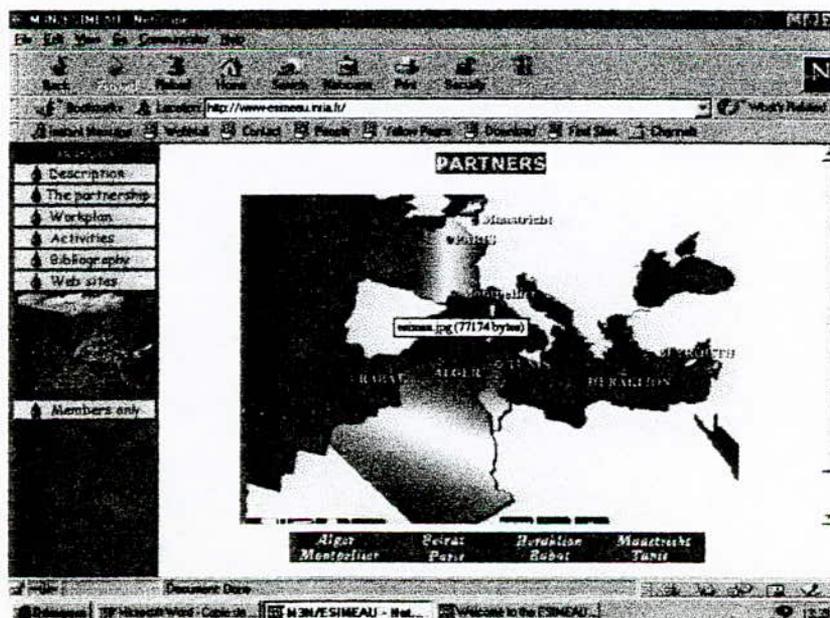


Figure 10

➤ Page de description d'un partenaire :

Chaque partenaire est présenté par une page contenant le nom de l'institution, le nom du responsable, l'adresse. On trouve aussi une présentation sommaire du partenaire et son implication dans le projet, à ceci s'ajoute un pointeur vers le site web (s'il existe) activé par le logo du partenaire ou par le nom de l'institution dans le premier champ.

a/ Page de l'ENP : L'Ecole Nationale Polytechnique est représenté par la figure 11.

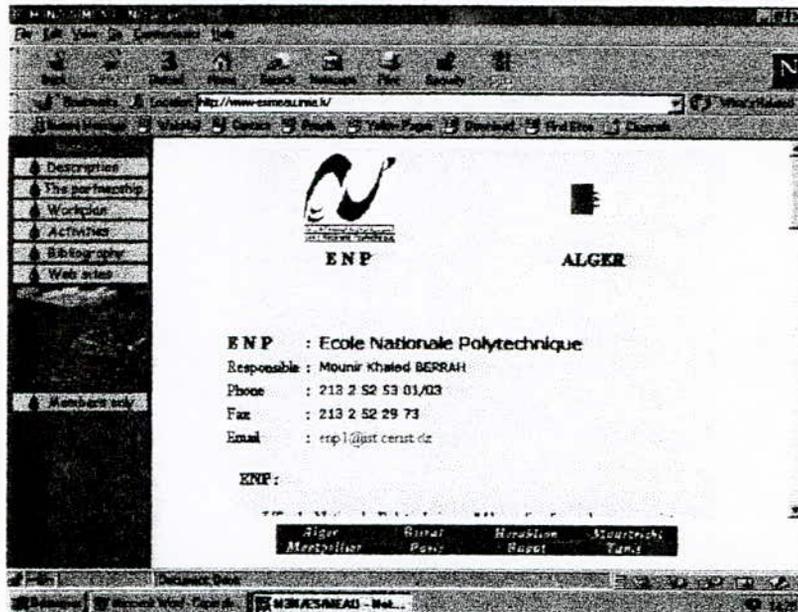


Figure 11

b/ Page de l'INRIA

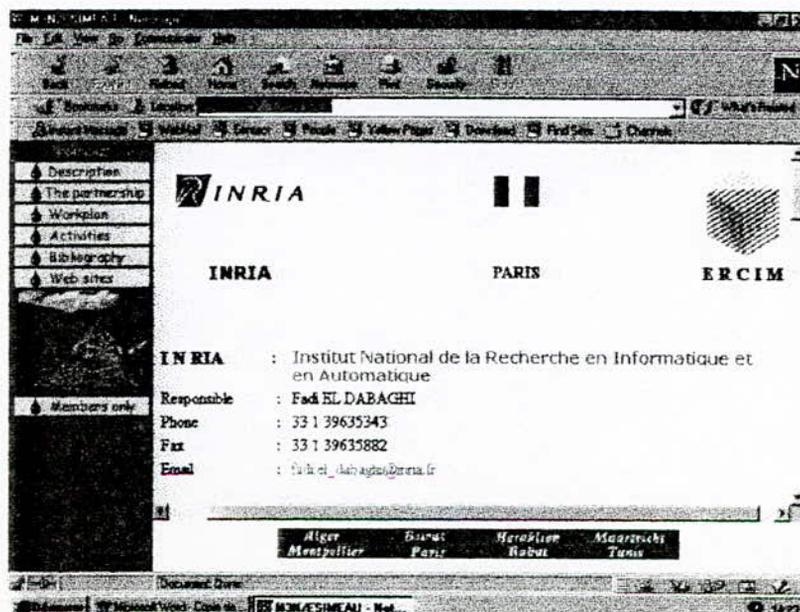


Figure 12

➤ Plan de travail

Le travail est structuré dans des Workpackages. La page illustrée par la figure 13 donne la possibilité aux visiteurs de choisir un des sept workpackages de ce projet. (Par exemple, en pointant sur le workpackage 2, on aura la présentation du WP2.

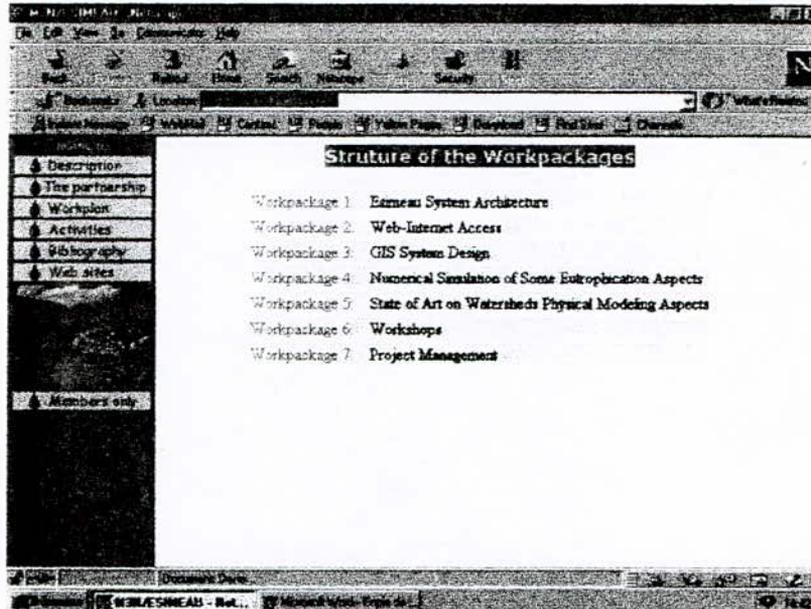


Figure 13

• Présentation du WP2

La page du workpackage 2 représente la tâche de travail englobant le présent projet de fin d'études. Pour une meilleure ergonomie, au sein de chaque page des WP nous avons rajouter un menu permettant de pointer vers d'autres WP sans repasser par le menu précédent.

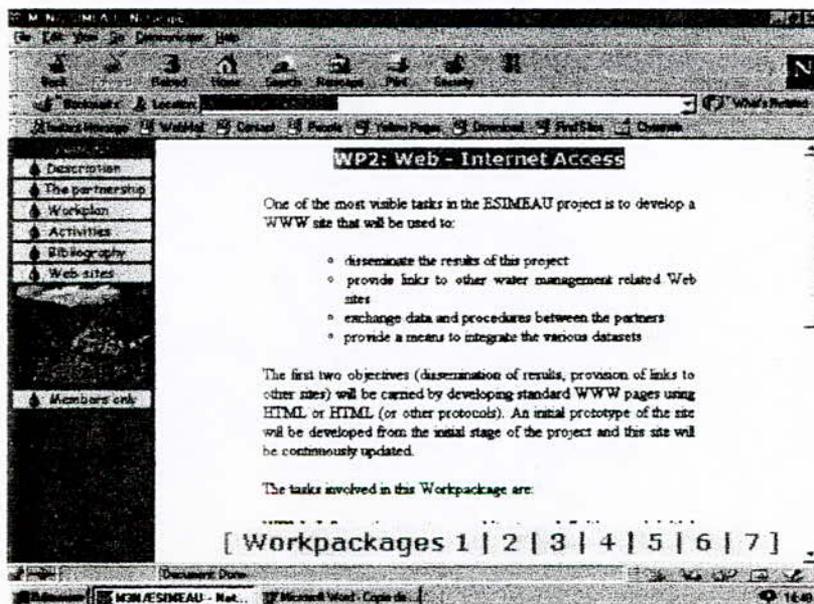


Figure 14

➤ Activités

Sur cette page, les visiteurs seront informés de tous les workshops et les réunions tenues ou qui devront être tenues, à savoir respectivement au Liban, au Maroc et en Tunisie. Ils y trouveront les détails des programmes, des rapports et l'état d'avancement du projet. A titre d'exemple, en consultant la page "workshops", on trouve la page de la figure 15.

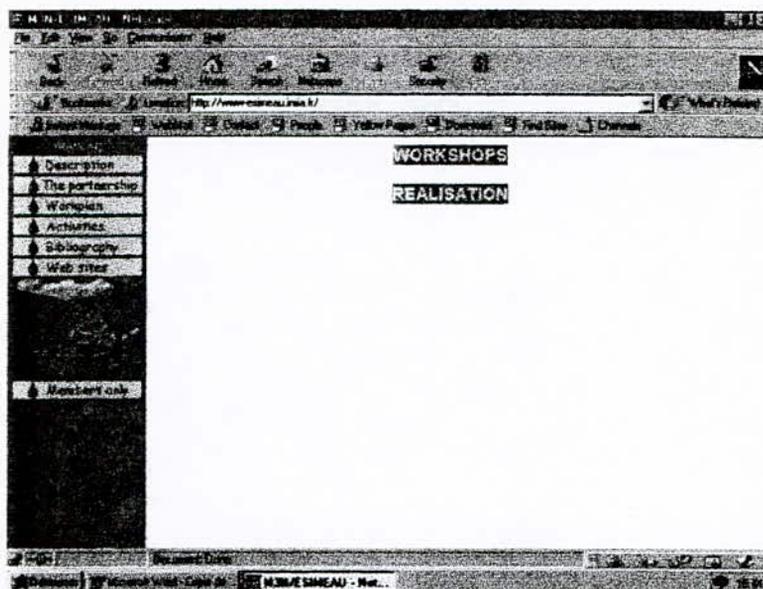


Figure 15

Deux workshops ont été organisés, le premier s'est organisé au Liban et l'autre au Maroc. Cette page nous permet d'avoir le détail du programme et du rapport du workshop en question. Ainsi pour le workshop au Liban, on peut consulter le rapport de la manifestation à travers la page de la figure 17.

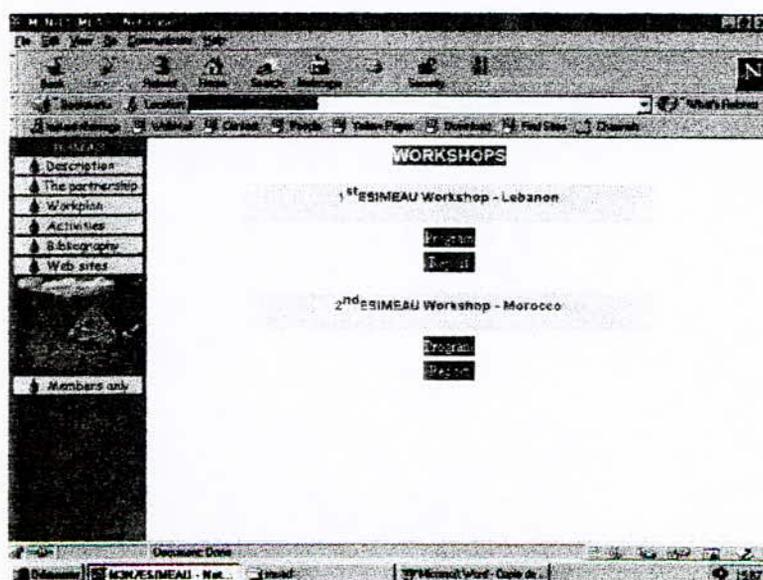


Figure 16

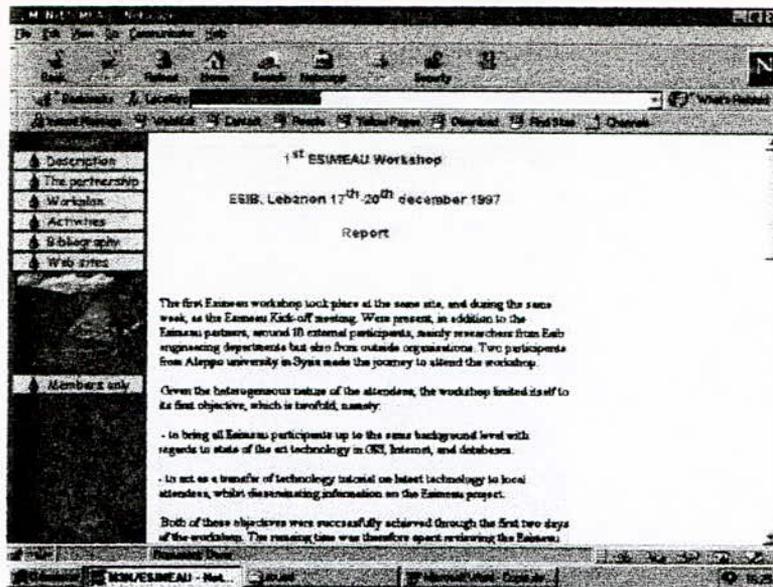


Figure 17

➤ **Bibliographie**

À ce niveau, le visiteur aura un moteur de recherche bibliographique interne et externe. Le premier moteur traitera les documents internes d'ESIMEAU (délivrables, publications...) avec un accès restreint tandis que le second fera une recherche étendue et sera accessible à n'importe quel utilisateur. La recherche peut avoir lieu par des mots clés, par exemple des auteurs ou des dates.

Après avoir analysé tous les documents utilisés qui dépassent les 200 en nombre, nous avons choisi les champs à mettre à savoir le titre du document, le nom de l'auteur, l'année d'édition, les mots clés et un résumé pour chacun afin d'implanter le moteur de recherche indiqué précédemment. Pour cela, on les a structuré dans un mode pouvant servir plus tard dans l'environnement XML.

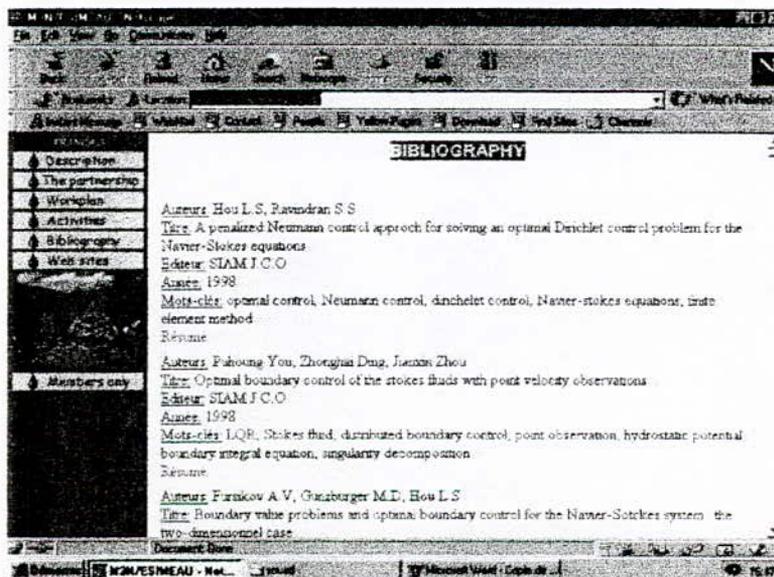


Figure 18

➤ Sites web

La page illustrée par la figure 19 permet à l'utilisateur de se connecter à d'autres sites web utiles pour la gestion et la modélisation des ressources en eau. On présente le site de l'INRS avec ses différents modules pertinents pour le projet. Le contenu de ces pages a nécessité un long travail de synthèse pour éviter les redondances d'informations et faciliter l'accès rapide à des documents utilisés par le consortium ESIMEAU. Ce travail a consisté en une analyse du contenu de l'ensemble de ces sites avec les partenaires du projet et à décider de l'utiliser ou de le répertorier comme lien utile.

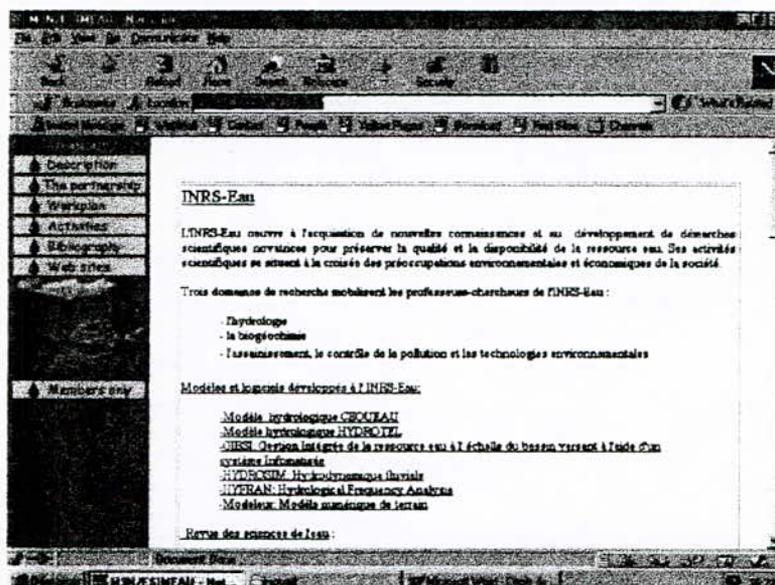


Figure 19

2. Accès réservé

Après avoir activé le bouton membre, la fenêtre de la figure 20 s'affiche en demandant le nom de l'utilisateur et le mot de passe pour limiter l'accès seulement aux membres.

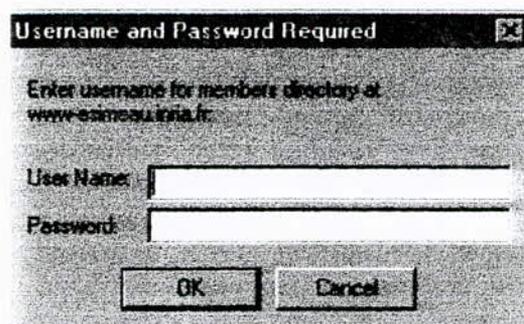


Figure 20

L'écriture du nom de l'utilisateur et le mot de passe entraîne l'affichage de la page de description du projet avec un nouveau menu. Ce menu est composé de la partie public avec une nouvelle partie présentée dans la figure 21.

- L'activation du bouton "Adress book " nous donne une page qui englobe les noms des responsables partenaires, les adresses de leur institution, leurs numéros de téléphone et Fax et leur E-mail.
- Le bouton "project plan " permet l'accès à la structure du travail dans des workpackages (vu précédemment). On trouve aussi des liens permettant d'avoir la charte et l'accès aux documents du projet (délivrables).
- L'activation du bouton "Doc. repository" permet d'avoir une page où nous trouvons des liens qui nous envoient à la page des délivrables, des quarterly reports et à la galerie (photos des workshops organisés).

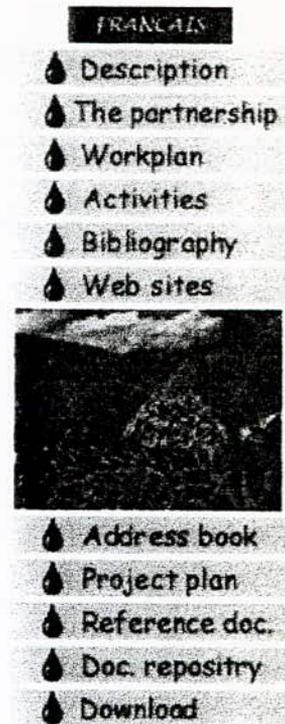


Figure 21

➤ Page des délivrables

Cette page est constituée d'un tableau englobant les douze délivrables du projet, le titre, l'auteur et la taille de chacun. Ces documents sont introduit en format pdf pour ne pas permettre l'accès et empêcher toute modification.

ID	ID Title	Author	Actual Delivery Date	Format	Size * = ZIP
D1				paper version	
D2	WP1 : ESMEAU System Architecture	Pousoe Pratacor Faki Dabaga	30/05/98	41 p df	208 Ko
D3.1	Architecture du Système d'Information	Antoine Risk	31/09/98	D3.1.pdf	68 Ko
D3.2	WP21 : Information system architecture definition and initial web site development				
D3.2	WP22 : Construction of a Web site	Antoine Risk	30/12/98	D3.2.pdf	18 Ko
D3.2	WP23 : Data sharing and access				
D4				paper version	
D3	WP1.2 : ESMEAU Architecture	Pousoe Pratacor Antoine Risk Dina Oustar Marc Moril	10/01/99	D3.pdf	184 Ko

Figure 22

➤ Page des "quarterly reports "

Pour cette page, nous avons gardé la même forme que la page précédente, Les QR sont aussi en format pdf afin de les protéger de toute modification par le public.

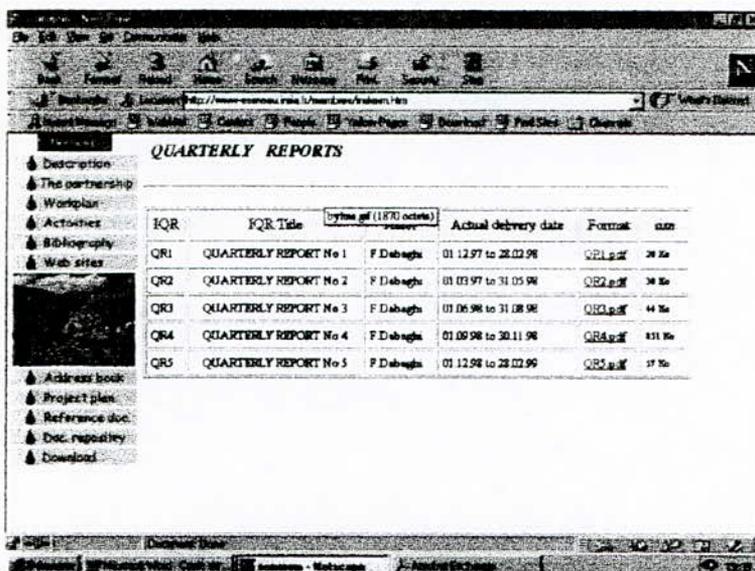


Figure 23

L'intégration de ce type de système en utilisant le WWW peut être faite à divers niveaux :

- Intégration couplée : Le web est utilisé pour accéder à la base de données à la fois en session de disjonction.
- Interface d'intégration de l'utilisateur : Une application de CGI (common Gateways Interface) associé aux applets/ pluggins peut fournir un client web singulier qui appelle les requêtes correspondant aux différentes bases de données d'une façon de disjonction.
- Toutes les bases de données sont manipulées en utilisant un schéma singulier sur une base de données singulière. Puisque les bases de données contiennent des données géographiques et descriptives, un serveur de carte sera nécessaire pour ça.

Le serveur de carte est un logiciel qui a la même fonctionnalité que les module standard du système d'information géographique.

L'exploitation du système intégré par les différents partenaires et les utilisateurs se fera à travers l'application d'interface web présentée par le schéma précédent.

A titre d'illustration, l'interface serait comme suit :

Après avoir lancé l'application, la boîte de dialogue suivante s'affiche en proposant soit la création d'une nouvelle application, soit l'ouverture d'une application existante.

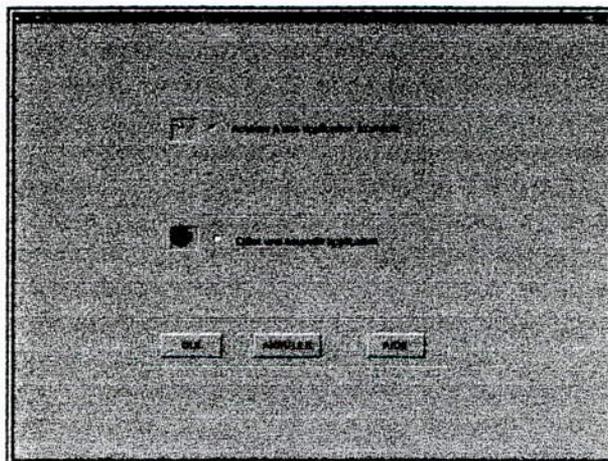


Figure 25

- L'activation du bouton *AIDE* entraîne l'affichage d'un message contenant les informations relatives à l'utilisation de cette feuille d'interface.
- L'activation du bouton *ANNULER* permet de quitter l'application.
- Après avoir sélectionné et validé un choix par activation du bouton *OUI* deux cas se présentent : soit créer une nouvelle application, soit ouvrir une application existante.

1. Accès à une nouvelle application

La boîte de dialogue suivante s'affiche en demandant l'introduction du nom de la nouvelle application.

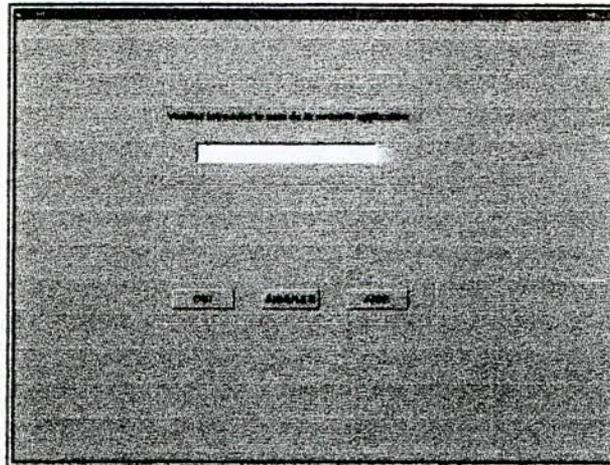


Figure 26

De même que précédemment le bouton *AIDE* permet l'affichage d'un message fournissant des informations relatives à l'utilisation de cette feuille d'interface.

L'activation du bouton *ANNULER* permet de retourner vers la feuille précédente et autorise par la suite la modification du choix sélectionné.

L'activation du bouton *OUI* entraîne l'établissement d'une connexion au driver ODBC (Open Data Base Control) et l'envoi de requêtes SQL (Structure Query Language) permettant la création de la base de données associée à cette nouvelle application. La nouvelle base de données portera le nom de l'application saisie par l'utilisateur et contiendra l'ensemble de tables et de vues définies précédemment.

2. Accès à une application existante

D'une manière analogue, une boîte de dialogue s'affiche en demandant l'introduction du nom de l'application existante et une connexion s'établit avec la base de données portant le nom de l'application introduit.

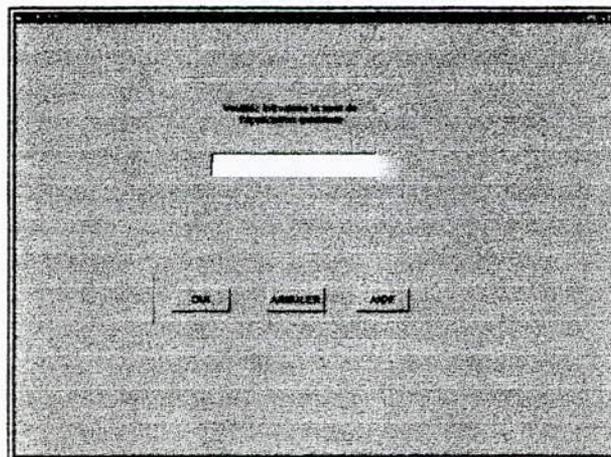


Figure 27

Une fois la liaison établie avec la base de données, la feuille d'interface suivante s'affiche. Elle permet l'accès aux différents modules intégrés.

Cette feuille d'interface contient un menu qui offre différentes fonctionnalités :

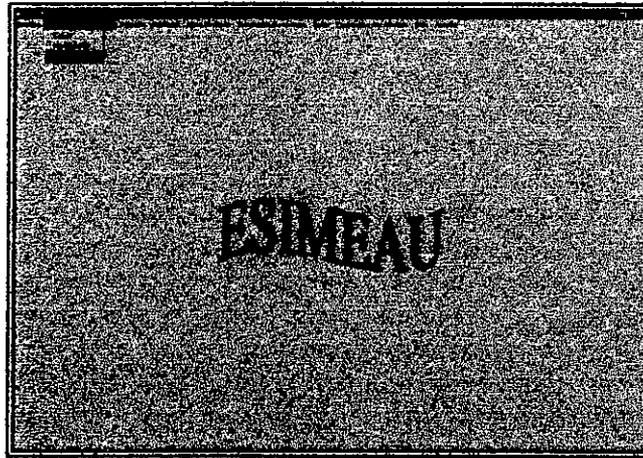


Figure 28

- **Menu de cette feuille :** Par la suite on donne le rôle de chaque bouton
 - Bouton *frontière* : Ce bouton offre les trois possibilités suivantes : saisie des points délimitant la géométrie du domaine d'étude, modification des points introduits ainsi que l'insertion de nouvelles valeurs. L'activation d'un bouton du menu spécifique entraîne l'affichage d'un formulaire permettant la manipulation des enregistrements de la table *Frontière* appartenant à la base de données en cours.
 - Le bouton de menu *Points expérimentaux* : De même que précédemment, il donne les possibilités de saisie, de modification et d'insertion. Après l'activation d'un bouton, une liaison est établie avec la table *points expérimentaux*.
 - Le bouton de menu *Données physiques* : Il permet d'établir une liaison avec la table *Données physiques* de la base de données via un formulaire associé afin de manipuler les enregistrements de la table et saisir l'ensemble de données hydrauliques nécessaires pour tourner le code numérique.
 - L'activation du bouton de menu *Ajout de point* lance un appel au système d'information géographique Arc View et permet par la suite l'ajout de point par de clic de la souris dans une vue d'ArcView. Les coordonnées de points ainsi additionnés seront transférées à la table *Points expérimentaux* en affectant la valeur NULL au champ qui contient les valeurs expérimentales.
 - Le bouton *Génération du maillage* : Ce bouton lance le logiciel EMC2 en arrière plan (l'interactive est prévu dans l'architecture finale) en lui passant les paramètres nécessaires contenus dans les tables *Frontière* et *Points expérimentaux*. Le premier maillage de base généré est stocké dans les tables *Maillage de base 1* et *Maillage de*

base 2 puis le maillage final est régénéré à partir du premier par ajustement des paramètres du mailleur EMC2.

- L'activation du bouton de menu **Code** entraîne le lancement du code numérique en lui passant comme paramètres, la structure du maillage final ainsi que les données hydrauliques et hydrométéorologiques contenus dans la table Données physiques. Les résultats retournés sont stockés dans les tables *Résultats numériques(t_1)* jusqu'à *Résultats numériques(t_2)* où t_i est le temps à l'itération i .
- Le bouton **AIDE** permet l'affichage d'un message fournissant les informations relatives à l'utilisation de la feuille d'interface courante.
- Le bouton **ANNULER** permet de retourner vers la feuille précédente et autorise par la suite la modification de l'application.[8]

3. *Serveur web et sécurité*

Il y a deux méthodes pour empêcher l'accès aux documents, ou bien en utilisant un identificateur de la machine (hostname) ou en demandant le nom et le mot de passe de l'utilisateur. La première méthode pourrait être utilisée pour faire une restriction pour une compagnie. Cependant, si les personnes ayant le droit d'accès aux documents sont dispersés ou l'administrateur du serveur a besoin d'être capable de contrôler l'accès sur base individuelle, il est possible de recueillir le nom de l'utilisateur et le mot de passe avant d'accorder l'accès au document.

Il est possible d'utiliser les deux méthodes en même temps. Normalement, le serveur nécessite la satisfaction des deux restrictions c'est à dire l'utilisateur doit provenir d'un domaine légal et de plus fournir un nom d'utilisateur et un mot de passe valide.

La méthode d'identification utiliser en HTTP est assez simple. En effet, comme HTTP est un protocole (sans mémoire), le serveur ne se rappelant aucune information sur une requête une fois terminée, le navigateur a besoin de renvoyer le nom d'utilisateur et le mot de passe.

[10]

II.C Esquisse du site web de l'ENP

L'Ecole Nationale Polytechnique se propose de donner une formation d'ingénieur de haut niveau, suivant des programmes évolutifs afin de s'adapter continuellement aux exigences du monde moderne.

L'Ecole Nationale Polytechnique a œuvré pour l'établissement de liens de recherche et de coopération aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale.

L'Ecole mène une activité de recherche appliquée soutenue par ses partenaires. Cette recherche se fait par le biais des PFE (projet de fin d'étude), des actions intégrées et les projets de recherche.

Le partenariat de l'Ecole Nationale Polytechnique avec les pays du sud-méditerranéen dans le projet ESIMEAU nous a permis de préparer le présent PFE.

L'objectif de ce projet de fin d'étude est la conception et la mise en place d'un site web pour ce projet euro-méditerranéen. De là est apparue la nécessité de présenter une esquisse préliminaire d'un site web pour le partenaire algérien. L'architecture du site web de l'ENP est donnée par le diagramme suivant et quelques pages seront illustrées par la suite :

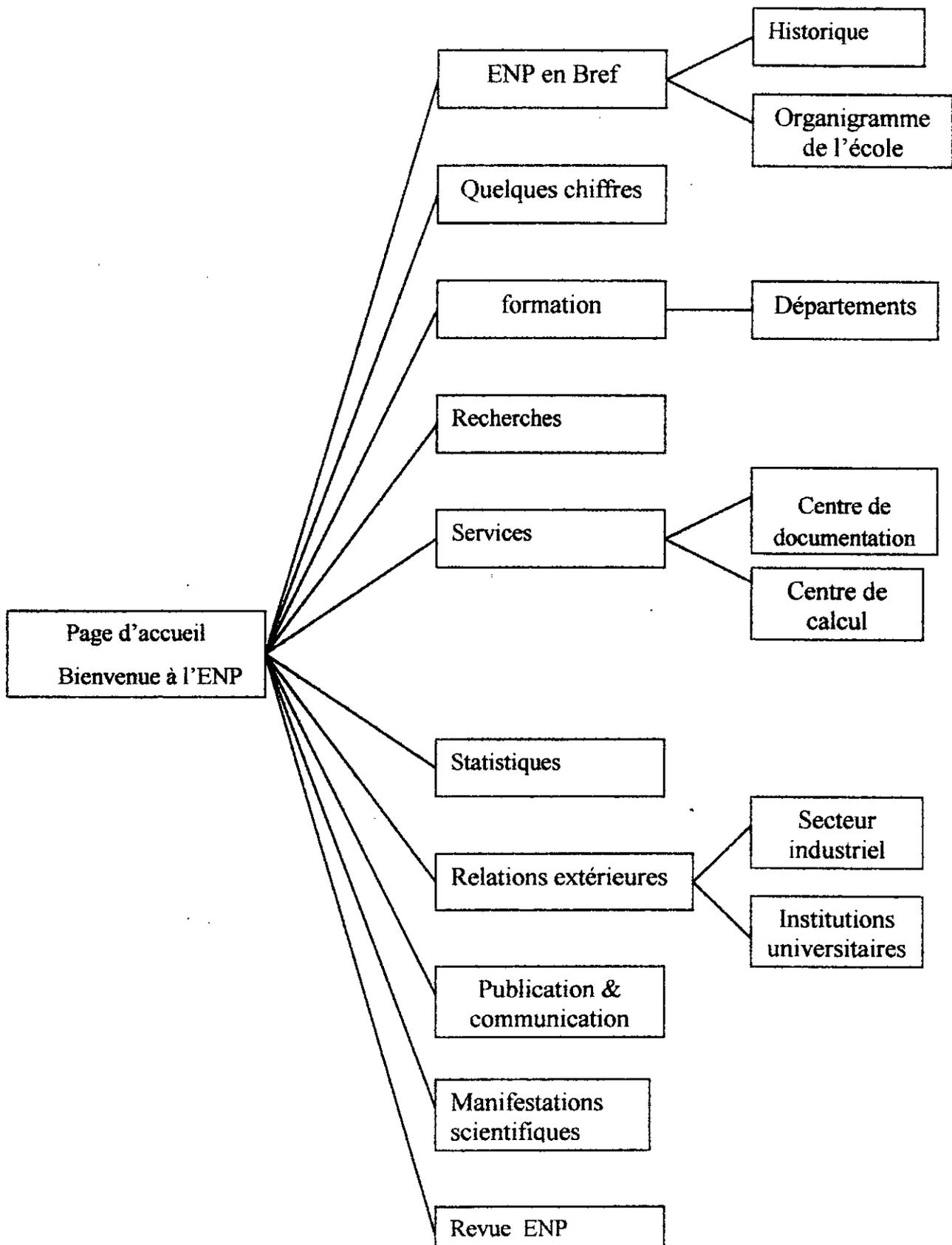


Figure 30 : Structure du site web de l'ENP

- La page d'accueil du site illustrée par la figure ci-contre est constituée du logo de l'école, d'une photo de l'école et des liens qui permettent de naviguer dans le site.



Figure 29

- L'école nationale polytechnique est présentée par la page de la figure 30, le visiteur du site trouvera l'historique et l'organigramme de l'école.

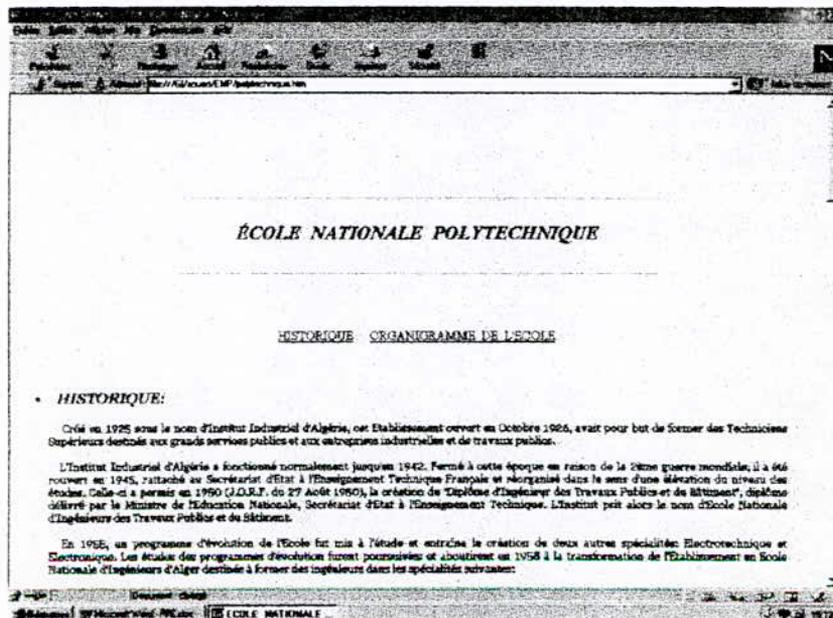


Figure30

- La formation à l'Ecole Nationale Polytechnique se déroule en trois cycles, un cycle préparatoire, un deuxième de spécialisation en divers filières et le troisième de post graduation (première post graduation et deuxième post graduation). Cette page présente toutes les filières existantes à l'ENP, les spécialités ainsi que les options de chacune d'elles. Un clic sur une des filières, nous envoie à la page correspondante de celle-ci.

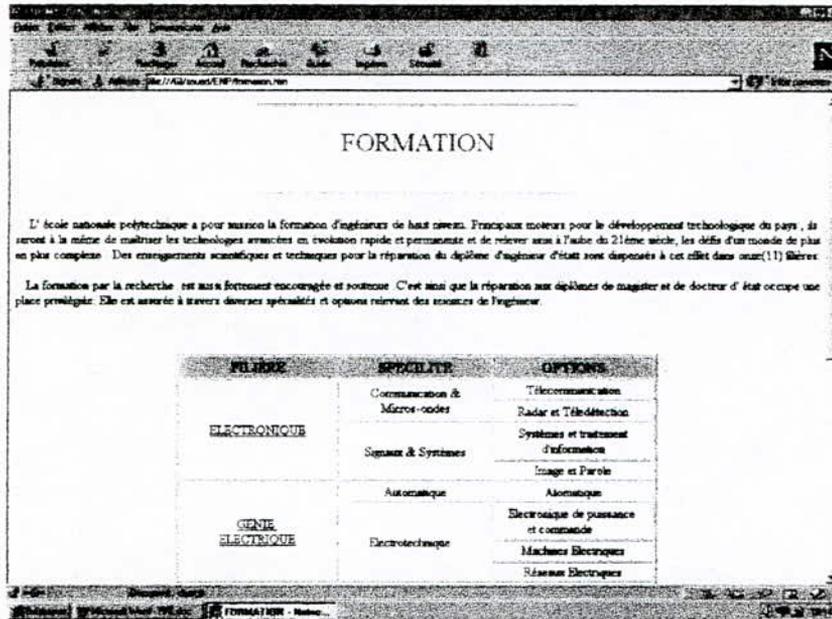


Figure 31

- Outre les services de scolarité et d'administration, l'Ecole est dotée d'un centre de calcul, d'un centre de documentation. La page illustrée par la figure ci-contre est une présentation du centre de documentation et du centre de calcul que dispose l'école.

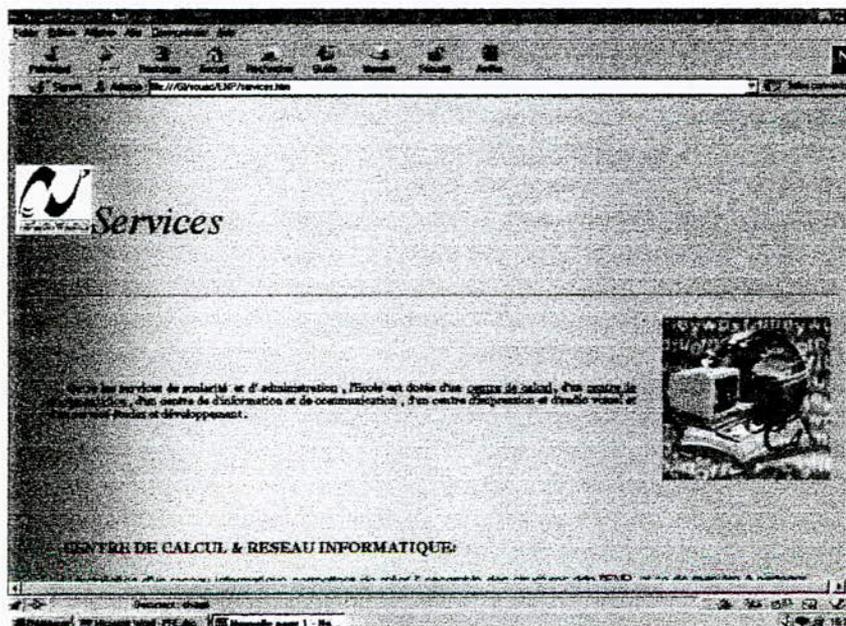


Figure 32

- La page suivante donne le bilan des statistiques de la scolarité de l'Ecole.

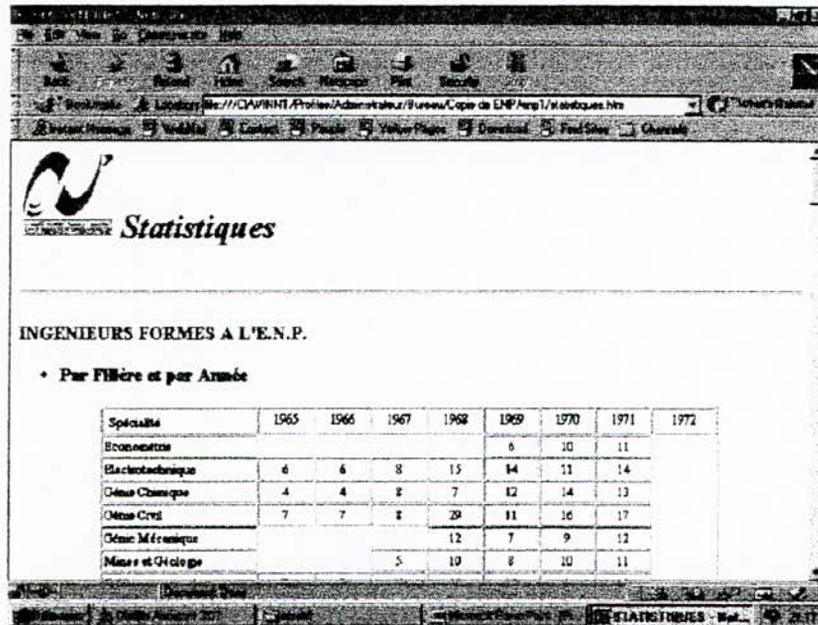


Figure 33

- La recherche à l'Ecole, constitue une activité complémentaire et indissociable de l'enseignement. Présente tant sur les volets fondamental, appliqué, que développement, elle est activement menée à travers 29 laboratoires.
- Dans cette page, le visiteur trouvera tout les laboratoires et les axes de recherche à l'Ecole Nationale Polytechnique

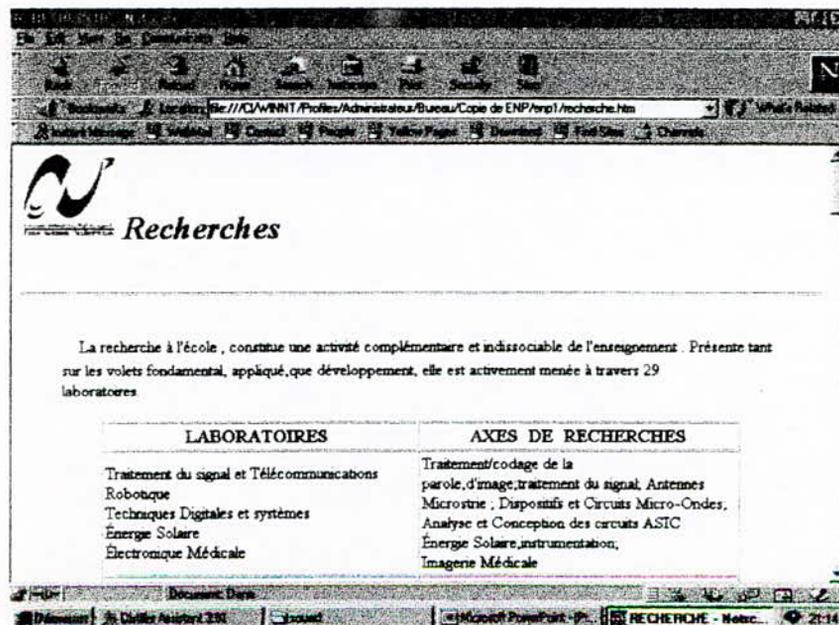


Figure 34

- Soucieuse de la diversité et de la qualité des liens que l'école entretient avec le monde extérieur, l'école accorde une attention particulière et œuvre continuellement au développement des relations avec les institutions universitaires ou de recherche tant au niveau national qu'international. Les relations extérieures de l'ENP sont présentées dans la page de la figure 35.

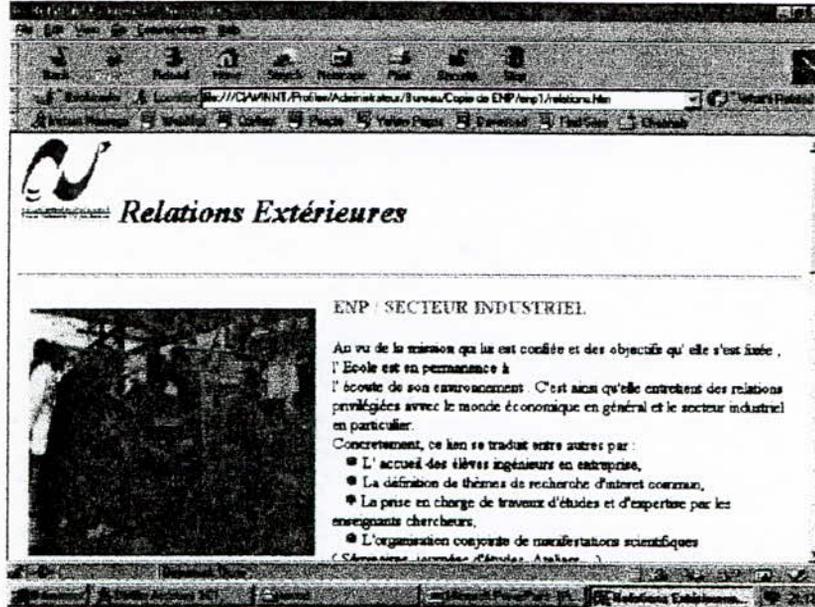


Figure 35

- Cette page présente le département d'Hydraulique, tout en présentant, l'encadrement, le laboratoire d'hydraulique, les programmes de graduation et de post graduation, les publications, etc. Chaque département est présenté par une page pareille.

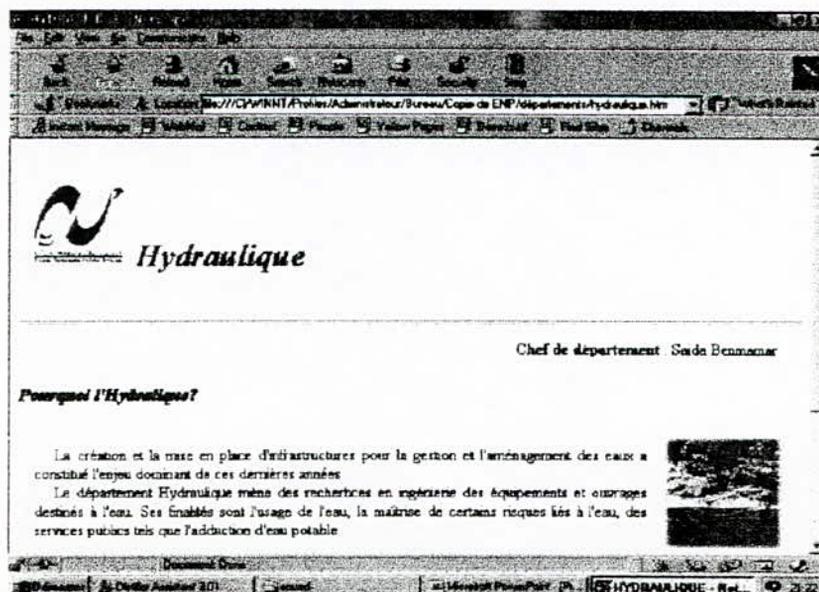


Figure 36

III

TRAVAUX D'ESIMEAU

TRAVAUX D'ESIMEAU

Les principales actions à établir dans le cadre de ce projet sont les suivantes :

- Développement ou intégration des outils génériques nécessaires pour la gestion, l'analyse et le traitement de données hétérogènes (les systèmes de gestion de base de données, les systèmes d'information géographiques, les shells, les simulateurs, les outils d'interface graphique, etc...).
- Modélisation et analyse des problèmes liés aux phénomènes d'eau de surface tels que l'eutrophisation, le transport solide, l'infiltration, l'érosion, le changement de climat, etc. Cette action sera complétée par un développement spécifique d'algorithmes numériques appropriés pour mieux simuler et reproduire les situations physiques réelles liées aux phénomènes désignés.
- Réalisation d'une interface d'intégration de l'ensemble des modèles génériques et spécifiques afin de mettre à la disposition des utilisateurs potentiels un outil unique, simple et interactif.

III.1 Le système intégré

Le système intégré ESIMEAU est une plate-forme liant plusieurs systèmes sous Intranet ou Internet et logiciels destiné à être complètement intégré sous le protocole web comme illustré dans le schéma précédent. Ces logiciels sont :

a/ Système d'information géographique

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique qui permet de manipuler des fichiers numériques multi-sources et multi-formats dont la seule information commune est le lieu physique qu'ils représentent. Son but est de rationaliser l'intégration de ces différentes couches d'informations pour des processus d'identification, d'extraction ou d'aide à la décision.

b/ Logiciel de maillage EMC2

EMC2 est un logiciel portable, graphique et interactif d'édition de maillage et contours en deux dimensions. Il permet de générer interactivement des maillages bidimensionnels pour la méthode des éléments finis en définissant la géométrie, la discrétisation des contours, les sous-domaines et les numéros de référence (afin d'introduire un lien avec la physique : conditions aux limites, propriétés des matériaux,...). Il est possible d'éditer un maillage formé de triangles ou de quadrangles en ajoutant, supprimant, déplaçant des sommets,... et en lui appliquant des transformations affines.

c/ Système de gestion d'une base de données (SGBD)

Un système de gestion de bases de données (SGBD) est un ensemble de programmes utilitaires permettant de décrire et de ranger des ensembles de données qui pourront être utilisées simultanément par de nombreux utilisateurs en garantissant la sécurité et l'intégrité de données, et en facilitant l'évolution des applications existantes, par ajout ou suppression de données ou de programmes.

d/ Code de calcul numérique par éléments finis

C'est un code de simulation numérique de l'injection de l'air au fond des retenues d'eau eutrophe.

L'approche adoptée consiste dans la modélisation de l'écoulement pour les équations de la conservation de la masse et de la quantité de mouvement en formulation mixte fonction de courant-vorticité ($\psi-\omega$). Les termes de convection sont discrétisés par la méthode des caractéristiques. Le problème de quasi-stokes résultant est discrétisé spécialement par une méthode éléments finis optimale de classe C^0 .

Par la suite, on présente le diagramme des échanges de flux d'information entre les différents modules de l'application mère d'ESIMEAU.

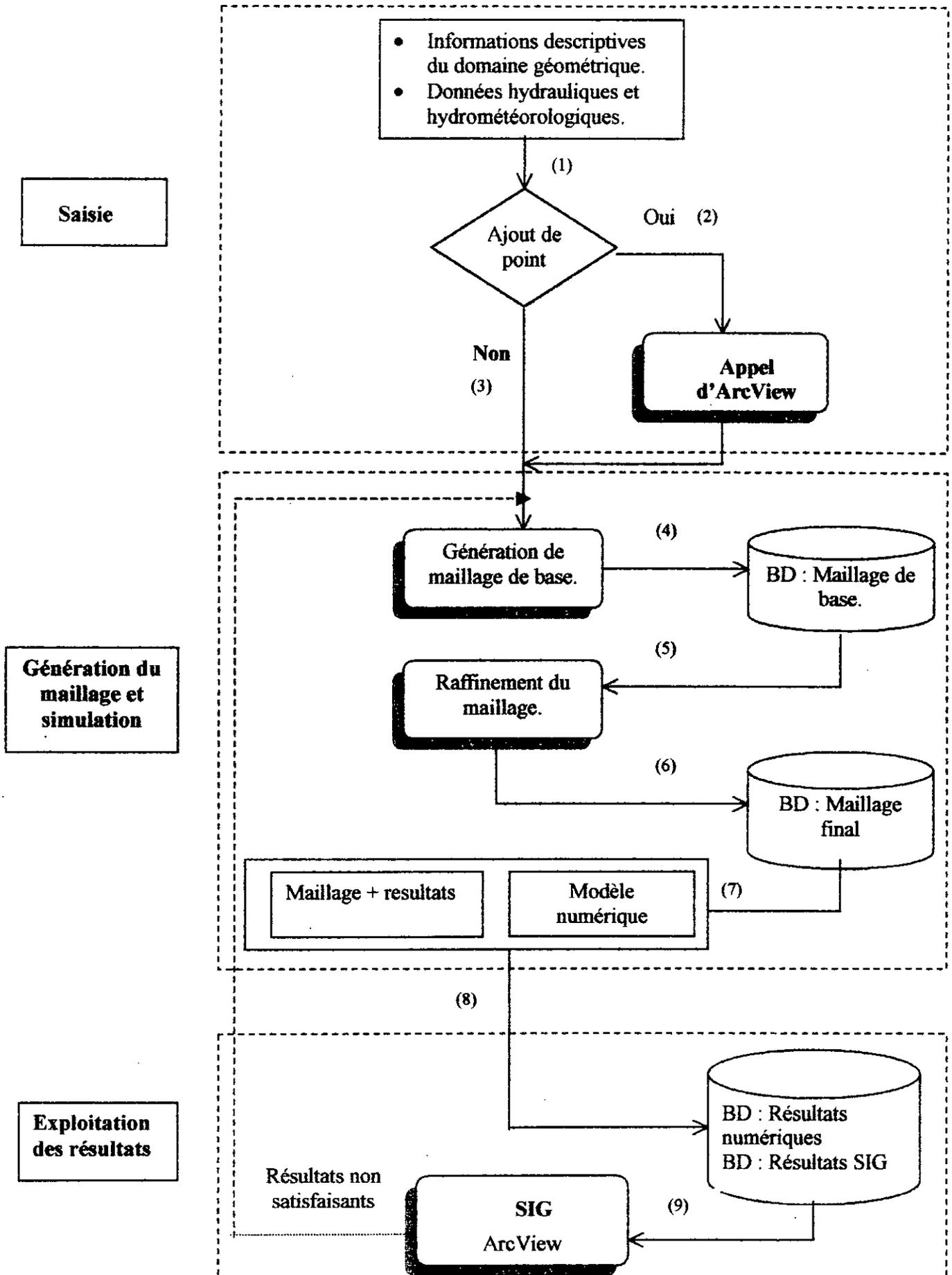


Figure 36: Diagramme des échanges de flux d'information

- *Commentaire du diagramme*

Etape (1) : à ce niveau, on effectue une saisie des informations descriptives et de données géométriques permettant de définir le domaine d'étude, telles que les caractéristiques hydrauliques et hydrométéorologiques associées à la bassin, les coordonnées des points délimitants la frontière du domaine ainsi que les coordonnées et les valeurs de mesures liées aux points expérimentaux.

Etape (2) et (3) : à ce niveau l'utilisateur a la possibilité d'ajouter des points virtuels aux points précédents via la plate-forme d'ArcView et ceci dans le but d'enrichir le nombre de points qui vont être forcés dans le maillage de base. Si l'utilisateur estime intéressant d'ajouter de nouveaux points, alors un appel est lancé à ArcView et les points sélectionnés par la souris seront ajoutés.

Etape (4) : les résultats du maillage générés par le logiciel EMC₂ sont transférés à la base de données. Ce maillage de base ne contient que les points définissant la frontière géométrique, les points expérimentaux et éventuellement les points virtuels introduits par l'utilisateur.

Etape (5) : à cette étape, un maillage plus fin sera généré par le logiciel EMC₂ à partir du maillage de base, il contiendra l'ensemble des points précédents qui seront considérés comme des points forcés plus de nouveaux points générés.

Etape (6) : les résultats générés seront stockés dans une table de la base de données en instance de qualification.

Etape (7) : à ce niveau le modèle numérique peut être lancé en considérant comme données la structure du maillage final ainsi que les données hydrauliques et hydrométéorologiques associées au domaine.

Etape(8) : les résultats et valeurs numériques extrapolés et retournés par le code de simulation sont stockés dans la table de la base de données en instance de qualification.

Etape (9) : l'exploitation des résultats est faite à partir de la plate-forme d'ArcView

III.2 L'eutrophisation

Qu'est ce que c'est ?

C'est un phénomène qui se manifeste par la prolifération d'un nombre limité d'espèces végétales dans des eaux trop chargées en nutriments (azote, phosphore, oligo-éléments) ou dans des cours d'eau très dégradés physiquement. C'est en fait une pollution nutritionnelle.

L'accroissement de ces apports, en particulier le phosphore, conduit à une eutrophisation accélérée qui se caractérise par une forte prolifération végétale (planctonique et littorale). Cette biomasse, composé en majeure partie d'éléments de grande taille peu consommable (algues coloniales ou filamenteuses parfois toxique, Cyanobactéries) n'est que partiellement recyclable via le réseau trophique : Une grande partie va sédimenter.

L'augmentation de la matière organique sédimentée favorise la croissance des bactéries hétérotrophes qui consomment de l'oxygène en dégradant les composés organiques. Une charge excessive et une température élevée (durant l'été en région tempérée) aboutissent à une désoxygénation des eaux profondes et à une minéralisation partielle des substances organiques. La durée et l'épaisseur de la couche anoxique dépend de la charge organique et de la température (agissant sur le métabolisme bactérien). Si la couche anoxique est assez épaisse, la désoxygénation conduit à une crise de fonctionnement ou dystrophie, caractérisée par la production de méthane et d'hydrogène sulfuré avec prolifération de bactéries phototropes anoxygéniques ("malaigues" des lagunes méditerranéennes). En outre, une forte sédimentation des particules accélère l'envasement des lacs.

L'arrêt ou la réduction des apports anthropiques stoppe ou ralentit le processus d'eutrophisation. Le phénomène est cependant irréversible tant que perdure la couche de sédiment où le phosphore est piégé.

C'est l'ensemble de ces processus qui constitue le phénomène d'eutrophisation et non la seule prolifération végétale qui n'en est que l'expression la plus visible.

➤ *Etymologie et histoire :*

Derivé de *eutrophe* (peu usité), empr. grec *eutrophos*, "bien nourri, nourrissant", du préfixe *eu-*"bien, dans de bonnes conditions" et de *trophê*, "nourriture" (cf. *atrophie*, *hypertrophie*...). L'eutrophisation, (mot attesté vers 1970) est donc le processus par lequel une étendue d'eau devient *eutrophe* et le résultat de ce processus.

Le mot "eutrophication" a été employé jusqu'en 1987 (voir déf. existantes) en même temps que "eutrophisation".

➤ *Définitions existantes :*

Le Robert (1994) : Accumulation graduelle de débris organiques dans les eaux stagnantes, due à l'activité métabolique des organismes qui les habitent, provoquant la prolifération excessive de végétaux aquatiques et l'appauvrissement en oxygène des eaux profondes.

Petit Larousse (1987) :

- Eutrophication : Evolution biochimique des eaux où sont déversés trop de déchets industriels nutritifs, ce qui perturbe leur équilibre biologique par diminution de l'oxygène dissous.
- Eutrophisation : Evolution naturelle des eaux semblable à l'eutrophication mais plus limitée.

G.I.H (1992) : Enrichissement de l'eau par des nutriments, en particulier par des composés d'azote et de phosphore, qui accéléreront la croissance d'algues et de formes plus évoluées de la vie végétative.

Dict. Enciclop. de l'écologie (1993) : Phénomène d'enrichissement des eaux continentales ou littorales en sels minéraux nutritifs (phosphates, nitrates) résultant de causes naturelles.

O.C.D.E (1982) : Phénomène caractérisé par une prolifération excessive d'algues et de plantes aquatiques due à une surcharge d'éléments nutritifs dans les eaux (phosphore en particulier).

➤ *Définition proposée :*

Ensemble de processus bio-géochimiques lié à un enrichissement des eaux en éléments nutritifs. Cet enrichissement se traduit par l'accroissement des biomasses végétales et animales conduisant à l'appauvrissement critique des eaux en oxygène.

III.2.1 Le mécanisme de l'eutrophisation :

L'eutrophisation des lacs est la conséquence d'un apport excessif en phosphore, généralement lié aux activités urbaines, agricoles et industrielles. Il en résulte un développement important de la biomasse algale et principalement du phytoplancton. Celle-ci sédimente au fond de l'eau où elle se décompose en consommant une grande quantité d'oxygène dissous.

Les lacs ayant plus de 4 mètres de profondeur possèdent, en été, une stratification thermique verticale provoquée par la différence de densité entre les couches d'eau superficielles réchauffées et les couches d'eau inférieures restées froides. Cette stabilité des eaux, en bloquant les échanges verticaux au sein de la colonne d'eau, entraîne un épuisement du stock d'oxygène hypolimnion (moitié inférieure du plan d'eau). L'anoxie naturelle et estivale peut avoir de graves conséquences dans le fonctionnement des écosystèmes lacustres. En effet, le milieu devenu réducteur, les équilibres chimiques changent, ce qui conduit à :

- la formation d'ammoniaque par blocage de la nitrification, celle-ci peut être associée à la formation d'hydrogène sulfureux et de méthane lorsque le potentiel d'oxydoréduction atteint des valeurs négatives,
- la solubilisation du fer, du manganèse et des métaux lourds complexés dans les sédiments,

- la libération des orthophosphates combinés avec le fer et le manganèse qui entretiennent et accroissent l'eutrophisation du plan d'eau; Ces apports complémentaires en matière nutritive sont très rapidement mobilisables par la biomasse algale,
- la raréfaction de l'oxygène et l'accumulation de toxiques comme l'ammoniaque, les métaux lourds, ou l'hydrogène sulfureux, provoquent l'appauvrissement ou la disparition à plus ou moins brève échéance des poissons et de la faune benthique.

Enfin, la stratification chimique qui se crée parallèlement à la stratification thermique, favorise le développement et la domination des cyanophycées. Ces algues bleues sont capables de migrer verticalement pour se placer aux profondeurs les plus favorables à leur croissance. Or, certaines souches de ces cyanobactéries peuvent être toxiques et forment occasionnellement des flots de surface (fleurs d'eau) en se décomposant au lieu de décanter. De fait, elles sont donc particulièrement nuisibles aux activités touristiques (pêche, baignade...).

III.2.2 Caractéristiques des eaux d'un plan d'eau eutrophe :

Le déséquilibre d'un plan d'eau eutrophe se constate souvent visuellement et olfactivement : les eaux sont, turbides et chargées en matière organique algale, elles peuvent présenter des « fleurs d'eau » et dégagent une odeur nauséabonde qui est susceptible de gêner les activités de loisir.

Si la charge externe en phosphore est à l'origine de l'eutrophisation, le phénomène est largement accéléré lorsque le lac est peu profond et que le temps de séjour est long.

D'un point de vue général, les caractéristiques physico-chimiques indicatives trahissant ou annonçant un probable processus d'eutrophisation sont :

- Concentration en P total >20 mgP/l
- Concentration en chlorophylle a > 20 µg/l
- Potentiel d'oxydoréduction < + 200 mV en fond de lac en été
- Concentration en fer total > 1 mg/l en fond de lac en été
- Concentration en oxygène < 3 mg/l en fond de lac en été
- PH ≥ 9 en surface du lac en été
- Apport total en phosphore provenant: du bassin versant (origine externe au lac), des sédiments (origine interne au lac) ≥ 0,2 gP/m² /an

La présence dans les eaux du plan d'eau de cyanophycées telle que Anabaena, Microcystis ou Oscillatoria est une autre des caractéristiques de l'eutrophisation extrême. Ces algues sont plus particulièrement présentes dans les eaux où le rapport des concentrations satisfait la condition suivante:

$N_{\text{assimilable}} / P_{\text{assimilable}} < 7$

où $N_{\text{assimilable}} = NO_3 + NO_2 + NH_4$ exprimés en N

P assimilable = P soluble = phosphates et orthophosphates exprimés en P.

III.2.3 Les causes de l'eutrophisation :

Trois principaux facteurs interviennent dans le phénomène de l'eutrophisation :

- le bassin versant
- le cycle thermique
- les processus biologiques

Le bassin versant alimentant le plan d'eau est généralement la source de nutriments, matières organiques et sédiments qui conditionnent le potentiel trophique du lac. Selon la part occupée par les terrains agricoles, les forêts et les zones urbaines ou industrielles, la nature des apports est très variable.

La morphométrie du plan d'eau conditionne directement sa réponse aux apports du bassin versant. Les lacs petits et peu profonds sont généralement le lieu de développements algaux importants.

Le cycle thermique annuel d'un plan d'eau est un des facteurs les plus importants. Il détermine son fonctionnement physique, chimique et biologique.

Dans les climats tempérés, la plupart des plans d'eau se stratifient pendant l'été. En surface se trouvent les eaux réchauffées et éclairées par le soleil (épilimnion), en profondeur les eaux froides où la lumière ne pénètre pas (hypolimnion). Cette stratification thermique est à l'origine d'une stratification chimique : en particulier pour l'oxygène dissous.

Les teneurs en oxygène dissous de l'hypolimnion décroissent rapidement avec la profondeur et peuvent être nulles à proximité des sédiments.

Les processus biologiques : Dans les plans d'eau eutrophes, les algues prolifèrent puis sédimentent. Leur dégradation entraîne une forte activité bactérienne qui consomme l'oxygène du fond. Le milieu devient alors réducteur et certains éléments comme le phosphore, complexé par exemple aux hydroxydes de fer dans les sédiments, peuvent être relargués. Le phénomène d'eutrophisation s'accélère de lui-même puisque le phosphore ainsi libéré favorise la croissance algale.

III.3 Moyens de lutte contre l'eutrophisation : (procédé d'aération)

L'eutrophisation peut être traitée de manière préventive en réduisant ou même en supprimant les causes responsables de l'eutrophisation et dont l'effet durable se mesure à long terme. Il s'agit d'un travail de sensibilisation aux pollueurs afin de créer une prise de conscience collective. On peut également traiter l'eutrophisation de manière curative, dont l'effet est immédiat mais peu sensible.

Les procédés d'Aération permettent de maintenir au sein du plan d'eau une teneur minimale en oxygène dissous. Le cercle vicieux de l'eutrophisation est ainsi bloqué. En effet,

en rétablissant des conditions oxydantes au niveau des sédiments, le relargage de composés indésirables est fortement réduit. Soit par :

III.3.1 Aération hypolimnique :

L'aérateur hypolimnique LIMNO, est un appareil unique en son genre qui permet l'aération du fond des retenues par dissolution d'air comprimé, sans destratification des eaux, lorsque leur profondeur est supérieure à 15-20 mètres.

Lorsqu'il existe à l'état naturel une stratification thermique nette dans le plan d'eau, il n'apparaît pas souhaitable de procéder à un traitement d'homogénéisation de la colonne d'eau. En effet, le brassage vertical de la colonne d'eau entraîne le réchauffement des eaux profondes, préjudiciable à la production d'eau potable et à l'équilibre piscicole du plan d'eau. Le maintien de conditions aérobies dans les eaux profondes peut être obtenu par injection d'oxygène pur ou d'air comprimé.

- **Principe de fonctionnement**

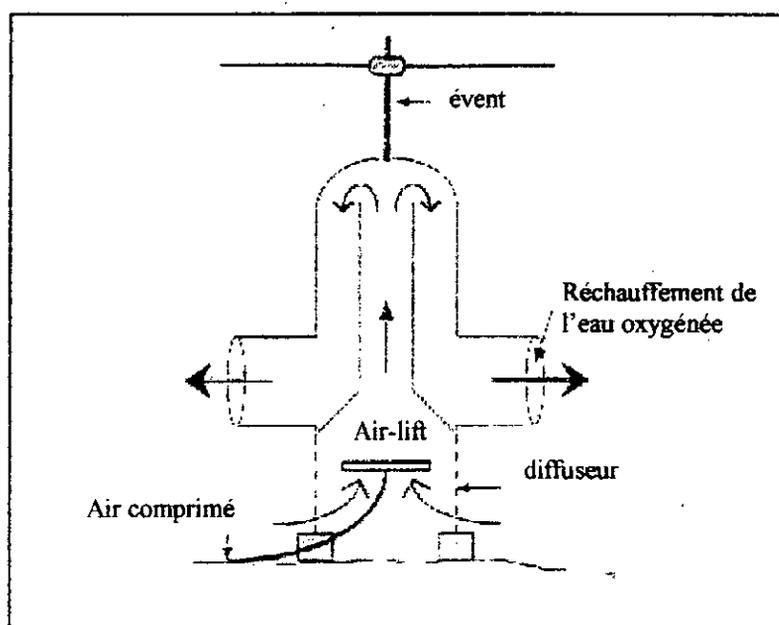


Figure 37: Principe de fonctionnement de l'aérateur d'hypolimnion [2]

L'air est envoyé sous pression dans un diffuseur placé à la base du LIMNO. Les bulles d'air montent et entraînent avec elles une masse d'eau importante. Celle-ci est réoxygénée au contact des bulles lors de la montée dans l'appareil. Puis l'eau est renvoyée par le bas dans le fond de la retenue, tandis que l'air en excès s'échappe par l'évent.

L'installation d'aération hypolimnique fonctionne durant la période de stabilité thermique des plans d'eau, généralement d'avril à octobre en climat tempéré dans l'hémisphère nord. Au cours de cette période, les eaux denses et froides stagnent au fond, et leur teneur en oxygène

décroit rapidement. Selon la qualité des eaux et la morphologie du plan d'eau, un fonctionnement permanent ou intermittent est adopté.

III.3.2 Aération par destratification : (travaux d'ESIMEAU)

La destratification est une technique destinée à aérer, dans leur totalité, les plans d'eau de profondeur comprise entre trois et quinze mètres, par le brassage de l'ensemble des masses d'eau, au moyen de rideaux de bulles immergés, alimentés en air comprimé.

L'aération par destratification a pour objectif essentiel d'éviter le relargage des composés réduits (phosphore, fer, manganèse, ammoniacque) par les sédiments, mémoire de la pollution antérieure, mais il s'agit également de lutter contre le développement des cyanophycées.

Dans un réservoir bien mélangé, toute demande en oxygène dissous est facilement satisfaite grâce à la réaération continue en surface. Cependant, en été quand le temps est chaud et si les vents sont faibles, de nombreux réservoirs subissent une stratification thermique.

Les couches superficielles se réchauffent et étant moins denses, elles flottent sur les couches plus fraîches et plus denses en dessous. Ce processus mène à la formation de trois couches distinctes dans le réservoir :

- *L'épilimnion* qui correspond à la zone superficielle ayant une température relativement élevée avec un faible gradient de température,
- *La thermocline* est une couche peu épaisse qui se caractérise par un gradient thermique vertical important,
- *L'hypolimnion* est la zone des eaux profondes ayant une température relativement basse avec un gradient faible. [4]

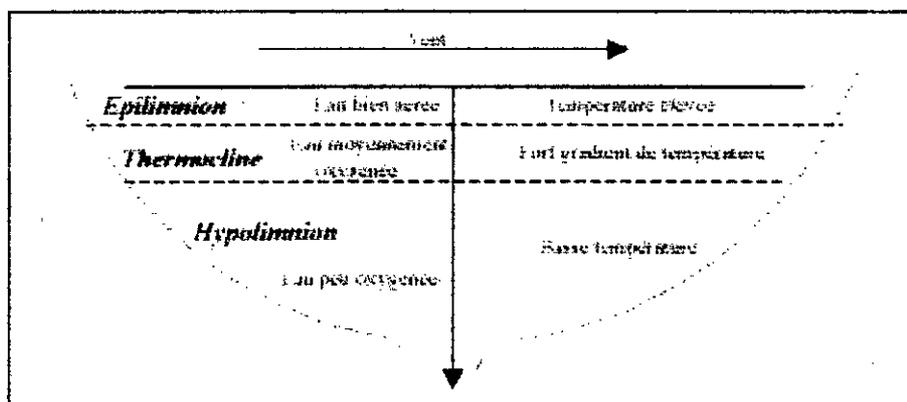


Figure 38 : Schéma d'un lac stratifié

- **Principe de fonctionnement :**

L'aération par déstratification consiste à créer un ou plusieurs rideaux de bulles ascendantes générant un effet d'air lift sur plusieurs centaines de mètres. Ce mouvement de masse entraîne une circulation de l'eau du fond vers la surface du lac. La puissance de ce brassage est calculée pour éviter la stratification naturelle des eaux en période chaude. Il provoque leur aération par contact avec la surface du plan d'eau et a donc pour conséquence, le maintien de conditions oxydantes au sein de toute la colonne d'eau.

Les installations sont constituées d'un local insonorisé enfermant un compresseur d'air disposé en bordure de rive, et connecté à un réseau de canalisations percées, de plusieurs centaines de mètres, immergé sur le fond du plan d'eau.

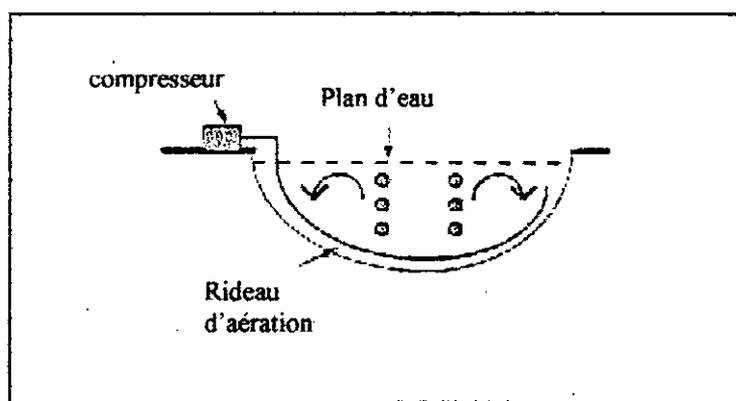


Figure 39 : Principe de fonctionnement de l'aération diffuse

- **Dimensionnement :**

Chaque installation est conçue en fonction des caractéristiques chimiques et morphologiques du plan d'eau. Ces facteurs conditionnent le débit d'air à injecter, la longueur, le nombre de ligne de diffusion et leur perforation.

- **Conditions d'installation :**

D'une manière générale, cette technique convient aux plans d'eau dont la profondeur moyenne est comprise entre 3 et 15 mètres ou présentant une stratification thermique peu prononcée. Dans le cas contraire, l'énergie à apporter pour vaincre la stratification thermique serait trop importante et l'installation économiquement peu rentable.

- **Fonctionnement:**

L'aération par déstratification est habituellement mise en route durant la période de stabilité thermique du plan d'eau, d'avril à octobre. Au cours de cette période, les eaux denses et froides stagnent au fond et s'appauvrissent en oxygène. Selon l'état de la qualité du plan d'eau et sa morphologie, un fonctionnement permanent ou intermittent peut être envisagé.

- **Avantages d'une aération des couches d'eau profondes des lacs et retenues**

L'aération complète d'une retenue maintient des conditions oxydantes à l'interface eau/sédiment. De fait elle permet :

- la diminution très importante des concentrations en fer et en manganèse de l'eau brute (qui restent précipités dans les sédiments),
- de garantir une teneur faible en ammoniacque,
- la suppression presque complète du relargage du phosphore à partir des sédiments,
- la minéralisation accélérée des matières organiques,

D'autre part le mélange de l'ensemble de la colonne d'eau assure :

- la limitation très importante du développement des cyanophycées qui ne prédominent normalement pas en milieu agité,
- la réduction des pics de turbidité

Les conséquences d'une aération des couches d'eau profondes sont perceptibles directement au niveau de l'exploitation des stations de potabilisation. On peut ainsi constater :

- une qualité d'eau brute stable tout au long de l'année,
- une diminution de la consommation de réactifs et d'eau de lavage des filtres,
- un risque fortement réduit de flottation des boues dans les décanteurs par absence de dégazage,
- et enfin, une meilleure efficacité de la chloration. [5]

➤ **Position du problème :**

Le phénomène d'eutrophisation a diverses conséquences économiques et sociales dont le fléau majeur est l'alimentation des populations en eau potable. Or, les grands lacs constituent la principale ressource des réserves d'eau potable sans parler des autres facteurs socio-économiques.

La nécessité de préserver la qualité des eaux superficielles est aujourd'hui bien reconnue et devient de plus en plus pressante et cruciale. Dans le cadre des travaux du projet ESIMEAU, il se limitera à un aspect de cette thématique, à savoir l'étude de l'eutrophisation des lacs ou des retenues d'eau et le traitement de cette problématique par aération mécanique.

L'objectif du projet ESIMEAU est de modéliser les phénomènes d'eutrophisation afin d'aboutir à des simulations numériques permettant l'optimisation du processus d'aération mécanique. A cet effet, il faut d'abord établir les équations permettant de modéliser le phénomène direct, puis mettre au point des méthodes numériques pour les résoudre et enfin développer un algorithme d'optimisation du processus d'aération.

La conception des systèmes d'ingénieur et la prédiction de leurs performances sont liées à la disponibilité des modèles conceptuels et des données expérimentales. Les modèles conçus à cette tâche sont bâtis sur des bases rationnelles et supportent les données expérimentales.

Dans la mécanique des milieux continus, les modèles monophasiques sont basés sur les équations de conservation complétées par les équations constitutives d'état, de contraintes... , qui déterminent les propriétés thermodynamiques ou de transport.

Dans les écoulements diphasiques, la présence de l'interface entre les phases pose d'énormes difficultés. Mathématiquement, le domaine diphasique peut être considéré comme des régions monophasiques mais les équations de conservation ne peuvent être posées sans violation des conditions de continuité. De point de vue physique, le processus de la dispersion ainsi que celui de la collision de phase, sont compliqué à modéliser.

➤ **Approche monophasique :**

Vu que l'air occupe un volume presque négligeable devant celui de l'eau et dans le but de simplifier le modèle, on peut traiter en première approximation dans une première étape une seule phase : La phase liquide. Plus précisément cette approche, ne tient pas compte explicitement de la présence de la phase air, mais intégrera par contre l'effet de la qualité de mouvement et d'énergie que les bulles apportent au fluide. En effet, on présentera les effets des bulles d'air par un terme source ou en ajoutant une viscosité artificielle au fluide. Dans ce cas, on résout les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie dans un domaine homogène, occupé uniquement par la phase liquide. Cette étape, bien que sous des hypothèses très simplificatrices, permettra d'avoir des ordres de grandeur sur l'hydrodynamique et de mettre en lumière les zones mortes, lieu privilégié du début de l'eutrophisation, et ainsi nous orientera sur les emplacements possibles des aérateurs.

- **Equation de conservation de la masse**

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho + \nabla \cdot \rho u = 0 \quad (1)$$

- **Equation de conservation de la quantité de mouvement**

$$\rho(\partial_t u + u \nabla u + 2\Omega \times u) = -\nabla p + \nabla \tau + F \quad (2)$$

- **Equation de conservation de l'énergie**

$$\rho \frac{dE}{dt} = \rho \left(\frac{\partial E}{\partial t} + u \nabla E \right) = -\nabla \cdot q - \nabla p u + \nabla \cdot (\tau u) + Fu + Q + F_c u \quad (3)$$

Où

ρ représente la masse volumique du fluide,

p la pression

u le champ vectoriel de la vitesse,

$2\Omega \times u$ l'accélération de coriolis

F la force extérieure de volume par unité de volume,

F_c la force de coriolis

τ le tenseur des contraintes,

q le vecteur courant de chaleur,

Q les forces de rayonnement et

E l'énergie totale c'est la somme de l'énergie interne e et de l'énergie cinétique du fluide.

à ces équations, on peut adjoindre deux équations de thermodynamique du type :

$$p = p(\rho, T) \quad (4)$$

$$e = e(\rho, T) \quad (5)$$

- *Approche incompressible à ρ constante :*

Hypothèses :

Effets de Coriolis négligeable et masse volumique constante

Dans un premier temps nous supposons que la densité volumique est constante, par la suite on aborde les écoulements à densité variable.

Vu que la masse volumique ρ est constante, les relations (4) et (5) nous permettent d'écrire la température en fonction de la pression. on est donc amené à résoudre seulement l'équation de la conservation de la masse et l'équation de la conservation de la quantité de mouvement, qu'on peut éventuellement écrire sous forme adimensionnelle :

- Formulation ($u - p$)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \nabla u - \frac{1}{Re} \Delta u + \nabla p = f$$

$$\nabla \cdot u = 0$$

Cette formulation, dite Vitesse-Pression ($u - p$), permet l'utilisation des conditions aux limites "physiques" sur la vitesse, mais pour mieux contrôler la dynamique du fluide dans le domaine, on utilise souvent la formulation dite fonction Courant-Vorticité ($\psi - \omega$).

- Formulation ($\psi - \omega$)

En faisant le rotationnel du système précédent on obtient la formulation suivante :

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \nabla \omega - \frac{1}{Re} \Delta \omega = \omega \nabla u + \nabla \times F$$

$$\nabla(\nabla\psi) - \Delta\psi = \omega$$

avec

$$\omega = \nabla \times u \quad u = \nabla \times \psi$$

- *Approche à masse volumique ρ variable :*

Dans le cas où la densité serait variable, on propose d'écrire les équations de Navier-Stokes dans le cadre d'une approximation de boussinesq et sous une forme adimensionnelle:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + u \nabla \rho &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \nabla u + F_c &= \frac{1}{Fr^2} (-\nabla p + F) + \frac{1}{Re} \Delta u \end{aligned} \quad (6)$$

$$\nabla \cdot u = 0$$

avec,

u le vecteur de la vitesse normalisé par la vitesse caractéristique u_0

p la déviation de la pression de la valeur hydrostatique p_0 ($p_0 = \rho_0 g z$)

p_0 est normalisé par $\Delta \rho g H$

$\Delta \rho = \rho_{\max} - \rho_{\min}$ est la déviation caractéristique de la densité

g l'accélération de gravité,

$F(0,0, \rho)$ la force de flottabilité,

F_c la force de coriolis

ρ la déviation de la densité de la valeur caractéristique ρ_0 normalisée par $\Delta \rho$

$$Fr = \frac{u_0}{\sqrt{g H \Delta \rho / \rho_0}} \text{ le nombre de Froude,}$$

$$Re = \frac{u_0 H}{\nu} \text{ le nombre de Reynolds}$$

En formulation ($\psi - \omega$), le système (6) devient

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \nabla \rho = 0$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \nabla \omega - \omega \nabla u - \frac{1}{Re} \Delta \omega = + \frac{1}{Fr^2} \nabla \times F - \nabla \times F_c$$

$$\nabla(\nabla\psi) - \Delta\psi = \omega$$

➤ *Approche diphasique :*

Un fluide diphasique est constitué par des régions monophasiques limitées par des interfaces en mouvement. Localement, le comportement de chaque phase est décrit complètement par des équations aux dérivées partielles traduisant les bilans de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie, et par les conditions d'interface associées. Ce type de formulation est une extension directe de la formulation des écoulements monophasiques et s'appelle : formulation locale instantanée.

Une telle formulation nous amènerait à un problème de frontières libres. La résolution de problèmes diphasiques utilisant une telle formulation, soulève trop de difficultés mathématiques, qui restent dans la plupart des cas insurmontables. De plus, pour l'étude liée à la sûreté des installations et à leur dimensionnement, une description fine des phénomènes à petite échelle n'a pas en général d'importance. Par contre les moyennes de ces équations dans le temps et dans l'espace permettent d'aboutir à un système pratique.

- *Modèle de mélange :*

Ce type de modèle constitue aussi ces équations à partir des lois de conservation appliquée à un mélange de fluides. Le mélange est considéré comme un fluide équivalent.

Les équations de modèle sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} \partial_t(\rho) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (II-11) \\ \partial_t(\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = -\nabla(p) + \nabla \cdot (\boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{\tau}^T) + \rho \mathbf{F} + \mathbf{M}, \quad (II-12) \\ \partial_t \left(\rho \left(e + \frac{u^2}{2} \right) \right) + \nabla \cdot \left(\rho \left(\left(e + \frac{u^2}{2} \right) \mathbf{u} \right) \right) = -\nabla \cdot ((Q + Q^T)) + \nabla \cdot (\Pi \cdot \mathbf{u}) \\ + \rho \mathbf{F} \cdot \mathbf{u} + E \quad (II-13) \end{array} \right.$$

Toutes les variables sont des grandeurs équivalentes. Elles sont exprimées en fonction des taux de présences et des grandeurs de chaque phase.

- *Modèle de turbulence :*

Elghobashi et Abou-Arab se sont intéressés à l'interaction qui existe entre la phase liquide et les particules. Dans leur travail, les bulles sont considérées rigides, sans interaction entre-elles, et sans changement de phase. Leur modèle s'intéresse à une zone de dimension plus importante que celle des diamètres des bulles mais moins importantes que la longueur caractéristique de l'écoulement. Le modèle Eulérien qu'ils adoptent tient compte de la force de traînée et de la gravitation.

- *Modèle de dispersion :*

Les premières études, faites dans le domaine de modélisation d'un écoulement diphasique fluide/bulles, se sont intéressées à l'identification des charges exercées sur les bulles, et de déduire en utilisant le principe fondamental de la dynamique de l'équation du mouvement de celle-ci dans les fluides.

Hunt et al se sont intéressés à l'évaluation des forces exercées sur une bulle dans plusieurs cas d'écoulements, tenant compte du Reynolds, du nombre de Strouhal... et à l'estimation de l'interaction des phénomènes physiques qui les génèrent. D'une manière générale, ils obtiennent que pour un écoulement non visqueux (le nombre de Reynolds de la particule soit à infini) les efforts exercés sur une bulle sont les efforts dus à l'accélération de l'écoulement autour de la bulle, à la réaction due à l'accélération de la bulle et à la contribution d'autres effets d'inertie comme la force de portance due elle-même à la vorticité ou à la variation de ∇u    l'échelle de la bulle. Pour un écoulement visqueux, ils considèrent une force de viscosité somme de la force de traînée et de la force de portance.

La force de traînée égale à $F'_v = -C_D \frac{A_n}{2} \rho_f |v_r| (v_r)$ est portée par la vitesse relative de la bulle v_r , A_n est la projection de l'air de la bulle sur le plan normal à v_r , et la force de portance est dans le plan perpendiculaire à v_r .

L'étude de l'interaction de deux ou plusieurs corps est une étape nécessaire pour la formulation des équations qui gèrent l'écoulement multiphasique. Yuan et Prosperetti [3] se sont intéressée à l'interaction de deux bulles pour un nombre de Reynolds de 200, où l'interaction est surtout du    l'inertie. Cette étude tient en compte de la viscosité du milieu. Le modèle physique de Navier-Stokes incompressible choisi par les auteurs a été formulé en (ψ, ω) exprimé dans un système de coordonnées bi-sphériques et traité numériquement après avoir développé ψ et ω en série de Fourier.

Ci-dessous, on présente d'après la thèse de Climent [3], les différentes forces qui s'exercent sur une bulle considérée comme une inclusion indéformable, et les phénomènes physiques qu'elles représentent :

a) Force de flottabilité : $F_{\text{float}} = (\rho_b - \rho_f) V_b g$

b) Force de traînée, due aux contraintes visqueuses que le fluide exerce sur la surface de l'inclusion : $F_v = -C_D \frac{\pi R^2}{2} \rho_f |v - u| (v - u)$ où $v - u$ représente la vitesse relative de la particule par rapport au fluide. Le coefficient C_D dépend du coefficient de Reynolds de

$$\text{la particule : } R_e = \frac{2|v - u|R}{\nu}, C_D = \begin{cases} \frac{16}{R_e} & \text{si } R_e < 1 \\ \frac{16}{R_e} \left(1 + 0.16 R_e^{1/2}\right) & \text{si } 1 \leq R_e \leq 60 \\ \frac{48}{R_e} \left(1 - 2.21 R_e^{-1/2}\right) & \text{si } R_e > 60 \end{cases}$$

c) Force de masse ajoutée qui est la force qu'il faut exercer sur un fluide pour déplacer en mouvement accéléré un corps dans ce fluide : $F_{ajoutee} = \rho_f V_p \left(C_m \frac{du}{dt} - C_m \frac{dv}{dt} \right)$ où $C_m = \frac{1}{2}$

pour une sphère.

Avec :

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla u \quad \text{et} \quad \frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t}$$

d) Force de portance : c'est la force qui s'exerce sur la particule perpendiculairement à sa vitesse de glissement. $F = -C_l \rho_f V_p (v-u) \wedge \omega$ où $\omega = \nabla \wedge u$ en l'absence de rotation de la particule..

e) Force d'histoire : qui résulte du retard de l'écoulement par rapport aux changements de conditions aux limites : $F_H = 8\pi\mu R \int_0^t \exp\left[-\frac{9\nu(t-\tau)}{R^2}\right] \operatorname{erfcf}\left[\sqrt{\frac{9\nu(t-\tau)}{R^2}}\right] \frac{d(u-v)}{d\tau} d\tau$.

Cette force est souvent négligée.

Dans ce paragraphe, deux modèles sont présentés. Le premier modèle bien qu'il ne traite que la phase continue, tient compte de la phase dispersée par l'effet qu'elle génère dans l'eau d'une manière indirecte. Si on veut modéliser les deux phases séparément on est presque obligé de définir une classe de bulles qui ont une même caractéristique et travailler sur cette classe. Le deuxième modèle, s'intéresse à la simulation du déplacement de fronts de bulles. [4]

IV

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, nous avons consacré un temps important à l'acquisition du langage HTML, le logiciel Frontpage et la création des pages en liens hypertextes. Le suivi de la procédure détaillée dans le chapitre 2 nous a permis de mettre en place un site web pour le projet euro-méditerranéen ESIMEAU.

Ce dernier est réalisé par une approche mixte, c'est à dire au lieu d'utiliser que le logiciel Frontpage ou que l'éditeur HTML, on a préféré de bénéficier des avantages de l'un et de l'autre afin de maîtriser les deux outils et de faire de bonnes pages hypertextes.

Afin d'implanter un moteur de recherche dans le site, nous avons fait une page de bibliographie regroupant tous les documents (articles, publications, rapports de recherche, livres,...) utilisés au projet ESIMEAU. La présentation de cette page est réalisée en des champs caractéristiques à chaque document (titre, auteur, éditeur, année d'édition, des mots clés et le résumé). On les a structuré dans ce mode pour servir plutard dans l'environnement XML.

Une esquisse préliminaire d'un site web pour l'Ecole Nationale Polytechnique a été présentée dans ce travail qui reste ouverte pour être complétée et enrichie car les pages en liens hypertextes est quelque chose de vivant, il faut à chaque fois faire la mise à jour du site.

A la fin on a résumé les travaux d'ESIMEAU dans un chapitre dont il traite un problème qui permettra la conservation et l'amélioration de la qualité de l'eau par une technique non polluante. L'injection de l'air dans les retenues est étudiée par des différentes approches. les résultats préliminaires obtenus par l'approche monophasique montrent la faisabilité de simulation de l'aération et donne des informations utiles pour lutter contre l'eutrophisation. Ainsi, ces résultats peuvent être utiliser pour entamer l'approche diphasique 2D et le monophasique 3D, éléments essentiels pour définir les bons critères d'optimisation des injecteurs.

ANNEXE

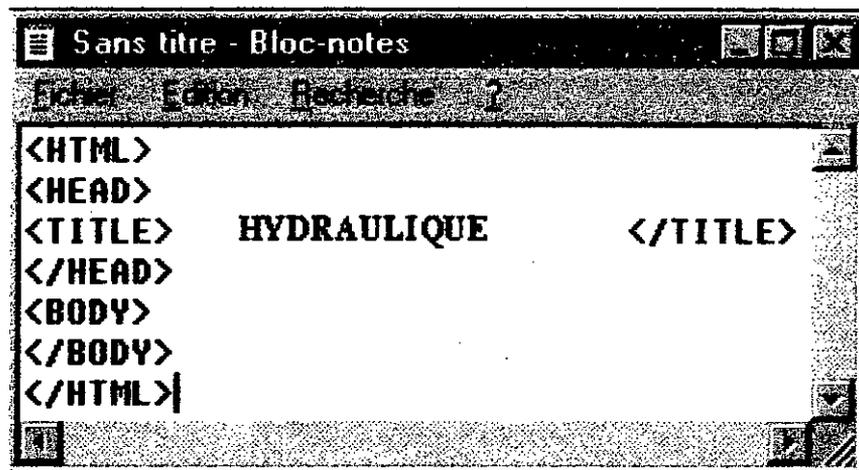
Listes des principales balises HTML	
Balise	Son effet
Mise en forme des caractères	
...	Texte en gras
<BIG>...</BIG>	Agrandissement de la taille des caractères
<BLINK>...</BLINK>	Texte clignotant (Netscape seul)
...	Texte en italique
 ...	Texte en couleur où XXXXXX est une valeur hexadécimale
...	Taille des caractères où X est une valeur de 1 à 7
<I>...</I>	Texte en italique
<NOBR>...</NOBR>	Empêche les ruptures automatiques de ligne des navigateurs
<PRE>...</PRE>	Texte préformaté, soit avec affichage de tous les espaces et sauts de ligne
<SMALL>...</SMALL>	Réduction de la taille des caractères
...	Mise en gras du texte
_{...}	Texte en indice
^{...}	Texte en exposant
<U>...</U>	Texte souligné
Mise en forme du texte	
<!--...-->	Commentaire ignoré par le navigateur
 	A la ligne
<BLOCKQUOTE>... </BLOCKQUOTE>	Citation (introduit un retrait du texte)
<CENTER>...</CENTER>	Centre tout élément compris dans le tag
<DIV align=center> ...</DIV>	Centre l'élément encadré par le tag
<DIV align=left> ...</DIV>	Aligne l'élément à gauche
<DIV align=right> ...</DIV>	Aligne l'élément à droite
<Hx>...</Hx>	Titre où x a une valeur de 1 à 6
<Hx align=center>...</Hx>	Titre centré
<Hx align=left>...</Hx>	Titre aligné à gauche
<Hx align=right>...</Hx>	Titre aligné à droite
<P>...</P>	Nouveau paragraphe
<P align=center>...</P>	Paragraphe centré
<P align=left>...</P>	Paragraphe aligné à gauche
<P align=right>...</P>	Paragraphe aligné à droite
Listes	
	Liste non numérotée (dite à puces)
	Élément de liste
	Fermeture
	Liste numérotée
	Élément de liste
	Fermeture
<DL>	Liste de glossaire

<DT>...</DT>	Terme de glossaire (sans retrait)
<DD>...</DD>	Explication du terme (avec retrait)
</DL>	Fermeture
Ligne de séparation	
<HR>	Trait horizontal (centré par défaut)
<HR width="x%">	Largeur du trait en %
<HR width=x>	Largeur du trait en pixels
<HR size=x>	Hauteur du trait en pixels
<HR align=center>	Trait centré (défaut)
<HR align=left>	Trait aligné à gauche
<HR align=right>	Trait aligné à droite
<HR noshade>	Trait sans effet d'ombrage
Hyperliens	
...	Lien vers une page Web
...	Lien vers une adresse eMail
...	Lien vers la page locale fichier.htm située dans le même répertoire
...	Définition d'une ancre
...	Lien vers une ancre
...	Lien vers une ancre dans la même page
Images	
	Insertion d'une image au format Gif ou Jpg (voir liens pour l'adressage)
	
	Mise à l'échelle de l'image en pixels (comme effet d'accélérer l'affichage de la page)
	Définition de la bordure d'une image avec lien
	Texte alternatif lorsque l'image n'est pas affichée
	Aligne l'image en bas
	Aligne l'image au milieu
	Aligne l'image en haut
	Aligne l'image à gauche
	Aligne l'image à droite
	Espacement horizontal entre l'image et le texte
	Espacement vertical entre l'image et le texte
Tableau	
<TABLE>...</TABLE>	Définition d'un tableau
<TABLE width="x%">	Largeur du tableau en %
<TABLE width=x>	Largeur du tableau en pixels
<TABLE border=x>	Largeur de la bordure
<TABLE cellpadding=x>	Espace entre la bordure et le texte
<TABLE cellspacing=x>	Epaisseur du trait entre les cellules
<TR>...</TR>	Ligne du tableau
<TD>...</TD>	Cellule du tableau

<TD bgcolor="#XXXXXX">	Couleur d'une cellule de tableau
<TD width="x%">	Largeur de colonne en %
<TD width=x>	Largeur de colonne en pixels
<TD align=center>	Texte dans la cellule centré
<TD align=left>	Texte dans la cellule aligné à gauche
<TD align=right>	Texte dans la cellule aligné à droite
<TD valign=bottom>	Alignement vers le bas du contenu
<TD valign=middle>	Centrage vertical du contenu d'une cellule
<TD valign=top>	Alignement vers le haut du contenu d'une cellule
<TD colspan=x>	Nombre de cellules à fusionner horizontalement
<TD rowspan=x>	Nombre de cellules à fusionner verticalement

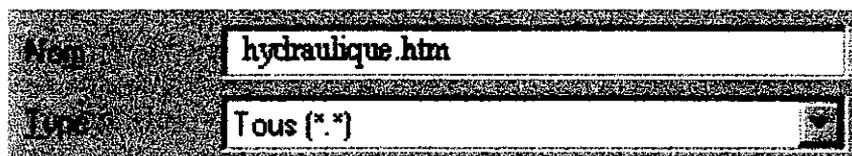
➤ Exemple de création d'une page web

1. Ouvrir l'éditeur de texte
2. Ecrire les codes HTML suivants :

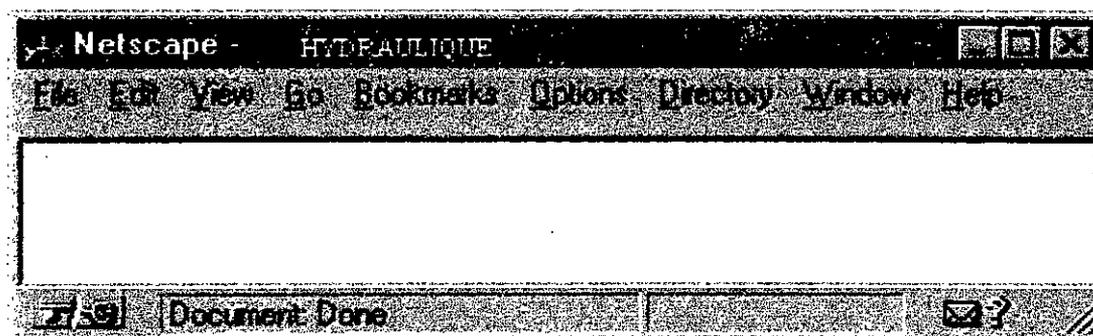


```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>   HYDRAULIQUE   </TITLE>
</HEAD>
<BODY>
</BODY>
</HTML>
```

3. Enregistrer le document avec l'extension .html ou .htm



4. Ouvrir le navigateur
5. Afficher le document via le menu File/ Open file...



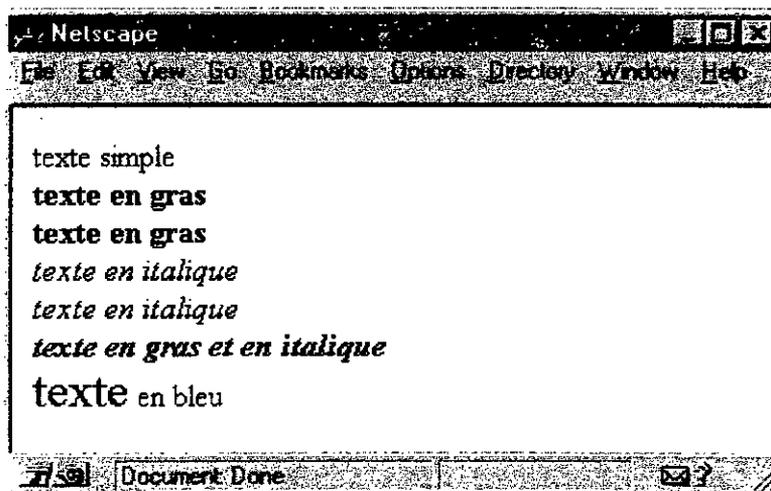
Remarque : Le corps de la page est vide (c'est normal) mais tout à fait opérationnel , il faut fournir les informations à l'intérieur des balises <BODY> et </BODY>. Quelques exemples seront traités par la suite :

1. Ecriture d'un texte en différents caractères

```

<HTML>
<HEAD><TITLE> </TILTLE>
<BODY>texte simple<BR>
<B>texte en gras</B><BR>
<STRONG>texte en gras</STRONG><BR>
<I>texte en italique</I><BR>
<EM>texte en italique</EM><BR>
<B><I>texte en italique et en gras</I></B><BR>
<FONT SIZE=5>texte</FONT>
<FONT COLOR= "#0000FF">en bleu</FONT>
<!-- c'est fini -->
</BODY>
</HTML>

```

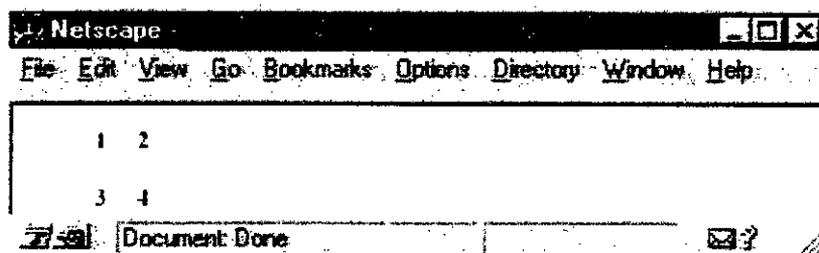


2. Un tableau à deux lignes, à deux colonnes et sans bordure se présente comme suit :

```

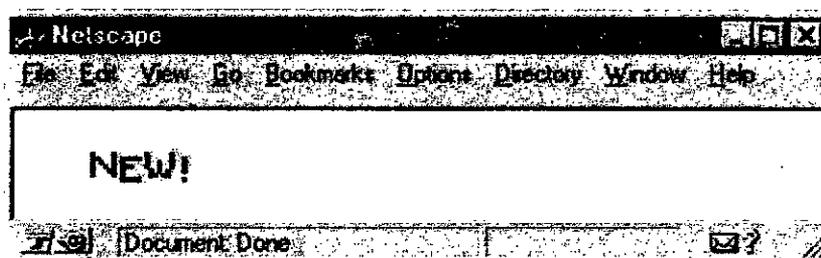
<HTML>
<HEAD><TITLE> </TILTLE>
<BODY>
<TABLE border=0>
<TR><TD>1</TD><TD>2</TD><TR>
<TR><TD>3</TD><TD>3</TD><TR>
</TABLE>
</BODY>
</HTML>

```



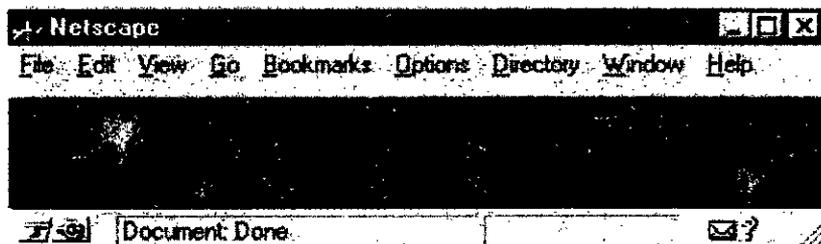
3. Insertion d'une image

```
<HTML>
<HEAD><TITLE> </TITLE>
<BODY>
<IMG SRC=new.gif>
</BODY>
</HTML>
```



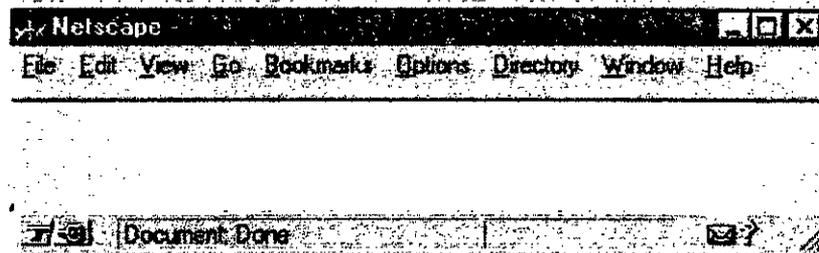
3. Utilisation d'une couleur d'arrière plan

```
<HTML>
<HEAD><TITLE> </TITLE>
<BODY BGCOLOR = "#0000FF "
</BODY>
</HTML>
```



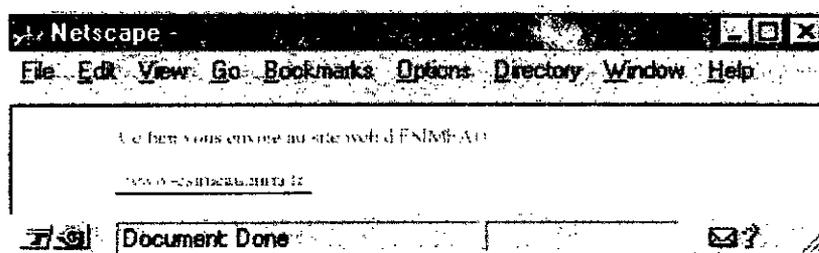
4. Utilisation d'une texture d'arrière plan

```
<HTML>
<HEAD><TITLE> </TILTLE>
<BODY BACKGROUND= " paper.gif ">
</BODY>
</HTML>
```



5. Utilisation d'un lien (Ex : lien externe)

```
<HTML>
<HEAD><TITLE> </TILTLE>
<BODY >
<P> Ce lien vous envoie au site web d'ESIMEAU</P>
<A HREF= "http://www-esimeau.inria.fr ">www-esimeau.inria.fr</A>
</BODY>
</HTML>
```



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BARNAURE I. et ROSENFELDT R.
"La pollution par les phosphates"
- [2] DESRUES E (groupe Finagri)
"Un aérateur flottant pour combattre l'eutrophisation des eaux de surface."
Edition Avril 1991
- [3] DABAGHI F.
" ESIMEAU, Information technologies for water resources management and modelling in semi-arid areas"
Programme du projet. Edition 1997
- [4] DABAGHI F.
"Numerical simulation of some eutrophication aspects"
Délivrable du projet. Edition 1998
- [5] GONAY E. et LAFFORGUE M.
"Une solution pour lutter contre l'eutrophisation des lacs et des retenues :
L'aération par destratification"
Edition Septembre 1997
- [6] LEOPOLD A.
"Les grands lacs, aujourd'hui sujet d'inquiétude"
- [7] POUILLEUTE E.
"La lutte contre l'eutrophisation des rivières, des lacs et des réservoirs"
- [8] PRASTACOS P. et DABAGHI F.
"Report of the information flows between various databases models and GIS system"
Délivrable du projet. Edition 1998
- [9] PRASTACOS P, RIZK A, OUAZAR D et DABAGHI F.
"Architecture of the ESIMEAU System and Components"
Délivrable du projet. Edition 1999
- [10] RIZK A.
"Architecture du système d'information"
Délivrable du projet. Edition 1998
- [11] SALTEL E. et HECHT F.
"EMC₂ est un logiciel d'édition de maillages et de contours bidimensionnels"

Déliverable du projet. Edition 1995.

[12] Van Lancker Luc

"Apprendre le langage HTML"

" Apprendre à créer un site"

" Maîtriser le langage HTML"

www.ccin.be/ccin328/html/present.htm Edition 1998 / 99

[13] Collection grand livre, HTML.

Edition Micro application

Année 1996

[14] Sites web

www.asiea.fr/public_html/pascal.LANDRE/cours.htm

www.pressibus.org/perso/html/frintro.htm

www.frequenceweb.net/frontpagef.htm

www.ivic.qc.ca/~alexk7/html.htm

www.selvais.com/infac/29-3-99_cours_complet_internet.htm

www.syndic-rivieres.org/Dyst7.htm