

Commission Européenne au Burkina Faso
FERSOL- Contrat de subvention
FOOD/2007/144-101



Comité permanent Inter- États de Lutte contre la
Sécheresse dans le Sahel (CILSS)
PRA SA LCD POP DEV



Récupération des sols fortement dégradés à des fins sylvo-pastorales

*Une évaluation quantitative des aménagements mécaniques
à partir de la charrue Delfino réalisés par l'ONG REACH
au Burkina Faso*



Juin 2009

SOMMAIRE

1.	Introduction.....	7
2.	Contexte de l'étude.....	8
2.1.	La commune de Gorom-Gorom.....	8
2.2.	Le Système Vallerani et son historique au Burkina Faso.....	8
2.3.	Le Projet Sauvegarde de l'Environnement au Nord (P/SEN) et L'ONG REACH Italia.....	10
3.	Méthodologie.....	11
3.1.	Etude quantitative de l'efficacité technique de l'aménagement.....	11
3.1.1.	Choix de l'échantillon.....	11
3.1.2.	Collecte des données sur les parcelles choisies.....	12
3.1.3.	Portée et limite de la collecte réalisée.....	12
	Age de l'aménagement et difficulté de dénombrement.....	12
	Fiabilité statistique.....	13
3.1.4.	Exploitation des résultats de travaux d'étude précédents sur la zone.....	13
3.2.	Enquêtes socio-économiques.....	13
4.	Résultats.....	14
4.1.	Impacts et efficacité technique des aménagements par la charrue Delfino.....	14
4.1.1.	Impact des aménagements sur régénération des espèces ligneuse.....	14
4.1.2.	Impacts des aménagements sur la couverture herbacée.....	16
4.1.3.	Interprétation technique des résultats.....	17
4.1.4.	Conclusion : appréciation technique des résultats constatés.....	20
4.2.	Estimation du coût financier de l'aménagement par la charrue Delfino.....	21
4.2.1.	Données générales sur les coûts de la technologie.....	21
4.2.2.	Estimation des coûts de reboisement.....	21
4.2.3.	Coûts moyens théoriques pour aménager les 1 426 ha évalués.....	22
4.2.4.	Coût en contexte réel : étalement dans le temps de l'aménagement.....	22
4.2.5.	Discussion sur le mode de calcul.....	23
	Pas de temps considéré.....	23
4.2.6.	Importance de la planification annuelle.....	23
4.2.7.	Prise en considération de l'émission carbone de l'aménagement.....	24
4.2.8.	Conclusion : bilan financier de l'aménagement.....	24
5.	Perspectives Régionales : les conditions de répliquabilité et de durabilité de la technologie.....	25
5.1.	Des effets bénéfiques des aménagements très perceptibles par les populations bénéficiaires.....	25
5.2.	Une technologie dont l'efficacité dépend fortement de plusieurs facteurs.....	25
5.2.1.	Influence de la nature du sol.....	26
5.2.2.	Une technologie dont l'efficacité dépend fortement de la qualification du tractoriste.....	26
5.2.3.	Un besoin d'accompagnement des populations en matière d'éducation environnementale et d'écocitoyenneté.....	27
6.	Recommandations.....	28
6.1.	Dissémination.....	28
6.2.	Bench Marking.....	28
6.3.	Renforcement des capacités.....	28
6.4.	Enjeu régional pour les zones pastorales.....	28
6.5.	Approfondissement.....	28
7.	Bibliographie.....	29
8.	Annexes.....	30
8.1.	Annexe 1: plan des zones enquêtées.....	30
8.2.	Annexe 2 : Liste des villages aménagés cartographiés par REACH Italia (1 426 ha).....	31
8.3.	Annexe 3 : estimation de la valeur statistique de l'échantillonnage réalisé.....	31
8.4.	Annexe 4 : données d'entrées pour le calcul des coûts.....	32

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Proportion des zones dénudées dans la province de l'Oudalan.....</i>	8
<i>Tableau 2 Superficies (ha) des parcelles échantillonnées par année d'aménagement.....</i>	11
<i>Tableau 3 : Taux de survie moyen des ligneux en fonction de l'âge des aménagements.....</i>	14
<i>Tableau 4 : Densité ligneuse moyenne en fonction de l'âge de l'aménagement.....</i>	14
<i>Tableau 5 : Densité ligneuse moyenne en fonction de la superficie de l'aménagement.....</i>	14
<i>Tableau 6 : Taille des ligneux en fonction de l'âge de l'aménagement.....</i>	16
<i>Tableau 7 : Espèces ligneuses recensées en fonction de l'âge de l'aménagement.....</i>	16
<i>Tableau 8 : Nombre d'espèces herbacées recensées en fonction de l'âge de l'aménagement.....</i>	17

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Répartition des ligneux par classe de hauteur dans les sites aménagés par Deserto Verde.....</i>	18
<i>Figure 2 : Densité ligneuse en fonction de la surface de la parcelle.....</i>	20

LISTE DES PHOTOS

<i>Photo 1 : Quelques clichés du travail du sol avec la charrue <i>Delfino</i>.....</i>	9
<i>Photo 2 : Classe de hauteur des individus.....</i>	12
<i>Photo 4 : Demis lune encore perceptibles sur des aménagements de REACH Italie de 2001.....</i>	27
<i>Photo 5 : Démis lune de mauvaises qualités.....</i>	27

AVANT PROPOS

La présente étude sur l'évaluation quantitative du travail mécanique de récupération des terres dégradées avec la charrue *Delfino* s'inscrit dans le cadre de l'initiative «capitalisation des actions d'amélioration durable de la fertilité des sols pour l'aide à la décision au Burkina Faso (FERSOL) » cofinancé par l'Union Européenne. Ce programme mis en œuvre par le CILSS vise à capitaliser les actions de gestion durable de la fertilité des sols agricoles et pastoraux menées au Burkina Faso depuis le début des années 80 et à les valoriser dans des outils permettant l'information et la prise de décision pour des initiatives nationales.

Le rapport a été élaboré par Mme Edwige BOTONI et M. Bertrand REYSSET (tous deux Experts en Gestion des Ressources Naturelles au CILSS) avec la contribution technique de Messieurs Oumar NDIAYE et Sibiri OUEDRAOGO, également experts GRN au CILSS. Au terme de cette étude, nous tenons à remercier M. Allain LONG, directeur de REACH Afrique et M. Amadou BOUREIMA, forestier pour REACH Burkina Faso pour tous les appuis techniques et logistiques apportés à l'équipe du CILSS lors de la phase terrain de l'étude.

Ce document a été réalisé avec l'aide financière de l'Union Européenne. Le contenu de ce document relève de la seule responsabilité des auteurs et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant la position de l'Union Européenne".



Résumé exécutif

Eu égard à l'ampleur et à l'étendue de la dégradation des terres, des techniques mécanisées sont expérimentées depuis la fin des années 1990 en vue de récupérer à plus grande échelle des sols de glacis et autres terres fortement dégradées. C'est dans ce contexte que la technologie « Vallerani » du nom de son inventeur a été introduite au Burkina Faso en 1997. Il s'agit d'une technologie mécanisée et multifonctionnelle de traitement en surface des sols qui comporte deux options :

- une charrue *Delfino* qui permet la réalisation mécanique d'ouvrage antiérosifs ou de micro-bassins sous forme de demi-lunes
- une charrue Tréno, qui permet de creuser des sillons cloisonnés

L'ONG REACH Italia est l'un des nombreux acteurs qui utilise cette technologie depuis 2001 dans la commune de Gorom-Gorom (Burkina Faso) pour récupérer des terres à des fins agro-sylvo-pastorale. L'ONG a sollicité l'expertise du CILSS pour lui fournir des éléments de quantification sur l'efficacité et de l'efficience du travail mécanisé de récupération des terres dégradées avec la charrue *Delfino*. La technique mise en œuvre par l'ONG associe travail mécanique et semis directs d'espèces forestières locales. Les sites aménagés sont laissés en accès libre au bétail. Aucun système de clôture, de gardiennage, d'arrosage ni d'application de pesticides n'est préconisé

L'étude réalisée visait à évaluer :

- l'impact de la technologie sur la régénération ligneuse ;
- les coûts réels d'aménagement et le « bench marking » avec d'autres techniques utilisées en zone pastorales (reboisement, mise en en défens, etc.) et, d'en déduire la rentabilité économique de la technologie.

605 hectares soit 42% des surfaces aménagées entre 2001 et 2008 par l'ONG ont été échantillonnés. Ce taux d'échantillonnage, la marge d'erreur sur les résultats est évaluée à 15% avec un intervalle de confiance de 95%.

Les résultats des évaluations techniques vont ressortir que la récupération des terres dégradées par le travail du sol à la *Delfino* a un double effet quantitatif et qualitatif sur la reconstitution de la strate ligneuse et du tapis herbacé.

L'effet le plus immédiatement perceptible est la reconstitution du tapis herbacé qui s'installe dès la première année après les aménagements fournissant un appoint de fourrage non seulement en quantité et en qualité. Sur les sites aménagés, la biomasse varie de 420 à 2090 kg/MS/ha soit en moyenne entre 1000 et 1200 kg/ha contre 70 à 110kg/MS/ha sur les parcelles témoins. L'aménagement permet donc d'améliorer la production de biomasse de 5 à 30 fois par rapport aux témoins non aménagés soit un **surplus de 22 à 106 journées de pâture/UBT pour un hectare de terre aménagée par la charrue *Delfino*.**

La biodiversité est également améliorée : 44 espèces sur les parcelles aménagées contre 24 espèces sur les parcours environnants non aménagés. La forte proportion d'espèces graminéennes de bonne valeur fourragère telle que *Panicum laetum*, *Schonefeldia gracilis* et le retour de certaines espèces de légumineuses telles que *Alysicarpus ovalifolius*, *Zornia glochidiata*, témoignent de l'amélioration de la qualité de ces pâturages reconstitués.

Dans une région où les reboisements classiques n'ont donné apparemment que peu de résultats visibles sur le terrain, en raisons de contraintes diverses, le travail mécanisé à la *Delfino* associé au semi direct d'espèces forestières permet une **implantation durable d'une couverture ligneuse** et pourrait favoriser les actions de reboisement mais autrement pensées. Le taux de survie des semis est évalué à **79%** en moyenne contre une moyenne de 20% pour les reboisements classiques. **Le nombre d'arbustes à l'hectare est évalué entre 399 à 856 nouveaux individus.**

Quant aux évaluations économiques, elles font ressortir que la technologie *Delfino* associée au semis direct d'espèces forestières permet d'obtenir une densité ligneuse au **moins deux fois plus économique** que les techniques habituellement utilisées.

Le coût moyen l'aménagement est en effet évalué en « conditions réelles » à 73 650 Fcfa (112€) par hectare. Ce coût d'aménagement peut toutefois être réduit jusqu'à 59 956 Fcfa l'hectare dans le cas d'une utilisation optimale de l'Unité Technique de Mécanisation à savoir 800h de travail par an. Ainsi, le coût de l'aménagement peut être considérablement réduit de l'ordre de 22% dans ces conditions. C'est dire qu'un opérateur qui travaille avec la charrue *Delfino* aura un coût d'investissement brut qui peut varier du **simple au triple** selon son **expérience technique** et selon l'importance **surfaces aménagées annuellement**.

Le coût de revient net d'un arbre vivant avec la technologie utilisée par REACH Italia, est de 107 francs CFA. Un plant en gaine au départ d'une pépinière est généralement facturé 75 francs CFA (hors transport, hors plantation, hors arrosage, etc.). Les taux de survie des espèces dans les reboisements classiques dans le Sahel atteignent péniblement 50%. Compte tenu que le coût moyen de 107 francs CFA se rapporte aussi bien à des arbustes de 1 an qu'à des arbustes de 7 ans et de plusieurs mètres de haut, les résultats sont d'autant plus appréciables.

La démultiplication de cette expérience probante est toutefois conditionnée par plusieurs facteurs dont la nature du sol, la qualification du tractoriste qui conditionnent la qualité des ouvrages et leur durabilité.

Mots clés : Rentabilité économique, récupération mécanique de terres dégradées, charrue Delphino, REACH Italia, Gorom Gorom

1. Introduction

La région nord du Burkina Faso à l'instar des autres régions sahéliennes est confrontée au grave phénomène de dégradation des terres. Le processus entretenu par la forte variabilité climatique et la forte pression foncière sur les terres est à l'origine d'une baisse drastique de la fertilité des sols qui impacte négativement la productivité agricole. Les effets extrêmes de cette dégradation sont l'apparition et l'extension des espaces dénudés et encroutés incapables de soutenir les activités agricoles et pastorales. La dégradation de ces écosystèmes affecte les moyens d'existence de ces populations avec des répercussions sur la sécurité alimentaire, l'économie locale, les modes de vie etc.

La restauration de ces écosystèmes dégradés constitue donc à la fois un important levier pour la réduction de la pauvreté par l'amélioration des revenus des familles rurales fortement dépendantes de l'état de ces ressources, mais aussi un enjeu en termes de préservation de la biodiversité et des ressources naturelles.

C'est ainsi que depuis le début des années 1980, plusieurs acteurs, notamment des ONG s'investissent dans cette partie sahélienne du Burkina Faso en vulgarisant des technologies en vue de réhabiliter et de restaurer les vastes superficies devenues inexploitable du fait de leur forte dégradation. Il s'agit en particulier des techniques de défense, de restauration des sols et de conservation des eaux et des sols (DRS/CES) dont la plupart contribuent à limiter le ruissellement et/ou à casser la croûte de battance. Eu égard à l'ampleur et à l'étendue de la dégradation des sols, des techniques mécanisées de récupération des terres ont été introduites en vue de récupérer à plus grande échelle des sols de glacis et autres terres fortement dégradées. C'est dans cette mouvance que le « système Vallerani » du nom de son inventeur a été introduit au Burkina Faso en 1997. Il s'agit d'une technologie mécanisée et multifonctionnelle de traitement en surface des sols à sec et qui comporte :

- une charrue *Delfino* qui permet la réalisation mécanique d'ouvrage antiérosifs ou de micro-bassins sous forme de demi-lunes
- une charrue Tréno, qui permet de creuser des sillons cloisonnés.

La récupération des terres dégradées à partir de la charrue *Delfino* a fait l'objet d'évaluations agronomique et écologique (FAO, 1999, Zoubga, 2004) qui ont montré ses effets spectaculaires sur la régénération de la végétation herbacée et l'amélioration des rendements. Toutefois, la pertinence de cette technologie est assez controversée par certains spécialistes en raison de son coût jugé hors de portée des populations rurales, mais aussi des résultats mitigés de certains grands projets qui ont utilisé la technologie.

C'est dans ce contexte que l'ONG REACH Italia qui utilise cette technologie depuis 2001 dans la commune de Gorom-Gorom pour récupérer des terres à des fins agro-sylvo-pastorale a sollicité l'expertise du CILSS pour faire le bilan critique de ses interventions. Cette étude tente d'éclairer les actions environnementales de l'ONG en lui fournissant des éléments de quantification sur l'efficacité et de l'efficience du travail mécanisé de récupération des terres dégradées avec la charrue *Delfino*. L'étude met surtout l'accent sur les coûts et l'efficacité de la technologie.

2. Contexte de l'étude

2.1. La commune de Gorom-Gorom

La commune de Gorom-Gorom est située au Nord dans la partie sahélienne du Burkina Faso. Cette partie sahélienne est la plus aride du pays. Elle reçoit en moyenne 300 mm de pluie entre juin et août. C'est ce qui explique en partie que le phénomène de la désertification y est très préoccupant. La population agro-pasteur est essentiellement composée de Peuls, de Touaregs, de Bella et de Songhaï.

Une cartographie de l'occupation des terres de la Province réalisée à partir d'images satellitaires de 2002 (Espace Géomatique, 2006) fait ressortir une forte dégradation des terres sur toute l'étendue de la province. La proportion des zones dénudées, encroutées, érodées à fort épandage gravillonnaire ou à affleurement cuirassé est de l'ordre de 26%. Les autres unités d'occupation des terres telles les steppes et les savanes arbustives ne sont pas exemptes de cette dégradation : tapis végétal clairsemé, nombreuses plages dénudées et compactées.

L'agriculture et surtout l'élevage constituent les deux principales activités dans la zone. La récupération de vastes terres de pâturage complètement dégradées est donc vitale pour permettre de maintenir les activités productives dans cette région.

Tableau 1 : Proportion des zones dénudées dans la province de l'Oudalan

Type d'occupation	Superficie couverte (ha)	Proportion (%)
Zones dénudées compactées (zipellés)	29 150	3
Zones dénudées érodées	87 305	8,67
Zones dénudées couvertes d'épandage de débris rocheux	4 673	0,5
Zones dénudées couvertes d'épandage gravillonnaire	31 000	3%

Source : Espace Géomatique 2006

2.2. Le Système Vallerani et son historique au Burkina Faso

Le système Vallerani a été expérimenté, pour la récupération des terres de glacières en forêts classées, à partir des années 1996-97 par la FAO dans les provinces du Loroum et du Soum au Nord du Burkina Faso dans des conditions de pluviométrie de 350 à 450 mm et du Kadiogo (partie Nord de Ouagadougou) avec une pluviométrie d'environ 700 mm. L'objectif visé par ces expériences pilotes était de tester des modèles d'aménagement agro-sylvo-pastoraux durables.

Les succès de cette phase pilote ont suscité l'intérêt de nombreux autres intervenants étatiques et non étatiques et ont conduit son extension à d'autres régions du Burkina Faso, notamment en zones sahélienne et nord soudanienne.

C'est dans cette dynamique que la technologie a été appliquée par l'ONG REACH Italia dans le Sahel burkinabè qui a fait le choix de vulgariser et d'utiliser la charrue *Delfino*.

Le travail du sol avec cette charrue consiste à :

- sous soler en profondeur jusqu'à 40-60 cm
- confectionner de micro-bassins en forme de croissants (demi-lunes) sur une longueur de 4 à 5 mètres (superficie moyenne de 1,35 m²)

La distance entre deux demi-lunes dans la ligne est d'environ 2m. La largeur de la partie remuée est de 0,80 à 1,20 soit une superficie moyenne de 1,35 m².

La technologie permet de réaliser 240 à 348 demi-lunes par hectare. Selon l'inventeur de la technologie, chaque micro-bassin permet de stocker plus de 1000 litres d'eau même en cas de faibles précipitations et ce, grâce à la collecte des eaux de ruissellement.

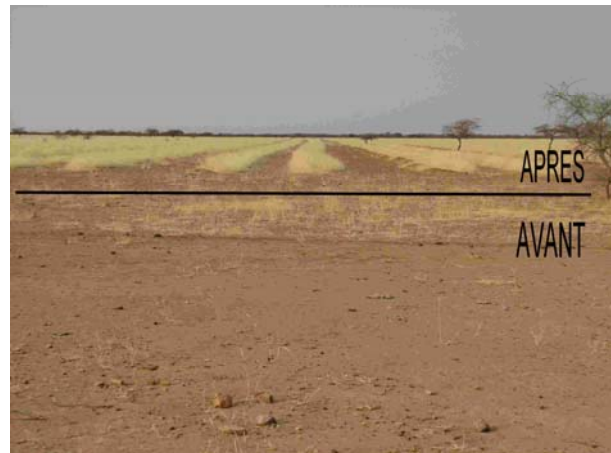


Photo 1 : Quelques clichés du travail du sol avec la charrue *Delfino*

2.3. Le Projet Sauvegarde de l'Environnement au Nord (P/SEN) et L'ONG REACH Italia

L'ONG REACH-Italia œuvre fondamentalement dans le domaine de l'aide à l'enfance. Elle est présente au Burkina Faso depuis 1996. Le Projet Sauvegarde de l'Environnement au Nord (P/SEN) constitue ainsi une nouvelle composante des activités de l'ONG. Il intervient en région sahélienne dans le Nord du Burkina Faso. Il a pour objectif de lutter contre la désertification à travers la récupération des terres fortement dégradées.

Le P/SEN a à son actif plus de 4000 ha de terres récupérées de façon mécanique à des fins agro-sylvo-pastorale. 60% de ces réalisations ont été faites au compte de différents partenaires (Programme Sahel Burkinabè sur cofinancement de la GTZ, Coopération Suisse, PDL/UDL, FENU, Deserto Verde, SA/RTD, Cap Solidaire suisse, Association Noodé Nooto, PAGEN, etc.).

La stratégie d'intervention du projet est simple. Après des séances d'informations auprès des villages initialement ciblés, les populations sont invitées à identifier des sites à récupérer. Les sites proposés doivent être de superficie assez grande. Il s'agit d'espaces communautaires à vocation sylvicole et pastorale et dans une moindre mesure à vocation agricole, qui sont utilisés pour faire paître le bétail villageois. Après programmation, le Projet mobilise son Unité Technique de Réhabilitation (U.T.R.) pour la réalisation des travaux de labour. Le travail mécanisé permet de réaliser dans un temps relativement court de grandes surfaces aménagées.

La contribution communautaire consiste en amont à :

- Identifier et délimiter les superficies
- Clarifier l'aspect foncier des zones concernées et lever tout équivoque quant à la vocation actuelle et future des zones aménagées.

En aval :

- Récole et conservation des semences forestières d'écotypes locaux
- Mobilisation de toute ressource pour la valorisation des espaces dégradés

Tous les travaux d'amendement sont réalisés par les populations bénéficiaires.

Pour les travaux de reboisement des semis direct de graines d'espèces forestières locales et de quelques espèces certifiées par la C.N.S.F. introduites sont effectués dans les bourrelets (partie ameublie) des demi-lunes. Au début (2001-2005), des semences certifiées étaient achetées au Centre National de Semences Forestières, puis progressivement, le Projet a procédé à des achats de semence collectées localement par les populations. Les semis sont effectués entre mars et mai avant l'arrivée des premières pluies. Au cours des campagnes 2007-2008, le projet a commencé à expérimenter l'enfouissement du fumier à base de crottins de petits ruminants. Les sites aménagés sont laissés en accès libre au bétail. Aucun système de clôture, de gardiennage, d'arrosage ni d'application de pesticides n'est préconisé. Toutefois les populations sont auparavant sensibilisées sur la nécessité d'éviter le surpâturage pour permettre la reconstitution de la végétation.

Le travail d'ensemencement est réalisé avec la participation des villageois. Ceux-ci fournissent également le fumier.

3. Méthodologie

L'étude visait à évaluer l'effet d'un travail de récupération mécanique des sols sur des terres sylvo-pastorales dégradées ayant été aménagées entre 2001 et 2008. De façon spécifique, il s'agissait d'évaluer :

- l'impact de la technologie sur la régénération ligneuse ;
- les coûts réels d'aménagement et le « bench marking » avec d'autres techniques utilisées en zone pastorales (reboisement, mise en défens, etc.) et, d'en déduire la rentabilité économique de la technologie.

3.1. Etude quantitative de l'efficacité technique de l'aménagement

3.1.1. Choix de l'échantillon

L'ONG REACH Italia évalue les superficies aménagées par elle dans toute la région Sahel à environ 4 000 hectares depuis 2001 avec la seule charrue *Delfino* en sa possession.

En raison du temps court imparti à cette étude qui se voulait avant tout une étude d'évaluation technique avec des ressources limitées, il a fallu définir une méthodologie simple qui permette d'avoir une certaine représentativité vue la diversité de l'ancienneté des aménagements et de l'hétérogénéité du milieu sans toutefois nécessiter de longs dispositifs d'enquête. Quatre jours ont en effet été consacrés à l'étude dont une journée pour la préparation de l'échantillonnage et la pré-visite pour le choix des sites et trois autres destinés aux enquêtes de terrain.

En l'absence de bilan exhaustif et détaillé des surfaces aménagées au niveau de l'antenne technique de Gorom Gorom, l'étude s'est alors focalisée sur les sites référencés au GPS dans le cadre du partenariat de REACH Italia avec l'ONG *Deserto Verde* (environ 1 200 ha aménagés depuis 2003) ainsi que sur trois zones aménagées en 2001 d'une superficie d'environ 300 ha (la liste des zones aménagées est donnée en annexe 2).

Un échantillon a été choisi avant les visites de terrain sur la base de trois critères définis de façon à avoir un échantillon représentatif des réalisations :

- année de réalisation (toutes les années de réalisation devaient être échantillonnées) ;
- Superficies retenues pour l'échantillonnage au prorata de la surface totale aménagée depuis 2001 (si une année avait connu moins d'aménagement, les surfaces cumulées des échantillons pris pour cette année sont inférieures à celles autres années) ;
- taille de l'aménagement à échantillonner (parmi les aménagements d'une même année on cible préférentiellement les plus grands) ;

Ainsi, 42% des surfaces aménagées ont été ciblées pour échantillonnage. Il est à noter que les années 2002, 2005 et 2006 sont absentes car aucun aménagement n'a été réalisé au cours de ces années-ci selon les données fournies par l'antenne technique de l'ONG à Gorom-Gorom.

Tableau 2 Superficies (ha) des parcelles échantillonnées par année d'aménagement

	2001	2003	2004	2007	2008	Total
Surface aménagée (ha)	240,4	127,84	93,09	260,1	705	1426,59
Parcelles aménagées (nombre)	3	5	3	4	9	25
Surface échantillonnée (ha)	165,4	76,3	48,96	122,43	192	605,09
Parcelles échantillonnées (nombre)	2	2	1	2	3	10

3.1.2. Collecte des données sur les parcelles choisies

Par parcelle ciblée, l'équipe a procédé à un choix aléatoire de 40 demi-lunes à l'aide d'un minuteur. La demi-lune la plus proche à la fin de la minute était retenue pour les différentes observations. A la fin d'un comptage, le minuteur était lancé à nouveau. La distance entre deux comptages était aléatoire selon la vitesse de déplacement des personnes. L'ensemble de la parcelle a été parcouru.

Sur chaque demi-lune, les informations suivantes ont été recueillies :

- effectivité de la présence d'un individu ligneux dans la demi-lune ;
- nombre de ligneux présents ;
- espèces ligneuses présentes ;
- Classe de hauteur des individus : petits individus (<100 cm), individu de taille intermédiaire (100 cm<taille<180 cm) et grande taille (>180 cm).

Pour la classification des arbres par classe de hauteur, un mètre articulé était utilisé. Les diamètres des arbres n'ont pas été mesurés en raison des contraintes de temps évoquées plus haut.

Les comptages des arbres par unité étaient faits sur la base d'une tige sortant de terre. Plusieurs tiges sortant du même individu étaient considérées comme un seul et unique individu.

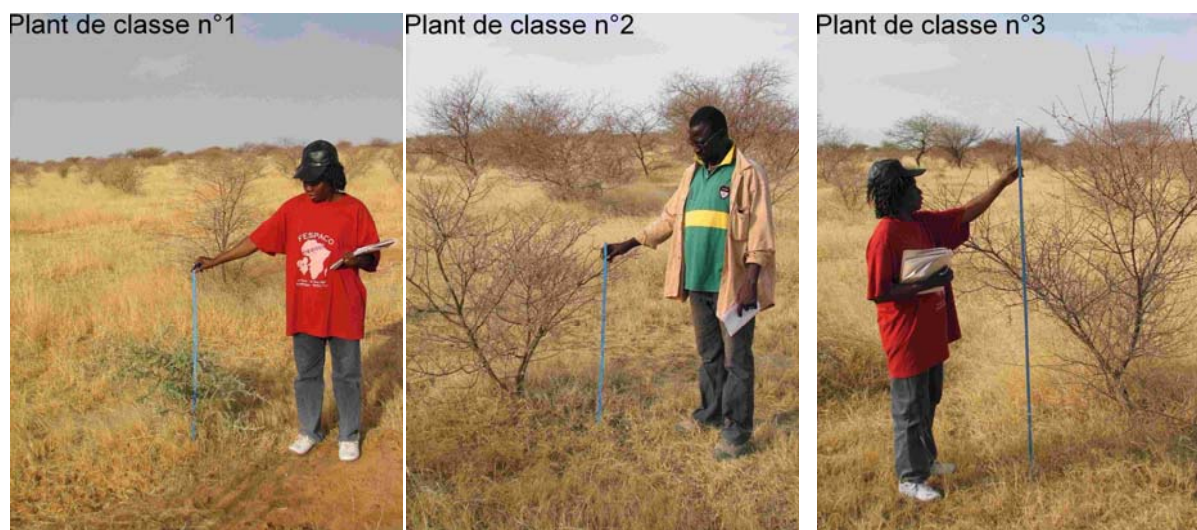


Photo 2 : Classe de hauteur des individus

3.1.3. Portée et limite de la collecte réalisée

Age de l'aménagement et difficulté de dénombrement

Les comptages des ligneux dans les demi-lunes ont été globalement très simples et rapides dans les parcelles de plus de deux années : les régénérations sont très visibles malgré la persistance d'une strate arbustive parfois dense.

En revanche, le fort impact de l'aménagement de la demi-lune sur la régénération herbacée rend très délicat le comptage de jeunes ligneux sur les parcelles de moins de trois années d'existence (ce fut le cas pour les parcelles de 2007 et 2008):

- les plants n'étant visibles que si les herbacées sont fortement broutées : les risques de sous comptabilisation des ligneux présents sont très grands ;
- d'un passage à l'autre ou selon l'inclinaison du soleil on ne comptabilisera pas toujours le même nombre de plants, mais ce nombre restera sous évalué ;
- beaucoup de ligneux du Sahel réduisent leur surface foliaire après la saison des pluies ce qui amplifie le risque de sous-évaluation au comptage.

Ainsi les quantités de ligneux dénombrées dans l'échantillon sont indubitablement sous-évaluées et les comptages d'aménagement de moins de trois ans peuvent poser des problèmes de fiabilité importants (mais le risque est uniquement de sous évaluer la reprise).

Fiabilité statistique

Ce qui intéresse tout d'abord un technicien pour évaluer la qualité d'un aménagement de reboisement, c'est le taux de reprise. Dans les zones étudiées la densité de demi-lunes est en moyenne de 280 unités/ha. Avec 40 mesures par parcelle, on arrive à une précision statistique acceptable (cf. annexe 3) pour mesurer le taux de succès du reboisement (nombre de demi-lunes boisées/nombre total de demi-lunes) de 15% de marge d'erreur avec un intervalle de confiance de 95%.

En revanche, les résultats quantitatifs de comptage des ligneux présents et leurs résultats par taille sont des estimations de moindre rigueur. Pour les comptages il aurait idéalement fallu opter pour un dénombrement aérien mais les données collectées fournissent cependant des ordres de grandeur assez appréciables.

3.1.4. Exploitation des résultats de travaux d'étude précédents sur la zone

Le temps imparti à l'étude et la saison ne permettait pas de faire une évaluation exhaustive aussi bien sur la strate ligneuse que sur la strate herbacée. Aussi pour la strate herbacée, des résultats d'études similaires ont été exploités. Il s'agit notamment des inventaires botaniques sur la strate herbacée réalisés par l'ONG suisse *Deserto Verde*. Des résultats d'études dans la région nord sur l'impact de la charrue *Delfino* sur la végétation ont aussi été utilisés (travaux de Zoubga 2002)

3.2. Enquêtes socio-économiques

Des enquêtes de type semi structurées ont été conduites auprès du tractoriste et quelques villages environnants des sites récupérés en vue : (i) d'identifier les contraintes organisationnelles et techniques de mise en œuvre ;(ii) d'analyser les conditions de répliquabilité et de durabilité des aménagements, (iii) de recueillir la perception des populations sur les aménagements réalisés

Le choix a porté sur deux villages où les aménagements sont les plus anciens dans l'hypothèse que ces populations pouvaient mieux se prononcer sur les bénéfices tirés des aménagements de même que les conditions de durabilité. Il s'agit des villages de Salmossi et de Gargara.

4. Résultats

4.1. Impacts et efficacité technique des aménagements par la charrue Delfino

4.1.1. Impact des aménagements sur régénération des espèces ligneuse

Taux de survie moyen des ligneux

Il s'agit du taux moyen calculé à partir du nombre de demi lunes où au moins un individu ligneux était présent et ceci indépendamment de la classe de hauteur. Sur l'hypothèse qu'un hectare compte en moyenne 280 demi-lunes (dl), on évalue ainsi que le taux de survie varie entre 64% et 94% avec une moyenne évaluée à 79%. Ce taux de survie ne semble pas lié à la durée de l'aménagement (tableau 3).

Tableau 3 : Taux de survie moyen des ligneux en fonction de l'âge des aménagements

Année	2001	2003	2004	2007	2008	Global
Nombre moyen de (dl) avec au moins un individu ligneux	88%	77%	68%	71%	-	79%

Sources : enquêtes terrain 2009

N.B. : La marge d'erreur est de 15% avec un intervalle de confiance de 95%. La surface cumulée échantillonnée est de 605,09 ha.

Densité de ligneux dans les demi-lunes échantillonnées

Le nombre d'individus comptés par demi-lune varie de 1,35 à 3,65, ce qui donne une valeur moyenne par année de 1,42 à 3,6 (tableau N°4). L'extrapolation à l'hectare sur la base de 280 demi-lunes par hectare donne des densités ligneuses variant entre 378 à 1022 individus à l'hectare.

La densité moyenne la plus forte (856 arbres/ha) correspond à une moyenne d'un arbre tous les 3,4 m. La densité moyenne la plus faible (399 arbres/ha) correspond à une moyenne d'un arbre tous les 5 m.

Tableau 4 : Densité ligneuse moyenne en fonction de l'âge de l'aménagement

Année	2001	2003	2004	2007	2008	Global
Densité par demi-lune (individus/dl)	3.06	1.54	1.42	2.60	-	2.45
Densité rapportée par ha* (individus /ha)	856	431	399	728	-	685

Sources : enquêtes terrain 2009 ; () : Hypothèse d'une moyenne de 280 demi-lunes (dl) par hectare*

Relation entre la densité des arbres et la taille des parcelles

Un « effet bordure » semble visible sur les enquêtes : plus la parcelle est grande, plus la densité moyenne est forte.

Tableau 5 : Densité ligneuse moyenne en fonction de la superficie de l'aménagement

Année	2001a	2001b	2003a	2003b	2004	2007a	2007b	2008
Surface totale (ha)	85.4	80	37.7	38.6	48.9	72.23	50.2	-
Densité rapportée par ha (individus /ha)	700	1022	378	483	399	952	406	-

Sources : enquêtes terrain 2009

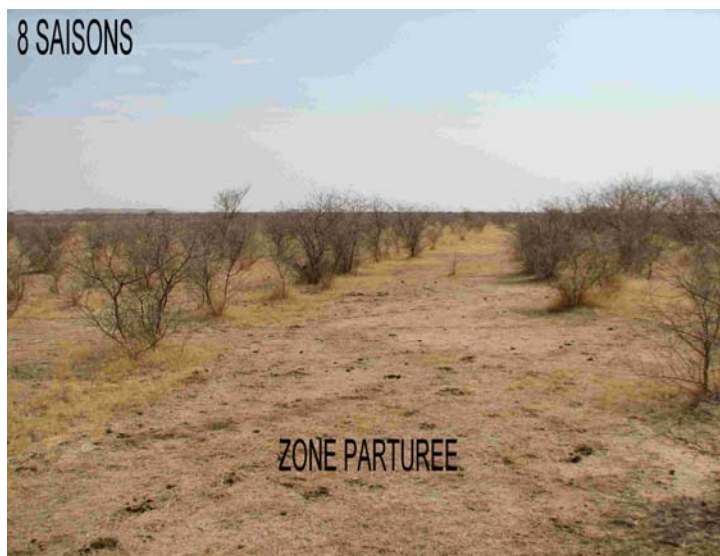
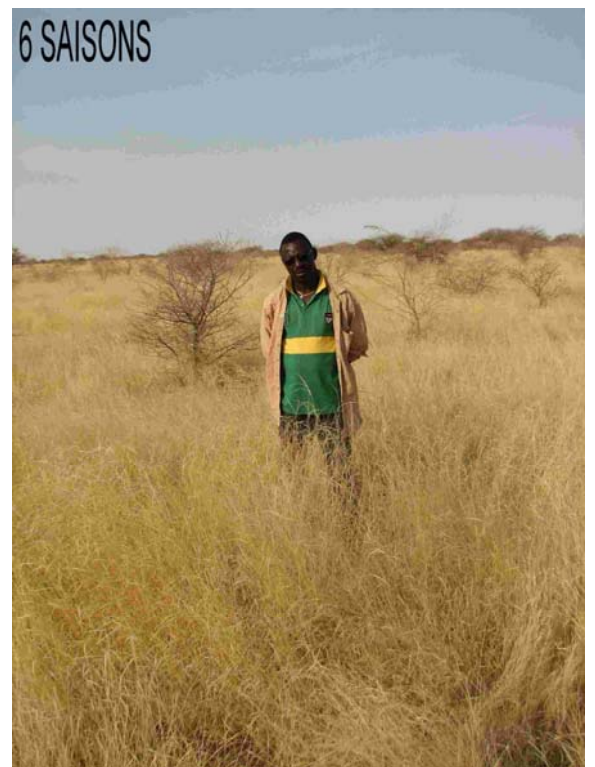
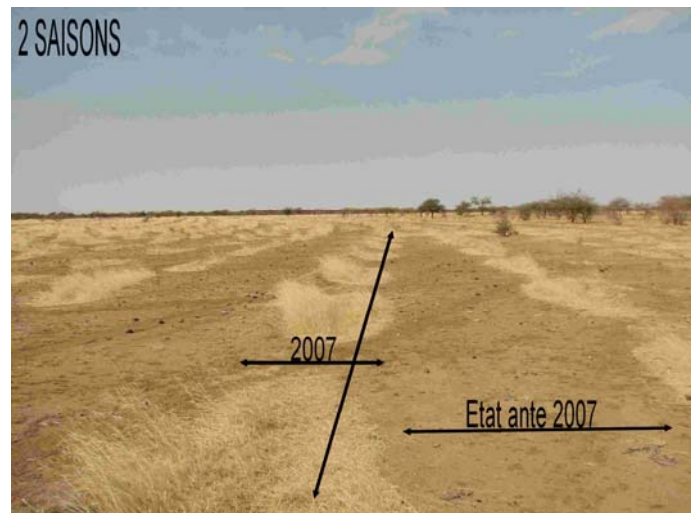


Photo 3 : Images d'espaces récupérés au bout d'une à 8 saisons

Répartition des ligneux par classe de hauteur dans les demi-lunes échantillonnées

La répartition des ligneux selon leur taille suit plus ou moins l'âge de l'aménagement. Pour les sites aménagés en 2007, 97% des individus ligneux recensés sont de petite taille voire de jeunes plants. Les individus de taille supérieure à 1,80 sont très peu représentés, même sur les plus anciens aménagements : 15% à 17% sur les sites aménagés en 2001 et 2003.

Tableau 6 : Taille des ligneux en fonction de l'âge de l'aménagement

Année	2001		2003		2004		2007		2008	Global	
< 100cm (individus/ha et %)	429	50%	202	47%	271	68%	706	97%	-	186 150	66%
100-180 cm (individus/ha et %)	294	34%	155	36%	104	26%	16	2%	-	67 547	24%
>180 cm (individus /ha et %)	132	15%	75	17%	24	6%	6	1%	-	29 401	10%

Sources : enquêtes terrain 2009

Répartition spécifique des ligneux dans les demi-lunes échantillonnées

Les relevés botaniques dans les demi-lunes ont permis d'identifier les espèces qui ont survécu. On constate, que six espèces sont assez fréquentes dans les zones aménagées. En particulier *Accacia raddiana* est présente dans 62 à 93% des demi-lunes échantillonnées.

Tableau 7 : Espèces ligneuses recensées en fonction de l'âge de l'aménagement

Espèces	A. <i>raddiana</i>	A. <i>seyal</i>	A. <i>senegal</i>	<i>Zizyphus mauritiana</i>	B. <i>aegyptiaca</i>	L. <i>hastata</i>	Autres*	Technique de reboisement
2001	93%	1%	1%	2%	1%	2%	<1%	Semis direct graines locales
2003	62%	8%	4%	5%	6%	4%	11%	Semis direct graines locales et sélectionnées
2004	63%	7%	7%	9%	0%	9%	5%	Semis direct graines locales et sélectionnées
2007	81%	1%	4%	4%	1%	9%	<1%	Semis direct graines locales et crottin

Sources : enquêtes terrain 2009 ; () : on a relevé dans des proportions très réduites la présence des espèces suivantes : Acacia nilotica, Bauhinia rufescens, Faidherbia albida, Leptadaenia pyrotechnica, Maerua crassifolia, Parkinsonia aculeata & Propopis juliflora.*

4.1.2. Impacts des aménagements sur la couverture herbacée

Les inventaires réalisés par l'ONG *Deserto Verde* sur les parcelles aménagées de 2003 à 2008 montrent que le travail du sol avec la charrue *Delfino* a un effet non seulement sur l'amélioration de la richesse floristique que sur la biomasse (tableau 8).

En termes de richesse floristique, les inventaires de *Deserto Verde* font ressortir 44 espèces sur les parcelles aménagées contre 24 espèces sur les parcours environnants non aménagés.

Zoubga (2002) a quant à lui, recensé 47 espèces sur quatre parcelles sylvo-pastorales aménagées dans les régions de Djibo et Gourcy.

Comparées aux témoins qui sont presque dépourvus de végétation herbacée, la physionomie des parcelles aménagées confirme que la disponibilité de l'eau dans le sol pour les plantes est la contrainte majeure à lever au Sahel.

Tableau 8 : Nombre d'espèces herbacées recensées en fonction de l'âge de l'aménagement

Année	2003	2004	2007	2008
Nombre d'espèces	32	28	35	44

Source : inventaire botanique de l'ONG Deserto Verde

Sur les sites aménagés, la biomasse varie de 420 à 2090 kg/MS/ha soit en moyenne de 1250 kg/ha. Sur les parcelles témoins, la biomasse évaluée varie entre 70 à 110kg/MS/ha

L'aménagement permet donc d'améliorer la production de biomasse de 5 à 30 fois par rapport aux témoins non aménagés. Si l'on situe dans le cas de parcelles complètement dénudées et récupérée grâce aux aménagements, l'impact des aménagements sur le retour de couverture herbacée est très spectaculaire.

Dans les régions de Djibo et de Gourcy, la biomasse herbacée sur des sites jadis complètement improductifs varie de 800 à 2000 kg MS/ha pour une pluviométrie comprise entre 300 et 400 mm (Zoubga, 2002).

La forte proportion d'espèces graminéennes de bonne valeur fourragère telle que *Panicum laetum*, *Schonefeldia gracilis* et le retour de certaines espèces de légumineuses telles que *Alysicarpus ovalifolius*, *Zornia glochidiata*, témoignent de l'amélioration de la qualité de ces pâturages reconstitués.

4.1.3. Interprétation technique des résultats

Un exemple concluant de régénération durable d'un espace sylvo-pastoral en milieu pastoral ouvert

La restauration des terres complètement dénudées par le travail du sol à la *Delfino* a un double effet quantitatif et qualitatif sur la reconstitution de la strate ligneuse et du tapis herbacé.

L'effet le plus immédiatement perceptible est la reconstitution du tapis herbacé qui s'installe dès la première année après les aménagements. Les herbacés installés fournissent un appoint de fourrage non seulement en quantité et en qualité pour le cheptel villageois et même pour celui des villages environnants des sites aménagés et notamment les troupeaux des transhumants. Sur la base que l'Unité Bovine Tropicale (UBT) qui est l'équivalent d'un bovin adulte de 250 kg dont les besoins journaliers sont évalués à 6,25kg/MS/J, et d'un coefficient d'utilisation de la biomasse de 1/3, on en déduit qu'un hectare de terre aménagée par la charrue *Delfino* apporte un surplus de 22 à 106 journées de pâture/UBT soit de 220 à 1060 journées de pâture et par an pour les petits ruminants qui ne représentent que l'équivalent de 0,1 UBT.

Cet apport de fourrage permet de limiter le pâturage aérien précoce et l'abattage des arbustes pour répondre au besoin de fourrage.

Les sites les plus proches de la ville de Gorom-Gorom font aussi l'objet de fauche du foin qui est revendu dans la ville. La charretée se revendrait entre 3000 à 5000 F CFA pendant la saison sèche qui est la période de pénurie.

La régénération ligneuse quant à elle, n'a un impact perceptible sur le disponible fourrager ligneux que plusieurs années après l'aménagement. Mais l'intérêt du fourrage ligneux, c'est sa valeur nutritive. Il constitue en effet un excellent appoint alimentaire pour la paille relativement moins riche.

En outre, les arbustes en grandissant contribuent à stabiliser le milieu et à créer un microclimat favorable aux herbacées. Ils fournissent d'autres biens tels que les fruits, et des services environnementaux tels que l'ombre, l'habitat pour la nidification des oiseaux et pour la petite faune qui recolonise ces zones abandonnées, la séquestration de carbone etc .

Cette bonne performance de la technologie résulte de l'effet conjugué du travail du sol et notamment des méthodes d'ensemencement mises en œuvre par le P/SEN qui, faut il le rappeler sont de deux types : (i) semi direct à partir des tubes ou (ii) épandage de déjection de caprins.

Le travail du sol améliore significativement les propriétés hydrodynamiques du sol et notamment l'infiltration, ce qui favorise un meilleur développement racinaire. Sur la période de juin, juillet et août, les travaux de Zoubga (2002) ont montré que pour une pluie de 10 mm, l'humidité des horizons jusqu'à 50 cm sur les parcelles aménagées variaient de 2 à 13%, alors que celle des témoins est dans l'ensemble inférieure à 4%.

Un exemple concluant pour stimuler la régénération de la strate ligneuse et des actions de reboisements en région sahélienne

Les résultats de la présente étude indiquent un taux de reprise ou de survie assez élevé des espèces forestières semées, y compris dans les parcelles anciennement aménagées (moyenne agrégée de **79%** avec 15% de marge d'erreur). **Le nombre d'arbustes à l'hectare est évalué entre 399 à 856 nouveaux individus.**

Non seulement les ligneux sont présents mais leurs taux de survie sont élevés et leur développement très intéressant. Sur les parcelles de 2001 et 2003, c'est la moitié des arbres qui ont une taille d'au moins un mètre. Ces arbres sont affranchis, si l'homme ne les coupe pas. Même s'ils subissent des épisodes de sécheresse pluriannuelle, ils vont continuer à croître et concourir à la pérennisation d'une savane arbustive.

Les résultats obtenus par le P/SEN sont d'autant plus intéressants que ces terres aménagées restent sous la pression pastorale et les options techniques simples d'application. **Les résultats obtenus sont bien au-delà des résultats et des moyennes admises dans cette région Sahélienne à forte contraintes pédoclimatiques.**

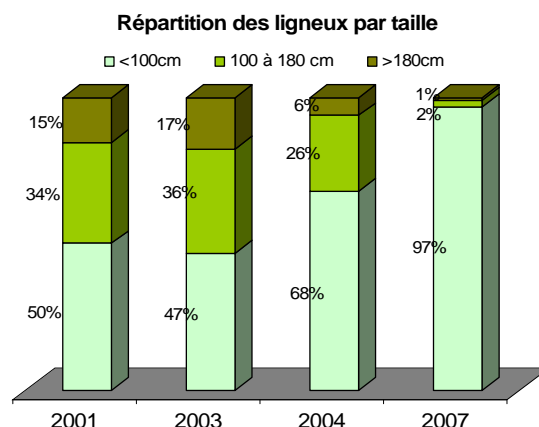


Figure 1 : Répartition des ligneux par classe de hauteur dans les sites aménagés par Deserto Verde

Des travaux antérieurs dans la région confirment les résultats de la présente évaluation. Des taux de survie de 50 à 80 % ont été observés dans le cadre des inventaires plus approfondis entrepris par l'ONG *Deserto verde*.

Les évaluations précédentes de cette ONG font état de 292 à 504 arbustes à l'hectare sur les mêmes sites aménagés soit entre 333 756 arbustes à 576 072 nouveaux arbustes sur le millier d'hectare aménagés entre 2003 et 2008.

Dans les régions voisines de Djibo et Gourcy, des parcelles travaillées à la charrue *Delfino* ou à la *Treno* montraient trois à cinq ans après les aménagements des taux de survie compris entre 49 à 100%, avec des densités ligneuses entre 182 et 762 pieds/ha avec une moyenne de 647 pieds/ha (Zoubga 2002).

Dans une région où les reboisements classiques n'ont donné apparemment que peu de résultats visibles sur le terrain, en raisons de contraintes diverses, on peut conclure que l'aménagement avec la charrue *Delfino* a permis une **implantation durable d'une couverture ligneuse** et pourrait favoriser les actions de reboisement mais autrement pensées. En effet, différentes évaluations ont montré que dans la partie sahélienne du Burkina Faso, les campagnes successives de reboisement à partir des méthodes classiques (plants élevés en pépinières, puis plantés) se sont toutes soldées par des échecs retentissants. Le taux de survie des plants est généralement inférieur à 20% Les reboisements sur des sols où la croûte de battance n'a pas été préalablement brisée de façon à améliorer l'infiltration des eaux de pluies, ont en effet peu de chance de réussite. Par ailleurs, les plants mis sous terre au moment où la partie aérienne est déjà assez développée, ont des besoins en eau plus élevés, que leurs racines encore peu développées ne peuvent satisfaire. Par contre **en privilégiant le semis direct, les racines se développent progressivement à la verticale à la recherche de l'eau**. Des travaux de *Deserto Verde* ont montré que les racines en condition de semis direct atteignent déjà plusieurs mètres de profondeur au cours de l'année.

Le fort développement de la strate herbacée en première année protège les jeunes plantules de la dent des animaux. Elles peuvent ainsi développer des racines profondes au bout de l'année et mieux résister les années suivantes à la sécheresse et surtout aux assauts des animaux.

Le choix porté sur les espèces locales mieux adaptées et la méthode par semis direct participent également du succès de la technologie. La répartition par espèce montre en effet que ces espèces locales ont un taux de développement et de survie plus élevé que les espèces introduites. Elles sont bien adaptées au milieu. Mais cela se fait au détriment de la diversité biologique dans les peuplements. *Acacia raddiana* représente en effet, à elle seule de 62 à 93% des espèces recensées sur les sites aménagés. Trois hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer cet état :

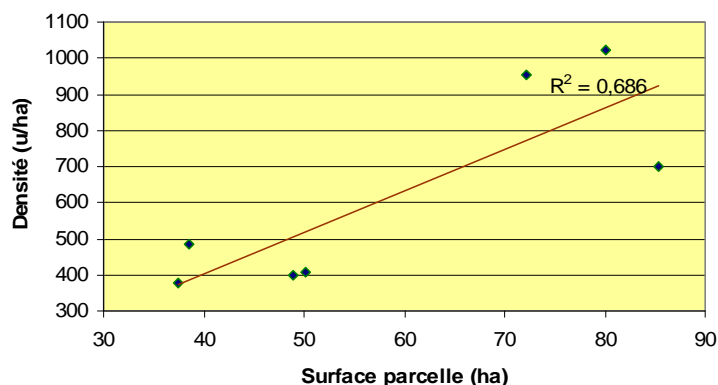
- (i) *A. raddiana* étant fortement présent dans la zone sahélienne, la dissémination naturelle vienne s'ajouter aux semis directs pour devenir l'espèce très dominante de ces sites récupérés ;
- (ii) *A. raddiana* est l'espèce ligneuse la plus adaptée aux caractéristiques pédologiques et climatiques de la zone lui conférant la robustesse nécessaire pour avoir le meilleur taux de survie et meilleur développement;
- (iii) Les semis directs des autres espèces sont faits avec des semences de qualité médiocre ou d'écotypes non adaptés à la zone, à l'origine d'une faible levée des semis.

Une étude d'écologie de la régénération approfondie serait nécessaire pour vérifier ces hypothèses. Toutefois, *A. raddiana* est une espèce autochtone et d'intérêt pastoral avéré à travers ses fruits qui entrent dans la fabrication de concentré d'aliment et ses feuilles. La forte dominance de l'espèce dans les espaces récupérés ne remet pas en cause la qualité de la régénération d'un espace sylvo-pastoral tel que constaté. En fonction des options stratégiques des projets, ses atouts de capacité de régénération et de croissance et de qualité nutritive peuvent être mis à profit.

Un impact probable de la taille de l'aménagement sur les résultats enregistrés

Les données collectées semblent indiquer que plus l'espace aménagé est grand, plus la densité de peuplement est importante. Cela semblerait indiquer un « effet de bordure ».

Figure 2 : Densité ligneuse en fonction de la surface de la parcelle



4.1.4. Conclusion : appréciation technique des résultats constatés

Compte tenu :

- de la technique de semis direct sans arrosage et sans gardiennage ;
- de l'état initial dégradé des sols ;
- de la pression pastorale importante ;
- de la zone climatique aride concernée
- de la méthode d'échantillonnage avec une représentativité acceptable et une marge d'erreur acceptable (15%).

On pourrait conclure que :

Le travail de récupération des terres et de semis direct réalisé avec la méthodologie de l'ONG REACH (P/SEN) donne **des résultats très concluants, bien au-delà des moyennes de succès constatés** dans des zones plus favorables. Ces résultats obtenus en zone pastorale ouverte sans protection des aménagements contre la divagation des animaux, ni gardiennage méritent d'être partagés. Ils peuvent **servir d'expérience école pour des aménagements d'ampleur** sur toute la frange de climat sahélien à vocation sylvo-pastorale.

Au Burkina Faso, quasiment aucune expérience comparable n'est recensée. Beaucoup d'autres projets, même dans des zones plus favorables, n'ont pas atteint la moitié des résultats constatés sur le terrain.

Les résultats mettent en évidence une **durabilité des aménagements** malgré un faible niveau d'organisation (pas de gardiennage, pas d'entretien, etc.).

En termes de régénération de la couverture ligneuse, il semble toutefois plus intéressant de privilégier les grands aménagements (plus il y a d'espaces aménagés, plus la tendance d'inversion « dégradation-désertification » est évidente)

4.2. Estimation du coût financier de l'aménagement par la charrue *Delfino*

La partie précédente a permis de constater que la technique permet de reconstituer le couvert ligneux avec une densité de plusieurs centaines de plants à l'hectare. Dans ce paragraphe, une tentative d'évaluation du coût d'utilisation de la technologie sera effectuée afin (i) de servir d'indicateur de calibrage budgétaire pour des actions de récupération des terres et (ii) d'estimer sa pertinence technique par rapport à des techniques alternatives de régénération agro-forestière (*bench-marking*).

4.2.1. Données générales sur les coûts de la technologie

Nous avons travaillé sur la base d'une campagne de six mois, qui correspondrait environ à (i) 800 heures de travail d'aménagement effectif et (ii) au temps passé au déplacement et à l'entretien de l'unité. Cette estimation est une moyenne basse généralement admise pour un travail avec un tracteur et une charrue *Delfino*.

On a ensuite considéré les frais fixes encourus par l'ONG REACH Italia durant cette campagne :

- Salaires totaux d'un staff de 3 techniciens (1 superviseur, 1 tractoriste et un aide-tractoriste) ;
- Véhicules de coordination (1 véhicule 4*4 et deux motos, carburant et entretien inclus) ;
- Amortissement des engins et des véhicules ;
- Frais administratifs liés à l'action.

Pour les frais variables, on a pris en compte :

- Les consommations de carburant lié au travail de l'unité ;
- L'usure et le remplacement cyclique des pièces ;
- Les provisions pour panne de l'unité ;
- Les coûts d'ensemencement et de supervision des zones aménagées durant 4 années.

Les frais de personnels ont été calculés sur la base des salaires charges comprises réglés par REACH Italia à ses agents.

Les frais liés aux véhicules ont été calculés sur la base des dépenses moyennes réalisées par REACH Italia ces 3 dernières années.

Les frais administratifs ont été calculés sur la base des frais mensuels encourus par l'antenne REACH de Gorom-Gorom sur 6 mois (loyers, électricité, comptabilité, etc.).

Les autres coûts ont été évalués sur la base des factures des fournisseurs de l'ONG (pièces détachées originales, entretien, etc.).

Concernant la fréquence de renouvellement/casse des pièces, trois sources ont été croisées :

- Estimations internes de l'ONG ;
- Dire d'un mécanicien/tractoriste ayant plus de 10 ans d'expérience sur les charrues *Delfino* ;
- Rapport technique de la FAO sur la technologie *Delfino* (FAO, 1999).

On a systématiquement privilégié à chaque fois dans les calculs l'hypothèse la plus coûteuse.

4.2.2. Estimation des coûts de reboisement

Les frais fixes pour le tracteur équipé, le personnel, l'amortissement, la coordination et le suivi administratif approchent 15 millions XOF par an.

Pour une durée de travail de 800 h par an, le coût de revient d'une heure d'aménagement est chiffrée à **74 881 XOF** (soit 115 € données sources en annexe 4).

Pour une durée de travail de 400h/an, le coût horaire s'élève à **93 225 XOF** (142 €).

Sur un terrain gravillonnaire, REACH Italia estime aménager 1 ha horaire.

Sur les terrains plus meubles, REACH Italia estime aménager au moins 2 ha horaire. Ceci est conforme avec les données de la littérature.

Les zones échantillonnées lors de l'étude avaient une pédologie variable, aussi **par simplification on estimera qu'une unité aménage 1.5ha/h** dans le Sahel, soit un peu plus de 10ha/jour.

On obtient donc les coûts d'aménagement suivant pour le cas de REACH Italia (hors frais de déplacement de l'unité, variable au cas par cas¹) :

Tableau 9 : Coût moyen théorique pour un fonctionnement optimal et sous optimal

	Coût horaire (XOF)	Coût / ha induré	Coût/ha meuble	Coût moyen/ha
Usage optimal (800h/an)	74 881	74 881	37 441	49 921
Usage sous optimal (400h/an)	93 225	93 225	46 613	62 150

Compte tenu des charges liées aux frais fixes, on a donc toujours intérêt à maximiser l'utilisation de la machine dans la limite de 800h/an.

4.2.3. Coûts moyens théoriques pour aménager les 1 426 ha évalués

Pour l'enquête réalisée sur le terrain, on a initialement ciblé 24 parcelles situées à moins de 100 km de Gorom-Gorom et une superficie totale de 1426 ha (cf. annexe 2). Sur la base de 1h = 1.5 ha aménagé, cette superficie correspondrait à 951 h de travail soit deux campagnes nécessaires s'il n'y avait eu aucun facteur limitant (un seul tracteur, valorisé de façon optimale chaque année, pas de problèmes de financement).

Sur deux années, on estime que l'engin sera déplacé sur 2 000 km (hypothèse forte). Pour les zones ciblées par l'étude, on a estimé le coût d'aménagement en contexte optimal à 59 956 Fcfa/ha (91 €), y compris les frais de suivi pendant 4 années si l'aménagement de ces 1 426 ha avait été réalisé **dans des conditions optimales**.

4.2.4. Coût en contexte réel : étalement dans le temps de l'aménagement

Néanmoins, comme nous l'avons exposé plus haut, les 1 427 ha aménagés l'ont été en réalité sur 5 campagnes entre 2001 et 2008. Cela pèse fortement sur les coûts réels de l'aménagement puisque le coût de l'amortissement annuel va fortement s'en ressentir : le coût précédent de 91€/ha est donc fortement sous évalué par rapport à l'effort réel réalisé par REACH Italia. On rappellera ci-dessous les chiffres d'aménagement annuels réalisés par REACH Italia:

	2001	2003	2004	2007	2008	Total
Surface aménagée (ha)	240,4	127,84	93,09	260,1	705	1 426,59

On constate que l'hypothèse optimale de 800 ha par an n'a jamais pu être réalisée : seule 2008 avec ses 705 ha a pu approcher l'utilisation optimale de la charrue.

Sur la base des données de comptabilité et d'entretien collectées exposées plus hauts, nous allons considérer que REACH Italia avec son matériel n'a aménagé que 1 426 ha sur les 5 années. Le coût annuel correspondant à ces surfaces (i.e. fonctionnement, salaires, amortissement) sera calculé, de la

¹ Ce coût est chiffré à 1 200 XOF/km d'après les devis consultés

même manière que l'on a estimé plus haut le coût d'aménagement de 800 ou 400 ha annuels. Le coût de déplacement de l'unité par un porte-charge est toujours plafonné à 2 000 km et 1 200 Fcfa/km.

En raison de l'étalement des aménagements dans le temps (5 campagnes), le coût de l'aménagement varie entre 115 807 et 53 252 avec une valeur moyenne de 73 650 FCFA/ha (tableau 10)

Tableau 10 : Coût annuel encouru par REACH pour l'aménagement

	2001	2003	2004	2007	2008	Coût moyen / ha*
Surface aménagée (ha)	240,4	127,84	93,09	260,1	705	-
Coût moyen à l'ha/an (Fcfa)	<u>80 139</u>	<u>115 807</u>	<u>144 572</u>	<u>77 003</u>	<u>53 252</u>	73 650 Fcfa

* : on a pondéré par la surface aménagée

Le coût réel moyen encouru par REACH Italia varie logiquement selon la surface effectivement aménagée chaque année (variation de l'amortissement par ha). **Le coût moyen estimé en « conditions réelles » pour les 1426 ha considérés est de l'ordre de 73 650 Fcfa (112€)** y compris les frais de suivi pendant 4 années. Il varie cependant du simple au triple selon l'année considéré (i.e. selon la surface aménagée : en 2004, le coût effectif/ha calculé est de l'ordre de 220 €).

4.2.5. Discussion sur le mode de calcul

Pas de temps considéré

Dans la partie précédente on a calculé le coût d'aménagement de 1 426 ha en simulant un aménagement théorique sur deux années ou alors en prenant la situation réelle sur plusieurs années (4 ans).

Cela permet d'en déduire que compte tenu des contraintes (principalement de disponibilité de fonds), l'ONG a réalisé l'aménagement pour un coût moyen de 73 650 Fcfa.

Si on lui avait permis de réaliser ces surfaces sur deux ans (approche idéale), le coût à l'ha aurait été de l'ordre de 59 956 Fcfa.

Ainsi, le fait de disposer des ressources financières de façon suffisante aurait permis de **réduire de 22% le coût d'aménagement** (ce surcoût dû à l'étalement des travaux sur 4 ans au lieu de 2 aurait permis de réaliser 300ha supplémentaire) .

Un opérateur qui travaille avec la charrue *Delfino* aura un coût de réalisation brute qui peut donc varier du **simple au triple** selon son **expérience technique** et selon l'importance **surfaces aménagées annuellement**.

4.2.6. Importance de la planification annuelle

Comme on le voit au vu du poids annuel des coûts fixes (près de 15 millions de francs CFA), le coût effectif à l'hectare sera d'autant plus faible que l'on s'approchera du potentiel maximal de 800h de travail par an. Pour une efficacité de la technologie, l'ONG est donc soumise à deux contraintes :

- maximiser les surfaces annuelles à aménager dans la limite de 800 ha. Cela sous tend un travail amont de recherche de financements de l'ordre de 80 000 euros annuels ;
- minimiser les frais de transports de l'unité. Cela sous tends favoriser l'aménagement de surfaces étendues ou très proches au lieu d'un saupoudrage de quelques hectares sur une myriade de sites.

4.2.7. *Prise en considération de l'émission carbone de l'aménagement*

Balance carbone de l'aménagement

L'activité d'aménagement en demi-lunes consomme beaucoup de carburant ce qui en fait une source d'émission carbone.

Le tracteur consomme 40L de gazole/h soit environ 140² kg de CO₂ rejeté dans l'atmosphère. 1 ha aménagé entraînera ainsi le rejet dans l'atmosphère d'environ 210 kg/ha du fait de la seule consommation de carburant du tracteur.

Le programme Biocarbon Fund de la Banque Mondiale estime qu'un ha d'acacia en zone sahélienne va idéalement fixer 50 T d'équivalent CO₂ au bout de 15 ans.

La production de CO₂ par l'aménagement est donc minime par rapport au gain potentiel. On a donc une **balance carbone qui sera à priori très largement favorable** (0.21 T vs 50).

Surcoût théorique de l'émission de carbone

A la date de rédaction du rapport, la tonne de carbone s'échange à moins de 30€/T.

Le coût d'aménagement devrait donc être incrémenté de 6.3 €/ha soit 1% du coût estimé en au § 5.2.

Comme nous avons vu que l'espérance de fixation de carbone à moyen terme est importante, il n'est pas pertinent d'intégrer ce coût marginal dans le coût d'aménagement : il serait rapidement compensé.

4.2.8. *Conclusion : bilan financier de l'aménagement*

On a estimé que les reboisements effectués par l'ONG REACH Italia présentent en moyenne 685 arbustes vivants / ha [399-856].

Le coût global moyen de l'aménagement réalisé par REACH Italia a été de **73 650 francs CFA/ha** avec un potentiel pour réduire ce coût à 59 956 Fcfa/ha dans les conditions optimales (800h/an).

Le coût de revient net d'un arbre vivant avec la technologie utilisée par REACH Italia, dans un contexte sahélien, est de 107 francs CFA [86-185] ce qui est vraiment très modique.

Un arbre en gaine au départ d'une pépinière est généralement facturé 75 francs CFA (hors transport, hors plantation, hors arrosage, etc.). Les taux de survie globaux des reboisements classiques dans le Sahel atteignant péniblement 50%, **la technologie Delfino+semis direct+encadrement développé par REACH Italia permet d'obtenir une densité ligneuse au moins deux fois plus économique** que les techniques habituellement utilisées.

Dans le contexte du Burkina Faso ou d'une zone pastorale sahélienne, les réalisations évaluées dans le cadre de la présente étude montrent des résultats qui font des travaux de REACH Italia des **références techniques et d'efficience économique**.

Compte tenu que le coût moyen de 107 francs CFA se rapporte aussi bien à des arbustes de 1 an qu'à des arbustes de 7 ans et de plusieurs mètres de haut, les résultats sont d'autant plus appréciables.

² On considère généralement qu'un litre consommé de gazole rejette 2.7 kg de CO₂. On multiplie ensuite par un coefficient de raffinage de 1.3 pour avoir une estimation plus précise de l'effet carbone de la consommation de carburant.

5. Perspectives Régionales : les conditions de répliquabilité et de durabilité de la technologie

5.1. Des effets bénéfiques des aménagements très perceptibles par les populations bénéficiaires

L'activité principale des populations dans la région de Gorom-Gorom est l'élevage associé à une petite agriculture d'appoint. Si l'élevage bovin est l'apanage des agro-pasteurs riches, celui des petits ruminants et notamment les chèvres est pratiqué même par les plus démunis. L'essentiel des besoins alimentaires est assuré par la vente du bétail, pour racheter des céréales. C'est dire combien la faible productivité des parcours et la pénurie de fourrage constituent une préoccupation pour ces populations. Pour y faire face, les populations étaient obligées d'effectuer de longues transhumances.

Au début des opérations de l'ONG, les populations n'y croyaient que très moyennement. Cependant au fil des années, les effets spectaculaires sur la couverture herbacée a fini par convaincre les plus sceptiques. Les populations voient en effet « preuves à l'appui » tout l'intérêt de la récupération de ces zones jadis complètement abandonnées. Des règles de gestion pour gérer durablement les aménagements ont été adoptées et semblent être respectées par tous. Il est par exemple défendu d'installer des campements à côté des aménagements, d'y couper des arbres et de faire la fauche à but commercial.

Actuellement la demande auprès de l'ONG est très forte car chaque village souhaiterait que le plus petit espace dénudé ou dégradé soit restauré. Les espaces communautaires récupérés constituent à présent des pôles d'attraction du cheptel des villages environnants de même que pour les troupeaux transhumants

Si les aménagements n'ont pas fondamentalement changé les modes d'élevage, les populations de certains villages bénéficiaires comme Salmossé ont confié au cours des enquêtes que leurs animaux n'avaient plus besoin de se déplacer depuis que des sites ont été récupérés autour de leur village. Dans le village de Gargara, seuls les propriétaires de grands troupeaux sont actuellement contraints à la transhumance.

La préoccupation principale pour tous les éleveurs reste la disponibilité de l'eau. A Salmossé, la seule mare du village tarit dès février et les animaux sont contraints de faire des déplacements sur plus d'une quinzaine de kilomètres pour atteindre le seul point d'eau utilisable après le tarissement de la mare du village.

La recherche de l'eau semble être de nos jours, l'une des motivations premières des transhumances des communautés pastorales des villages qui ont bénéficié des aménagements.

Aussi pour que les aménagements atteignent l'objectif d'amélioration de la productivité de l'élevage, il serait indiqué que l'ONG s'investisse ou s'associe à d'autres promoteurs qui interviennent dans l'hydraulique pastorale : création de nouveaux points d'eau, surcreusement de boullis etc.

5.2. Une technologie dont l'efficacité dépend fortement de plusieurs facteurs

De grandes superficies dans la partie nord du Burkina Faso sont dans un état de dégradation tel qu'une récupération mécanique s'impose.

Globalement, **plusieurs centaines de milliers d'hectares pourraient donc être aménagés de façon efficace et à un coût compétitif en Afrique de l'Ouest.**

Pour que le travail du sol à la charrue *Delfino* crée des conditions favorables pour la régénération du couvert végétal, qui à son tour renforce les ouvrages, il faut que le travail du sol réponde à certaines normes et notamment en terme de sous solage, de profondeur de surcreusement, de largeur, qui soient à même de favoriser la collecte des eaux de pluies et de constituer un bon lit de semis.

Le succès de telles opérations dépend plusieurs facteurs qui influencent l'efficacité du travail à la charrue *Delfino* :

- la nature du terrain et le type de sol ;
- la qualification du tractoriste ;
- la définition d'objectif d'aménagement *ex ante* en termes de surfaces et de densité de demi-lunes ;
- la définition *ex ante* d'objectifs de profondeur du sillon
- la participation active des populations à assurer, et ce dès les premières années de labour, l'application des activités de revalorisation des surfaces aménagées.

En effet, on ne peut raisonnablement pas se donner comme objectif uniquement d'aménager des surfaces dégradées : la qualité et la densité des ouvrages doit être suffisante pour que l'aménagement ait un impact³. On examinera ici les principaux facteurs de succès : le choix du sol et la formation d'un tractoriste efficace.

5.2.1. Influence de la nature du sol

La résistance au comblement des demi-lunes dans le temps dépendent de la nature du sol.

Les sols argilo-sableux à argileux semblent les plus performants, avec une durée de vie des ouvrages de plus de cinq ans. En revanche sur des sols sableux à sablo-argileux, les ouvrages se comblent au bout de deux à trois saisons de pluie sous l'action de l'érosion éolienne et hydrique. L'inventaire du système Vallerani déconseille du reste l'utilisation de la charrue *Delfino* sur des sols à textures sableuse.

La technologie semble moins efficace sur les terrains dénudés avec épandage gravillonnaire et cela se traduit par un taux de reprise de la végétation ligneuse et herbacée relativement faible. Les terrains accidentés, avec de nombreuses souches sont également source d'un mauvais travail du sol.

5.2.2. Une technologie dont l'efficacité dépend fortement de la qualification du tractoriste

De nos jours, plusieurs structures, en plus de l'ONG REACH Italia, utilisent cette technologie dans leur plan d'aménagement. Force est de constater que certains de ces prestataires dont les tractoristes ne sont pas suffisamment qualifiés, réalisent des ouvrages dont la pérennité ne dépasse guère l'année. Ainsi, nous avons visité des réalisations d'autres prestataires, dont les ouvrages sont à peine perceptibles après deux saisons. L'effet sur la régénération de la couverture végétale est ainsi presque insignifiant.

L'apprentissage pour la maîtrise du travail du sol et la maintenance de l'équipement semblent relativement long. La mauvaise maîtrise technique occasionne non seulement un mauvais travail du sol et de fréquentes pannes mécaniques pouvant compromettre une campagne entière. Selon nos entretiens, les tractoristes qui maîtriseraient bien la technique au Burkina Faso ne dépasseraient pas 7 à 8 personnes.

Le tractoriste en charge de l'unité de travail de REACH Italia figure parmi les premiers tractoristes formés dans le cadre du Projet FAO-(Forêt et Sécurité alimentaire) qui a pris fin en 2001. Il s'agissait

³ De nombreux sites aménagés à la *Delfino* au Burkina Faso n'ont pas donné des résultats aussi satisfaisants que ceux de REACH Italia. Lors de notre mission nous avons visité un site réalisé par un autre projet : après deux années aucun résultat palpable n'était visible : les sillons réalisés en 2007 étaient trop superficiels et pas assez denses.

d'une formation sur le tas qui a été assurée par le fils du concepteur. La formation initiale a duré 45 jours suivis de recyclage. Pour une maîtrise de la technique, il lui a fallu environ 6 mois de pratique effective.

La maîtrise des courbes de niveaux est également un facteur important à maîtriser par le tractoriste.

La qualification des tractoristes s'avère donc un facteur d'échec important des aménagements à partir de la charrue *Delfino*. Il faut donc que le travail du sol soit effectué dans les règles de l'art et qu'une action de grande ampleur soit entreprise en vue du renforcement des capacités des agents techniques. Des sites tels que ceux aménagés par REACH Italia et le savoir faire de terrain de leur staff seraient dans ce sens des **facteurs de démonstration et de partage de compétences de premier ordre pour la sous-région.**

5.2.3. *Un besoin d'accompagnement des populations en matière d'éducation environnementale et d'écocitoyenneté*

Malgré les actions de sensibilisation, certains bergers se livrent encore à des pratiques destructrices telles que l'émondage sévère et la coupe des plants régénérés. Bien que cette pratique soit assez localisée, elle est de nature à fragiliser les acquis.

Le non gardiennage des sites aménagés est certainement une des originalités de l'approche mise en œuvre par l'ONG REACH Italia, et qui permet une durabilité à moindre frais.

Des entretiens que nous avons eus avec les populations, il n'existe pas un plan de gestion pour les zones aménagées. Elles sont d'accès libre à tous les éleveurs et notamment aux transhumants. Ainsi des cas de surpâturage de saison de pluie ont été constatés dans plusieurs endroits. Cela pourrait compromettre à long terme la durabilité de ces aménagements.

Il faut non seulement renforcer les actions de sensibilisation, mais aussi les capacités organisationnelles des éleveurs pour que les espaces récupérés soient durables.

Dans le cadre de ses activités d'appui à l'éducation de base, l'ONG REACH Italia insiste sur l'éducation environnementale et pousse les jeunes à découvrir ce qu'est la dégradation des ressources et comment la combattre (participation aux actions d'ensemencement, visites périodiques, etc.).



Photo 4 : Demi-lune encore perceptibles sur des aménagements de REACH Italia de 2001

Demi-lune de mauvaise qualité sur terrain trop sableux



Photo 5 : Demi-lune de mauvaises qualités

déjà disparues après deux saisons

6. Recommandations

L'étude réalisée amène les recommandations suivantes.

6.1. Dissémination

L'expérience de REACH Italia au Nord du Burkina est insuffisamment connue et reconnue.

Les travaux réalisés en font pourtant un exemple des plus efficaces en termes de reboisement en zone pastorale dans le Sahel. Avec un coût de revient d'un arbre vivant estimé à 107 Fcfa après plus de 7 années, sans aucun gardiennage, cette expérience mérite d'être citée comme une *success story* en Afrique de l'Ouest et mériterait d'être répliquée dans bon nombre de projets d'aménagement sylvo-pastoraux.

6.2. Bench Marking

Cette expérience constitue également de part son ratio coût/résultat un exemple de technique efficace comparativement peu onéreuse pour les programmes de réhabilitation environnementale et de développement des zones pastorales.

Sans être la panacée à toutes les contraintes pastorales, la maîtrise développée sur les sites de REACH Italia rend nécessaire la diffusion de ce savoir faire aux partenaires au développement et aux agences de planification du développement.

6.3. Renforcement des capacités

L'étude insiste sur deux points en termes de formation.

Le tractoriste doit être correctement formé et cela ne peut pas se faire sans un processus de renforcement des capacités poussé et assuré par des gens expérimentés. Un acteur qui voudra implémenter le succès de REACH Italia devra au préalable former un staff de façon suffisante. Sans cela on a des risques de casse de matériel importants ou de mauvais résultats techniques.

Il serait souhaitable que les bénéficiaires des aménagements puissent développer des mécanismes de gestion simple des aménagements qui permettent leur durabilité. Ces mécanismes de gestion doivent pouvoir être autonome financièrement pour être durable : des exemples connus du Sahel pourraient être utilement transposés aux zones aménagées en demi-lunes *Delfino*.

6.4. Enjeu régional pour les zones pastorales

Ce type d'ouvrage, adapté à l'aménagement de grandes surfaces, à un coût compétitif et avec une durabilité importante nous semblerait tout à fait **recommandable dans le cadre des actions de récupération des terres de grande envergure, telles que celles envisagées par l'Initiative de la grande Muraille Verte pour le Sahara et le Sahel.**

Cela nécessitera également une définition préalable des zones aménageable et une formation de staff technique compétent.

6.5. Approfondissement

Au vu de ces résultats, il serait indiqué d'évaluer la rentabilité globale de ces aménagements entre le coût initial et les bénéfices tirés in fine par les populations.

La comparaison entre des sites aménagés ayant eu un bon taux de réussite et d'autres avec un taux moins bon serait également très instructive pour affiner ces conclusions (nature du sol, capacité des tractoristes, normes technique des opérateurs, etc.).

7. Bibliographie

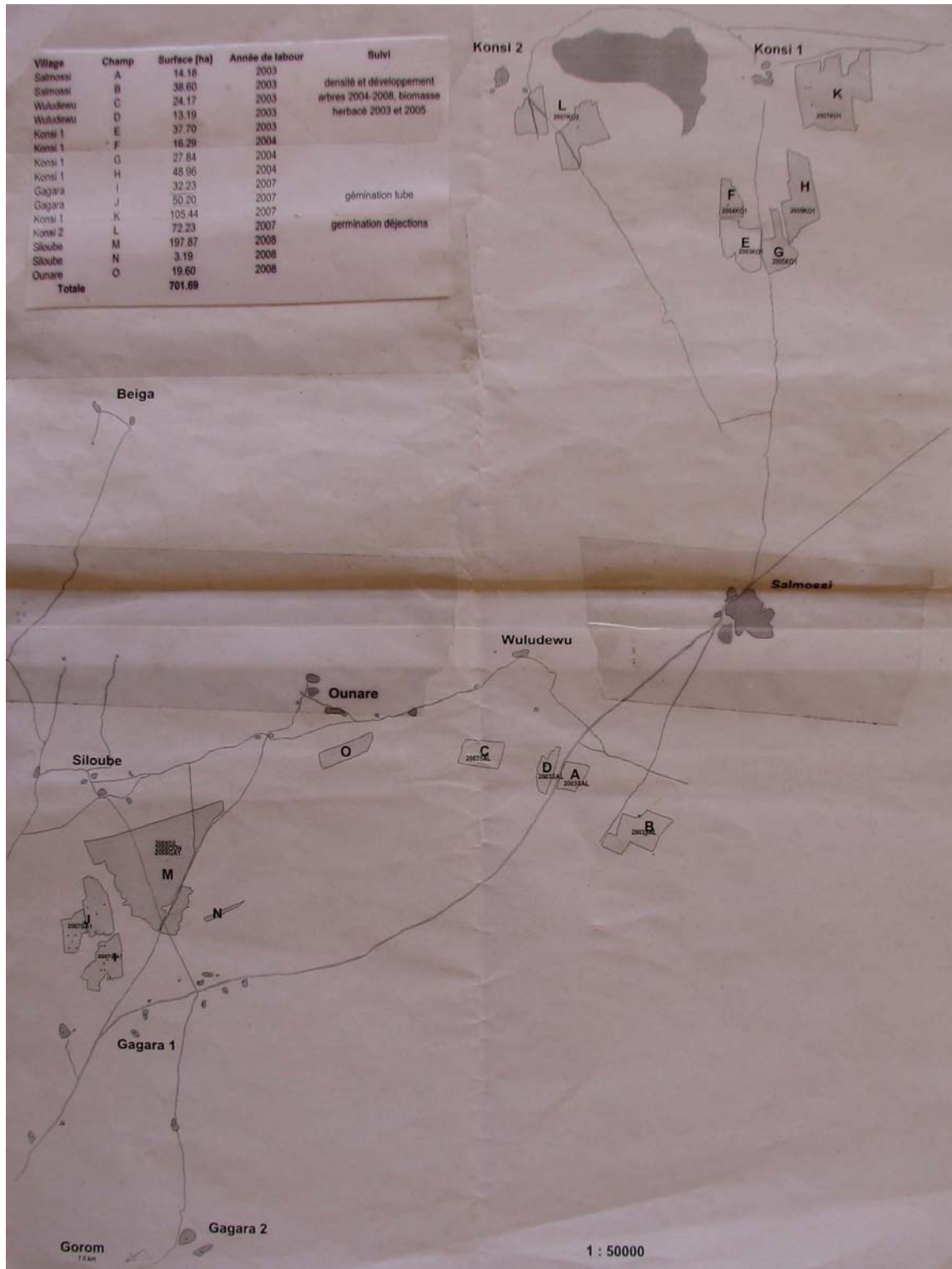
Detraux, M.; Keita, M.N. 1999: Etude d'impact du travail des charrues "Delfino" et "Treno" sur la récupération des terres fortement dégradées. Report No: FAO-FO--GCP/RAF/303/ITA, 81 p

Espace Géomatique SARL, 2006. Cartographie des terres de la Province de l'Ouadalan à l'aide d'image ET% + Landsat

Zoubga T.S, 2002. Etude de l'impact du travail des charrues Delfino et Treno sur le sol et la végétation des terres dégradées du Soum (Burkina Faso) . Mémoire de fin d'Etude « Eaux et forêt »

8. Annexes

8.1. Annexe 1: plan des zones enquêtées



8.2. Annexe 2 : Liste des villages aménagés cartographiés par REACH Italia (1 426 ha)

Ref interne	Lieu	S (ha)	Date aménagement	Bailleur
A	Salmossi	14,18	2003	Deserto verde
B	Salmossi	38,6	2003	Deserto verde
C	Wuludewu	24,17	2003	Deserto verde
D	Wuludewu	13,19	2003	Deserto verde
E	Konsi 1	37,7	2003	Deserto verde
F	Konsi 1	16,29	2004	Deserto verde
G	Konsi	27,84	2004	Deserto verde
H	Konsi	48,96	2004	Deserto verde
I	Gagara	32,23	2007	Deserto verde
J	Gagara	50,2	2007	Deserto verde
K	Konsi	105,44	2007	Deserto verde
L	Konsi	72,23	2007	Deserto verde
M	Siloube	197,87	2008	Deserto verde
N	Siloube	3,19	2008	Deserto verde
O	Ounare	19,6	2008	Deserto verde
	Salmossi	85,4	2001	Reach
	Gagara	75	2001	Reach
	Konsi Ouest	80	2001	GTZ/PSB
P	Wuludewu	91,5	2008	Deserto verde
Q	Konsi 1	27	2008	Deserto verde
R	Konsi 2	63	2008	Deserto verde
S	Salmossi	72	2008	Deserto verde
T	Beiga Tamashe	73,5	2008	Deserto verde
U	Zougway	78	2008	Deserto verde
V	Gagara 2	79,5	2008	Deserto verde

Cumul 1426,59

8.3. Annexe 3 : estimation de la valeur statistique de l'échantillonnage réalisé

De façon très simple, on a cherché à déterminer le nombre de comptages nécessaires pour avoir une représentativité avec un intervalle de confiance de 15% (ce qui est assez large statistiquement mais suffisamment précis pour notre travail de terrain).

La taille moyenne des parcelles est d'environ 38 ha soit 10 640 demi-lunes. La variable discrète testée est la présence d'un arbre (deux réponses possibles : oui ou non).

En supposant que le reboisement suit une loi aléatoire de type Bernoulli, on calcule la taille de l'échantillon nécessaire pour avoir un résultat avec un intervalle de confiance de 15%.

La formule générique
$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot N}{(1,96)^2 + l^2 \cdot (N-1)}$$

où $l=0.30$ et $N= 10\ 640$ nous donne une taille d'échantillon $n = 40$.

Nous avons donc effectué 40 pointages par parcelle afin de déterminer le taux d'occupation des demi-lunes.

8.4. Annexe 4 : données d'entrées pour le calcul des coûts

0. Données de base

Consommation (L/h)	40
Vitesse d'exécution (ha/h)	1 terrain très gravillonnaire 2 terrain meuble
Durée travail journalière (h/J)	7
Durée déplacement (J)	
Distances déplacement (km)	
Coût unitaire déplacement (XOF/km)	1 200
130 jour de travail / an, y compris pannes	

1. Cout du labour pour 800h/an

carburant	32 000
prix litre gasoil	800
Total	25 600 000

sous total 1 25 600 000

2. Entretien matériel

hypothèse : 800 h de travail annuel

Delfino

couteau avant cuté (20h / unité)	40
P.U. avec vis	50 000
total	2 000 000

carrelet (réversible) cuté (40h/unité)	20
P.U. avec vis	50 000
total	1 000 000

Soc cuté (80h/unité)	10
P.U. avec vis	50 000
total	500 000

Joint verrin cuté (400h/unité)	2
P.U.	70 000
total	140 000

Filtre circuit hydraulique cuté (400h/unité)	2
P.U.	40 000
total	80 000

Vidange huile circuit hydraulique 400h	40 000
total	80 000

Renforcement charrue ressorts acier 800h	25 000
---	--------

Graissage quotidien 800h	50 000
-----------------------------	--------

<u>Tracteur</u>	
vidange	265 000
400h	
total	530 000
nettoyage radiateur	
400h	20 000
total	40 000
pneus	
cuté (800h/jeu)	1
P.U.	4 500 000
total	4 500 000
Ventilateur de charrue	
3-4 / an	
unité	35 000
total	122 500
Batterie	
remplacement tous les deux ans	
P.U.	120 000
Total / an	60 000
sous total 2	9 127 500

3. Pannes

hypothèse : 800 h de travail annuel

Roulement charrue	22 500
800h	
total/an	22 500
Pompe hydrau et multiplicateur	400 000
1600h	
total/an	200 000
sous total 3	222 500

4. Frais fixes par campagne de 6 mois

Animateur / encadrant technique	1 020 000
Tractoriste/mécanicien	840 000
Aide tractoriste	420 000
Appui comptable	200 000
Frais mensuel entretien moto	390 000
Frais mensuel carburant personnel	480 000
Bureau, charges, téléphone	600 000
Per diem staff terrain	1 950 000
Entretien et assurance véhicule de liaison	2 300 000
sous total 4	8 200 000

5. Amortissement

Prix unité	80 000 000
durée de vie (ans)	20
Amortissement annuel	4 000 000

Prix moto * 2	6 000 000
durée de vie (ans)	10
Amortissement annuel	600 000

Véhicule de liaison	15 000 000
durée de vie (ans)	8
Amortissement annuel	1 875 000

sous total 5 6 475 000

6. Frais végétalisation de 800h de travail pendant 4 ans

semences (2000/heure de travail)	3 200 000
Animateur / encadrant technique	4 080 000
Frais mensuel entretien moto	840 000
Frais mensuel carburant personnel	960 000
Bureau, charges, téléphone	1 200 000

sous total 6 10 280 000

7. Déplacement de l'unité

Variable selon la distance
1 200 Fcfa/km