

W 5999



Burkina Faso

L'Institut-
français
de recherche
scientifique
pour le
développement
en coopération



Synthèse des travaux effectués sur HYDRAM.

Par :

Amidou/OUEDRAOGO

Ouagadougou, février 1997

Fonds Documentaire ORSTOM



010011182



L'Institut
français
de recherche
scientifique
pour le
développement
en coopération

Burkina Faso

HYDRAM

Synthèse des travaux effectués sur HYDRAM.

Par :
Amidou OUEDRAOGO

Ouagadougou, février 1997
Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : A * 11182 Ex : 1

Préalable

Toute ma gratitude à l'endroit de tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre au bon déroulement de mon insertion professionnelle, en particulier à Monsieur Alain DEZETTER chargé de recherche en Hydrologie, responsable du programme AGIRE (Aide à la planification et à la Gestion Intégrée des Ressources en Eau). Notre travail à l'ORSTOM précisément dans le programme AGIRE s'est déroulé d'août 1995 à Février 1997, en qualité d'Allocataire de recherche ORSTOM. Il s'est articulé en deux principales parties. Une première étape a consisté à l'étude (du point de vue conception et réalisation) du logiciel HYDRAM, puis en une seconde étape à l'application d'HYDRAM au système d'eau du bassin de la comoé (sud ouest du Burkina Faso).

La première phase a suscité un travail sur l'environnement de développement d'HYDRAM, à savoir le système d'exploitation UNIX puis le langage de programmation orienté objet Eiffel. Cette phase a donc été beaucoup axée sur l'informatique.

La seconde phase a consisté à l'application du modèle de simulation HYDRAM au système d'eau du bassin versant de la comoé. Le bassin versant de la comoé est situé dans la partie Sud-Ouest du Burkina Faso. Il fait partie des bassins versants les mieux arrosés du Burkina Faso, avec des potentialités de ressources en eau très importantes et variées. Cette phase a donc été dominée par l'étude du fonctionnement hydrologique d'un système d'eau, celui du bassin versant de la comoé.

Ce document pour rendre compte de notre modeste contribution dans la recherche expérimentale d'une manière générale et en particulier dans la bonne gestion des ressources en eau du Sud-Ouest du Burkina Faso.

1. Maîtrise du système d'exploitation UNIX sur station SUN.

Le système SunOs Release 4.1.1 sur station SUN est un système d'exploitation multitâches et multi-utilisateurs comme toutes les variantes d'UNIX.

Nous avons commencé l'étude de ce système d'exploitation par une lecture de la documentation disponible en l'occurrence "*le grand livre d'UNIX de Michael WIELSCH édité par Micro Application ; 1165 pages*". Nous sommes ensuite passé à la pratique sur ordinateur, en station SUN. Beaucoup de commandes ont été vues et appliquées dans l'environnement du Shell ou Interpréteur de commandes, puis les travaux avec les utilitaires de l'environnement windows (openwindows) ont finalisé notre prise en main.

La maîtrise de cette phase s'avérait très nécessaire, car le logiciel sur lequel allait se porter le travail est développé en langage Eiffel. Ce logiciel de programmation en langage orienté objet étant portable sur UNIX.

Le système d'exploitation UNIX est un exemple de système complet et complexe, mais très peu utilisé du fait de sa difficile portabilité sur PC et de la rareté de logiciels qui l'accompagnent.

Ce système est beaucoup utilisé dans les milieux de la recherche et en grandes entreprises. Il offre des possibilités pratiques dans les domaines de la communication par ordinateur (messagerie électronique, internet ...).

2. Jeux d'essais sur le logiciel de simulation des Hydro-aménagements HYDRAM.

HYDRAM est un logiciel de simulation des Hydro-aménagements ou systèmes d'eau. Nous avons effectué une série de tests sur de petits systèmes, afin de pouvoir étudier pour chaque composant choisi, les résultats de simulations. Les données hydro-météorologiques entrées sont donc fictives, et ont été choisies de sorte à faciliter l'interprétation des résultats globaux de simulations et ceux spécifiques à chaque composant du système considéré.

Les données hydro-météorologiques s'étendent de Janvier 1970 à décembre 1980 soit onze années au total ; et les simulations sont faites au pas de temps mensuel et décadaire.

Les composants utilisés dans cette série de tests sont :

Le Captage d'eau, la Prise en rivière pour les ressources ;

la Demande chronique, le Périmètre d'irrigation pour les demandes en eau ;

et le lien simple comme organe de transfert.

Les résultats de cette série de test ont fait l'objet d'un rapport intitulé *"Rapport sur quelques jeux d'essais appliqués à HYDRAM, logiciel de simulation des Hydro-aménagements, en décembre 1995, 10 pages"*.

3. Document technique sur le logiciel de simulation des Hydro-aménagements.

Il s'agit dans cette partie, de faire connaissance avec les fondements de bases de la conception et de la réalisation du logiciel HYDRAM. Les outils de développement étant Eiffelcase et Eiffelbench, il a fallu connaître en un premier temps, les bases du langage de programmation Eiffel puis en un second temps les outils c'est à dire Eiffelcase et Eiffelbench.

L'univers d'HYDRAM compte 102 Clusters et 1095 Classes (y compris les Clusters et Classes des bibliothèques livrées par Eiffel). Il existe différents produits d'Eiffel, Eiffelbench, Eiffelcase, Eiffelbuild... ; c'est avec les deux premiers que nous avons reconstitué le système HYDRAM ; à savoir Eiffelbench et principalement Eiffelcase. Cette partie du travail a abouti à la rédaction d'un document technique sur HYDRAM intitulé *"Document technique sur HYDRAM, logiciel de simulation des Hydro-aménagements, en août 1996, 70 pages"*. Ce document prend en compte les aspects de la conception et de la réalisation du logiciel. Ainsi les points qui ont été développés sont :

- les classes de l'univers d'HYDRAM ; nous avons donc passé en revue leur organisation logique et physique, puis les types de liens (essentiellement des liens d'héritage, et des liens client).
- les différents Clusters du système qui décrivent en une première approche, de la conception, la notion de regroupement logique des Classes du système ; puis en une seconde approche beaucoup plus physique, la "localisation" physique des fichiers, incluant la notion de répertoire.
- l'ensemble des classes appelé ACE, qui décrit l'architecture du système ; c'est donc une "étiquette" identifiant le système d'HYDRAM.
- enfin le regroupement des Classes dans les différents Clusters du système d'HYDRAM.

Ce document a été essentiellement élaboré à partir de graphiques sortis d'EiffelCase ; un outil d'Eiffel, conçu pour la documentation des applications développées sur Eiffel.

4. Application d'HYDRAM sur le système d'eau du bassin versant de la Comoé.

Il y a deux grandes étapes dans l'application d'HYDRAM sur un système d'eau : Une première étape qui consiste à la mise en place d'une chronique de données de pluies, d'écoulements et d'évaporations à des pas de temps allant du mensuel au journalier.

Une seconde étape qui concerne l'étude effective du fonctionnement hydrologique du système d'eau.

4.1 Données hydro-météorologiques du bassin versant de la Comoé.

La région est soumise à un climat de type sud-soudanien avec une pluviométrie relativement bonne. La pluie moyenne annuelle à Banfora est de 1125 mm. La rivière principale est la comoé, longue de 155 km. Son débit moyen interannuel à Folonzo avant la frontière avec la Côte d'Ivoire est évalué à 18 000 l/s. Une étude des données hydro-météorologiques du bassin versant de la comoé à été réalisée avec Issouf SANOGO, stagiaire. Un rapport sera donc mis au point à la fin de son stage.

Pour le cas du système d'eau de la comoé, nous avons 18 stations pluviométriques, 8 stations hydrométriques et 1 station d'évaporation pour une superficie du bassin versant égale à 18 200 km².

- Les données de pluies retenues couvrent la période de 1960 à 1995 soit 36 années au total. Ces données ont été analysées et critiquées. Des études statistiques ont été effectuées avec les logiciels STATGRAPHIC et SAFARHY. Des lacunes de données de pluies ont été comblées par corrélations entre stations.
- Concernant les données d'écoulements, la phase la plus importante est la reconstitution des apports naturels au niveau des retenues.
- Concernant les données d'évaporations, nous disposons d'une seule station de mesure (un bac d'évaporation de classe A). Nous avons considéré les moyennes mensuelles interannuelles car ne disposant pas de chroniques d'évaporation.

mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
mm/j	7.64	8.66	7.90	6.72	5.32	4.08	3.28	2.81	3.17	4.00	5.17	6.53

Tableau 1. Evaporation du Bac de classe A de Bérégadougou.

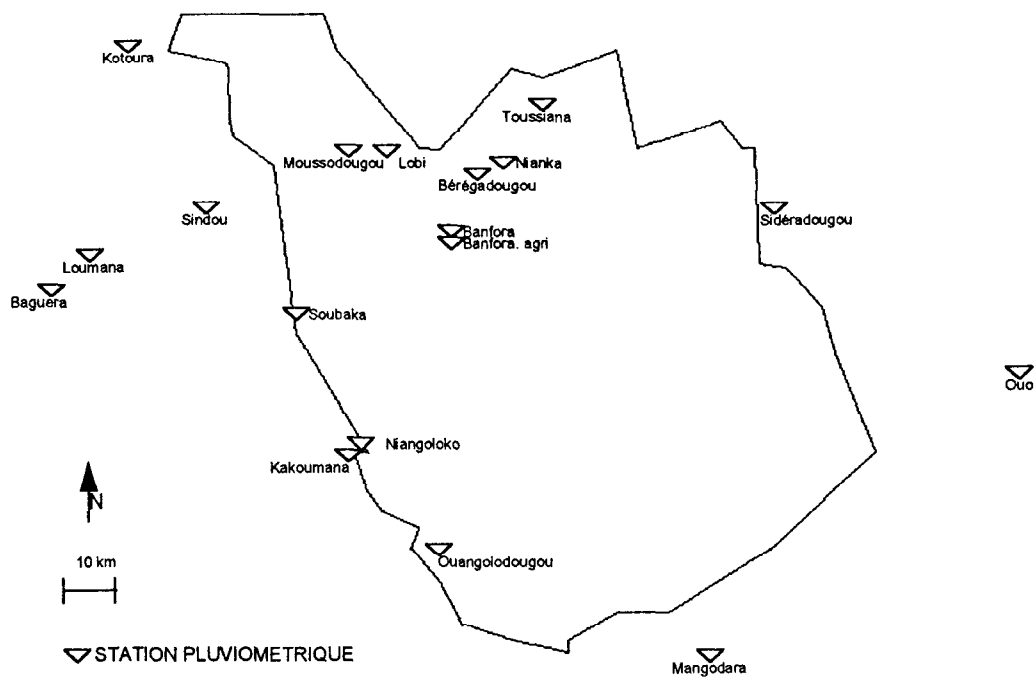


Figure 1 Localisation des stations de mesures pluviométriques du bassin de la Comoé

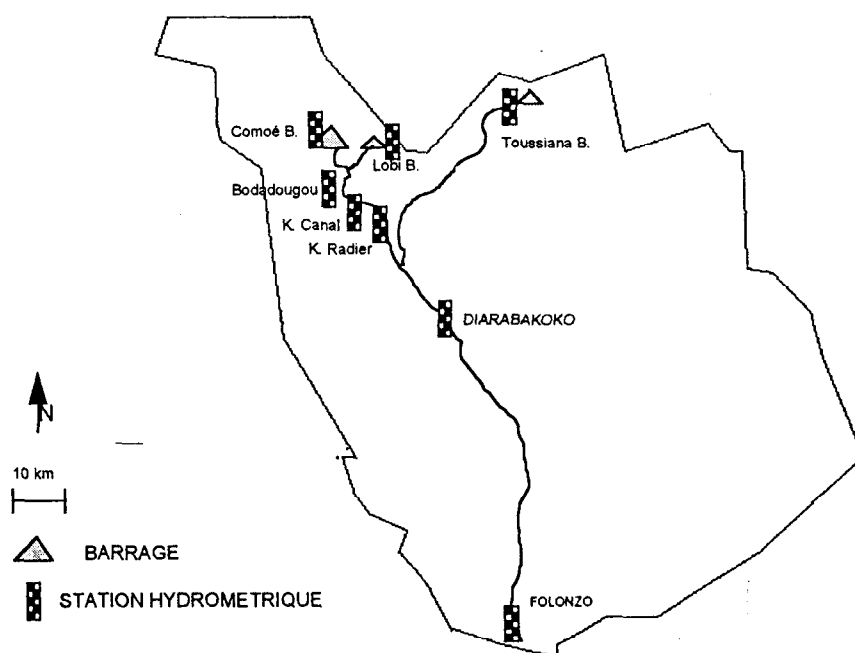


Figure 2 Localisation des stations de mesures hydrométriques du bassin de la Comoé

4.2 Modélisation du système d'eau de la Comoé.

La seconde étape consiste en la modélisation du système, la simulation du fonctionnement hydrologique et l'analyse des résultats de simulation.

Cette partie va s'intéresser à l'aspect modélisation du système d'eau. Les aspects simulation et résultats de simulation ne seront pas très développés car nous attendions des données hydro-météorologiques plus probantes (précisément les apports naturels des trois retenues du système d'eau).

Nous allons décrire les caractéristiques des aménagements ressources et besoins en eau, puis nous donnerons les différents scénarios d'aménagements, proposés en collaboration avec la Direction Régionale de l'Hydraulique des Hauts Bassins (DRH/HB).

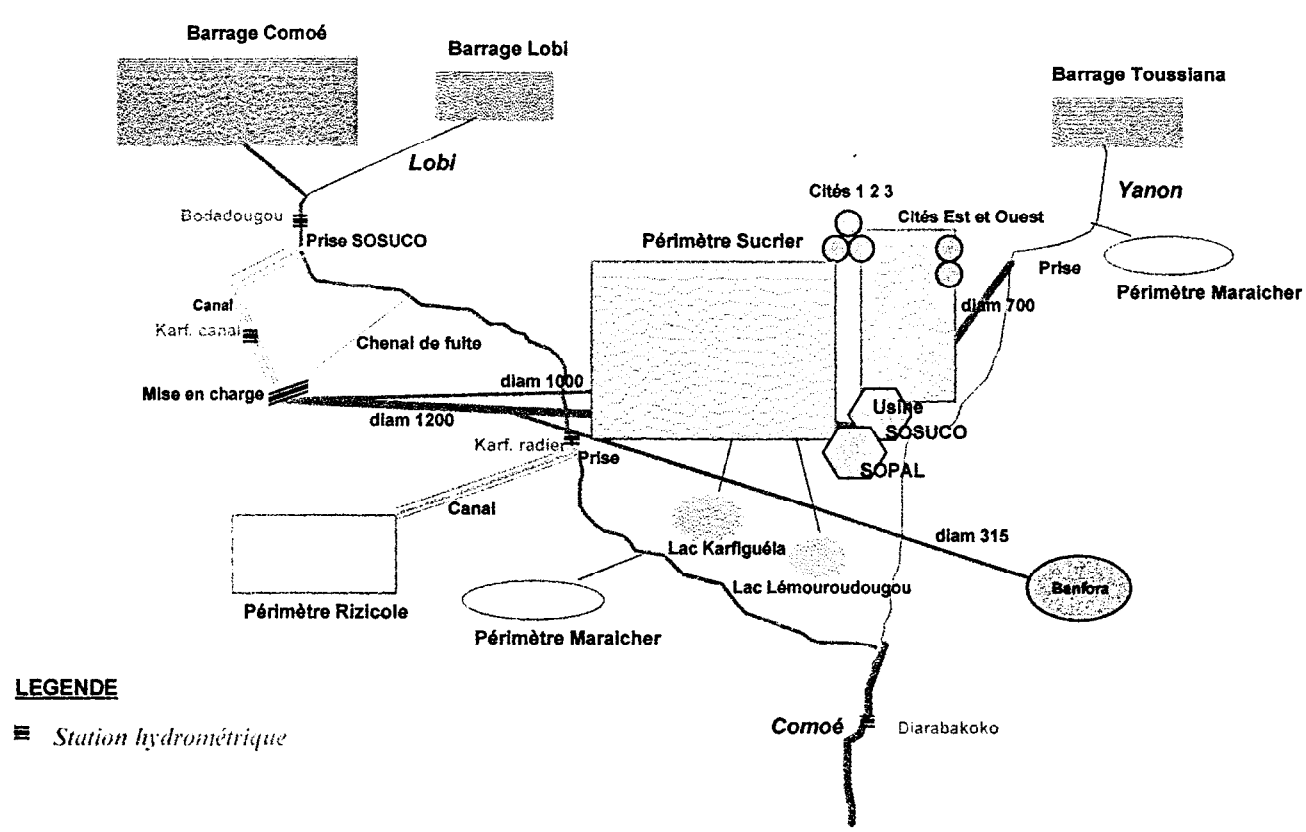


Figure 3 Système d'eau de la comoé

L'inventaire des ressources et des besoins en eau du système d'eau du bassin de la comoé donne le bilan suivant :

Ressource en eau du système.

Barrage Moussodougou

Le barrage de Moussodougou a une capacité de 38.5 millions de m³ d'eau.

Il est construit sur la comoé, cours d'eau pérenne.

Les caractéristiques fixes de l'ouvrage sont :

localisation

longitude -4°55'0"

latitude 10°46'0"

côte de référence 432 m

niveau minimal absolu	0.00	m
-----------------------	------	---

niveau minimal de sollicitation	6.00	m
---------------------------------	------	---

niveau maximal absolu	22.00 m
-----------------------	---------

La formule utilisée pour l'évaluation du stock en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue est :

$$\text{Stock} = 71487.6 \cdot (Z - 432)^{2.03}$$

Stock est le volume stocké dans le barrage en m^3 .

Z est la côte de l'eau dans le barrage en m.

La formule utilisée pour l'évaluation de la surface du plan d'eau en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue est :

$$\text{Surface} = 0.5174 \cdot (Z - 432)^{2.213}$$

Surface est exprimée en hectare.

Z est la côte de l'eau dans le barrage en m.

niveau (m)	Surface (ha)	stockage (m3)
0	0	0
2	3	292 890
4	12.5	1 199 996
6	25	2 738 137
8	37.5	4 916 495
10	68.8	7 741 564
12	100	11 218 398
14	162.5	15 351 145
16	243.7	20 143 327
18	343.7	25 598 005
20	493.7	31 717 891
22	620	38 505 420

Tableau 2. Surface et Volume en fonction de la hauteur de l'eau du barrage Comoé.

Barrage Toussiana

Le barrage de toussiana a une capacité de retenue de 6.104 millions de m³ d'eau.
 Il est construit sur le yannon, un affluent rive gauche de la comoé.
 Les caractéristiques fixes de l'ouvrage sont :

localisation
 Longitude -4°37'27"
 Latitude 10°52'10"
 côte de référence 480 m

niveau minimal absolu 0.00 m
 niveau minimal de sollicitation 0.50 m
 niveau maximal absolu 8.50 m

La formule utilisée pour l'évaluation du stock en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue est :

$$\text{Stock} = 27578.66.(Z - 480)^{2.52}$$

Stock est le volume stocké dans le barrage en m³ .

Z est la côte de l'eau dans le barrage en m.

La formule utilisée pour l'évaluation de la surface du plan d'eau en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue est :

$$\text{Surface} = 4.936.(Z - 480)^{1.725}$$

Surface est exprimée en hectare.

Z est la côte de l'eau dans le barrage en m.

Niveau (m)	Surface (m²)	stockage (m³)
0	0	0
1	5	27 579
2	15	158 527
3	33	440 959
4	58	911 236
5	84	1 600 090
6	112	2 534 700
7	140	3 739 728
8	172	5 237 927
8.5	190	6 103 655

Tableau 3. Surface et Volume en fonction de la hauteur de l'eau du barrage Toussiana

Barrage Lobi

Le barrage de Lobi à une capacité de 6.060 millions de m³ d'eau.

Il est construit sur la lobi, un affluent rive gauche de la comoé.

Les caractéristiques fixes de l'ouvrage sont :

localisation

Longitude -4°53'0"

latitude 10°46'0"

côte de référence 428 m

niveau minimal absolu 0.00 m
niveau minimal de sollicitation 2.00 m
niveau maximal absolu 13.89 m

La formule utilisée pour l'évaluation du stock en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue est :

$Stock = 1091.00.(Z - 428)^{3.29}$

Stock est le volume stocké dans le barrage en m³ .

Z est la côte de l'eau dans le barrage en m.

La formule utilisée pour l'évaluation de la surface du plan d'eau en fonction de la hauteur d'eau dans la retenue est :

$Surface = 0.3274.(Z - 428)^{2.288}$

Surface est exprimée en hectare.

Z est la côte de l'eau dans le barrage en m.

Niveau (m)	Surface (m ²)	stockage (m ³)
0	0	0
2	1.3	10 671
3	3.5	40 509
4	7	104 376
5	11.9	217 488
6	18.4	396 225
7	26.4	657 957
8	36.1	1 020 918
9	47.7	1 504 120
10	60.9	2 127 281
11	76.1	2 910 762
12	93.2	3 875 530
13	112	5 043 109

Tableau 4. Surface et Volume en fonction de la hauteur de l'eau du barrage Lobi

Demande en eau du système (besoins exprimés pour l'année 1996)

La demande en eau du système d'eau de la comoé est variée ; ceci est matérialisé par un usage multiple de la ressource qui est faible.

Les besoins (reconnus officiellement) des exploitants sont les suivants :

Demande périodique de débit de l'usine SOSUCO

La SOSUCO (Société Sucrière de la Comoé) est le principal exploitant de la Comoé.

Une usine de production du sucre est installée.

De novembre à avril la demande de débit est de 125 l/s ; c'est la période de pleine activité de l'usine. De mai à octobre la demande est de 75 litres/s ; c'est la période d'inter-campagne, la demande en eau se réduit au volume nécessaire pour le nettoyage et le maintien de l'usine.

Demande périodique de débit de l'usine SOPAL.

Cette usine située à côté de l'usine SOSUCO produit de la boisson alcoolisée.

La demande de débit est constante au cours de l'année ; elle est de 20 litres/s

Alimentation en eau potable de la ville de Banfora.

L'ONEA (Office National de l'Eau et de l'Assainissement) est chargé de la distribution de l'eau potable aux populations.

La ville de Banfora est la plus grande agglomération de la comoé.

Le nombre d'habitants de la ville est de 100 940 ; le débit évalué pour chaque habitant et par jour est de 30 litres.

Alimentation en eau potable des cités des ouvriers de l'usine SOSUCO.

Ces cités habitent les ouvriers de l'usine SOSUCO et sont placées à proximité des périmètres sucriers.

Les cités comptent au total 1 000 habitants ; le débit spécifique est également de 30 l/hbt/j.

Périmètres sucriers pour l'irrigation

Une première partie des périmètres (à l'est de l'usine SOSUCO) a une surface irriguée de 400.0 ha.

La seconde partie des périmètres (à Karfiguela) a une superficie irriguée de 3112 ha (mais 3488 ha en 1996). Les périmètres sucriers sont extensibles à 4000 ha.

La variation du coefficient cultural de la canne à sucre dans ces périmètres est la suivante :

mois	Kc
janvier	0.70
février	0.70
mars	0.70
avril	0.80
mai	0.90
juin	1.00
juillet	1.00
août	1.00
septembre	1.00
octobre	1.00
novembre	0.90
décembre	0.70

Tableau 5. coefficient cultural de la canne à sucre - variation interannuelle -

Nous avons considéré pour la canne à sucre une réserve utile (RU) de 60 mm et une réserve facilement utilisable (RFU) de 30 mm pour 1 m du sol.

Périmètre rizicole de Karfiguela pour l'irrigation

On y pratique deux types de cultures par an :

la culture de riz de saison des pluies (de Juillet à Novembre) et celle de contre saison (de Décembre à Avril).

La surface irriguée est de 320.0 ha

La variation du coefficient cultural du riz est la suivante :

mois	Kc
janvier	1.30
février	1.35
mars	1.25
avril	0.95
juillet	0.95
août	1.30
septembre	1.35
octobre	1.25
novembre	0.95
décembre	0.95

Tableau 6. coefficient cultural du riz - variation interannuelle

Nous avons considéré pour le riz une réserve utile (RU) de 80 mm et une réserve facilement utilisable (RFU) de 40 mm pour 1 m du sol.

4.2.1 Composants du système d'eau selon le modèle HYDRAM

Plusieurs scénarios de développement ont été mis en place. Ceux-ci sont en fait des alternatives de développement pour une gestion efficiente de la ressource en eau.

- Le premier scénario considère que le système d'eau de la comoé constitue un système unique. L'ensemble des besoins doit être satisfait par l'ensemble des ressources. Les composants identifiés dans ce cas sont :
 - *Le réservoir sans apport artificiel* pour caractériser la retenue d'eau (au nombre de 3, à savoir les retenues de Comoé, Lobi et Toussiana).
 - *Le périmètre d'irrigation* pour caractériser le périmètre de type sucrier, rizicole ou maraîcher (nous dénombrons 1 périmètre d'irrigation rizicole, celui de Karfiguela, 7 périmètres sucriers et 2 périmètres maraîchers).
 - *La demande en eau potable* pour l'alimentation en eau potable des populations (une demande en eau potable pour la ville de Banfora, une pour chaque subdivision des cités des ouvriers, au nombre de 5).
 - *La demande périodique* pour chacune des 2 usines (SOSUCO et SOPAL).
 - *La conduite* pour tout lien de type conduite d'eau (avec la longueur, le diamètre et le débit maximal tous effectifs).
 - *Le canal* pour tout lien partant d'une retenue à une prise d'eau ou tout autre (excluant la conduite) placé en amont d'une conduite.
 - *Le lien simple* permettant de joindre certaines jonctions à des demandes en eau.

Ce scénario prend donc en compte une gestion intégrée de la ressource du système d'eau.

En résumé nous avons comme composants :

ressources

3 réservoirs sans apports artificiels

demandes

6 demandes en eau potable

2 demandes périodiques

10 périmètres pour l'irrigation

- Le second scénario a une description similaire du premier, sauf que l'on déconnecte la retenue de Toussiana du système d'eau. Les besoins restants donc les mêmes. Ce scénario pourrait montrer les forces et faiblesses du système sans l'apport de la retenue de Toussiana.

En résumé nous avons comme composants :

ressources

2 réservoirs sans apports artificiels

demandes

6 demandes en eau potable

2 demandes périodiques

10 périmètres pour l'irrigation

- Le troisième scénario scinde le système d'eau initial en deux sous systèmes :
Un sous système alimenté par les retenues de Comoé et Lobi. Les demandes étant les mêmes que celles du premier scénario sauf une déconnexion de 2 demandes (une de type périmètre sucrier, c'est la portion de 400 ha des périmètres sucriers et une autre de type demande en eau potable pour l'alimentation de 2 subdivisions des cités des ouvriers).

Un autre sous système, celui-ci étant alimenté par la retenue de Toussiana. Les demandes sont celles qui ont été exclues dans le premier sous système.

En résumé nous avons comme composants :

d'une part

ressources

2 réservoirs sans apports artificiels

demandes

4 demandes en eau potable

2 demandes périodiques

9 périmètres pour l'irrigation

- d'autre part
- ressources**
- 1 réservoir sans apports artificiels
- demandes**
- 2 demandes en eau potable
- 1 périmètre pour l'irrigation

Demandes en eau	Scénario 1	Scénario 2	Scénario3
AEP Banfora			
AEP Cité A, B et C des ouvriers			
AEP Cité Est et Ouest des ouvriers			
Périmètre Sucrier (400 ha)			
Périmètres Sucriers (3112 ha) en 7 subdivisions			
Périmètre Rizicole Karfiguela (320 ha)			
Usine SOSUCO			
Usine SOPAL			

Ressources en eau	Scénario 1	Scénario 2	Scénario3
Barrage Comoé (38.5 millions m3)			
Barrage Toussiana (6.104 millions m3)			
Barrage Lobi (6.060 millions de m3)			

Tableau 7 Les différents scénarios identifiés de la comoé.

4.2.2 Simulation et résultats de simulation du système d'eau de la comoé

Notons que ces résultats sont provisoires car les apports calculés au niveau des retenues ne sont pas définitifs.

On considère le système d'eau actuel (besoins exprimés pour l'année 1996). La période retenue pour les simulations va de Janvier 1960 à Décembre 1995, donc 36 années. Le pas de temps retenu pour cette série de simulations est le pas de temps mensuel.

En satisfaction attendue, on distribuera les besoins avec l'ordre de priorité croissant de la demande en eau potable, la demande périodique à la demande pour l'irrigation.

En sollicitation attendue des ressources, on mobilisera en priorité les barrages de Comoé, Lobi et Toussiana.

premier scénario :

- Système d'eau actuel (année 1996 avec les 3888 ha de canne à sucre à irriguer)

Caractéristiques de simulation

mode de simulation : desserte améliorée

remplissage des réservoirs = 100 %

remplissage des réserves en eau du sol = 100 %

période de présimulation : Juillet 1960 à Octobre 1961.

L'efficience d'apport au niveau des périmètres d'irrigation : 65 %.

L'efficience de transport dans les canaux : 65 %.

L'efficience de transport dans les conduites : 95 %.

Résultats globaux de simulation

<i>Apports</i>	<i>1969, 46 millions de m³</i>
<i>Déficits</i>	<i>0, 15 millions de m³</i>
<i>Défaillances</i>	<i>6</i>
<i>Prélèvements</i>	<i>937, 03 millions de m³</i>
<i>Pénurie maximale</i>	<i>0.3 % Mars 65</i>
<i>Durée maximale de défaillance</i>	<i>1 mois de Mars 65 à Mars 65 avec une</i>
<i>pénurie de 0.3 %</i>	

En 36 ans de gestion simulée on compte 30 sans pénurie, 6 ans à faible pénurie inférieure à 10 %.

Les défaillances sont survenues pour le mois de :

Mars avec un taux de pénurie de 0.0 %

Avril avec un taux de pénurie de 0.0 %

Sur les 18 besoins de l'aménagement, il est survenu au moins une défaillance sur :

1 besoin de priorité moyenne (18 au total). Le besoin le moins prioritaire, perm4 de type périmètre d'irrigation, a connu une pénurie de 0.2 %.

deuxième scénario :

- Système d'eau actuel (système sans les apports du barrage de Toussiana)

Caractéristiques de simulation

mode de simulation : desserte améliorée

remplissage des réservoirs = 100 %

remplissage des réserves en eau du sol = 100 %.

période de présimulation : Juillet 1960 à Octobre 1961.

L'efficacité d'apport au niveau des périmètres d'irrigation : 65 %.

L'efficacité de transport dans les canaux : 65 %.

L'efficacité de transport dans les conduites : 95 %.

Résultats globaux de simulation

<i>Apports</i>	2668,71 millions de m ³
<i>Déficits</i>	25,69 millions de m ³
<i>Défaillances</i>	134
<i>Prélèvements</i>	613,39 millions de m ³
<i>Pénurie maximale</i>	2.8 % Février 83
<i>Durée maximale de défaillance</i>	5 mois de Janvier 89 à Mai 89 avec une pénurie de 1.3 %
<i>Aval en sus</i>	2153,42 millions de m ³

En 36 ans de gestion simulée on compte 0 sans pénurie, 36 ans à faible pénurie inférieure à 10 %.

Les défaillances sont survenues pour le mois de :

Janvier avec un taux de pénurie de 1.5 %

Février avec un taux de pénurie de 2.4 %

Mars avec un taux de pénurie de 1.5 %

Avril avec un taux de pénurie de 0.7 %

Sur les 17 besoins de l'aménagement, il est survenu au moins une défaillance sur :

2 besoins de priorité moyenne (17 au total). Le besoin le moins prioritaire, perm4 de type périmètre d'irrigation, a connu une pénurie de 15.8 %.

troisième scénario :

- Système d'eau actuel (année 1996 avec les 3888 ha de la canne à sucre à irriguer)

Caractéristiques de simulation

mode de simulation : desserte améliorée

remplissage des réservoirs = 100 %

remplissage des réserves en eau du sol = 100 %

période de présimulation : Juillet 1960 à Octobre 1961.

L'efficience d'apport au niveau des périmètres d'irrigation : 65 %.

L'efficience de transport dans les canaux : 65 %.

L'efficience de transport dans les conduites : 95 %.

Résultats globaux de simulation - **premier sous système** (3488 ha de canne à sucre à irriguer sans les apports du barrage de Toussiana)

<i>Apports</i>	2430,12 millions de m ³
<i>Déficits</i>	23,70 millions de m ³
<i>Défaillances</i>	134
<i>Prélèvements</i>	576,85 millions de m ³
<i>Pénurie maximale</i>	2.3 % Février 83
<i>Durée maximale de défaillance</i>	5 mois de Janvier 89 à Mai 89 avec une pénurie de 1.3 %
<i>Aval en sus</i>	2190,93 millions de m ³

En 36 ans de gestion simulée on compte 0 sans pénurie, 36 ans à faible pénurie inférieure à 10 %.

Les défaillances sont survenues pour le mois de :

Janvier avec un taux de pénurie de 1.6 %

Février avec un taux de pénurie de 2.1 %

Mars avec un taux de pénurie de 1.7 %

Avril avec un taux de pénurie de 0.8 %

Résultats globaux de simulation - **second sous système** (400 ha de canne à sucre à irriguer avec les apports du barrage de Toussiana uniquement)

<i>Apports</i>	165, 73 millions de m ³
<i>Déficits</i>	6, 66 millions de m ³
<i>Défaillances</i>	29
<i>Prélèvements</i>	206, 46 millions de m ³
<i>Pénurie maximale</i>	65.2 % Février 85
<i>Durée maximale de défaillance</i>	5 mois de Janvier 88 à Mai 88 avec une pénurie de 26.5 %
<i>Aval en sus</i>	60, 38 millions de m ³

En 36 ans de gestion simulée on compte 30 sans pénurie, 2 ans à faible pénurie inférieure à 10 %, 4 ans à pénurie moyenne.

Les défaillances sont survenues pour le mois de :

Janvier avec un taux de pénurie de 1.0 %

Février avec un taux de pénurie de 7.5 %

Mars avec un taux de pénurie de 7.9 %

Avril avec un taux de pénurie de 8.8 %

Mai avec un taux de pénurie de 2.0 %

Sur les 4 besoins de l'aménagement, il est survenu au moins une défaillance sur :

2 besoins de priorité moyenne (4 au total). Le besoin le moins prioritaire, Maraich de type périmètre d'irrigation, a connu une pénurie de 4.0 %.

Analyse générale des résultats de simulation

Les résultats montrent que quelque soit le scénario, le système d'eau d'une manière générale est déficitaire, selon bien sur les caractéristiques de simulation décrites ci-dessus. Le premier et le second scénario ont presque la même tendance déficitaire : la différence entre ces deux scénarios réside en la présence d'une ressource en eau (retenue de Toussiana de petite capacité) en plus pour le premier scénario. Nous pouvons dire qu'en l'état actuel du réseau d'irrigation du système d'eau, cette retenue participe peu en réalité à la satisfaction des besoins en eau.

Ce constat s'explique par le fait que cette même retenue de faible capacité se vide très rapidement par évaporation. Dans le cadre donc d'une gestion intégrée des ressources en eau du système d'eau de la comoé, le barrage Toussiana peut être déconnecté, en considérant comme souci majeur la satisfaction des besoins en eau en terme de quantité.

5. Formations diverses à des utilisateurs.

- Un thésard de l'antenne hydrologique de l'ORSTOM à Adiopoumé en Côte d'Ivoire :
Cette formation a duré deux semaines. Elle était axée sur la conception d'un système d'eau (un cas pratique, celui du Bandama en Côte d'Ivoire), l'utilisation d'HYDRAM version sous UNIX, la mise en forme des fichiers de données, des fichiers contour de région...

- Un ingénieur professionnel de la DRH/HB :
Cette formation a duré une semaine. Elle était axée sur la conception d'un système d'eau (un cas pratique, celui de la Comoé dans le Sud-Ouest du Burkina Faso), l'utilisation d'HYDRAM version sous UNIX.

- Deux ingénieurs stagiaires de l'ENSTP et de l'EIER :
Une assistance ponctuelle en logiciels informatiques Bureautique (Excel, Word) et technique (Pluviom, Hydrom, Safarhy, Statgrafic, transdeb, transplu, mixdeb, mixplu...). Cette assistance a duré deux mois pour l'un et six mois pour l'autre.

- La formation de spécialisation en Informatique appliquée aux Sciences de l'eau (ISE) de l'EIER sur le système d'exploitation UNIX.
Cette intervention a été une présentation succincte du système d'exploitation UNIX, puis une pratique en salle machine.

- La formation de spécialisation en Mobilisation des Ressources en Eau (MRE) de l'EIER sur la conception, simulation d'un système d'eau élémentaire avec HYDRAM.

TABLE DES MATIERES

Préalable	1
1. Maîtrise du système d'exploitation UNIX sur station SUN.	2
2. Jeux d'essais sur le logiciel de simulation des Hydro-aménagements HYDRAM.	3
3. Document technique sur le logiciel de simulation des Hydro-aménagements.	4
4. Application d'HYDRAM sur le système d'eau du bassin versant de la Comoé.	5
4.1 Données hydro-météorologiques du bassin versant de la Comoé.	5
4.2 Modélisation du système d'eau de la Comoé.	7
4.2.1 Composants du système d'eau selon le modèle HYDRAM	15
4.2.2 Simulation et résultats de simulation du système d'eau de la comoé	18
5. Formations diverses à des utilisateurs.	23

LISTE DES FIGURES

<i>FIGURE 1 LOCALISATION DES STATIONS DE MESURES PLUVIOMETRIQUES DU BASSIN DE LA COMOE</i>	6
<i>FIGURE 2 LOCALISATION DES STATIONS DE MESURES HYDROMETRIQUES DU BASSIN DE LA COMOE</i>	6
<i>FIGURE 3 SYSTEME D'EAU DE LA COMOE</i>	7

LISTE DES TABLEAUX

<i>TABLEAU 1. EVAPORATION DU BAC DE CLASSE A DE BEREGADOUGOU.</i>	5
<i>TABLEAU 2. SURFACE ET VOLUME EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE L'EAU DU BARRAGE COMOE.</i>	9
<i>TABLEAU 3. SURFACE ET VOLUME EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE L'EAU DU BARRAGE TOUSSLANA</i>	10
<i>TABLEAU 4. SURFACE ET VOLUME EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE L'EAU DU BARRAGE LOBI</i>	11
<i>TABLEAU 5. COEFFICIENT CULTURAL DE LA CANNE A SUCRE - VARIATION INTERANNUELLE -</i>	13
<i>TABLEAU 6. COEFFICIENT CULTURAL DU RIZ - VARIATION INTERANNUELLE</i>	14
<i>TABLEAU 7 LES DIFFERENTS SCENARIOS IDENTIFIES DE LA COMOE.</i>	17