

# RAPPORT SUR LES CRUES DE L'OUED GOBAAD A AS EYLA (REPUBLIQUE DE DJIBOUTI, AOUT 2010)

## PROCESSUS, IMPACTS ET REMEDIATION



*Université Montpellier 3/SudHémisphère*

Mission d'expertise soutenue par l'**Ambassade de France à Djibouti**,  
l'**IFAR** (Institut français Arthur Rimbaud), le **PAM**

Avec la collaboration de l'**Université de Djibouti**



Membres de la mission d'experts : **FREDDY VINET** (coordonnateur), **JULIEN ADI**, **JEAN-PHILIPPE CHEREL**, **ALBERT COLAS**, **MATHIEU PASQUET**, avec la collaboration de **XAVIER GUTHERZ**



## Remerciements

*La mission d'expertise dont les résultats sont exposés dans ce rapport a bénéficié d'un certain nombre d'appuis et de contributions qu'il convient de mentionner ici. Nos premiers remerciements iront donc à DENIS SORIOT, Directeur de l'IFAR - Institut Français Arthur Rimbaud - qui fut à l'initiative de cette mission. Il en a assuré le soutien logistique et financier d'un bout à l'autre avec une totale efficacité.*

*L'Université de Djibouti, via le projet EMRAUD, a participé au financement de l'étude. Avec constante et compétence, BIRINGANINE NDAGANO a su assuré le lien entre l'Université et l'équipe d'experts. Il faut également souligner la collaboration scientifique fructueuse entre l'Université de Montpellier et l'Université de Djibouti représentée par son président le Docteur ABDILLAH I OMAR BOUH. Cette collaboration s'appuie sur une équipe d'enseignants actifs dont AMINA CHIRE, HASSAN RAYALEH, JEAN GASSINI comme l'ensemble des enseignants du Département de Géographie. Elle s'est concrétisé par une journée commune sur le terrain à As Eyla et se poursuit notamment par des échanges d'étudiants.*

*Le PAM, Programme Alimentaire Mondial, a également activement soutenu cette expertise ; qu'il en soit remercié au travers de son représentant MARIO TOUCHETTE. Nos remerciements vont également aux représentants de la FAO.*

*Les autorités djiboutiennes (Ministère de l'Intérieur, Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage) ont clairement manifesté leur intérêt pour cette étude au travers de la présence de nombreux représentants lors des réunions et sur le terrain, notamment son Excellence MOHAMED MOUSSA IBRAHIM, mais aussi ISMAEL ELMI HABANEH, ALI MOHAMED ALI, BARAGOITA SAID MOHAMED...*

*Que soient remerciés les autorités locales en la personne de MOHAMED CHEIKO HASSAN, Préfet de la Région de Dikhil, et de MOUSSA HOUMED OUGOURE Sous-Préfet d'As Eyla. Enfin, les membres de l'équipe d'experts tiennent à remercier les habitants d'As Eyla qui se sont mobilisés pour faciliter le travail de terrain : au premier chef, ALI MOHAMED DIBOKO LOITA, Sultan de Gobaad, ALI MOHAMED HASSAN, Président de la coopérative agricole d'As Eyla et tous les membres de la coopérative, ADEN HOUMED HASSAN, secrétaire de la sous-préfecture et GONNA YOUSSEUF pour leur connaissance fine du terrain et leur disponibilité.*

*Des remerciements particuliers et amicaux à GUEDDA MOHAMED AHMED pour sa grande culture, son hospitalité et son empathie. Enfin, last but not least, les membres de l'équipe d'expert réaffirment leur reconnaissance devenue amitié à XAVIER GUTHERZ qui a grandement facilité le travail de terrain par ses contacts et sa profonde connaissance du pays. Qu'il en soit vivement remercié ; ce fut un plaisir de travailler avec lui dans un pays si attachant et si hospitalier.*



## SOMMAIRE

Introduction.....	5
<b>1- Contexte, objectifs et démarche de l'étude .....</b>	<b>7</b>
1.1- contexte de l'étude .....	7
1.2- Objectifs généraux de l'étude .....	14
1.3- Sources et démarche générale.....	15
<b>2- Reconstituer la dynamique de l'oued Gobaad et la crue du 25 août 2010.....</b>	<b>21</b>
2.1- Contexte climatique et géologique .....	21
2.2- La crue du 25 août 2010 : données générales et processus d'endommagement .....	27
2.3- La morphodynamique actuelle de l'oued .....	30
2.4- l'inondation dans le lit majeur .....	41
2.5- Remise en perspective temporelle de la crue d'août 2010 .....	47
<b>3- Les dommages .....</b>	<b>48</b>
3.1- Typologie des dommages, Sources et méthodes.....	48
3.2- Quantification des pertes directes liées à la crue du 25 août 2010.....	50
<b>4. Le système agricole face à la crue .....</b>	<b>62</b>
4.1- les jardins après la crue : estimation des capacités de résilience.....	62
4.2- Une vulnérabilité globale de la filière .....	69
<b>5- Recommandations et conclusions générales.....</b>	<b>73</b>
5.1- La protection contre les crues .....	73
5.2- Le renforcement des capacités de résilience du territoire .....	77
<b>6- Projets de développement local .....</b>	<b>84</b>
Bibliographie et documentation.....	85
<b>Annexes.....</b>	<b>87</b>
Annexe 1 .....	88
Liste des membres du groupe d'expertise .....	88
Annexe 2 .....	89
Etat de réhabilitation des cultures et des puits huit mois après l'inondation d'août 2010 .....	89
Annexe 3 .....	94
L'évolution du couvert arboré dans les zones des jardins entre 2007/2008 et 2010.....	94
Annexe 4 .....	95
Projets de développement local (présentés par SudHémisphère Consultants) .....	95

## ***Introduction***

Le 25 août 2010 de fortes précipitations ont touché le sud-ouest de la république de Djibouti. Ces inondations ont provoqué deux décès à Dikhil et de nombreux dégâts dans les oueds qui ont fonctionné parfois pendant plusieurs jours.

Le secteur d'As Eyla a été particulièrement affecté par les crues de l'oued Gobaad et de ses affluents. Les dommages ont été particulièrement graves dans les jardins maraîchers qui bordent l'oued sur plusieurs kilomètres en amont et en aval de la localité d'As Eyla. Compte tenu de l'importance économique de ces jardins dans la subsistance de près de 200 familles... et de la gravité des dommages, la communauté d'As Eyla a interpellé les autorités et l'ambassade de France sur la nécessité d'actions à entreprendre pour réparer les dommages et limiter les impacts des crues dans le futur. La Coopération française a fait appel à un groupe d'expert<sup>1</sup> qui après avoir étudié la crue et ses effets sous des angles divers rend ici son rapport.

La première partie précise le contexte de l'étude, ses objectifs et la démarche méthodologique employée. Le corps du rapport (parties 2 à 4) reconstitue la cinétique hydrogéomorphologique du phénomène (crue de l'oued Gobaad) puis détaille les conséquences socio-économiques de la crue. L'étude termine en proposant des actions de remédiations (parties 5 et 6) visant à réduire la vulnérabilité de la communauté d'As Eyla face aux crues de l'oued Gobaad.

---

<sup>1</sup> Voir en fin de rapport la composition du groupe d'experts (Annexe 1)

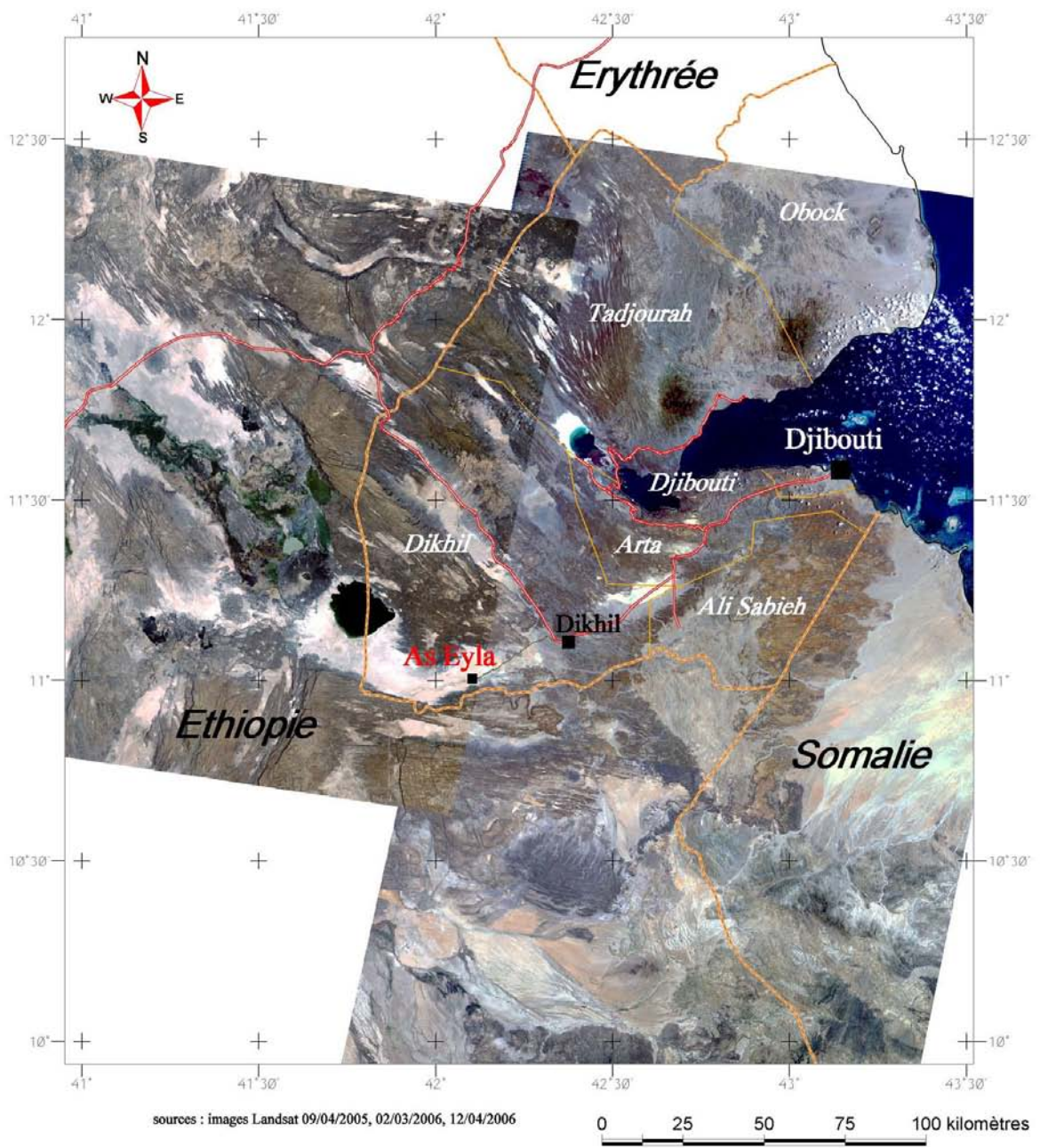


Figure 1 : carte de situation d'As Eyla dans la République de Djibouti

# 1- Contexte, objectifs et démarche de l'étude

## 1.1- contexte de l'étude

### 1.1.1- Les jardins d'As Eyla : contexte historique et géographique

Les jardins d'As Eyla constituent le deuxième pilier de l'économie de la sous-préfecture qui se structure essentiellement autour du secteur primaire. Le pastoralisme reste de loin, l'activité principale de la population qui est avant tout de tradition nomade.

Le système productif est de type maraichage traditionnel, caractérisé par des exploitations familiales démembrées, axées fondamentalement sur une agriculture paysanne. Les exploitants vendent l'essentiel de leur production qui est expédiée sur les marchés régionaux et à Djibouti ce qui leur permet d'acquérir d'autres biens et produits qu'ils ne peuvent produire.

Dans les années 1930, la population d'As Eyla est composée en majorité de nomades qui s'approvisionnent en Ethiopie. La pratique de l'agriculture sur les rives de l'oued Gobaad est véritablement apparue en 1935 avec l'introduction de la maïsiculture sous l'égide de Hadji Ali, frère du Sultan du Gobaad d'alors (Loïta Houmed). Cette initiative répondait prioritairement à des préoccupations de sécurité alimentaire, notamment pour les plus démunis, et d'indépendance vis-à-vis du voisin éthiopien chez qui la communauté d'As Eyla s'approvisionnait en produits agricoles. L'émulation aidant, la population s'est peu à peu tournée vers une agriculture de subsistance. L'activité périclita avec la déportation du sultan d'alors vers Madagascar.

Au début des années 1970, la vocation maraîchère de ce territoire se réaffirme grâce à l'appui technique du ministère de l'agriculture qui fournit des équipements dont 30 motopompes. On passe alors, au cours de cette période, à une agriculture paysanne commerciale. Dès lors surgit le besoin de maîtriser le marché en réduisant les intermédiaires, en réduisant les charges de commercialisation (transport, emballage etc.) et en regroupant les produits afin d'accroître le revenu agricole net.

Considérant leurs nouveaux objectifs, les agriculteurs de la plaine de Gobaad s'organisent afin de regrouper leurs récoltes constituées essentiellement de tomates pour un envoi massif vers les principaux marchés de la capitale. A l'initiative d'Hassan Abass, Ibrahim Gona, Ali Mohamed Loita (actuel sultan de Gobaad), Abdelkader Yacoud, Saïd Hassan, Hassan Gourate et Mohamed Hebo une coopérative est créée officiellement le 01 juillet 1983 d'abord connue sous le nom de L'association des jardiniers de Gobaad, elle sera par la suite renommée Coopérative agro-élevage de Gobaad. Elle regroupe des producteurs individuels qui mutualisent ainsi leur force de vente. Ainsi dans les années 1970 -1980, la filière maraîchère a été au cœur de la vitalité économique de la sous-préfecture d'As Eyla, ce qui lui a valu son rayonnement national surtout aux périodes troublées où l'approvisionnement en légumes depuis l'Ethiopie faisait défaut. La présence de l'oued Gobaad sur son territoire lui confère une spécificité agro-écologique favorable à l'activité agricole et pastorale dans un espace globalement aride. Les jardins qui le bordent font d'As Eyla un bassin de production majeur dans la région en matière de culture maraîchère. Elle occupe la quasi-totalité de la population active.



Dans les années 1990, la coopérative et les terroirs agricoles du Gobaad ont subi les conséquences des conflits nationaux et régionaux. L'insécurité permanente désorganise les circuits de commercialisation et le lien avec la capitale, débouché essentiel dans les années 1980, se distend.

Cependant, le couple oued Gobaad/jardins ne fait toujours pas bon ménage à As Eyla. A cause de l'insuffisance de l'aménagement des berges de ce cours d'eau, la région est de façon récurrente (1994, 1998, 2004) exposée aux aléas hydrométéorologiques la rendant vulnérable. Le dernier épisode en date est celui du 25 août 2010, au cours duquel de fortes précipitations se sont abattues sur le sud-ouest du pays.

Quoique affaiblie par les sinistres répétés et les conflits politico-militaires des années 1990, la coopérative du GOBAAD enregistre aujourd'hui quelques 300 sociétaires avec un actif composé de :

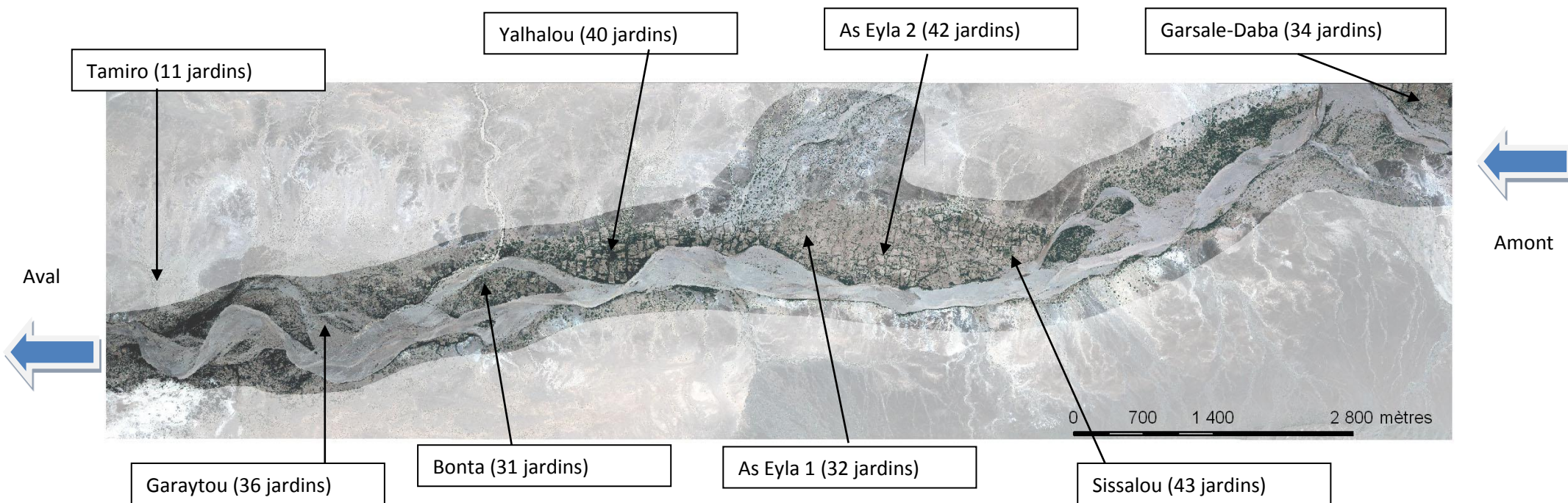
- Un capital de 1 million de francs djiboutien (1.000.000 fd)
- Deux tracteurs dont un du ministère de l'agriculture
- 1 pick-up pour la pré-collecte des récoltes
- Deux camions pour approvisionner les divers marchés
- Un siège social (en mauvais état)
- Un parc à bétail (vétuste)
- Un magasin d'outils agricoles

Malgré le peu de moyens, la coopérative reste un maillon structurant essentiel de l'activité agricole commerciale. Il convient de maintenir et de soutenir ce type de structure comme le souligne le rapport PRODERMO (2011)



*Photographie 1 : les jardins d'As Eyla : culture de melons en avril 2011.  
En arrière plan, le puits, outil de production indispensable.*

Figure 2 : Image satellite de la région du Gobaad, localisation des secteurs agricoles de la coopérative de Gobaad (Pasquet, 2011)



### 1.1.2- le Gobaad

L'oued Gobaad est un cours d'eau à écoulement temporaire de plus de 120 km de longueur dont la partie aval draine le sud de la dépression du Gobaad au sud-ouest de la République de Djibouti. Il naît de la confluence de nombreux écoulements superficiels de la région d'Adigala en Ethiopie qu'il traverse du sud vers le nord jusqu'à son entrée en territoire djiboutien. Il marque alors un coude pour se diriger vers l'ouest jusqu'au lac Abbé en passant par la localité d'As Eyla.

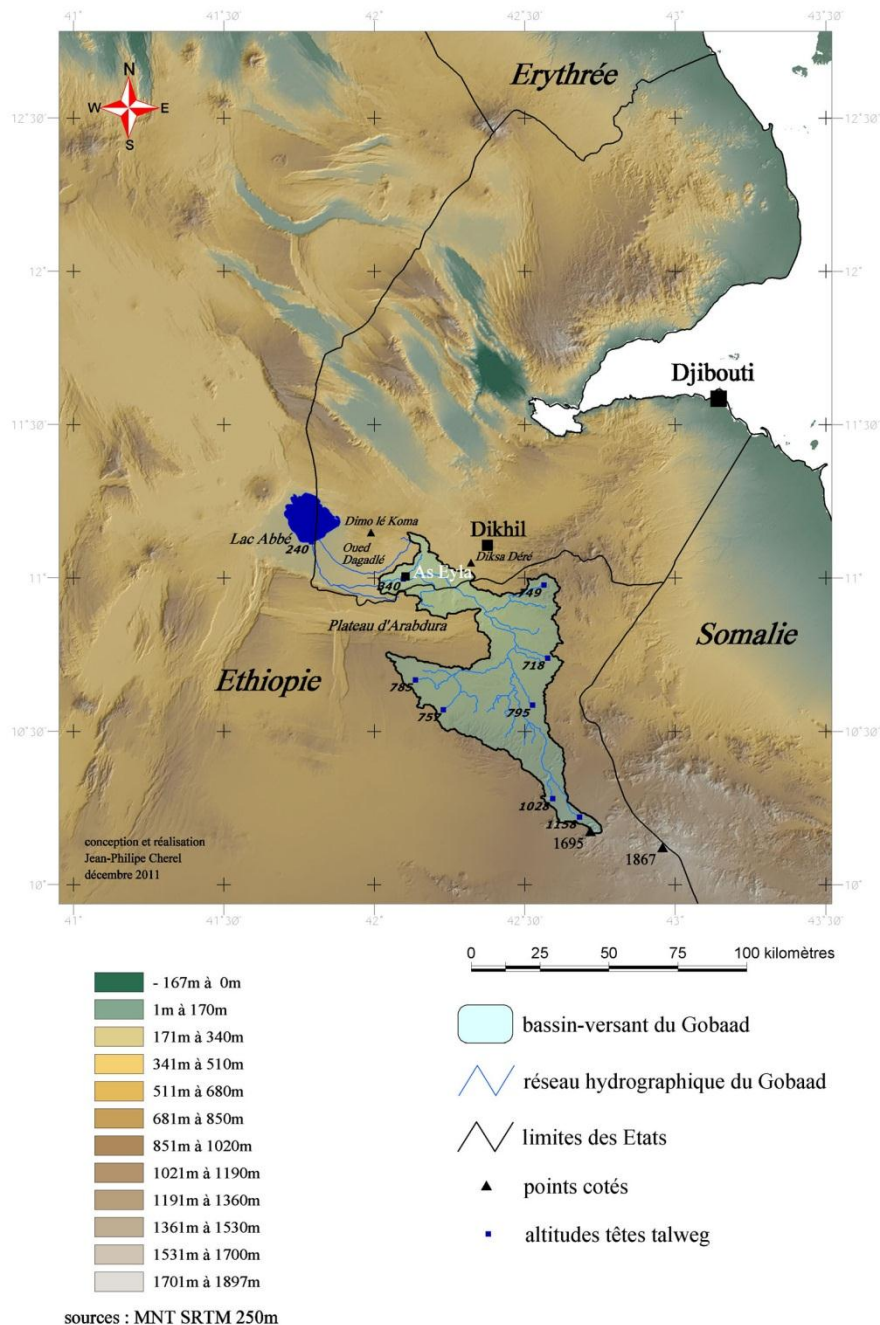


Figure 3 : Localisation du bassin versant de l'oued Gobaad à l'amont d'As Eyla

## Topographie du bassin versant

Le bassin versant a une superficie de 3000 km<sup>2</sup> en amont d'As Eyla dont la plus grande partie est située en territoire éthiopien (Figure 3). Il culmine à plus de 1500m au sommet d'un inselberg qui domine un vaste glacis incliné vers le nord jusqu'à Lasarat. L'oued traverse alors les plateaux d'Arabdura élevés de 800 m au sud à 500m au nord. La topographie de ces plateaux est fortement disséquée par des grandes fractures d'orientation ouest-est si bien que la vallée du Gobaad est marquée par une succession des gorges qui alternent avec des dépressions dans lesquelles il dépose des alluvions. Une fois ces plateaux franchis, l'oued entre dans la dépression du Gobaad, où la topographie est beaucoup moins accidentée.

Le relief forme alors une large gouttière inclinée vers l'ouest dont les altitudes excèdent à peine les 400m (butte de Diksa Déré) alors que le fond de la vallée atteint 220m au lac Abbé. La transition latérale entre le fond de la dépression et les plateaux, du Dimo-lé-Koma au nord et d'Arabdura au sud, se fait par des grands systèmes de glacis qui s'élèvent jusqu'aux pieds des escarpements de faille. En aval de Bonta, la topographie devient de plus en plus plane jusqu'au lac Abbé.

Le fond de la vallée alluviale, large de 500m à 1km, est plat et se distingue nettement des glacis latéraux non seulement par la topographie mais aussi par la mise en valeur agricole des terrains alluviaux. Dans la région d'As Eyla, on distinguera un lit mineur totalement dépourvu de végétation et dans lequel les marques de remaniement des matériaux sont nettes, un lit moyen qui correspond à des écoulements rares mais suffisamment turbulents pour entraîner des affouillements localisés, le dépôt d'une charge sableuse et des dégâts importants sur la végétation et les infrastructures, et enfin un lit majeur qui correspond à la zone inondable mais où les écoulements sont peu turbulents si bien que les dépôts sont essentiellement limono-argileux, les affouillements exceptionnels et les dégâts uniquement liés aux dépôts et à la submersion.



*Photographie 2 : Morphologie du lit du Gobaad à Yalhalou. Au premier plan : le lit mineur, plat, totalement dépourvu de végétation ; au second plan : le lit moyen avec une végétation clairsemée. Plus en arrière, la base du glacis s'élève progressivement jusqu'au plateau d'Arabdura.*

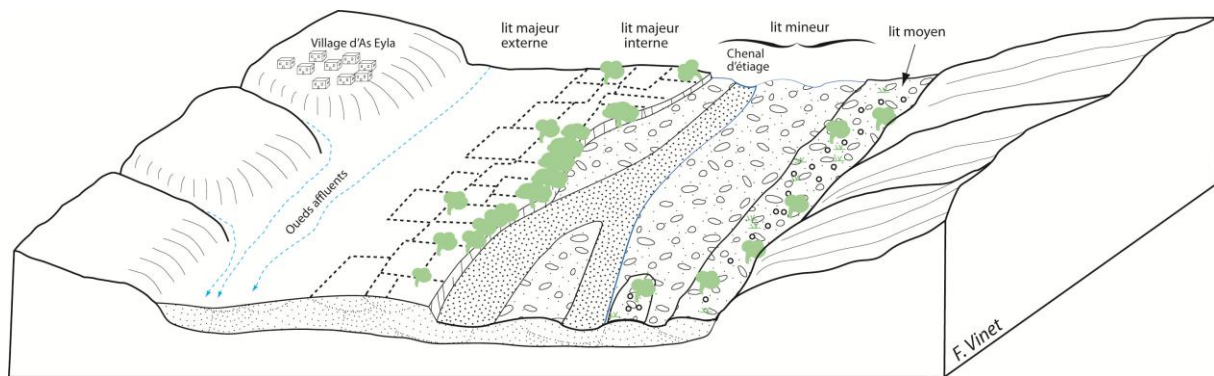


Figure 4 : La morphologie de l'oued Gobaad dans le secteur d'As Eyla : croquis synthétique

### Conditions et type d'écoulement

Le Gobaad est un oued typique caractérisé par son écoulement très éphémère, son endoréisme et son alimentation presque exclusivement liée aux eaux de ruissellement. Les données chiffrées et même les descriptions précises portant sur le débit et les caractéristiques de l'écoulement sont inexistantes cependant nous pouvons considérer qu'elles sont comparables aux autres cours d'eau des milieux arides. L'irrégularité du régime est, bien entendu, liée à l'irrégularité des précipitations mais l'organisation topographique n'est sans doute pas sans conséquences sur les modalités de l'écoulement.

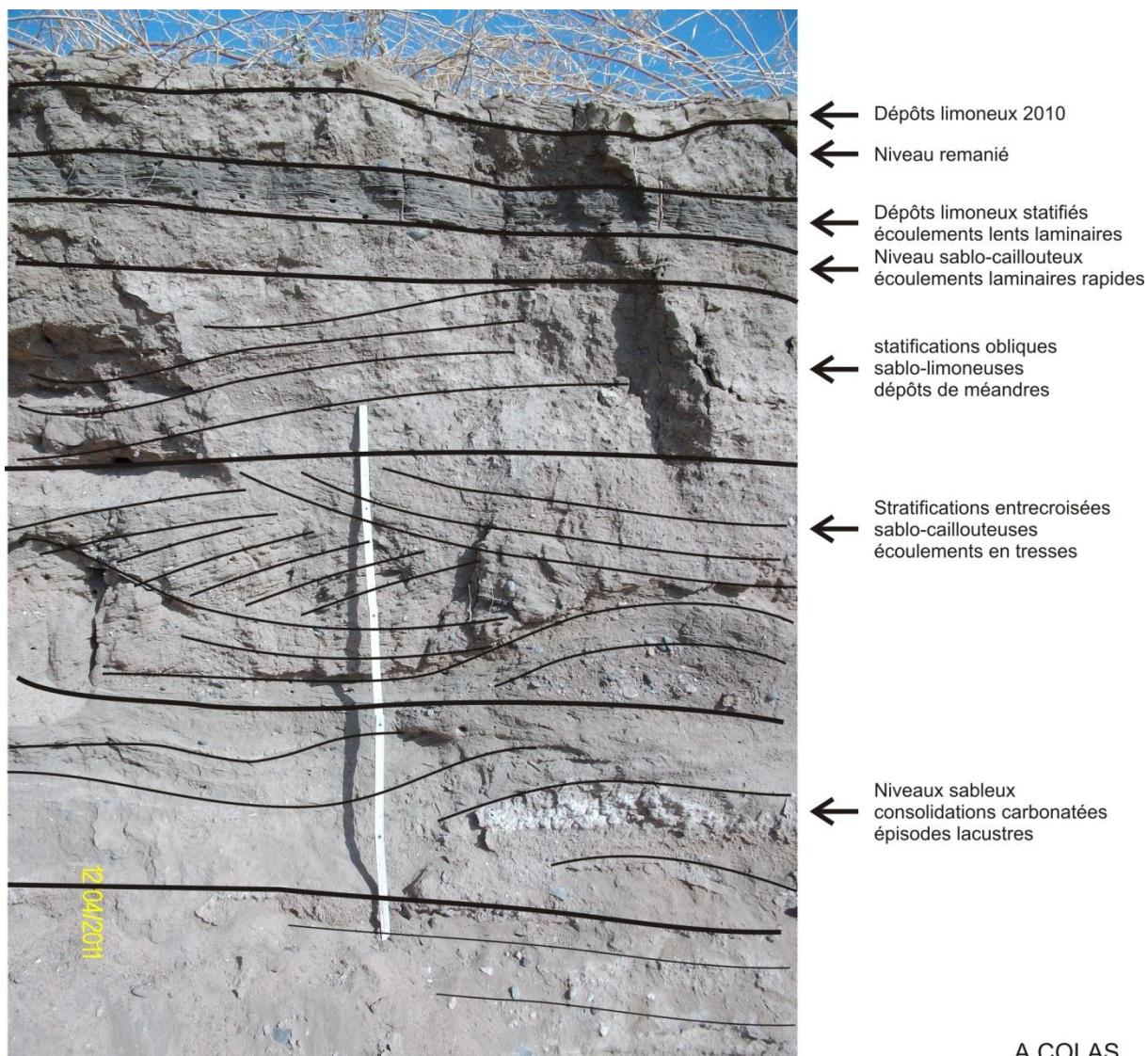
La plus grande partie des eaux du Gobaad provient de la partie éthiopienne du bassin versant. Dans sa partie amont la géométrie piriforme du bassin versant, la couverture végétale clairsemée et la médiocre perméabilité des sols favorisent fortement la concentration rapide des eaux de l'oued et donc l'accélération du courant à l'entrée des gorges et surtout en aval du plateau d'Arabdura où la pente en long est plus forte. L'entrée en territoire djiboutien est donc marquée, lors des phases de crue, par une vitesse du courant très élevée qui favorise le caractère turbulent de l'écoulement. La rupture de pente, qui devient plus faible dans le bassin du Gobaad, favorise alors le ralentissement du courant et l'étalement du lit qui adopte un style tressé caractéristique des zones de dépôt d'alluvions.

Les affluents du Gobaad dans la dépression sont rares car la moitié nord du bassin est drainée par l'oued Dagadlé qui collecte les eaux provenant du plateau de Dimo-lé-Koma. Seuls de petits oueds en provenance de l'est (Diksa Déré) et du sud (l'oued Sankal) peuvent apporter leurs eaux au Gobaad. Malgré la faiblesse probable de leurs écoulements, ces petits cours d'eau ne doivent cependant pas être négligés car la topographie en glacis de leur bassin versant leur permet de prendre en charge d'importantes quantités de sédiments qui se déposent sur les cônes de déjections qu'on observe à la confluence du Gobaad. En cas de fortes précipitations sur le bassin versant, ces apports latéraux peuvent générer des turbulences favorables à la remobilisation des alluvions.

### Des crues fréquentes

L'analyse des coupes, dégagées dans les alluvions sur les berges du lit mineur de l'oued, permet de montrer un fonctionnement de l'oued par crues successives relativement ancien. Ce mode de fonctionnement s'est probablement mis en place dès l'immersion de la région à l'holocène moyen

mais en l'absence de moyens de datation il n'a pas été possible d'établir une chronologie absolue plus précise.



A.COLAS

*Photographie 3 : Les coupes dans les berges latérales révèlent les différentes phases d'apport alluviaux et différents types d'écoulement. Dans cette coupe en aval d'As Eylà on observe clairement des stratifications obliques entrecroisées caractéristiques des chenaux en tresses, des stratifications obliques caractéristiques des rives convexes des méandres et des stratifications horizontales correspondant à des écoulements plus laminaires. A la base, les formations carbonatées correspondent à des eaux lacustres.*

Les témoignages oraux évoquent trois crues dommageables antérieures à celle de 2010. Celle du 21 novembre 1994, qui a occasionné de très importants dégâts mais n'a pas fait de victimes, celle de 1998 et celle de l'hiver 2004. Les populations locales parlent donc de crues quinquennales mais les calculs d'une périodicité pour un cours d'eau de ce type sont hautement spéculatifs d'autant plus que les témoignages font défaut en ce qui concerne les événements non catastrophiques.

## **1.2- Objectifs généraux de l'étude**

### **1.2.1- Reconstitution de la dynamique de la crue à l'origine des dommages**

L'expertise avait pour objectif premier d'identifier les processus naturels à l'origine des dommages par une reconstitution de la dynamique de la crue à l'origine de l'érosion des terrains endommagés. Il s'agit de bien mettre en évidence le fonctionnement des oueds et leur dynamique sur le long terme afin de préconiser des aménagements compatibles avec leur dynamique hydrogéomorphologique. Cette reconstitution s'appuie sur de l'imagerie satellite, la cartographie existante et les relevés de terrain dans une perspective diachronique. Malgré l'absence de mesures lors de la crue, la dynamique hydraulique proprement dite a été reconstituée sous la forme d'une cartographie des zones inondées et de la dynamique des écoulements. Les zones érodées par l'oued avec si possible une quantification des surfaces de terrasse emportées.

### **1.2.2- Diagnostic des dommages**

Le second objectif était d'identifier, de quantifier et de cartographier les dommages liés à la crue de l'oued Gobaad. Les dommages sont liés aux pertes de cultures, aux pertes de fonds c'est-à-dire les terrains emportés par des érosions latérales et décapage superficiel par l'oued. A cela s'ajoutent les pertes de matériel, en particulier les pompes, la destruction des puits et les conséquences indirectes en termes de pertes de revenus et de pertes de journée de travail. L'équipe d'expert a porté une attention particulière à la filière maraîchère qui a particulièrement souffert. Ce travail de reconstitution des pertes s'est effectué dans une démarche participative en étroite collaboration avec les acteurs locaux en particulier la coopérative agricole du Gobaad.

### **1.2.3- Estimation de l'impact de la crue sur le système socio-économique**

Au-delà des simples pertes directes, il s'agit également d'évaluer les vulnérabilités et la résilience du système territorial local. Ayant détruit une partie des jardins maraîchers, les crues ont eu de graves conséquences sur le système socio-économique des « jardins d'As Eyla ». L'analyse des conséquences indirectes des crues permet de mettre en évidence les vulnérabilités et fragilités de l'économie agricole locale face à un événement de l'ampleur de la crue du 25 août 2010. Elle s'attardera aussi à valoriser les capacités de résilience, c'est-à-dire les processus mis en place et les ressources mobilisées ou mobilisables pour faire face à la crise sur le court et moyen terme. En effet, les crues de 2010 ne sont pas sans précédent puisque des événements de nature similaires mais moins intenses ont frappé le secteur d'As Eyla depuis une vingtaine d'année.

### **1.2.4- mesures de réduction de la vulnérabilité du territoire d'As Eyla face aux crues**

L'objectif de la mission est en dernier ressort de formuler des solutions visant à réduire le risque encouru dans le territoire d'As Eyla. Il n'est plus envisageable de laisser les populations locales exposées à ces risques sans proposer des solutions globales : solutions sans doute techniques à court terme mais aussi socio-économiques à moyen et long terme. Ces dernières doivent s'insérer dans une réflexion globale sur la réduction de la vulnérabilité de la filière maraîchère et du territoire local en général. La question de la réduction des risques ne saurait être séparée d'une réflexion sur le développement durable du secteur. Il s'agit avant tout de réduire la pauvreté en s'appuyant sur les potentialités endogènes à travers les bonnes pratiques culturelles. Ainsi, réduire la vulnérabilité de l'activité maraîchère c'est assurer une meilleure sécurité alimentaire aux populations et une stabilité politique et économique du sud-ouest de la République de Djibouti.

## Résumé des objectifs de l'étude

- Etablir les causes de l'inondation et des dommages consécutifs.
- Identifier, quantifier et cartographier les dommages directs engendrés par les crues,
- Evaluer les conséquences directes et indirectes des crues sur l'économie et la société locale,
- Evaluer les capacités de résilience et les ressources mobilisables pour faire face aux pertes,
- Proposer des solutions de remédiation à court, moyen et long termes sur la problématique des crues dans le Gobaad dans le cadre d'un développement durable de la région.

## **1.3- Sources et démarche générale**

### **1.3.1- Démarche générale de l'étude : le retour d'expérience ou l'analyse d'événement**

L'étude est fondée sur la démarche du retour d'expérience ou analyse d'événement. La figure 5 présente la démarche adoptée par l'équipe d'experts. L'analyse des impacts de la crue par diverses sources (témoignages, relevés des dommages in situ, images satellites...) est à la base de l'analyse de l'événement. En l'absence d'hydrométrie et de témoignages directs, l'analyse des impacts est le seul moyen de quantifier la crue et de reconstituer la dynamique de la crue en lit mineur et en lit majeur. Au-delà des simples aspects physiques, l'intérêt de l'analyse d'événement est de dégager les facteurs immédiats et plus profonds qui peuvent expliquer ces dommages à savoir les vulnérabilités matérielles et socio-économiques sur le territoire d'As Eyla. En effet, on postule que l'occurrence d'une catastrophe met ne lumière les vulnérabilités territoriales à l'origine des dommages surtout lorsque les capacités de résilience sont faibles à l'échelle locale.

Si la crue a été aussi durement ressentie par la communauté d'As Eyla, c'est en partie dû à l'accumulation de vulnérabilités sur le moyen terme. Un des objectifs de l'étude a été de mettre en évidence les effets de l'évolution socio-économique du territoire d'As Eyla depuis une vingtaine d'années même si faute d'archives, cette remise en perspective de la vulnérabilité du territoire d'As Eyla n'est que partielle. Les vulnérabilités socio-économiques ont aussi été accentuées par la crue d'août 2010. Ainsi le travail débouche-t-il sur une qualification des formes et des facteurs de vulnérabilité. En même temps la réaction de la communauté laisse émerger des capacités de résilience, des ressources sur lesquelles la communauté peut s'appuyer pour atténuer ou s'adapter aux crues.

Ainsi les remédiations proposées abordent non seulement les solutions d'atténuation visant à court terme à limiter les impacts des crues mais aussi les solutions à long terme qui envisage une adaptation locale aux crues et un renforcement des capacités de résilience et de résistance au niveau local. Les possibilités d'amélioration de la situation sont déclinées en mesures d'atténuation ou d'adaptation au risque inondation. Ces mesures ne sont pas toutes directement applicables : il s'agit



de propositions d'actions qui doivent être discutées localement et nationalement et qui méritent pour certaines d'entre elles des compléments d'étude techniques.

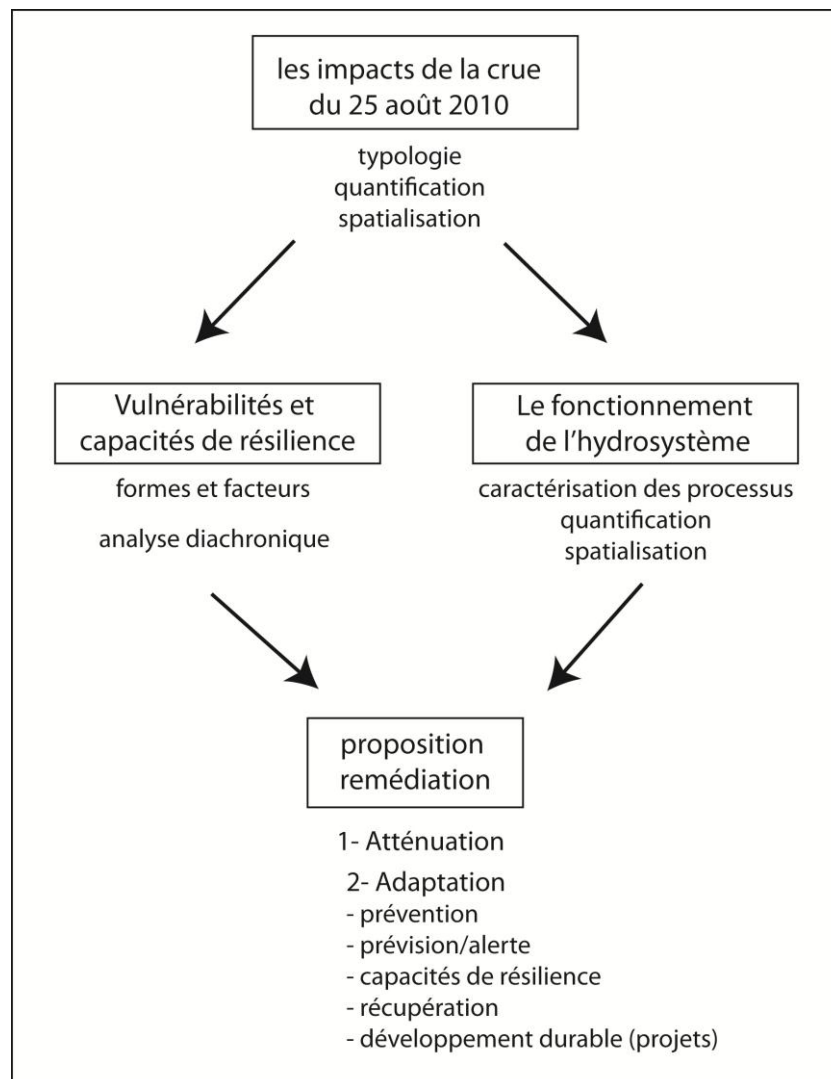


Figure 5 : démarche générale de l'analyse d'événement

### 1.3.2- Sources disponibles et recherche d'informations nouvelles

Pour ce type d'exercice, la recherche d'information s'appuie sur l'information existante et la remise en perspective par la bibliographie et les données pré existantes sur le phénomène. Nous avons pu nous procurer un certain nombre de rapports<sup>2</sup> et d'articles de presse<sup>3</sup> décrivant la crue du 25 août 2010. Toutefois, il n'existait pas de recensement précis des dommages effectué dans l'immédiate

<sup>2</sup> « Intempéries. Dikhil : de fortes précipitations » article du quotidien la nation 26/08/2010

<sup>3</sup> Procès-verbal de la réunion du comité local de gestion des crises suite aux dernières précipitations dans la région. Préfecture de Dikhil 27 août 2010. 6 p.

après crue. Pour pallier ce manque de d'information, l'équipe de recherche a cherché à acquérir un maximum de données permettant de caractériser ces dommages et de les resituer dans le contexte de la dynamique de l'oued Gobaad. L'imagerie satellite a été fortement sollicitée et l'ensemble des données suivantes a été utilisé :

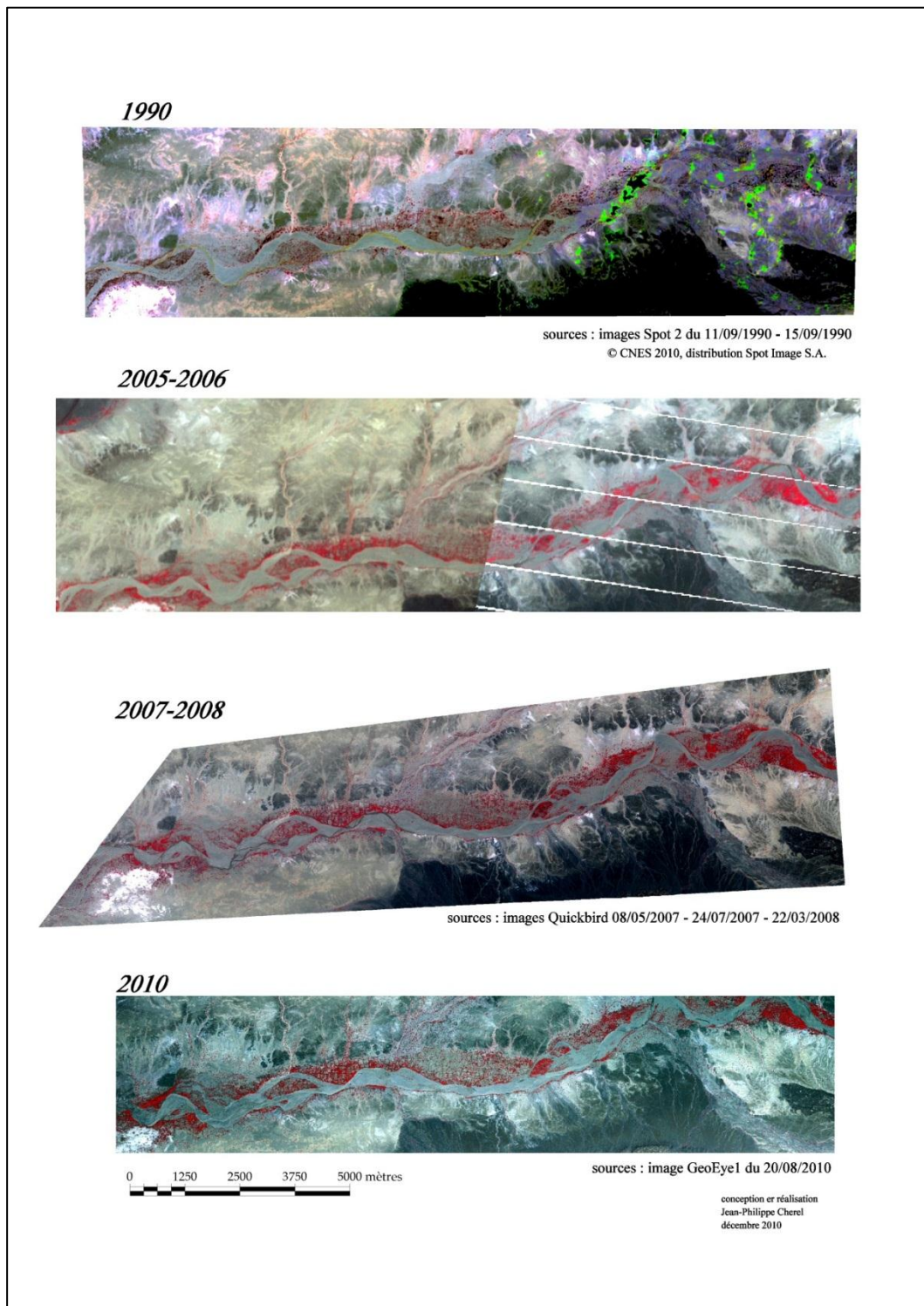


Figure 6 : ensemble des scènes satellites utilisées dans le cadre de l'étude

a) Images à très haute résolution spatiale de 2007/2008 et 2010

Afin d'être en mesure de cartographier précisément les dommages liés à la crue d'août 2010, il était nécessaire de disposer d'images ayant une résolution spatiale s'approchant de celle permise par des photographies aériennes (50 cm), ces images devant « encadrer » au mieux la date de la crue pour fournir des résultats probants. Nous avons pour cela fait appel à la société de télédétection et de traitement d'images **TTI Production** qui a pu nous fournir un jeu d'images à très haute résolution sur la zone d'étude de As Eyla :

- **une scène du satellite QuickBird-2** pour l'étude de la situation ante-crue

C'est une scène composite puisque constituée de 3 « sous-scènes » datées de (08) mai 2007, (24) juillet 2007 et (22) mars 2008 : *Partie aval d'AsEyla = 2007 (lit gobaad de juillet (24 juillet)), partie amont, de (22) mars 2008.*

Il s'agit d'une scène pour laquelle nous disposons des canaux bleu, vert, rouge et proche-infrarouge. Ces 4 bandes spectrales permettent de réaliser de nombreux traitements d'images (indice de végétation, analyse en composante principale, décorrélation, ...) et permettent de constituer des compositions colorées en couleurs naturelles ou en fausses couleurs infrarouge particulièrement utiles dans l'observation de la végétation. D'une résolution originelle de 2,44m, ces canaux sont livrés rééchantillonnés à 60cm à l'aide du canal panchromatique.

- **une scène du satellite GeoEye-1** pour l'étude de la situation post-crue

Cette scène est datée du 20 novembre 2010. Elle est composée comme la scène QuickBird des canaux bleu, vert, rouge et proche-infrarouge. D'une résolution originelle de 1.65m, ces canaux sont livrés rééchantillonnés à 50cm.

b) Images de haute et moyenne résolution de 1990 et 2005/2006

Il nous a paru très intéressant de pouvoir disposer d'images plus anciennes pour enrichir l'étude diachronique de l'oued Gobaad. Pour des raisons de financement, l'acquisition d'images gratuites ou à faible coût a été privilégiée. Ces scènes complémentaires sont :

- un couple d'images Spot2 de septembre 1990

Il s'agit d'une scène panchromatique du 15 septembre 1990 (résolution de 10m) et d'une scène multispectrale (canaux vert, rouge et proche-infrarouge, résolution de 20m) du 11 septembre 1990. L'acquisition de ce couple d'images nous a notamment permis de réaliser après traitement des compositions colorées rééchantillonnées à 10m permettant la cartographie de l'oued en 1990. *(Il y a des nuages sur la partie est de la scène couleur à 20m ce qui explique certains artéfacts visibles sur la partie Est).*

Ces images ont pu être obtenues dans le cadre du Programme **ISIS<sup>4</sup>** du **CNES** visant à promouvoir l'utilisation des images Spot auprès des équipes de recherche travaillant sur des projets liés à l'initiative européenne **GMES** (*Global Monitoring for Environment and Security*). Cette étude

---

<sup>4</sup> Incitation à l'utilisation Scientifique des Images SPOT (<http://www.isis-cnes.fr>)

répondant clairement à la préoccupation affichée de la *gestion des urgences et de la prévention des risques*, ces images d'archive nous ont été fournies par **Spot Image** à un tarif préférentiel.

- trois scènes Landsat 7 de 2005 et 2006

Le portail **GLCF**<sup>5</sup> de l'**Université du Maryland** (USA) met à la disposition de la communauté scientifique la plus vaste archive d'images Landsat accessibles en téléchargement gratuit. Après consultation du catalogue, nous avons fait l'acquisition de 3 scènes qui permettent de couvrir la plus grande partie du territoire djiboutien :

- image du 09 avril 2005 couvrant la partie est,
- image du 02 mars 2006 couvrant la partie ouest,
- image du 12 avril 2006 permettant de couvrir la partie éthiopienne du bassin-versant de l'oued Gobaad.

Nous avons téléchargé pour ces 3 scènes les canaux bleu, vert, rouge et proche-infrarouge (résolution de 30 m) ainsi que le canal panchromatique (15m) ce qui autorise, là encore, la constitution de compositions colorées à une pseudo résolution de 15 m. L'ensemble du terrain d'étude a pu être ainsi couvert et une cartographie l'oued Gobaad dans sa situation de 2005 a pu être réalisée.

#### c) Images de basse résolution d'août 2010

Il nous a paru intéressant de resituer la crue du 25 août 2010 dans son contexte météorologique. Après consultation du portail **CLASS**<sup>6</sup> de la **NOAA**, une série d'images montrant l'évolution des masses d'air sur la corne de l'Afrique a été téléchargée. Ces images couvrent les journées des 24 et 25 août 2010. Il s'agit de scènes issues des satellites météorologique en orbite basse polaire NOAA-18 (US) et MetOp-A (Europe) dotés du capteur multispectral AVHRR d'une résolution de 1km.

#### d) Modèle Numérique de Terrain de moyenne résolution

Il était très important dans le cadre de cette étude de disposer d'informations concernant les altitudes, donnée particulièrement précieuse pour l'étude du risque inondation. Vu les contraintes déjà évoquées, nous avons porté notre choix sur le Modèle Numérique de Terrain **SRTM** de la NASA qui est disponible et en accès libre depuis 2000. Nous avons fait l'acquisition de la dernière version de ce MNT sur le portail du **CGIAR-CSI**<sup>7</sup>.

Nous avons ainsi pu disposer de la version au pas de 90 m pour une étude fine sur le périmètre d'As Eyla et de la version rééchantillonnée à 250 m pour une étude plus globale du bassin-versant du Gobaad. Il est à préciser que dans la configuration de notre terrain d'étude (dénivelé, couvert végétal) la précision verticale relative escomptée de ce MNT réalisé par radar varie entre 2.5 et 5 m.

---

<sup>5</sup> Global Land Cover Facility (<http://glcfapp.glc.f.umd.edu>)

<sup>6</sup> Comprehensive Large Array-data Stewardship System (<http://www.class.ngdc.noaa.gov>)

<sup>7</sup> Consultative Group on International Agricultural Research-Consortium for Spatial Information (<http://srtm.csi.cgiar.org/>).

Une fois constitué cette base de données images, il importait d'assurer sa cohérence géométrique afin de pouvoir garantir la fiabilité des résultats obtenus. Ces images étant de résolutions spatiales très variables (de 0,50m à 30m pour le visible et l'infrarouge) et ayant été enregistrées sous des angles différents, une importante phase de recalage, rectification et rééchantillonnage a été nécessaire. Le système de projection international *UTM zone 38 Nord* a été retenu pour l'ensemble du projet.

Les images à très haute résolution QuickBird et GeoEye constituant le cœur de cette base de données, nous avons été particulièrement attentif à la qualité de leur « superposabilité ». Pour cela, plus de 200 points de calage ont été pris entre les 2 scènes. En utilisant ces points dans un modèle de rectification géométrique par triangulation locale nous avons pu parvenir un recalage global entre les 2 scènes **proche du mètre**, les images ayant au final la même résolution de **0,5m**.

Concernant les images Spot de 1990 (pseudo résolution de **10m**) et Landsat de 2005/2006 (résolution de **15m**), il s'agissait d'assurer le meilleur recalage possible avec les images à 0.5m.

Après la réalisation de l'opération de rectification, il a été possible d'assurer un recalage d'environ **10-15m** pour les images Spot et **20-25m** pour les Landsat. Ces valeurs sont tout à fait à même de permettre une étude diachronique pertinente des divagations de l'oued Gobaad.

En complément de ce volet image, l'équipe d'expertise a fait l'acquisition de cartes papier qui ont été numérisées et géoréférencées dans la base de données :

- deux cartes topographiques russes au 1/100 000 (1978) sur le secteur de As Eyla,
- la carte géologique au 1/100 000 de la région de Dikhil (1987)

L'analyse des images satellites a été validée et complétée sur le terrain par une mission d'étude d'une semaine mobilisant quatre experts et des étudiants de l'université Montpellier 3.

Sur le terrain les observations géomorphologiques et hydrologiques ont été cartographiées sous SIG. Concernant l'étude des dommages, c'est la confrontation des sources qui a permis d'approcher une cartographie et une quantification des dommages liés à la crue. La comparaison des images satellites avant (2007/2008) et après la crue (novembre 2010) montre la divagation du lit de l'oued et autorise une première estimation des zones touchées. Les relevés de terrains effectués lors d'une mission en avril 2010 ont affiné la connaissance des processus et l'identification des dommages. L'estimation des dommages a été confrontée aux témoignages des agriculteurs, témoignages recueillis lors de focus group organisés à As Eyla en avril 2011.

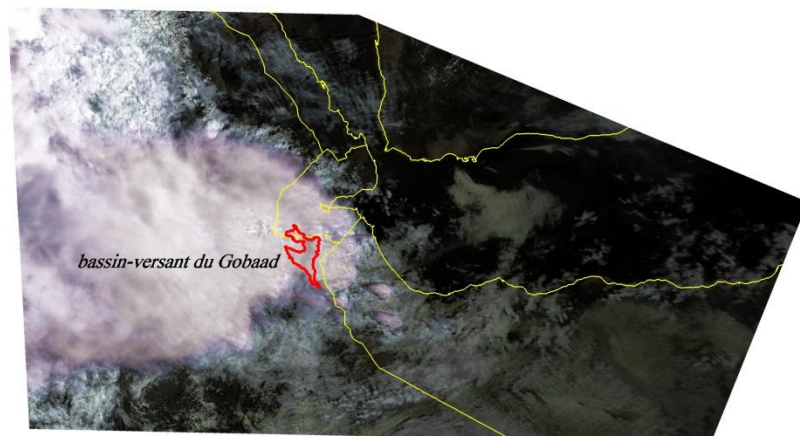
## **2- Reconstituer la dynamique de l'oued Gobaad et la crue du 25 août 2010**

### ***2.1- Contexte climatique et géologique***

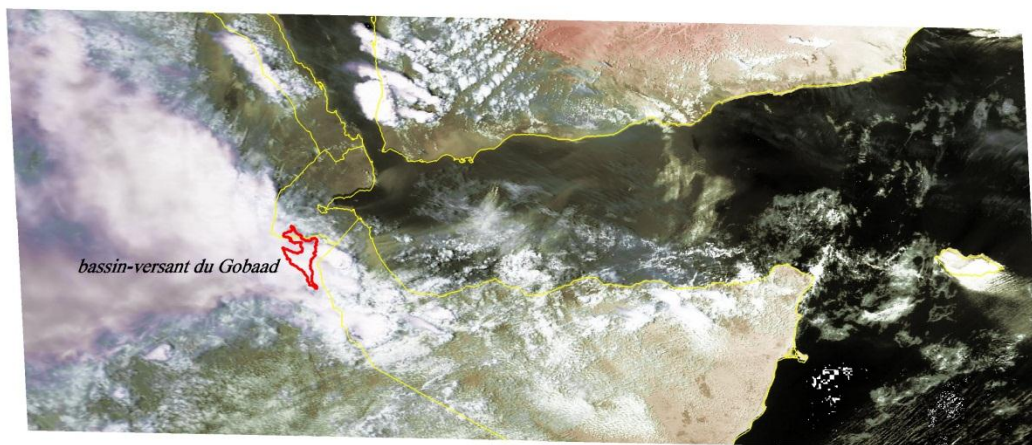
#### **2.1.1- L'évènement climatique**

Le sud-ouest de la république de Djibouti est soumis à un climat aride. Les précipitations annuelles sont estimées autour de 200 mm avec un maximum d'été correspondant au débordement de la zone de convergence intertropicale. Ces précipitations sont plus abondantes sur les plateaux éthiopiens à l'amont du bassin versant de l'oued Gobaad (voir figure 7). Ainsi les crues de l'oued Gobaad à As Eyla sont-elles en grande partie exogènes c'est-à-dire formées à l'amont du bassin versant. Des crues locales ne sont pas exclues comme celle de l'été 2011 qui a touché un des affluents du Gobaad près d'As Eyla et qui a détruit quelques jardins.

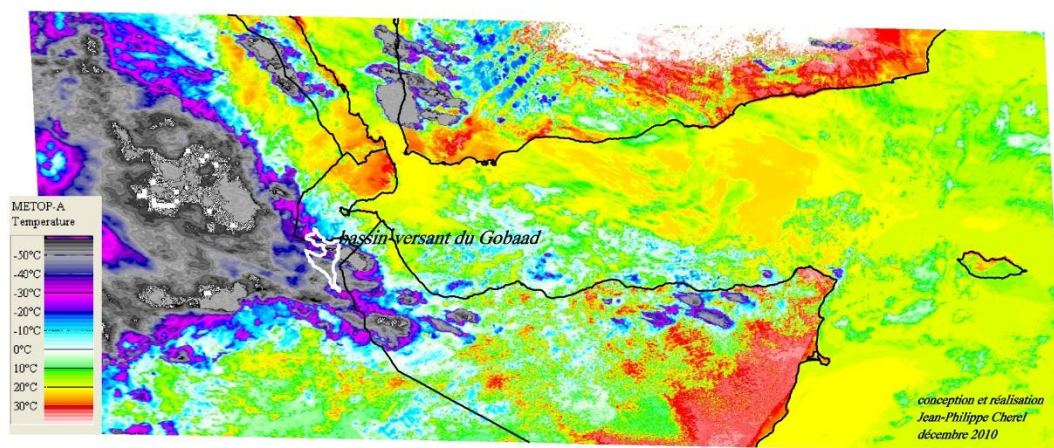
Sur l'évènement du 25 août 2010, on dispose de peu d'informations. Toutefois les images satellites montrent que des nuages à fort développement vertical étaient présents toute la nuit du 24 au 25 août sur la partie éthiopienne du bassin versant (figure 7). Les précipitations intenses et plus fortes sur l'Ethiopie et le sud de la république de Djibouti ont entraîné la crue qui semble avoir atteint son maximum dans la matinée du 25 août. La région d'Aysha en Ethiopie a été touchée par les inondations et le bulletin humanitaire des Nations Unies du 30 août 2010 rapporte que plus de 100 logements ont été touchés et que de nombreux dégâts ont été observés notamment sur les systèmes d'adduction d'eau.



*situation vers 7h UTC*



*situation vers 10h UTC*



*situation vers 10h UTC  
image des températures du sommet des nuages*

*sources : images du satellite météorologique MetopA*

0 125 250 375 500 kilomètres

**Figure 7 : télédétection des systèmes nuageux à l'origine de la crue**

### 2.1.2- Un cours d'eau marqué par une succession de phases de dépôt et de creusement

La dynamique des cours d'eau est étroitement liée à l'érosion des versants, qui conditionne la charge alluviale, à leur alimentation en eau et à la vitesse de l'écoulement, elle-même liée à la valeur de la pente. Ainsi, un cours d'eau à gros débit en forte pente et peu chargé d'alluvions aura tendance à creuser au fond de son lit alors qu'un cours d'eau à forte charge alluviale et mal alimenté déposera ses alluvions dès que la vitesse du courant se ralentira. Les marques du creusement ou du dépôt d'alluvions révèlent donc le fonctionnement passé des cours d'eau.

Le fond de la vallée du Gobaad présente un encaissement de quelques mètres mais très net à la base des grands glacis latéraux (photographie 4). Cette incision découpe des dépôts gréseux et argileux récents, attribués à de grands épandages pléistocènes et holocènes, qui reposent eux-mêmes sur des dépôts lacustres d'âge Pléistocène (figure 8). Cette organisation témoigne donc d'un creusement post-Pléistocène de la vallée du Gobaad qui peut s'expliquer soit par une meilleure alimentation de l'oued, soit par un ralentissement de l'érosion sur le bassin versant soit par une accélération de l'écoulement consécutif à un raidissement de la pente.



*Photographie 4 : morphologie de la vallée de l'oued Gobaad. Au premier plan : base des glacis de Diksa Déré ; la vallée de l'oued avec lit majeur végétalisé et lit mineur sableux ; au fond, le plateau volcanique d'Arab Dura.*

Ce fond de vallée est lui-même fossilisé par des dépôts alluviaux. Il faut donc en déduire qu'à la suite du creusement, le Gobaad a connu une modification de son rapport débit/charge pour des raisons opposées à celles qui expliquaient le creusement. Enfin, ces dépôts alluviaux ont été découpés en terrasses, qui sont aujourd'hui les principales zones agricoles, qui montrent une nouvelle phase de creusement. Ce dernier creusement est postérieur à l'Holocène moyen car il incise, outre les formations fluviales, des dépôts lacustres carbonatés dont certains ont pu être datés à As Eyla de 4120 BP±110 14C (coupe D de la figure 9 notice de la carte géologique).



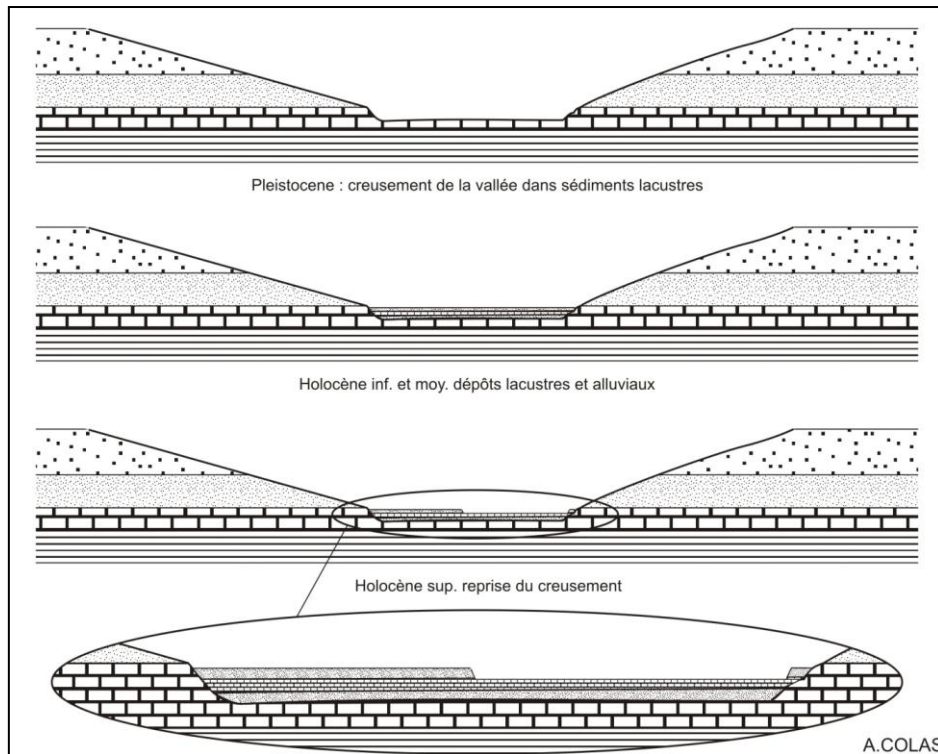


Figure 8 : Les trois grandes étapes de la formation de la vallée du Gobaad.

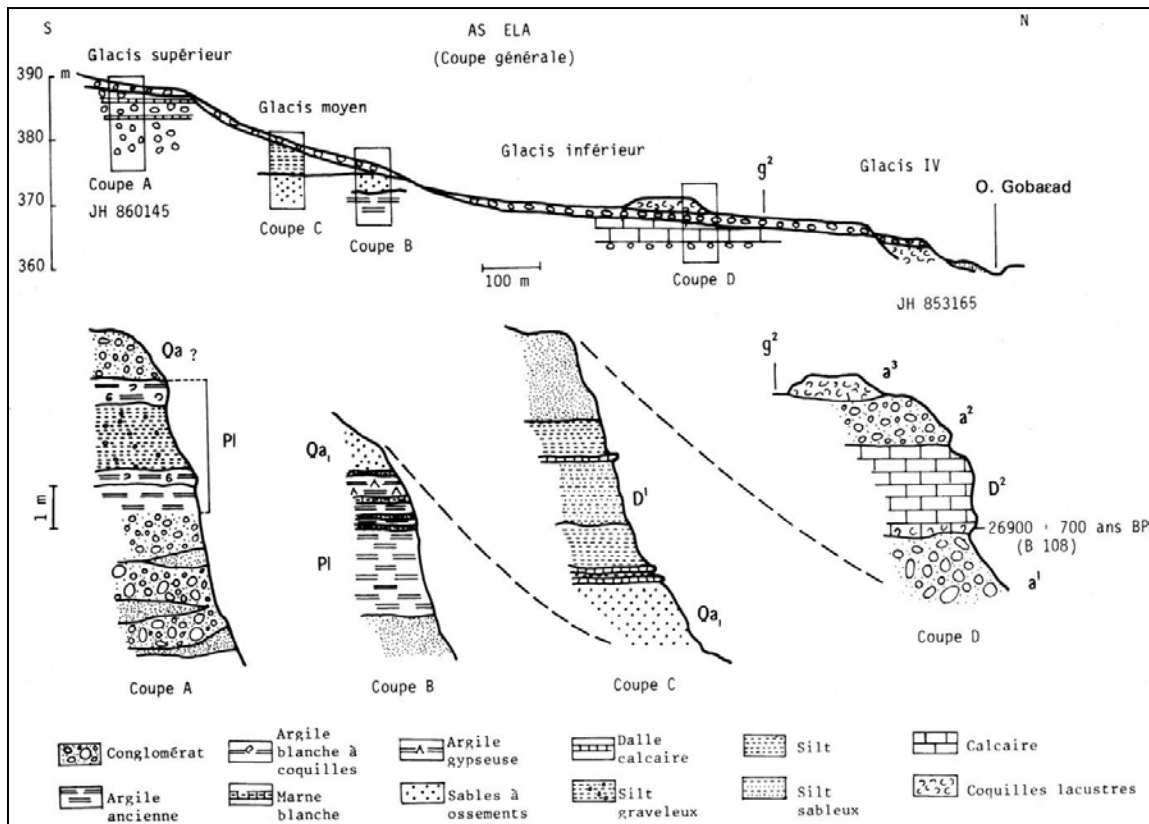


Figure 9 : Coupe détaillée des formations sur le versant sud de la vallée du Gobaad (GASSE et Al., 1987). Cette coupe montre l'importance des apports de versants sur les grands glacis. Ces dépôts facilement remobilisables sont susceptibles d'alimenter la charge solide de l'oued.

Ces modifications récentes de la dynamique fluviale peuvent être d'origine externe ou interne à l'écorce terrestre :

La tectonique active de la corne de l'Afrique est souvent responsable de telles fluctuations. Le bassin du Gobaad correspond d'ailleurs à un vaste graben d'axe O-E qui s'abaisse en direction du lac Abbé et qui est lui-même disloqué par de nombreuses failles O-E responsables du changement d'orientation du cours du Gobaad et de la division de la cuvette en deux bassins-versants. Ces failles sont bien visibles sur les reliefs périphériques de la dépression où elles affectent les séries stratoïdes basaltiques de l'Afar. Cependant, en l'absence d'indices géologiques, la tectonique locale est réputée peu active et son rôle sur le fonctionnement de l'hydro-système actuel de l'oued Gobaad est donc limité. Il est difficile par ailleurs d'envisager une succession de phases d'affaissement et de surrection pour expliquer les phases de creusement et de dépôt du Gobaad.

Par contre, les fluctuations climatiques pléistocènes et holocènes sont responsables des variations du niveau du lac Abbé et donc du niveau de base de l'oued. A de nombreuses reprises, le niveau du Lac Abbé s'est élevé jusqu'à une altitude de près de 400m, soit près de 200m au-dessus du niveau actuel, entraînant le dépôt de sédiments lacustres principalement carbonatés, plus rarement argileux ou gréseux, qui affleurent essentiellement sur de petits escarpements en rive gauche de l'oued où ils ont été incisés par le Gobaad. On observe par ailleurs que le creusement du Gobaad est principalement visible en aval d'As Eyla alors qu'en amont, le Gobaad est plutôt responsable d'engravements et de dépôts. Il est donc fort probable que les différentes phases de fonctionnement du Gobaad soient liées à des variations du niveau du lac Abbé. Le premier creusement post Pléistocène correspond assurément à un abaissement du niveau de base qui a permis le creusement des sédiments préalablement déposés. Le relèvement du niveau du lac à l'Holocène inférieur et moyen, prouvé par la datation des formations lacustres explique le comblement du fond de vallée. Enfin, l'abaissement progressif du niveau du lac depuis 4000 ans explique la reprise du creusement.

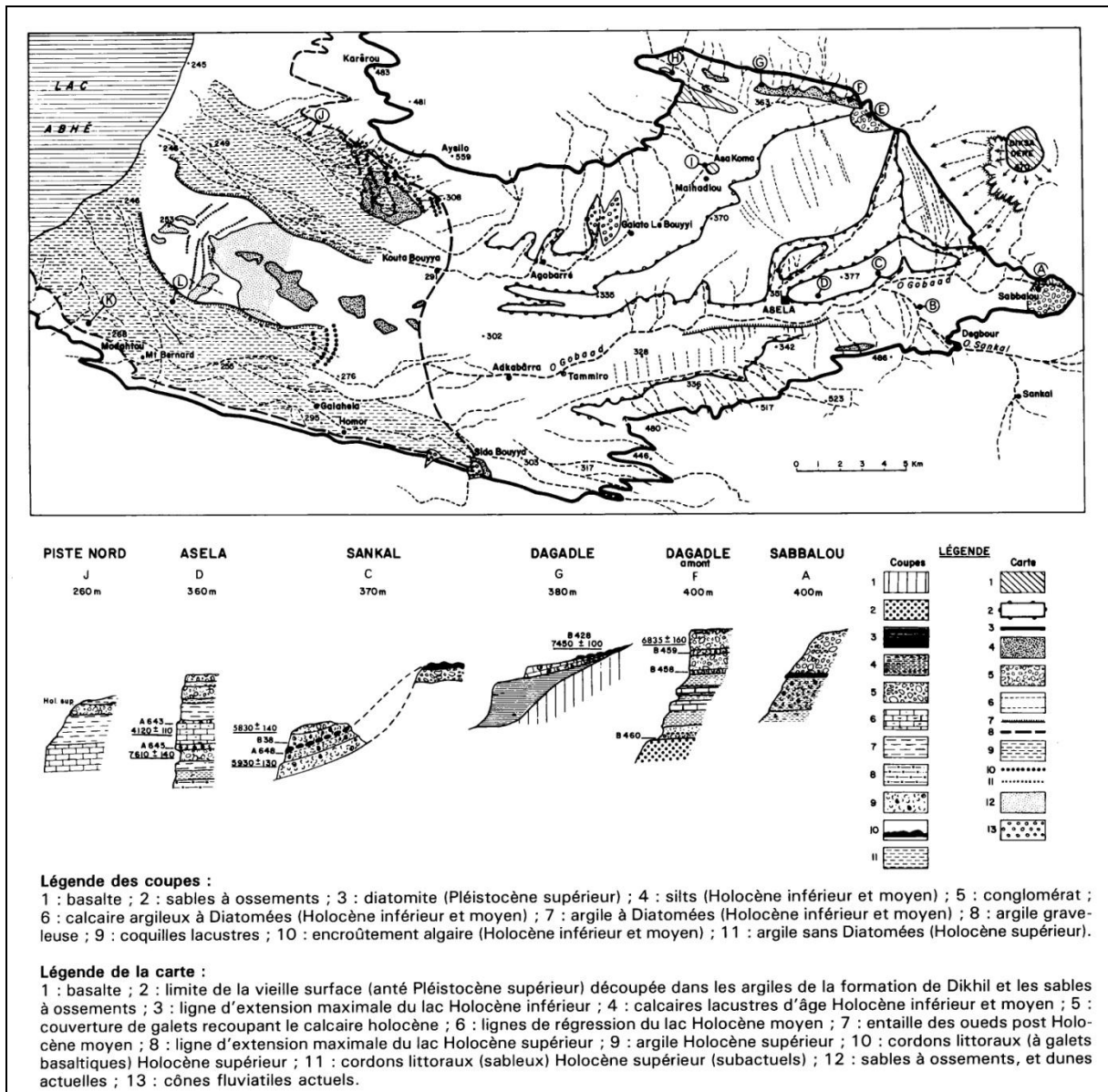


Figure 10 : Cartes des formes et formations récentes dans le bassin du Gobaad (Gasse et Al. 1987). On remarque que la totalité de la zone étudiée était encore inondée à l'Holocène moyen ce qui explique l'importance des formations carbonatées et les reprises de l'érosion consécutives à l'abaissement du niveau du lac Abbé.

Ce creusement est observable en aval d'As Eyla alors qu'il est beaucoup moins prononcé en amont. Il faut en conclure que le nouvel équilibre entre le niveau de base et le profil en long de l'oued n'est pas encore établi et que ce creusement a des chances de se propager en amont.

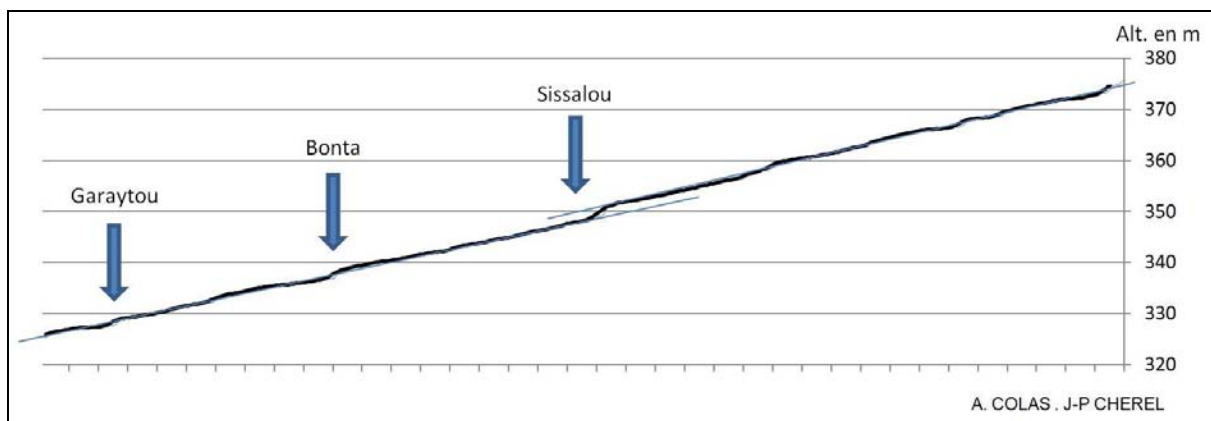


Figure 11 : Profil en long du talweg de l'oued Gobaad dans la région d'As Eyla réalisé à partir des mesures GPS. On observe une rupture de pente au niveau de Sissalou.

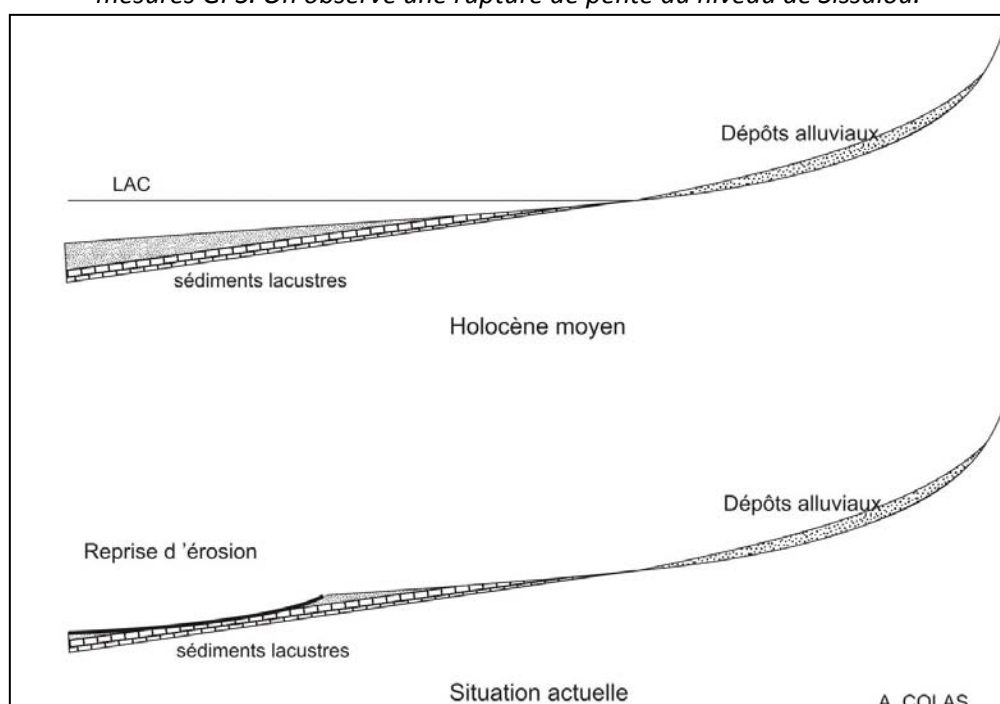


Figure 12 : Interprétation de la rupture de pente de Sissalou. L'abaissement du niveau du lac Abbé depuis l'Holocène moyen permet le creusement de l'oued qui s'ajuste à son nouveau niveau de base. Le réajustement est inachevé car le creusement est limité par la médiocrité de l'écoulement, par l'importance des apports latéraux, par la présence de la barre carbonatée au fond du lit et par la lenteur de l'abaissement du lac.

## 2.2- La crue du 25 août 2010 : données générales et processus d'endommagement

L'étude du fonctionnement de l'oued Gobaad lors de la crue du 25 août 2010 a pour but d'expliquer les processus d'endommagement physiques à l'origine des dommages. Il vise aussi à replacer la crue du 25 août 2010 dans la dynamique générale de l'oued à moyen terme afin de mieux juger des stratégies de protection passées et futures.

Une crue se caractérise quantitativement par un champ de hauteur d'eau, un débit et son évolution (hydrogramme de crue). Le débit de la crue peut être mis en perspective et qualifié par la période de retour à laquelle il correspond : une crue comme celle d'août 2010 est-elle une crue rare ? Avec quelle fréquence une crue d'une telle importance frappe-t-elle le Gobaad ? Compte tenu de l'absence de données hydrométriques, la crue a été interprétée par une démarche géomorphologique. En effet, la crue est associée à des processus hydrogéomorphologiques (défluviations, jet de rive...) des formes (chenaux de crue ...) et des formations (dépôts de granulométries diverses...) qui permettent d'en reconstituer et parfois d'en prévoir la dynamique.

La mission de terrain par ses observations et le recueil de témoignages a permis d'identifier deux modes d'endommagement principaux : l'érosion latérale en limite de lit mineur qui engendre des sapements de berge et l'inondation du lit majeur qui érode les sols ou dépose des matériaux. Le second processus peut être subdivisé en plusieurs processus élémentaires (tableau 1).

*TABLEAU 1 : les modes d'endommagement liés à la crue de l'oued Gobaad  
(voir figure 4 pour la sectorisation du lit)*

<b>Phénomènes</b>	<b>Processus d'endommagement</b>	<b>Type d'enjeux concerné</b>	<b>Pertes</b>
Ecoulement lit mineur/contact lit majeur lit mineur	Sapement de berge	Terrains agricoles, cultures, puits, matériel	Pertes de surface agricole Perte de sols Perte des cultures
Inondations lit majeur interne	Erosion superficielle	Terrains agricoles, cultures, puits, matériel	Pertes de sols et de cultures, Destruction de matériel (pompes)
Inondations lit majeur et lit mineur	Engrèvement	Cultures, puits	Enfouissement des cultures, comblement des puits
Lit majeur interne	Dépôts de matières fines	Cultures, puits, pompes	Enfouissement des cultures, Salinisation, gain de fertilité si dépôts non souillés
Lit majeur	Dépôts d'objets flottants (branches...)	Cultures	Destruction ou blessures aux plantes

L'oued Gobaad est peu végétalisé ce qui laisse les matériaux essentiellement sableux et graveleux facilement mobilisables par le cours d'eau. La faible cohérence et la faible granulométrie des matériaux expliquent l'ampleur des érosions latérales et superficielles et l'ampleur des dommages.



*Photographie 5 : érosion superficielle en lit majeur interne*



*Photographie 6 : Décapage complet des terrains agricoles (Garaytou)*

### 2.3- La morphodynamique actuelle de l'oued

L'érosion d'un cours d'eau est liée à la fois à la plus ou moins grande vulnérabilité des terrains et aux caractéristiques de l'écoulement qui dépendent eux-mêmes des héritages et des systèmes de pentes. Faut d'avoir pu être observé en temps réel, la dynamique fluviale peut être reconstituée par l'analyse des dépôts, des formes d'érosion et de la morphologie du lit fluvial (figure 13).

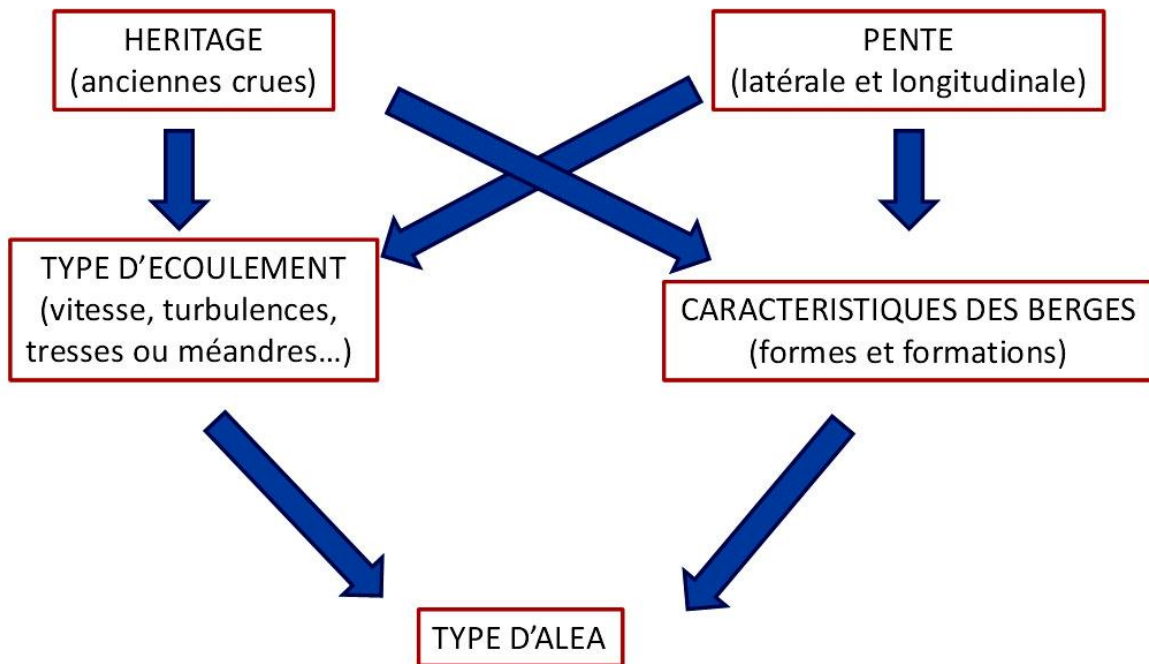


Figure 13 : les composantes de l'hydro-morphosystème de l'Oued Gobaad

#### 2.3.1 La vulnérabilité des berges

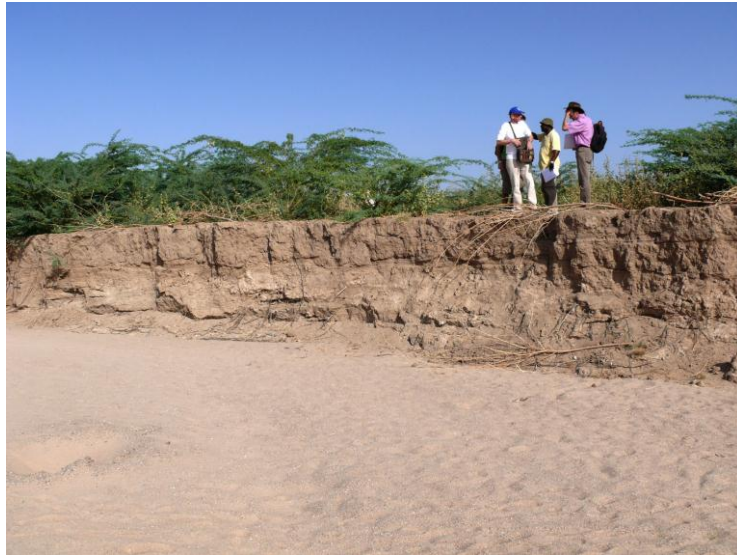
L'analyse de terrain a permis d'identifier, dans le lit mineur, trois types de berges en fonction de critères géomorphologiques.



Photographie 7 : Analyse de caractéristiques des berges sur le terrain

Les berges escarpées dans les alluvions correspondent principalement aux zones affouillées lors de la dernière crue à la limite du dernier chenal d'écoulement. Leur hauteur pouvant aller jusqu'à 2m50,

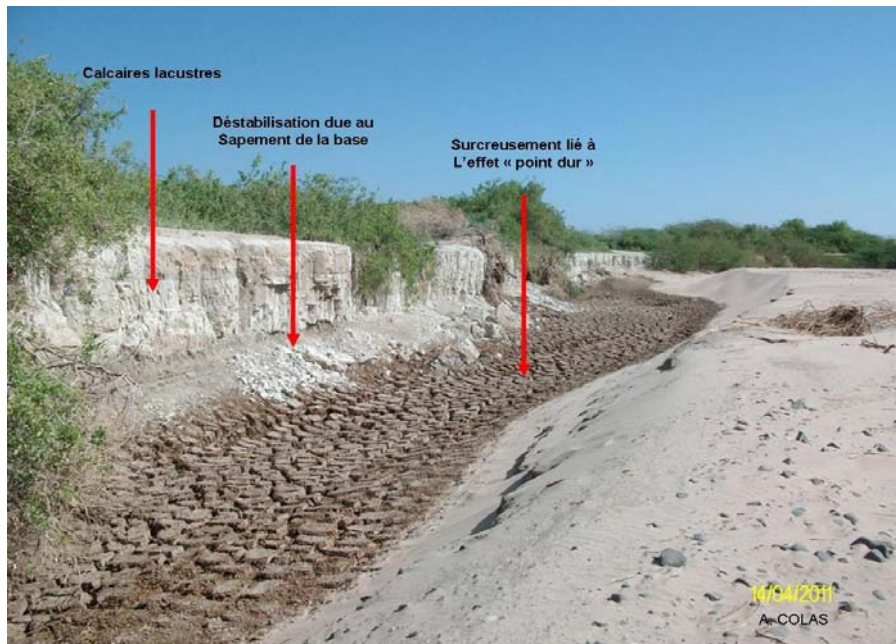
on pourrait penser que ces berges sont relativement protégées des crues. Certes, en cas de crues peu turbulentes, la hauteur met ces secteurs à l'abri de l'inondation mais les matériaux rencontrés à la base des escarpements sont essentiellement des sables à structure ouverte qui n'offrent aucune résistance à l'érosion. Ce sont donc des berges très vulnérables, il est significatif que les plus escarpées sont situées dans les zones qui ont le plus souffert de la dernière crue en particulier dans les rives concaves des méandres.



*Photographie 8 : Malgré sa hauteur, cette berge n'offre aucune protection face à l'aléa car sa résistance à l'érosion est très médiocre*

Certaines berges sont constituées de matériaux compacts résistant bien à l'érosion. Il s'agit soit de berges sableuses ou caillouteuses plus ou moins cimentées par un ciment carbonaté soit des "barres" calcaires lacustres du Pléistocène ou de l'Holocène. Ces berges peuvent être considérées comme peu vulnérables mais leur hauteur n'est pas toujours suffisante pour éviter la submersion. On les rencontre essentiellement sur la rive gauche de l'oued de Sissalou à Bonta, puis en rive droite à partir de Garaytou. Par ailleurs, elles forment des "points durs" qui peuvent entraîner, plus en aval, des modifications de la dynamique source de dommages (Garaytou).





Photographie 9 : Une berge consolidée par une couche de calcaires lacustres à Tamiro. Ces formations sont très difficilement érodables par l'oued mais l'effet de "point dur" entraîne un important affouillement à la base qui peut, à terme, les déstabiliser et surtout favoriser l'érosion en aval. Cette berge a été submergée comme en attestent les laisses de crue.

Les berges "basses" sont marquées par un talus peu escarpé dont la pente relativement faible est amollie par des dépôts de collapses souvent végétalisés. Bien que les matériaux soient relativement fins ils sont souvent moyennement résistants car hétérométriques, parfois légèrement humifères et surtout consolidées par les réseaux racinaires des prosopis. Ils n'offrent par contre aucune protection contre la submersion si bien qu'elles correspondent souvent à des zones d'étalement en largeur du cours d'eau

### 2.3.2 Les types d'écoulement

Le lit mineur de l'oued Gobaad est caractérisé par un tracé complexe dans lequel sont associés des systèmes en méandres et des chenaux et en tresses. De manière schématique, on passe progressivement de chenaux en tresses à des systèmes de méandres.

Le style fluvial en tresses correspond à des écoulements turbulents qui permettent de déplacer des charges importantes. Il est particulièrement bien représenté dans les secteurs situés en amont de Sissalou. L'oued Gobaad a alors un lit large de près d'un km marqué par des chenaux multiples séparés par des bancs mobiles dont les matériaux sont remaniés lors des crues successives. La limite du lit mineur est marquée en rive gauche par un petit escarpement carbonaté qui la met à l'abri des inondations alors qu'en rive droite, l'oued s'étale fortement et la limite entre le lit mineur et le moyen n'est pas très nette car les fréquents débordements qui remanient les matériaux et engravent le lit moyen. Le bedrock n'apparaît jamais au fond du lit ni même au fond des puits creusés dans le lit, il s'agit donc de zones de dépôt d'alluvions révélatrices de l'incapacité du cours d'eau à évacuer la totalité de sa charge. En effet, il s'agit de zones en faible pente (proche de 0,1%) alors que la charge solide est importante du fait de la proximité des gorges et des apports latéraux liés à des écoulements aréolaires sur les glacis ou de l'oued Sankal. L'oued a principalement déposé sur le lit moyen des matériaux sableux assez grossiers mais aussi des graviers, plus rarement, on note la

présence de petits blocs pouvant atteindre une vingtaine de cm de diamètre qui s'organisent en trainées allongées sur de faibles distances dans le sens du courant. Ces blocs sont issus de reprises de dépôts de crues plus anciennes que l'oued n'a fait que déstabiliser sans pouvoir les entrainer sur de longues distances. Cela indique que la dernière crue a été beaucoup moins violente que celles qui dans le passé, ont apporté ces blocs, la vitesse du courant ne devait cependant pas être négligeable l'énergie nécessaire au déplacement de tels blocs suppose une vitesse minimales de plusieurs m/s. On remarque aussi que le lit mineur est recouvert de sables fins, partiellement repris par la déflation éolienne et les zones sur creusées sont comblées par des laisses de fin crue argileuses. Cette organisation est révélatrice d'une vitesse élevée en début de crue alors que l'oued avait la compétence pour remanier les blocs grossiers suivie d'un ralentissement puis d'une décrue assez lente. Ce secteur joue donc un rôle "amortisseur de crue".

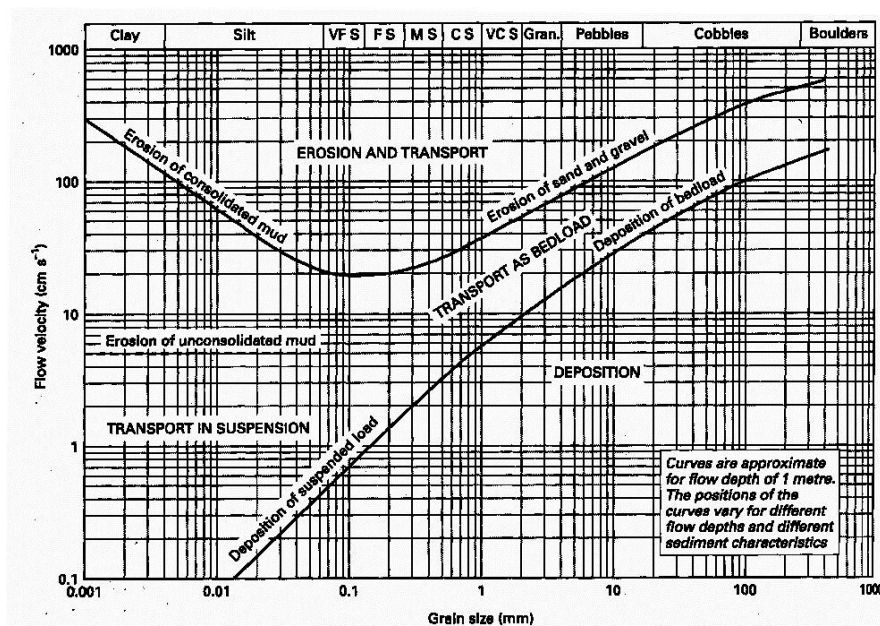
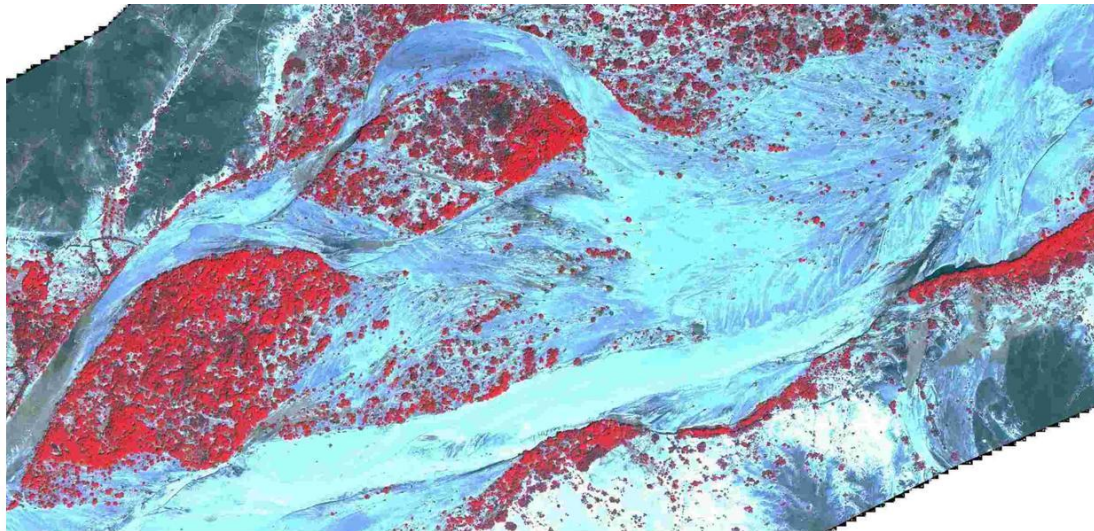
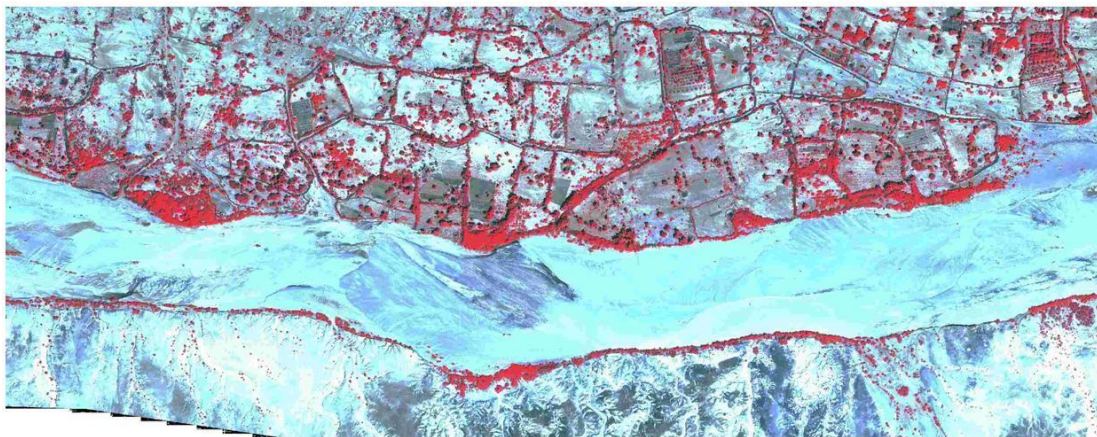


Figure 14 : Courbe de Hjulstrom. La nature des dépôts est révélatrice de l'écoulement lors de la dernière crue.

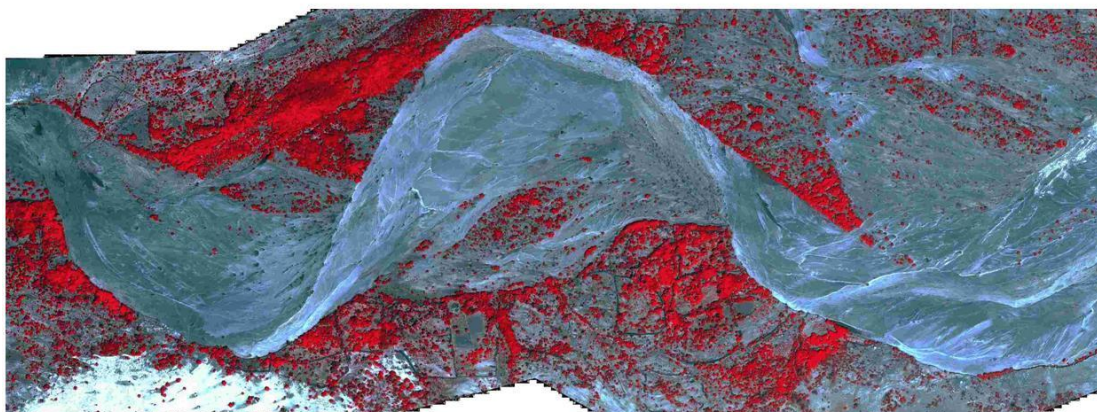
Le lit mineur adopte un style rectiligne et calibré entre Sissalou et Bonta. Sur plus de 3km, sa largeur est de l'ordre de 230m, ses limites sont nettement marquées par des berges escarpées indurées en rive gauche sablo-limoneuses en rive droite ou leur commandement dépasse parfois les trois mètres. Au-delà de ces berges, on passe directement au lit majeur sur lequel les eaux peuvent déborder, on ne distingue jamais ici de lit moyen. Les structures entrecroisées des alluvions sont révélatrices d'écoulements turbulents en chenaux tressés lors du dépôt. Aujourd'hui ces berges, bien que très fragiles, ont été assez peu érodées lors de la dernière crue. Cela peut paraître paradoxal car l'écoulement devait être rapide du fait de la forte pente (0,4%) mais par ailleurs, le bon calibrage du lit, la dissipation de l'énergie liée aux débordements dans le lit majeur et l'absence d'obstacle en aval, où le lit s'élargit, favorise un écoulement laminaire beaucoup moins érosif que les écoulements turbulents. On remarquera également le très bon calibrage des dépôts et la relative rareté des surcreusements qui plaident dans le même sens.



Style en tresses : Le cours d'eau se divise en bras multiples très mobiles (Sissalou)



Lit calibré : chenal rectiligne de largeur régulière (sud d'As Eyla)



Style en méandres : cours sinueux, opposition entre les rives convexes et concaves (Garaytou)

A. COLAS

*Figure 15 : Les trois styles fluviaux de l'oued Gobaad.*

En aval de Yalhalou, le Gobaad adopte progressivement un style en méandres. Ce changement est lié à l'affaiblissement de la pente, qui retrouve des valeurs proches de 0,2%, et à la relative faiblesse de la charge solide. Les alluvions se sont déposées en amont et les apports latéraux sont ici plus faibles car la topographie régionale est beaucoup plus plane. Les vitesses du courant ont ici peu de signification car les lits sont très dissymétriques si bien qu'elles peuvent être presque nulles sur les

rives convexes et très élevées sur les rives concaves. Les méandres ne sont pas incompatibles avec le transport des matériaux mais ici, le prélèvement se fait principalement par érosion latérale des berges sur les rives concaves alors que les rives convexes sont des zones de dépôt. Cette érosion différentielle entraîne une modification du lit qui peut parfois se traduire par des recouvrements de méandres comme c'est le cas à Garaytou mais surtout à Bonta. Le cours d'eau qui formait un méandre passant au nord de l'actuel îlot de Bonta (Atlas planche 3) passe aujourd'hui plus au sud où il a détruit d'importantes surfaces cultivées. Le recouvrement de ce méandre explique un renforcement localisé de la pente qui atteint ici un maximum de 0,5%. Cette forte pente est elle-même responsable de l'accélération du courant qui entraîne l'affouillement du lit jusqu'à la barre carbonatée et la modification des systèmes de méandres qui explique les importants dommages dans le périmètre irrigué de Garaytou. Le bilan sédimentaire est donc globalement équilibré mais les différences locales sont très importantes si bien qu'aucun secteur n'est parfaitement à l'abri de l'engravement, de l'inondation ou des sapements de berges.



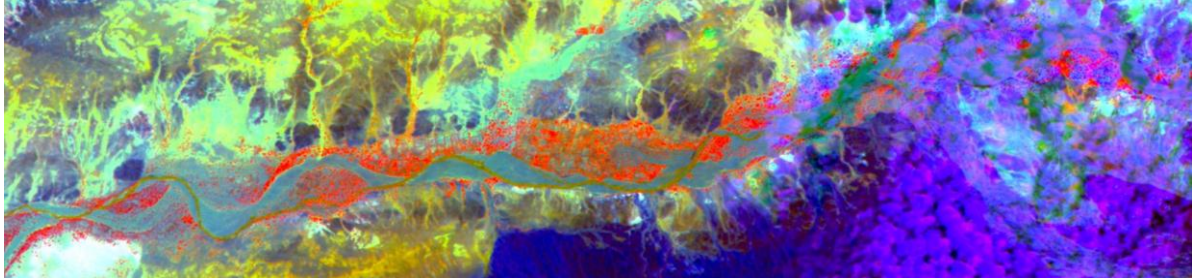
*Photographie 10 : Bonta, le creusement au fond du lit atteint le "bedrock" carbonaté alors que les dépôts sont faibles.*

### **2.3.3 Les enseignements des crues récentes pour la gestion des crues à venir**

#### **Un chenal d'écoulement très mobile**

L'analyse des images antérieures permet de reconstituer l'évolution du chenal d'écoulement principal. Les scènes spot et Quickbird de 2005, 2007 et 2010 permettent de déterminer la position

du chenal principal à partir d'indices géomorphologiques sur. La définition de l'image spot de 1990 étant insuffisante pour parvenir à utiliser l'indice géomorphologique par contre l'analyse multi spectrale révèle une signature caractéristique des sols humides qui permet de repérer des circulations d'inféro-flux. Enfin, la géométrie du lit en 1955 est représentée sur la carte topographique au 100000<sup>ème</sup> mais l'échelle suppose une certaine incertitude.



*Figure 16 : Image SPOT de 1990, malgré la faible résolution, le chenal d'écoulement a été détecté par mise en évidence de la signature spectrale des sols humides (ligne jaune foncé)*

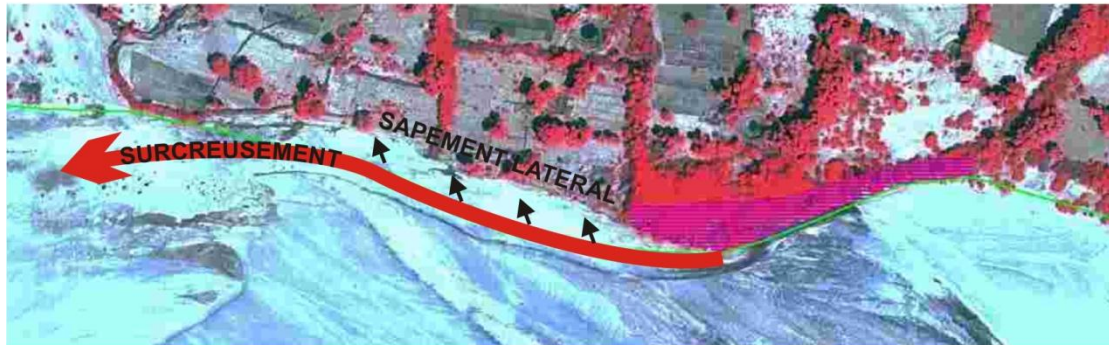
La comparaison de ces données (Atlas, planche 3) montre une mobilité très importante des chenaux d'écoulement en particulier dans les secteurs de Bonta et de Garaytou où le cours d'eau a évolué par recouplement de méandres. Toutes les rives concaves des méandres actuels ou passés doivent être considérées comme des zones particulièrement vulnérables au sapement de berges alors que les rives convexes sont sensibles aux engravements. La mobilité du lit est également constatée en amont de Sissalou où on constate le remaniement des lits tressés. On peut aussi émettre des craintes pour le secteur de Sissalou où un recouplement de la terrasse n'est pas exclu.

#### **Efficacité limitée des protections par gabions**

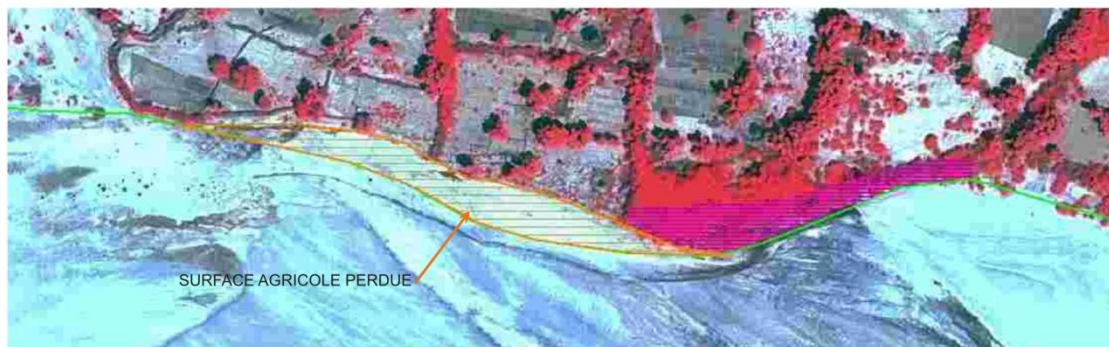
Des protections par gabions ont été réalisées en 1987/1988 dans le secteur d'As Eyla 2. Ils ont été réalisés avec des blocs reliés entre eux par un treillage métallique en rive droite de l'oued. Les gabions protègent une berge très vulnérable de par la nature des matériaux mais la situation dans la partie rectiligne du chenal n'en fait pas une zone particulièrement menacée. Leur efficacité est certaine au niveau local car ces gabions ont résisté à quatre crues successives sans subir de dommages importants. Cependant, on remarque que l'oued n'a emporté aucune berge à As Eyla 2 y compris celles qui n'étaient pas renforcées. C'est donc sans doute la dynamique de l'oued plus que les gabions qui explique la faiblesse de l'érosion des berges. A As Eyla, la seule reprise d'érosion se situe directement en aval du premier gabion qui semble donc avoir eu plus d'effets négatifs que positif ; en concentrant le flux localement, il a favorisé un écoulement turbulent responsable d'un affouillement très net à sa base, et un sapement des berges en aval. Il est à craindre que les prochaines crues conduisent à une accélération de l'érosion régressive mettant en danger l'ouvrage lui-même.



Situation avant la crue de 2010



Lors de la crue, le gabion protège localement mais favorise l'érosion en aval



Situation actuelle

A. COLAS

*Figure 17 : La comparaison entre les images de 2007 et de 2010 montre très clairement la reprise d'érosion en aval du premier gabion. Cette érosion est limitée mais doit attirer notre attention sur les risques encourus par les aménagements des berges.*



*Photographie 11 : Gabions endommagés. D'après les témoignages, les gabions ont été construits après un décaissement de 50 cm alors qu'il apparaît très nettement qu'il est aujourd'hui surélevé.*



*Photographie 12 : Gabion endommagé. Les laisses de crue et le dépôts alluviaux montrent qu'il a été largement submergé.*

Par contre, il n'est pas avéré que les gabions soient responsables d'un changement important de la dynamique de l'oued dans ce secteur ni sur le plan des vitesses d'écoulement ni sur le tracé du cours d'eau car le lit est ici calibré et relativement rectiligne. Il n'est pas non plus pertinent d'attribuer aux gabions un rôle dans le tarissement des puits en effet ces ouvrages sont d'une taille très réduite au

regard du lit du Gobaad et les puits sont alimentés par des inféro-flux sur lesquels les gabions n'ont aucun impact. La simultanéité du tarissement des puits et la construction des gabions doit être interprétée comme une coïncidence.

Le rôle de la végétation de prosopis sur la stabilité des berges et du lit

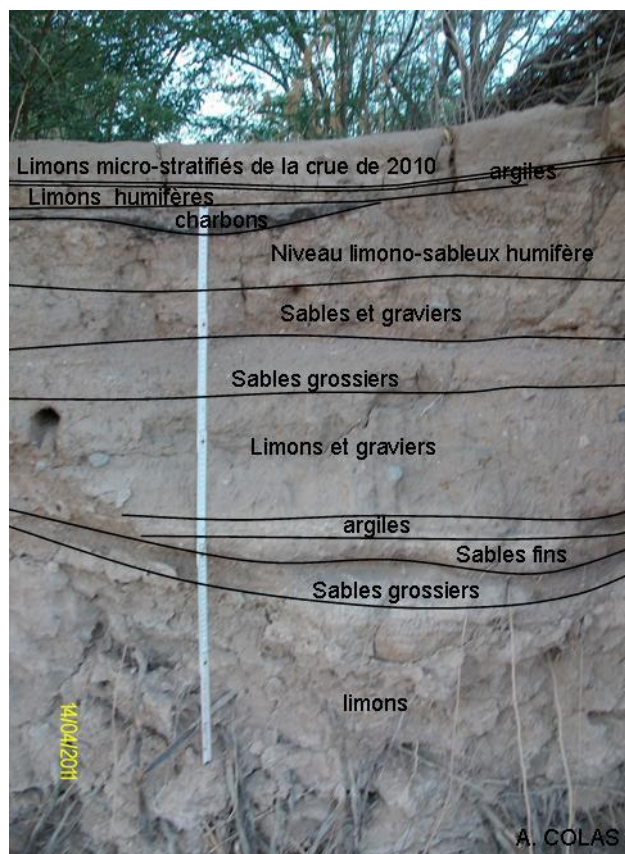
Contrairement à une croyance assez répandue, le rôle protecteur de la végétation de prosopis est indéniable. Certes, la perturbation locale des flux, liée à l'effet d'obstacle, est responsable d'affouillements en aval des obstacles mais ce rôle reste très localisé et ne peut s'appliquer à l'échelle de l'ensemble de la vallée. Sur l'ensemble du lit, la végétation contribue à ralentir la vitesse des écoulements mais elle est trop clairsemée pour entraîner un réel risque d'embâcle.



*Photographie 13 : La végétation peut entraîner des turbulences favorables à l'affouillement mais qui restent très localisées.*

Sur les berges, le rôle protecteur du prosopis est beaucoup plus complexe. Les berges peu escarpées qui séparent le lit mineur du lit moyen ou le lit moyen du lit majeur, la végétation de prosopis est présente sur le versant et on remarque que les affouillements ont été minimes. Par contre ces zones ont été engravées ce qui prouve un ralentissement de l'écoulement. Il n'est pas certain que le ralentissement de l'étalement des eaux ait favorisé la concentration, l'accélération et les reprises d'érosion dans le lit mineur. A As Eyla 1 et 2, où la progression du prosopis sur les berges a été importante (planche 7), rien n'indique clairement une reprise d'érosion des berges liée à l'accélération du flux. Par contre, le rôle protecteur sur les berges escarpées, qui séparent le lit mineur du lit majeur, semble très faible. Le système racinaire du prosopis n'étant pas assez dense pour retenir alluvions sableuses et peu cohérentes situées entre 1 et 3 m de profondeur.





Photographie 14 : On observe ici (Yalhalou) l'organisation des dépôts en strates homogènes. Cette stratification confère aux berges alluviales une médiocre résistance à l'érosion. La hauteur des berges ne met nullement à l'abri de l'inondation (on remarque au sommet des dépôts alluviaux ayant fossilisé des charbons de bois récents). Le réseau racinaire ne permet pas de retenir les terrains peu cohérents.

La végétation est souvent accusée d'être responsable d'une baisse des apports alluviaux sur les zones cultivées. Cet argument est sans doute justifié mais tout apport sédimentaire est inhérent à l'inondation et il est illusoire de vouloir l'un sans l'autre. De plus, les seules alluvions limoneuses ou limono-argileuses présentent un réel avantage agronomique. Or le ralentissement du courant par la végétation favorise leur dépôt alors qu'une vitesse plus élevée entraîne le dépôt de la fraction sableuse dont la qualité agronomique est médiocre. Le prosopis joue donc un rôle positif en ce qui favorise la lutte contre l'érosion.

## 2.4- l'inondation dans le lit majeur

### 2.4.1- La reconstitution du champ d'inondation : sources et méthodes

La pointe de crue de l'oued a semble-t-il été atteinte en fin de nuit et tout début de journée le mercredi 25 août. Il a d'après les témoignages plu une bonne partie de la nuit du 24 au 25 août 2010 sur As Eyla même si les précipitations n'étaient pas trop intenses. Ceci a dissuadé les veilleurs de rester sur les parcelles pendant la nuit, le bétail restant à l'abri en cas de précipitation. Ces précipitations nocturnes et l'heure de la crue expliquent que très peu de personnes étaient présentes dans les jardins au moment le plus fort de la crue. Aucune victime n'est d'ailleurs à déplorer à As Eyla. Cependant, nous n'avons que peu de témoignages visuels de la crue ni photographie ou film. Il a donc fallu reconstituer à partir d'autres sources l'emprise spatiale de l'inondation, les hauteurs d'eau atteinte et lorsque c'était possible collecter des éléments d'information sur les vitesses du courant.

La reconstitution de l'empreinte spatiale de la crue a été approchée par l'analyse des images satellites décrites plus haut.

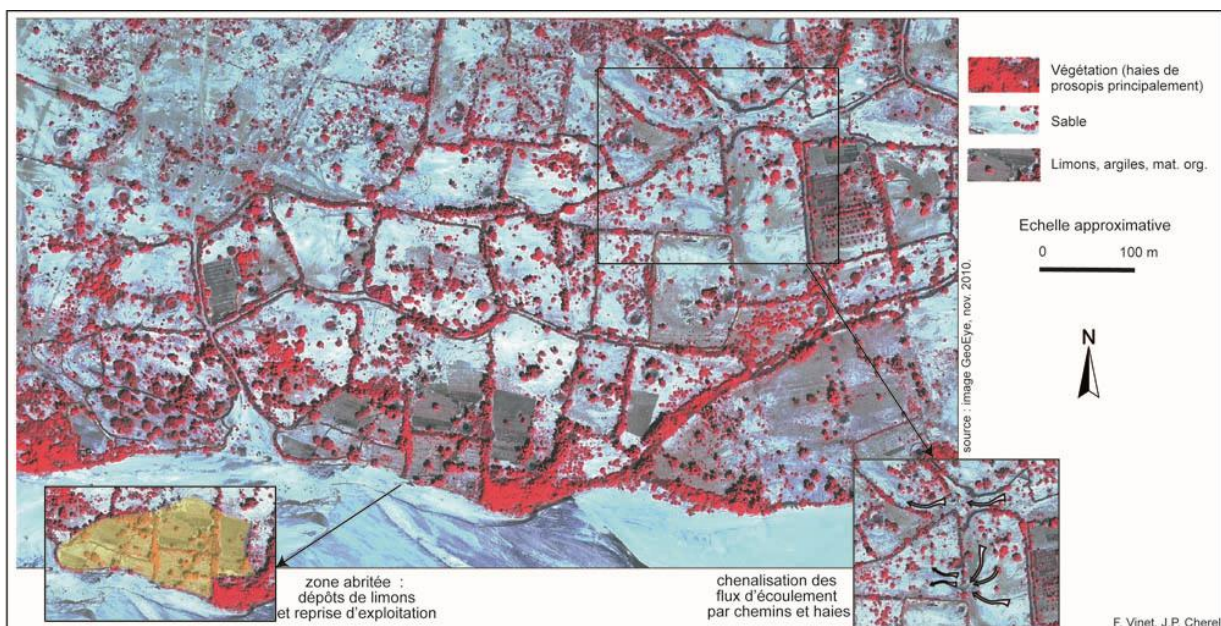


Figure 18 : interprétation de l'image GeoEye de novembre 2010 pour la dynamique de l'inondation d'août 2010

En comparant les images satellites avant et après la crue, la trace des limites de l'espace inondé se lit par les différences de réflectivité du sol, par la disparition de végétation, le dépôt ou l'érosion (figure 18).



Photographie 15 : dépôt de limons en lit majeur, témoin de l'inondation

Le dépôt de limon (photographie 15 et figure 18) témoigne d'une zone de calme relatif (diminution des vitesses). Sur la figure 18, les surfaces en matériau limoneux et matière organique se caractérisent par des teintes brunes. La couleur bleu clair reflète la présence de matériel plus réfléchissant (matériaux secs tels le sable). Les secteurs érodés en lit majeur se lisent par les formes hydrodynamiques des creusements ou des remaniements de matériaux. Ils témoignent de la présence de vitesse suffisamment élevées pour arracher le matériel et le transporter.

La première analyse effectuée sur les images a été complétée par les relevés de terrain. La présence de dépôts végétaux (laisse de crue) ou sédimentaires (limon, sable) a permis de corroborer le passage de l'eau dans tel ou tel secteur et de confirmer les contours de la zone inondée. En pied de versant, la limite est parfois difficile à déterminer entre les eaux de l'oued Gobaad et les écoulements des oueds affluents, les nappes d'eau se confondant parfois sans qu'il soit possible de dire si les pointes de crue ont été concomitantes.

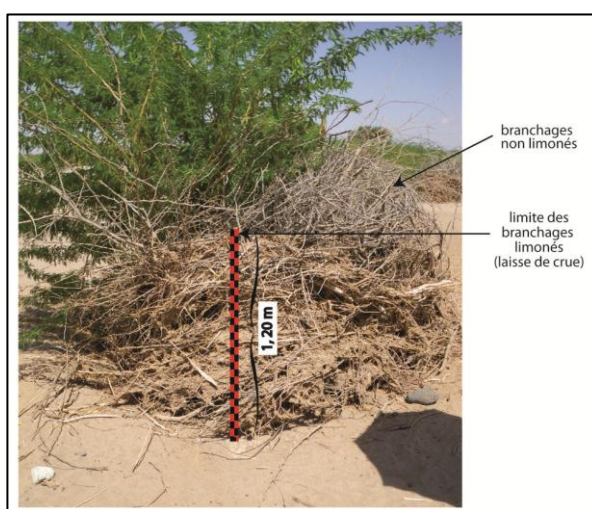


Figure 19 : le repérage des hauteurs d'eau maximales atteinte par le relevé des laisses de crue



*Photographie 16 : laisses de crue jonchant le sol au sud du village d'As Eyla et témoignant de flux superficiels de 20 à 30 cm d'épaisseur d'eau.*

Quatre-vingt-dix-huit relevés de laisse de crue ont été mesurés et géoréférencés. Confirmés par endroit par les témoignages des agriculteurs, ils ont permis de tracer la carte des hauteurs d'eau (figure 19) au plus fort de la crue avec une précision de l'ordre d'une dizaine de centimètres. Cette carte s'est limitée aux secteurs cultivés ou cultivables. L'expertise se concentrant sur les secteurs cultivés, les secteurs du lit majeur non cultivés en particulier en rive gauche et en amont d'As Eyla n'ont pas fait, faute de temps, l'objet de relevés précis. Cela ne veut pas dire que pas inondés. Dans un souci de cohérence, les espaces ont été cartographiés à partir d'une analyse hydrogéomorphologique, de l'étude comparative des images satellites et de quelques relevés de terrains non systématiques.

La figure 21 présente donc l'ensemble des espaces inondés lors de la crue du 25 août 2010 avec des hauteurs précises dans les secteurs cultivés et un aléa indifférencié dans les secteurs non cultivés en rive gauche et à l'amont d'As Eyla.

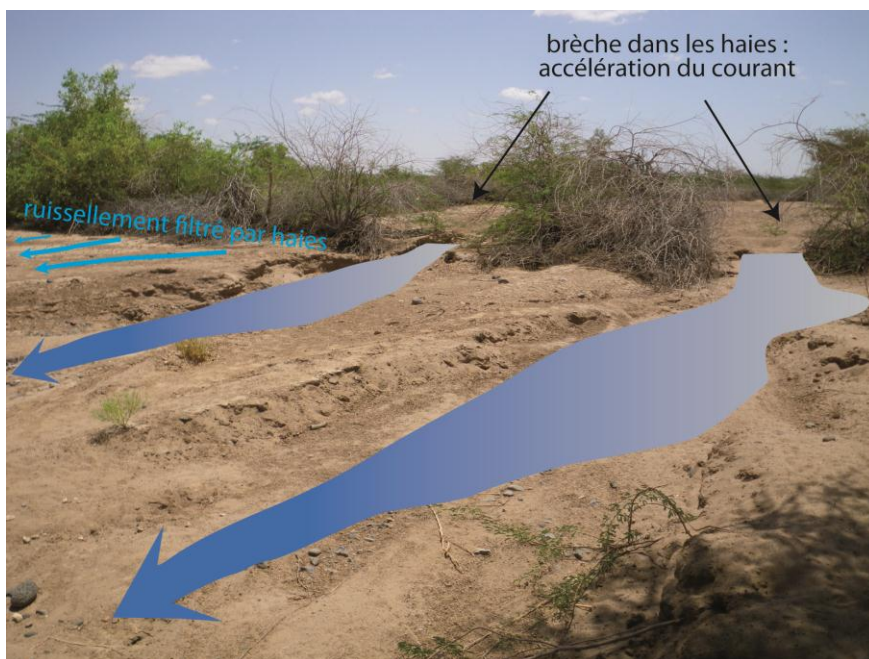


Figure 20 : la dynamique de l'écoulement en lit majeur : accélération locale du courant et érosion lorsque le flux franchit les haies de Prosopis

#### 2.4.2- La carte des hauteurs d'eau maximales en lit majeur (page suivante figure 21 et planche 1)

L'inondation est allée pratiquement jusqu'au pied de l'encaissant. Du fait d'une légère disposition en toit de l'oued dans certains secteurs (Yalhalou, As Eyla 1 et 2 ...), les hauteurs sont parfois plus importantes dans le lit majeur externe qu'à proximité du lit mineur comme à l'amont d'As Eyla. Toutefois, il semble que les haies de prosopis aient joué un fort rôle de filtrage des flottants et de réduction des vitesses et de hauteurs entre les berges et le lit majeur externe.

La discrétisation des hauteurs d'eau est relativement large et l'incertitude assez forte autour du seuil de 50 cm. La submersion était de l'ordre de 50 cm dans le lit majeur externe pouvant aller jusqu'à plus d'1,5m dans le lit majeur interne. La décroissance rapide des hauteurs entre le lit majeur interne et externe semble due à l'effet filtrant des prosopis. La présence d'allées bordées de prosopis dans le prolongement du lit mineur ou dans d'anciens chenaux de crue a canalisé les flux en lit majeur augmentant les débits dans ces allées mais limitant les dégâts sur les parcelles voisines.

Dans le lit majeur de l'oued Gobaad entre Garsale Daba et Tamiro, les secteurs inondés couvrent 568 ha (voir tableau 2 ci-dessous et tableau 4 § 3.2.1)

Tableau 2 : répartition des surfaces cultivées inondées en fonction des hauteurs d'eau

Hauteur d'eau maxi atteinte lors de l'inondation	Surface (lit majeur zones cultivée)
0 à 50 cm	116 ha
50 cm à 100 cm	301 ha
plus de 1 m	151 ha

Les hauteurs ont été relativement faibles et seuls 26 % du lit majeur entre Garsale Daba et Tamiro ont été submergés par plus d'un mètre d'eau. Toutefois, plus que la hauteur d'eau c'est la force érosive du fleuve qui a été destructrice dans un matériau meuble fait de sable et de limons donc très peu résistant à l'érosion. Les vitesses nécessaires à la mobilisation de ce type de matériel sont faibles.

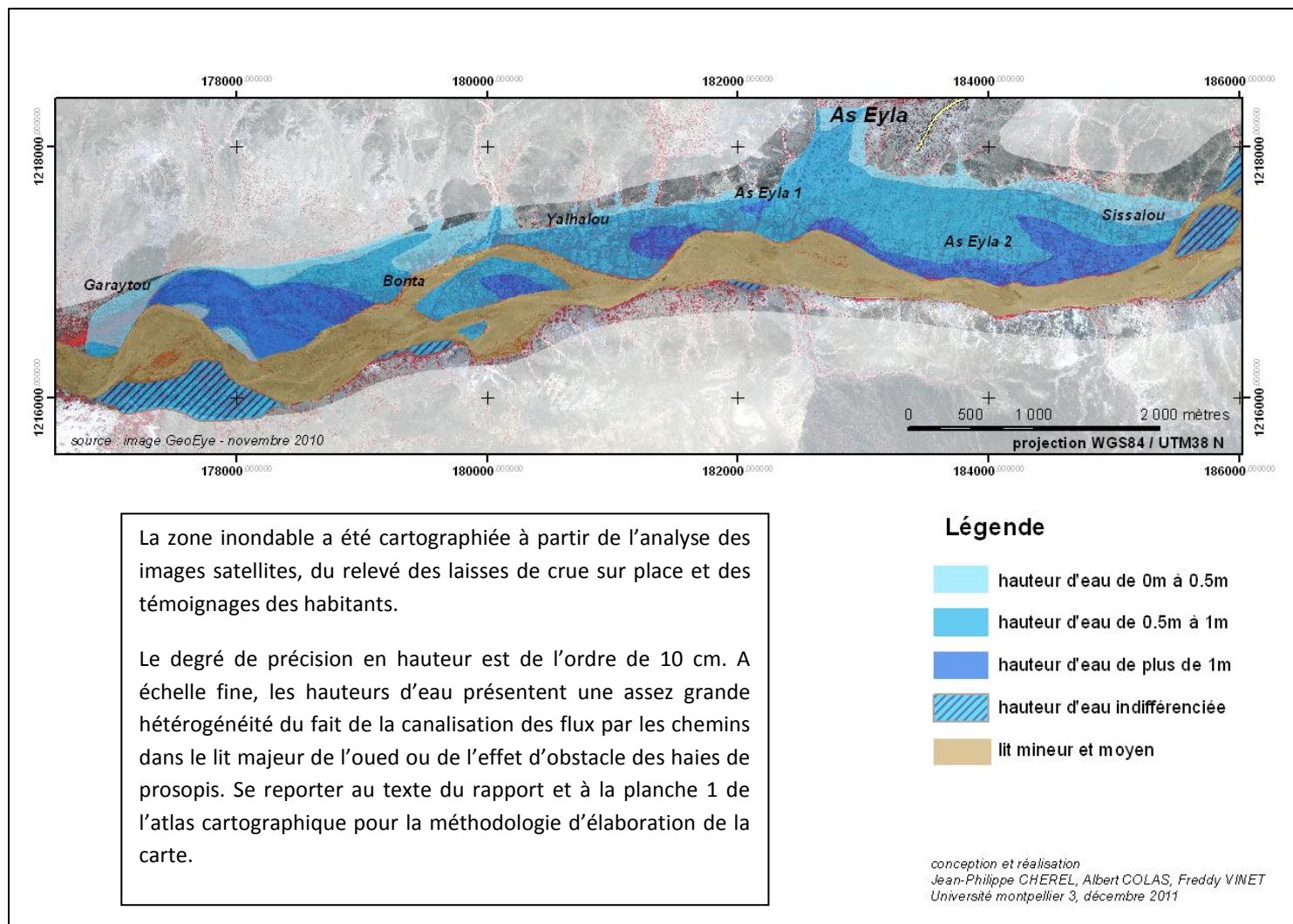


Figure 21 : carte de la zone inondée par l'oued Gobaad entre As Eyla et Tamiro (voir compléments planche 1 hors texte)

### 2.4.3- L'estimation des vitesses et de la dynamique des écoulements

Une évaluation du débit global de l'oued nécessiterait la reconstitution des profils transversaux afin de mesurer la section mouillée elle-même soumise à fortes variations au cours de la crue, le matériau encaissant étant très meuble. Le temps imparti et les budgets n'ont pas permis d'établir un MNT (modèle numérique de terrain) à l'échelle de la vallée qui aurait permis d'estimer les débits.

La courbe de *Hjülstrom* (voir plus haut § 2.3.2) et la dynamique des chenaux de crue laisse penser que les vitesses n'ont pas dépassé 1 m/s avec des accélérations locales sans doute supérieures à ce seuil. L'application du test de Manning-Strickler est délicate compte tenu de l'hétérogénéité du lit en termes de pente et de rugosité. La carte de la dynamique d'écoulement en lit majeur a été reconstituée à partir des images satellites et des observations terrain (figure 22).

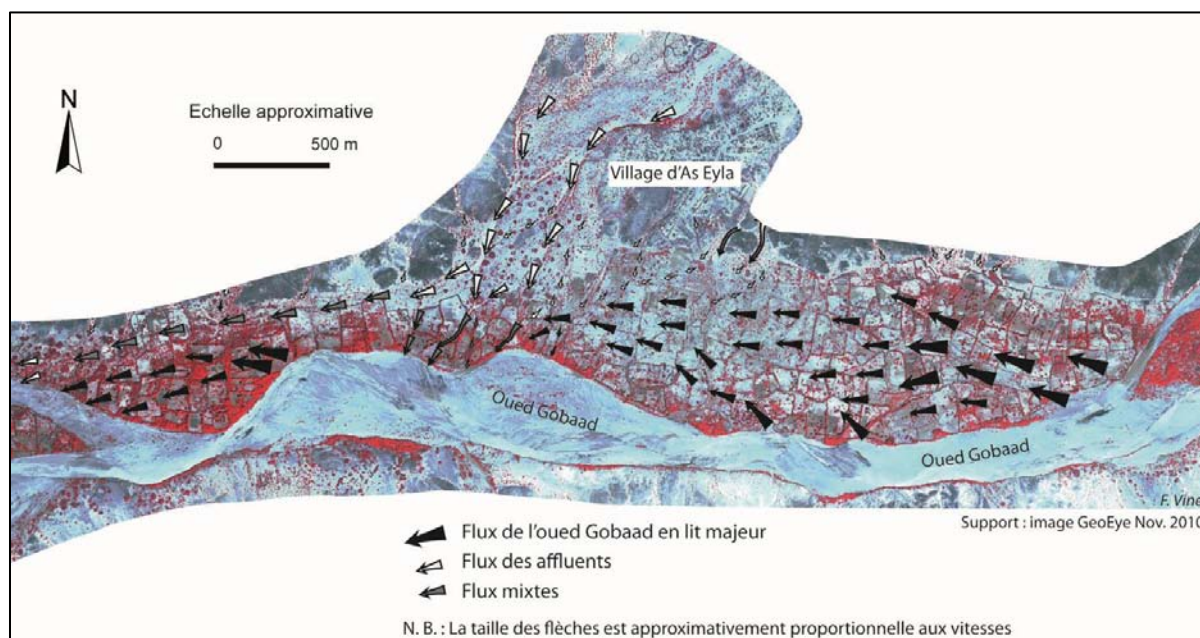


Figure 22 : dynamique des écoulements lors de la crue du 25 août 2010 (partie centrale)

L'eau pénètre en lit majeur par l'amont, la ligne des vitesses maximales prenant alors la ligne des plus fortes pentes en shuntant les méandres du lit mineur. C'est particulièrement clair en amont d'As Eyla 2 et de Garaytou. Dans ces secteurs, les ravinements en lit majeur ont enlevé la pellicule superficielle de terre arable et déposé du sable en fin de crue. L'eau rejoint le lit mineur par l'aval des méandres convexes ou par les lits chenalés des oueds affluents. Du fait de la disposition en toit (figure 4 plus haut), les écoulements des oueds affluents ne peuvent rejoindre directement l'oued Gobaad et continuent leur écoulement parallèlement à l'oued principal vers l'aval. Ceci explique les hauteurs d'eau parfois plus élevées en lit majeur externe que sur les rives de l'oued Gobaad lui-même.

## ***2.5- Remise en perspective temporelle de la crue d'août 2010***

On ne dispose pas de chronique de débits ou de hauteurs sur l'oued Gobaad. Les études hydrologiques faisant référence à l'Oued Gobaad remontent aux années 1980 (CHA, coopération hydrogéologique allemande, 1982) et sont inexploitable à des fins hydrologiques. Les études hydrogéologiques ont été nombreuses depuis notamment sous l'égide du CERD mais concernent surtout les nappes profondes destinées à l'alimentation de la ville de Djibouti. On déplorera ici le manque de capitalisation de données sur les événements précédents. Un simple rapport sur les zones touchées lors de chaque inondation permettrait de distinguer crues banales et crues exceptionnelles et de mieux calibrer les solutions à apporter.

On conçoit aisément que la mesure de hauteurs d'eau ou le tarage de courbe hauteur/débit soit pratiquement impossibles sur des organismes fluvi-sédimentaires aussi mouvants. Il est donc impossible d'attribuer une période de retour fiable à la crue du 25 août 2010. Toutefois une capitalisation des retours d'expérience permettrait de calculer des périodes de retour d'enveloppe inondée. C'est la technique développée sur les Sandurs islandais dont la mobilité est légendaire (Pagneux et al., 2010).

Les témoignages des agriculteurs et les observations morphologiques dans le lit mineur confirment que l'oued fonctionne assez fréquemment au moins une fois tous les deux ans en moyenne. Toutefois les niveaux atteints en 2010 sont élevés et de mémoire locale jamais atteints de puis la fondation des jardins.

Cependant les défluviations de l'oued Gobaad ne sont pas rares et font partie de la dynamique du cours d'eau. La comparaison des images satellites de 1990, 2007 et 2010 montre que dans certains secteurs (aval) les divagations de l'oued Gobaad sont fréquentes. La notion de lit majeur ou lit mineur est alors complexe à déterminer (planches 2 et 3).

\*\*\*\*\*

En conclusion, l'inondation est un phénomène complexe et plus que la hauteur d'eau en elle-même c'est la dynamique géomorphologique de l'oued et de ses affluents qui peut engendrer des dommages par érosion superficielle ou latérale. Le matériel sédimentaire peu cohérent est source de fragilité et la mobilité de l'oued fait partie du fonctionnement de l'hydrosystème. Cette dynamique a pu être approchée à partir des relevés de terrain et de la documentation (principalement l'imagerie satellite et aérienne) disponible sur les dernières années. L'intérêt de cette analyse précise d'événement « inondation » en République de Djibouti est de capitaliser et de pouvoir comparer cet événement à d'autres survenus dans un même contexte. Ces cartographies serviront également au calibrage des futures crues de l'oued Gobaad. Les méthodes permettant d'estimer des périodes de retour par la comparaison des surfaces inondées (et non des débits ou des hauteurs) est en train de se développer sur les organismes fluviatiles extrêmement mobiles comme les oueds.



## **3- Les dommages**

### ***3.1- Typologie des dommages, Sources et méthodes***

#### **3.1.1- les dommages des fortes pluies d'août 2010 en République de Djibouti**

Les inondations du 25 août 2010 ont fait de nombreux dégâts et 2 victimes dans la région de Dikhil. Les personnes décédées sont deux gendarmes emportés par l'Oued Abaitou au lieu-dit Abaiti-Af alors qu'ils allaient prendre la relève à Gourabous le mercredi matin 25 août vers 9h. Un autre gendarme a pu s'échapper à temps<sup>8</sup>.

Les dommages sont nombreux sur la préfecture de Dikhil et concernent :

- les coupures de routes et de pistes. La route nationale 1 a été coupée pendant trois jours entre Aloumbolto et Gourabous.
- Des pertes de bétail ont été signalées
- Des pertes agricoles ont été nombreuses à Hanleh et Harrou et dans la palmeraie de Dikhil.

Le Secteur d'As Eyla est connu pour ses jardins qui depuis plusieurs dizaines d'années assurent une production légumière importante et des revenus pour près de 200 familles. Or les divagations et les débordements de l'oued lors de la crue du 25 août 2010 ont occasionné des pertes de récoltes et des pertes de terrains cultivables le long de l'oued Gobaad mais aussi près de Dikhil.

#### **3.1.2- les dommages dans les jardins d'As Eyla. Type de dommages et méthode de travail**

La mission d'expert s'est penchée sur les effets de la crue sur les enjeux c'est-à-dire les dommages aux biens. Il a fallu d'abord établir une typologie des dommages (par secteurs) puis essayer de les quantifier. Inspirée de Parker (2000), la typologie des dommages la plus couramment employée pour les inondations distingue les dommages directs et indirects (Tableau 3). Les premiers sont des dommages matériels « tangibles » pour reprendre l'expression de Parker et assez facilement quantifiable voire monétisable. En revanche les dommages indirects ne sont pas toujours faciles à identifier et encore moins à quantifier.

---

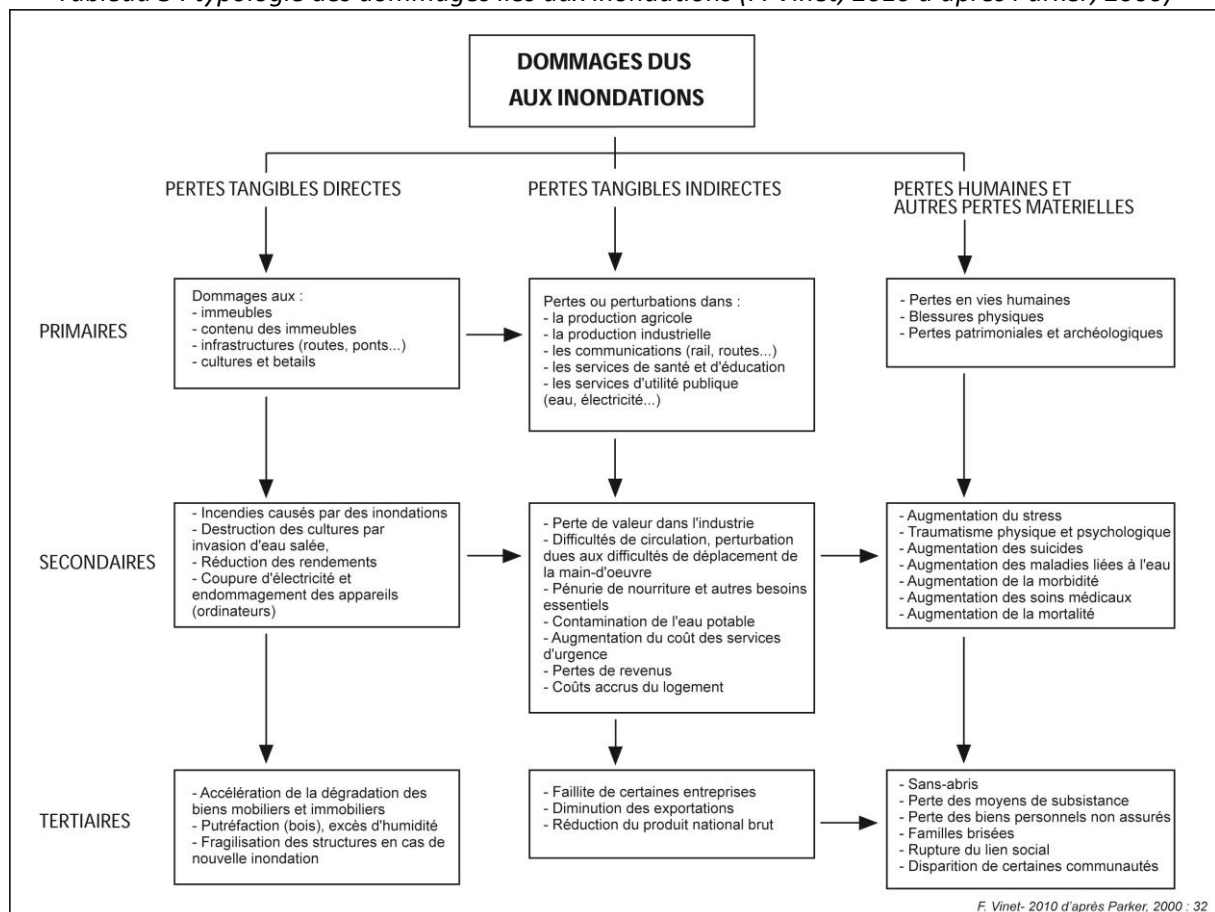
<sup>8</sup> Procès-verbal de la réunion du comité local de gestion des crises suite aux dernières précipitations dans la région. Préfecture de Dikhil

Les principaux dommages directs consistent en la perte de terrains agricoles, de sols et de culture sur pied. S'ajoutent à cela les pertes liés aux aménagements (puits, canaux) et aux équipements hydrauliques (pompes, tuyaux...). Les premières se chiffrent en journées de travail lorsque le puits est à recréer ou en monnaie sonnante et trébuchante lorsqu'il s'agit de matériel.

On distingue :

- les dommages à l'agriculture (pertes de terrain, pertes de terres salinisation....)
- les dommages aux dispositifs irrigants
- les dommages aux petits matériels et outillage de production
- les coûts indirects de la remise en état, des pertes d'exploitation (manque à gagner faute de culture dans les mois qui suivent l'inondation)

Tableau 3 : typologie des dommages liés aux inondations (F. Vinet, 2010 d'après Parker, 2000)



Afin d'étudier les dommages et la réhabilitation des cultures à la suite de l'inondation d'août 2010 à As Eyla, nous avons suivi la démarche suivante :

- Etude de la bibliographie en relation avec le secteur d'As-Eyla
- Acquisition d'images satellites pré et post inondation permettant par superposition l'identification des zones érodées et l'observation des modifications apportés par l'oued,

- Recueil des témoignages de la majorité des acteurs de la coopérative agro-élevage du Gobaad par la réalisation de focus-groupes à As Eyla en avril 2011.
- Création d'une typologie des dommages et de la réhabilitation,
- Prospection des exploitations permettant d'évaluer les dommages et la réhabilitation des cultures et des puits puis cartographie.
- Synthèse des facteurs de résilience facilitant ou entravant la récupération post catastrophe

## ***3.2- Quantification des pertes directes liées à la crue du 25 août 2010***

### **3.2.1- Types de dommages en fonction de la morphologie**

L'analyse des différentes images, complétée par l'analyse du terrain, a permis d'établir une typologie et une quantification précise des modifications du lit et des dommages consécutif à la crue du 25 août 2010.

Les planches 4 et 5 de l'atlas montrent l'ensemble des dommages sur les terres agricoles et non agricoles. *Nous avons distingué :*

- **Les zones inondables dans le lit majeur** où les écoulements étaient relativement lents si bien que l'oued a surtout déposé des alluvions fines (argiles, limons, sables fins). Localement, la micro-topographie peut générer des turbulences responsables d'affouillements mais ces derniers restent localisés. Les dommages restent donc limités les terrains peuvent être réhabilités directement par les exploitants le désensablement d'un puits de 3m de profondeur des puits ne nécessitant que deux jours de travail pour deux travailleurs. Les apports limoneux en particulier dans les zones d'eaux peu profondes peuvent même avoir un rôle positif pour l'agriculture bien que très limité étant donné la faible part de la fraction organique des alluvions. Ces zones étant largement occupées par les jardins c'est cependant ici que les pertes matérielles et agricoles sont les plus importantes, le comblement des puits et les pertes de pompes sont particulièrement préjudiciables. Elles ne présentent pas de caractéristiques clairement identifiables sur l'image satellitaire, les observations de terrain montrent que la totalité du lit majeur est susceptible d'être inondé.

- **Les zones moyennement endommagées par engravements** dans le lit moyen et plus rarement dans le lit majeur. Les dépôts sont relativement grossiers (sables, cailloutis, plus rarement blocs) et peuvent atteindre une épaisseur importante (plus d'un mètre par endroits). Les terrains ne sont pas totalement perdus mais la médiocre qualité agronomique et l'épaisseur de ces dépôts ne permet pas toujours une réhabilitation aisée des terrains. Sur l'image satellitaire, on observe des traces nettes d'écoulements mais la végétation est peu affectée.

- **Les zones de dégâts importants** ont été affectées à la fois par le dépôt de matériaux grossiers et par des surcreusements qui affectent la totalité de la superficie. La topographie est modifiée si bien que ces secteurs sont irrémédiablement perdus pour l'agriculture. Les infrastructures qui ont pu y être réalisés sont totalement détruites (puits, canaux d'irrigation...). On notera que ces aménagements ont été réalisés dans des zones déjà affectées par l'érosion avant la crue de 2010 (périmètres irrigués de Garsale Daba et de Garaytou). Le choix de ces sites pour l'agriculture a été motivé par la présence

d'eau peu profonde sans tenir compte de la menace. L'image satellitaire permet de les identifier aisément du fait des importants dommages à la végétation.



*Photographie 17 : Destruction totale de terres agricoles et d'un puits par affouillement et dépôt d'alluvions sableuses à Garaytou. On notera que ce secteur a déjà été fortement endommagé par des crues plus anciennes.*

- Enfin, nous avons distingué les zones totalement détruites (endommagement = 100 %) du fait du sapement des berges escarpées par l'oued. Les rives concaves des méandres de Bonta et Garaytou sont les plus affectées mais des dégâts non négligeables sont à déplorer dans les secteurs de Sissalou et Yalhalou. Il s'agit de secteurs parfois agricoles situés sur le lit majeur mais à proximité immédiate de lit mineur. Ces zones sont irrémédiablement perdues. Elles apparaissent très nettement sur les images.

Bien que quelques tentatives de colonisation y aient été observées à Sissalou et As Eyla, nous n'avons pas pris en considération les dégâts dans le lit mineur car la mobilité fait qu'aucun aménagement ne peut y être considéré comme pérenne.

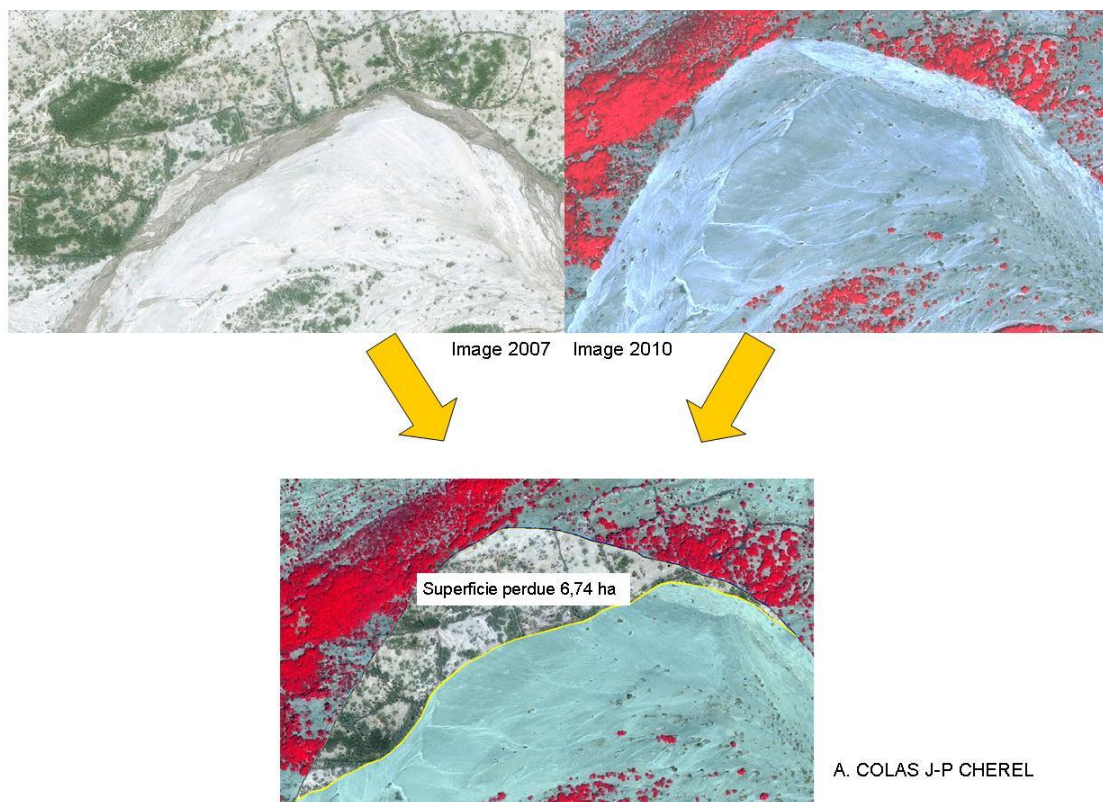


Figure 23 : Exemple d'évaluation des pertes par érosion latérale par comparaison de deux images à Garaytou.

Tableau 4 : Bilan des dommages liés à la crue de 2010 entre Garsale Daba et Garaytou d'après les images satellitaires et les observations de terrain (Atlas Planches 4 et 5)

Niveau de dommage	Surfaces agricoles *	Surfaces non agricoles	total
Endommagement total (destruction par sapement de berge)	16	18	34
Endommagement important (affouillement et engravement)	45	53	98
Endommagement moyen (engravement, ensablement)	9	2	10
Total endommagement moyen ou fort			142
Endommagement faible	568	240	808
Total des zones touchées par l'inondation			950

\*parcelle partiellement ou totalement cultivée avant la crue

J-P Cherel, A. Colas, F. Vinet Univ. Montpellier 3

Il ressort de l'analyse des cartes que les superficies fortement ou moyennement endommagées représentent une surface totale de 142 hectares dont près de la moitié de terrains agricoles. Le chiffre des pertes est différent de celui fourni par les agriculteurs car il prend en compte la totalité des espaces agricoles qu'ils soient effectivement mis en culture ou non. On note que la plus grande partie des pertes concerne les grands périmètres de Garaytou et de Garsale Daba qui ont été bien imprudemment aménagés dans le lit moyen. Ces espaces, déjà affectés par les crues précédentes étaient partiellement en voie d'abandon. La perte de 16 hectares de terrains agricoles par sapement de berges est beaucoup plus préjudiciable car il s'agit de terrains situés sur le lit majeur où les sols sont de meilleure qualité. Les secteurs les plus affectés sont ceux de Yalhalou, Bonta et Garaytou. Les zones faiblement endommagées n'ont pas été quantifiées car les dommages sont trop hétérogènes pour être observés sur les images satellitaires et cartographiés sur le terrain.

### 3.2.2- Les pertes de cultures

Les pertes de cultures ont été évaluées après collecte d'information auprès des représentants des agriculteurs et de la communauté d'As Eyla et en particulier les dirigeants de la coopérative agricole d'As Eyla. Ils ont été ensuite validés par des relevés terrains et l'analyse des images satellites.

Tableau 5 : Répartition des parcelles endommagées par secteurs et type de jardin (voir localisation des secteurs figure 2)

Secteur	Jardin coopératif			Jardin non coopératif			Total jardins endommagés	Total jardins non-endommagés
	Endommagé		Non endommagé	Endommagé		Non endommagé		
	Total	Partiel		Total	Partiel			
As Eyla 1	10	10	12	0	0	0	20	12
As Eyla 2	2	40	0	0	0	0	42	0
Yalhalou	12	3	25	3	0	0	18	25
Bonta	11	0	20	10	0	1	21	21
Garaïtou	10	6	22	4	0	0	20	22
Tamiro	4	2	5	0	0	0	6	5
Sissalou	5	10	28	0	0	0	15	28
Garsalé Daba	6	8	20	0	0	0	14	20
	60	79	132	17	0	1	156	133

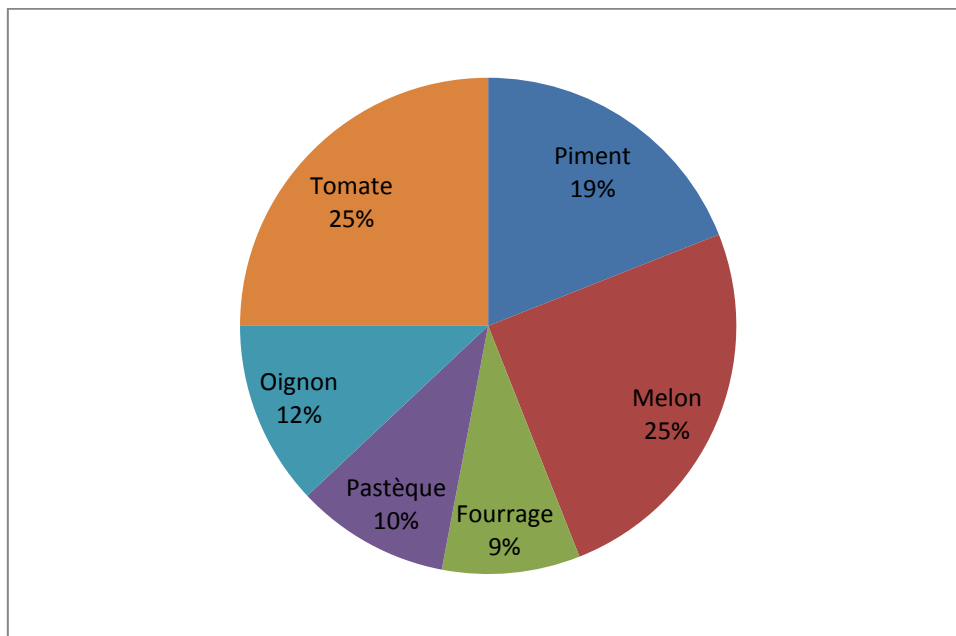
Source : Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad

Le tableau 5 récapitule ces dommages. On observe sur l'ensemble de la zone sinistrée, que les jardins de type coopératif sont plus nombreux (271) que les non coopératifs (18). Cela dénote la forte

implantation du mouvement coopératif dans la sous-préfecture d'As Eyla. Au niveau des jardins coopératifs, la crue a inondé un peu plus de la moitié soit 51% du parc des sociétaires de la coopérative. On retrouve presque cette tendance générale dans la zone affectée prise dans sa globalité. Ainsi la totalité des 156 jardins ayant subi des dommages tous types confondus représente environ 54% de l'ensemble du parc des exploitations considérées. Les zones d'As Eyla 1 et 2 ont été particulièrement touchées car c'est dans cette zone que les jardins en culture étaient les plus nombreux à l'époque de la crue.

En outre, la localité d'As Eyla 2 abrite non seulement la plus forte densité mais également a payé le lourd tribut avec 42 parcelles détruites dont 40 partiellement.

La mission ne disposait pas de trace écrite des surfaces de mise en culture à l'époque de la crue mais des discussions avec les mêmes représentants des agriculteurs de la communauté d'As Eyla ont permis de reconstituer la répartition par SAU (surface agricole utile) des cultures ou assolement moyen retenu par le président, ses collaborateurs et les propriétaires de jardins endommagés (figure 24) :



Source : Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad

Figure 24 : Répartition des cultures par surface agricole utile

Historiquement, la tomate était le produit d'appel sur lequel pendant longtemps la coopérative du Gobaad a bâti son rayonnement que l'on lui connaît. Aujourd'hui, le melon l'a rejoint dans le peloton de tête des cultures à forte valeur marchande. Ils sont suivis de façon hiérarchique par le piment, l'oignon, la pastèque et le fourrage pour bétail. Les pertes de production compilées dans le tableau 6 proviennent des surfaces agricoles utiles partiellement et ou totalement détruites. Les estimations sont rapportées par secteurs en tenant compte de l'assolement susmentionné, du rendement et des cours indicatifs moyens du marché.

Tableau 6 : Répartition des pertes de production et produit agricole brut associé

Site	Localité	Indicateurs	Pertes de production par type de culture et produit brut agricole associé						Total
			Melon	Pastèque	Tomate	Oignon	Piment	Fourrage	
1	As Eylal 1	SAU (ha)	3,75	1,50	3,75	1,80	2,85	1,35	15,00
		Production (t)	6,75	0,78	4,50	2,70	1,82	8,10	24,65
		PBA (millier fd)	810	39,00	450,00	405,00	237,12	324,00	2265,12
2	As Eylal 2	SAU (ha)	7,88	3,15	7,88	3,78	5,99	2,84	31,50
		Production (t)	14,18	1,64	9,45	5,67	3,83	17,01	51,78
		PBA (millier fd)	1 701,00	81,90	945,00	850,50	497,95	680,40	4 756,75
3	Yalhalou	SAU (ha)	1,88	0,75	1,88	0,90	1,43	0,68	7,50
		Production (t)	3,38	0,39	2,25	1,35	0,91	4,05	12,33
		PBA (millier fd)	405,00	19,50	225,00	202,50	118,56	162,00	1 132,56
4	Bonta	SAU (ha)	3,94	1,58	3,94	1,89	2,99	1,42	15,75
		Production (t)	7,09	0,82	4,73	2,84	1,92	8,51	25,91
		PBA (millier fd)	850,50	40,95	472,50	425,25	248,98	340,20	2 378,38
	Garaytou	SAU (ha)	2,50	1,00	2,50	1,20	1,90	0,90	10,00
		Production (t)	4,50	0,52	3,00	1,80	1,22	5,40	16,44
		PBA (millier fd)	540,00	26,00	300,00	270,00	158,08	216,00	1 510,08
5	Tamiro	SAU (ha)	0,75	0,30	0,75	0,36	0,57	0,27	3,00
		Production (t)	1,35	0,16	0,90	0,54	0,36	1,62	4,93
		PBA (millier fd)	162,00	7,80	90,00	81,00	47,42	64,80	453,02
6	Sissalou	SAU (ha)	1,88	0,75	1,88	0,90	1,43	0,68	7,50
		Production (t)	3,38	0,39	2,25	1,35	0,91	4,05	12,33
		PBA (millier fd)	405,00	19,50	225,00	202,50	118,56	162,00	1 132,56
	Garsalé Daba	SAU (ha)	1,75	0,70	1,75	0,84	1,33	0,63	7,00
		Production (t)	3,15	0,36	2,10	1,26	0,85	3,78	11,50
		PBA (millier fd)	378,00	18,20	210,00	189,00	110,66	151,20	1 057,06

Source : Mission As Eylal 2011/ Coopérative du Gobaad



Le secteur d'As Eyla 2 a de très loin la plus grande surface cultivée des zones sinistrées avec environ 32 ha soit près du tiers des surfaces agricoles utiles détruites. Elle est secondée conjointement par les secteurs d'As Eyla 1 et Bonta (une quinzaine d'hectares chaque). La moyenne générale des SAU par jardin (parcelle) donne environ 0,62 ha. Elle est révélatrice de la petite taille des jardins. Cette tendance de micro parcelles est également observée au niveau des localités elles-mêmes. Elles varient entre 0,75 ha et 0,5 ha et rappellent étrangement les jardins de cases au Mali. Ces petites exploitations constituent des activités secondaires génératrices de revenus et complètent le revenu agricole de ménages hors cultures céréalières.

C'est le lieu de rappeler que dans l'agriculture, l'économie d'échelle exige de satisfaire de manière générale aux conditions de disponibilité puis d'accessibilité foncière, d'équipement (mécanisation), de main-d'œuvre compétente, de maîtrise de la ressource hydrique (irrigation), des consommations intermédiaires (qualité des semences et fertilisants par une bonne sélection), d'itinéraire technique approprié et de bonne maîtrise du post récolte etc. Dans le cas d'As Eyla, la redynamisation du maraîchage passe nécessairement par l'optimisation de l'usage de l'eau agricole.

Il ne nous a pas été possible de déterminer avec précision les processus de transmission et d'échange du foncier. Après la crue il se peut que les habitants aient procédé à des échanges ou des prêts de parcelles sans qu'il ait été possible de quantifier ses transactions qui n'ont semble-t-il pas été l'objet de conflits. La maîtrise de la ressource hydrique demeure un facteur limitant pour amorcer l'économie d'échelle. La question de l'eau est donc au cœur de la problématique de développement durable de l'agriculture dans cette sous-préfecture. D'autant que les faibles précipitations irrégulières n'arrivent pas à recharger la nappe du fait de la structure géologique particulière (limono-sableux) favorisant ainsi le ruissellement des eaux de surface.

C'est dans ce contexte que les maraîchers sont contraints pour mener leur activité d'exercer une forte pression sur les eaux souterraines par pompage. D'autant que la culture maraîchère n'est pas une activité secondaire et saisonnière mais plutôt une activité régulière et principale. Vu la compétition pour l'eau, ils ne peuvent qu'exploiter des petites superficies. La charge de travail est forte sur les parcelles de l'ordre de 2 personnes à temps plein et 4 à temps partiels par hectare. La surface des parcelles correspond à la surface exploitable par une famille. L'emploi de travailleurs saisonniers ou temporaire est fréquent (notamment des agriculteurs d'origine éthiopienne) mais il n'est pas massif. Processus de division foncière, structure sociales individualistes et compétition pour l'eau expliquerait le démembrement constaté à As Eyla.

L'analyse du revenu brut agricole par localité montre que les montants les plus élevés proviennent de celles ayant produit plus de melons et de tomates à la fois. Par ordre d'importance les pertes ont été quantifiées sur les différents secteurs : As Eyla 2 (4.756.750 fd), Bonta (2.378.380 fd), As Eyla 1 (2.265.120), Garitou (1.510.080 fd), Sissalou (1.132.560 fd) et Garsalé Daba (1.057.060 fd) (figure 25). Pourtant lorsqu'on compare les prix unitaires de vente de chacun de ces produits maraîchers, l'oignon est en tête avec 150 fd par kg soit respectivement une fois et demi et une fois un quart ceux de la tomate et du melon. La raison serait vraisemblablement les parts de marché qu'occuperaient ces deux produits tant la demande est soutenue. L'itinéraire technique de l'oignon pourrait en être une autre à cause du désherbage permanent qu'il nécessite.

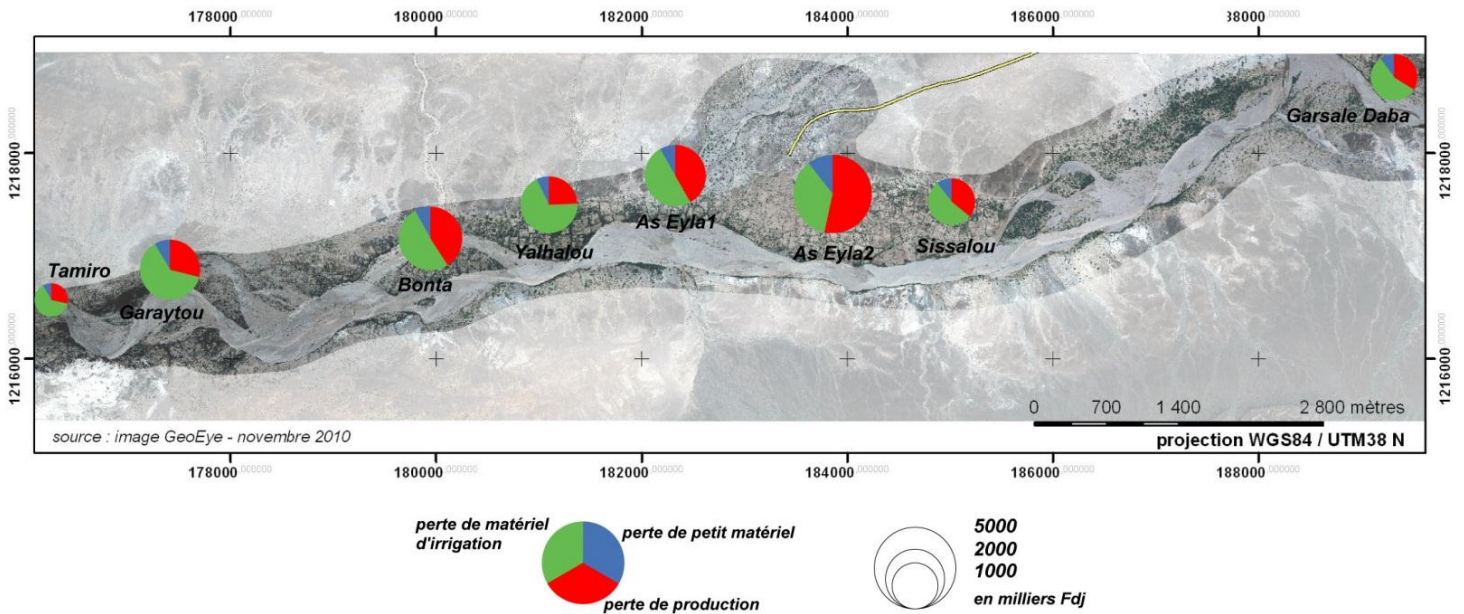


Figure 25 : montant des pertes par secteurs

### 3.2.3- Pertes sur l'outil de production

Outre les pertes de production, il y a également la détérioration du système d'irrigation. Comme antérieurement, nous avons procédé à une catégorisation des composantes du dispositif d'irrigation par type d'ouvrage et d'équipement. Cela a donné ce qui suit :

- Puits
  - Enfouis
  - Eboulés
  - Rénovés
- Motopompe
  - Totalemment détruite
  - Partiellemment détruite



Photographie 18 : puits comblé par la crue

Le tableau 7 ci- dessous en donne la synthèse ainsi que la valeur forfaitaire du petit matériel de production cultural.

Tableau 7 : Répartition des pertes financières en ouvrages, équipement hydrauliques et petit matériel cultural

Site	Secteurs	Indicateurs	Système d'irrigation				Petit matériel	
			Puits comblés	Puits éboulés	Moto pompe détruite	Moto pompe endommagée	Pertes financières	Valeur estimée (millier fd)
1	As Eyla 1	Nombre	10	10	10	10	2.710	450
		Valeurs (milliers fd)	840	420	1.200	250		
2	As Eyla 2	Nombre	2	40	2	40	3.208	945
		Valeurs (milliers fd)	168	1.680	240	1.120		
3	Yalhalou	Nombre	12	3	12	3	3.189	337,5
		Valeurs (milliers fd)	1.008	126	1.440	615		
4	Bonta	Nombre	11	10	11	10	2.974	472,5
		Valeurs (milliers fd)	924	420	1.320	310		
	Garaytou	Nombre	14	6	14	6	3.258	450
		Valeurs (milliers fd)	1.176	252	1.680	150		
5	Tamiro	Nombre	4	2	4	2	1.010	135,5
		Valeurs (milliers fd)	336	84	480	110		
6	Sissalou	Nombre	5	10	5	10	1.690	337,5
		Valeurs (milliers fd)	420	420	600	250		
	Garsale Daba	Nombre	6	8	6	8	1.760	315
		Valeurs (milliers fd)	504	336	720	200		
Total pertes financières en ouvrages hydrauliques et équipement (milliers fd)						23242		

Source : Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad

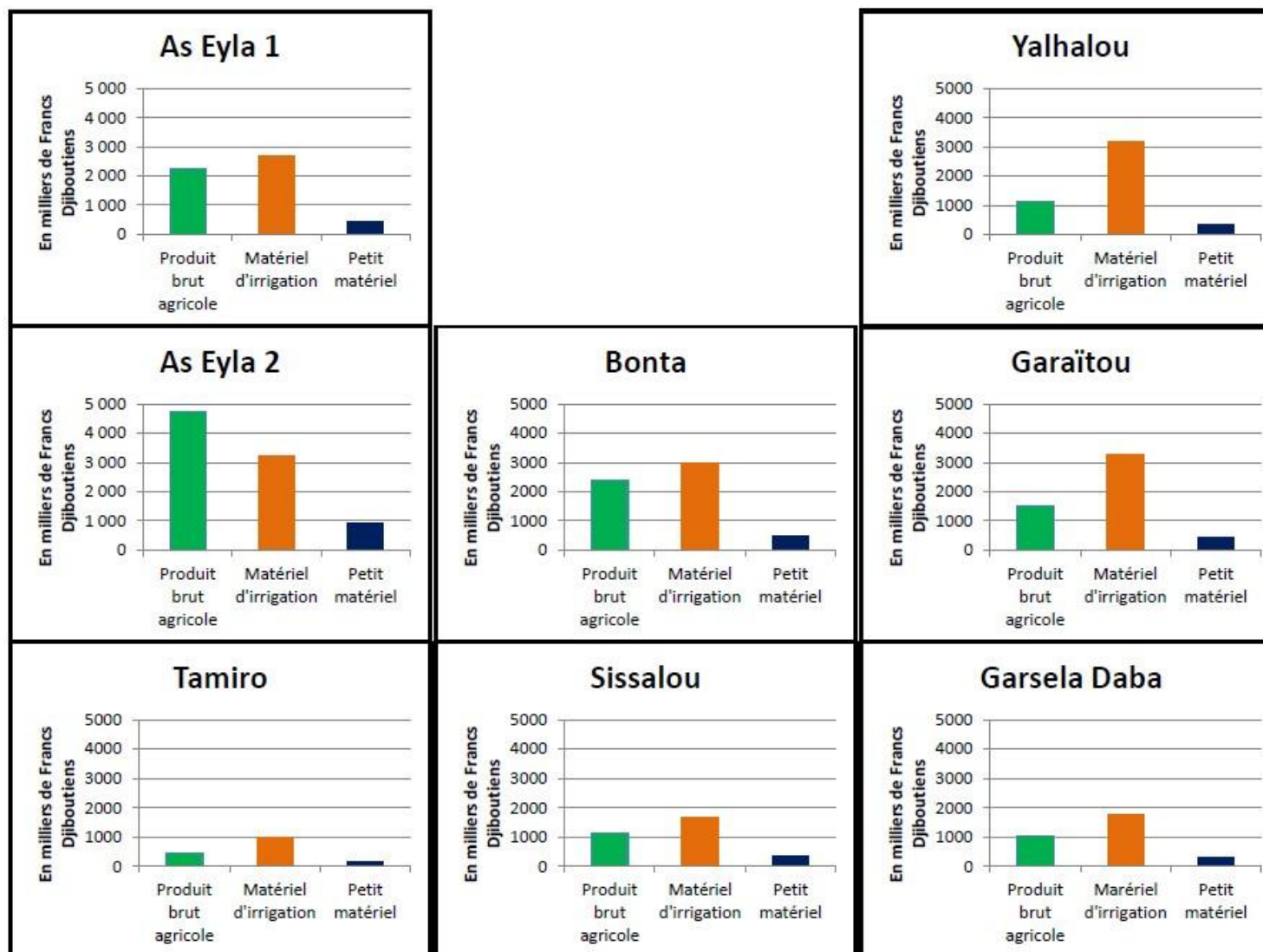


Figure 26 : répartition des pertes par secteur (source : focus group As Eyla avril 2011)

L'estimation des pertes financières a été faite sur la base de prix indicatifs et coût de réparation d'ouvrage ainsi que ceux du petit matériel fournis par la coopérative:

- Coût unitaire d'un puits : 84.000 fd
- Prix unitaire d'un moto pompe : 120.000 fd
- Prix unitaire d'un raccord de tuyau de 20 mètres : 3.000 fd
- Coût de réhabilitation d'un puits éboulé : 42.000 fd
- Coût d'une motopompe partiellement détruite : 25.000 fd
- Pelle : 2.500 fd
- Pioche 4.500
- Rateau : 4.500 fd
- Marteau : 6.000 fd
- Pulvérisateur : 20.000 fd

Toutefois, il faut souligner que les quantités de petits matériels étant de 3 en moyenne hormis le pulvérisateur par maraîcherculteur, sur proposition des coopérateurs, il a été fixé un forfait par localité en fonction de l'inventaire réalisé aux premières heures du sinistre. Sinon qu'il s'élève normalement à 42.500 fd par exploitation.

Ainsi dans certains cas les pertes occasionnées par la crue n'ont pas affectée la tuyauterie. Cela concerne As Eyla 1(1), Yahlalou (9), Tamiro (2) où nous avons pris en compte le remplacement des conduites de (20 mètres) par pièce disparues. Dans l'ensemble les motopompes partiellement détruites doivent faire l'objet de réparation voire de maintenance auprès d'artisan réparateur au tarif sus indiqué.

On constate que les pertes liées aux ouvrages hydrauliques et petits matériels peuvent être regroupés en 3 classes au regard des montants par milliers de francs djiboutiens :

- [1100-2100]Petites pertes
- [2100-3100]Moyenne pertes
- [3100-plus]Grandes pertes

On remarque sur les 8 secteurs, 5 ont enregistré de grandes pertes. Il s'agit par ordre décroissant, As Eyla 2, Garaytou, Yahlalou, Bonta et As Eyla 1. Les 3 autres secteurs affichent des pertes plus faibles. Cela traduit bien une fois encore l'intensité de désastre causé par la crue du Gobaad.

Le tableau 8 récapitule les pertes financières liées à l'activité maraîchère.

Les pertes financières ne serait-ce qu'au niveau de la production agricole avoisinent les 38 millions de francs djiboutiens. Elles dénotent des enjeux aussi bien économiques que vitaux fragilisant *de facto* la sécurité alimentaire dans la région.

L'attractivité du maraîchage due à sa valeur marchande, crée du pouvoir d'achat chez les ménages pour couvrir leurs besoins alimentaires. Par ailleurs l'effet induit que génère cette agriculture spécifique au plan économique est reconnu de tous, y compris les autorités administratives de la région. Car les activités connexes d'agrofourriture (sacs, produits phytosanitaires, semences etc.), d'artisans réparateurs (motopompe), de produits pétroliers (gasoil), les taxes de marché et surtout la création d'une catégorie nouvelle d'acteurs (revendeuse) dans la filière, constituent un impact économique fort. Sans compter la consolidation du lien social à travers la coopérative du Gobaad qui

devient par son activité de commercialisation à la capitale un élément d'ancrage fort des ressortissants d'As Eyla résidant à Djibouti.

*Tableau 8 : Répartition des pertes financières liées à la culture maraîchère*

Site	Localité	Jardins Endommagés	Jardins non Endommagés	Surface agricole utile (Ha) endommagée	Produit brut agricole (milliers fd)	Matériel d'irrigation (milliers fd)	Petit matériel (milliers fd)
1	As Eyla 1	20	12	15,00	2.265, 12	2.710	450
2	As Eyla 2	42	0	31,50	4 .756, 75	3.208	945
3	Yalhalou	18	25	7,5	1.132, 56	3.189	337,5
4	Bonta	21	21	15,75	2 .378, 380	2.974	472,5
	Garitou	20	22	10	1 .510, 08	3.258	450
5	Tamiro	6	5	3	453,02	1.010	135,5
6	Sissalou	15	28	7,5	1 132, 56	1.690	337,5
	Garsalé Daba	14	20	7	1 057, 06	1.760	315
Total		156	133	97,25	14.685,53	19.799	3.443
<b>Pertes financières directes des jardins sinistrés (hors impact économique et social) (en Kfdj)</b>					<b>37.927,53</b>		

**Source** : Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad

Les allées-venues fréquentes avant les crues entre As Eyla et la capitale permettait aux familles de s'enquérir des nouvelles de proches vivants à la capitale. Aussi la mobilité géographique aidant, le volet sanitaire pouvait être également amélioré par un approvisionnement plus aisé en médicament ou dans les évacuations de malades. On voit bien que la filière maraîchère est le pôle structurant du dynamisme d'As Eyla. Elle articule intérêt économique et lien social.

## 4. Le système agricole face à la crue

### 4.1- les jardins après la crue : estimation des capacités de résilience

#### 4.1.1- La réhabilitation des jardins après la crue : mesurer les capacités de résilience

La résilience se définit comme l'aptitude d'un groupe social d'un individu, d'un territoire à surmonter une catastrophe et à retrouver un bon fonctionnement. On parle de capacités de résilience pour désigner les atouts sur lesquels peut s'appuyer le groupe social ou le territoire en question pour se reconstruire. En l'occurrence, elle peut se mesurer à la vitesse de la remise en culture après destruction. La mission de recherche a reconstitué l'état de la reconstruction en avril 2011 soit 7 mois après les crues. Deux indicateurs ont été cartographiés : la réhabilitation des puits et celle des parcelles. Le tableau 9 et la planche 6 hors texte présentent l'état de la réhabilitation des parcelles agricoles et des puits sept mois après les crues (avril 2011). A titre d'exemple, La figure 27 montre sur un secteur les informations collectées et cartographiées. Le détail cartographique de l'évolution des réhabilitations par secteur est donné en annexe 2.

Nous avons identifié trois niveaux de réhabilitation en nous intéressant à deux éléments l'état des puits et l'état des parcelles de cultures.

Tableau 9 : Typologie de la réhabilitation des cultures et des puits

Etat de réhabilitation	Jardins, Cultures	Puits
Réhabilité	Le jardin est totalement nettoyé et remis en culture	Le puits est en état de fonctionnement, il permet l'irrigation des cultures
En voie de réhabilitation	Le jardin est partiellement nettoyé et/ou les cultures n'intéressent qu'une partie du jardin	Le puits est en cours de restauration, il est en travaux, il ne permet pas l'irrigation des cultures
Non réhabilité	Le jardin n'est pas nettoyé, il est en état d'abandon	Le puits est enseveli, il est en état d'abandon
Nouveau	–	Le puits a été construit après l'inondation



*Photographie 19 : Cultures et puits réhabilités après la crue de 2010 (Pasquet, 2011)*



*Photographie 20 : Cultures et puits non réhabilités après la crue de 2010, (Pasquet, 2011)*



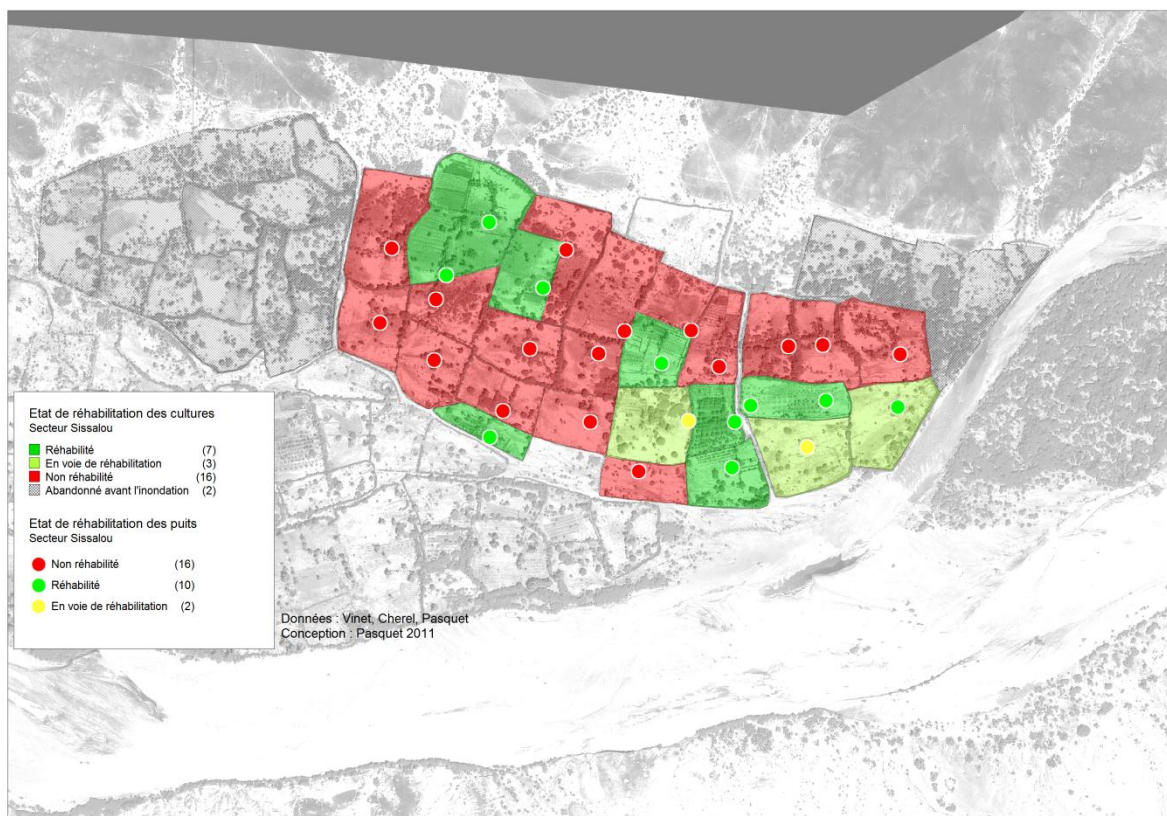


Figure 27 : Réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Sissalou. (exemple. L'analyse complète est en planche 6 et en annexe 2) Source : Pasquet 2011



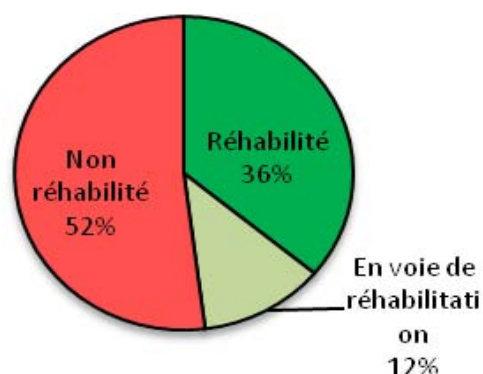
Photographie 21 : un jardin en cours de réhabilitation dans le secteur de Garsale Daba

Les résultats concernent les secteurs de Garsale-Daba, Sissalou, As Eyla 1, As Eyla 2, Yalhalou et Bonta. Les cultures abandonnées avant l'inondation ne sont pas intégrées dans les résultats. En effet, leur abandon n'est pas en lien avec l'inondation d'août 2010. Seules ont été enquêtées les parcelles en culture avant la crue.

Tableau 10 : Taux de réhabilitation des cultures et des puits des secteurs de Garsale Daba, Sissalou, As-Eyla 2, As-Eyla 1, Yalhalou et Bonta

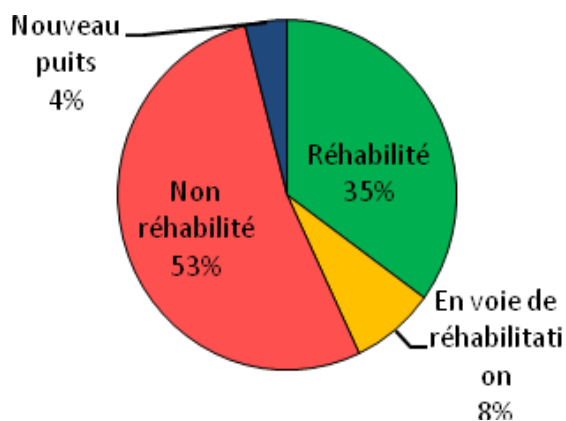
	Cultures (parcelles)		Puits	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Réhabilité	64	36 %	66	35 %
En voie de réhabilitation	22	12 %	14	8 %
Non Réhabilité	92	52 %	99	53 %
Nouveau	/	/	7	4 %
Total	178	100 %	186	100 %

Source : Pasquet, 2011



Source : Pasquet, 2011

Figure 28 : Répartition de l'état de réhabilitation des cultures huit mois après l'inondation



Source : Pasquet, 2011

Figure 29 : Répartition de l'état de réhabilitation des puits huit mois après l'inondation

On constate que 52 % des cultures ne sont pas réhabilitées soit un peu plus de la moitié, 36 % sont réhabilitées et 12 % sont en cours de réhabilitation. Le constat est similaire du côté des puits, 53 % ne sont pas réhabilités, 35 % des puits observés sont réhabilités, 4 % ont été nouvellement construit et 8 % en cours de réhabilitation.

Nous constatons une corrélation entre la réhabilitation des puits et celle des cultures. En effet, la réhabilitation du puits conditionne la mise en culture des parcelles, ce qui explique la relation entre la réhabilitation de ces deux éléments.

Le puits n'est pas le seul élément conditionnant la rénovation des cultures. Nos observations couplées aux témoignages nous invitent à considérer le rôle des motopompes. Le système d'irrigation est fondé sur le couple puits - motopompe. En effet, le puits permet l'accès à l'eau et la motopompe l'irrigation des cultures. Lors de l'inondation la majorité des motopompes a été emportée par les flots. Elles ont donc été soit perdues, soit fortement endommagées. Les jardins réhabilités (hormis trois cultures) disposent d'un système d'irrigation rénové avec un puits restauré ou nouvellement édifié et d'une motopompe réparée ou achetée d'occasion le plus souvent. Cela implique donc des frais importants, qui expliquent à eux seuls un taux de réhabilitation des cultures faible.

Les trois jardins qui ne répondaient pas lors de notre enquête à ce constat, c'est-à-dire, les cultures réhabilitées ne disposant pas d'un système d'irrigation restauré, bénéficient pour deux d'entre eux d'une irrigation assurée par le puits de la culture voisine ce qui nous renvoie à la notion de solidarité, très forte entre les agriculteurs. Un troisième jardin cultivé ne bénéficiait d'aucune irrigation provenant d'un puits. La gardienne âgée de cette culture expliqua qu'elle remplissait chaque jour de nombreux bidons d'eau et effectuait des norias à pied avec ces bidons afin d'irriguer son exploitation (photographie 22) dans ce cas l'inondation a entraîné une dégradation des conditions de vie.



*Photographie 12 : Culture irriguée par des norias pédestres de bidon d'eau, secteur de Yalhalou*

Au total, sept mois après les crues, à peine la moitié des parcelles et des puits (les résultats sur les deux indicateurs sont concordants) ont été réhabilités ou sont en voie de réhabilitation. Par exemple, sur 186 puits recensés avant la crue, seuls 87 étaient en fonctionnement ou en voie de fonctionnement sept mois après la crue. On constate donc une grande inégalité dans la capacité à reprendre une activité agricole d'autant que cet effort est intégralement à porter au crédit des maraîchers qui n'ont pas reçu d'aide à la reconstruction. Les ONG et les organisations internationales (dont le Programme Alimentaire Mondial) ont apporté une aide alimentaire dans les mois qui ont suivi la catastrophe.

Grâce à des visites de terrain et des entretiens, nous avons mis en évidence les facteurs favorisant ou inhibant la reconstruction.

#### **4.1.2- Facteurs influençant la réhabilitation des cultures**

Quels facteurs permettent d'expliquer un taux si faible de réhabilitation ? Comment expliquer les différences entre exploitation dans la capacité de résilience post crue ?

##### **- L'importance des dommages**

Les inondations d'août 2010 ont occasionné à As-Eyla des dommages importants : pertes de matériel, destruction des puits, des récoltes et des cultures. Ces dégâts importants affectent significativement l'activité maraîchère dont la réhabilitation nécessite un investissement financier et humain (temps de travail). Les cultures doivent être nettoyées et préparées pour les prochains semencements, les puits doivent être excavés ou refaits, les motopompes doivent être réparées ou rachetées. Lors des destructions par sapement de berge, c'est la totalité de la parcelle et des biens qui se trouvaient dessus qui a disparu. Les propriétaires exploitants n'ont aucun recours et doivent trouver une terre ailleurs. Entrent alors en jeu des systèmes d'échange ou de prêt de terres dont nous n'avons pas perçu toutes les modalités.

##### **- Un sol marqué par l'inondation**

Le dépôt de matériel limoneux est perçu comme favorable à la fertilité du sol. Cependant, ce matériau est pauvre en matière organique et en éléments nutritifs. S'il améliore la texture du sol, les effets des dépôts de limon sur sa fertilité ne doivent pas être exagérés. De plus, nous pouvons

observer sur certaines cultures un dépôt de sel consécutif à l'inondation. En effet, la présence importante de sel en amont (toujours selon les témoignages) a pu être mobilisée par l'inondation ce qui peut expliquer l'augmentation de la salinité des sols à As-Eyla. L'augmentation de la salinité pédologique entraîne des problèmes pour la production agricole (diminution des récoltes et réduction de la gamme de cultures viables) et pour la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. C'est un problème menaçant à As Eyla.

- **L'accès à l'eau**

L'accès à l'eau est un élément essentiel pour la remise en culture des parcelles. L'accès à l'eau nécessite la présence d'un puits en état de fonctionnement ce qui explique la corrélation entre la réhabilitation des puits et des cultures. Les jardins situés en première ligne par rapport à l'oued bénéficient de ressources en eau relativement favorables car la nappe d'eau y est proche de la surface. En revanche, plus les cultures sont éloignées de l'oued, plus le niveau de la nappe est profond ce qui implique un accès plus difficile : le creusement des puits est plus long et plus coûteux et il doit être consolidé (chemisé ou bétonné) ce qui augmente le coût et fixe le puits.

- **La maîtrise des techniques agricoles**

De façon générale, mais plus particulièrement en milieu aride, l'agriculture nécessite l'acquisition de connaissances et de techniques agricoles et agronomiques citons notamment les techniques d'irrigation, l'amendement, le choix des semis en fonction des saisons, la replantation, le sarclage...

Une bonne maîtrise de ces techniques permet de rentabiliser les ressources et notamment l'eau, mais aussi l'investissement en temps et en énergie. Elles garantissent également une augmentation du rendement des récoltes.

La maîtrise de ces connaissances influence donc positivement la réhabilitation des cultures. En effet, lors de nos prospections de terrain nous avons pu identifier des cultures saines et parfaitement réhabilitées. Ces cultures sont pour la plupart sous la responsabilité de propriétaires qui emploient des ouvriers éthiopiens qualifiés dans la maîtrise des techniques agricoles, ce qui suppose une certaine capacité financière des propriétaires.

- **Le manque de capacités d'autofinancement**

La réhabilitation des cultures du Gobaad nécessite un investissement lourd. En effet, elle implique le remplacement de l'ensemble du matériel perdu et/ou endommagé (petit matériel, motopompe, tuyaux, puits...). Le rachat d'une motopompe, la réalisation ou la réparation des puits nécessite un investissement financier important pour des agriculteurs dont la trésorerie est initialement modeste et de plus affectée par l'absence de récolte suite à la crue. Au moment de l'enquête (avril 2011), la majorité des cultures réhabilitées appartiennent à des exploitants relativement aisés financièrement qui disposent soit de circuits de commercialisation soit d'épargne ou d'autres activités non impactées par la crue (retraite, commerce) qui permettent de réinvestir rapidement dans les moyens de production.

- **Absence d'aide gouvernementale et/ou internationale**

Huit mois après l'inondation, aucun plan d'action de nature à prendre en charge une partie des dégâts et à redynamiser l'activité agro-pastorale n'a été proposée à la communauté d'As-Eyla. Les ONG ou des organisations internationales comme le PAM ont prêté assistance ponctuellement à la population.

## **4.2- Une vulnérabilité globale de la filière**

Au-delà de l'événement du 25 août 2010, la réaction de la communauté d'As Eyla face à la crue révèle une vulnérabilité globale qui va bien au-delà des simples accidents climatiques. La fragilité de la filière est systémique et elle s'exprime par des difficultés de survie de la filière en cas de coup dur que ce soit une crue, une sécheresse, une baisse des cours des produits ou d'autres problèmes de commercialisation. Ainsi avant de proposer des remédiations, il faut appréhender la vulnérabilité socioéconomique globale de la filière tout en gardant à l'esprit les facteurs de résilience qui sont des leviers de développement.

### **4.2.1- la vulnérabilité économique de la filière maraichère**

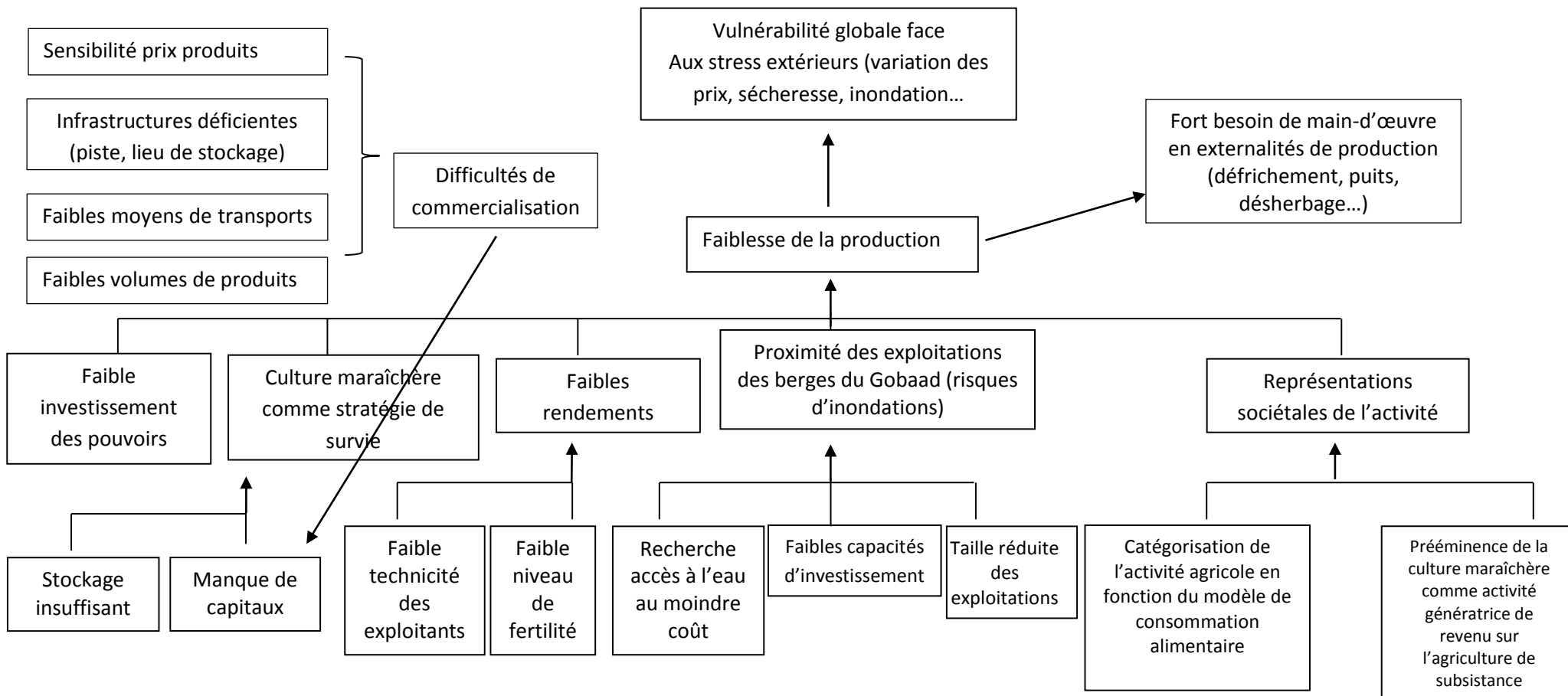
Les systèmes d'irrigation sont rudimentaires (photographie 23). Ils sont fondés sur le couplage pompe/circulation gravitaire qui est certes facilement maîtrisable mais occasionne beaucoup de pertes. Une gestion optimale de la ressource est indispensable. Elle passe nécessairement par la mise en place de projets d'amélioration culturale et édaphique s'appuyant sur l'innovation scientifique. Au terme de ce diagnostic, nous résumons à travers de « l'arbre à problème » de la figure 29 ci-après, les constats observés au cours de cette étude.



*Photographie 23 : des systèmes d'irrigation à améliorer*

De ce fait apporter une réponse appropriée surtout durable à l'agriculture à As Eyla s'impose. Cela passe obligatoirement par la maîtrise des crues du Gobaad à travers la connaissance scientifique de l'événement pour mieux circonscrire les risques de destruction de jardins implantés sur les berges de l'oued. Certes cela est nécessaire mais pas suffisant. Il s'agira de repenser voire refonder également les pratiques culturales qui y ont cours pour anticiper à terme le risque d'infertilisation du sol à cause du phénomène de salinité qui guette le support foncier. Comme nous le mentionnons plus haut, la question de l'eau est au cœur de la problématique du développement de l'agriculture à As Eyla.

Figure 29 : la vulnérabilité du système agricole à As Eyla



Source : Mission As Eyla 2011- Université Montpellier 3/Sudhémisphère

Les contraintes majeures identifiées qui entravent la durabilité de la culture maraîchère sont compilées dans le tableau ci-dessous :

*Tableau 11 : Les contraintes majeures entravant l'essor durable du maraîchage*

<b>Typologie des contraintes</b>	<b>Description</b>
Agronomiques	Difficultés d'accès à l'eau. Irrégularité de la ressource
	Désherbage régulier voire permanent (consommation main d'œuvre)
	Protection des plantes contre les ravageurs (de la production à la commercialisation)
	Fertilité limitée du sol
	Taille des exploitations (jardins morcelés)
	Faible technicité des producteurs
	Insécurité alimentaire
Sociétales	La perception des cultures autres que celles fondées sur la valeur marchande
Financières	Accès au crédit (difficile) et faible capacité d'épargne
	Faible capacité d'investissement
	Peu d'activité hors secteur primaire

**Source** : Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad, 2011

#### **4.2.2- la vulnérabilité endémique d'un territoire marginalisé**

Au-delà de l'événement « inondation » lui-même, la crue de l'oued Gobaad d'août 2010 a montré la fragilité d'un territoire marginalisé. Malgré les efforts de la communauté locale, un territoire ne peut se développer dans des conditions aussi difficiles que grâce à des soutiens extérieurs. Ces soutiens ont été nombreux depuis une trentaine d'années. Cependant, ils ont été ponctuels dans le temps et dans l'espace. La visite de l'installation de pompage à Sabbalou nous a confirmé cette impression. En effet, l'installation a bénéficié d'une aide de la coopération japonaise. Cependant, l'installation est obsolète et menace de défaillir (photographie 24).





*Photographie 24 : le projet de pompage de Sabbalou aidé par la coopération japonaise*

Une catastrophe est toujours signifiante. Elle met en relief les vulnérabilités et fragilités accumulées sur le long terme. Le secteur d'As Eyla cumule des vulnérabilités structurelles. Le statut de zone frontière et de « cul de sac » (marginalisé par rapport à la route nationale 1) accentue le sentiment d'abandon d'une communauté qui essaie pourtant d'élaborer des projets. Le désengagement de l'Etat et de ses représentants locaux est manifeste et date des années 1990. Ainsi, un investissement continu de l'Etat est-il nécessaire afin d'assurer la continuité des projets de développement, le soutien technique financier et logistique à la communauté. C'est aussi un signe fort de soutien qui aurait des vertus de levier psychologique.

#### **4.2.3- les capacités de résilience : ressources internes et externes mobilisables**

La coopérative est un élément structurant de l'activité économique à As Eyla qui a été déterminant dans le processus de résilience. En effet elle rapproche As Eyla en tant que bassin de production de Djibouti pôle de consommation. De ce point de vue, la commercialisation des produits maraîchers crée un lien social entre les populations restées à As Eyla et la diaspora qui est à la capitale. Ce contact quasi permanent peut drainer un flux financier important pour permettre la reconstruction tant au niveau familial que clanique. C'est un acte éminemment solidaire. A cela pourrait s'ajouter les revenus externes du fait des professions antérieures de certains maraîchers (retraités de l'administration). Mais également de la pluriactivité car nombreux sont ces jardiniers qui couplent agriculture et pastoralisme. La stratégie de survie commande de diversifier ses sources de revenus. Ainsi la vente de quelques têtes du cheptel aide à amorcer la reconstruction.

Toutefois, il est nécessaire de mobiliser rapidement en cas de crue des ressources financières ou matérielles afin de faire repartir l'activité.

Le cas des crues est différent des sécheresses ou des chutes de prix. En effet la crue est un phénomène brutal, bien circonscrit dans le temps : on sait quand elle commence et quand elle finit. Ainsi, une aide ponctuelle peut-elle être attribuée rapidement. La reconstruction commençant dès le lendemain de la crue, les aides peuvent être réinvesties dans la production très rapidement. Plus qu'une assistance, il s'agit d'une aide à la reprise d'activité.

## 5- Recommandations et conclusions générales

### 5.1- La protection contre les crues

#### 5.1.1- capitaliser les connaissances

La mission d'expertise s'est heurtée à un manque de connaissances écrites et numériques sur les crues historiques de l'oued et de ses affluents. La connaissance orale de la communauté est très forte et doit être valorisée par une capitalisation des données. En effet, pour calibrer les solutions de remédiation aux crues de l'oued, il faut pouvoir remettre en perspective ces crues en les hiérarchisant et en les quantifiant. Il serait particulièrement utile après chaque crue de cartographier les zones inondées et les dommages. Cette démarche exige la formation de personnels compétents dans ce domaine avec la création de diplômés spécialisés dans la gestion des risques et dans le développement intégré des territoires à l'Université de Djibouti où les ressources existent notamment au département de géographie mais sont insuffisantes par rapport aux besoins. De nombreux travaux universitaires ont commencé à émerger sur ces thématiques par des enseignants-chercheurs (Rayaleh, 2007) puis des étudiants (Bouh, 2001, Houssein, 2010. plus travaux du CERD). L'université de Djibouti a planifié la mise en place d'un master sur les risques environnementaux. Le CERD a organisé des journées de réflexion sur la thématique des risques. Il convient de développer ces filières afin de former des cadres et de collecter de l'information pour mieux gérer les risques auxquels la population djiboutienne est exposée.

#### 5.1.2- favoriser l'alerte et l'anticipation des crues : pour un Plan de Mise en Sécurité des Jardins en cas de Crue

Sur le plan plus technique, des actions peuvent contribuer à court ou moyen terme à la réduction du risque lié aux crues d'oued.

La mise en place d'un système d'alerte aux crues est à étudier. Il semble difficile et trop coûteux de mettre en place un système de surveillance des crues de l'oued Gobaad comme celui développé sur l'oued Ambouli où les enjeux sont plus forts. Toutefois l'association entre une surveillance par télédétection des fortes averses et des observations visuelles de l'oued en cas de pluie annoncée permettrait d'alerter les populations.

L'alerte, même sommaire,<sup>2</sup> permettrait de mettre en sécurité les populations, en l'occurrence les travailleurs des jardins d'As Eyla. Les propriétaires des jardins pourraient mettre à l'abri du matériel (pompes, matériel agricole, récoltes à maturité) et sécuriser les puits par une hausse des margelles afin d'éviter leur ensablement.

En réalité il s'agirait de mettre en place un dispositif associant une alerte aux crues et un certain nombre de mesures destinées à diminuer les impacts dans un **Plan de Mise en Sécurité des Jardins face aux Crues** de l'oued Gobaad.

Les actions à entreprendre seraient discutées collectivement dans une approche participative. Ce type d'approche est pratiqué dans d'autres pays (Le Masson et al, 2008). Les habitants élaborent eux-mêmes un plan d'action en cas de crise en collaboration avec les autorités et des experts. Ce plan, relativement sommaire, consisterait à mobiliser rapidement des forces collectives afin de

surveiller le lit de l’oued (montée de la crue à partir de postes d’observation choisis) et de mettre en sécurité un maximum de personnes et de biens exposés aux crues. La mise en place d’un tel Plan de Mise en Sécurité des Jardins est peu coûteuse mais nécessite un soutien au niveau central dans la prévision des crues (lien avec les localités de l’amont , surveillance satellite...) et en logistique (prêts de véhicules pour mettre en sécurité le matériel, lieu de stockage...). Elle s’accompagne d’une formation des habitants aux gestes de prévention en cas de crise. Cela nécessiterait aussi de revoir certains aspects comme l’accessibilité des parcelles aux véhicules pour une évacuation plus rapide.

Bien sûr, la mise en place d’un tel Plan demanderait une expertise plus fine mais le rapport entre le coût de ce plan (assez faible) et les bénéfices à attendre est attestée par la bibliographie et de nombreuses expériences à l’étranger (Gruntfest et Handmer, 2001 ; Le Masson et al., 2008)

Ce plan serait l’occasion de marques d’intérêt entre les administrations de l’Etat et la communauté et une opportunité d’auto prise en charge proactive de la communauté autour d’un projet commun. Sa faisabilité et sa pérennité sont garanties par la relative fréquence des crues qui réactiveraient le plan tous les 2 ou 3 ans. Ce type de démarche est fondé sur le « donnant-donnant ». La communauté des agriculteurs (adhérents de la coopérative ou non) s’implique si les autorités se montrent présentes et apportent un appui. Inversement, l’action des autorités ou des institutions internationales et des ONG ne sera efficace que si la communauté adhère aux mesures préconisées.

*Tableau 12 : exemple de mesures pour la mise en place d’un Plan local de sauvegarde en cas de Crue (liste non exhaustive sous réserve d’une expertise plus poussée)*

<b>Principales mesures à envisager</b>	<b>Acteurs concernés</b>
- développer prévision et alerte	Administration locale et services de l’Etat + communauté
- décider des actions à mener en cas de crue - mise en place d’un protocole opérationnel en cas d’alerte	Discussion interne à la communauté + autorités + experts
- mise en place comités d’action - alerte et surveillance - mise en sécurité des puits - mise en sécurité du matériel - remise en état.../...	Communauté, police, Administration locale
- formation de la population aux gestes en cas de crise	Responsables de la communauté (anciens qui ont connus les crues précédentes) + experts en risque
- acquérir des ressources de gestion de crise (véhicule, matériel de communication...)	Administration locale et services de l’Etat + communauté + ONG
- capitalisation des données et retour d’expérience après la crue : tirer les enseignements après chaque événement	Experts risque (université de Djibouti, CERD) + administration Etat + communauté As Eyl Création d’un observatoire national des risques naturels, environnementaux et sanitaires

### 5.1.3- le contrôle de l'hydrosystème

Le contrôle d'un hydrosystème est un exercice très périlleux qu'il convient de mener avec la plus grande prudence. Les solutions simples en apparence se révèlent parfois contre productives à long terme. Les retours d'expériences dans de nombreuses régions du globe conduisent de plus en plus à privilégier les aménagements légers plutôt que les protections lourdes et coûteuses qui, en tentant de figer le lit fluvial, renforcent le sentiment illusoire d'invulnérabilité face aux éléments naturels.

Tableau 13 : le contrôle de l'hydrosystème : récapitulatif des mesures envisageables

Méthodes envisageables	Sites à aménager en priorité (voir atlas planche 8)	Acteurs concernés	Avantages Précautions Inconvénients
<b>Renforcement des berges par remblais profilés végétalisés</b>	Berges escarpées des rives concaves avec érosion forte (Bonta, Yalhalou) Zone à risque de divagation important de Sissalou	Administrations régionale et services de l'Etat (équipement), bureaux d'études, population	Bonne efficacité à l'échelle locale. Etudes hydrologiques préalables indispensables. Risque d'érosion régressive, coût élevé
<b>Végétalisation</b>	Berges non escarpées lit moyen	Administration locale et services de l'Etat + communauté + ONG	Implication de la communauté villageoise, coût peu élevé. Bilan hydrique à réaliser. Contrôle permanent indispensable afin d'éviter la prolifération
<b>Réorganisation spatiale des secteurs cultivés</b>	Renoncement à la remise en valeur des zones trop sensibles (lit moyen)  Remise en exploitation du lit majeur externe (As eya 1 et 2)	Administration locale + communauté + ONG	Mise en valeur de terres de meilleure qualité proches du village, coût moyen. Etude hydrologique préalable. Creusement et équipement de nouveaux puits plus profond Problème foncier avec risques de litiges.

#### Le renforcement des berges

Le renforcement des berges par des protections lourdes est la solution la plus simple qui vient à l'esprit, c'est pourquoi elle est réclamée par la population. De telles mesures se heurtent cependant

à un obstacle : comme cela a été décrit plus haut, un renforcement localisé favorise souvent une accélération de l'érosion en aval. Afin d'éviter un tel phénomène, il serait nécessaire de protéger la totalité des berges escarpées non indurées soit près de 10000m linéaire. Il est bien évident qu'il est totalement irréaliste d'envisager de tels aménagements qui se révéleraient plus coûteux que l'enjeu à protéger et induirait des réactions imprévisibles de l'hydrosystème par exemple un surcreusement du lit mineur qui pourrait lui-même entraîner une baisse de la nappe.

Dans les secteurs les plus vulnérables (planche 8), des protections ponctuelles limitées aux berges meubles et escarpées situées sur les rives concaves des méandres à Garaytou et à Yalhalou, mériteraient cependant d'être envisagées dans la mesure où les enjeux en aval sont inexistant. Il en est de même pour la partie amont de l'île de Bonta, où le creusement récent du lit devrait limiter les turbulences. Dans ces deux cas, il n'est cependant pas certain que le rapport coût/bénéfice de tels travaux soit favorable. Dans d'autres cas, comme à l'aval de Bonta en lit moyen, il est impossible d'assurer la mise en sécurité durable, toute tentative de remise en culture serait extrêmement risquée.

Dans le secteur de Sissalou, à l'amont d'As Eyla où le risque d'affouillement de la terrasse agricole n'est pas négligeable, il est possible d'envisager des solutions plus lourdes de fixation de berge. Toutefois il serait dangereux d'implanter des protections rigides car la berge est oblique par rapport au flux de l'oued. Le risque de modification importante de la dynamique de l'oued en aval pourrait avoir des conséquences dramatiques et imprévisibles. Dans tous les cas, il est préférable de plutôt envisager un système de ralentissement du courant qu'un blocage du flux. Des protections associant fixation reprofilage et végétalisation des berges seraient sans doute les mieux adaptées.

### **La végétalisation des berges**

La végétation s'est révélée être une bonne protection pour les berges dans la mesure où elles ne sont pas escarpées. Le prosopis est un acacia particulièrement invasif (voir étude ci-jointe planche 7 dans l'Atlas cartographique et en annexe 3). Il envahit les jardins et est très consommateur en eau et en main d'œuvre. Cependant l'analyse des dommages a montré (voir plus haut Figure 18) que les bosquets de prosopis ont eu un rôle protecteur pour les berges et un rôle de filtrage et de ralentissement du courant en lit majeur. Dans les secteurs les plus vulnérables, le développement contrôlé du Prosopis permettrait de réduire la vulnérabilité des berges en fixant le matériau sédimentaire par les racines et les branches et en évitant que les berges, très meubles soient au contact direct avec les écoulements turbulents. Il faut souligner que lorsque la berge est érodée c'est-à-dire lorsque le talus est incisé la protection du prosopis n'est plus efficace. Il conviendrait donc au préalable de reprofiler les berges les plus vulnérables (planches 8) de manière à réduire la pente des escarpements afin d'éviter l'effet d'obstacle générateur de turbulences. Une telle mesure aurait l'avantage d'être facilement réalisable avec les moyens limités de la communauté mais, en contrepartie, elle impose une gestion à long terme de la végétation afin de limiter sa prolifération.

### **Privilégier la mise en culture des zones les moins vulnérables**

On remarque que les espaces cultivés du lit majeur externe c'est-à-dire la partie la plus éloignée du lit mineur de l'oued ont été progressivement abandonnés au profit des terres plus proches du lit mineur (lit majeur interne et lit moyen) plus exposés aux crues. C'est à la fin des années 80, suite au tarissement de certains puits, attribués à la construction des gabions, que ce déplacement a

commencé. Cette nouvelle localisation a permis une meilleure accessibilité de l'eau car, à proximité de l'oued, les inféro-flux sont plus abondants et moins profonds et qu'il est plus facile d'y creuser des puits car les alluvions sont sableuses. Ces avantages sont cependant largement réduits car, près de l'oued, les besoins en eau sont nettement supérieurs car les eaux percolent à travers les sols sableux et perméables qui sont par ailleurs de médiocre qualité agronomique. Dans les parties plus éloignées du lit majeur (lit majeur externe), l'accès à l'eau est certes plus difficile car la nappe est plus profonde et sans doute moins abondante mais les sols limoneux ou limono-argileux y sont de meilleure qualité et leur moindre perméabilité permet des économies d'eau substantielles. De plus les remontées de sel y seraient moins importantes et les encroutements calcaires, responsables de l'échec des plantations d'arbres fruitiers, sont beaucoup plus profonds.

Les gabions posés dans les années 1980-1990 le long des berges de l'oued sont perçus par une partie des habitants comme responsables du tarissement des puits dans le lit majeur externe. Cependant, les nappes phréatiques sont alimentées par des eaux d'inféro-flux qui circulent lentement dans les alluvions perméables. La nappe alluviale ayant ici une largeur de 600 à 1000 m, il est exclu que les gabions, larges de quelques mètres et ancrés peu profondément, puissent perturber significativement la circulation de l'eau. Il est donc plus probable que le tarissement des puits soit lié à une période de sécheresse et peut-être aux prélèvements par la végétation arborée dans tout le lit du Gobaad.

Si le niveau de la nappe a baissé, il est probable que des réserves subsistent à de plus grandes profondeurs. Le creusement de puits plus profonds ou de forages au sud d'As Eyla (atlas planche 8) devrait permettre d'accéder à ces réservoirs et permettre la recolonisation de ces friches. Ces terres limoneuses sont d'une bonne qualité agronomique, moins exigeantes en eau et offrent l'avantage d'être à la fois proche du village et peu menacées par les crues. Leur mise en valeur doit être considérée comme une des solutions privilégiées pour le développement agricole. Mais la mise en culture de ces parcelles n'est pas compatible avec le système actuel très individualiste et souple car il exige des investissements plus lourds et une fixation des puits voire la construction de forages.

Le recours à ces forages est préconisé par le rapport PRODERMO (2011) qui insiste sur le fait que ces forages fournissent une alimentation en eau indépendante des variations saisonnières. Cependant ces forages (à alimentation solaire ou thermique) nécessitent un niveau d'investissement qui dépasse les capacités des structures familiales actuelles des jardins d'as Eyla un entretien et un suivi avec présence sur place ou à proximité de personnels formés.

Bien sûr des études hydrogéologiques de la nappe alluviale du Gobaad sont nécessaires. Là encore nous manquons de longues séries piézométriques pour conclure à la pertinence de cette solution. Toute reprise des cultures dans le lit majeur externe devrait aussi être accompagnée d'un programme d'enrichissement des sols et de maîtrise de la consommation d'eau (voir annexe 4).

## ***5.2- Le renforcement des capacités de résilience du territoire***

Au-delà de la simple lutte contre les crues, il est nécessaire de renforcer les capacités de résistance de la communauté face aux aléas du climat (crue, sécheresse) mais aussi face aux aléas socioéconomiques. Sous réserve d'études plus détaillées, ce paragraphe propose un certain nombre d'orientations concernant le développement du territoire d'As Eyla en général et quelques

propositions techniques plus précises aptes à créer des conditions de développement durable de la communauté.

Les crues du Gobaad ne sont malheureusement pas les seules contraintes auxquelles doit faire face la communauté d'As Eylà et en particulier les agriculteurs. Ces derniers doivent faire face aux périodes de sécheresses qui amenuisent sérieusement les capacités de pompage dans les puits et limitent d'autant les surfaces en culture. Les variations de prix des produits sont aussi un problème auquel doivent faire face les agriculteurs. Une baisse des cours du melon ou de la tomate peut limiter la rentabilité des cultures et entraver leur commercialisation.

### **5.2.1- réduire la vulnérabilité globale de la communauté face aux excès de la nature**

#### **Objectifs stratégiques**

- Favoriser le désenclavement du territoire

Le constat effectué à As Eylà à partir des témoignages de l'étude du niveau de développement montre un territoire en manque d'appui de la part du pouvoir central. Les autorités locales manquent de moyens pour assurer le développement du territoire et les institutions nationales sont sous représentées. Il semble que la guerre des années 1990 ait signé le retrait accru de l'Etat dans cette contrée reculée qui est un cul-de-sac, l'activité se concentrant autour de la route Djibouti-Ethiopie qui passe par Yoboki.

Cette marginalisation se traduit par un sous-équipement flagrant : pas d'électricité, téléphone portable et fixe aléatoire, pas de route entre As Eylà et Dikhil. Le manque d'infrastructure routière est un frein au développement. En effet, la piste entre Dikhil et As Eylà qui constitue le seul lien avec le reste du pays est en mauvais état par endroits surtout dans la traversée des oueds après les crues.

La piste exige des véhicules 4x4 pour commercialiser la production d'As Eylà vers la capitale ce qui engendre un surcout (plus de consommation d'essence et d'entretien des véhicules) et une durée de trajet plus longue.

Le désenclavement du territoire passe également par un renforcement du rôle et de l'intérêt de l'Etat et des organisations internationales de développement dans ce secteur proche de la frontière éthiopienne. Ce fut le cas dans les années 1980 lorsque le Ministère de l'agriculture était présent aux côtés des agriculteurs d'As Eylà afin de favoriser les programmes de développement et de protéger les jardins. C'est à cette époque que furent construits les gabions destinés à stabiliser les berges de l'oued Gobaad. Les programmes d'aide au développement ont aussi permis de développer les activités des jardins.

- réinvestissement local des pouvoirs publics et des ONG

Le territoire d'As Eylà est marginal par rapport à la République de Djibouti. Les habitants, malgré leur énergie et leur dynamisme, ont le sentiment d'être oubliés, abandonnés du pouvoir central. C'est aussi une volonté politique de maîtriser l'ensemble du territoire de la République sans l'abandonner à lui-même ou à des forces extérieures. Ainsi le réinvestissement politique, économique et social des territoires périphériques est du seul ressort du pouvoir central. Sans cet appui, le territoire éprouvera

toujours des difficultés face aux aléas de la nature et ne pourra atteindre le niveau de développement souhaitable.

- Aider à la diversification des revenus

Une des causes de la vulnérabilité des exploitations agricoles est le manque d'argent frais mobilisable en cas d'accident naturel. Le fait de disposer d'épargne ou d'autres sources de revenu permet d'accélérer le redémarrage de l'activité.

- Sensibiliser les agriculteurs à la sylviculture

Cette activité nouvelle pourrait par la mise en place de petites plantations d'arbres (Moringa par exemple) à forte croissance en zone aride non seulement contribuer à modifier l'éco système, mais également à générer des revenus additionnels pour les propriétaires. Cet arbre pourrait être le point de départ de l'équilibre nutritionnel d'autant qu'il est une source appréciable de protéine. L'introduction de nouvelles espèces d'arbres doit être testée avec prudence car l'expérience de l'introduction du Prosopis s'est accompagnée d'effets secondaires néfastes (espèce invasive). (voir projets annexe 4)

- Accompagner sur le long terme les communautés

Encourager la formation de cadres d'origine locale avec des systèmes d'encouragement financiers (paiement des études contre un certain nombre d'années passées dans la communauté comme cadre technique ...). La formation de ces cadres est indispensable pour assurer le suivi technique des investissements.

- Renforcer la structuration des filières agricoles

Le passage ci-dessous extrait du rapport PRODERMO (2011) insiste sur la nécessité d'encourager les organisations agricoles locales.

*Au niveau organisationnel, il existe trois principaux coopératifs agro-élevages (Dikhil, Yoboki et As-Eyla). Celles-ci ont pris naissance à l'initiative des membres des communautés locales. Les objectifs escomptés de leur création étaient de donner une structure à ces exploitations éparses et hétéroclites et mettre en place un système de gestion associative des exploitations agricoles afin de pouvoir formuler ensemble des projets de développement agricoles rationalisés et solliciter des appuis auprès des partenaires au développement.*

*Actuellement, ces organisations agricoles nécessitent fondamentalement un véritable appui au renforcement organisationnel, structurel et matériel dans la mesure où un bon nombre d'exploitants ont été touchés par les conflits armés et aucun programme de relance du développement de ce secteur n'a pas été mis en oeuvre (plan de formation, appui en termes d'intrants, appui au développement technologique,...).*

*Elles souffrent d'une limitation de la capacité de production due aux coûts élevés*

Source : Prodermo, 2011



## **5.2.2- Les actions aptes à réduire la vulnérabilité du territoire d'As Eyla (objectifs techniques)**

Un **fonds d'intervention d'urgence** : Il serait efficace dans le cas des endommagements brutaux comme les crues d'envisager des dispositifs d'intervention d'urgence (micro crédit, aide d'Etat prêt taux zéro..) mobilisables rapidement et permettant de faire redémarrer l'activité. Ces prêts seraient conditionnés par la reprise d'activité. Il ne s'agit donc pas d'une indemnisation mais d'un investissement productif d'aide à la reprise d'activité. Contrairement à la sécheresse ou à d'autres crises économiques ou sanitaires, les crues sont des crises courtes et l'intervention d'urgence participe de suite à la reconstruction. Il faut réfléchir à un dispositif particulier pour les agriculteurs qui ont perdu non seulement leur outil de production mais aussi leurs terres car ils ne peuvent par définition « reconstruire ».

Le **déploiement de la ressource en eau** sur les exploitations pourrait se faire dans un premier temps par une mutualisation des ouvrages. Ceci renforcerait leur qualité à travers un cuvelage adapté. Cette approche pourrait être mise en œuvre dans le cadre d'un groupement d'intérêt d'eau fondé sur la proximité des jardins c'est-à-dire des puits à des positions centrales par rapport à une aire de culture donnée. L'économie ainsi réalisée par chaque maraîcher pourrait être affectée dans un deuxième temps à l'achat d'équipement d'irrigation type goutte à goutte. Les exploitants en unissant leur force d'achat pourraient financer au tiers par les coopérateurs et aux 2/3 restants par emprunt auprès d'une structure de micro-finance. Le remboursement sera égalitaire par prélèvement sur les revenus, au prorata du nombre des souscripteurs. La pénibilité de l'arrosage s'en trouverait considérablement réduite (voir projet 2 en annexe 4).

**L'accès au micro crédit**, préconisé par le rapport PRODERMO (2011), permettrait l'amélioration de l'efficacité de l'équipement irrigant. Les structures de micro finances doivent être parties prenantes du processus de lutte contre la pauvreté en affichant une volonté réelle de flexibilité. En l'espèce, l'assouplissement des conditions d'accès au crédit par un faible taux d'intérêt ou un taux bonifié. Cette stratégie contribuera à élever d'une part le niveau d'équipement des producteurs.

**Une organisation optimale de la ressource humaine** par la mutualisation de la force de travail conçue sur la collaboration entre producteurs. Celle-ci devra s'appuyer sur un calendrier établi de manière consensuelle sur le modèle coopératif de producteurs. Ainsi ils pourront contenir avec plus d'efficacité le désherbage des grandes parcelles, fussent-elles individuelles.

**La fertilité des sols peut s'améliorer** par la pratique de cultures associées sur les parcelles devant à terme servir à l'exploitation des cultures maraîchères. Optimiser l'usage de la ressource dans l'itinéraire technique par l'emploi d'hydro-régulateur comme Cygnes d'eau (voir projet 1 en Annexe 4) pour éviter les gaspillages et pertes. A cet effet le projet 1 revient plus en détail sur leur utilité dans une agriculture durable en zone aride comme à As Eyla. L'introduction d'une légumineuse locale dans le cycle de production pourrait améliorer l'assimilation d'azote atmosphérique. Il constituerait le premier apport, qui sera, par la suite, renforcé par la bouse du bétail collectée à un endroit fixe, nécessitant le cantonnement du bétail dans un parc en dehors des périodes de pastoralisme et réglant ainsi le problème de la divagation des animaux.

**Sensibiliser ou former les producteurs** à l'itinéraire technique adapté, en vue de relever le rendement par introduction systématique de la pépinière comme étape préliminaire avant le planting.

**Juguler l'insécurité alimentaire par un encadrement approprié et soutenu des services techniques compétents** en la matière. Cette action devrait s'accompagner par l'accès des producteurs aux semences sélectionnées et la mise en place d'un itinéraire technique adapté au climat. A ce propos le programme alimentaire mondial (PAM) fournit de l'aide alimentaire depuis quelques années dans la région. Voilà qui est comparable à une situation d'urgence humanitaire tant de nombreux besoins restent à couvrir. Le communiqué de presse intitulé « le calvaire de la population d'As Eyla et de sa région Gobaad » de mars 2011 paru sur le site [www.djibouti.net](http://www.djibouti.net) faisant écho de la détresse des secteurs de Dagale, Afahtou, Gaalato le ela, Kada dala.





**Tableau 14 : mesures de réduction de la vulnérabilité du territoire d'As Eyla face aux crues de l'oued Gobaad (Partie 1 : la gestion des crues)**

Domaine d'action	Objectifs	Type de mesure	Exemple de mise en œuvre	Délais (court, moyen, long terme)	Avantages	Inconvénients (conditions de succès)
<b>Capitalisation des connaissances sur les crues</b>	Mieux connaître les crues	- systématiser les retours d'expérience en cas d'événement dommageable  -capitaliser des connaissances (niveau d'eau atteint, surface inondée, dommages constatés)	- Renforcer la <b>formation de cadres nationaux</b> en développement rural et en gestion des risques (niveau master Université)  - Création d'un <b>observatoire national des risques environnementaux et sanitaires</b> regroupant les acteurs du domaine	Plusieurs années	Permet de mieux adapter et dimensionner les solutions aux périodes de retour des crues. Permet de vérifier les effets des mesures de prévention (gabion...)	Effort à maintenir sur le long terme  risque de perte d'intérêt si crues rares
<b>Alerte, prévision et gestion de crise</b>	Anticiper les crues pour réduire les dommages par la mise en sécurité des puits du matériel t d'une partie des récoltes.	Améliorer la gestion d'une crise par une meilleure anticipation	Concevoir un <b>plan local de sauvegarde en cas de crue</b>	Un an	Faible coût	Nécessite une implication de tous les acteurs (Etat police administration, communauté propriétaires privés...)
		Favoriser l'alerte	Observation spatiale  Réseau d'observateurs visuels sur l'oued en cas de pluies fortes annoncées	Un à trois ans	Implication de la communauté.  Renforcement des relations et du « travailler ensemble » entre les services administratifs et la communauté	Problème de pérennisation du dispositif en cas d'absence de crue sur une longue période
<b>Alerte, prévision et gestion de crise</b>	Anticiper les crues pour réduire les dommages par la mise en sécurité des puits du matériel t d'une partie des récoltes.	Mise en sécurité de biens et des personnes avant la crue	- mise à disposition de véhicules pour <b>mettre en sécurité le matériel</b> (Pompes, matériel agricole, récoltes à maturité)  (Voir plus bas rubrique protéger le matériel)  autoformation et sensibilisation de la communauté d'As Eyla à la gestion de crise	Selon financements	- mobilisation collective.  - réduction des dommages et des victimes	-nécessite des moyens modeste mais en état de marche  - problème de la pérennisation du dispositif (matériel, mobilisation des personnes)
<b>Protection structurelles et gestion de l'hydrosystème</b>	Se protéger contre les crues	Fixer le lit de l'oued	Etudier la <b>possibilité et l'efficacité de certaines protections dures</b> (gabions) dans certains secteurs bien ciblés	Deux ans	Efficacité court terme	Coûteux Efficacité moyen long terme douteuse
	Mieux gérer le cours d'eau	Protéger les berges	Etudier la possibilité de <b>reprofilier les berges + fixation par développement contrôlé de la végétation.</b>	Plusieurs années	- Méthode légère - réduction de la vitesse de l'eau et filtrage en cas de crue - Une partie du travail est faite par les habitants	- Incertitude sur les résultats (tests) - nécessité d'un entretien
<b>Protéger le matériel agricole</b>	Réduire l'exposition du matériel agricole aux eaux de crues ; éviter la perte du matériel agricole par les eaux de crue	Réduire l'exposition des motopompes aux éventuelles crues	<b>Surélever</b> de quelques dizaines de centimètres (dallage épais en béton, création de structure pilotis en bois, etc.) <b>et arrimer les motopompes</b> (existe déjà sur certains jardins)	Quelques mois	-Méthode légère et rapide - Peu coûteux -Réduction de la perte de matériel et de l'exposition à l'eau lors des crues	- efficace surtout sur de faibles crues
		Entreposer le matériel après utilisation	Arrimer après utilisation le matériel agricole durant les périodes de précipitations (Pelles-bèches, pioches etc.)  <b>Entreposer le matériel après utilisation en hauteur</b> (création d'un plancher type pilotis en bois)	Quelques mois	-Méthode légère - Peu coûteux -Réduction de la perte de matériel lors des crues	-problème de pérennisation en cas d'absence de crue durant une longue période -Nécessite une assiduité dans l'entreposage du matériel après utilisation - efficace surtout sur de faibles crues
<b>Intervention d'urgence post-crise</b>	Favoriser la reprise d'activité en cas de coup dur (crise brutale et limitée dans le temps comme une crue)	Créer un <b>fonds d'intervention d'urgence</b> pour la reprise d'activité	- Libérer rapidement des crédits (prêt taux zéro par exemple) afin de reprendre l'activité  L'argent doit être mobilisé rapidement	Un an	-Pas d'assistanat mais une aide à la reprise d'activité = investissement productif	Nécessité contrôle utilisation des fonds Nécessité d'une expertise externe des dommages Pb des agriculteurs qui ont perdu leurs terres et ne peuvent plus repartir

**Tableau 14 : mesures de réduction de la vulnérabilité du territoire d'As Eyla face aux crues de l'oued Gobaad**

**(Partie 2 : l'amélioration des capacités de résilience de la communauté)**

Domaine d'action	Objectifs	Type de mesure	Exemple de mise en œuvre	Délais (court, moyen, long terme)	Avantages	Inconvénients (conditions de succès)
<b>Réduire la vulnérabilité du système rural face aux crues</b> <b>Mesures agraires</b>	Favoriser le développement agricole et rural	Accompagnement technique de la communauté dans l'itinéraire de production agricole	Former des cadres dans le développement rural et non pas seulement dans les techniques agricoles	Un an à plusieurs années	Implication des cadres locaux Suivi des actions de développement	
		Améliorer l'utilisation de l'eau	-mutualisation des ouvrages. -achat d'équipement d'irrigation type goutte à goutte. -Promouvoir utilisation régulateurs hydriques dans l'itinéraire technique	Un an	Optimisation des ouvrages hydrauliques et réduction de la pression hydrique Facilité de recharge de la nappe et résolution de la problématique de la salinisation des sols	Surcoût financier compensatoire d'intrants
		Extension de la production dans les zones du lit majeur externe	-Instauration de la Jachère (système extensif plutôt qu'intensif) -Fertilisation des sols par les cultures associées	Une voire plusieurs années	Refertilisation des sols Possibilité d'accroissement de la productivité	Efficacité à moyen terme
<b>Réduire la vulnérabilité du territoire : mesures générales</b>	Favoriser l'investissement agricole	Investissement lourd (collectif, institution internationale...Etat...)	<b>Création de forages</b> dans les secteurs éloignés de l'oued	Une à plusieurs années	Les forages ne sont pas soumis aux variations saisonnières d'alimentation en eau	Nécessite une gestion collective et un suivi de l'investissement
	Diversifier les activités	Développement contrôlé de la production du charbon de bois	Promouvoir l'armature verte par une revégétalisation des berges	Plusieurs années	Infiltration des eaux de surfaces	Coûteux et lent à mettre en place
	Améliorer la commercialisation des produits	Doter la communauté de véhicules de collecte et de commercialisation	Achat Pick up	Selon financement		
	Réinvestissement de l'Etat et des institutions de développement sur le long terme	<b>Formation de cadres d'origine locale</b> (sous condition de retour dans le village)	<b>Développement des filières universitaires de master</b> centré sur la gestion des risques et le territoire (géographie et aménagement du territoire)	Un a deux ans	Développement des liens capitale- reste du pays	
	Réinvestissement de l'Etat et des institutions de développement sur le long terme	Améliorer les infrastructures, désenclavement de la région	- Améliorer qualité piste Dikhil-As Eyla - Electrification - Amélioration des télécommunications	Plusieurs années		
	Renforcer la structuration de la filière agricole	Favoriser les organisations existantes structurant la filière	Doter de moyens de fonctionnement (ordinateur, véhicule, locaux...) + moyens d'investissement	Qlq mois a qlq années	Mutualisation des moyens Capacités d'investissement	

## 6- Projets de développement local

Dans le cadre d'un plan de développement durable intégré de l'agriculture répondant aux objectifs d'amélioration des conditions de vie des populations et contribuant ainsi à la création de la richesse à travers le pouvoir d'achat des maraîchers, trois projets s'échelonnant respectivement à court, à moyen et long terme dans le temps, issus des 3 axes, sont proposés ici :

- Projet de l'usage de régulateurs hydriques dans l'itinéraire technique
- Projet d'armature verte
- Projet d'aménagement des rives de l'oued Gobaad par captage d'une partie de l'eau

Ces projets s'inscrivent le cadre stratégique de lutte contre la pauvreté (CSLP) initié par le gouvernement et qui prend sa force dans la loi d'orientation économique et sociale suite au diagnostic de juillet 2010 (ESASU).

Ces projets présentés par Sud-Hémisphère sont consignés dans l'annexe 4

## ***Bibliographie et documentation***

Bouh O. A. (2010) - *La sécheresse à Djibouti et sa gestion* – Mémoire de master – Université Montpellier III, 117p.

Ben Yahmed D. (dir.) (2007) – *Atlas de l’Afrique, Atlas de Djibouti* – Editions du Jaguar, Paris, 63p.

Coopération Hydrogéologique Allemande (1982) – Inventaire et mise en valeur des ressources en eau de la République de Djibouti – Volume II, eau de surface, rapport – 245p.

Gasse F. et Al (1987) Carte géologique de la république de Djibouti à 1:100000, feuille de Dikhil. Edition de l'ORSTOM, Paris.

Gruntfest E. and Handmer J. (dir.) (2001) *Coping with flash floods*. NATO science series, Kluwer Academic Publishers, 322 p.

Houssein B. (2010) – Le risque d’inondations, ses impacts socio-économiques et sa gestion en République de Djibouti – Mémoire de master – Université de Montpellier III, 88p.

IGAD (Autorité Inter-Gouvernementale pour le Développement) (2002) – Programme de gestion du risque de catastrophe dans la région de l’IGAD : Développement d’une stratégie de gestion de risque de catastrophe et processus de mise sur pied de plans d’urgence dans les pays membres de l’IGAD, Vol.2, Djibouti, pp. 17-29.

Jalludin M. (2004) groundwater and the challenge for future water supply of the republic of Djibouti in an arid climate (Horn of Africa) chap. 10 in *aquifer system management Darcy’s legacy in a world impending water shortage* dir . Laurence Chery, Ghislain de Marcily p.127-135

Le Masson V., Gaillard J.-C., Texier P. (2008) Pour une approche participative de la gestion des risques et des catastrophes. Colloque Vulnérabilités Sociétales, Risques et Environnement, Université de Toulouse Le Mirail, 14-16 May 2008, Toulouse, France.

MAEM & CDN (Ministère de l’Agriculture, de l’Elevage et de la Mer & Comité Directeur National pour la lutte contre la désertification) (2000) – *Programme d’action nationale de lutte contre la désertification* – Djibouti, 51p.

MHUEAT & DATE (Ministère de l’Habitat, de l’Urbanisme, de l’Environnement et de l’Aménagement du Territoire & Direction de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement) (2001) – *Communication nationale initiale de la République de Djibouti à la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques* - 83p.

MHUEAT & DATE (Ministère de l’Habitat, de l’Urbanisme, de l’Environnement et de l’Aménagement du Territoire & Direction de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement) (2000) – *Plan d’Action Nationale pour l’Environnement 2001-2010* –128p.

MHUEAT & DATE (Ministère de l’Habitat, de l’Urbanisme, de l’Environnement et de l’Aménagement du Territoire & Direction de l’Aménagement du Territoire et de l’Environnement) (2006) – *Programme d’Action Nationale d’Adaptation aux changements climatiques* – 83p.



MHUEAT & DATE (Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire & Direction de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement) (1999 à 2010 rapport d'activités) – *Activités réalisées au cours de l'année 1999 par la direction de l'environnement* – 21p.

Pagneux E., Gísladóttir G., Snorrason A. (2010) Inundation extent as a key parameter for assessing the magnitude and return period of flooding events in southern Iceland. *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*, 55(5) 704-716

Parker D.J. (dir.) (2000) *Floods*. Routledge: London, 2 vol., 748 p.

Pasquet M. (2011) Les risques naturels en République de Djibouti. Evaluation des dommages et de la réhabilitation des exploitations agricoles d'As-Eyla après la crue d'août 2010. Mémoire de master – Université Montpellier III, 81 p.

PNUD (2010) (Programme des Nations Unies pour le Développement) – la vraie richesse des nations : Les chemins du développement humain, Rapport sur le développement humain 2010 – 268p.

PNUD (2004) (Programme des Nations Unies pour le Développement) – *A propos de Djibouti* - <http://www.dj.undp.org/abtdj.html>.

PRODERMO Projet de Développement Rural Communautaire et Mobilisation des Eaux ? Rapport du Ministère Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la mer, chargé des Ressources Hydrauliques (MAEM-RH)

Puiroux H (2005), 1001 jardins familiaux-Chaine de l'espoir, AGRO SANS FRONTIERE

Rayaleh H.-O. (2005) – Une pénurie d'eau gérée par l'inégalité : le cas de la ville de Djibouti – Géocarrefour, vol.80/4 – <http://geocarrefour.revues.org/index1288.html>.

République de Djibouti (2004) – Gestion des risques et des catastrophes, Rapport National, Djibouti, 12p. <http://www.unisdr.org/eng/country-inform/reports/Djibouti-report.pdf>.

Sigué C (2000) CYGNES D'EAU Loire Swans

Vinet F. (2010) *Le risque inondation. Diagnostic et gestion*. Editions Lavoisier Tec & Doc collection SRD. 328 p.

<http://www.mid.dj/Cartographie%20Dikhil.htm> site du ministère de l'intérieur et de la décentralisation de la République de Djibouti

<http://www.maem.dj/> site du Ministère de l'agriculture et de l'élevage de la République de Djibouti

# **Annexes**

## ***Annexe 1***

### ***Liste des membres du groupe d'expertise***

Julien Amani ADI, consultant développement agricole Société Sud Hémisphère

Jean-Philippe CHEREL, Ingénieur de recherche, cartographie télédétection SIG. Université Paul-Valéry Montpellier 3/ UMR GRED- UM3-IRD

Albert COLAS, professeur agrégé, hydrogéomorphologie, Université Paul-Valéry Montpellier 3/ UMR GRED- UM3-IRD

Mathieu PASQUET, étudiant Master « gestion des catastrophes et des risques naturels » Université Paul-Valéry Montpellier 3/ UMR GRED- UM3-IRD

Freddy VINET professeur, géographie des risques naturels, chef de mission, Université Paul-Valéry Montpellier 3/ UMR GRED- UM3-IRD

Avec la contribution de Xavier Guthertz, professeur archéologue, Université Paul-Valéry Montpellier 3.

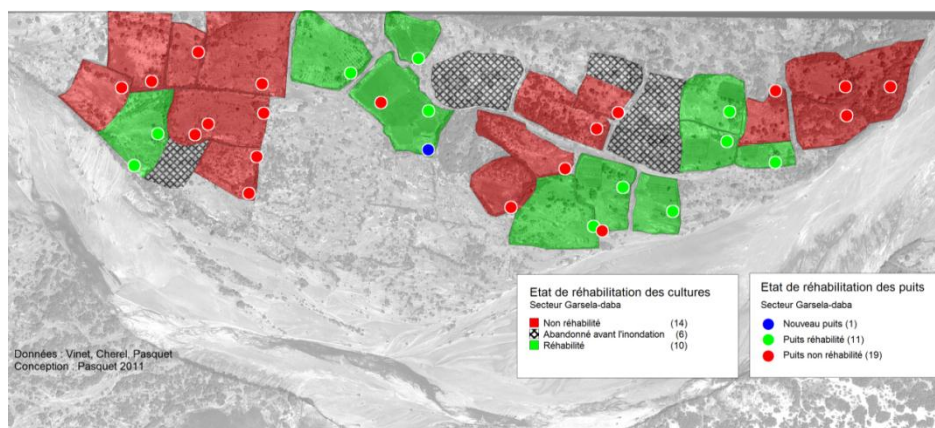
## Annexe 2

### Etat de réhabilitation des cultures et des puits huit mois après l'inondation d'août 2010

La présente annexe présente les résultats complets du relevé de la réhabilitation des cultures et des puits en avril 2011 soit sept mois après les crues. Pour les détails méthodologiques et les commentaires, se référer au paragraphe 4.1.1 du rapport et à la planche 6 de l'atlas cartographique

Les résultats de la réhabilitation des cultures et des puits sont présentés ici, par secteur :

#### ▪ Secteur de Garsale-Daba



Source – Pasquet 2011

Figure 1 - Réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Garsale-Daba

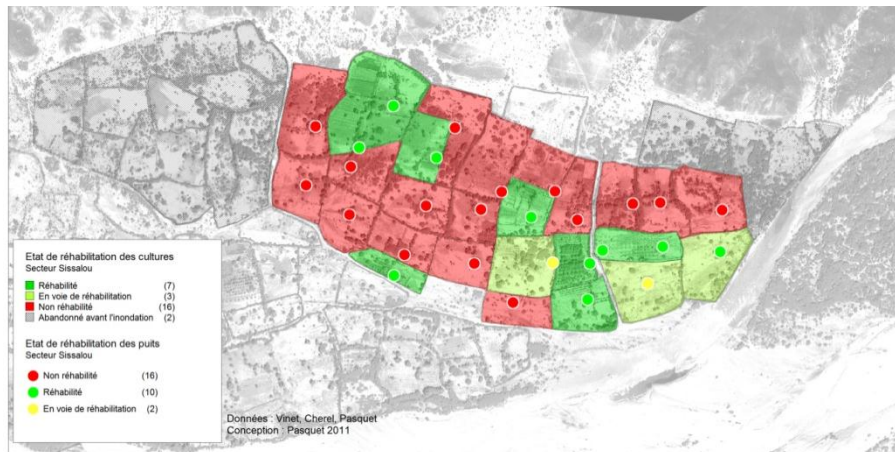
Sur le secteur de Garsale-daba, on constate une majorité de cultures (58%) et de puits (62%) non réhabilités. On constate aussi la réalisation d'un nouveau puits. En effet, lorsque les puits sont fortement endommagés il est plus difficile et coûteux de les réhabiliter que d'en construire un nouveau.

Tableau 1 - Taux de réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Garsale-Daba

	Cultures		Puits	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Réhabilité	10	42 %	11	35 %
Non Réhabilité	14	58 %	19	62 %
Nouveau	/	/	1	3 %
Total	24	100 %	31	100 %

Source : Pasquet, 2011

▪ **Secteur de Sissalou**



Source : Pasquet, 2011

Figure 2 - Réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Sissalou

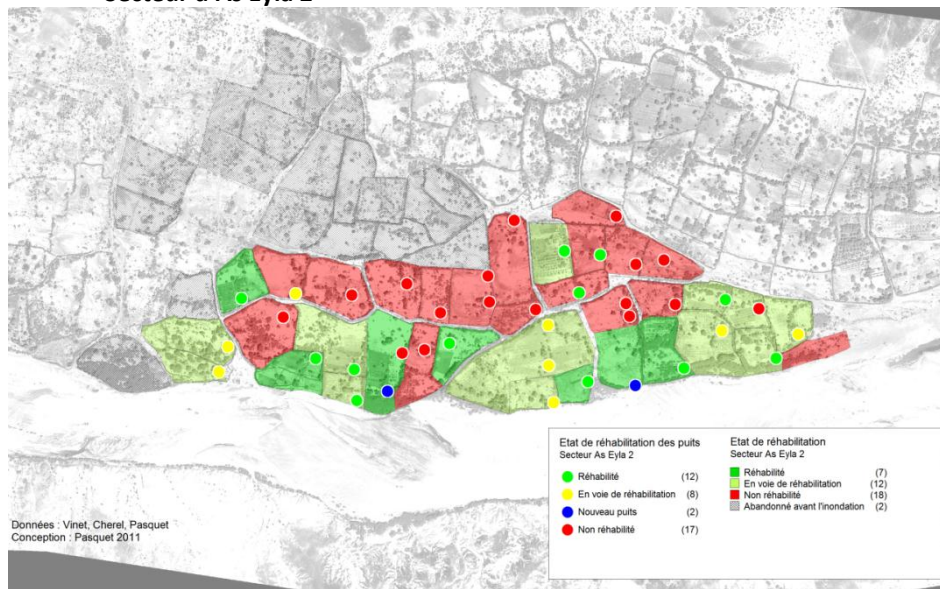
Sur le secteur de Sissalou, l’abandon des cultures (61%) et des puits (57%) est également très élevé. On observe des cultures (Secteur de Sissalou, As Eyla 2, As Eyla 1) abandonnées avant l’inondation, en effet suite à une diminution des ressources en eaux sur ces secteurs – plus éloignés de l’oued – les agriculteurs ont dû délaisser ces terres.

Tableau 2 - Taux de réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Sissalou

	Cultures		Puits	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Réhabilité	7	27 %	10	36 %
En voie de réhabilitation	3	12 %	2	7 %
Non Réhabilité	16	61 %	16	57 %
Nouveau	/	/	0	0 %
Total	26	100 %	28	100 %

Source : Pasquet, 2011

▪ **Secteur d’As Eyla 2**



Source : Pasquet 2011

Figure 3 - Réhabilitation des cultures et des puits du secteur d'As-Eyla 2

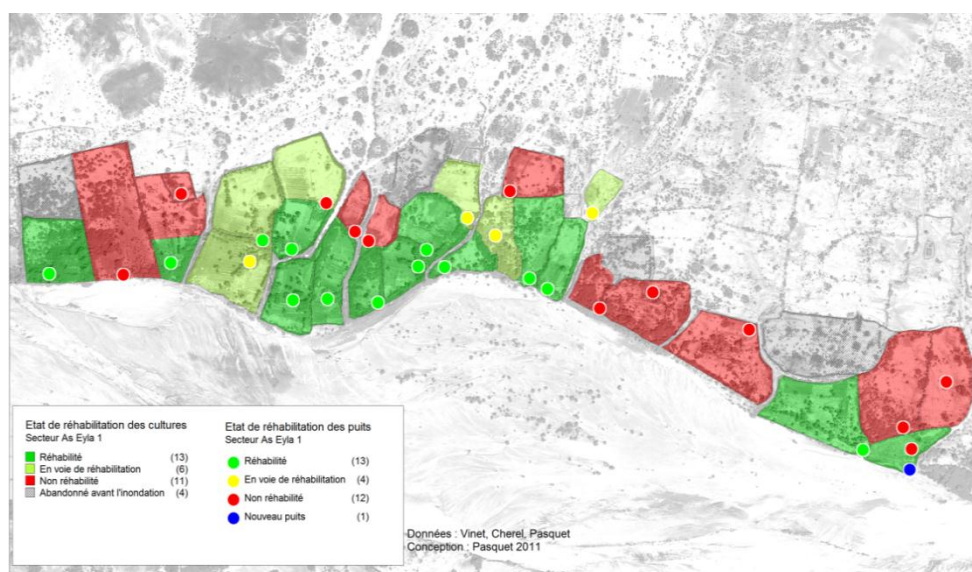
A As Eyla 2 l'abandon de cultures (49%) et de puits (44%) est quasiment de moitié. Comparé aux autres secteurs on note une réhabilitation plus élevée.

Tableau 3 - Taux de réhabilitation des cultures et des puits du secteur d'As-Eyla 2

	Cultures		Puits	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Réhabilité	7	19 %	12	31 %
En voie de réhabilitation	12	32 %	8	20 %
Non Réhabilité	18	49 %	17	44 %
Nouveau	/	/	2	5 %
Total	37	100 %	39	100 %

Source : Pasquet, 2011

▪ Secteur d'As-Eyla 1



Source : Pasquet, 2011

Figure 4- Réhabilitation des cultures et des puits du secteur d'As-Eyla 1

Le secteur d'As-Eyla 1 est le secteur qui connaît une réhabilitation élevée. 43 % des cultures sont réhabilitées, 20% sont en cours de réhabilitation. Ces chiffres sont comparables pour les puits. Pourtant le secteur d'As-Eyla 1 n'a pas été épargné par les inondations.

Le secteur d'As-Eyla 1 est le secteur le plus proche du village (quelques dizaines de mètres) cela nous laisse à penser que les agriculteurs d'As-Eyla 1 disposent de meilleures conditions pour réhabiliter leurs jardins. A savoir moins de trajets – à pieds – ce qui leur permet d'optimiser leurs efforts dans la réhabilitation des terrains.

Tableau 4 - Taux de réhabilitation des cultures et des puits du secteur d'As-Eyla 1

	Cultures		Puits	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Réhabilité	13	43 %	13	43 %
En voie de réhabilitation	6	20 %	4	13 %
Non Réhabilité	11	37 %	12	40 %
Nouveau	/	/	1	4 %
Total	30	100 %	30	100 %

Source : Pasquet, 2011

▪ **Secteur de Yalhalou**



Source : Pasquet, 2011

Figure 5- Réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Yalhalou

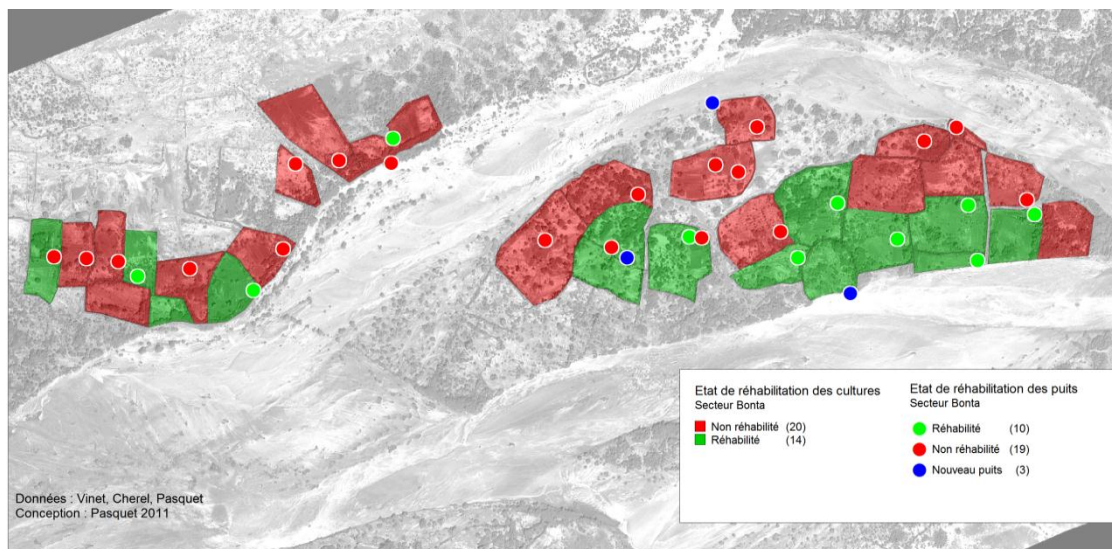
Le secteur de Yalhalou connaît un abandon de 48 % pour les cultures et de 62 % des puits.

Tableau 5 - Taux de réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Yalhalou

	Cultures		Puits	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Réhabilité	13	48 %	10	38 %
En voie de réhabilitation	1	4 %	0	0 %
Non Réhabilité	13	48 %	16	62 %
Nouveau	/	/	0	0 %
Total	27	100 %	26	100 %

Source : Pasquet, 2011

▪ **Secteur de Bonta**



Source : Pasquet 2011

Figure 6- Réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Bonta

Sur Bonta 59 % des cultures et 60 % des puits ne sont pas réhabilités suite à l'inondation d'août 2011.

Tableau 6 - Taux de réhabilitation des cultures et des puits du secteur de Bonta

	Cultures		Puits	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Réhabilité	14	41 %	10	31 %
En voie de réhabilitation	0	0 %	0	0 %
Non Réhabilité	20	59 %	19	60 %
Nouveau	/	/	3	9 %
Total	34	100 %	32	100 %

Source : Pasquet, 2011

▪ **Secteur de Garaytou et Tamiro**

Ces deux secteurs n'ont pas été visités. En dehors des témoignages recueillis auprès des agriculteurs de la coopérative, nous n'avons pas de données de terrain pouvant faire l'objet d'un traitement cartographique.



## Annexe 3

### L'évolution du couvert arboré dans les zones des jardins

#### entre 2007/2008 et 2010

Texte explicatif de la planche 7 de l'atlas cartographique hors texte.

Afin de suivre l'évolution du couvert arboré dans le secteur des jardins d'As Eyla entre 2007 et 2010, nous avons effectué sur les images à très haute résolution dont nous disposons une série de traitements d'image permettant de l'individualiser. Sur les images, ce couvert, très vert, très chlorophyllien, se distingue nettement des sols nus et des quelques cultures présentes. Nous avons donc tout d'abord réalisé un **indice de végétation normalisé**<sup>9</sup> (NDVI des anglo-saxons) pour chacune des 2 dates. Nous avons ensuite procédé à un **seuillage d'image** sur les 2 indices de végétation. Ce seuillage manuel permet de produire des images binaires qui opposent le couvert arboré (valeur 1) à tous les autres types de couverture du sol (valeur 0). Les images ayant été recalées de manière très rigoureuses l'une sur l'autre et rééchantillonnées à une même résolution de 50cm, nous avons pu faire un **comparaison pixel à pixel** sur l'ensemble des zones des jardins au moyen d'un script fonctionnant de la manière suivante :

- val 1 en 2007 et val 1 en 2010 = persistance du couvert arboré en ce point,
- val 1 en 2007 et val 0 en 2010 = disparition du couvert entre les 2 dates en ce point,
- val 0 en 2007 et val 1 en 2010 = développement du couvert
- val 0 en 2007 et val 0 en 2010 = absence de couvert

L'analyse statistique des résultats obtenus a permis de mettre en évidence une **diminution** globale du couvert arboré sur l'ensemble des secteurs de jardins considérés (cf. tableau joint). Cette diminution est estimée à environ **8 ha** sur les secteurs pris en compte (superficie générale de **226 ha**). Cette diminution est quasi générale à l'exception des secteurs de **Bonta** (+ 1,26 Ha) et de **Yalhalou** (+ 2,15 Ha).

Cette diminution globale est à relier à la mise en évidence sur les images d'importantes surfaces déboisées entre les 2 dates, notamment au niveau des secteurs de **As Eyla 2** et **Garsale Daba** où des mises en cultures semblent avoir été réalisées.

A l'opposé, les secteurs de **Bonta** et de **Yalhalou** ont vu le couvert arboré progressé durant la même période. Une analyse fine des traitements d'images réalisés montre que cette progression se fait en marge des zones où le couvert est persistant. Nous pensons y voir le signe du développement des massifs de prosopis si souvent évoqués par les propriétaires des jardins.

Secteurs	Jardins (en ha)	Couvert arboré 2007 (en ha)	Couvert arboré 2010 (en ha)	Différence (ha) 2010 - 2007	% d'occupation 2007	% d'occupation 2010
<b>Bonta</b>	25,50	6,19	7,45	1,26	24,27	29,22
<b>Yalhalou</b>	36,47	12,77	14,92	2,15	35,02	40,91
<b>As Eyla1</b>	42,80	10,67	9,56	-1,11	24,93	22,34
<b>As Eyla2</b>	83,49	15,52	10,90	-4,62	18,59	13,06
<b>Sissalou</b>	37,81	7,37	6,13	-1,24	19,49	16,21
<b>Garsale Daba</b>	29,29	10,78	6,22	-4,56	36,80	21,24
<b>Total</b>	<b>226,07</b>	<b>63,30</b>	<b>55,18</b>	<b>-8,12</b>	<b>26,52</b>	<b>23,83</b>

<sup>9</sup> Les *indices de végétation* utilisent la différence de réflexion de la végétation dans les longueurs d'onde du rouge (R) et de proche-infrarouge (PIR), longueur d'onde dans laquelle la végétation réfléchit particulièrement les radiations incidentes. Cet écart est particulièrement marqué pour la végétation verte chlorophyllienne ce qui permet de la caractériser. L'*indice de végétation par différence normalisée* (NDVI pour *Normal Difference Vegetation Index*) est calculé de la manière suivante :  $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$ . La normalisation par la somme des deux bandes utilisées permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quel que soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement.

## ***Annexe 4***

### ***Projets de développement local (présentés par SudHémisphère Consultants)***



## **MISSION As Eyla Rép. de DJIBOUTI**

**Programme d'assistance intégrée en sécurité alimentaire pour les  
maraîcherculteurs victimes de la crue de l'oued Gobaad d'août  
2010 à As Eyla  
(Région de Dikhil, Rép. de Djibouti)**

Auteur  
Julien Amani ADI  
  
Cabinet Sud-Hémisphère

Janvier 2012

# 1. CONTEXTE

A la requête du Conseiller d'Action Culturel de l'Ambassade de France à Djibouti, une équipe du Département de Géographie-Aménagement de l'Université Montpellier 3 a réalisé, du 09 au 24 avril 2011, une expertise sur la crue de l'Oued Gobaad, dans la région d'As Eylal (République de Djibouti). Cette étude a pour objectif le retour d'expérience sur la crue de l'oued Gobaad d'août 2010 qui a entraîné de graves inondations qui ont affectés les jardins maraîchers situés sur les berges du Gobaad. Entre autres objectifs assignés à la mission figure l'évaluation des dommages agricoles.

Il ressort de cette évaluation que 156 jardins répartis sur 8 secteurs, ont été partiellement ou totalement détruits avec dans certains cas, des avaries de matériel d'irrigation et de culture. Les pertes financières de ces jardins sinistrés, hors impact économique et social, avoisinent les 38 millions de franc djiboutien.

En outre, l'évaluation a également permis d'identifier certaines insuffisances dans la pratique culturale, pouvant compromettre gravement la pérennisation du maraîchage dans cette région. Cela concerne au premier chef la pression d'usage qui est exercée sur la ressource hydrique avec le risque de salinisation, risque auquel la coopérative est déjà confrontée. Fort de ce qui précède et conformément aux diverses recommandations formulées dans le rapport, notre proposition portera sur trois projets qui pourraient s'échelonner respectivement à court, moyen et long terme. Ces projets sont issus des 3 axes proposés dans le rapport :

- projet de l'usage de régulateurs hydriques dans l'itinéraire technique,
- projet d'irrigation,
- projet d'armature verte.

## 2. OBJECTIFS

### 1. Général

Renforcer la sécurité alimentaire en remédiant durablement à la vulnérabilité de la culture maraîchère-par la maîtrise des risques de crues de l'oued Gobaad. Aider également à réduire la pauvreté en s'appuyant sur les potentialités endogènes à travers de bonnes pratiques culturelles.

### 2. Spécifiques

- Accroître à court terme la production maraîchère des exploitants grâce à une meilleure allocation de la ressource hydrique à travers l'usage d'hydro-régulateur,
- Améliorer le système d'irrigation par l'introduction du dispositif de goutte à goutte simplifié qui s'intègre bien dans le contexte d'As Eylal et facilement appropriable par les maraîcher-culteurs. Il viendra consolider l'usage de l'hydro-régulateur et par voie de conséquence dégager du temps potentiellement affectable à d'autres activités, notamment le pastoralisme.
- Rehausser le couvert végétal par l'implantation d'arbres plus résistants au stress hydrique, contribuant ainsi à générer de l'humidité dans le sol en favorisant la formation d'humus naturel.

Au terme de ce programme intégré de sécurité alimentaire, les résultats suivant devront être atteints :

- La production maraîchère et alimentaire est accrue chez les jardiniers à travers les cultures associées,
- Le cheptel se reconstitue chez les ménages grâce au temps dégagé par un arrosage optimal des cultures par l'usage d'hydro-régulateurs,
- Des semences certifiées (meilleure qualité) sont disponibles et accessibles aux populations,
- Des arbres sont plantés sur les berges et dans les jardins .

### **3. DESCRIPTIONS DES PROJETS**

C'est un programme intégré qui vise à valoriser les berges de l'oued Gobaad à travers 3 projets inter reliés.

#### **Projet 1 : Utilisation de CYGNES D'EAU dans l'itinéraire technique des cultures maraîchères**

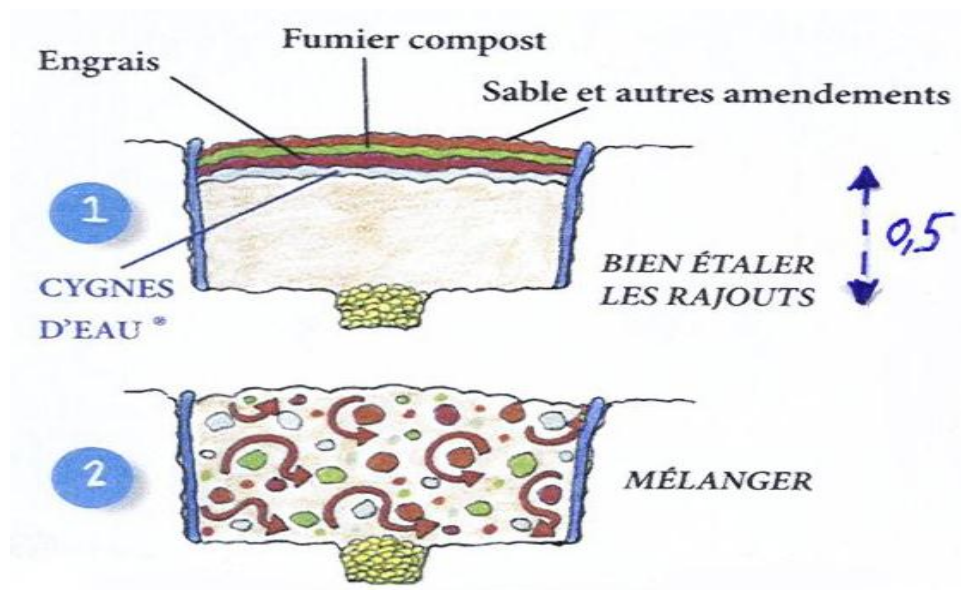
Il s'agit d'optimiser l'usage de l'eau comme intrant dans la production maraîchère en introduisant dans l'itinéraire technique un humus de synthèse à fonction hydro-régulatrice. Cet humus : CYGNES D'EAU permet en effet de réguler les apports en eau pour tous les végétaux, constituant ainsi un réservoir de haute capacité et durable. Sous forme de granulé disséminé dans la terre, il agit comme autant de mini-réservoirs prêts à approvisionner en eau les végétaux tout au long de leur croissance. CYGNES D'EAU retient de 100 à 300 fois son poids en eau. Ainsi, si l'eau apportée est pure (eau de pluie), 5 grammes de CYGNES D'EAU retiendront jusqu'à 1,5 litres de d'eau soit l'équivalent d'une bouteille d'eau minérale. Plus précisément, CYGNES D'EAU sera en mesure de fixer cette eau au niveau des racines des végétaux qui y puiseront les quantités d'eau nécessaires à leur croissance. Il agit ainsi en régulateur quasi-permanent. Il est de ce point de vue un auxiliaire précieux pour le jardinier qui voit ainsi ses arrosages régulés et peut mieux se consacrer à d'autres tâches, dans le cas d'espèce, à l'élevage. Par ailleurs, il pallie les problèmes d'évaporation qui affectent les eaux de surfaces et ne migre pas ce qui permet d'en conserver les effets pendant des années sans gros apports de complément (prévoir au plus 10% de pertes naturelles d'une année sur l'autre).

CYGNES D'EAU permet de reconstituer la matière organique là où celle-ci manque durablement. C'est le cas des sols de As Eyla où la structure est de type limono-sableux propice au ruissellement des eaux de pluies. En outre sa teneur en ions lui confère la propriété de fertilisant qui agrègent les particules des sols.

A ce titre, il permet d'améliorer, en conditions normales d'emploi d'environ 10% la croissance et les récoltes par élimination du stress hydrique. De manière plus sensible encore, il augmente le taux de germination des semis par une meilleure prise des racines y compris dans les zones arides. Aussi le développement de la résistance physique des plantes à certaines maladies s'en trouve renforcée.

Vu le niveau d'ensoleillement, et par conséquent l'évaporation qui s'en suit, l'utilisation de CYGNES D'EAU est pour nous la réponse indiquée au manque d'eau qui est constaté à As Eyla. Son emploi pourrait résoudre par anticipation la question de la salinité déjà évoquée par la coopérative dans son document sur ses activités. En clair, il vise à rationaliser l'eau agricole par une gestion optimale par une meilleure allocation de la ressource « eau » aux plantes.

Composé principalement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, auxquels s'ajoutent d'autres éléments en infime quantité, CYGNES D'EAU se présente sous forme de granulés de couleur grisâtre. Il gonfle au contact de l'eau pour prendre la forme d'un gel blanchâtre aisément dissociable et doux au touché. Il est vendu en sachet de 250 g et recommandé pour les semis, la plantation des arbres et le rempotage. Il est utilisé à raison de 400 kg/ha. Ainsi, 5g de CYGNES D'EAU mélangés à 5 kg de terre absorbent et retiennent de 0,5 à 1,5 l d'eau. 1 kg d'humus de synthèse est comparable à 100 kg de terre. Aussi, pour obtenir l'efficacité équivalente à 2% d'humus, il convient d'incorporer 150 à 250 g/m<sup>3</sup>. Ce dosage retient l'équivalent de 8 à 16 mm de pluie ou d'arrosage. Cet hydro-régulateur a contribué à la mise en place des jardins tropicaux améliorés au Mali, au Sénégal et au Tchad depuis 2005. CYGNES D'EAU a une durée de vie moyenne de ± 5 ans. Pour ce faire il peut être intégré dans l'itinéraire technique. Dans la préparation du sol, il s'utilise suivant le schéma ci-après sur une profondeur de 50 cm :



Sol reconstitué sur 0,50 m de profondeur

Source : JTS [www.jtssemences.com](http://www.jtssemences.com)

Le cadre logique ci-après en indique la synthèse.

**Tableau n°1 : CADRE LOGIQUE DU PROJET**

Titre de l'action	Amélioration de la couverture en eau agricole à As Eyla			
	Logique d'intervention	Indicateurs objectivement mesurables	Sources et moyens de vérifications	Hypothèse
Objectifs généraux	Améliorer les conditions culturales en réduisant les pertes hydriques	-Prévalence de la salinité des sols -Taux de couverture en eau agricole	Données de la DRA de Dikhil	-Stabilisation du nombre de puits creusés
Objectifs spécifiques	-Améliorer l'accès à l'eau agricole -Renforcer les connaissances, attitudes et pratiques en irrigation	-Taux de couverture en eau passant de 0% à 100% avec régulateur hydrique	-Inventaire du réseau d'irrigation -Enquête CAP	
Résultats attendus	-156 maraîcherculteurs irriguent leurs jardins avec de l'eau fournie par les puits en utilisant CYGNES D'EAU dans l'itinéraire technique -Un monitoring de l'impact de l'utilisation de CYGNES D'EAU dans les exploitations	-Nombre de puits -Nombre maraîcherculteurs par puits -Niveau de connaissances, observations de pratiques et comportements par comparaison des réponses avant et après le projet	-Inventaire du réseau d'irrigation alimenté par les puits - Enquête CAP en début et fin de projet	
Activités à développer	-Utilisation de régulateurs hydriques CYGNES D'EAU dans l'itinéraire technique - Promotion de l'utilisation de CYGNES D'EAU auprès des maraîcherculteurs	Nombre de protocole d'accord avant l'utilisation - Suivi de sessions de promotion de l'utilisation de CYGNES D'EAU	Rapport de fin de projet -Rapport de monitoring	

Source : Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad, 2011

## **Projet 2 : Système d'irrigation goutte à goutte simplifié**

Un système goutte à goutte traditionnel est un dispositif qui coûte cher et qui demande une technique assez compliquée exigeant parfois une maintenance soutenue pour assurer sa pérennité. C'est fort de ces contraintes que l'ONG AGRO SANS FRONTIERE a conçu son dispositif adapté de goutte à goutte dénommé GG50. L'idée maîtresse qui sous-tend ce projet est que l'humus Cygne d'eau ne remplace pas l'arrosage mais plutôt conforte un état humide du sol. De ce point de vue, penser et mettre en place une irrigation simple et efficace complète efficacement la problématique d'optimisation de l'eau agricole dans l'itinéraire technique. A l'origine, il s'appuie sur des fûts de 200 litres (0,5-0,6 m de hauteur) avec un filtre à gaz oil pour décharger l'eau des éventuelles impuretés, et des répartiteurs d'arrosage composés de 2 tuyaux d'alimentation rédivisés eux-même en 2 puis une ligne de goutte à goutte en tuyau souple ce qui permet d'arroser 4 planches de 12,5m sur 1m soit 50 m<sup>2</sup> d'où son appellation de GG50 (Photo en annexe). On peut faire autant de GG50 en fonction du dimensionnement souhaité.

Dans le cas d'As Eyla, ce dispositif pourrait être implanté en dimensionnant et en évaluant le besoin en tuyaux d'alimentation. Il faudrait également remplacer les fûts de 200 litres par des cubitainers dont les localisations seraient appropriées et raccordés aux puits.



**Tableau n°2 : CADRE LOGIQUE DU PROJET**

Titre de l'action	Amélioration du système d'irrigation à As Eyla			
	Logique d'intervention	Indicateurs objectivement mesurables	Sources et moyens de vérifications	Hypothèse
Objectifs généraux	Améliorer les conditions culturales en réduisant les pertes hydriques	-Prévalence de la salinité des sols -Taux de couverture en eau agricole	Données de la DRA de Dikhil	-Stabilisation du nombre de puits creusés
Objectifs spécifiques	-Améliorer l'accès à l'eau agricole -Renforcer les connaissances, attitudes et pratiques en irrigation	-Taux de couverture en eau passant de 0% à 100% avec le goutte à goutte	-Inventaire du réseau d'irrigation -Enquête CAP	
Résultats attendus	-156 maraîcherculteurs irriguent leurs jardins avec un dispositif goutte à goutte dans l'itinéraire technique -Un monitoring de l'impact de l'utilisation du goutte à goutte dans les exploitations	-Longueur de tuyauterie -Nombre dispositif par maraîcherculteur -Niveau de connaissances, observations de pratiques et comportements par comparaison des réponses avant et après le projet	-Inventaire du réseau d'irrigation alimenté par les puits - Enquête CAP en début et fin de projet	
Activités à développer	-Utilisation du dispositif goutte dans l'itinéraire technique - Promotion de l'utilisation du goutte à goutte auprès des maraîcherculteurs	Nombre de protocole d'accord avant l'utilisation - Suivi de sessions de promotion de l'utilisation du goutte à goutte	Rapport de fin de projet -Rapport de monitoring	

**Source :** Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad, 2011

### **Projet 3 : Armature verte**

Les berges du Gobaad ne sont pas aménagées en l'état actuel. Il s'agit donc d'un aménagement de mise en valeur paysagère par la plantation d'arbres. En effet, il est clairement établi que les arbres interceptent et emmagasinent l'eau de pluie à la surface des feuilles et des branches, réduisent sa descente vers le sol, favorisent son infiltration, diminuant ainsi le ruissellement et l'érosion et retardant la formation des débits de pointe (FAO(2000), Adrina et Ambrosii(2006). Le couvert arboré présente de nombreux autres intérêts : abri pour la faune, effet de brise vents, ralentissement du risque inondation en confortant les berges et en ralentissant le débit et/ou le débordement. Egalement, il peut être exploité comme parcours pour le cheptel d'autant le pastoralisme est l'activité principale dans cette région.

Pour ce faire l'introduction d'arbres (acacia, jatrophas, eucalyptus, moringa, arbres fruitiers, etc.) et d'arbustes fourragers résistants au stress hydrique sera dans un premier temps indiquée. Cette révégétalisation pourrait se faire en partenariat avec l'ONG AGRO SANS FRONTIERE qui a un savoir faire reconnu pour mener ce type de projet.

Cette armature verte serait localisée à environ 100-150 mètres à l'intérieur des terres le long du lit de l'oued et sur une largeur évoluant dans le temps. Comme dans le précédent projet, l'utilisation de CYGNES D'EAU sera indispensable pour humidifier le sol et favoriser la croissance optimale des plantes. Vu que ce projet est à moyen terme, sa réalisation dépendra du succès enregistré par le projet 1. Les plantes présentes pour le reboisement sont : arbres fruitiers, acacia, jatrophas, eucalyptus, moringa et des arbustes fourragers. Le coût de ce projet sera évalué ultérieurement après une étude de faisabilité. Ce projet devrait permettre d'éliminer à terme le prosopis qui pourrait être transformé en charbon et/o bois de chauffe afin d'annihiler sa prédation hydrique due à ses profondes racines.

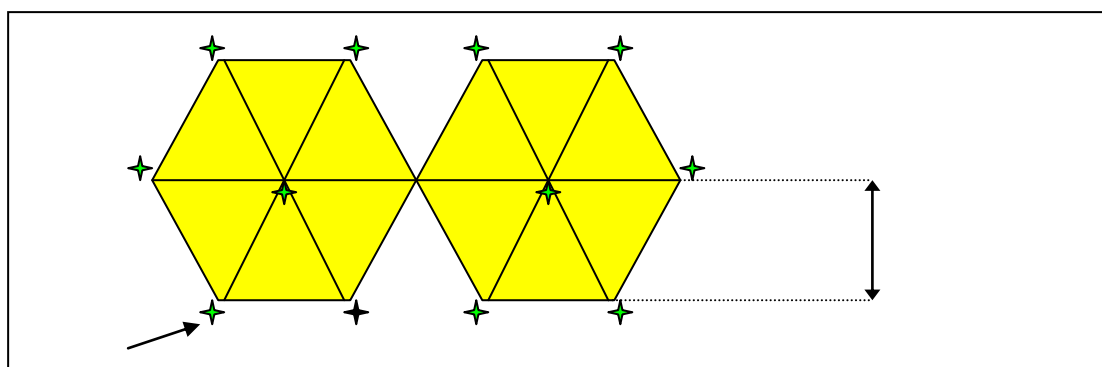
Ce projet sera un aménagement de lutte contre les inondations et l'érosion des berges pour les populations de As Eyla, mais également un nouvel accès aux ressources forestières jusque là peu disponibles. Il s'inscrit dans le prolongement de la préservation et de la gestion optimale de la ressource en eau déjà réalisé en amont avec le projet 1. A terme, l'objectif est de réaliser la continuité de l'activité maraîchère par un système rotatif fondé sur la jachère grâce à cette « coulée verte » des berges de l'oued Gobaad sur plusieurs kilomètres. La chaîne verte sera constituée d'une haie d'eucalyptus dans la première couronne des berges de l'oued à l'année 1. Puis d'une seconde haie de moringa à l'année 2 et enfin d'une troisième d'acacia à l'année 3. La superficie prévisionnelle dans ce présent projet est estimée à 160 ha, répartie de l'amont à l'aval de As Eyla. La plantation s'étalera sur une longueur de 10 km et une largeur de 150 m à l'intérieur des terres hors zone à risque d'inondation.

Elle pourrait être évolutive en fonction des résultats observés, des besoins ressentis et surtout de la disponibilité de financement, la plantation pouvant se poursuivre sur plusieurs années.

Les plants sont préparés préalablement en pépinière gérée par la coopérative du Gobaad en mutualisant la force de travail de ses adhérents sous la conduite de l'ONG Agro Sans Frontière comme maître d'œuvre. Nous prévoyons une perte de 10% de la pépinière à la plantation liée au transport, et un taux égal de la graine à la plante.

### **L'organisation de la plantation**

Le planting se fera de sorte que trois plants forment un triangle équilatéral de 15 m de côtés pour l'eucalyptus, 5 m pour le moringa et de 10 m pour l'acacia suivant le schéma ci-dessous.



Source : Mission As Eyla 2011

Selon Agro Sans Frontière, la couverture au sol occupée respectivement par l'eucalyptus, le moringa et l'acacia est respectivement de  $40 \text{ m}^2$ ,  $35 \text{ m}^2$  et  $60 \text{ m}^2$ . Par conséquent le nombre ou la densité de chaque type d'arbre à planter par ha sera de : 250 eucalyptus, 286 moringas et 167 acacias. Le choix de ces 3 espèces d'arbres se justifie par leur capacité à supporter le stress hydrique mais également à contribuer à atténuer la dégradation physique des sols par l'érosion. En effet, l'eucalyptus est un arbre de taille moyenne qui peut atteindre 20-40 de hauteur et 0,9-1,80 m de diamètre. S'adaptant à presque tout type de climat, il pousse bien en zone aride pour lesquelles les précipitations sont supérieures à 500 mm, voire moins (Benterrouche, 2007), surtout sur des sols limono-sableux comme celui d'As Eyla. De plus sa capacité à stabiliser les dunes, établir des brises-vents et fixer les sols (Duke 1983, Seigue 1985) étaye notre volonté de l'introduire en première couronne. Sa présence constituerait une réponse appropriée à la problématique énergétique auxquelles les populations sont confrontées depuis toujours puisqu'il fournira du bois de chauffe comme du bois d'œuvre. Sa longévité est d'environ 100 ans.

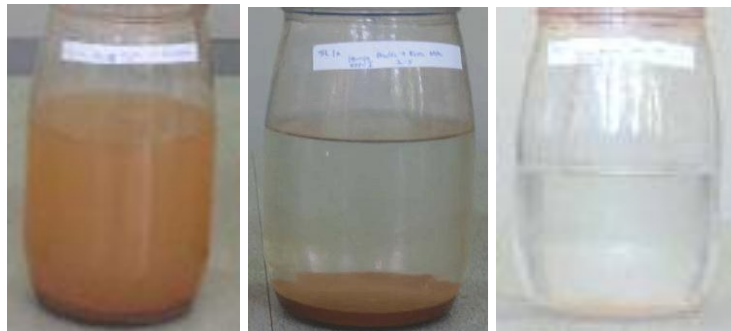


**Fig1 :** *Eucalyptus gomphocephala* (<http://www.plantencyclo.com>)

Il en est de même pour le moringa que d'aucuns qualifient d'arbre magique du fait de ces nombreuses vertus. Au plan nutritionnel, la consommation de ces feuilles pourrait combler les carences protéiques, vitaminiques et en d'oligo-éléments. En effet, les feuilles fraîches de cet arbre contiennent en moyenne et par gramme :

- 7 fois autant de vitamine C que les oranges,
- 4 fois autant de vitamine A que la carotte,
- 4 fois autant de calcium que le lait,
- 3 fois autant de potassium que les bananes,
- 3 fois plus de fer que les épinards,
- autant de protéines que des œufs
- 

Mieux, la poudre séchée de ces graines peut servir d'intrants (coagulant, floculant et désinfectant) dans le traitement de l'eau potable.



**Fig 2 :** Eau polluée **Fig 3 :** Les particules fines descendent au fond **Fig 4 :** Eau propre après 1 heure

Sa croissance accélérée en milieu aride fait qu'il peut atteindre près de 3 m de hauteur dès la première année.

L'acacia qui vient en troisième couronne, est un arbre faisant partie des légumineuses. De ce point de vue, il a la capacité de fixer l'azote atmosphérique à travers ses nodosités pour fertiliser le sol. D'où sa croissance rapide (2-10 m de hauteur) malgré les conditions climatiques rudes notamment dans les pays sahélien. Il s'adapte à tout type de sol. Il est très présent au Tchad. Dans les jardins par exemple, il pourrait garder une humidité relative par la rétention d'eau dans le sol et apporter de la matière organique à travers l'humus. Comme l'eucalyptus, il est indiqué pour la restauration des sols, des versants des montagnes et des

collines érodées, ainsi que les terrains pour la stabilisation des sables mobiles (Crompton, 1992). Voilà qui explique son implantation en troisième rempart. Par ailleurs il produit une gomme utilisée dans l'industrie alimentaire (Crompton 1992). Ses gousses riches en protéines sont consommées par les moutons et chèvres (Albouchi et al, 2001).

**Tableau n°3 : CADRE LOGIQUE DU PROJET**

Titre de l'action	Amélioration de la couverture végétale des berges de l'Oued Gobaad à As Eyla			
	Logique d'intervention	Indicateurs objectivement mesurables	Sources et moyens de vérifications	Hypothèse
Objectifs généraux	Améliorer l'armature verte des berges en vue de favoriser l'infiltration des eaux de surface	-Réduction voire annulation de la prévalence de la salinité des sols -Taux de couverture en arbres	Données de la DRA de Dikhil	-Stabilisation du nombre d'arbres plantés
Objectifs spécifiques	-Améliorer l'accès aux bois de chauffe -Renforcer les connaissances, attitudes et pratiques en irrigation	-Taux de couverture en végétaux passant de 0% à 50 % avec régulateur hydrique	-Inventaire du parc végétal -Enquête CAP	
Résultats attendus	-156 maraîcherculteurs plantent des arbres autour de leurs jardins et au delà -Un monitoring de l'impact des arbres plantés sur les exploitations	-Nombre d'arbres -Niveau de connaissances, observations de pratiques et comportements par comparaison des réponses avant et après le projet	-Inventaire du réseau d'arbres - Enquête CAP en début et fin de projet	
Activités à développer	-Plantation d'arbres - Promotion de la ceinture verte le long des berges auprès des maraîcherculteurs	Nombre de protocoles d'accord avant la plantation - Suivi de sessions de promotion de plantation d'arbres	Rapport de fin de projet -Rapport de monitoring	

Source : Mission As Eyla 2011/ Coopérative du Gobaad, 2011

## 4. COÛTS DES PROJETS

### Projet 1 : Utilisation de CYGNES D'EAU dans l'itinéraire technique des cultures maraîchères

La surface agricole utile totale des 8 secteurs a été évaluée à environ 100ha . Le besoin par ha étant estimé à 400 kg de CYGNES D'EAU, le coût total est évalué à 172 000€ HT (tableau 3 donnant le coût du projet). Le prix de gros appliqué à l'importateur est de 4,30 €/kg (Cost insurance and fret), c'est à dire rendu au port de Djibouti incluant le transport.

Coût du projet :

**Tableau 3°** : Les contraintes majeures entravant l'essor durable du maraîchage

Libellé	Prix unitaire hors taxe (€)	Quantité Kg	Prix total hors taxe (€)
CYGNES D'EAU (kg)	4,30	40.000	172.000
<b>Total général</b>			<b>172.000</b>

Source : Mission As Eylal 2011

Chronogramme :

Réf	Activités	Fév	Mars	Avr	Mai.	Juin.	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.
I	Recherche de financement												
II	procédures d'achat et commande												
III	Fret												
IV	Distribution												
V	Itinéraire technique												
V.1	Préparation des parcelles												
V.2	Pépinière et ou semis												
V.3	Repiquage												
V.4	Récolte												

Source : Mission As Eylal 2011

## Projet 2 : Système d'irrigation goutte à goutte simplifié

Le coût estimatif sera connu après évaluation des besoins auprès de maraîcherculteurs intéressés par le dispositif. Toutefois et à titre indicatif, un kit de 4 goutteurs GG 50 avec filtre, robinet et raccord vaudrait 61 € pour 50 m<sup>2</sup> hors réservoir. Nous pensons qu'à l'ouvrage à As Eylà, avec la récupération de contenant ou autres accessoires, les coûts pourraient être maîtrisés. C'est pourquoi la quantification de ce projet ne pourrait être connue qu'à partir de plusieurs informations découlant des maraîcherculteurs impliqués, des surfaces identifiées et du nombre moyen des planches dans l'itinéraire technique.

## Projet 3 : Armature verte

La surface à planter en arbres est estimée à environ 160 ha. Le tableau 4 donne le coût du projet. Le prix de gros appliqué à l'importateur est 4,30 €/kg (Cost insurance and fret) c'est à dire rendu au port de Djibouti incluant le transport. Toutefois des frais complémentaires pourraient apparaître notamment pour le transfert sur le site du projet.

Coût du projet :

Tableau 4° : Les contraintes majeures entravant l'essor durable du maraîchage

Libellé	Prix unitaire hors taxe (€)	Quantité	Prix total hors taxe (€)
Plante d'eucalyptus	2,5	13.338 pièces	33.345
Plante de moringa	2,5	15.258 pièces	38.145
Plante d'acacia	3,5	8.909 pièces	31.182
CYGNES D'EAU (kg)	4,30	64.000 kg	<b>275.200</b>
Sachet pour la pépinière	0,2	45.381	9.076
<b>Total général</b>			<b>386.948</b>

Source : Mission As Eylà 2011

## 5. RESSOURCES HUMAINES

L'activité maraîchère étant majoritairement menée dans le cadre de la coopérative du Goobad, ses adhérents seront d'office mis à contribution dans ce programme de sécurité alimentaire, aussi bien dans la production légumière que dans la sylviculture. Naturellement, ils seront accompagnés par les encadreurs techniques de AGRO SANS FRONTIERE et de SUDHémisphère Consultants.

## 6. EVALUATION ET COORDINATION

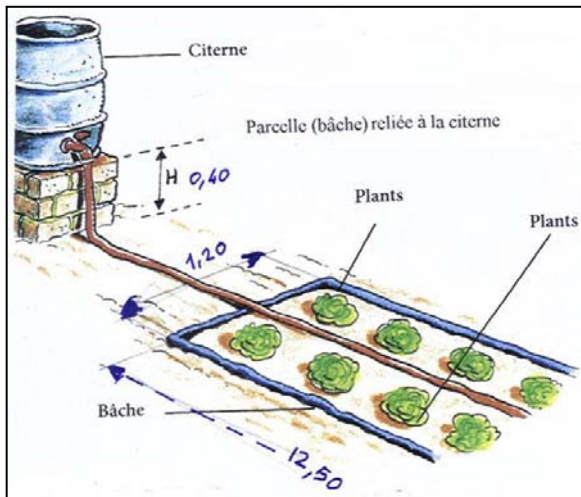
### 1. Evaluation



Elle sera basée sur une enquête de connaissance, attitudes et pratiques à la fois des maraîcher-culteurs coopérateurs et non coopérateurs. Cela aidera à améliorer et adapter les besoins en formation. Les résultats de ce monitoring doivent apparaître aussi dans le rapport mensuel que final des activités.

## 2. Coordination

Un comité de coordination siègera sous l'égide du spécialiste sécurité alimentaire du programme alimentaire mondial de Dikhil et de Djibouti. Les réunions se tiennent au moins 1 fois par semaine. Elles permettent la progression et le suivi des activités. La direction départementale ou régionale de l'agriculture et les autorités administratives y prennent part.



Module de 60 m<sup>2</sup>

source : JTS [www.jtssemences.com](http://www.jtssemences.com)

## Contacts

Bluegreen-asf-solidataïn-asfhia-111128 –

Contacts : [ibrahim.el.ali@gmail.com](mailto:ibrahim.el.ali@gmail.com) – [dominpeter@orange.fr](mailto:dominpeter@orange.fr) – [agrosansfrontiere@wanadoo.fr](mailto:agrosansfrontiere@wanadoo.fr)

## TABLE DES MATIERES

<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>1- Contexte, objectifs et démarche de l'étude</b> .....	<b>7</b>
1.1- contexte de l'étude .....	7
1.1.1- Les jardins d'As Eylal : contexte historique et géographique.....	7
1.1.2- le Gobaad .....	10
1.2- Objectifs généraux de l'étude .....	14
1.2.1- Reconstitution de la dynamique de la crue à l'origine des dommages.....	14
1.2.2- Diagnostic des dommages.....	14
1.2.3- Estimation de l'impact de la crue sur le système socio-économique .....	14
1.2.4- mesures de réduction de la vulnérabilité du territoire d'As Eylal face aux crues .....	14
1.3- Sources et démarche générale.....	15
1.3.1- Démarche générale de l'étude : le retour d'expérience ou l'analyse d'événement .....	15
1.3.2- Sources disponibles et recherche d'informations nouvelles.....	16
<b>2- Reconstituer la dynamique de l'oued Gobaad et la crue du 25 août 2010.....</b>	<b>21</b>
2.1- Contexte climatique et géologique .....	21
2.1.1- L'évènement climatique.....	21
2.1.2- Un cours d'eau marqué par une succession de phases de dépôt et de creusement .....	23
2.2- La crue du 25 août 2010 : données générales et processus d'endommagement .....	27
2.3- La morphodynamique actuelle de l'oued .....	30
2.3.1 La vulnérabilité des berges.....	30
2.3.2 Les types d'écoulement .....	32
2.3.3 Les enseignements des crues récentes pour la gestion des crues à venir .....	35
2.4- l'inondation dans le lit majeur .....	41
2.4.1- La reconstitution du champ d'inondation : sources et méthodes .....	41
2.4.2- La carte des hauteurs d'eau maximales en lit majeur (page suivante figure 21 et planche 1) .....	44
2.4.3- L'estimation des vitesses et de la dynamique des écoulements .....	46
2.5- Remise en perspective temporelle de la crue d'août 2010 .....	47
<b>3- Les dommages</b> .....	<b>48</b>
3.1- Typologie des dommages, Sources et méthodes.....	48
3.1.1- les dommages des fortes pluies d'août 2010 en République de Djibouti .....	48
3.1.2- les dommages dans les jardins d'As Eylal. Type de dommages et méthode de travail .....	48
3.2- Quantification des pertes directes liées à la crue du 25 août 2010.....	50
3.2.1- Types de dommages en fonction de la morphologie .....	50
3.2.2- Les pertes de cultures .....	53
3.2.3- Pertes sur l'outil de production.....	57
<b>4. Le système agricole face à la crue</b> .....	<b>62</b>

4.1- les jardins après la crue : estimation des capacités de résilience.....	62
4.1.1- La réhabilitation des jardins après la crue : mesurer les capacités de résilience.....	62
4.1.2- Facteurs influençant la réhabilitation des cultures.....	67
4.2- Une vulnérabilité globale de la filière .....	69
4.2.1- la vulnérabilité économique de la filière maraichère .....	69
4.2.2- la vulnérabilité endémique d'un territoire marginalisé .....	71
4.2.3- les capacités de résilience : ressources internes et externes mobilisables.....	72
<b>5- Recommandations et conclusions générales.....</b>	<b>73</b>
5.1- La protection contre les crues.....	73
5.1.1- capitaliser les connaissances.....	73
5.1.2- favoriser l'alerte et l'anticipation des crues : Plan de Mise en Sécurité des Jardins en cas de Crue .	73
5.1.3- le contrôle de l'hydrosystème.....	75
5.2- Le renforcement des capacités de résilience du territoire .....	77
5.2.1- réduire la vulnérabilité globale de la communauté face aux excès de la nature .....	78
5.2.2- Les actions aptes à réduire la vulnérabilité du territoire d'As Eyla (objectifs techniques) .....	80
<b>6- Projets de développement local .....</b>	<b>84</b>
Bibliographie et documentation.....	85
<b>Annexes.....</b>	<b>87</b>
Annexe 1 .....	88
Liste des membres du groupe d'expertise .....	88
Annexe 2 .....	89
Etat de réhabilitation des cultures et des puits huit mois après l'inondation d'août 2010	89
Annexe 3 .....	94
L'évolution du couvert arboré dans les zones des jardins .....	94
entre 2007/2008 et 2010 .....	94
Annexe 4 .....	95
Projets de développement local (présentés par SudHémisphère Consultants) .....	95

## **Liste des planches de l'atlas cartographique**

Planche 1 : les zones inondées lors de la crue de 2010

Planche 2 : la dynamique des écoulements lors de la crue du 25 août 2010

Planche 3 : analyse diachronique des modifications des lits

Planche 4 : carte synthétique des niveaux de dommages liés à la crue d'août 2010

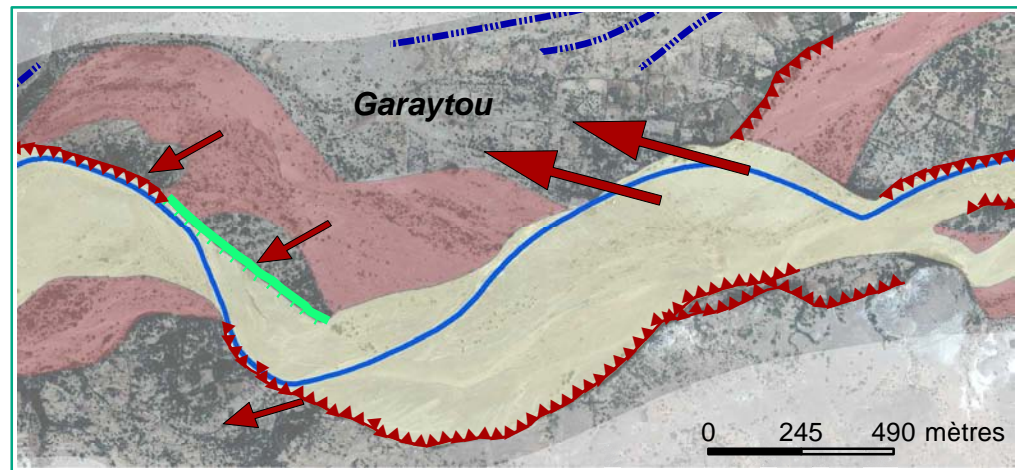
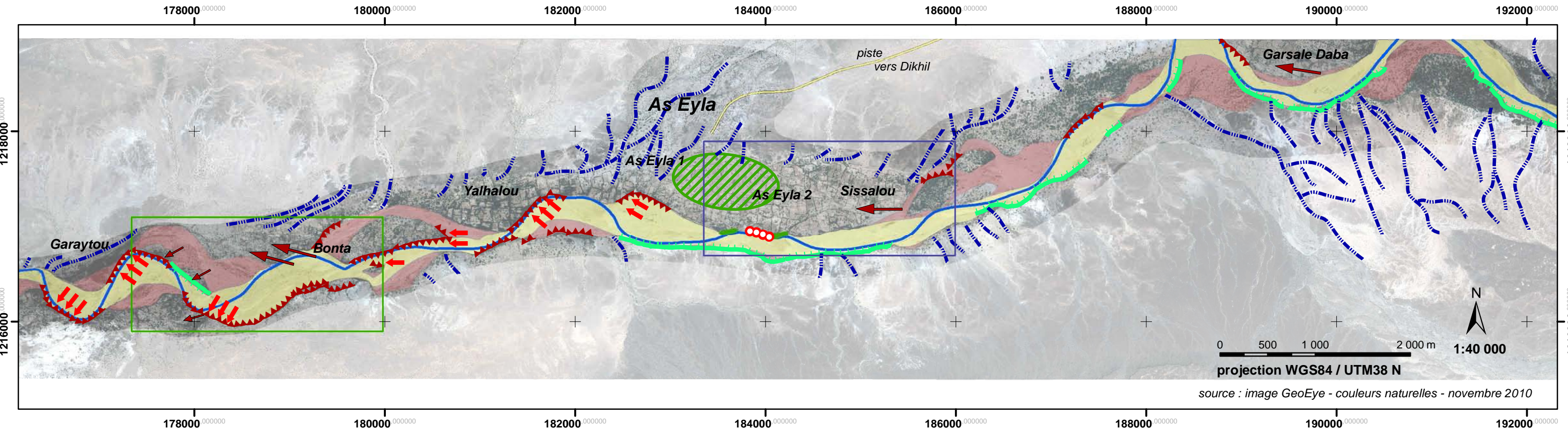
Planche 5 : les pertes de terres agricoles

Planche 6 : la réhabilitation des jardins et des puits

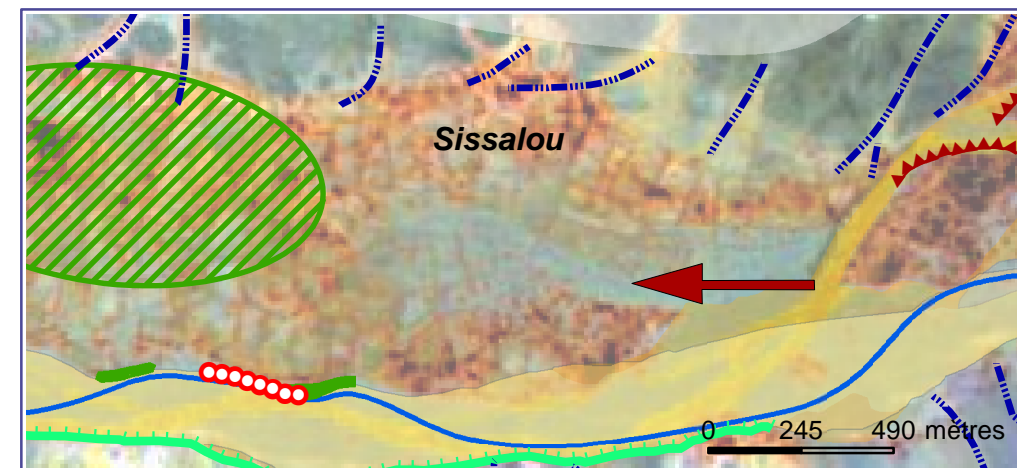
Planche 7 : l'évolution du couvert arboré dans les zones des jardins entre 2007/2008 et 2010

Planche 8 : analyse prospective de l'exposition aux phénomènes de crue

# Planche 8 : analyse prospective de l'exposition aux phénomènes de crue



Au niveau du secteur de Garaytou, l'ancien périmètre irrigué aménagé dans le lit moyen est très fortement exposé sans perspective de protection.



Le secteur de Sissalou paraît très vulnérable au risque de défluviation et d'engravement par apports latéraux. L'image utilisée en toile de fond est ici l'image Spot de 1990 soumise à une décorrélation de canaux rehaussant les différences de radiométries. Les surfaces bleutées montrent une texture de sol plus sableuse et témoignent d'incursions récurrentes de l'oued.  
© CNES 2010, distribution Spot Image S.A.

## Légende

### Situation actuelle

- Chenal 2010
- Lit mineur

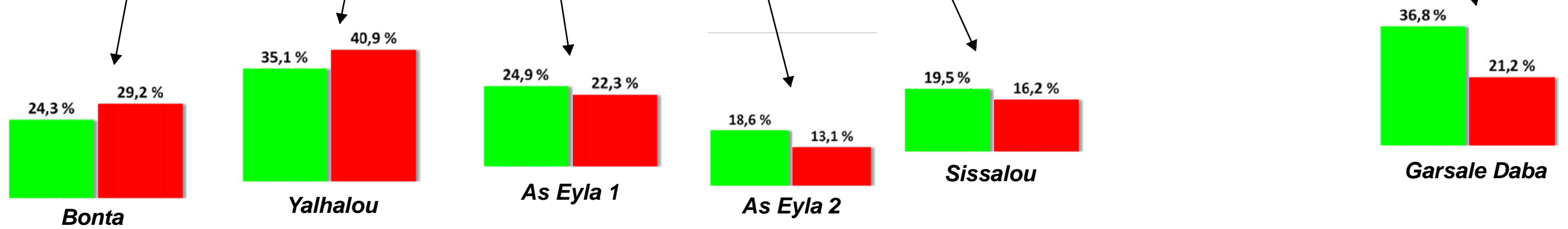
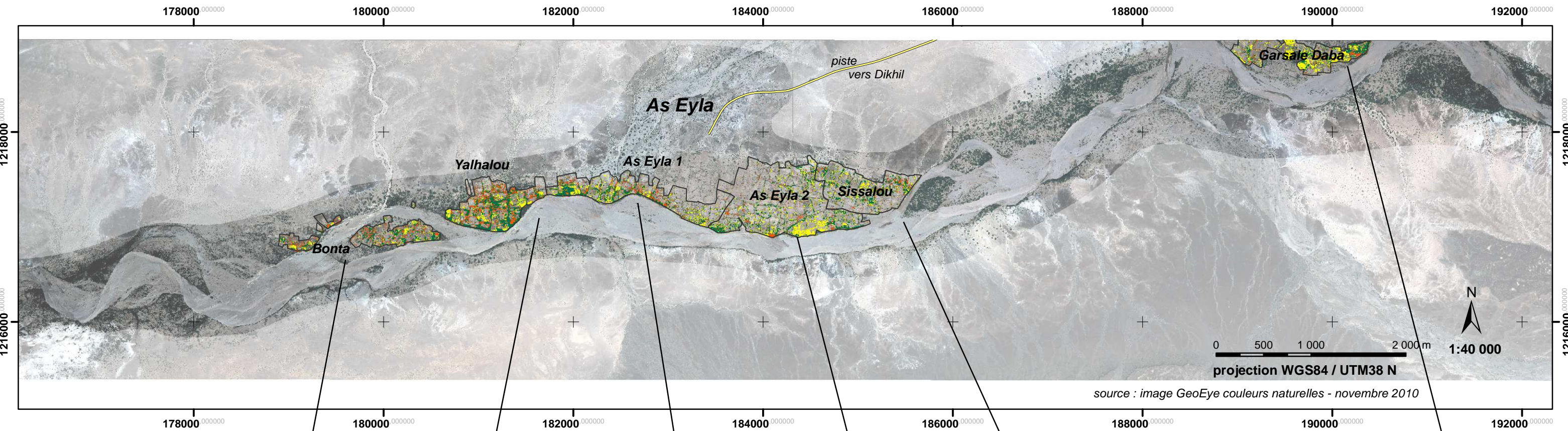
### Secteurs peu menacés

- Secteurs protégés par gabion
- ▲-▲-▲- Berges indurées
- Zone peu vulnérable à bonne potentialité agricole

### Secteurs menacés

- lit moyen très vulnérable aux affouillements et à l'engravement
- ▲-▲-▲- Berges sensibles à l'érosion
- Reprise d'érosion en aval de gabion
- ← Risques d'engravement par apports latéraux
- ▲-▲-▲- Zones menacées par sapement latéral

# Planche 7 : l'évolution du couvert arboré dans les zones des jardins entre 2007/2008 et 2010



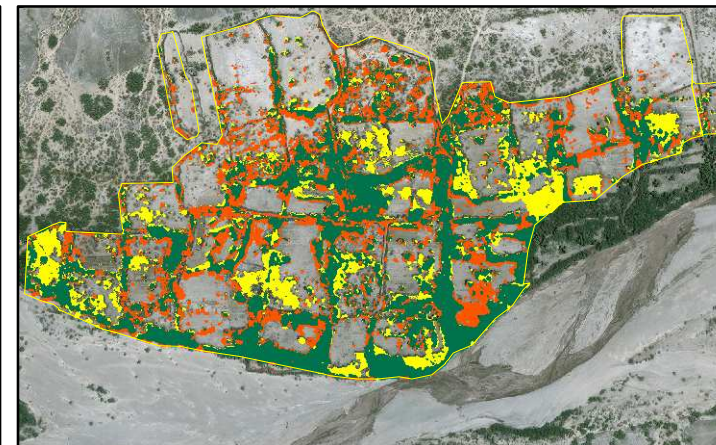
exemple du secteur de Yalhalou



Image QuickBird : situation en 2007/2008

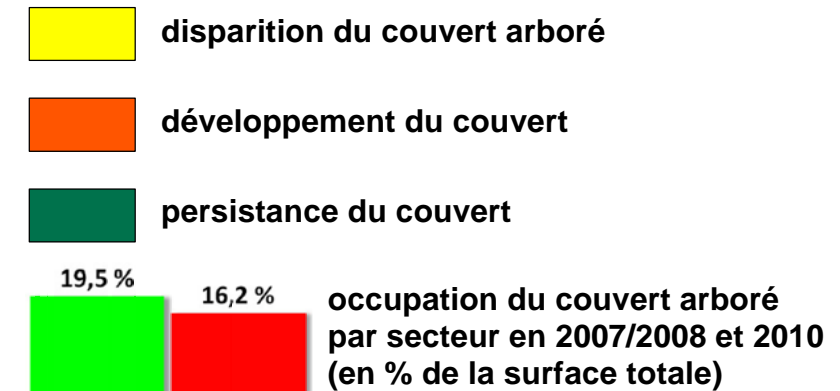


Image GeoEye : situation en 2010



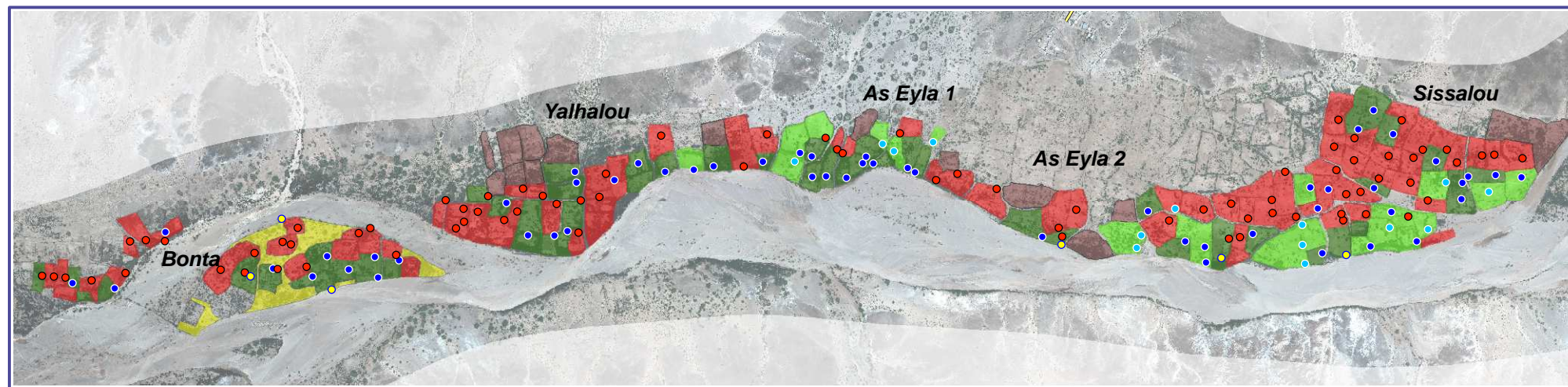
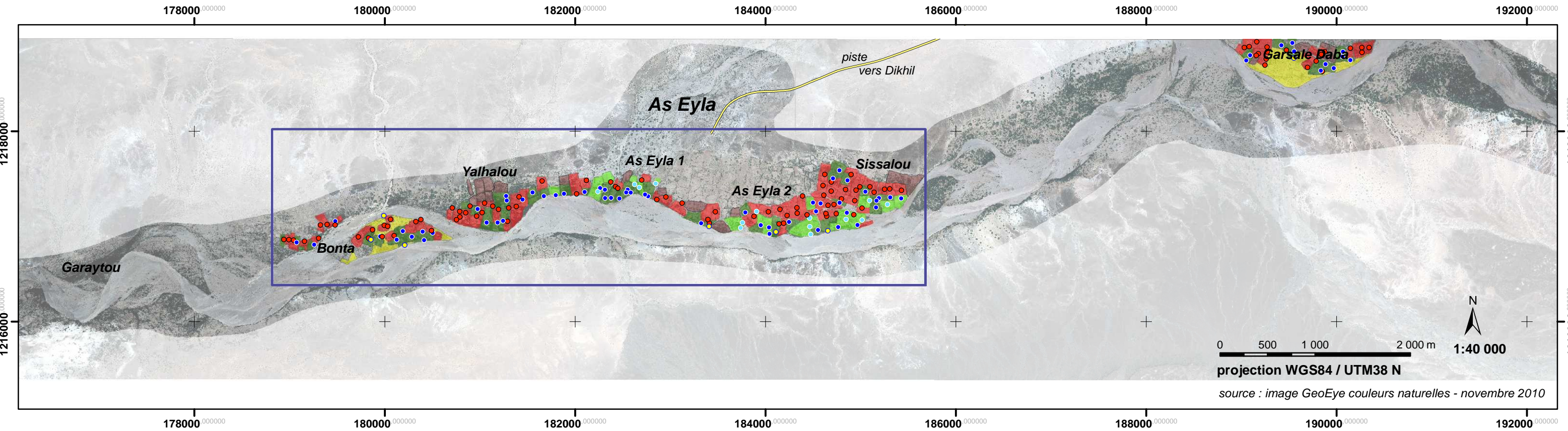
Evolution du couvert arboré

## Légende



source : image QuickBird de 2007/2008  
image GeoEye de 2010

# Planche 6 : la réhabilitation des jardins et des puits



## Légende

### Etat de réhabilitation des jardins (avril 2011)

- Non réhabilité
- Abandonné avant l'inondation
- Espace non cultivé avant et après l'inondation
- Réhabilité
- En voie de réhabilitation

### Etat de réhabilitation des puits (avril 2011)

- Non réhabilité
- Nouveau puits
- Réhabilité
- En voie de réhabilitation



Puits non réhabilité  
secteur de Sissalou



Puits réhabilité  
secteur de Sissalou

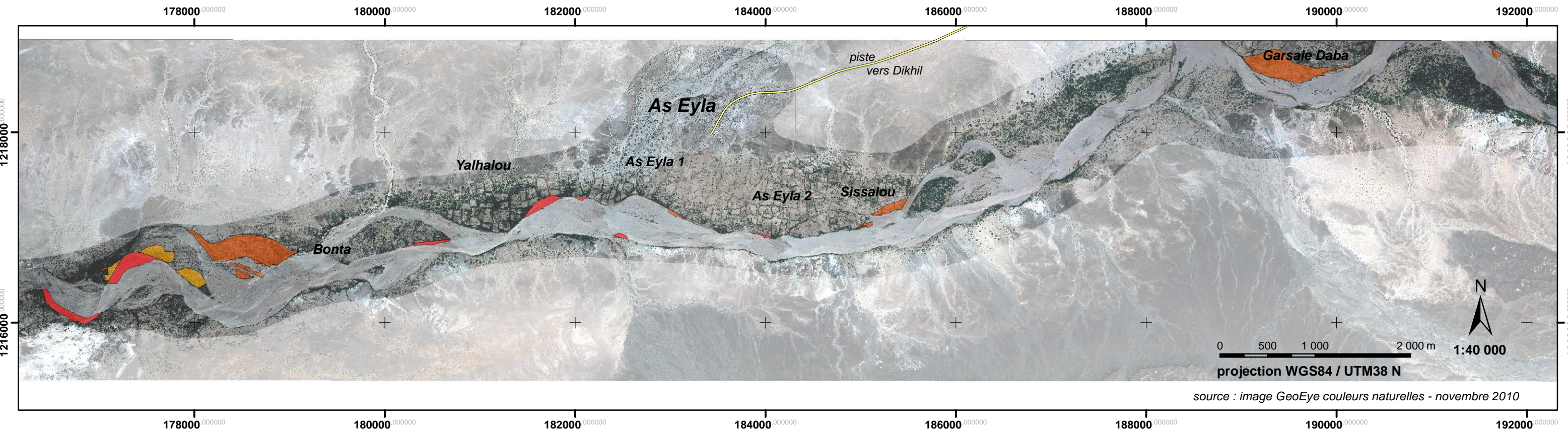


Nouveau puits creusé près de l'oued



Utilisation de puits creusé  
dans le lit de l'oued par les nomades

# Planche 5 : les pertes de terres agricoles



Perte par engravement



Perte par engravement et affouillement



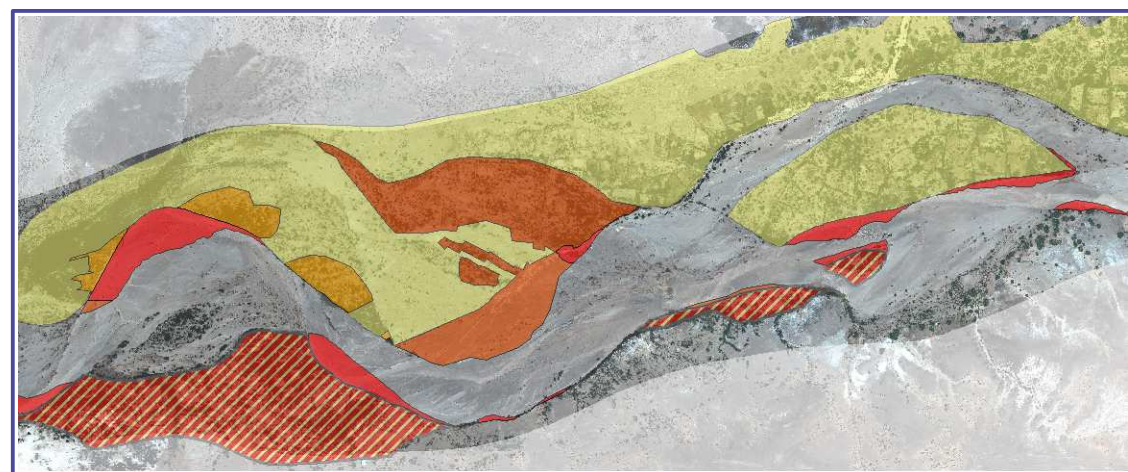
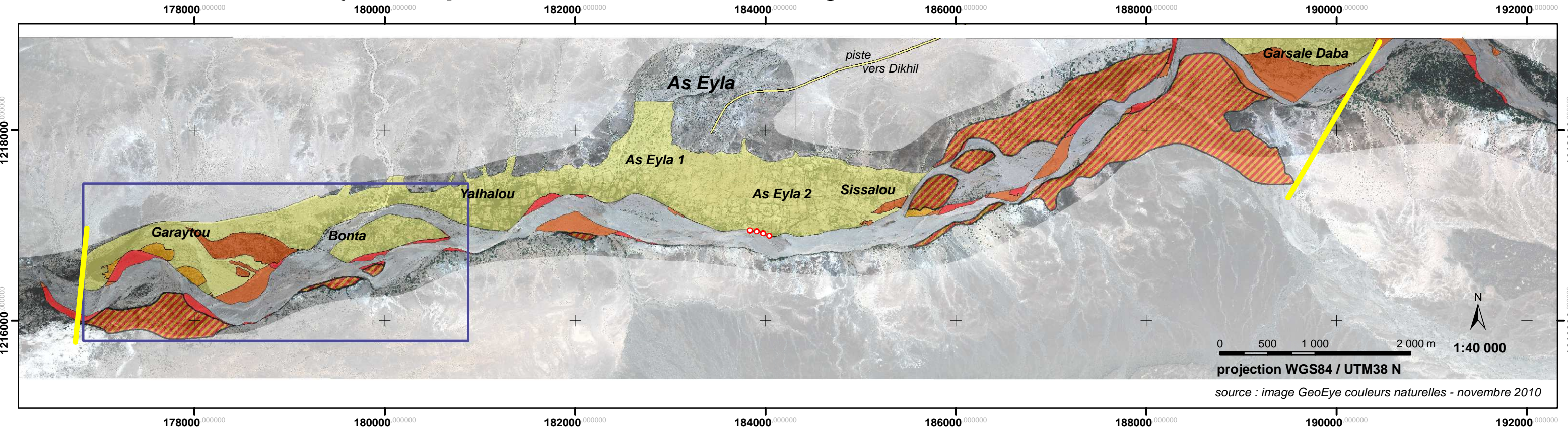
Perte par sapement latéral

## Légende







- perte par engravement
- perte par engravement et affouillement
- perte par sapement latéral



# Planche 4 : carte synthétique des niveaux de dommages liés à la crue d'août 2010



## Légende

-  Endommagement faible : zone inondée avec remaniement et dépôts localisés
-  Endommagement moyen : pertes par engravements dans le lit moyen et majeur
-  Endommagement important : pertes par engravements et affouillements dans le lit moyen
-  Endommagement total : pertes par sapements latéraux dans le lit majeur
-  Endommagement moyen à important dans zone d'aléa indifférencié
-  Reprise d'érosion au niveau d'un gabion

## Types de dommages



Ensablements localisés



Pertes par engravement

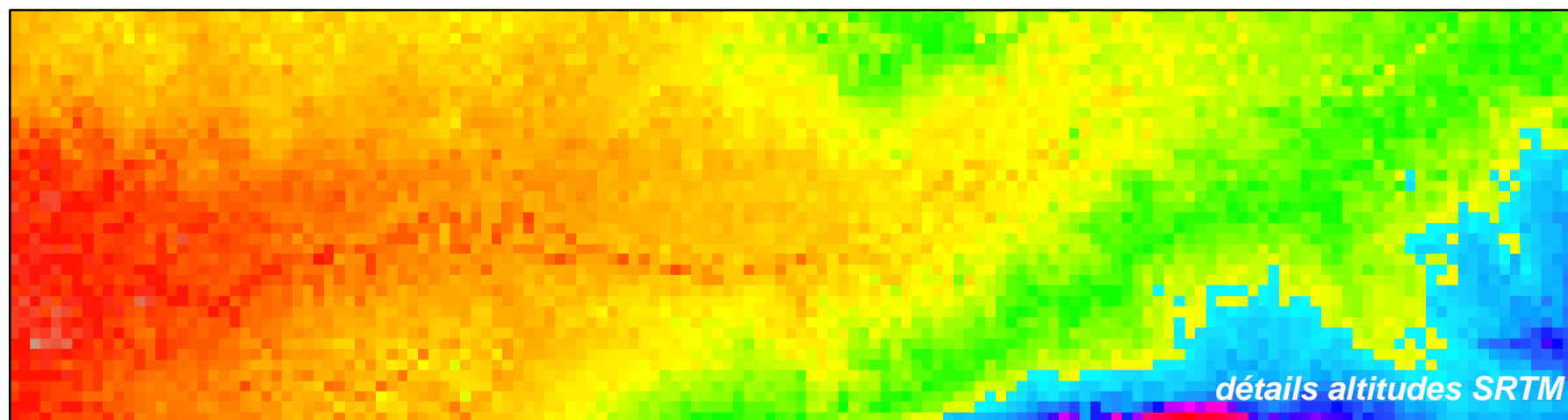
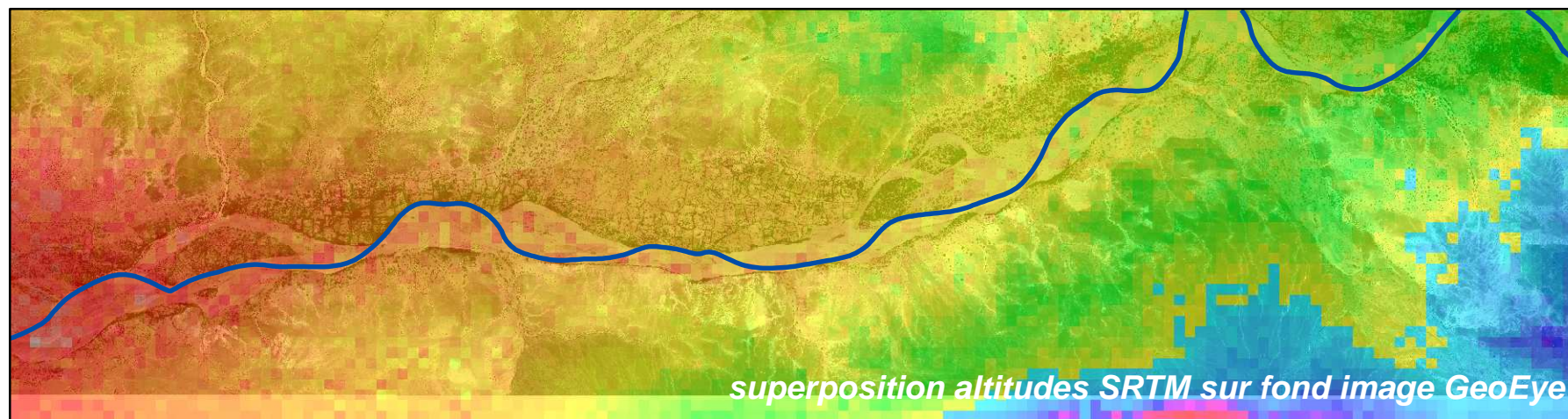
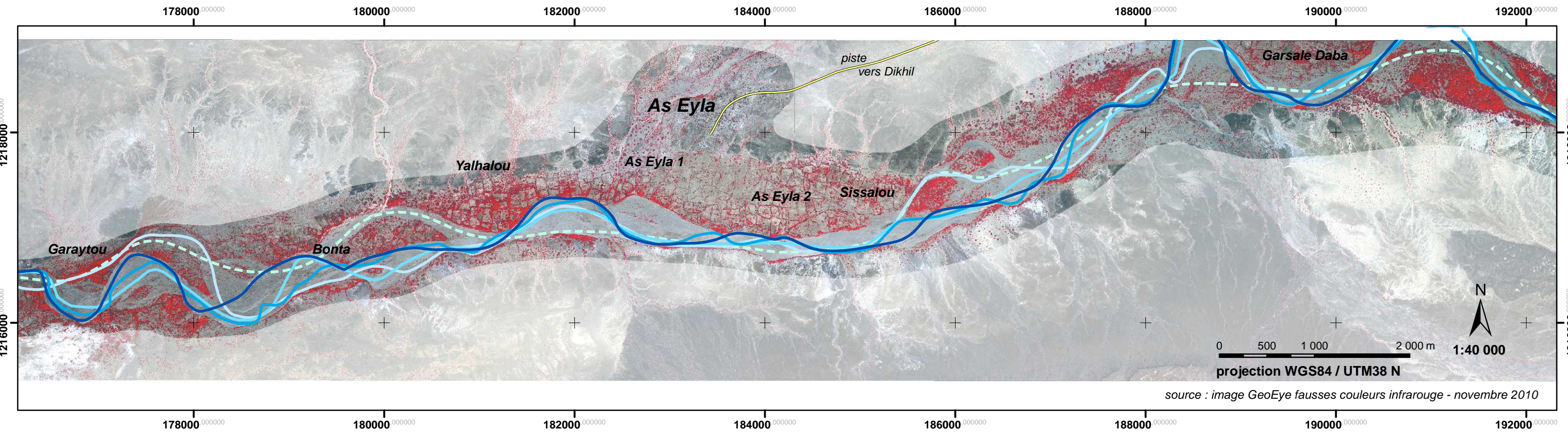


Pertes par affouillements et engravements



Pertes par sapement de berges

# Planche 3 : analyse diachronique de la modification des lits

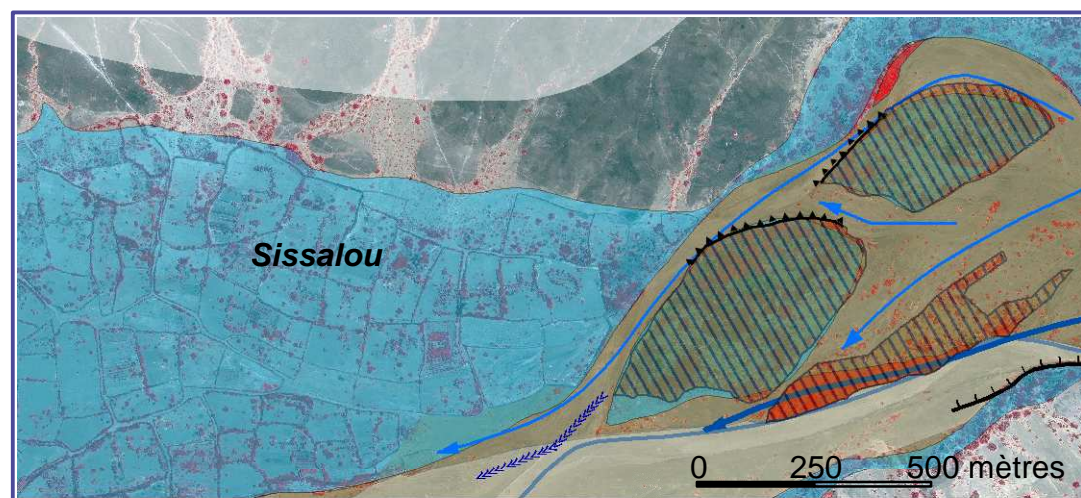
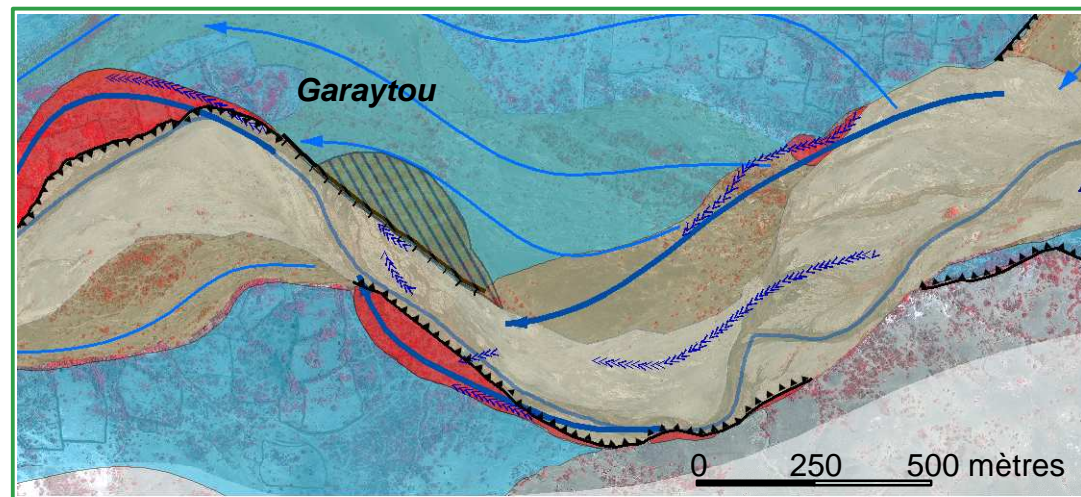
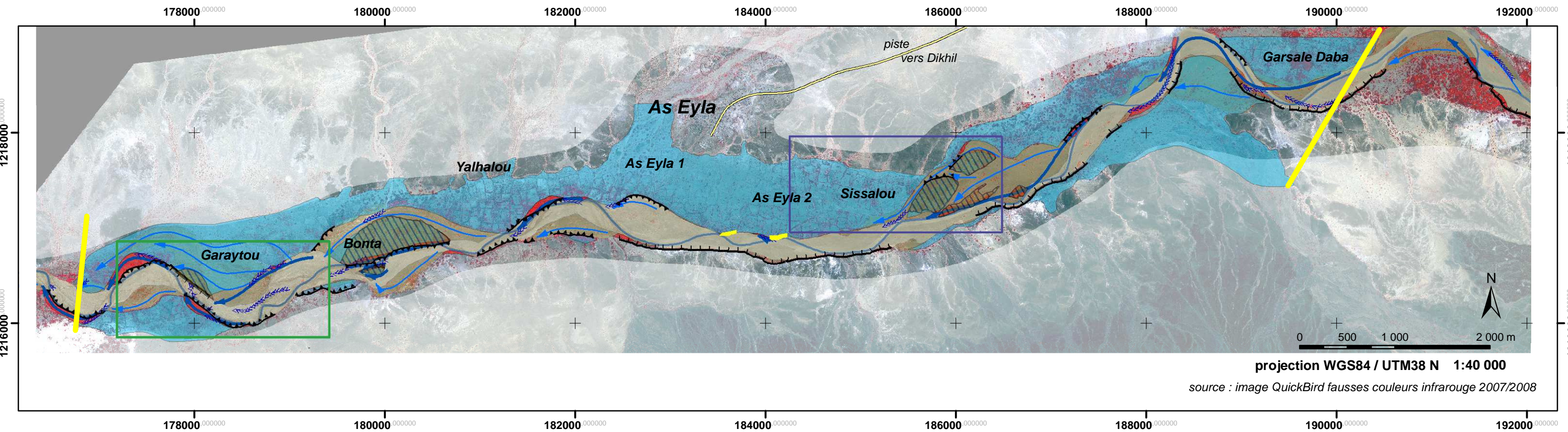


## Légende

-  Chenal actif 2010 sur image GeoEye
-  Chenal actif 2007 sur image QuickBird
-  Chenal actif 2005 sur image Landsat
-  Chenal actif 1990 sur image Spot
-  Chenal actif 1983 sur carte topographique

-  Moins de 340m
-  De 341 à 350m
-  De 351 à 360m
-  De 361 à 370m
-  De 371 à 390m
-  De 391 à 400m
-  Plus de 400m

# Planche 2 : la dynamique des écoulements lors de la crue du 25 août 2010



## Légende

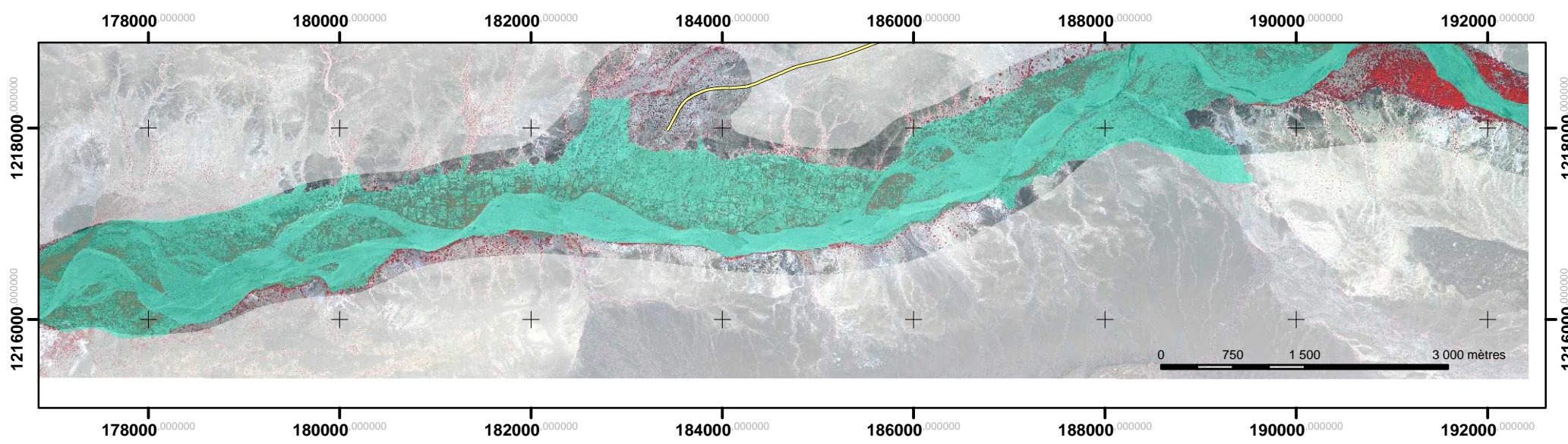
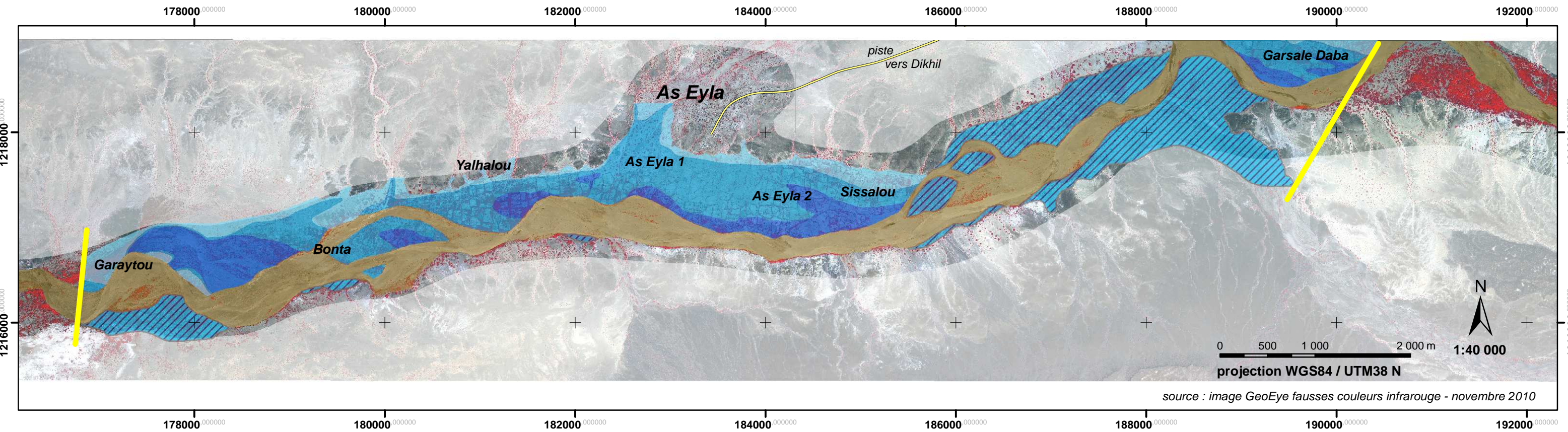
### L'oued avant la crue

- Lit mineur
- Lit moyen
- Chenal d'écoulement principal
- Bancs fixes
- Berges indurées
- Berges protégées par gabion
- Berges escarpées

### L'oued durant la crue

- Surcreusements
- Ecoulements très rapides responsables de sapements de berges et creusements
- Ecoulements rapides responsables de remaniements et engravements
- Zones inondées par écoulements lents
- Extension du lit par sapement latéral lors de la crue

# Planche 1 : les zones inondées lors de la crue de 2010



N.B. : les hauteurs d'eau ont été relevées dans le lit majeur de l'oued Gobaad et en priorité dans les zones cultivées. Les affluents n'ont pas été prospectés. Dans les zones non cultivées, la présence d'eau est signalée sans indication de hauteur (aléa indifférencié), voir les explications paragraphe 2.4 du rapport.

## Légende

- Hauteur d'eau de 0m à 0.5m
- Hauteur d'eau de 0.5m à 1m
- Hauteur d'eau de plus de 1m
- Hauteur d'eau indifférenciée
- Lit mineur et moyen
- Limites de la zone étudiée



Puits en partie comblé



Destruction d'un gabion avec indication des laisses de crue (trait blanc)