



ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

( O . M . V . S . )

# PROGRAMME D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS

PHASE II

TOME 3

MISE EN EAU DU LIT MAJEUR

AUTEURS : JP LAMAGAT, P VAUCHEL, N GUIGUEN

Juin 1999

**Impact de la Crue  
sur le Remplissage des Cuvettes  
dans la Vallée du Fleuve Sénégal**

**Résultats des campagnes 97-98 et 98-99**



(Arrivée de la crue dans la cuvette de Donaye 10-9-98)

## Table des Matières

Introduction	1
<b>1. – Calendrier des missions et travaux de terrain effectués</b>	<b>3</b>
Mission du 23-2-98 au 28-2-98	3
Mission du 31 Juillet au 5 Août 98	3
Mission du 7 au 10 Septembre 98	3
Mission du 24 au 28 Septembre 98	3
Mission du 8 au 14 Octobre 98	4
Mission du 10 au 12 Novembre 98	4
Mission du 23 au 29 Novembre 98	4
Mission du 14 au 17 Décembre 98	4
Mission du 22 au 28 Février 99	4
<b>2. – Résultats cuvette par cuvette</b>	<b>5</b>
Cuvette de Podor à Ngawlé	6
Cuvette de Donaye à Donaye	9
Cuvette de Wawa à Thiélaw	12
Cuvette de Pété	15
Cuvette de Mbakhna	18
Cuvette de Nabadji	21
Cuvette de Leqseïba	24
Cuvette de Aéré Goléré	26
Cuvette de Ouro Dialao	28
Cuvette de Ouôloum Néré	30
<b>3. – Synthèse des résultats des Images SPOT de la crue 97-98</b>	<b>32</b>
Présentation du travail effectué par BRLi	32
Superficies calculées par l'IRD pour la campagne 97-98	35
<b>4. – Synthèse des résultats des cuvettes expérimentales</b>	<b>37</b>
<b>5. – Illustrations</b>	<b>40</b>
Conclusion	43

## INTRODUCTION

Dans le cadre de « l'étude d'optimisation de la gestion des barrages de Manantali et de Diama », menée par l'ORSTOM et financée par le FAC, l'année 1998 devait apporter des informations complémentaires sur le remplissage des cuvettes et sur les cultures de décrue en relation avec la crue du fleuve réalisée à Bakel.. Il était prévu en 98 :

- de mesurer les surfaces utilisées en culture de décrue sur les 6 cuvettes de la rive sénégalaise dont le suivi a été commencé en 97. Il s'agit des cuvettes suivantes :
  - Cuvette de Nabadji sur le Diamel (échelles de Nabadji)
  - Cuvette de Mbakhna sur le Diamel (échelles de Mbakhna)
  - Cuvette de Pété sur le Doué (échelles de Pété)
  - Cuvette de Wawa sur le Gayo (échelles de Wawa et de Thiélaw)
  - Cuvette de Donaye sur le Gayo (échelles de Donaye)
  - Cuvette de Podor à la confluence du Doué et du Sénégal (échelles de Ngawlé)
- de poursuivre les mesures de niveau et de surface inondée par cartographie GPS sur ces 6 mêmes cuvettes
- d'équiper au moyen d'échelles limnimétriques 4 nouvelles cuvettes sur la rive Mauritanienne, et d'y assurer un suivi des niveaux.

Ce rapport décrit les activités menées depuis le mois de juillet 98 dans ce domaine, et fait état des résultats disponibles sur les cuvettes à la date de ce rapport.. L'occurrence en 98 d'une crue nettement plus forte qu'en 97 a permis d'obtenir des informations très riches sur le remplissage des cuvettes en année excédentaire. L'année 98 a également permis de démarrer des observations sur 4 cuvettes de la rive Mauritanienne.

Durant la campagne 98, huit missions ont été réalisées sur les cuvettes, et ont permis un bon contrôle des lectures d'échelles et des surfaces inondées. L'obtention prochaine d'images satellite de la vallée prises durant la crue 98 devrait permettre de compléter avantageusement les données obtenues sur les cuvettes expérimentales.

On trouvera à la figure n° 1 la carte des cuvettes expérimentales équipées à la date du rapport. Les cuvettes de LEQSEIBA, AERE GOLERE, OURO DIALAO et OUOLOUM NERE sur la rive Mauritanienne ont été installées durant l'hivernage 98, alors que les cuvettes de la rive gauche sont suivies depuis 97.

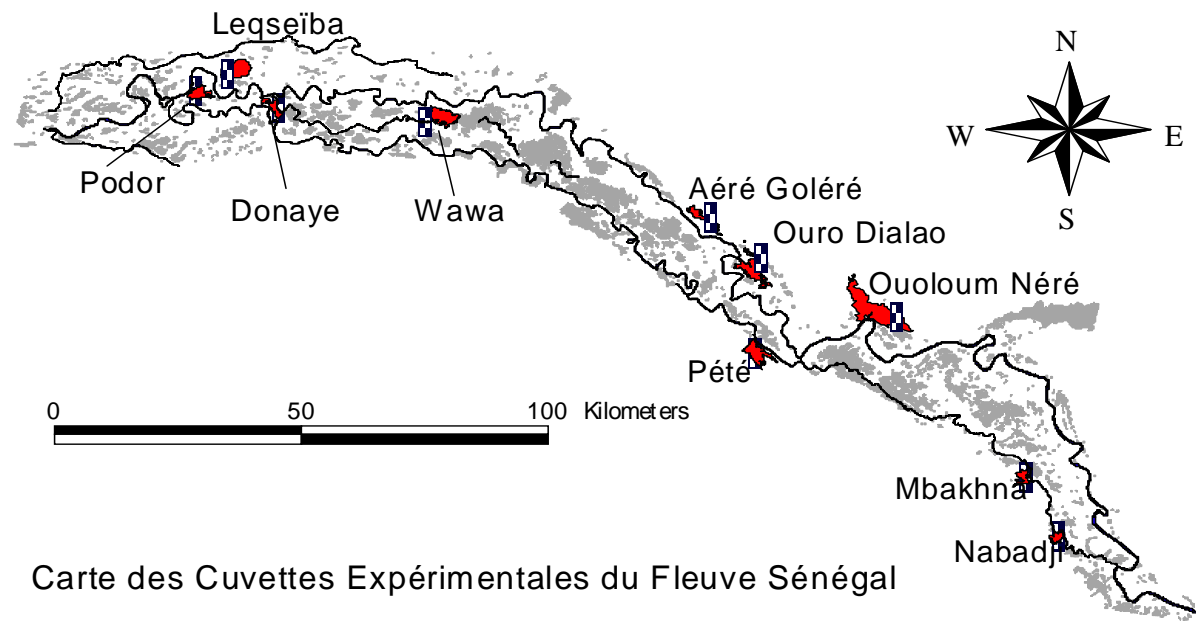


Figure n° 1

## **1. – Calendrier des missions et travaux de terrain effectués**

### **1.1 – Mission du 23-2-98 au 28-2-98**

Participants :

ORSTOM : Pascal KOSUTH, Philippe VAUCHEL, Jean Marc DELFIEU, Thierry HENRY DES TUREAUX  
SGPRE : Cheikh SECK, Ibrahima DIOP, Ousmane DIAGNE

Cette mission a permis :

- le levé des cultures de décrue sur les cuvettes de Podor, Donaye, Wawa, Pete Ngoui et Nabadji. La cuvette de Mbakhna, très peu remplie lors de la crue 97, n'a pas été cultivée.
- d'effectuer un bon nombre de vérités-terrain sur des cuvettes qui n'avaient pas été suivies spécialement, afin d'aider à l'interprétation des images satellite prises en Février 98.
- d'installer 2 batteries d'échelles sur le Gayo au niveau de Donaye et de Thielaw, afin de suivre les niveaux de ce gros défluent qui conditionne la mise en eau des cuvettes de Donaye et de Wawa.

### **1.2 - Mission du 31 Juillet au 5 Août 98**

Participants :

ORSTOM : Thierry HENRY DES TUREAUX, Laline KONATE  
SGPRE : Ibrahima DIOP  
SONADER : Mahamed ABDATT, Oumar KANE

Cette mission a permis de procéder aux installations et au recrutement des lecteurs pour 4 nouvelles cuvettes implantées sur la rive Mauritanienne :

- Cuvette de Leqseïba à Leqseïba (au niveau de Podor) : 3 éléments d'échelle
- Cuvette de Kaskas à Aéré Goléré : 2 éléments d'échelle
- Cuvette de Bababé à Ouro Dialao : 2 éléments d'échelle
- Cuvette de Mbagne à Woloum Néré : 3 éléments d'échelle

### **1.3 - Mission du 7 au 10 Septembre 98**

Participants :

ORSTOM : Philippe VAUCHEL  
SGPRE : Ibrahima DIOP

Cette mission a permis la remise en route des observations sur les cuvettes de la rive Sénégalaise, et le lever au GPS de la surface inondée de la cuvette de Nabadji.

### **1.4 – Mission du 24 au 28 Septembre 98**

Participants :

ORSTOM : Philippe VAUCHEL  
SGPRE : Ibrahima DIOP, Ousmane DIAGNE

Cette mission a permis le levé au GPS des surfaces inondées sur les cuvettes de Nabadji, Mbakhna et Pété, ainsi que le contrôle des lectures d'échelles sur l'ensemble des cuvettes de la rive gauche.

### **1.5 – Mission du 8 au 14 Octobre 98**

Participants :

SGPRE : Ibrahima DIOP, Ousmane DIAGNE

SAED : Madine NDAO

Cette mission a permis le levé des surfaces inondées des cuvettes de Wawa, Donaye et Podor, et de contrôler les lectures d'échelles sur ces cuvettes ainsi qu'à Leqseïba. Au cours de cette tournée, 2 éléments supplémentaires ont été installés sur les cuvettes de Podor et de Donaye en raison de l'ampleur de la crue.

### **1.6 – Mission du 10 au 12 Novembre 98**

Participants :

ORSTOM : Philippe VAUCHEL, Noël GUIGUEN, Lamine KONATE

Cette mission a permis le contrôle des lectures d'échelles sur l'ensemble des cuvettes de la rive gauche, et le nivellement des éléments supplémentaires installés à Donaye et Podor en raison de l'ampleur de la crue.

### **1.7 – Mission du 23 au 29 Novembre 98**

Participants :

ORSTOM : Philippe VAUCHEL

SGPRE : Ibrahima DIOP

SONADER : Mahamed ABDATT, Mamadou BA

Cette mission en Mauritanie a permis :

- le ramassage des lectures effectuées sur les cuvettes de la rive Mauritanienne,
- le nivellement des batteries d'échelles,
- l'ajout d'un élément d'échelle sur les cuvettes de Kaskas, Bababé et Mbagne où la crue 98 avait submergé les échelles existantes,
- le nivellement des niveaux atteints par la crue en 97 et en 98, d'après les dires des riverains des cuvettes.
- le levé des traces de la surface inondée en 98 sur la cuvette de Leqseïba
- le levé de la mare résiduelle de la cuvette de Mbagne

Le levé au GPS du pourtour des surfaces inondées par la crue 98 n'a pu être réalisé sur les cuvettes autres que celles de Leqseïba, étant donné la taille énorme de ces cuvettes. Ces surfaces seront estimées d'après les images satellite prises durant la crue 98.

### **1.8 – Mission du 14 au 17 Décembre 98**

Cette mission a permis de récupérer les dernières données des cuvettes de la rive gauche.

### **1.9 – Mission du 22 au 28 Février 98**

Cette mission a permis l'évaluation au GPS des surfaces cultivées sur les cuvettes de la rive gauche.

### 3. – Résultats cuvette par cuvette

On trouvera dans les paragraphes qui suivent un bilan des données disponibles sur l'ensemble des cuvettes faisant l'objet de l'étude. Ces données sont résumées sous forme :

- d'une figure présentant les principaux contours disponibles. Nous avons choisi pour ne pas alourdir cette figure de ne pas montrer l'ensemble des limites d'inondation qui ont été levées au GPS en 97 et qui ont fait l'objet du rapport 97. Nous nous sommes donc limités à présenter les inondations maximales en 97 et 98, ainsi que les limites des cultures quand elles sont disponibles.
- d'une figure montrant les courbes de remplissage des cuvettes comparées aux limnigrammes observés sur les stations voisines du Réseau Hydrométrique Sénégalais. Ces courbes sont exprimées en cotes IGN, avec parfois des calages approximatifs pour les cotes des cuvettes lorsque les rattachements des échelles au nivellement général n'ont pas été effectués.
- d'une figure présentant les courbes Hauteur – Surface des cuvettes construites à partir des superficies mesurées au GPS pour différents niveaux de remplissage.

On note fréquemment sur les figures des contours un décalage de position d'une bonne centaine de mètres entre les points levés au GPS et les contours issus du traitement des images SPOT. Cette différence provient généralement du géoréférencement de l'image SPOT, réalisé de manière un peu imprécise à partir des anciennes cartes de la vallée au 1 / 250 000<sup>ème</sup>.

Les mesures des contours des cultures ont été influencées par les attaques d'insectes et de parasites divers qui n'ont pas toujours laissé pousser les semis. Sur certaines cuvettes, (Donaye) les cultures ont par exemple été presque totalement détruites par les sauterelles. Généralement nous avons observé que la quasi totalité des zones soumises à inondation en 97 ont étéensemencées, et nous avons parfois observé des récoltes très proches des limites extrêmes de la crue, bien qu'en règle générale on peut dire que les bords des cuvettes fournissent plus de fourrage que de grains.

Sur la rive Sénégalaise, on peut considérer que les courbes Hauteur – Surface sont bien définies sur 4 des 6 cuvettes. Quelques précisions devront encore être apportées sur les cuvettes de WAWA et MBAKHNA (sous réserve du remplissage de cette dernière lors de la prochaine crue). Quant aux courbes de remplissage, elles ont été très bien observées en 98.



## 2.1 – Cuvette de Podor à Ngawlé

La figure n° 2.1.1 montre les principaux contours obtenus sur la cuvette de PODOR lors de la campagne 97-98 et la figure 2.1.2 montre les résultats de la campagne 98-99.

Pour la crue 97-98, on constate que le levé GPS du 26-9-97 correspond bien au maximum de la crue, alors que les images SPOT du 8-10-97 (et aussi du 21-9-97, non présentée sur la figure) donnent des contours très semblables. Le tracé des zones ensemencées comparé au contour de la crue 97 montre que la quasi totalité des zones inondées ont été semées. Par contre les superficies semées sur le pourtour de la zone inondée n'ont pas toujours donné un résultat récoltable. Cela est dû peut-être à un stock hydrique insuffisant dans le sol, mais surtout au fait que les premières cultures semées lors du début du retrait des eaux ont été plus soumises aux attaques des sauterelles, et que les paysans ont parfois dû les semer une deuxième fois.

On notera également que l'estimation des zones de retrait de la crue 97 faite à partir de l'image SPOT du 8-10-97 donne des résultats erronés pour la cuvette de Podor. En effet, les zones indiquées de retrait n'ont pas été mises en eau durant la crue 97. Ces zones qui apparaissent en couleur sombre sur l'image correspondent bien à des sols de fond de cuvette, mais leur couleur reste sombre qu'elles aient été mises en eau ou non durant l'année.

Pour la crue 98-99, on constate un fort accroissement des superficies mises en eau et cultivées par rapport à l'année précédente. On voit bien sur la figure 2.1.2 que les cultures suivent presque exactement la ligne des plus hautes eaux. La cuvette de Podor est celle qui présentent le plus fort potentiel de mise en culture de décrue, puisque presque toutes les surfaces inondées sont ensemencées chaque année. On trouvera au chapitre 4 les superficies correspondant aux différents contours.

La figure n° 2.1.3 montre les courbes de remplissage de la cuvette obtenues en 97 et 98, comparées aux limnigrammes de la station hydrométrique de base de PODOR, et la figure n° 2.1.4 montre enfin la courbe Hauteur - Surface obtenue pour la cuvette.

Le niveau IGN de la cuvette de PODOR a été obtenu de manière indirecte par nivellements du 20-11-97 et du 19-2-99 de la différence de niveau entre les échelles de NGAWLE et le fleuve Sénégal au droit des échelles, et lecture simultanée de la cote IGN à la station hydrométrique de PODOR. Ces deux nivellements placent la borne de NGAWLE à la cote 456 cm IGN.

Les niveaux de la cuvette ont été bien suivis, et l'on dispose à Podor d'une courbe Hauteur – Surface de bonne qualité. On notera que l'ampleur de la crue 98 a conduit à installer un élément supplémentaire sur la batterie d'échelles de NGAWLE.

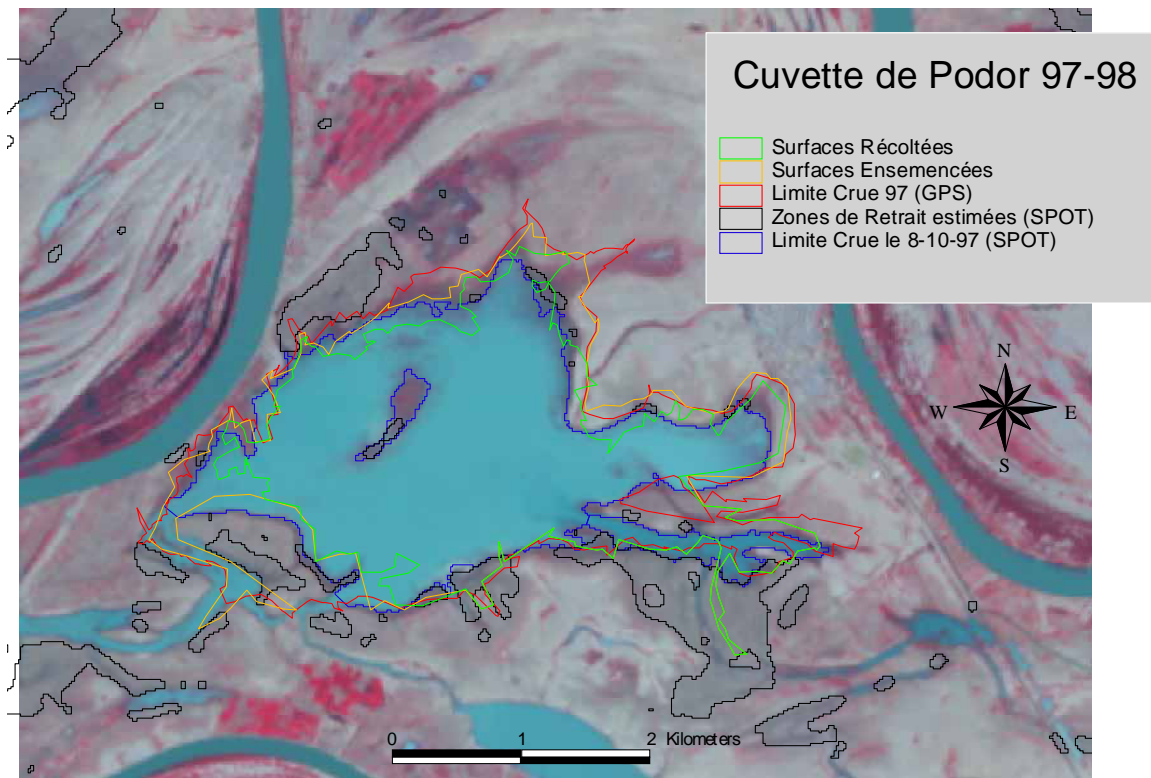


Figure n° 2.1.1

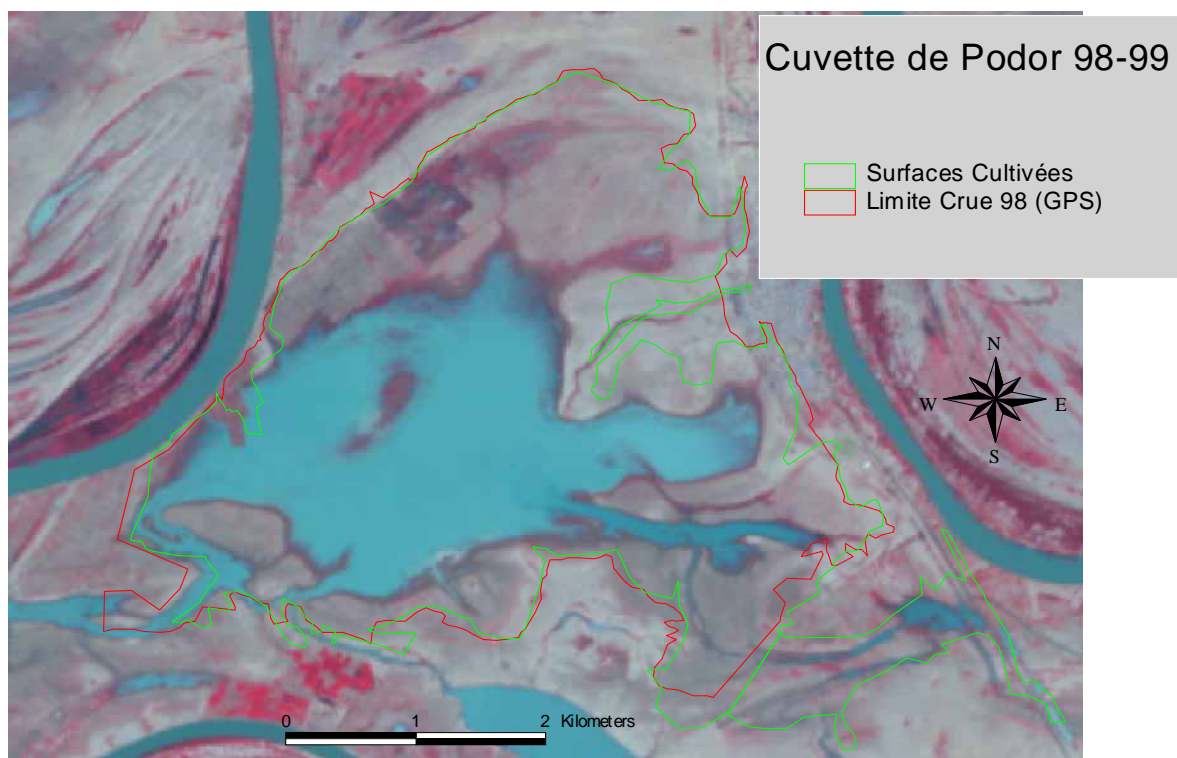


Figure n° 2.1.2

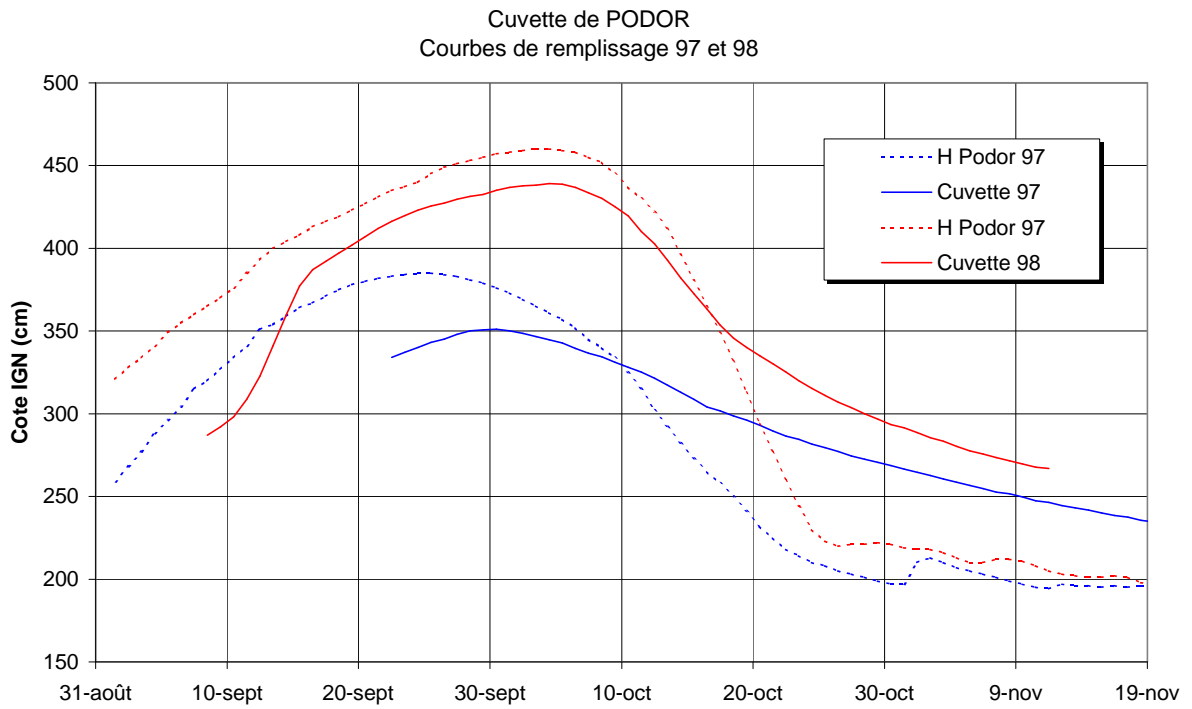


Figure 2.1.2

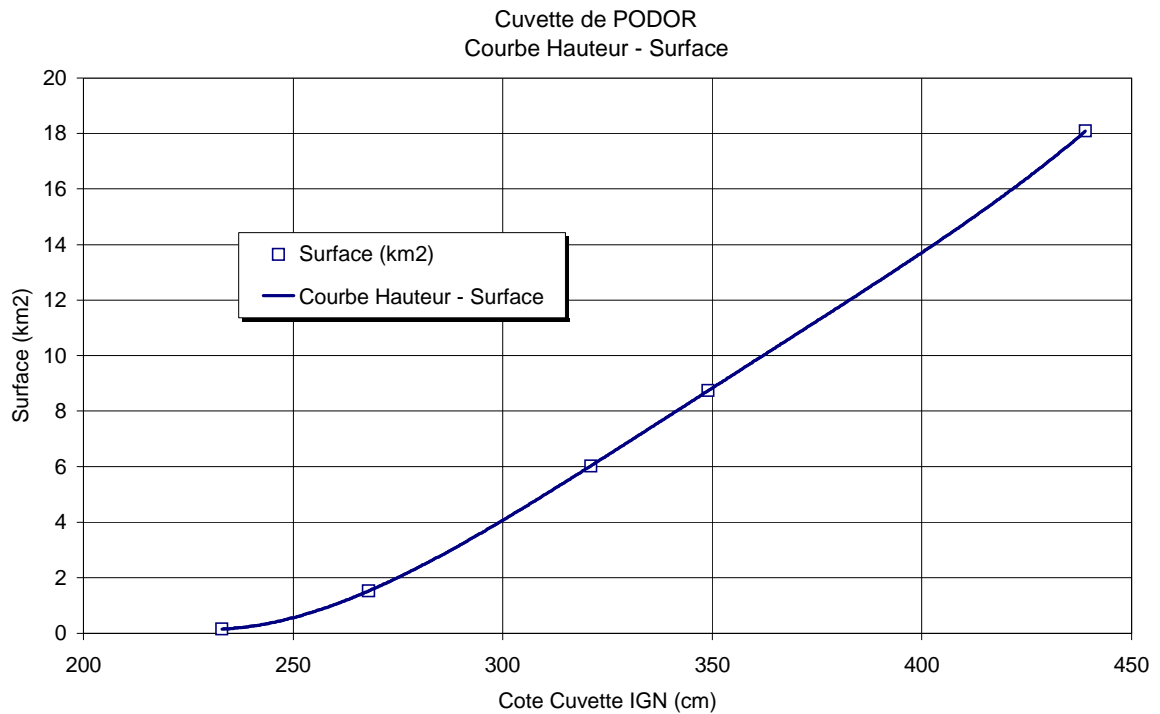


Figure 2.1.3

## 2.2 Cuvette de Donaye à Donaye

La figure n° 2.2.1 montre les principaux contours obtenus sur la cuvette de DONAYE pour la crue 97, superposés à l'image SPOT du 21 Septembre 97. A cette date, la cote maximale est pratiquement atteinte dans la cuvette. Bien que la quasi totalité de la cuvette ait été ensemencée, les surfaces récoltables sur cette cuvette sont anecdotiques du fait des attaques des sauterelles peu après le semis. Seules les superficies ayant été réensemencées ont pu donner un résultat. Les superficies récoltables mesurées en Février 98 donnent donc une idée fautive du potentiel de cette cuvette pour la culture de décrue.

On notera que les zones de retrait estimées à partir de l'image Spot du 8-10-97 sont erronées pour la cuvette de Donaye. En effet, de nombreuses zones qui apparaissent comme zones de retrait sur la figure 2.2.1 n'ont pas été mises en eau durant la crue 97.

En 98, la cuvette a pris une extension bien plus forte, et a atteint les digues des périmètres irrigués qui ont été aménagés sur la superficie naturelle de la cuvette. Les cultures de décrue 98-99 ont été bien réussies, et couvrent une bonne partie de la superficie mise en eau. Les zones non cultivées correspondent souvent à d'anciens périmètres.

On trouvera au chapitre 4 les superficies calculées pour les mises en eau et les cultures de décrue aux différentes dates.

La figure n° 2.2.3 montre les courbes de remplissage de la cuvette obtenues en 97 et 98, comparées aux limnigrammes des stations hydrométriques de base de PODOR au Quai et de GUEDE Chantiers, dont les niveaux conditionnent le remplissage de la cuvette. Le niveau IGN de la cuvette de DONAYE a été obtenu de manière indirecte par comparaison des cotes entre les échelles de DONAYE et de PODOR en période d'étiage lorsque le fleuve ne transite plus beaucoup de débit et que le plan d'eau devient horizontal. Le 18-11-97, on observe ainsi un niveau IGN de 196 à PODOR et une lecture de 36 à DONAYE. On en déduit qu'il faut ajouter 160 cm aux lectures de DONAYE pour obtenir des cotes IGN approximatives pour cette station. On notera que l'ampleur de la crue 98 a conduit à installer un élément supplémentaire sur la batterie d'échelles de DONAYE.

La figure n° 2.2.4 montre enfin la courbe Hauteur - Surface obtenue pour la cuvette. Cette courbe couvre assez bien l'amplitude du marnage de la cuvette.

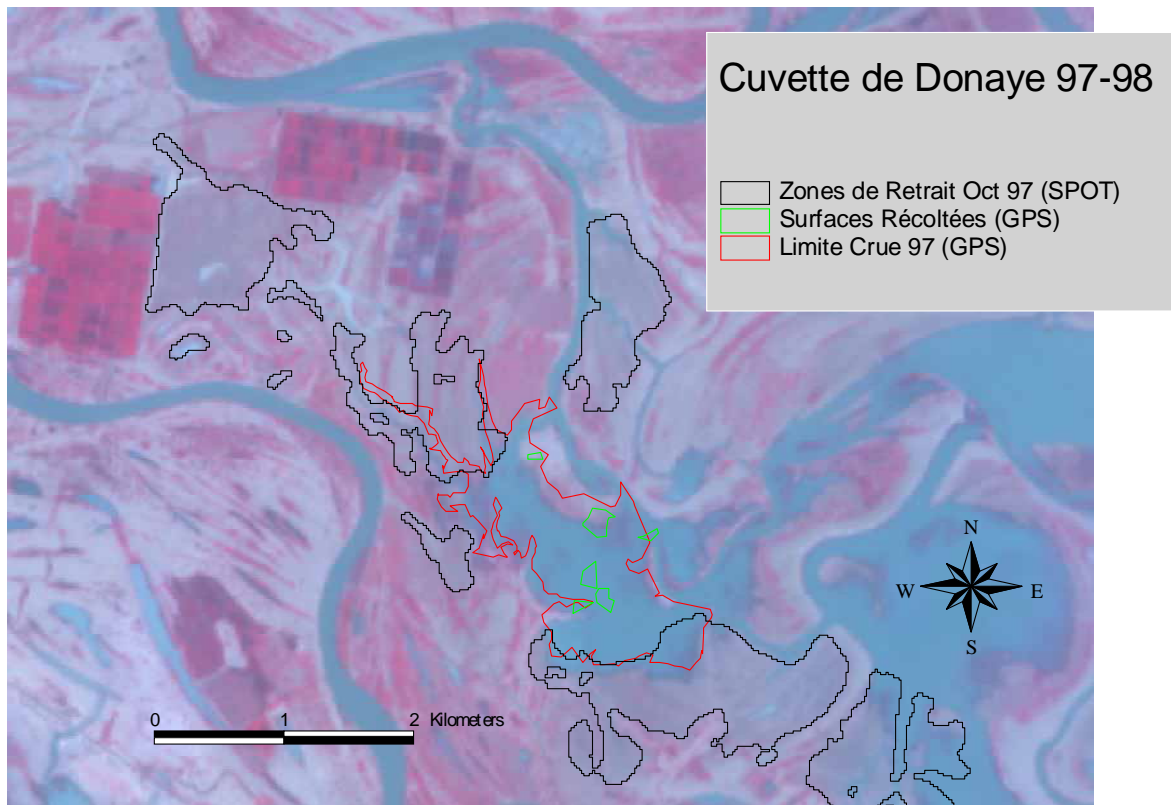


Figure n° 2.2.1

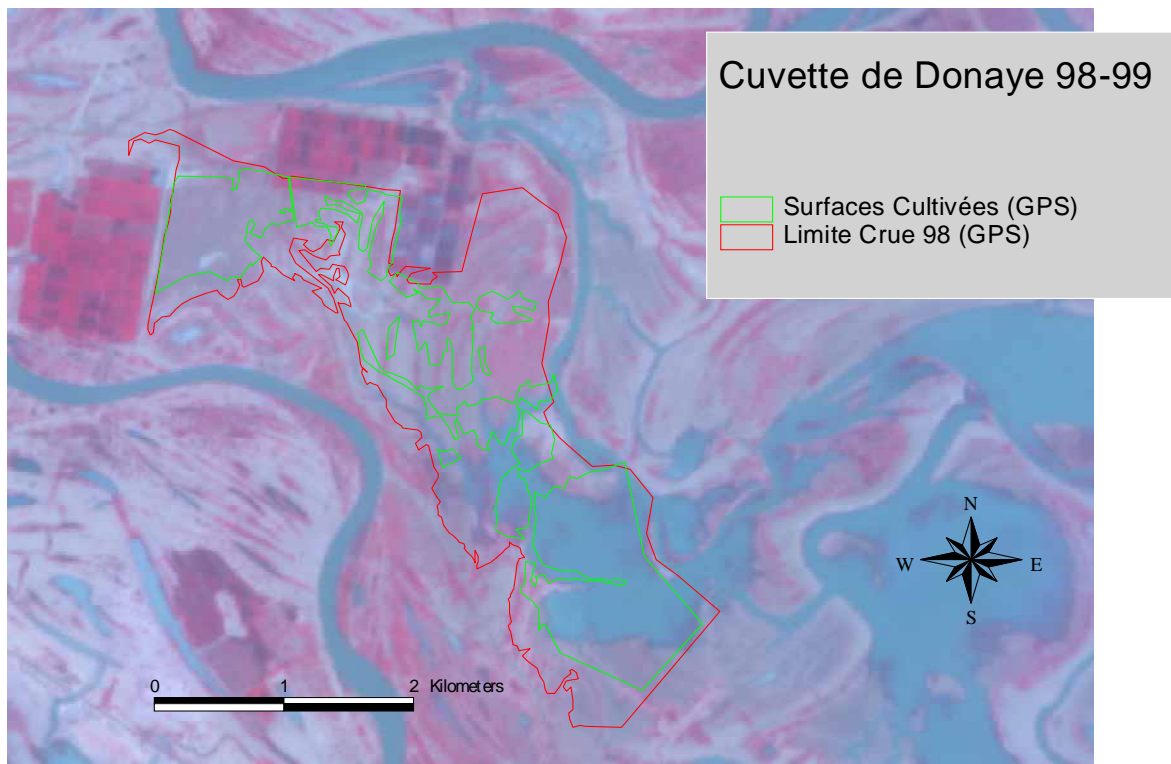


Figure n° 2.2.2

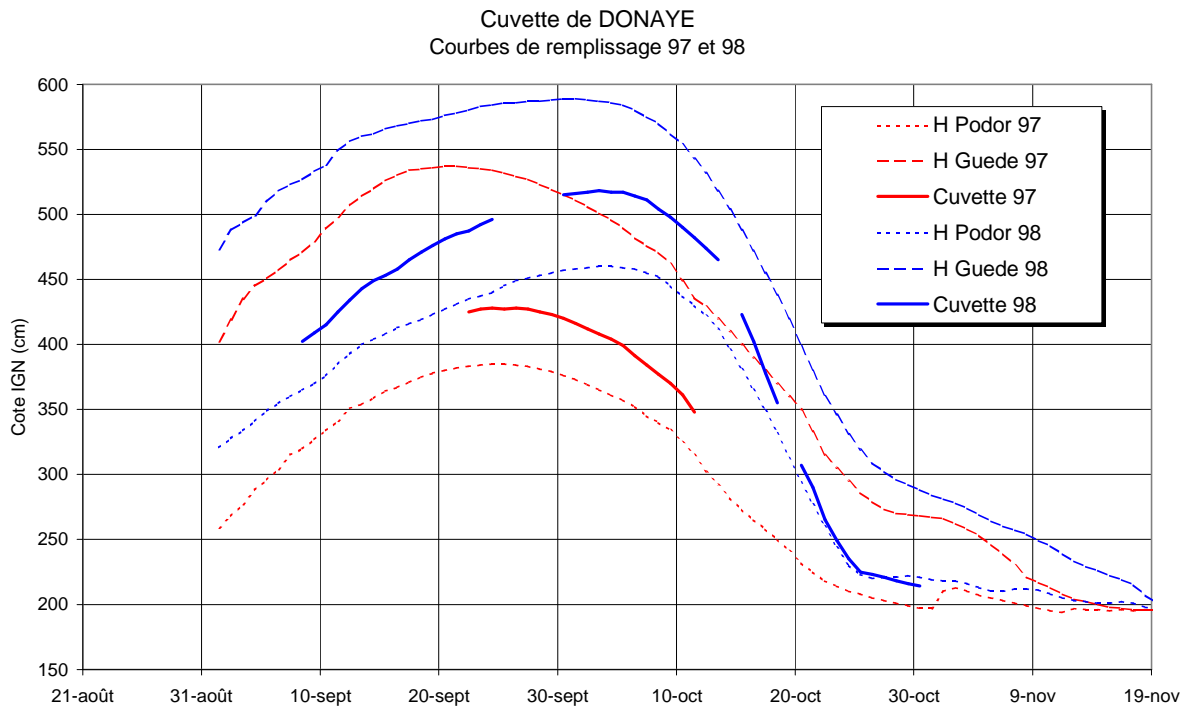


Figure 2.2.3

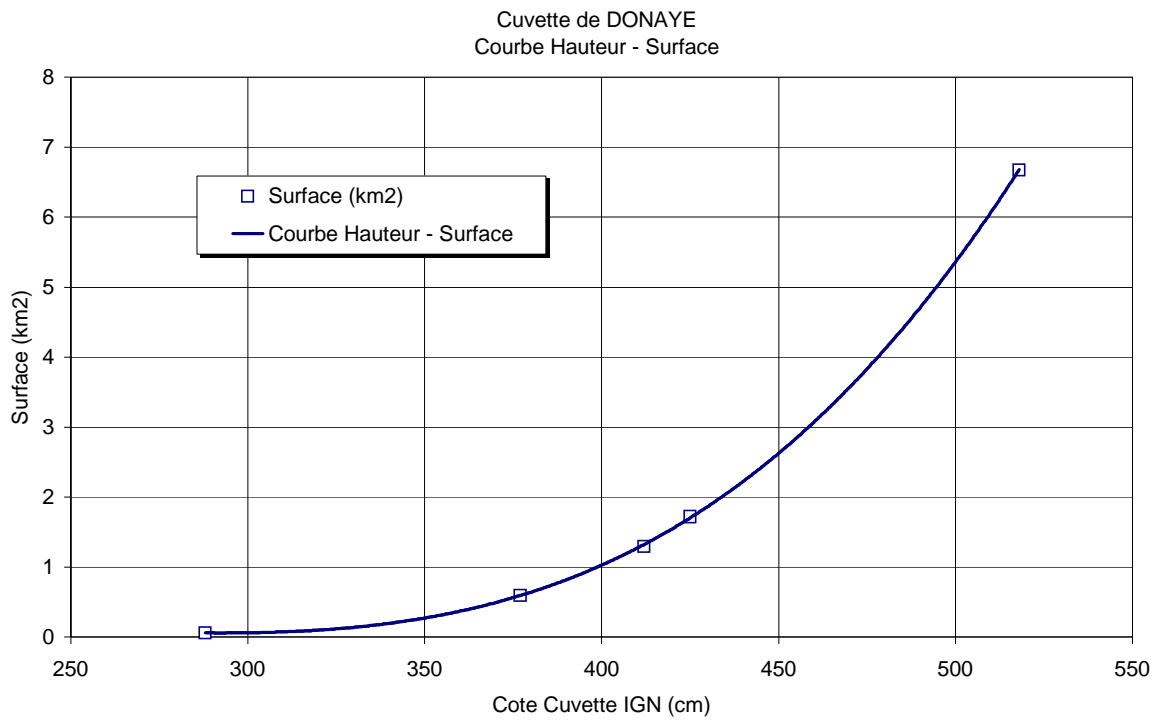


Figure 2.2.4

### 2.3 – Cuvette de Wawa à Thiélaw

La figure n° 2.3.1 montre les principaux contours obtenus sur la cuvette de WAWA pour la crue 97-98, superposés à l'image SPOT du 02-02-98 prise pour l'évaluation des cultures de décrue. Du fait que seul le contour **extérieur** des cultures a été levé au GPS, nous avons présenté également sur ce graphique un contour des cultures provenant d'un traitement de l'image SPOT du 2-2-98. En fait ce contour semble avoir été calé tellement précisément sur le levé au GPS qu'il semble issu plutôt d'une digitalisation directe que d'un traitement de l'image.

La figure 2.3.2 montre les contours de la crue et des cultures 98-99, superposés à l'image Spot du 8-10-97. Cette fois, les cultures ont été levées entièrement au GPS, avec le détail de toutes les parcelles. La cuvette a vu sa superficie augmenter de façon sensible mais pas spectaculaire lors de la crue 98-99. Les cultures ont été semées surtout sur le pourtour de la cuvette, en laissant un grand vide au centre Nord. Nous avons demandé aux paysans de la cuvette la raison de cet espace vide, mais n'avons pas obtenu de réponse entièrement convaincante. Parmi les réponses obtenues, on peut citer les suivantes :

- le sol de la cuvette serait parasité dans sa partie centrale, et les cultures n'y poussent pas
- certaines parcelles appartiennent à des propriétaires qui ne viennent plus pour les semis
- la main d'œuvre disponible ne permet pas de semer de plus grandes superficies

En de nombreux endroits de la cuvette, la limite de cultures suit à quelques mètres près la limite de l'inondation, et les cultures du pourtour fournissent généralement d'excellents résultats. Bien que l'inondation sur le pourtour ait duré peu de temps, on y observe de gros épis de sorgho. Par contre vers le centre de la cuvette, les cultures présentent fréquemment une dégradation importante des rendements. Peut-être les sols des pourtours, cultivés moins souvent et moins parasités, sont-ils plus fertiles...

Les résultats des calculs de superficies sont donnés au Chapitre n° 4.

La figure n° 2.3.3 montre les courbes de remplissage de la cuvette obtenues 97 et 98, comparées aux limnigrammes des stations hydrométriques de base de NGOUI et de PODOR. L'installation en Février 98 d'une batterie d'échelles complète sur le Gayo au niveau de Thiélaw a permis en 98 d'obtenir une courbe complète du remplissage et de la vidange de la cuvette. On remarque que la cuvette de WAWA se remplit en fonction des niveaux à NGOUI, et se vidange plutôt en fonction des niveaux à PODOR.

Le niveau IGN de la cuvette de WAWA a été obtenu de manière indirecte par comparaison des cotes entre les échelles de THIELAW et de PODOR en période d'étiage lorsque le fleuve ne transite plus beaucoup de débit et que le plan d'eau devient horizontal. A partir de la mi Novembre jusqu'à la fin Décembre (en 97 comme en 98), la différence entre les cotes de THIELAW et de PODOR se stabilise à une valeur proche de 165 cm. On en déduit qu'il faut ajouter 165 cm aux lectures de THIELAW pour obtenir des cotes IGN approximatives pour cette station.

La figure n° 2.3.4 montre la courbe Hauteur - Surface obtenue pour la cuvette. Cette courbe présente encore un vide dans la zone 250 à 450 cm IGN, qu'il conviendra de compléter l'année prochaine.



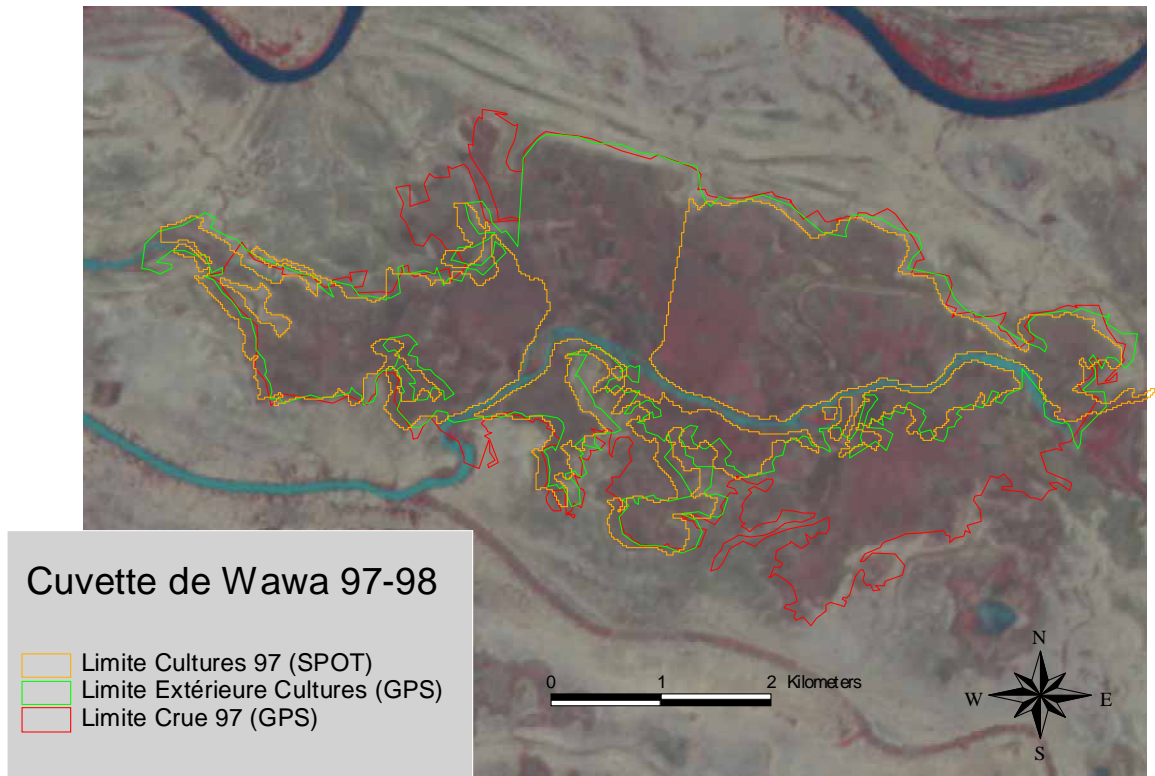


Figure 2.3.1

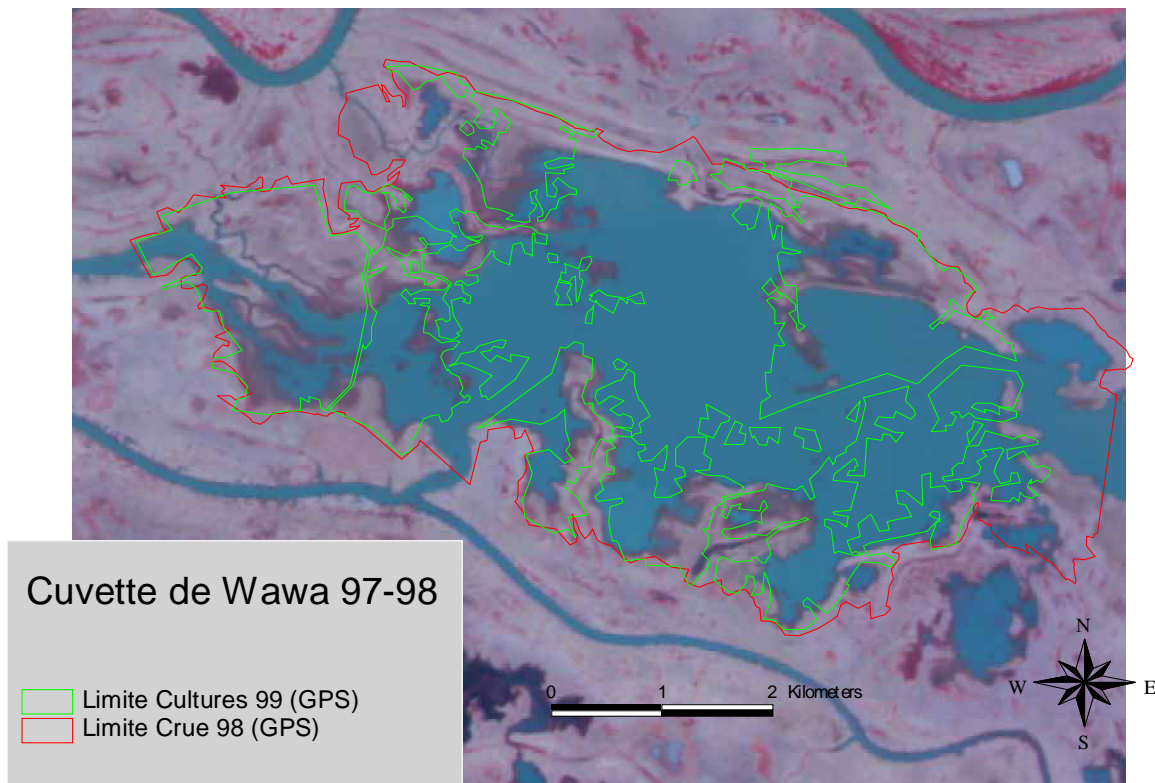


Figure 2.3.2



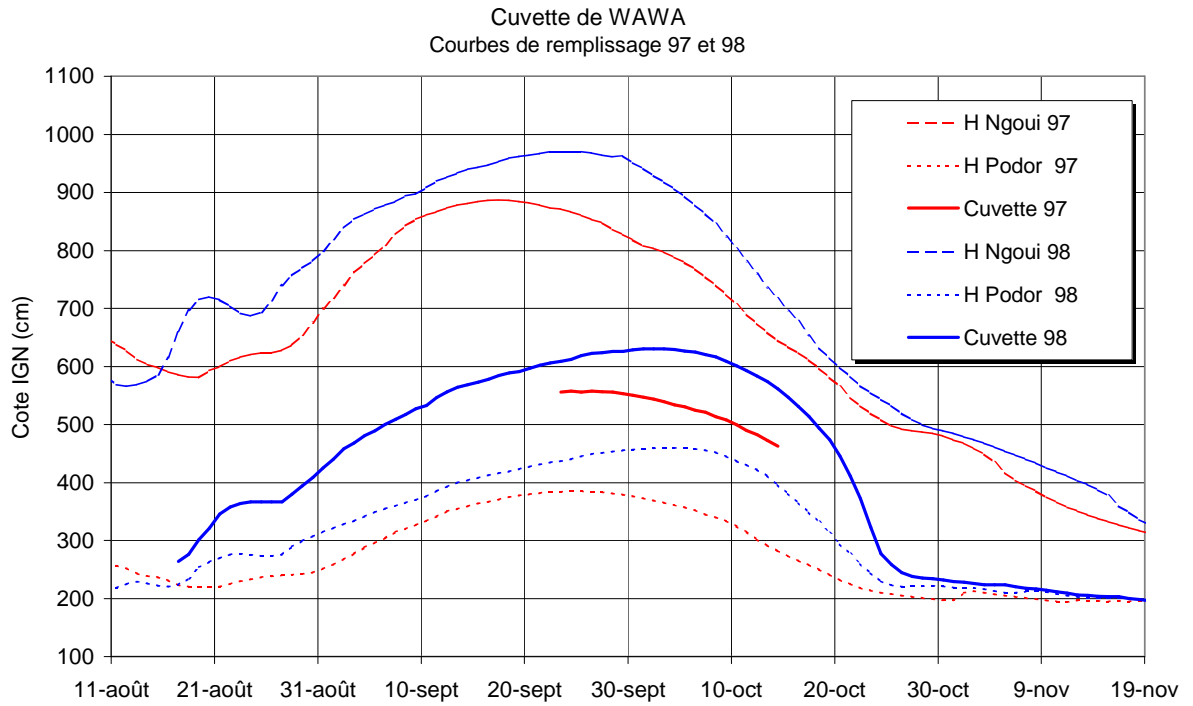


Figure 2.3.3

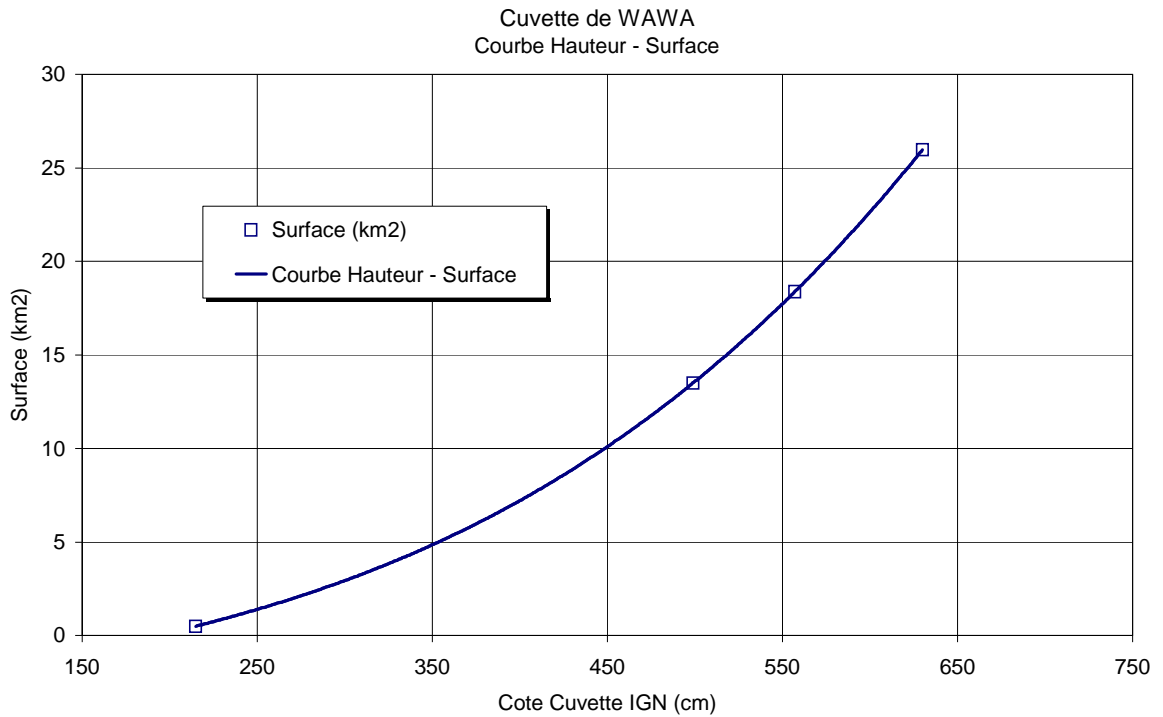


Figure 2.3.4

## 2.4 – Cuvette de Pété

La figure n° 2.4.1 montre les principaux contours obtenus sur la cuvette de Pété durant la crue 97-98, superposés à l'image Spot du 24 Octobre 97. En effet l'image du 27 Septembre 97 qui correspondait bien à une situation de remplissage maximal ne couvre malheureusement qu'une petite partie de la cuvette. Du fait que la cuvette comporte une mare résiduelle qui ne s'assèche que très tard durant la saison chaude (cette mare est encore étendue sur l'image SPOT du 24 Octobre), les cultures ne couvrent pas le centre de la cuvette.

Les contours des cultures de décrue estimés à partir de l'image Spot du 19-2-98 suivent presque exactement les contours levés au GPS. Comme à Wawa, ce bon résultat apparent ne doit pas faire illusion. En effet, le levé GPS de Pété a servi de vérité terrain à l'interprétation des images Spot, et le levé GPS a probablement été digitalisé pour servir au calage de l'algorithme de traitement.

La figure n° 2.4.2 montre les contours de la crue et des cultures 98-99. La cuvette a pris en 98 une extension beaucoup plus importante qu'en 97, et la superficie cultivée également. Le centre de la cuvette resté en eau très tard en saison est occupé par une végétation naturelle de papyrus. La cuvette de Pété est entièrement entourée d'une clôture artificielle de 32 km de long constituée de branches d'épineux coupées, pour la protection des cultures contre les animaux. Lors de la saison 98-99, les cultures arrivent presque partout à la limite de cette clôture. Ces clôtures d'épineux que l'on retrouve à un degré moindre sur d'autres cuvettes sont probablement responsables en grande partie de la dégradation des forêts autour des cuvettes, car elles nécessitent de couper énormément de branches. Sur certaines cuvettes, on constate que presque tous les arbres du pourtour ont déjà été coupés, et que la fabrication des clôtures est devenue impossible.

On trouvera au chapitre 4 les superficies calculées pour les mises en eau et les cultures de décrue aux différentes dates.

La figure n° 2.4.3 montre les courbes de remplissage de la cuvette obtenues en 97 et 98, comparées aux limnigrammes de la station hydrométrique de base de NGOUI. Le niveau IGN de la cuvette de PETE a été obtenu par rattachement du plan d'eau de la cuvette aux échelles de PETE le 20-11-97. D'après ce rattachement, il faut ajouter 817 cm aux cotes lues sur l'élément 000-100 de PETE pour obtenir le niveau IGN du plan d'eau.

La figure n° 2.4.4 montre la courbe Hauteur - Surface obtenue pour la cuvette.

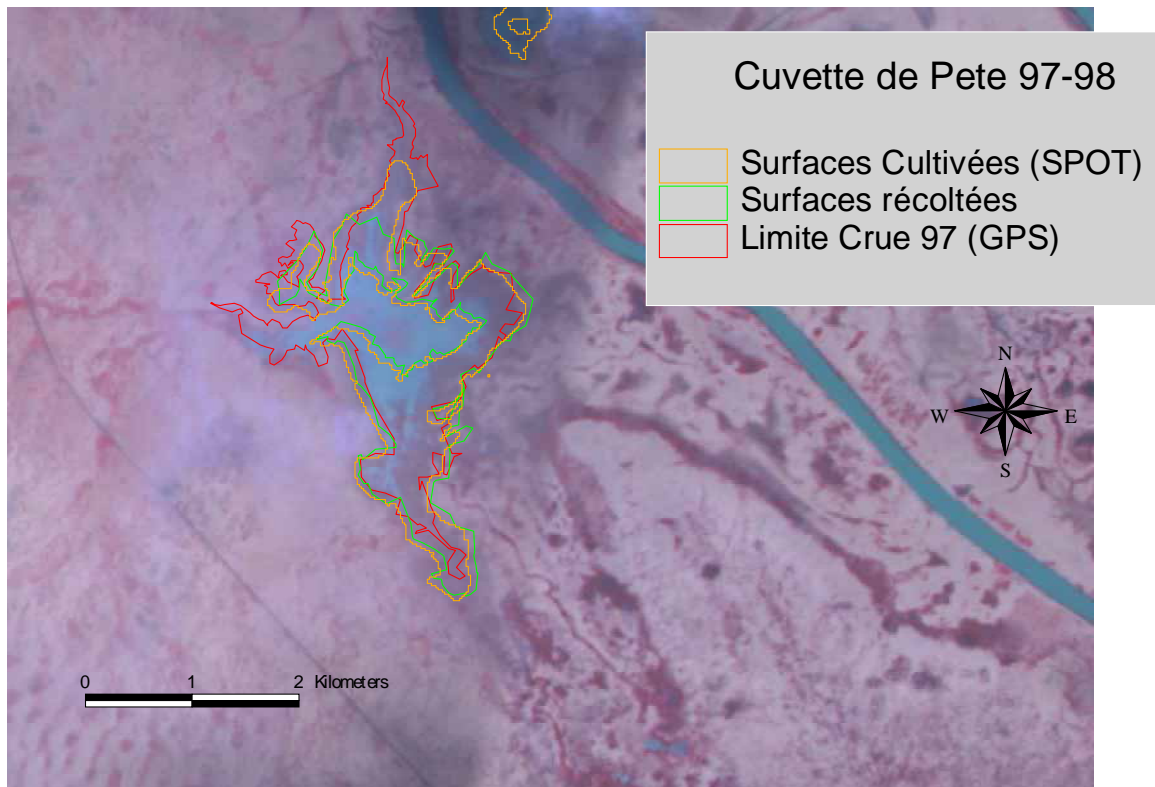


Figure 2.4.1

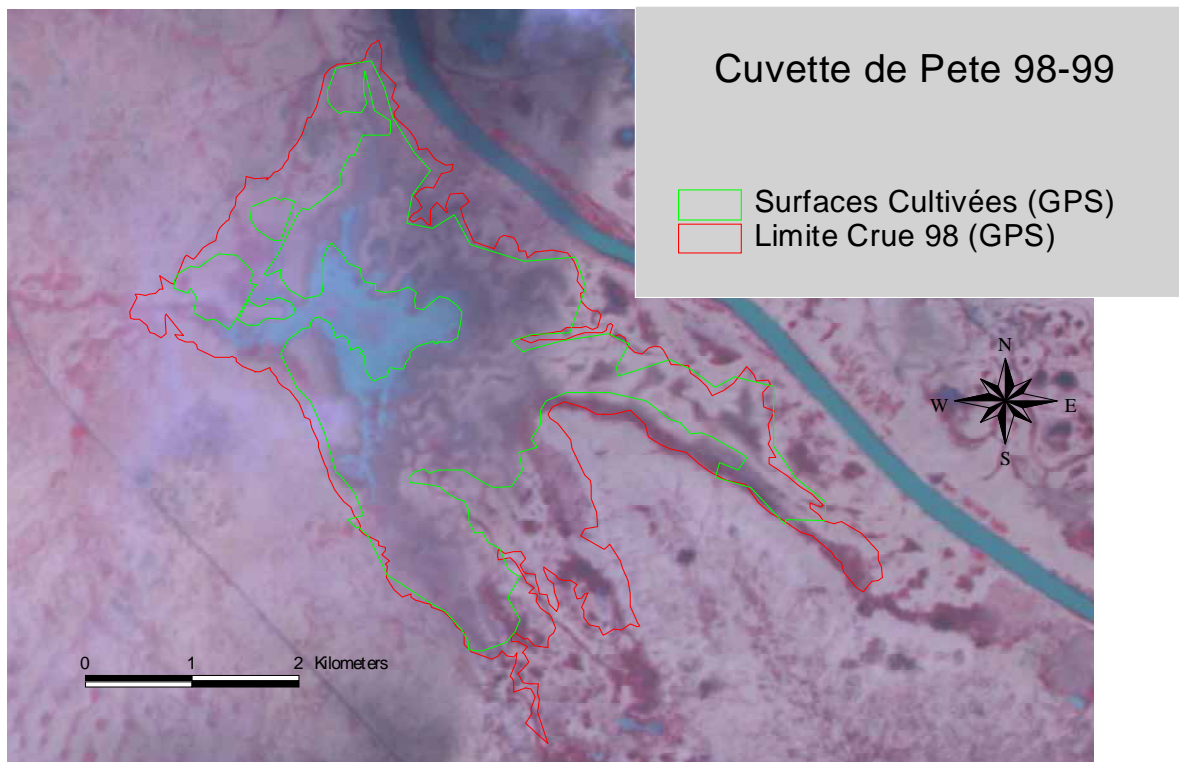


Figure 2.4.2

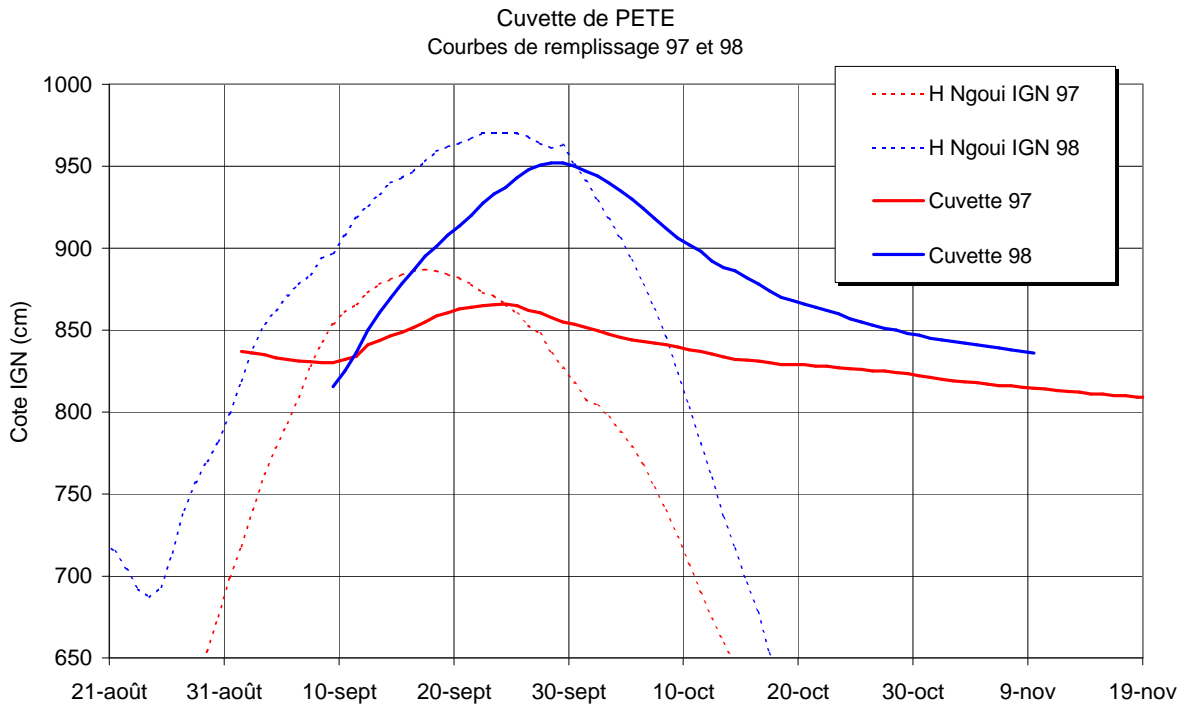


Figure 2.4.3

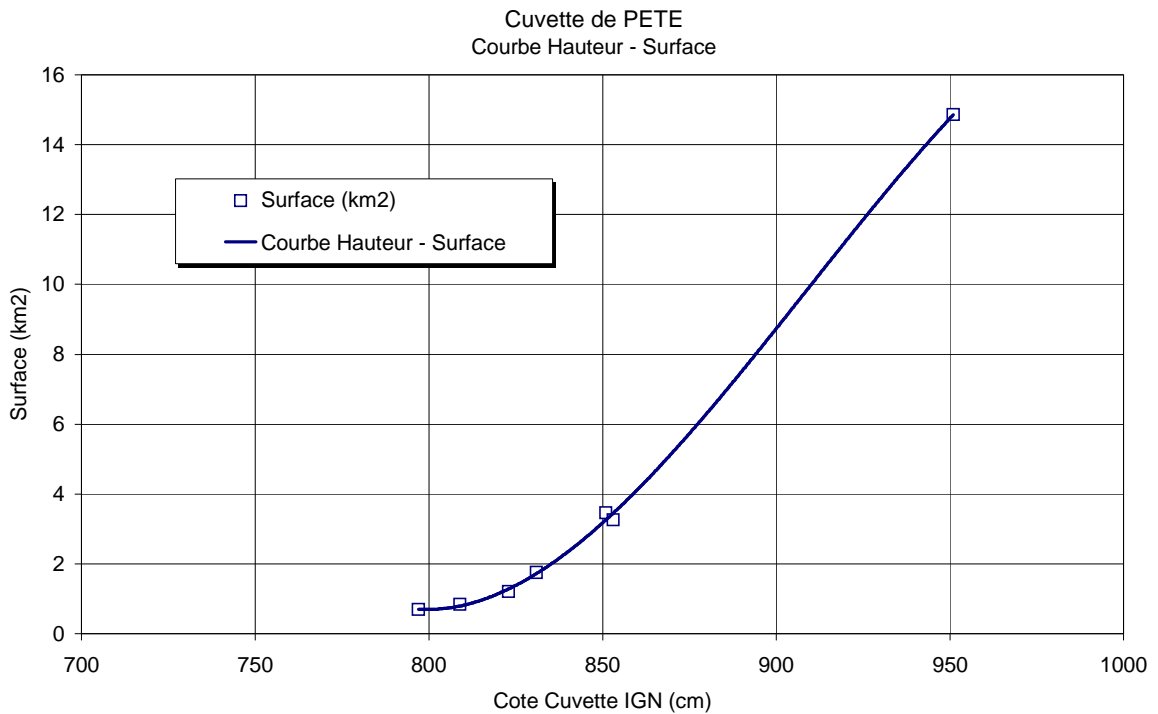


Figure 2.4.4

## 2.5 – Cuvette de Mbakhna

La figure n° 2.5.1 montre les principaux contours obtenus sur la cuvette de Mbakhna durant la crue 97-98, superposés à l'image SPOT du 24 Octobre 97 (à cette date, la cuvette est totalement vidée). On notera que le contour de la crue 97 estimé au moyen de l'image SPOT provient d'une **évaluation** des surfaces ayant été en eau (zones sombres sur l'image). Ce tracé est moins précis que le levé fait au GPS. La cuvette ayant pris très peu d'eau en 97, il n'y a pas eu de cultures de décrue pour cette année.

La figure n° 2.5.2 montre les résultats de la crue 98-99. La cuvette s'est remplie beaucoup plus durant l'année 98, et a même largement débordé sur les forêts avoisinantes vers l'Ouest. Les cultures occupent le pourtour de la cuvette côté Est (le pourtour de la cuvette côté Ouest est occupé par de la forêt). La présence de quelques PIV (Périmètres Irrigués Villageois) à l'intérieur de la cuvette vers le Sud-Est limite la superficie des cultures de décrue. On peut être étonné de voir que la partie la plus profonde de la cuvette (zone sombre au centre Nord) n'est pas utilisée pour la culture de décrue. Cette partie comporte des restes d'un ancien périmètre abandonné. Il semble que la présence de digues et le mauvais drainage de cette zone entraîne une présence trop tardive de l'eau qui handicape les cultures de décrue.

On trouvera au chapitre 4 les superficies calculées pour les mises en eau et les cultures de décrue aux différentes dates.

La figure n° 2.5.3 montre les courbes de remplissage de la cuvette obtenues 97 et 98, comparées aux limnigrammes de la station hydrométrique de base de MATAM et de la station SAED de Ndouloumadji. Le niveau IGN de la cuvette de Mbakhna a été obtenu par rattachement des échelles de la cuvette aux échelles de la station de pompage de Ndouloumadji calées en nivellement général. Il faut ajouter 859 cm aux lectures de Mbakhna faites sur l'élément 200 – 300 pour obtenir des niveaux IGN pour la cuvette.

L'examen des courbes de remplissage illustre bien la mauvaise communication de la cuvette avec le Diamel. En 97, il faut que le niveau du Diamel soit supérieur de plus d'un mètre au niveau du fond de la cuvette avant d'observer un début de remplissage. La cuvette est en effet séparée du Diamel par un bourrelet de berge relativement large (environ 500 m) et ne comportant aucun chenal. Cela entraîne un remplissage difficile de la cuvette pour les faibles crues, et également une vidange tardive pour les fortes crues. Le percement d'un chenal entre le Diamel et la cuvette permettrait sans aucun doute d'améliorer son potentiel pour la culture de décrue.

La figure n° 2.5.4 montre la courbe Hauteur - Surface obtenue pour la cuvette.

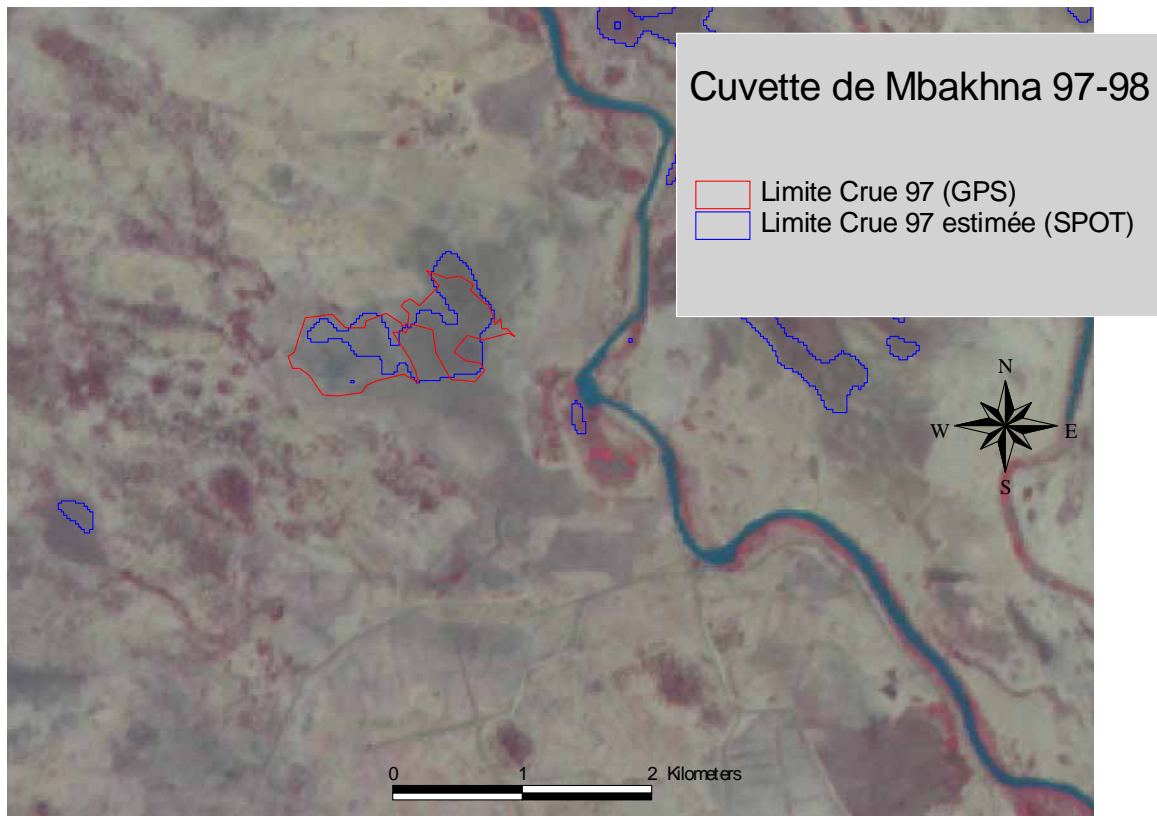


Figure 2.5.1

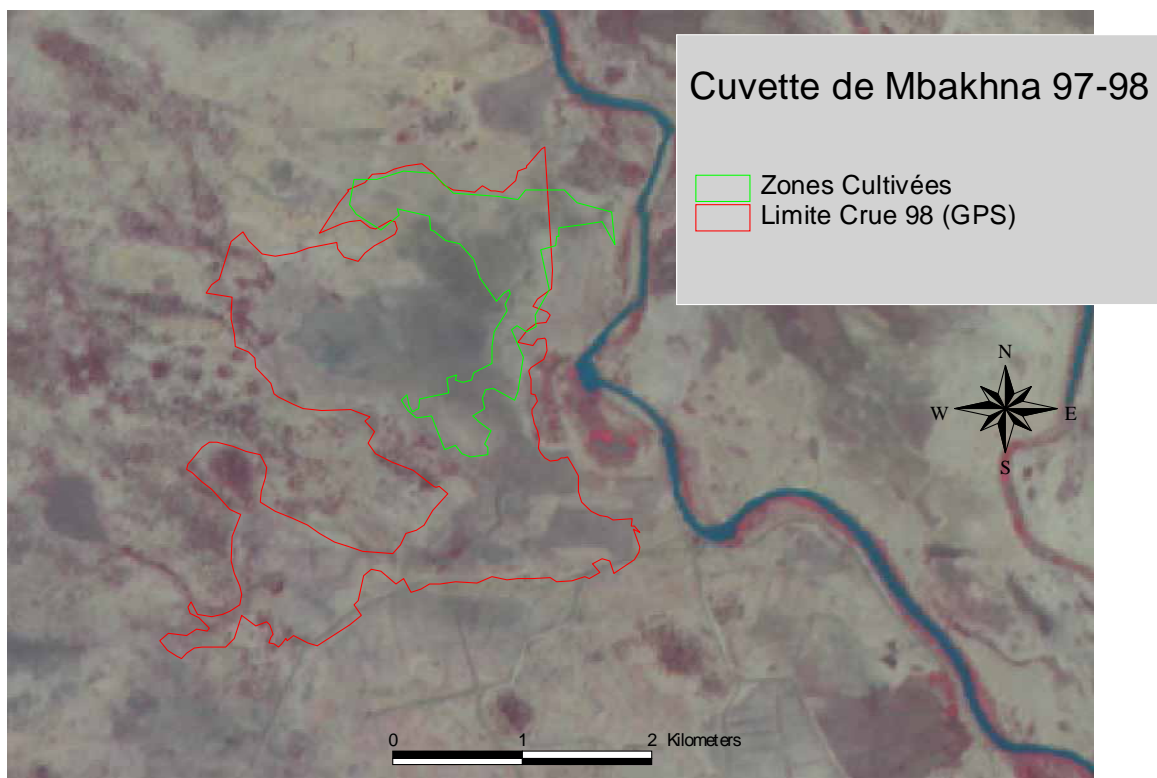


Figure 2.5.2

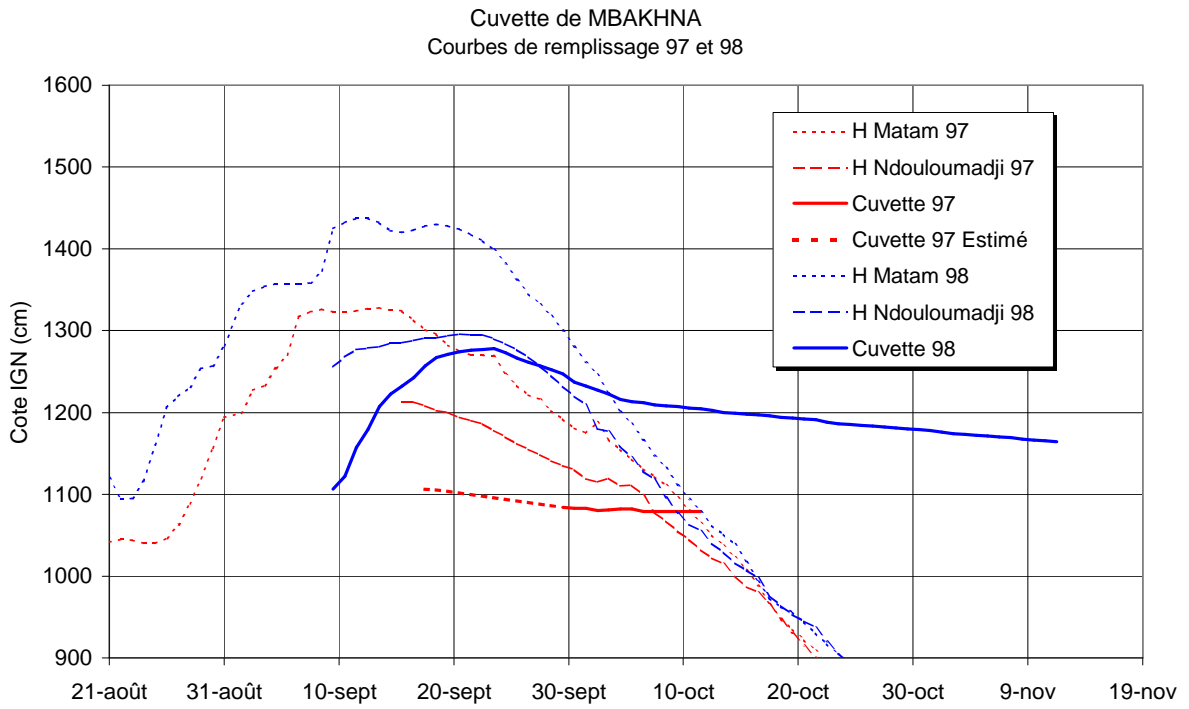


Figure 2.5.3

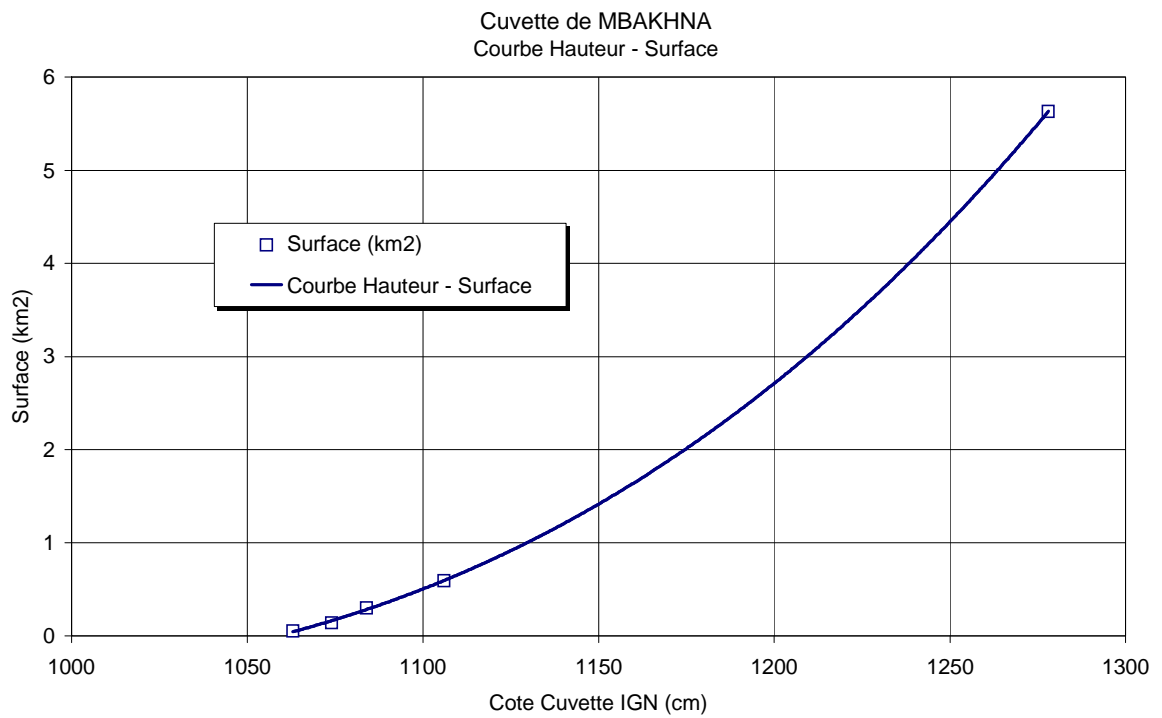


Figure 2.5.4

## 2.6 - Cuvette de Nabadji

La figure n° 2.6.1 montre les principaux contours obtenus sur la cuvette de NABADJI durant la crue 97-98, superposés à l'image SPOT du 24 Octobre 97. A la date de cette prise de vue, la cuvette s'est déjà largement vidangée. Les contours estimés à partir de l'image SPOT proviennent donc de la superposition du contour de l'eau le 24 Octobre avec une **estimation** des zones de retrait de la crue depuis son maximum. On voit bien sur la figure que cette évaluation sous estime assez fortement la surface inondée en 97.

La figure n° 2.6.2 montre les résultats de la saison 98-99. La cuvette s'est largement étendue durant cette saison. L'étendue cultivée est cependant au centre par la présence d'une mare quasi permanente (occupée par du bourgou dans sa partie Sud), et sur le pourtour par la faible fertilité des sols. Les sols de couleur claire sont généralement des sols argilo-sableux très compactés et impropres à la culture de décrue. D'une manière générale, les cultures de la cuvette de Nabadji sont les moins réussies de l'ensemble des cuvettes explorées en Février 99, avec des rendements qui semblent bien faibles.

On notera également au passage sur l'image Spot la bonne visibilité des cultures de décrue (généralement du maïs) effectuées sur les bords du Diamel sur les rives concaves.

On trouvera au chapitre 4 les superficies calculées pour les mises en eau et les cultures de décrue aux différentes dates.

La figure n° 2.6.3 montre les courbes de remplissage de la cuvette obtenues 97 et 98, comparées aux limnigrammes de la station hydrométrique de base de MATAM et de la station SAED du DIAMEL. Le niveau IGN de la cuvette de NABADJI a été obtenu par rattachement des échelles de la cuvette aux échelles calées en nivellement IGN situées sur le Diamel.. On trouve qu'il faut ajouter 897 cm aux lectures de NABADJI sur l'élément 400 – 500 pour obtenir des niveaux IGN pour la cuvette.

Les courbes de remplissage traduisent l'excellente communication de la cuvette avec le Diamel. On observe même en 97 des cotes dans la cuvette supérieures aux cotes du Diamel. Ce phénomène provient sans doute de l'imprécision des lectures effectuées par un lecteur peu consciencieux durant cette année-là.

La figure n° 2.6.4 montre enfin la courbe Hauteur - Surface obtenue pour la cuvette. Cette courbe est bien définie par de nombreux levés effectués au GPS sur toute l'étendue du marnage.



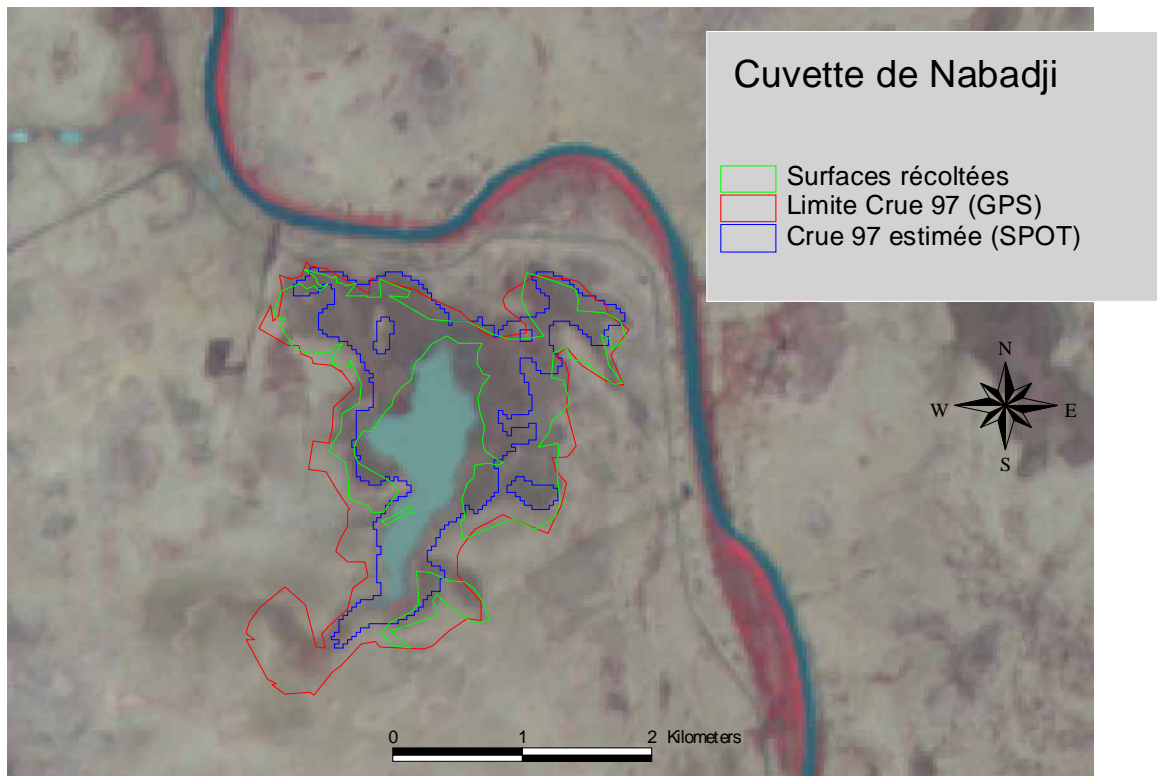


Figure 2.6.1

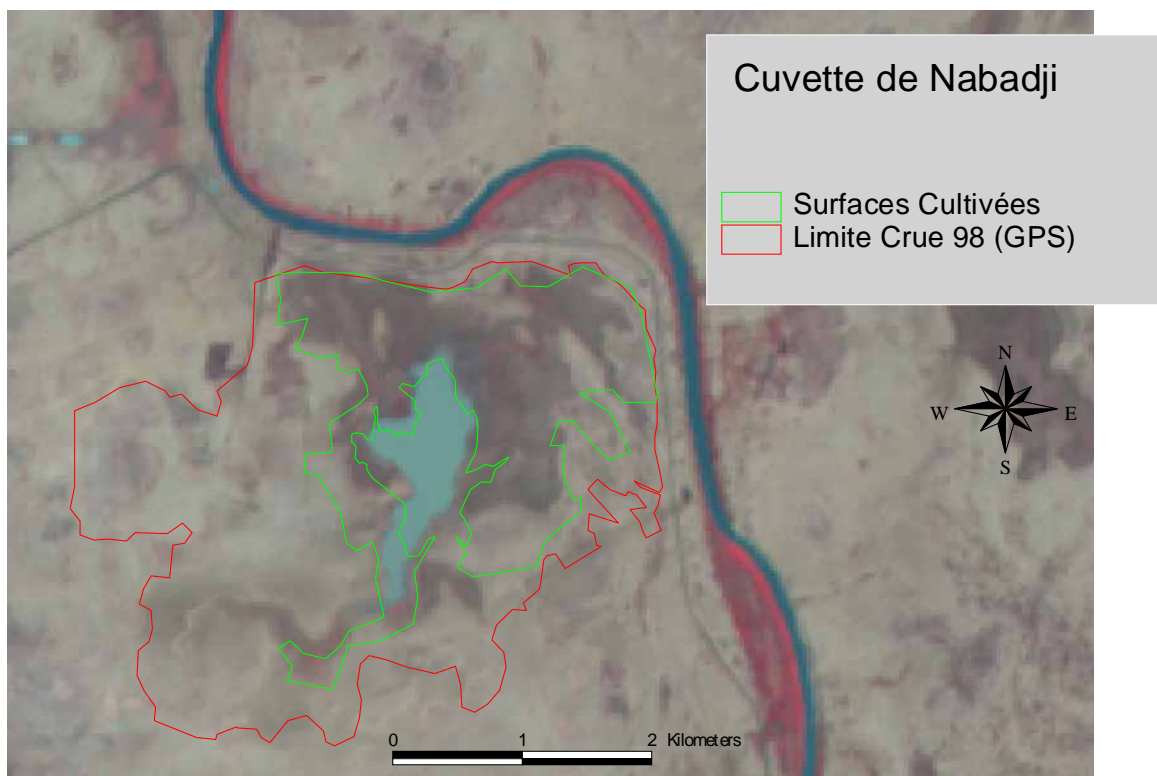


Figure 2.6.2

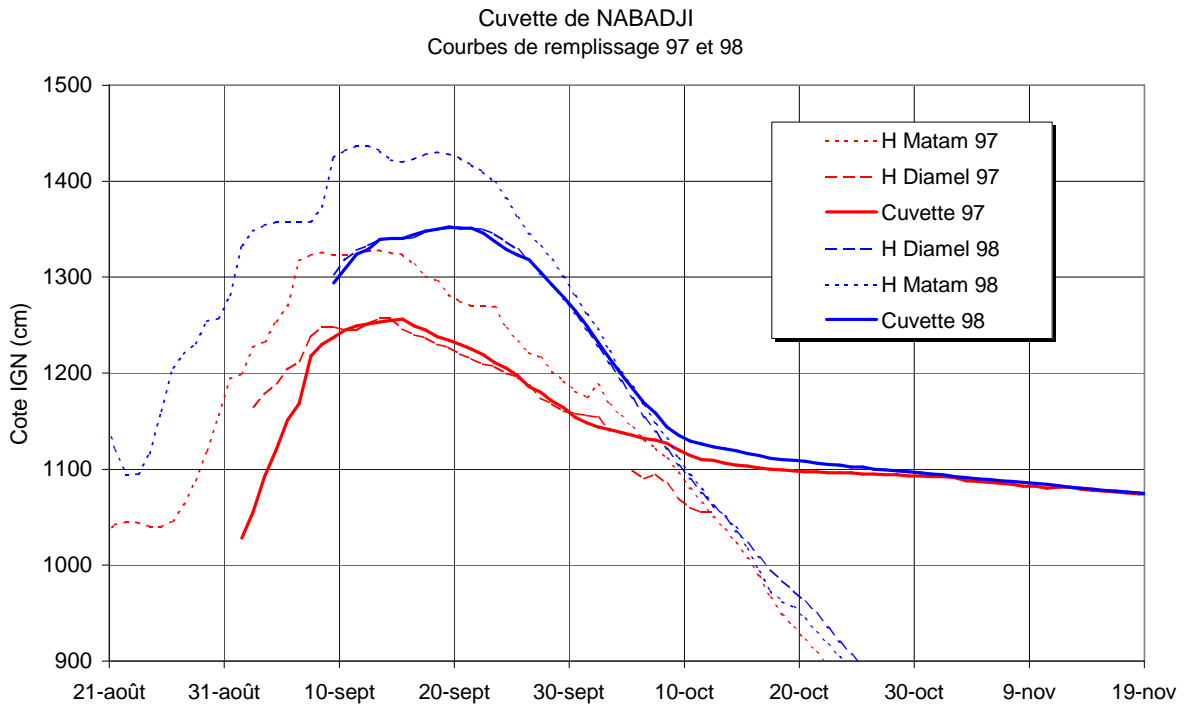


Figure 2.6.3

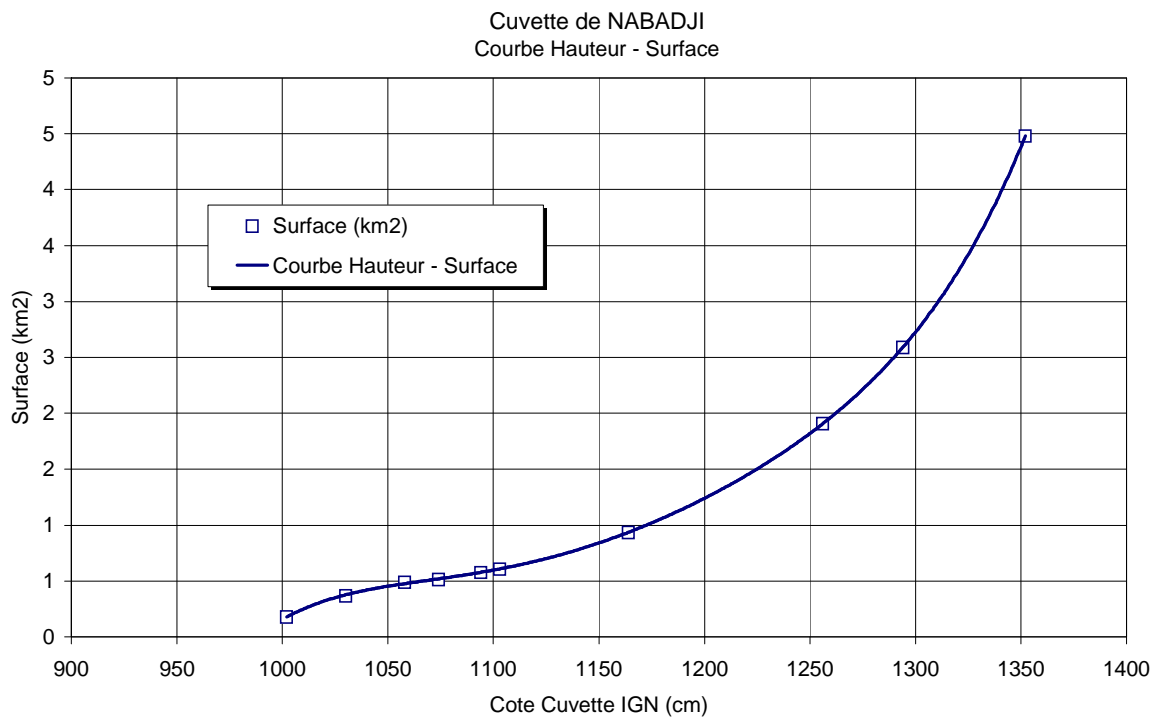


Figure 2.6.4

## 2.7 –Cuvette de Leqseïba

La figure 2.7.1 montre les principaux contours disponibles à la date de ce rapport, superposés à l'image SPOT du 21 Septembre 97. Cette image a été prise quelques jours avant le remplissage maximal de la cuvette (à PODOR, le remplissage maximal de la cuvette survient le 1<sup>er</sup> Octobre). Une deuxième image SPOT prise le 8 Octobre montre moins d'eau dans la cuvette.

Pour la crue 97-98, l'ensemble des contours présentés provient du traitement des images SPOT. La cuvette s'est peu remplie en 97. On notera que les zones de retrait estimées à partir de l'image Spot du 8-10-97 par BRL sont totalement erronées, suite à une confusion entre sol sombre de fond de cuvette et zone mise en eau.

Pour la crue 98-99, le contour des traces laissées sur le sol par la crue a été levé au GPS le 25 Novembre 98. A cette date, l'ensemble de la cuvette est planté en cultures de décrue qui sont déjà bien développées. Le contour levé au GPS suit à quelques dizaines de mètres près la limite des cultures de décrue.

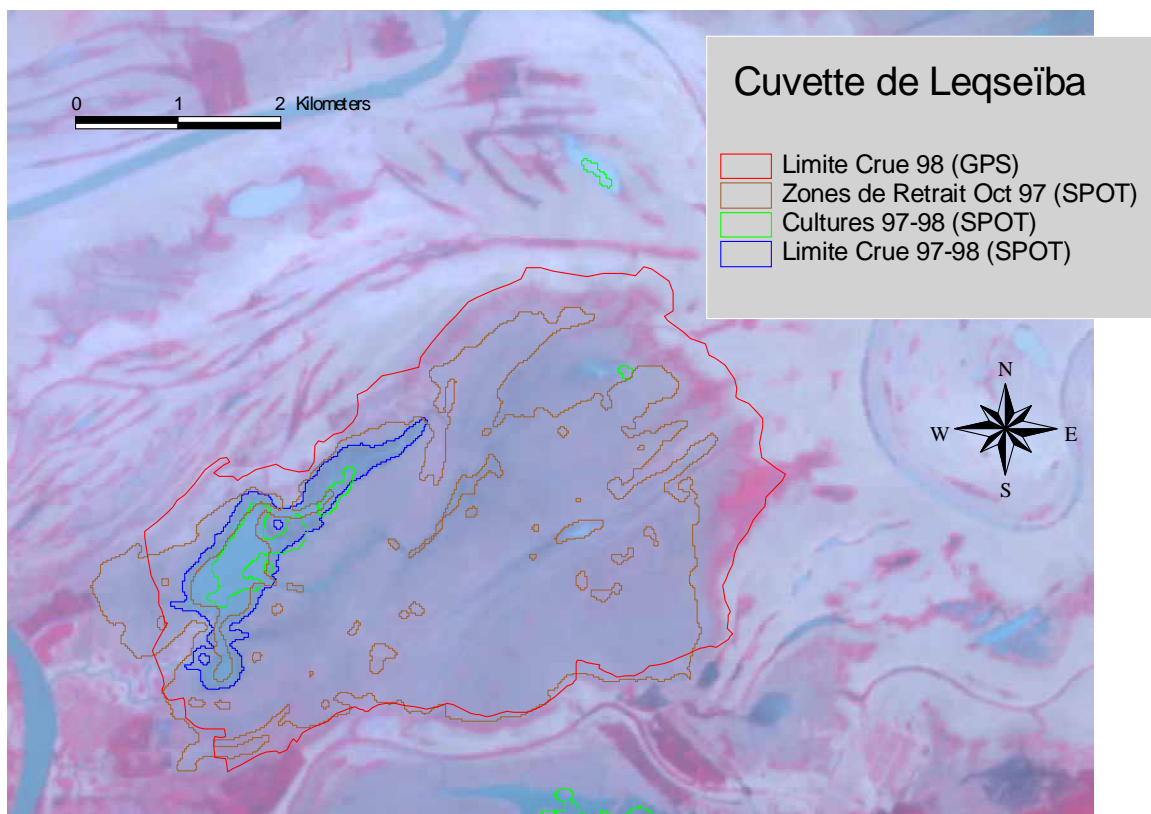


Figure 2.7.1

La figure 2.7.2 montre la courbe de remplissage de la cuvette en 98. Cette courbe comparée à celle de PODOR a une allure un peu surprenante. Le maximum de la courbe est bon (contrôlé par le nivellement des traces de la crue), mais il n'est pas exclu que le lecteur ait inventé quelques données lors de la montée et de la descente. Il faudra confirmer cette courbe avec les données de l'année prochaine.

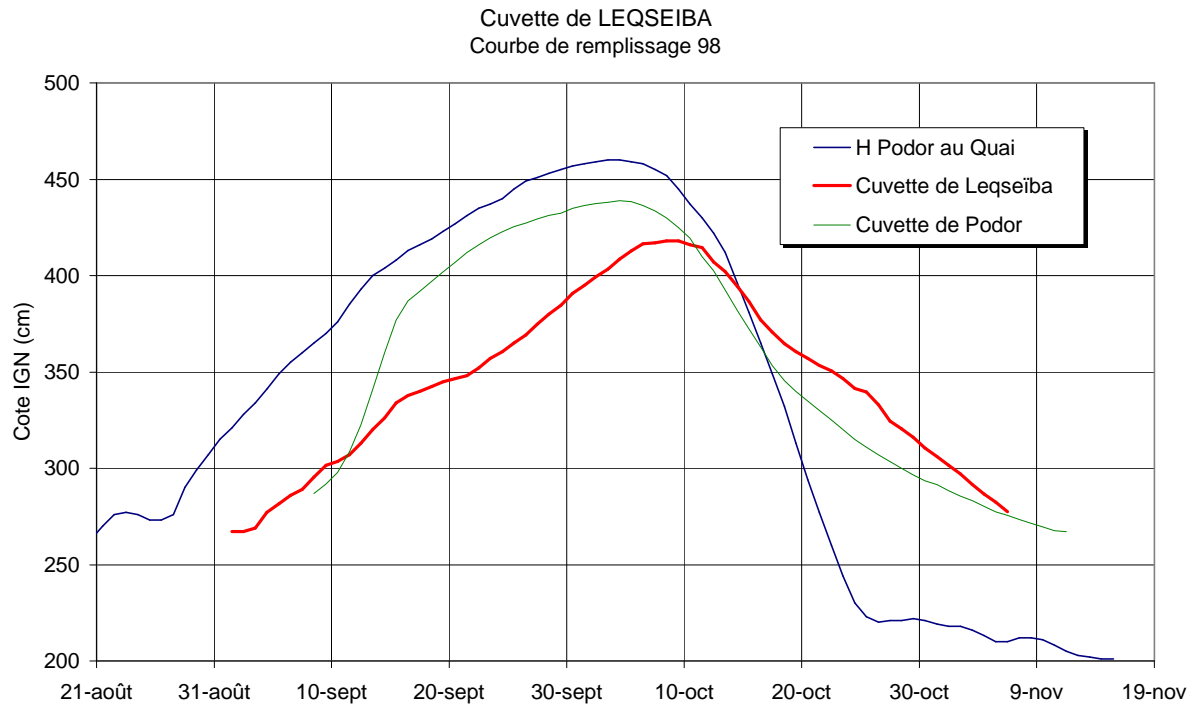


Figure 2.7.2

## 2.8 – Cuvette de Aéré Goléré

La figure 2.8.1 montre les limites de la crue et des cultures 97-98 déterminées à partir d'une image SPOT du 27 Septembre 97. Cette image a été prise à peu près au moment du maximum de la crue. A titre de comparaison, le maximum de l'inondation survient le 24 Septembre sur la cuvette de Pété située un peu en amont. Le levé GPS de la limite de la crue 97 d'après les dires des paysans de la cuvette présenté sur la figure (trait rouge) confirme que le contour issu de l'image SPOT est très proche du maximum.

Etant donné la taille de la cuvette, il n'a pas été possible de lever au GPS le contour de l'inondation 98. Le tracé marqué en mauve sur la figure fournit cependant une référence qui pourra être comparée aux images satellite. A la date de la visite, la cuvette semble entièrement plantée en cultures de décrue déjà bien développées.

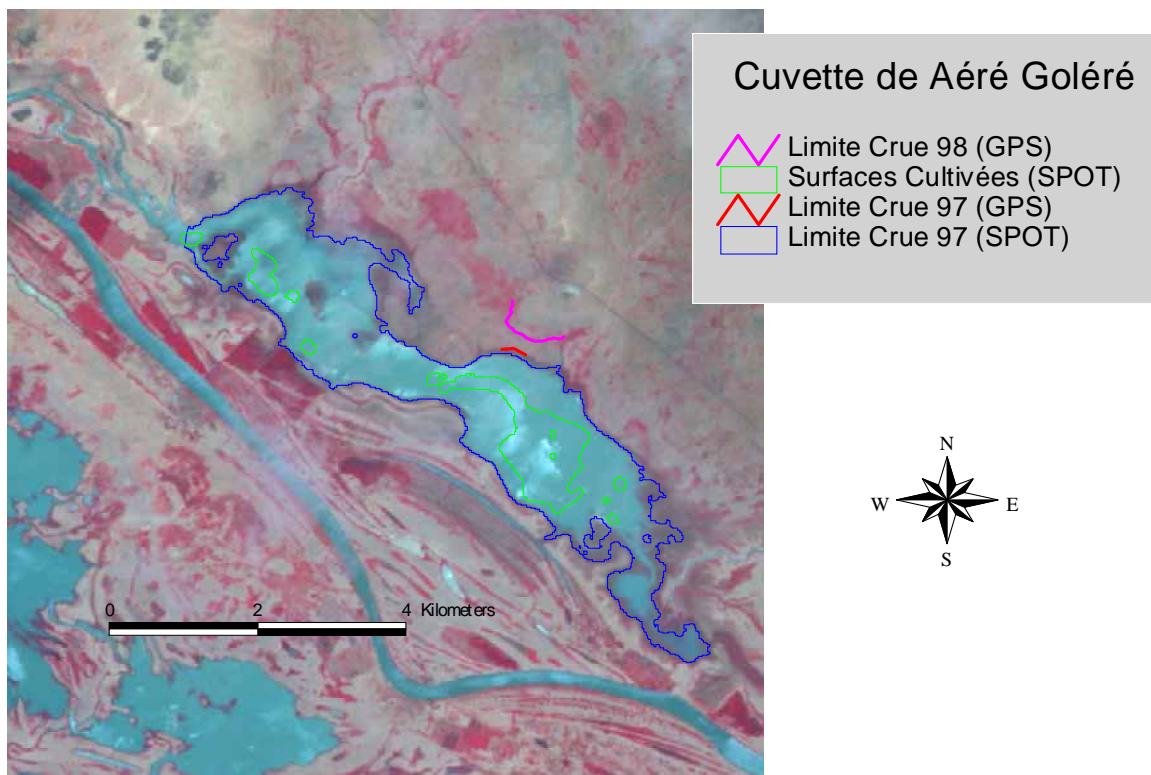


Figure 2.8.1

La figure 2.8.2 montre la courbe de remplissage de la cuvette en 98.

Le lecteur d'échelles ayant abandonné le travail en cours de crue, nous n'avons obtenu pour cette cuvette que le début de la montée de la crue. Un levé au niveau des traces maximales de la crue 98 a permis de réaliser une estimation vraisemblable de la courbe de remplissage de la cuvette. Cette estimation sera confirmée avec les données de l'année prochaine. On notera que le niveau IGN donné pour cette courbe de remplissage est approximatif dans l'attente d'un rattachement au nivellement général.

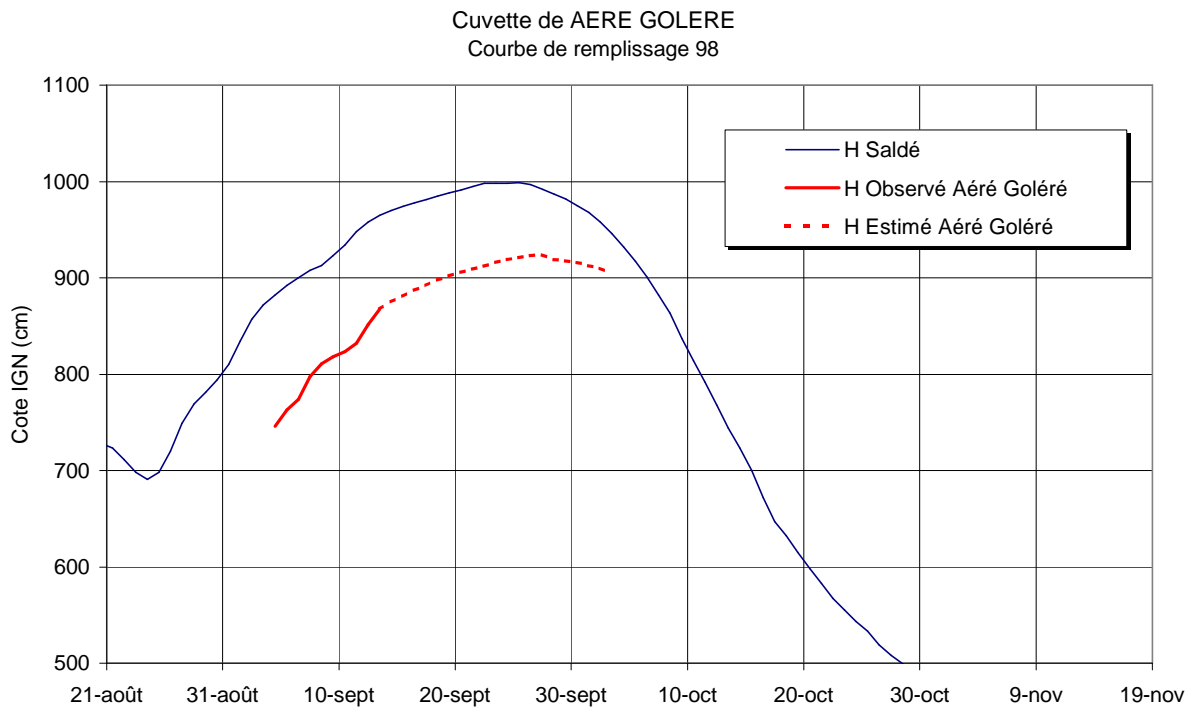


Figure 2.8.2



## 2.9 – Cuvette de Ouro Dialao

La figure 2.9.1 montre les limites de la crue et des cultures 97-98 déterminées à partir d'une image SPOT du 27 Septembre 97. Cette image a été prise à peu près au moment du maximum de la crue. A titre de comparaison, le maximum de l'inondation survient le 24 Septembre sur la cuvette de Pété située un petit peu en amont. Etant donné la taille de la cuvette, il n'a pas été possible de lever au GPS le contour de l'inondation 98. Au niveau des échelles de crue, la cuvette est limitée au Nord et au Sud par deux cordons dunaires, et la limite de l'inondation 98 à ce niveau doit être peu différente de la limite 97. Il n'en va sûrement pas de même pour le reste de la cuvette. A la date de la visite, soit le 28-11-98, la cuvette dans sa partie proche des échelles est entièrement plantée en cultures de décrue déjà bien développées.

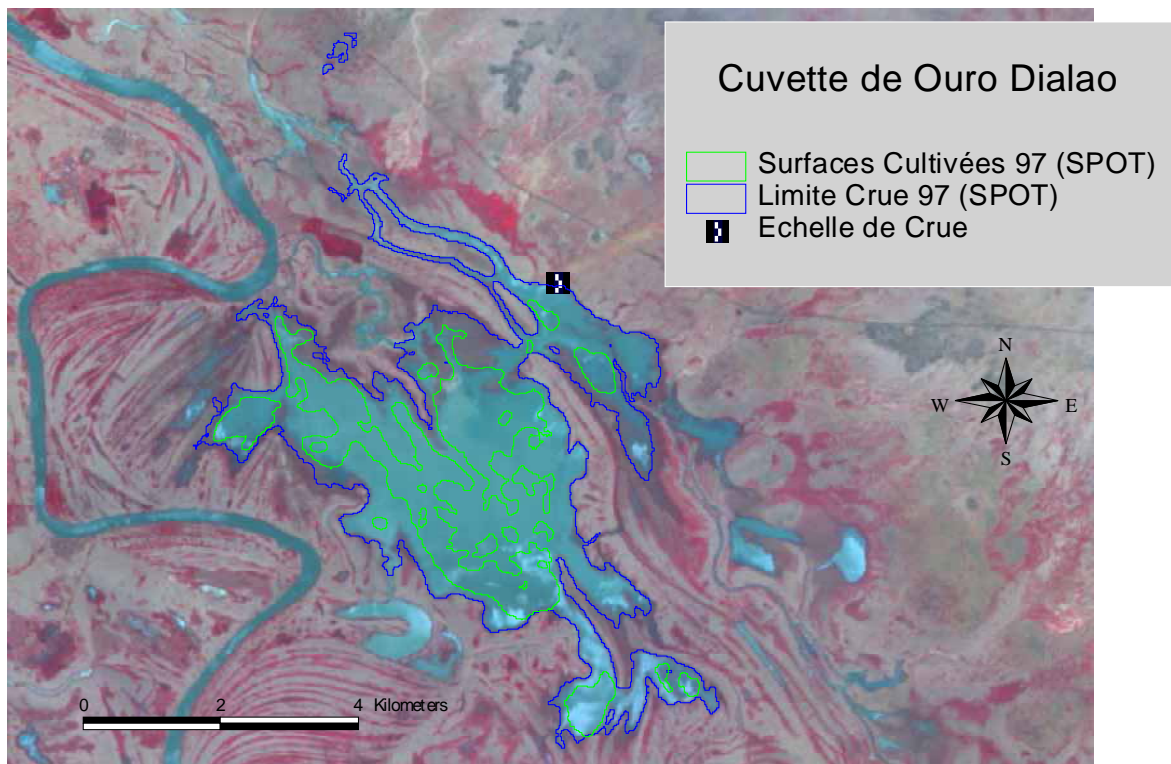


Figure 2.9.1

La figure 2.9.2 montre la courbe de remplissage de la cuvette en 98. L'ampleur de l'inondation provoquée par la crue 98 ayant noyé les échelles de crue, seules les phases de montée et de descente ont été lues par l'observateur. Un nivellement des traces de la crue a permis d'estimer la cote maximale atteinte par la crue, et de reconstituer ainsi la totalité de la courbe. On notera que le niveau IGN donné pour cette courbe de remplissage est approximatif dans l'attente d'un rattachement au nivellement général.

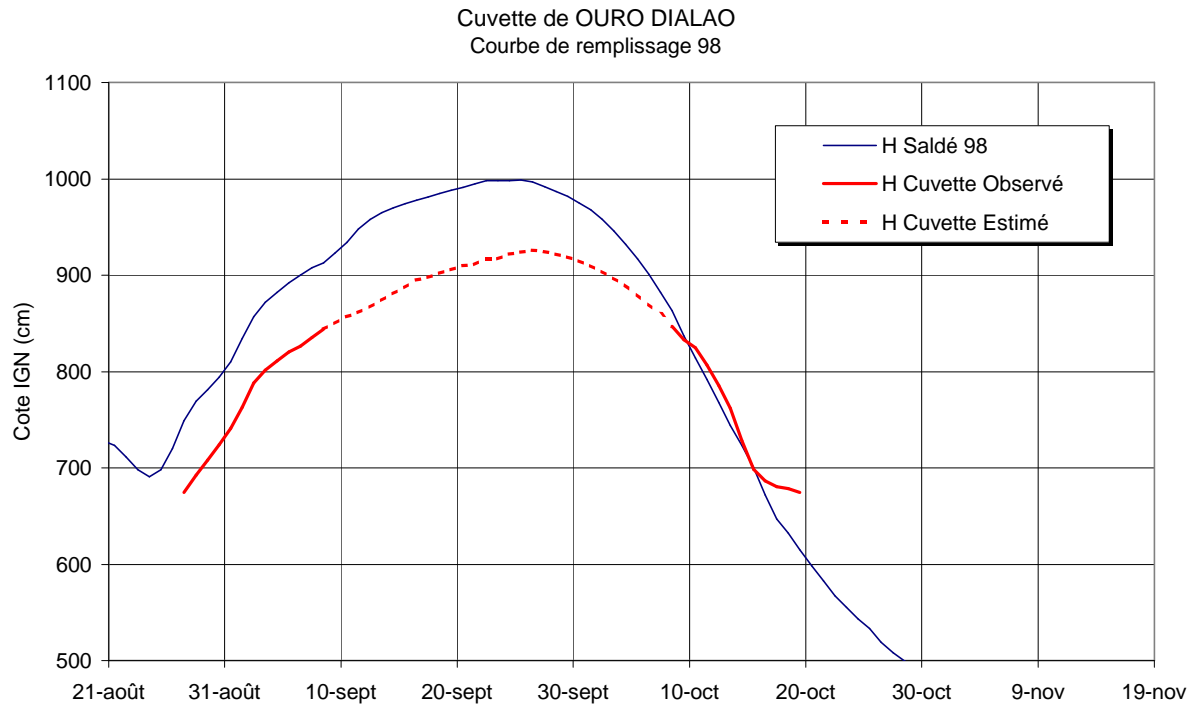


Figure 2.9.2



## 2.10 -Cuvette de Ouoloum Néré

La figure 2.10.1 montre les limites de la crue et des cultures 97-98 déterminées à partir d'une image SPOT du 24 Octobre 97. Cette image a été prise bien après le maximum de la crue, alors que la cuvette est presque totalement vidangée, et qu'il ne reste plus que deux mares résiduelles. Lors de notre passage le 27-11-98, nous avons levé au GPS le pourtour de la mare Sud-Est, et obtenu un contour très similaire à celui de l'image du 24 Octobre 97. Nous avons également levé au GPS au voisinage des échelles de crue les limites des crues 97 (d'après enquête auprès de paysans, trait bleu clair) et 98 (d'après les délaissées, trait mauve). Le levé de la limite de la crue 97 montre que l'estimation faite par BRL pour cette cuvette des zones de retrait minimise sensiblement la superficie atteinte par la cuvette cette année là. Nous proposons donc (tracé rouge) un contour de la crue 97 qui correspond probablement mieux à la réalité du terrain.

Etant donné la taille de la cuvette, il n'a pas été possible de lever au GPS le contour de l'inondation 98. Le levé sur quelques centaines de mètres au voisinage des échelles (trait mauve) permettra de confirmer les traitements des images satellites qui doivent être prises pour la crue 98.

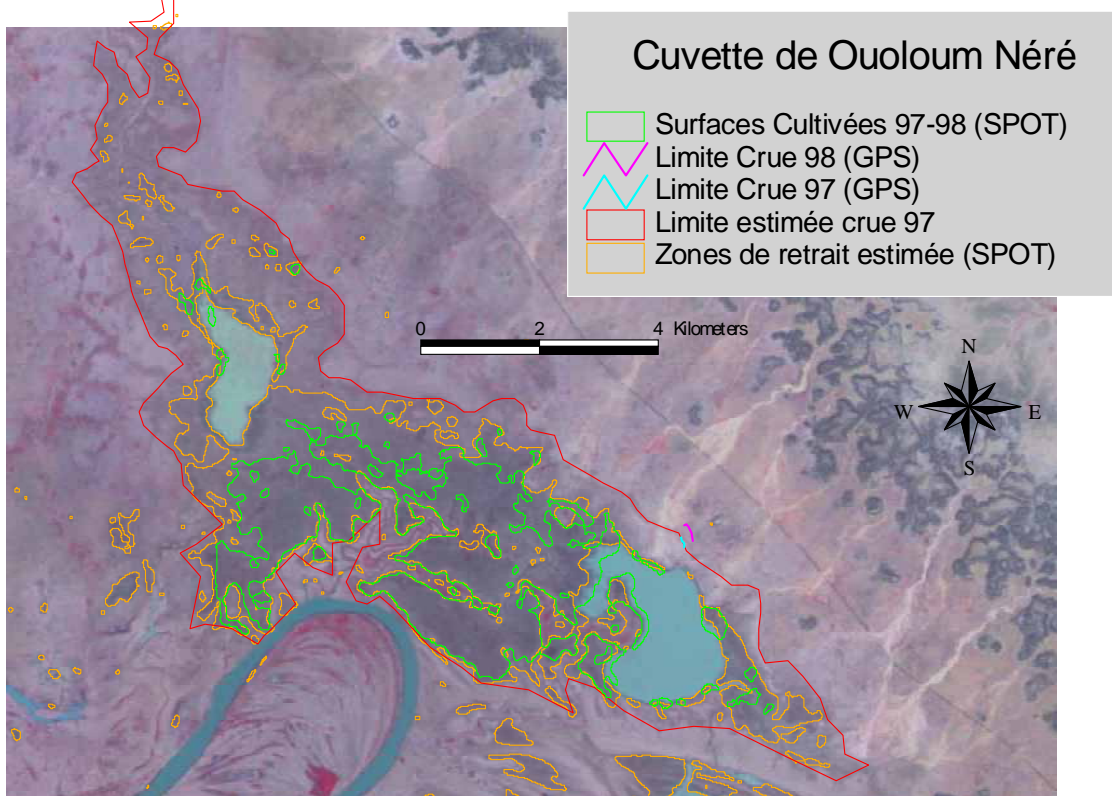


Figure 2.10.1

La figure 2.10.2 montre la courbe de remplissage de la cuvette en 98. L'ampleur de l'inondation provoquée par la crue 98 a noyé les échelles de crue, et le lecteur a par surcroît abandonné le travail en cours de saison. Seule la phase de début de montée de la crue a été lue par l'observateur. Cette phase de montée montre une excellente connexion de la cuvette avec le fleuve Sénégal, puisque la cuvette commence à se remplir dès le 16 août. On retrouve ainsi sur la courbe de remplissage de la cuvette l'effet de la petite crue observée sur le fleuve Sénégal du 15 au 25 Août, alors qu'on ne retrouve cet effet sur aucune des autres cuvettes de la zone. Un nivellement des traces de la crue a permis d'estimer la cote maximale atteinte par la crue, et d'estimer la partie manquante de la courbe de remplissage par analogie avec la courbe de KAEDI. On notera que le niveau IGN donné pour cette courbe de remplissage est approximatif dans l'attente d'un rattachement au nivellement général.

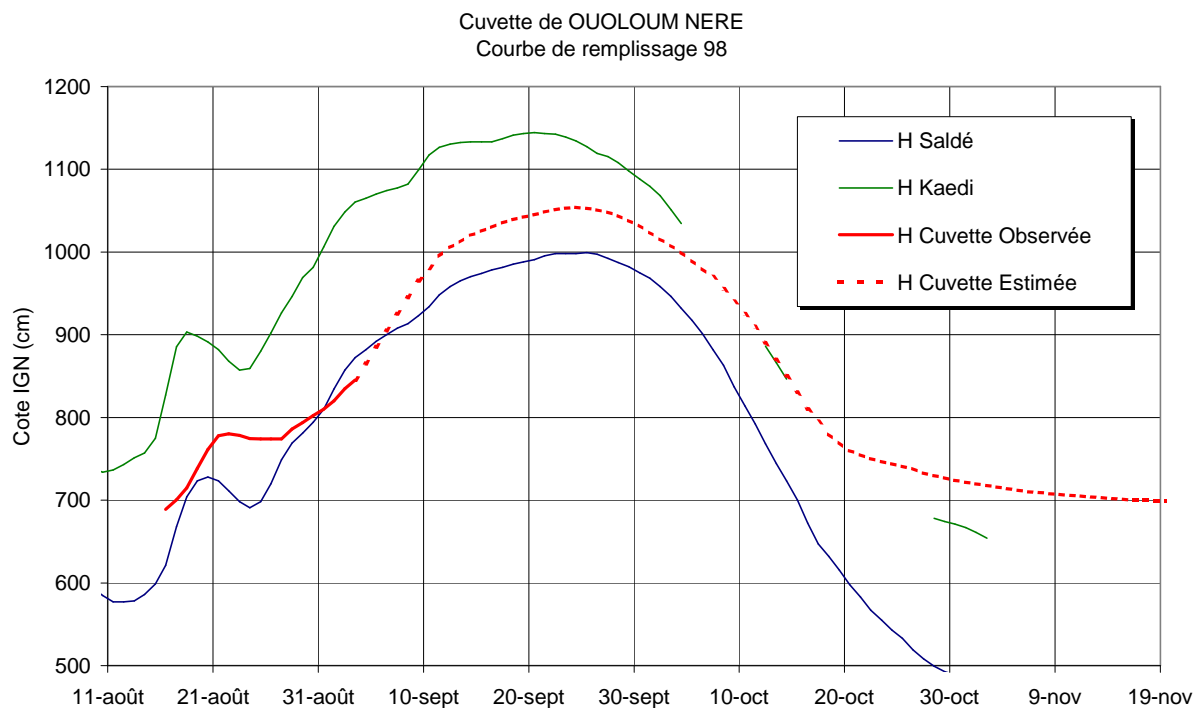


Figure 2.10.2

### 3. – Synthèse des résultats des images Spot 97-98

#### 3.1 – Présentation du travail effectué par BRLi

Dans le cadre d'une commande de l'OMVS au bureau d'études BRLi, une étude intitulée « Traitement et Interprétation d'Images SPOT XS pour le Suivi de la Crue 1997-1998 du Fleuve Sénégal entre Matam et Podor » a été réalisée, et ses résultats remis à l'IRD dans le courant de l'année 98. Au cours de la crue 97-98, 3 séries d'images Spot ont été prises :

- les 21 et 27 Septembre 97 dans la zone comprise entre Fanaye et Mbagne, au voisinage du maximum de la crue.
- les 8, 13 et 24 Octobre dans l'ensemble de la zone (Fanaye à Kanel), lors de la décrue
- les 2, 15 et 19 Février dans l'ensemble de la zone (Fanaye à Kanel), pour l'estimation des cultures de décrue

Les images ont été découpées par BRLi en spatioscartes, et les contours de la zone inondée pour les images de Septembre et d'octobre ont été vectorisés et remis à l'IRD sous forme de fichiers de forme compatibles avec le SIG ArcView.

Du fait de la prise tardive des images de crue dans la zone comprise entre Mbagne et Kanel, nous n'y disposons pas de contours de la zone inondée au voisinage du maximum de la crue. Pour remédier à ce fait, BRLi a réalisé un traitement spécifique visant à estimer à partir des images d'Octobre l'enveloppe maximale de la crue, en identifiant sur ces images les zones de retrait.

Le produit final de l'étude de BRLi consiste en un tableau rendant compte des superficies inondées et cultivées pour le Département de Podor, pour la zone Sénégalaise hors département de Podor, et pour la zone Mauritanienne. On peut regretter que les superficies inondées ne fassent pas la distinction entre les fleuves et les cuvettes.

Nous nous proposons donc dans ce chapitre de reprendre l'étude effectuée par BRLi afin d'obtenir des estimations de superficies correspondant mieux aux unités morphologiques (fleuves, bras défluent, cuvettes).

En effectuant cette étude, nous nous sommes heurtés à un gros problème causé par la structure des fichiers de contours fournis par BRLi. Pour les images prises au voisinage du maximum de la crue notamment, nous disposons d'enveloppes de la crue basées sur le critère de continuité hydraulique. Ainsi, pour le mois de Septembre, un seul polygone de plus de 100 000 points représente à la fois le contour du fleuve Sénégal, du Doué, du Gayo, du Koundi et du Ngalenka, ainsi que de toutes les cuvettes attenantes. Il fallait donc découper ces énormes polygones en unités géographiques plus homogènes.

Ce découpage a été rendu très compliqué du fait que les polygones fournis sous ArcView ne respectent pas les règles de ce logiciel. Sous ArcView, un polygone ne doit jamais se recouper alors que les polygones fournis comportent de nombreux recouvrements. En conséquence, les outils ArcView permettant la division de polygones ne fonctionnaient pas

souvent, et de nombreuses acrobaties et corrections ont été nécessaires pour arriver au résultat escompté.

Ce travail a permis également d'identifier de nombreuses imprécisions ou omissions dans le travail fourni par BRLi. Parmi les plus significatives on peut citer :

- l'omission lors de la campagne d'Octobre 97 de plusieurs grandes cuvettes couvertes de végétation (Sud de Thiélaw, Aéré Lao).
- l'omission d'un certain nombre de petites cuvettes.
- la présence de quelques cuvettes dans des zones totalement sèches...
- une grosse différence entre les surfaces inondées données pour la campagne d'Octobre 97 et les résultats que nous obtenons.

Enfin, la principale critique des résultats du travail effectué par BRLi concerne l'identification des zones de retrait faite à partir des images d'Octobre 97. Une comparaison rapide des zones de retrait estimées pour la zone de Fanaye à Mbagne avec les images de Septembre prises au voisinage du maximum de la crue montre des différences énormes entre les zones de retrait estimées et la réalité. Au voisinage de Podor, de vastes étendues ont ainsi été interprétées comme zones de retrait, alors que ces cuvettes n'avaient pas été mises en eau. Au voisinage de Kaskas et Mbagne au contraire, les zones de retrait sont bien loin de représenter la totalité des surfaces mises en eau durant la crue 97.

Cela n'est pas très gênant pour la zone de Fanaye à Mbagne pour laquelle on possède de toutes façons des images prises au voisinage du maximum de la crue. Cependant, la non validation des résultats de ce traitement dans une zone pour laquelle on disposait d'un moyen de contrôle jette un doute sérieux sur la validité des résultats dans la zone de Mbagne à Kanel pour laquelle ce traitement est le seul moyen d'obtenir une idée des surfaces mises en eau en 97.

La figure n° 3.1 montre les résultats du traitement des zones de retrait dans la zone de Podor – Donaye. Sur cette figure nous avons empilé trois plans représentant les zones de retrait, et les cuvettes le 21 Septembre 97 et le 8 Octobre 97. Les zones de retrait situées à l'arrière plan devraient normalement être totalement masquées par les cuvettes au maximum de leur remplissage, alors que de vastes zones vertes apparaissent à tort.

La figure n° 3.2 montre le phénomène contraire dans la zone de Bababé. Sur cette figure, les zones de retrait situées à l'avant plan devraient logiquement masquer totalement les cuvettes photographiées le 27 Septembre et le 13 Octobre 97, alors que c'est loin d'être le cas.

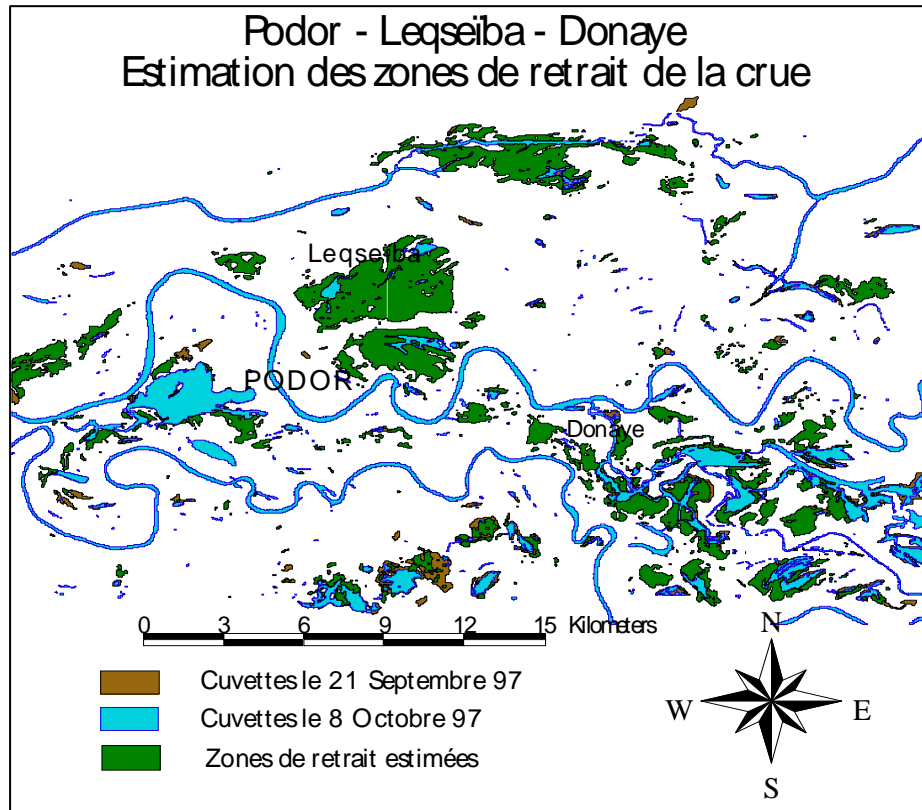


Figure n° 3.1

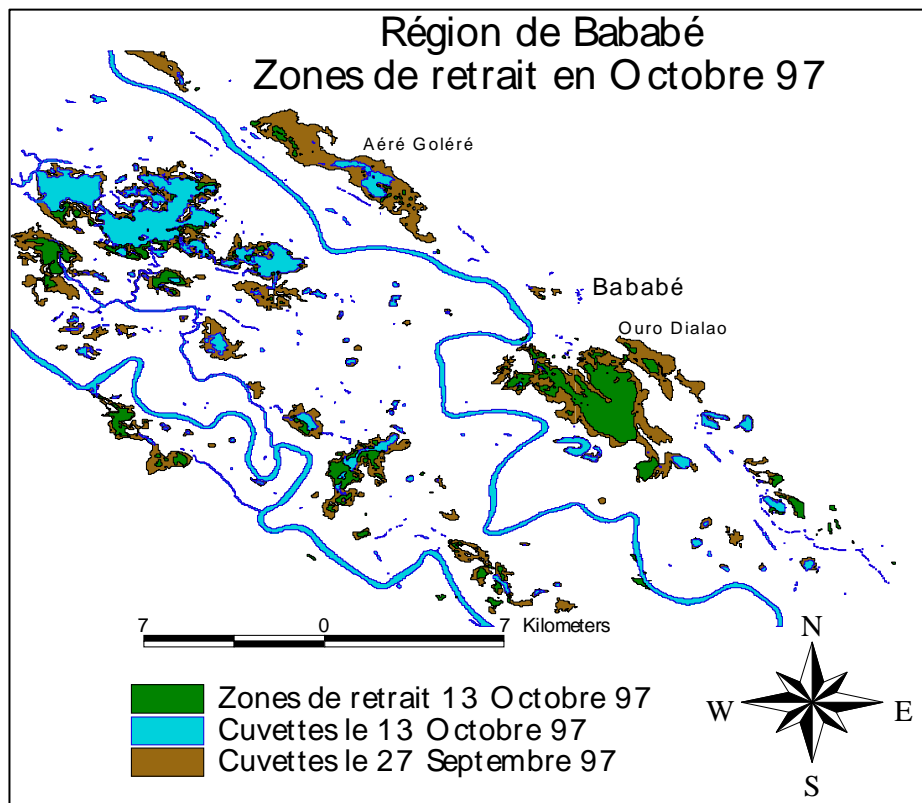


Figure 3.2

### 3.2 – Superficies calculées par l'IRD pour la campagne 97-98

Les résultats obtenus pour la zone de Fanaye à Mbagne sont présentés au tableau n° 1, et les résultats de la zone de Mbagne à Kanel au tableau n° 2. On notera pour les 2 tableaux :

- La ligne « Bras + Mares » représente d'une part les parties linéaires servant visiblement au passage de l'eau (bras), d'autre part les très petites cuvettes, de l'ordre de un ha ou moins (mares). Il peut paraître arbitraire de séparer les bras des cuvettes, dans la mesure où souvent on observe des cultures de décrue dans les bras asséchés. Cependant cette distinction nous a paru légitime, car d'une part ces cultures dans les bras ne sont pas prises en compte dans les estimations faites à partir des images Spot, et d'autre part certains bras ne s'assèchent que trop tard pour être cultivables.
- La ligne « Gayo » ne représente pas le Gayo au sens strict, mais l'axe hydraulique principal traversant l'île à Morphil et se terminant par le Gayo. Du fait du barrage de Diama, cet axe reste désormais en eau toute l'année.
- La ligne « Diamel » ne représente pas le Diamel au sens strict, mais l'axe hydraulique commençant avec le Diamel et rejoignant le Doué près de sa défluence avec le fleuve Sénégal.

Tableau n° 1  
Superficies inondées pour la zone Fanaye / Mbagne en 97

Entité \ Date	Septembre 97	Octobre 97
Cuvettes	46394	29624
Bras + Mares	7294	3619
Sénégal	6011	5659
Doué	3655	3859
Koundi	1133	982
Ngalenka	236	244
Gayo	777	786
<b>Total Cuvettes</b>	<b>46394</b>	<b>29647</b>
<b>Total Fleuves</b>	<b>11812</b>	<b>11530</b>
<b>Total Général</b>	<b>65500</b>	<b>44773</b>

Tableau n° 2  
Superficies inondées pour la zone Mbagne / Kanel en 97

Entité \ Date	Septembre 97	Octobre 97
Cuvettes		9706
Zone de Retrait		21251
Bras + Mares		2272
Sénégal		5442
Diamel		1087
<b>Cuvettes + Retraits</b>		<b>30957</b>
<b>Total Fleuves</b>		<b>6529</b>
<b>Total Général</b>		<b>39758</b>

On trouvera au tableau n° 3 les surfaces des cuvettes calculées pour chacune des zones, en regard des surfaces cultivées déterminées à partir des images Spot. On constate que les surfaces cultivées ont représenté environ la moitié des surfaces des cuvettes. Il faut toutefois prendre avec une certaine réserve les estimations des cultures de décrue faites à partir des images Spot. En effet dans la conclusion de son rapport, BRLi insiste sur le fait que : « **Les résultats des classifications automatiques devront être utilisés avec prudence, en particulier les superficies de cultures de décrue. Il a en effet été indiqué les difficultés rencontrées pour l'établissement de la classification correspondante, difficultés liées à une réponse peu marquée des cultures de décrue** ». Il est d'ailleurs regrettable que les levés des cultures de décrue effectués au GPS aient été fournis à BRLi comme vérité – terrain, car cela nous prive d'un moyen de contrôle de la précision de la classification effectuée.

Tableau n° 3  
Résultats des mises en cultures de décrue, campagne 97-98

Zone	Surface inondée (ha)	Surface cultivée (ha)	Pourcentage de mise en culture
Fanaye à Mbagne	46 394	20 857	45%
Mbagne à Kanel	30 957	17 015	55%
Ensemble	77 351	37 872	49%

Enfin, et de manière anecdotique, on trouvera au tableau n° 4 la comparaison des superficies données dans le rapport BRLi avec les superficies calculées dans le présent rapport. On constate dans ce tableau une grosse différence inexplicée pour les résultats d'Octobre 97.

Tableau n° 4  
Comparaison des surfaces globales BRLi et IRD

Origine	Eau Sept 97 Fanaye à <b>Mbagne</b> (ha)	Eau Oct 97 Fanaye à Kanel (ha)	Zone retrait Oct 97 Fanaye à Kanel (ha)	Cultures Févr 98 Fanaye à Kanel (ha)
BRLi	60 599	34 455	45 904	37 865
ORSTOM	63 321	63 278	38 699	37 873

On notera que nous avons pris pour la superficie des cultures donnée par BRLi le chiffre de 37 865 ha résultant de la somme des sous totaux du tableau des résultats finaux, et non 33 198 ha comme indiqué à tort dans ce tableau à la ligne « Total ».

#### 4. – Synthèse des résultats des cuvettes expérimentales

On trouvera au tableau n° 5 une présentation des niveaux maximaux et de leur dates d'occurrence pour l'ensemble des échelles de la vallée (stations hydrométriques du réseau et échelles de crue sur les cuvettes), présentées de l'amont vers l'aval. La différence de niveau médiane entre les maximaux de 97 et 98 est de 86 cm. Cependant, deux valeurs de ces différences de niveau se distinguent pour Mbakhna et Ouôloun Néré.

A Mbakhna, cette forte différence de niveau est bien une réalité, elle provient du fait que le seuil à partir duquel se remplit la cuvette n'a pratiquement pas été dépassé en 97, alors qu'il a été largement dépassé en 98. Cela a permis en 98 un remplissage de la cuvette quasiment au niveau du fleuve, alors qu'en 98 seul le fond de la cuvette s'est rempli.

A Ouôloun Néré par contre, cette forte différence de niveau n'est pas justifiée, car la connexion entre le fleuve et la cuvette paraît excellente (cette cuvette a été la première à se remplir en 98). Les niveaux maxi en 97 et 98 ont été obtenus pour cette cuvette par nivellement des points d'arrêt des crues indiqués par les paysans après enquête. Si le point indiqué pour 98 paraît fiable (présence de délaissées de crue), il n'en va pas de même pour le point indiqué pour 97, et ce niveau maxi 97 est probablement largement sous-estimé.

Tableau n° 5  
Dates et Niveaux maximaux aux échelles

Echelle	1997		1998		H maxi 98 - H maxi 97 (cm)
	Date Maxi	H Maxi (cm)	Date Maxi	H Maxi (cm)	
Matam	13-sept	1328	11-sept	1437	109
Diamel / Nabadji	13-sept	1257	20-sept	1352	95
<b>Nabadji</b>	<b>15-sept</b>	<b>1244</b>	<b>19-sept</b>	<b>1338</b>	<b>94</b>
Ndouloumadji	16-sept	1213	20-sept	1296	83
<b>Mbakhna</b>	<b>17-sept</b>	<b>1087</b>	<b>23-sept</b>	<b>1259</b>	<b>172</b>
Kaedi	14-sept	1068	20-sept	1144	76
<b>Ouoloun Néré</b>	<b>?</b>	<b>866</b>	<b>24-sept</b>	<b>1054</b>	<b>188</b>
Saldé	17-sept	908	25-sept	999	91
Ngoui	17-sept	887	22-sept	970	83
<b>Pété</b>	<b>24-sept</b>	<b>814</b>	<b>28-sept</b>	<b>900</b>	<b>86</b>
<b>Ouro Dialao</b>	<b>?</b>	<b>858</b>	<b>26-sept</b>	<b>926</b>	<b>68</b>
<b>Aéré Goléré</b>	<b>?</b>	<b>814</b>	<b>27-sept</b>	<b>924</b>	<b>110</b>
<b>Wawa</b>	<b>24-sept</b>	<b>557</b>	<b>01-oct</b>	<b>630</b>	<b>73</b>
Guedé	20-sept	537	30-sept	589	52
<b>Donaye</b>	<b>24-sept</b>	<b>428</b>	<b>03-oct</b>	<b>518</b>	<b>90</b>
Podor Quai	24-sept	385	03-oct	460	75
<b>Leqseïba</b>	<b>?</b>	<b>?</b>	<b>08-oct</b>	<b>418</b>	
<b>Podor Cuvette</b>	<b>30-sept</b>	<b>351</b>	<b>04-oct</b>	<b>439</b>	<b>88</b>

Données en Italique = valeurs estimées



Si l'on excepte les valeurs de ces deux cuvettes, l'accroissement de niveau observé en 98 dans les cuvettes n'a été que légèrement supérieur à l'accroissement de niveau observé sur le fleuve (87 cm pour les cuvettes contre 83 cm pour les stations hydrométriques du fleuve).

Le tableau n° 6 montre les surfaces mises en eau et les surfaces de cultures récoltables pour les années 97 et 98 (les chiffres des cultures 98 pour la Rive Droite ne sont pas encore disponibles à la date de ce rapport). Pour les cuvettes de la Rive Gauche qui ont été suivies depuis 97, l'accroissement de surface inondée en 98 est de 118%, et l'accroissement de surface cultivée est de 129%, ce qui montre que la surface des cuvettes a plus que doublé en 98 par rapport à 97.

Pour les cuvettes de la Rive Gauche, le pourcentage global de surfaces récoltables par rapport aux surfaces mises en eau est de 58% en 97-98 et de 59% en 98-99 (à partir des levés GPS). Pour les cuvettes de la Rive Droite, ce pourcentage n'est que de 27% en 97-98 (à partir des images Spot !!!). Ces chiffres sont à comparer au pourcentage global de mise en culture issu de l'analyse des images Spot, qui vaut 49%. Cette différence souvent importante entre les surfaces inondées et les cultures est due à plusieurs raisons :

- sur certaines cuvettes, les attaques de sauterelles et autres parasites (vers, nématodes) ont détruit la presque totalité des surfaces. Sur la cuvette de Wawa par exemple, certaines zones ne seraient plus ensemencées par les paysans pour cause d'excès de parasites. Les cultures de la cuvette de Donaye ont été presque entièrement détruites par les sauterelles.
- sur d'autres cuvettes (Pété, Nabadji, Ouôloum Néré) la présence d'une mare résiduelle qui ne se vidange que très lentement par évaporation après la crue enlève une partie de la surface cultivable.

Tableau n° 6  
Surfaces des cuvettes et des récoltes

Cuvette	97-98		98-99		Accroissement 98-99	
	Eau (ha)	Récoltes (ha)	Eau (ha)	Récoltes (ha)	Eau (ha)	Récoltes (ha)
Nabadji	191	92	448	162	257	70
Mbakhna	59	0	563	107	504	107
Ouoloum Néré	<i>4 964</i>	<i>1 288</i>	?			
Pété	346	268	1 485	928	1 139	660
Ouro Dialao	<i>2 032</i>	<i>707</i>	?			
Aéré Goléré	<i>1 008</i>	<i>165</i>	?			
Wawa	1 845	<i>1 004</i>	2 555	1 300	710	296
Donaye	170	8	792	460	622	452
Leqseïba	<i>175</i>	<i>47</i>	1 858		1 683	
Podor	8 74	641	1 754	1 651	880	1 010
<b>Total Rive Gauche</b>	<b>3 485</b>	<b>2 013</b>	<b>7 597</b>	<b>4 608</b>	<b>4 112</b>	<b>2 595</b>
<b>Total Général</b>	<b>11 664</b>	<b>4 220</b>				

Données en Italique = Valeurs issues de l'analyse des images SPOT

Les autres valeurs proviennent des contours mesurés sur le terrain au GPS

Enfin, la surface des cuvettes faisant l'objet d'un suivi représente en 97 un total de 11 664 ha (en incluant les cuvettes de la Rive Droite), ce qui n'est pas négligeable comparé à la surface totale des cuvettes en eau en 97 (77 350 ha). On peut toutefois se demander quelle est la représentativité réelle de ces cuvettes expérimentales, chaque cuvette étant un cas particulier. Un élément de réponse à cette question sera donné par l'analyse des images SPOT de la crue 98-99.

Le tableau n° 7 montre les dates des niveaux maximaux atteints sur les cuvettes, comparés aux dates des images SPOT disponibles. On constate sur ce tableau que les images prises pour la zone de MATAM ont été bien trop tardives pour obtenir une idée correcte des surfaces en eau au maximum de la crue. Cela a obligé à réaliser une estimation des zones de retrait de la crue qui ne donne pas des résultats très fiables. Il faut espérer que les images de la crue 98 seront prises à des dates plus favorables.

Le même problème s'est présenté pour les cultures de décrue. L'utilisation d'images prises à la mi Février alors que les cultures sont déjà à maturité et fortement desséchées ne permet pas une estimation fiable des zones en culture, qui présentent alors une signature radiométrique trop semblable à la végétation naturelle ou au sol en friche.

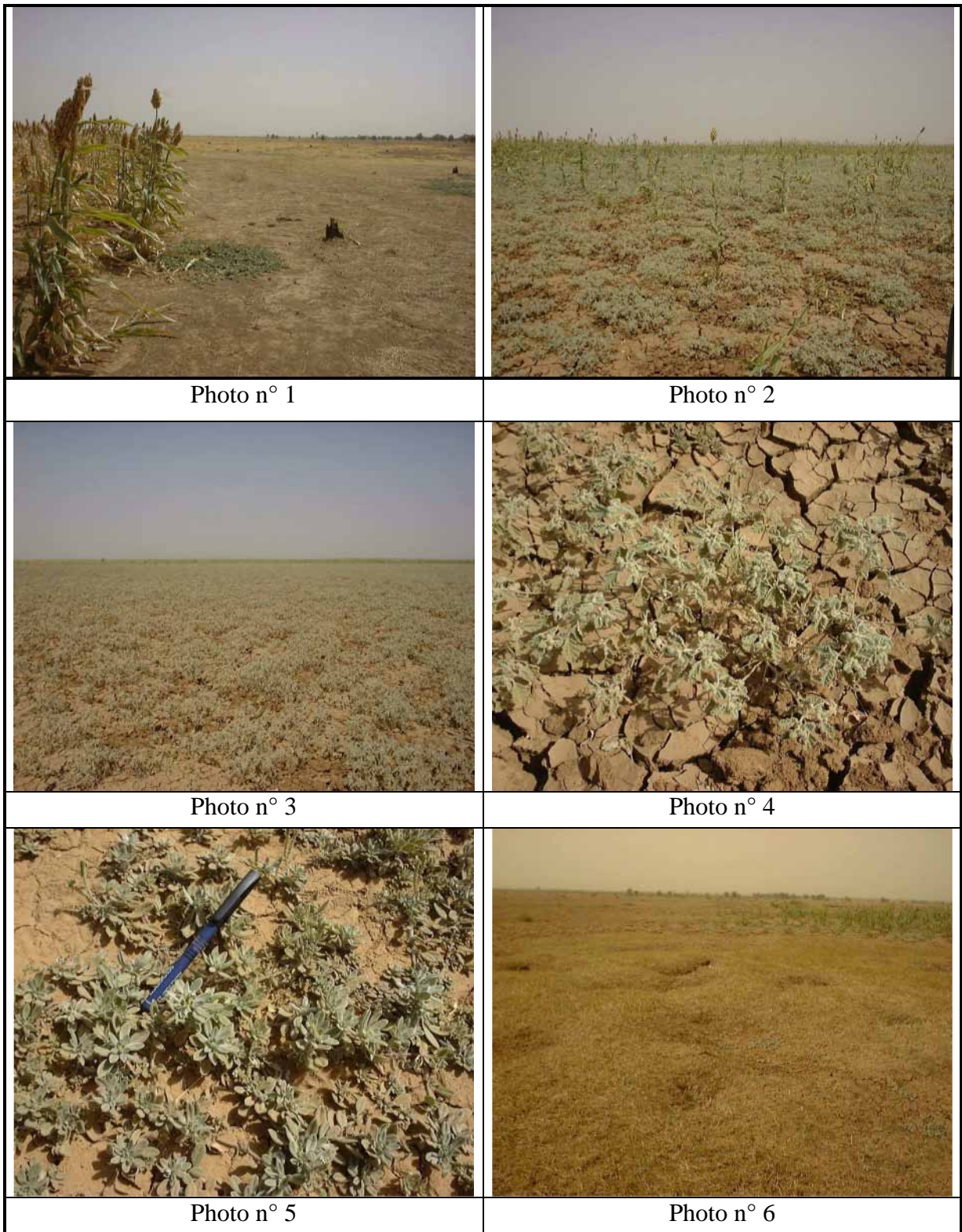
Tableau n° 7  
Dates des images SPOT comparées aux dates du maximum de la crue

Cuvette	Date Maxi	1ères Images SPOT	2èmes Images SPOT	3èmes Images SPOT
Nabadji	15-sept-97		24-oct-97	19-févr-98
Mbakhna	17-sept-97		24-oct-97	19-févr-98
Ouôloum Néré	?		24-oct-97	19-févr-98
Pété	24-sept-97		24-oct-97	19-févr-98
Ouro Dialao	?	27-sept-97	13-oct-97	15-févr-98
Aéré Goléré	?	27-sept-97	13-oct-97	15-févr-98
Wawa	24-sept-97	21-sept-97	08-oct-97	02-févr-98
Donaye	24-sept-97	21-sept-97	08-oct-97	15-févr-98
Leqseïba	?	21-sept-97	08-oct-97	15-févr-98
Podor	30-sept-97	21-sept-97	08-oct-97	15-févr-98

## 5 - Illustrations

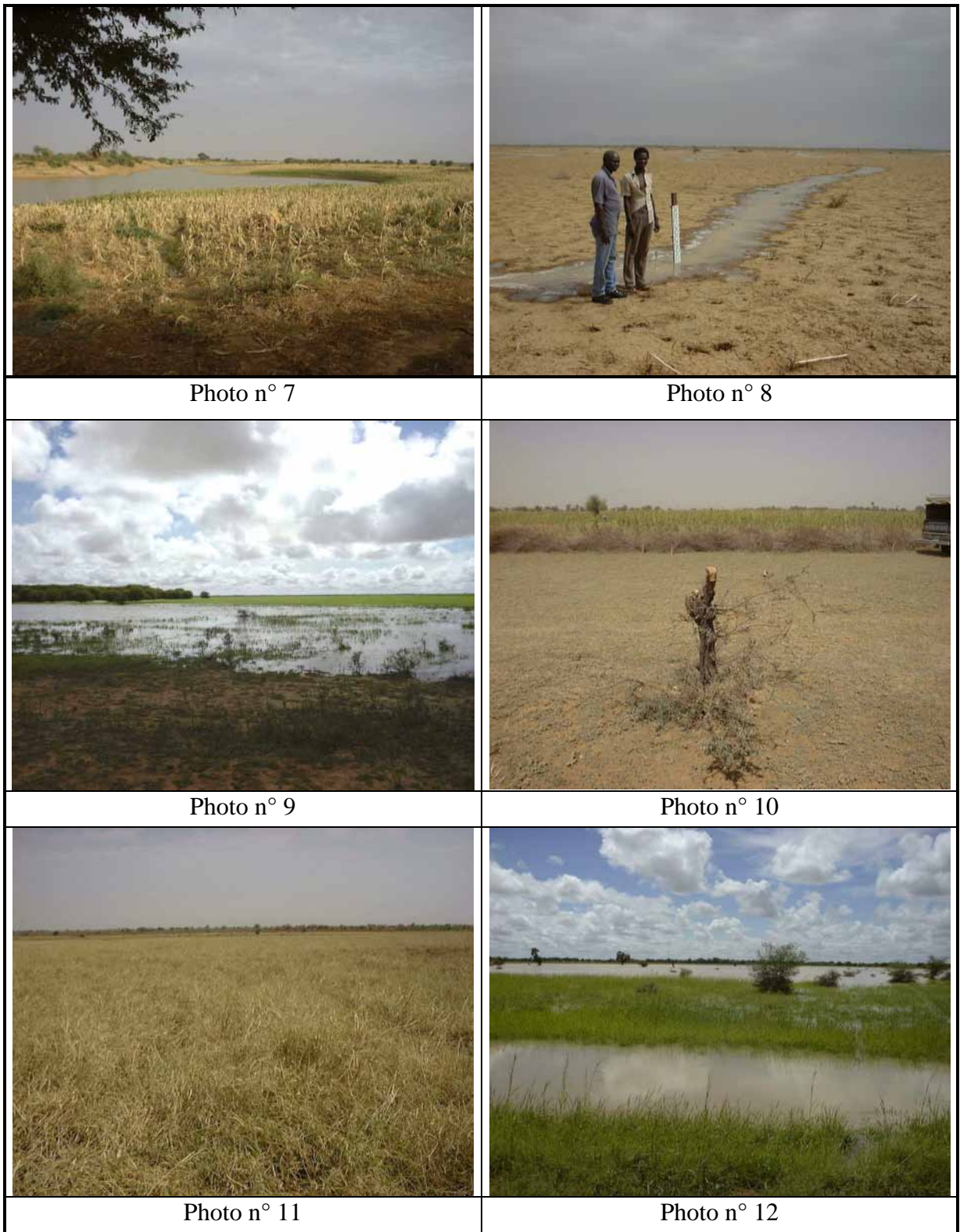
Les planches photographiques présentées sur les deux pages suivantes illustrent quelques aspects des cuvettes et de la culture de décrue. Les légendes des photos sont regroupées ci-dessus.

Photo n° 1	Cuvette de Wawa le 25-2-99. On trouve des cultures de décrue très réussies à quelques mètres de la limite atteinte par l'inondation, au Sud Est de la cuvette.
Photo n° 2	Cuvette de Wawa le 25-2-99. Les cultures se dégradent à mesure que l'on progresse vers le centre de la cuvette, et font place à une végétation naturelle adaptée aux conditions des fonds de cuvette.
Photo n° 3	Cuvette de Wawa le 25-2-99. Les parties basses de la cuvette (sols sombres) n'ont pas été semées, et sont généralement occupées par une plante basse caractéristique des fonds de cuvette que les Peuls appellent « Folfo »
Photo n° 4	Cuvette de Wawa le 25-2-99. Gros plan sur le « Folfo »
Photo n° 5	Cuvette de Wawa le 25-2-99. Les parties hautes de la cuvette (sols rougeâtres) non semées sont envahies par une plante que les Peuls appellent « Diatchié »
Photo n° 6	Cuvette de Wawa le 26-2-99. Vers le Nord Ouest de la cuvette, les bas fonds présentent un sol au relief très tourmenté, percé de sortes d'effondrements, et occupé par une végétation de type graminée. Ces sols ne sont jamais semés.
Photo n° 7	Le Diamel à Mbakhna le 23-2-99. Les rives des fleuves et marigots sont fréquemment utilisées pour la culture de décrue. En général la culture pratiquée est comme ici le Maïs, en association souvent avec le Niébé
Photo n° 8	Cuvette de Podor le 7-9-98. Arrivée de la crue aux échelles de Ngawlé sur un sol nu de fond de cuvette. La cuvette de Podor est tellement cultivée qu'elle ne comporte quasiment pas de végétation naturelle.
Photo n° 9	Cuvette de Thiélaw le 10-9-98. Cette cuvette pratiquement permanente a développé une spectaculaire végétation de bourgou (graminée flottante). Elle comporte également quelques bouquets de gonakiers (arbres épineux). Sur les images Spot, une telle cuvette n'est pas toujours interprétée en tant que telle, car la réponse de la végétation est plus forte que celle de l'eau. Cette cuvette restant en eau toute l'année est peu utilisable pour les cultures de décrue, sauf à sa périphérie. Par contre le bourgou fournit du pâturage.
Photo n° 10	Cuvette de Pété le 24-2-98. La partie cultivable de la cuvette est entièrement entourée d'une clôture faite de branches d'épineux. Durant la campagne 98-99, les cultures sont arrivées à la limite de cette clôture. L'entretien de la clôture longue de 32 km nécessite de couper chaque année de nombreuses branches sur les arbres voisins qui commencent à disparaître.
Photo n° 11	Cuvette de Nabadji le 23-2-99. La cuvette reste assez longtemps en eau pour avoir développé une végétation flottante de bourgou dans sa partie Sud Est. Lors du retrait de l'eau, ce bourgou sert de pâturage aux animaux.
Photo n° 12	Cuvette de Mbakhna le 8-9-98. Comme à Nabadji, la mare occupant le fond de la cuvette a développé une végétation naturelle.



Aspects de la cuvette de Wawa





Aspects du Diamel et des cuvettes de Podor, Thiélaw, Pété, Nabadji et Mbakhna

## CONCLUSION

Le suivi des cuvettes expérimentales depuis 97 sur la rive gauche et 98 sur la rive droite a permis d'obtenir de nombreuses données sur les niveaux d'inondation et les superficies de cultures de décrue récoltées. En particulier l'observation d'une forte crue en 98 survenant après une crue moyenne en 97 permet de mieux quantifier l'impact de la puissance de la crue sur le remplissage des cuvettes et leur mise en culture. **Durant la campagne 98-99, un doublement des surfaces inondées et cultivées a été mis en évidence pour les cuvettes de la Rive Gauche par rapport à 97-98.**

L'expérience du terrain et l'analyse des courbes de remplissage montre que le remplissage des cuvettes est souvent limité par la présence de seuils ou de chenaux d'amenée de l'eau sous dimensionnés ou très longs et contournés, alors que le fleuve ou l'un de ses défluent majeurs passe fréquemment à proximité de la cuvette. Afin d'optimiser le remplissage des cuvettes tout en économisant de l'eau du barrage de Manantali, **il faudra dans le futur réfléchir à des aménagements simples qui permettent d'assurer un meilleur déversement de l'eau du fleuve dans les cuvettes.** Dans beaucoup de cas, un chenal de 500 mètres de long permettrait un meilleur contrôle de l'eau dans ces cuvettes qui restent importantes pour l'économie villageoise. On pourrait même envisager dans certains cas l'installation d'une vanne permettant le contrôle du remplissage, à condition que les inconvénients créés par la nécessité d'une gestion collective qu'elle implique ne dépassent pas les bénéfices que l'on peut en attendre.