



Représentation au Burkina Faso

Eau, Terre, Verdure.

« Intégrer la sauvegarde de l'environnement dans l'agriculture sahélienne au Burkina Faso. »

L'AMENAGEMENT D'UN PERIMETRE BOCAGER AU SAHEL

MANUEL TECHNIQUE



01 BP 551 / Ouagadougou 01 / BURKINA FASO
Courriel : terreverte.burkinafaso@laposte.net
www.eauterreverdure.org

TABLE DES MATIERES

<i>Quelques conventions pour la lecture de ce manuel</i>	4
INTRODUCTION	4
<i>Qu'est-ce qu'un périmètre bocager ?</i>	5
<i>Pourquoi mettre en place un périmètre bocager ?</i>	6
<i>A qui sont destinés les périmètres bocagers ?</i>	6
<i>Le groupement foncier</i>	7
DETAIL DES ELEMENTS DU PERIMETRE BOCAGER.....	8
DETAIL D'UNE PARCELLE.....	9
PARTIE 1 : ETUDE DU SITE ET CONCEPTION DU PLAN	11
1.1 COMMENT CHOISIR UN SITE.....	11
<i>Qu'est-ce qu'un bon site pour l'implantation d'un périmètre ?</i>	11
1.2 PREMIERE VISITE DU SITE ET PREMIER PLAN PROVISOIRE	11
<i>Premier arpentage du site</i>	11
<i>Quels sont les éléments à noter sur le site ?</i>	12
1.3 ETUDE APPROFONDIE ET SECOND PLAN PROVISOIRE.....	14
1.4 ETABLISSEMENT DU PLAN DEFINITIF	15
PARTIE 2 : DELIMITATION DU SITE	16
<i>Les bornages en béton</i>	16
2.1 ARPENTAGE ET BORNAGE DU PERIMETRE.....	17
2.2 MESURE DE NIVEAU DES LOTS (POSITIONNEMENT DES PARCELLES ET DES BANKAS).....	19
2.2 MESURE DE NIVEAU DES LOTS (POSITIONNEMENT DES PARCELLES ET DES BANKAS).....	20
<i>1. Détermination de la direction de l'écoulement</i>	21
<i>2. Orientation des parcelles</i>	24
<i>3. Placement des diguettes</i>	24
<i>4. Placement des mares</i>	24
<i>5. Report sur le plan</i>	26
PARTIE 3 : TRAVAUX D'AMENAGEMENT DU SITE	27
DESCRIPTION RAPIDE DES TRAVAUX	27
3.1 DELIMITATION ET CREUSEMENT DES TRANCHEES EXTERIEURES ET INTERIEURES	29
<i>1. Défrichage préalable</i>	29
<i>2. Visée de l'axe de la tranchée</i>	30
<i>3. Piquetage de l'axe de la tranchée</i>	31
<i>4. Piquetage de la largeur de la tranchée</i>	31
<i>Au niveau des coins de la haie mixte : les coins coupés</i>	32
<i>5. Traçage du contour de la tranchée et des « cales »</i>	33
<i>6. Creusement de la tranchée</i>	34
3.2 DEFRICHAGE DU PARE-FEU.....	35
3.3 CREUSAGE DES TROUS POUR LES PIQUETS DE LA CLOTURE.....	35
3.4 MISE EN PLACE DES ACCES DU PERIMETRE	36
<i>Les portes couchées</i>	37
<i>Les « portes barrières »</i>	37
3.5 POSE DES PIQUETS DE LA CLOTURE.....	39
3.6 POSE DU GRILLAGE.....	39
<i>Raccord de grillage</i>	41

3.7 POSE DU BARBELE	42
3.8 REBOUCHAGE DE LA TRANCHEE.....	42
3.9 PLANTATION DE LA HAIE.....	42
3.10 CREUSEMENT DES MARES DE BAS DE CHAMP.....	43
<i>Description d'une mare</i>	43
<i>Les arbres de bordure</i>	44
<i>Traçage du banka : description pour un grand banka</i>	44
<i>Pour un moyen ou un petit banka</i>	48
3.11 MISE EN PLACE DES HAIES INTERIEURES.....	50
3.12 IMPLANTATION DES ARBRES D'AXE DES CHAMPS	50
3.13 TRANCHEE DE DEVIATION DES EAUX SAUVAGES	50
PARTIE 4 : ENTRETIEN DU PERIMETRE	52
LISTE DES ANNEXES	53

Remerciements.

L'ONG TERRE VERTE remercie Mélanie DUMONT et Léo PLANE, tous deux ingénieurs en aménagement du territoire et télédétection, qui ont rédigé ce cahier technique durant leur engagement comme volontaires au sein de l'AZN à Guiè durant l'année 2008.

Avertissements.

Les techniques décrites dans ce cahier ont été éprouvées dans la région naturelle du plateau mossi au Burkina Faso. Pour les mettre en œuvre dans une autre région du Sahel, il convient de les tester progressivement et de les adapter au contexte local.

Ce document a fait l'objet d'un dépôt auprès de www.copyrightfrance.com sous le numéro 59HU1B8 et son utilisation complète ou partielle dans le domaine public est soumise à l'autorisation de TERRE VERTE :

01 BP 551 / Ouagadougou 01 / BURKINA FASO

Courriel : terreverte.burkinafaso@laposte.net

www.eauterreverdure.org

Quelques conventions pour la lecture de ce manuel

Les différentes figures, les photos et les tableaux sont numérotés et sont référencés dans le texte. Les reports y sont notés de la façon suivante : **(figure X)**, **(photo X)** et **(tableau X)**.

Certaines photos ont été ajoutées sans référence ni légende ; elles viennent en illustration du texte qu'elles côtoient.

Certains mots ou groupes de mots sont en **caractères gras**. Cela se passe dans deux cas précis :

- Les idées sur lesquelles on veut insister. Il s'agit de **mots clés** ou encore de phrases complètes ayant une **importance particulière pour la compréhension du texte**, pour résumer une idée essentielle ou enfin employées en guise de sous-titres.
- Les références aux illustrations **(figure X)** et aux photos **(photo X)**. Cela permet de retrouver facilement l'explication des photos et des schémas dans le texte.

Les unités de mesure sont employées avec des abréviations principalement pour éviter de surcharger les schémas :

- Concernant les longueurs, les notations se font ainsi : millimètres (mm), centimètres (cm), mètres (m), kilomètres (km).
- Pour les surfaces, les abréviations employées sont les suivantes : mètres carrés (m²) et hectares (Ha).
- Les unités de volume utilisées sont uniquement le mètre cube (m³).
- Le diamètre d'un cercle est noté : \varnothing .

INTRODUCTION*****

Depuis 1990, avec l'appui de TERRE VERTE, l'AZN expérimente au sein de sa Ferme Pilote de Guié (FPG) un système d'aménagement des terroirs basé sur la réalisation de périmètres bocagers. A l'instar des périmètres maraîchers protégeant une zone pour y cultiver des légumes, l'AZN a développé la technique des périmètres bocagers pour résoudre les problèmes liés à l'agriculture extensive (surpâturage, érosion, feux).

Ces aménagements intègrent des opérations de conservation des eaux et du sol, ainsi que de refertilisation des sols. Les périmètres sont basés sur l'utilisation des haies vives contre la divagation ou l'érosion éolienne et de systèmes de récupération de l'eau.

Qu'est-ce qu'un périmètre bocager ?

Un périmètre bocager (wégoubri en mooré) consiste en un regroupement de parcelles agricoles au sein d'un même site protégé de l'érosion et du bétail. Chaque paysan reçoit un lot de parcelles dont il devient propriétaire, l'ensemble des zones communes étant géré par un système de copropriété, au sein d'un groupement foncier formé par le rassemblement des différents propriétaires.

Les zones communes se composent de :

- une haie mixte de protection (grillage/haie vive),
- des chemins intérieurs permettant la circulation dans le périmètre,
- une zone de pare-feu entourant le périmètre pour le protéger des feux de brousse,
- des portes d'accès au périmètre,
- éventuellement un ou plusieurs lots communs.



Les zones privées comprennent quant à elles :

- les parcelles agricoles, regroupées en lots, chaque lot appartenant –initialement du moins –à un propriétaire unique,
- les ouvrages anti-érosifs et de rétention d'eau réalisés sur chaque parcelle.

Pourquoi mettre en place un périmètre bocager ?

Dans le système foncier traditionnel, les zones de culture sont dispersées sur l'ensemble du terroir du village, ce qui rend difficile -voire impossible- la mise en place d'une protection efficace contre les menaces diverses que représentent l'érosion ou la divagation du bétail. Par ailleurs, l'absence de propriété individuelle de la plupart des terrains favorise les comportements d'épuisement de la terre, le paysan se contentant de défricher une nouvelle zone lorsque la fertilité diminue.

Ces spécificités n'encouragent donc pas la réalisation d'ouvrages ou de techniques agissant sur le long terme, permettant le maintien voire la restauration de la fertilité. Au contraire, la pression accrue sur les terres agricoles (diminution des périodes de repos) provoquée par la hausse démographique entraîne la dégradation progressive des sols.

La hausse démographique s'accompagne d'une pression accrue sur les terres agricoles, dont on diminue les périodes de repos, mais également d'une augmentation du cheptel, et donc de la pression sur la végétation naturelle et des menaces sur les cultures.

Sans intervention, ce système conduit à une baisse progressive de fertilité des sols jusqu'à un stade ultime de formation d'une croûte dure et stérile : le zipellé.

Un périmètre bocager consiste d'abord en la désignation d'une zone particulière destinée à la production agricole. Cette zone pourra alors être facilement défendue et valorisée, au travers de plusieurs aménagements, tels que haies protectrices, diguettes anti-érosives, mares pour la récupération des eaux, etc... Au sein de ces périmètres protégés, chacun des paysans bénéficiaires possède plusieurs parcelles sur lesquelles il lui est possible de mettre en place une rotation culturale permettant de participer à un maintien durable de la fertilité du sol.

En regroupant les zones de culture sur une zone concentrée et pérenne, il devient cohérent et financièrement soutenable de protéger ce site contre les différentes menaces pesant sur l'agriculture. Cette sécurité dans la production est un préalable à une politique d'intensification durable de l'agriculture paysanne, visant à l'enrichissement des sols plutôt qu'à leur appauvrissement.

A qui sont destinés les périmètres bocagers ?

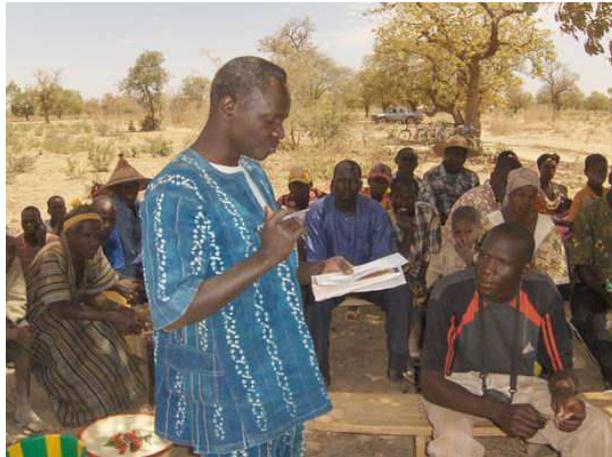
Un projet de périmètre pourra être étudié après la demande d'un groupe de paysans d'un village (éventuellement plusieurs villages mitoyens), demande faite sous couvert du Conseil Villageois. L'étude du site déterminera la faisabilité du projet et le nombre de lots à répartir entre les propriétaires. Le projet une fois accepté par les bénéficiaires, ces derniers doivent se constituer en groupement foncier et verser à la ferme pilote une caution dite « de motivation », restituée après réalisation du périmètre.

Il n'existe aucune condition particulière d'attribution, si ce n'est l'existence d'un site potentiel favorable, la constitution du groupement foncier par les demandeurs, et le versement de la caution en gage d'engagement des bénéficiaires.

Le groupement foncier

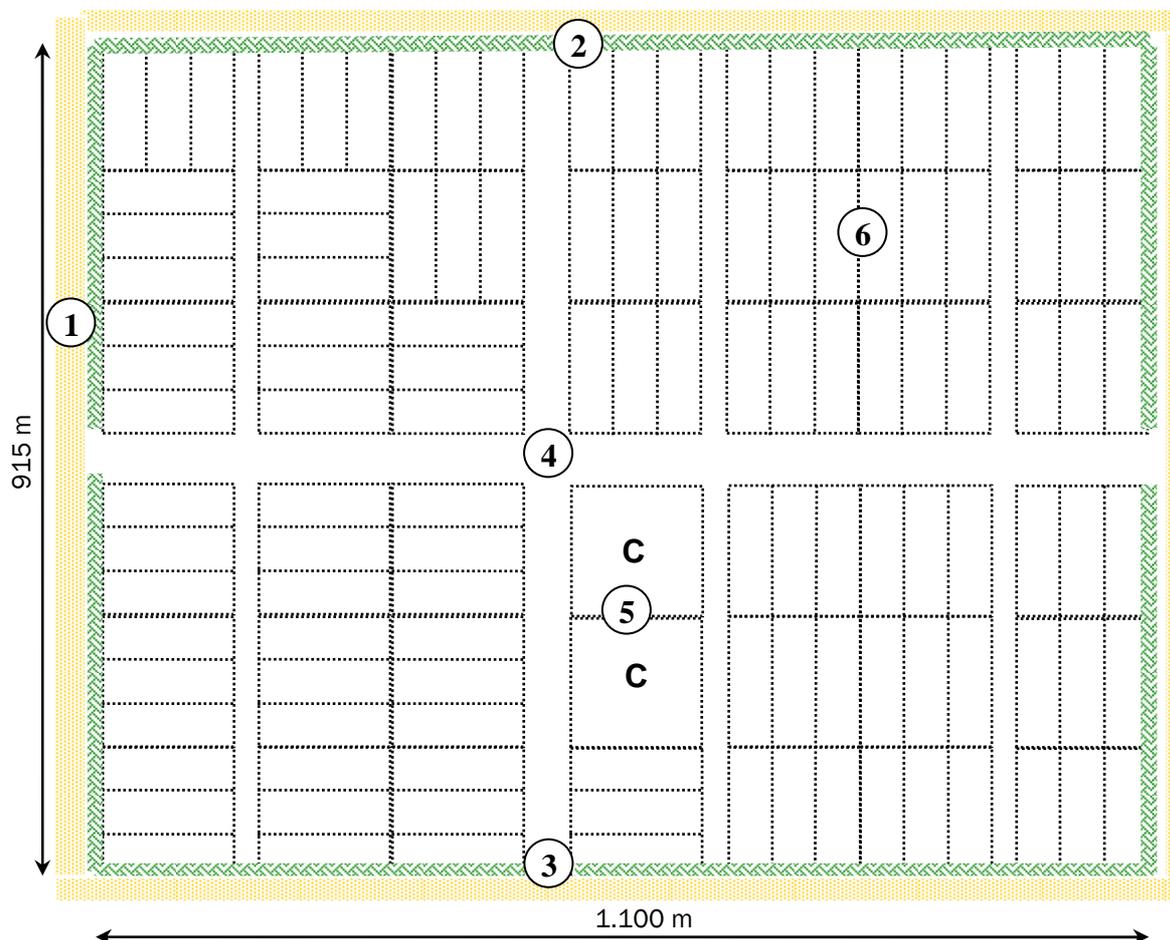
Le groupe de paysans ayant fait la demande, après l'avis favorable de la Ferme Pilote quant à l'existence d'un site favorable pour l'implantation d'un périmètre, doit nécessairement se constituer en groupement foncier.

Le groupement foncier est constitué par l'ensemble des propriétaires du périmètre. Il en est l'organe représentatif auprès de la ferme pilote ou des autorités administratives, et devient au terme de la réalisation du périmètre le gestionnaire et le propriétaire des zones communes.



Détail des éléments du périmètre bocager

Schéma général d'un périmètre de 100 Ha (hors pare-feu) comprenant 42 lots dont 2 lots communs :



1. Le pare-feu

Entourant le périmètre bocager, une zone de 15 m de large régulièrement défrichée le protège des feux de brousse.

2. La haie mixte

Le périmètre est entouré par une haie mixte combinant une haie vive et un grillage métallique surmonté d'un barbelé. La haie vive, par sa fonction de coupe-vent, protège les cultures de la verse et limite l'érosion éolienne. Elle vient également soutenir le grillage, nécessaire pour empêcher la divagation du bétail et ses dégâts : piétinement des aménagements, destruction des cultures et des haies.



Photo 1 : haie mixte et pare-feu



Photo 2 : porte couchée

3. Les portes d'accès

Elles sont de deux types :

- des portes dites « portes couchées », permettant le passage des personnes mais empêchant celui des animaux,
- des portes dites « portes barrières » permettant le passage occasionnel d'engins agricoles larges ou de troupeaux.

4. Les chemins intérieurs du périmètre

Le périmètre est traversé par deux grands chemins perpendiculaires, subdivisés ensuite en petits chemins. La largeur d'un grand chemin est 15m, celle d'un petit 12m.



Photo 3 : porte barrière

5. Les lots communs

Certains lots peuvent être gérés en copropriété pour servir par exemple de parc à bétail, de réserve de bois ou de fourrage...



Photo 4 : un chemin intérieur, bordé de haies et envahi par la végétation

6. Les parcelles agricoles et leurs aménagements

Chaque propriétaire possède un lot carré de 2,25 Ha (150 x 150 m) sub-divisé en trois parcelles rectangulaires de 0,75 Ha chacune (150 x 50 m) (figure 1). Celles-ci comportent divers aménagements visant à améliorer l'infiltration de l'eau vers le sous-sol et à limiter l'érosion. Lorsqu'on dispose de grands espaces, il est possible d'amener ces dimensions à 4 Ha, avec 4 champs de 50 X 200 m. Cinquante mètres étant la distance à ne pas dépasser dans la largeur pour pouvoir arrêter le ruissellement des eaux pluviales.

Détail d'une parcelle

- **Deux diguettes** bordent la parcelle au niveau de son coin le plus bas (une sur le côté de 150m, une sur le côté de 50m) qui jouent un rôle de retenue de l'eau de ruissellement, mais assurent également un rôle anti-érosif en diminuant la distance de ruissellement (et donc la force du courant d'eau). L'orientation des parcelles, et

donc des diguettes, se fait donc de manière à les placer perpendiculairement à la direction du ruissellement, c'est-à-dire au sens de la plus grande pente (cf. 2.2 Mesure de niveau des lots).

- La terre nécessaire à la construction des diguettes est fournie par le creusement d'**une tranchée** de 40 cm de large sur 30 cm de profondeur qui entoure et délimite ainsi chaque parcelle. La tranchée peut être plantée à l'initiative du propriétaire de haies intérieures, fournissant diverses aménités (bois, fruits, fourrages, usage médicinal...).
- Un accès de 4 m de large est laissé non creusé dans la tranchée, au niveau de l'amont de la parcelle, afin de permettre le passage des engins agricoles : la « **porte** ».
- En bas de chaque parcelle est placée **une mare** (*banka* en mooré), qui permet de récolter et stocker les eaux de ruissellement, qui peuvent ainsi s'infiltrer dans les couches profondes du sol. L'eau est également disponible comme arrosage d'appoint pour pratiquer un petit maraîchage ou pour abreuver le bétail lorsque la parcelle est en jachère pâturée à la clôture électrique.
- **La mare est bordée d'arbres** du côté du champ, assurant une fonction de protection (évitent la chute des engins agricoles) et apportant des aménités complémentaires.
- Au niveau de l'axe de la parcelle peuvent être plantés, à la volonté du propriétaire, des **arbres de haut fût complémentaires des cultures** (espèces fertilisantes ou apportant un revenu complémentaire).

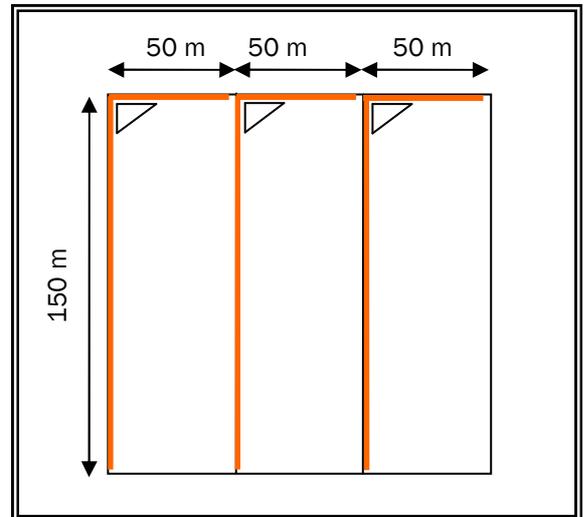


Figure 1 : positionnement dans un lot des parcelles, des diguettes et des mares de bas de champ

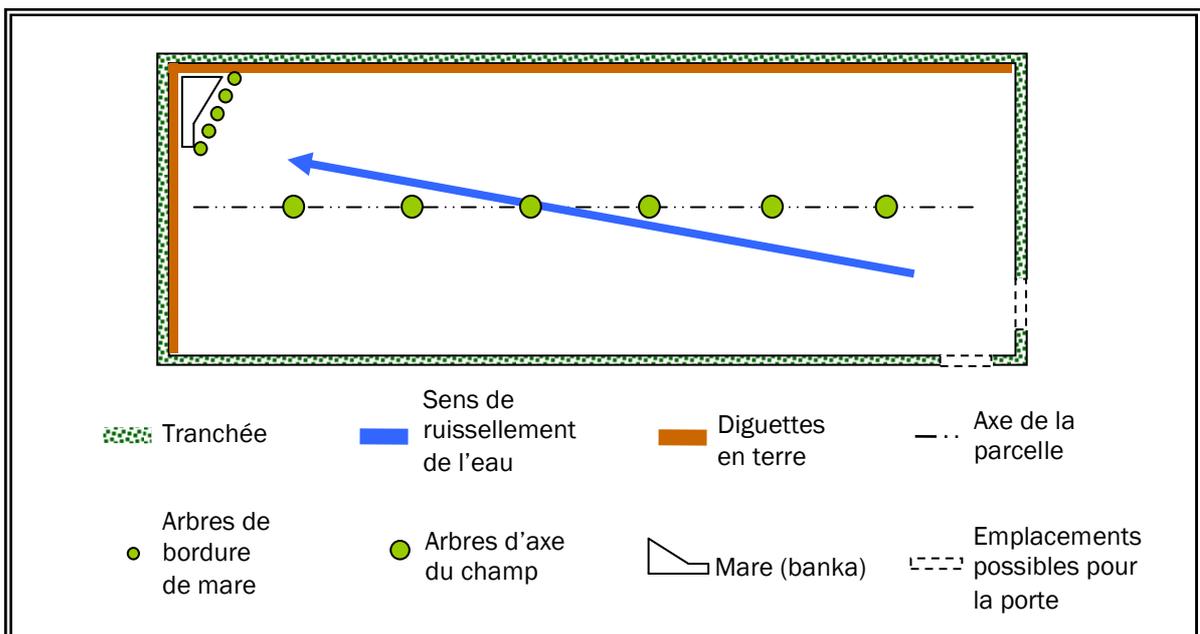


Figure 2 : détail des aménagements d'une parcelle

PARTIE 1***** ETUDE DU SITE ET CONCEPTION DU PLAN

1.1 Comment choisir un site

Le groupement paysan qui effectue une demande de périmètre à la ferme pilote doit proposer un ou plusieurs sites pour son implantation. Ces sites seront visités par les aménageurs, qui en étudient les possibilités et les contraintes.

Qu'est-ce qu'un bon site pour l'implantation d'un périmètre ?

Les sites retenus sont généralement d'une surface avoisinant 100 Ha (1km²), d'une forme se rapprochant le plus possible d'un carré (de façon à minimiser la quantité de grillage nécessaire).

Un bon emplacement pour un périmètre devrait présenter la pente la plus faible possible et ne pas comporter de zone d'écoulement d'eau trop importante (bas-fonds). Il doit également être vide d'habitations.

1.2 Première visite du site et premier plan provisoire

Une fois le ou les sites proposés, on réalise alors une étude provisoire : les sites sont visités conjointement par la ferme pilote et les bénéficiaires et on étudie à cette occasion les différentes contraintes susceptibles d'entraîner une adaptation de la forme du périmètre. Tous ces éléments sont notés sur un premier plan provisoire, décrivant uniquement le site qui servira de support pour la suite de l'étude (figure 4).

Premier arpentage du site

NB : Dans cet exemple est décrit l'arpentage d'un carré de 1km de côté, soit un périmètre de 100 Ha minimisant la quantité de grillage nécessaire. Néanmoins, il peut être nécessaire de modifier cette forme dans le cas d'une surface à aménager différente ou des spécificités du site retenu : les distances et/ou les angles choisis devront alors être corrigés en conséquence.

1. À partir des indications fournies par les bénéficiaires, on vient se positionner au niveau d'un des coins du futur périmètre. Les coordonnées de ce coin sont enregistrées au GPS (il sera à présent indiqué comme « **point 1** »).
2. A partir du **point 1**, on choisit un cap permettant de longer un des côtés du site, selon les indications des bénéficiaires : la fonction « **point virtuel** » du GPS permet d'afficher un point 1 km plus loin dans cette direction.
3. On suit ensuite le cap indiqué par le GPS (fonction « **GO TO** » du GPS) jusqu'au point virtuel, 1km plus loin. Les coordonnées de ce nouveau point sont enregistrées dans le GPS (« **point 2** »). Il s'agit du deuxième coin provisoire du périmètre.

4. Arrivé au coin, (**point 2**) on ajoute 90° au cap précédemment suivi sur le GPS pour tourner à droite, pour tourner à gauche on retranche 90° au lieu de les ajouter (*attention : un cercle complet fait 360°, voir la fiche « Mesures d'angles et cap GPS », annexe 1*).

5. On marque ensuite un nouveau point virtuel (**point 3**) 1 km plus loin avec ce nouveau cap.

6. En répétant les étapes 3 à 5, on suit progressivement un carré de 1km de côté en enregistrant les coordonnées de ses quatre coins.

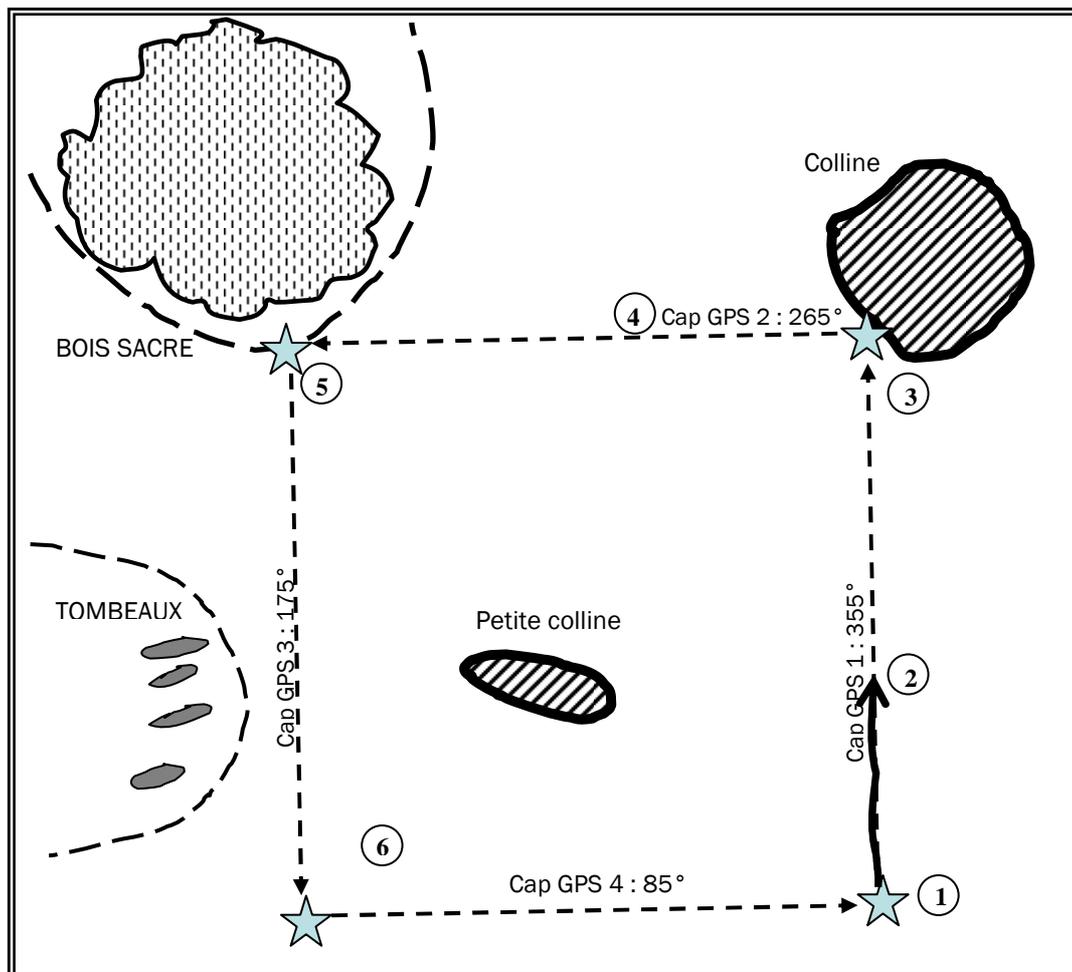


Figure 3 : méthode pour l'arpentage du site

Une fois l'arpentage du contour du périmètre terminé, l'équipe se disperse à l'intérieur du site afin d'en relever tous les éléments remarquables.

Quels sont les éléments à noter sur le site ?

Différents éléments peuvent amener à modifier la forme carrée originelle. Il s'agit de :

Le passage de routes ou de chemins :

Il convient d'étudier la fréquentation des voies passant sur le site (passage de charrettes, voie piétonne), afin de déterminer leur éventuel déplacement ou intégration au périmètre, également de prévoir le type et la position des portes. L'absence de portes peut entraîner la formation de passages (« raccourcis ») au travers de la haie, mais la multiplication des

portes coûte cher et peut entraîner une trop grande fréquentation par des personnes étrangères au site.

Les chemins importants peuvent également être détournés pour les faire passer au niveau du pare-feu, ce qui présente plusieurs avantages : la route est bien matérialisée par la présence de la haie et l'entretien en est facilité (une seule action de défrichage remplit les deux fonctions de passage et de protection).

L'écoulement de l'eau (zones de bas-fonds)

Les zones de fort courant d'eau (bas-fonds) doivent être évitées lors de l'implantation du site. En effet, un ruissellement trop important peut détruire à plus ou moins long terme les aménagements anti-érosifs et causer des dégâts aux récoltes. Si on désire construire malgré tout le périmètre sur une zone de bas-fond, il convient de prévoir l'aménagement de systèmes de protection : canal de dérivation, digue de protection... Ces aménagements doivent être dimensionnés en fonction de la quantité d'eau à détourner, ils augmentent par ailleurs le coût total du périmètre.

Le cas des zones peu fertiles

Les zones peu intéressantes pour la culture (colline latéritique) pourront être intégrées en tant que zones communes : pâturages communs, réserve pour la production de bois, parc à bétail...

Tout autre élément remarquable

Par exemple la présence de tombeaux, de bois sacrés, d'un point d'eau. Tous ces éléments doivent être notés lors de la visite : leur situation sera discutée au cas par cas avec les responsables (responsables villageois ou particuliers) avant de décider de les intégrer ou non au périmètre.

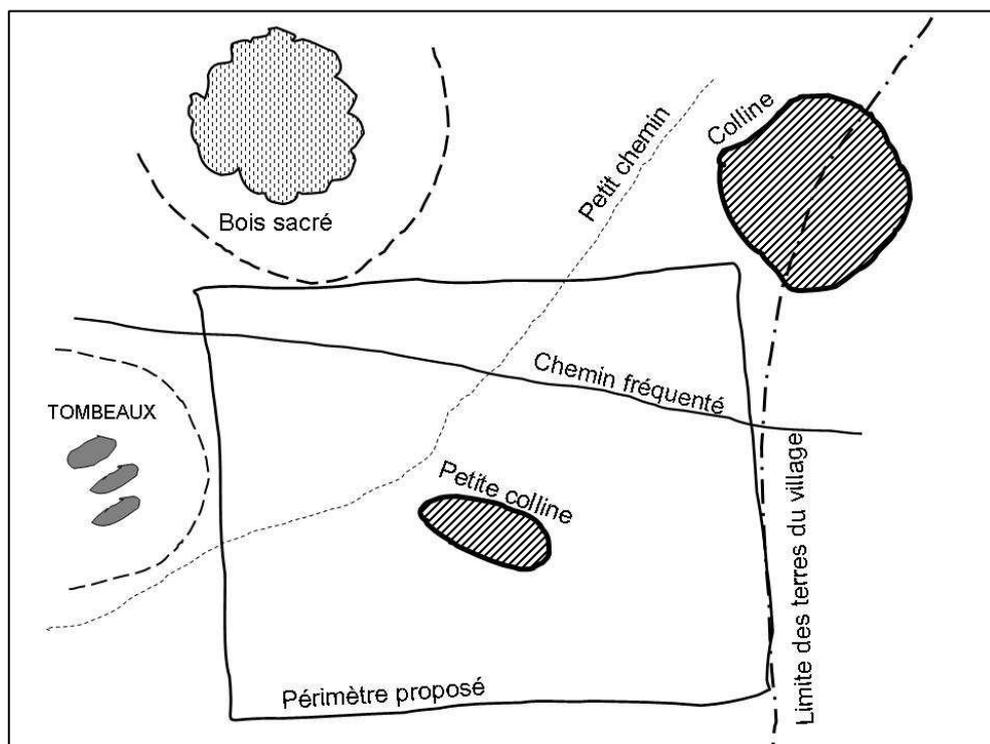


Figure 4 : Exemple de plan établi après une première visite de terrain

La ferme pilote, à l'issue de ces visites, rend un premier avis sur le site : il s'agit de l'**avis technique provisoire**.

Si le site peut convenir, en modifiant si nécessaire la forme du périmètre ou en réalisant des ouvrages de protection, la ferme pilote émet un avis favorable, on peut alors procéder à l'étude approfondie, en vue d'établir le plan définitif.

Si le site ne convient pas à l'implantation du périmètre, la ferme pilote émet un avis défavorable, il faut déterminer un nouveau site susceptible d'accueillir le périmètre. La ferme pilote précise aux demandeurs pourquoi ce 1^{er} site n'a pu correspondre afin qu'ils puissent chercher un site convenable.

1.3 Etude approfondie et second plan provisoire

Une fois le site retenu, les différents éléments notés lors de la première visite font l'objet d'une étude approfondie, visant à déterminer leur importance et à modifier le plan en conséquence. Les emplacements des différents lots sont précisés, ainsi que les emplacements des chemins internes au périmètre et ses différentes portes.

En cas de modification du positionnement des coins, les points GPS enregistrés lors des visites précédentes doivent être également corrigés (réenregistrés sur le terrain).

A l'issue de cette étude la ferme pilote établit un second plan provisoire sur lequel est cette fois dessiné le périmètre :

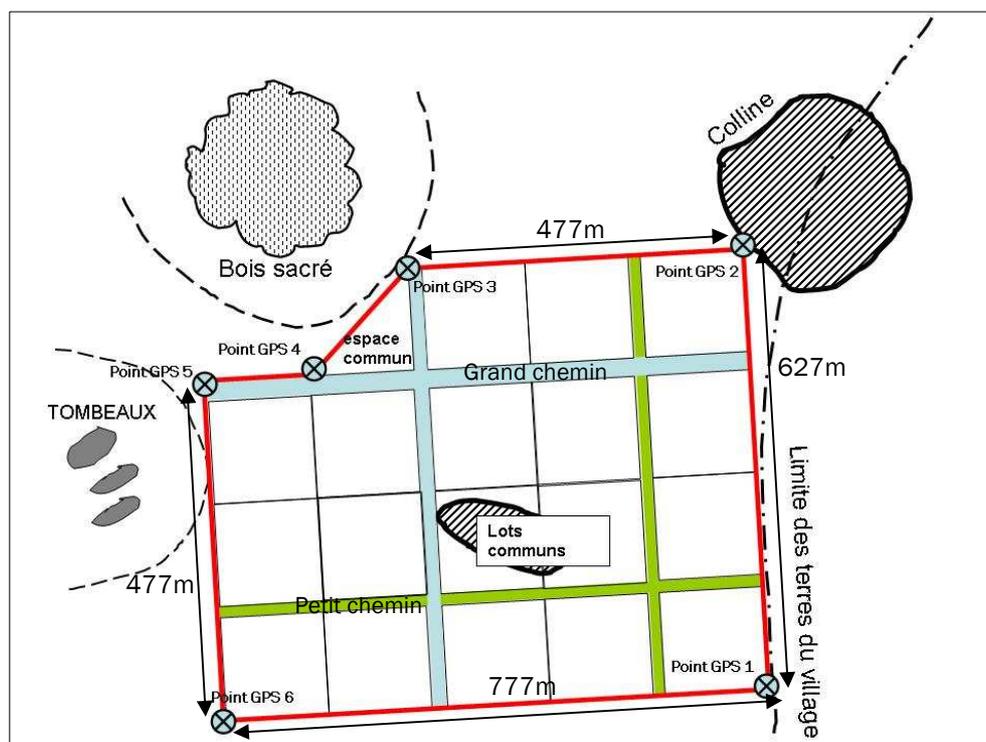


Figure 5 : Exemple de second plan provisoire établi après étude

1.4 Etablissement du plan définitif

Celui-ci doit maintenant être présenté aux bénéficiaires, discuté et modifié si nécessaire. L'emplacement des portes doit notamment être bien précisé pour éviter de futures difficultés d'accès. La porte principale sera orientée vers le village.

Les lots attribués sont régulièrement numérotés, en commençant au numéro 1 par le coin Nord-Ouest.

Une fois les éventuelles corrections réalisées, après être arrivé à un accord de toutes les parties, est établi le plan définitif du périmètre. Celui-ci doit comporter :

- un repérage précis de son implantation (coordonnées GPS, repérage par rapport aux villages ou aux voies...),
- les dimensions exactes du périmètre, du pare-feu, des différents lots, chemins, zones communes,
- l'emplacement et le numéro de chaque lot et la dénomination de son propriétaire.

PARTIE 2***** DELIMITATION DU SITE

Le plan maintenant établi, le périmètre doit à présent être repéré sur le terrain. L'emplacement de chaque coin de lot sera mesuré avec précision, puis matérialisé durablement par la pose d'un bornage en béton qui servira de repère pour les travaux futurs.

Les bornages en béton

Les bornages sont des disques de béton comportant en leur centre un trou permettant d'y placer un piquet : ils permettent de conserver l'emplacement du piquet dans le cas de travaux réalisés sur de longues périodes. Sur le bornage sont inscrits différents renseignements, par exemple les numéros des lots que celui-ci délimite. Ces bornages sont des repères techniques qui n'ont aucune valeur cadastrale sauf s'ils étaient ensuite validés par un géomètre.

Où sont placés les bornages ?

Des bornages sont dans un premier temps mis en place aux quatre coins de chaque lot. Une fois que l'orientation des parcelles à l'intérieur de chaque lot (cf. 2.2 Mesure de niveau des lots) aura été déterminé, des bornages seront placés aux extrémités des parcelles (figure 6).

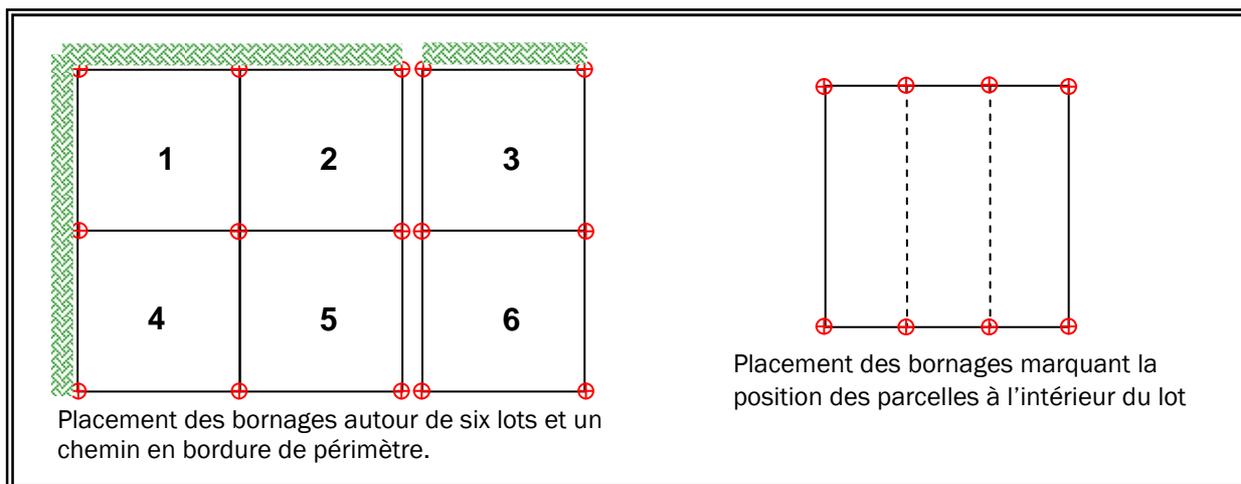


Figure 6 : Placement des bornages

Exemples de bornages

Dans un périmètre les bornages peuvent comporter (figure 7) :

- le numéro du ou des lots qu'ils bordent,
- la lettre « C » ou « COM » indiquant un lot commun,
- un espace vide marquant un chemin ou l'extrémité du périmètre (il est également possible d'inscrire la lettre « R » pour route, ou même « GR » et « PR » pour différencier les grandes et les petites routes),



- une flèche seule, indiquant la limite entre deux parcelles à l'intérieur d'un lot.



Ce type de bornage sert à indiquer les délimitations de parcelles

Comment faire un bornage en béton ?

- On plante profondément le piquet autour duquel va être coulé le bornage
- On creuse autour du piquet un trou d'environ 25cm de diamètre sur 10cm de profondeur.
- On y coule du béton (environ une pelle).
- Après une quinzaine de minutes, on tourne légèrement le piquet sur lui même, de manière à ce que le ciment n'y adhère pas.
- On laisse le piquet en place 30mn à 1 heure (selon l'ensoleillement), après quoi on l'enlève délicatement pour qu'il ne soit pas pris dans le béton.
- Il reste un trou où viendra se reloger un piquet pour la suite des travaux.

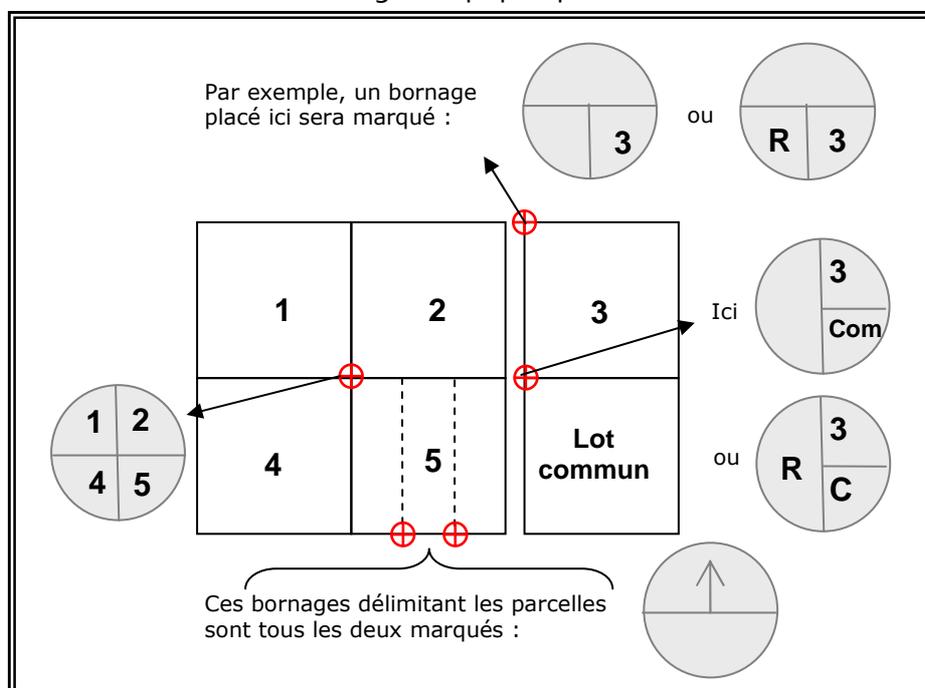
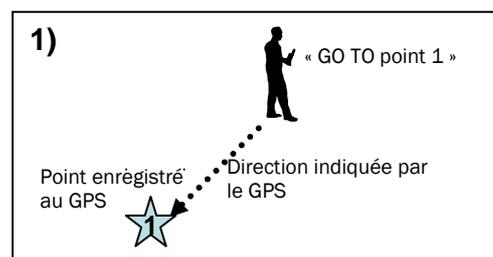


Figure 7 : les différents types de bornages

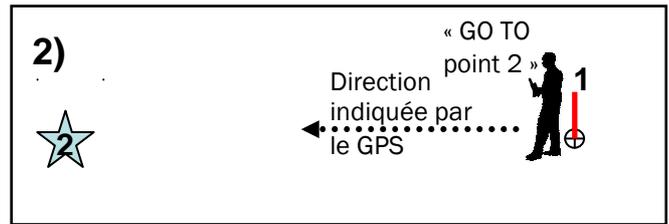
2.1 Arpentage et bornage du périmètre

On dispose à ce moment de quatre points GPS marquant les quatre coins du futur périmètre (ou plus de quatre dans le cas d'un périmètre de forme irrégulière). On va borner l'ensemble du périmètre (chemins, lots et clôture externe) en commençant par le côté présentant le plus de contrainte, c'est-à-dire celui nécessitant le plus de précision.

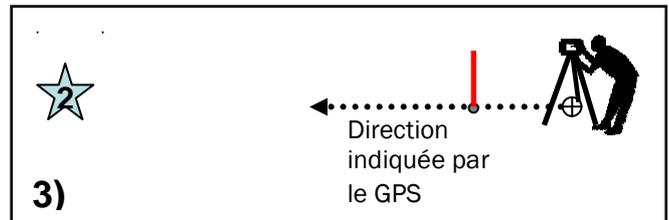
- **1)** On se positionne au niveau d'une extrémité de ce côté, à l'un des coins du périmètre enregistré au GPS, que l'on rejoint grâce à la fonction « **GO TO** » du GPS (dans notre exemple ce point est appelé point 1).



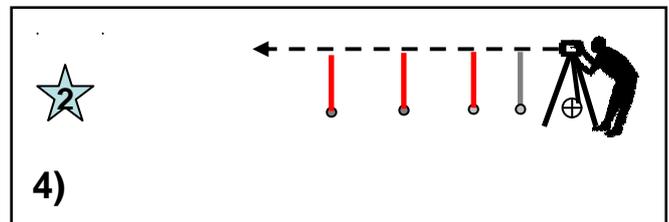
- **2)** Après le défrichage d'une zone de 4 mètres autour du point, on marque le point 1 en y plaçant un bornage et un piquet. On se dirige alors vers le 2^{ème} coin grâce à la fonction **GO TO : point 2**. Le cap indiqué permet à l'équipe de défrichage de dégager une bande de 4 m de large sur le trajet



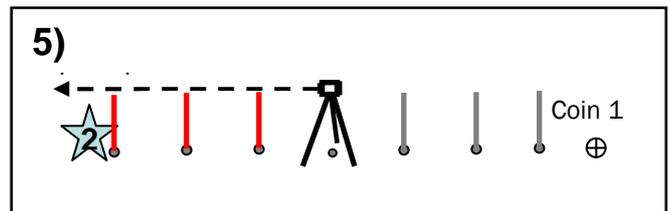
- **3)** Après avoir avancé d'une trentaine de mètres, on plante sur le cap indiqué par le GPS un piquet. **On renouvelle l'opération plusieurs fois pour confirmer ce cap.** On utilise alors ce piquet pour viser la direction au niveau optique. On peut ainsi donner le cap à l'équipe de défrichage pour défricher plus avant.



- **4)** On peut ainsi avancer en traçant une ligne droite selon les indications du technicien viseur, en plantant régulièrement de nouveaux piquets au niveau de la zone nouvellement défrichée.

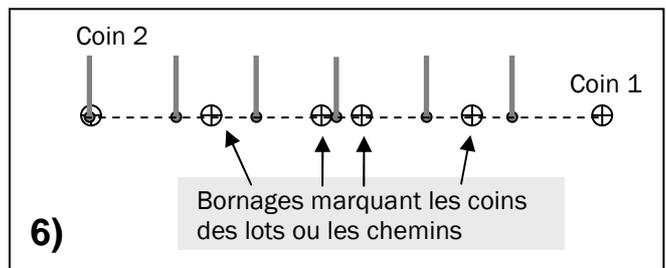


- **5)** Lorsqu'on ne peut plus viser en raison de la distance, on déplace simplement le viseur en prenant l'emplacement d'un piquet précédemment planté comme repère. On reprend le cap sur un piquet déjà planté, puis on continue la visée et le défrichage comme précédemment.

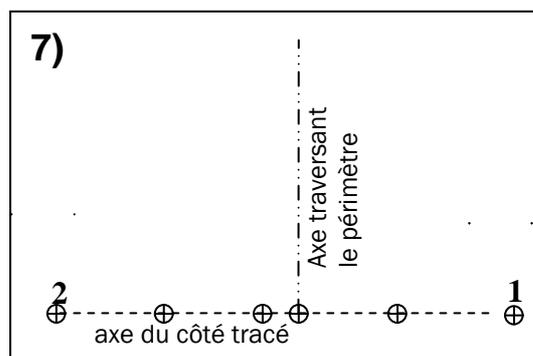


- Une fois arrivé au bout de la ligne à parcourir, on vérifie au GPS que l'on se trouve à proximité du point enregistré n°2. Si on se trouve trop écarté du point 2, il faut reprendre un meilleur cap au départ et corriger le défrichage.

- **6)** Quand le cap pris est satisfaisant, que la ligne aboutit à peu près au point 2, on y place un piquet et un bornage. On revient ensuite sur la ligne de piquets en mesurant précisément au décimètre ruban les distances parcourues, de manière à planter des bornages au coin de chaque lot et au bord des chemins. On peut ensuite retirer les piquets. Le premier côté du périmètre est maintenant tracé.

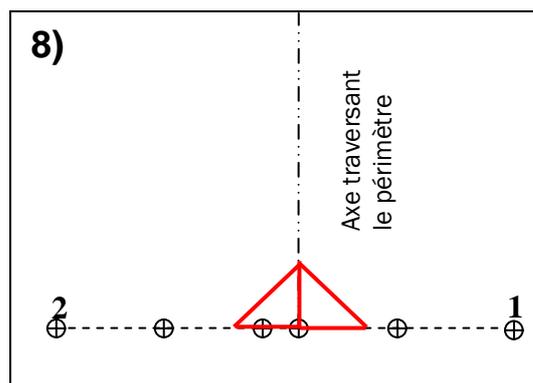


- **7)** Une fois que les bornages du premier côté sont en place, on vient se placer au niveau d'un axe traversant le périmètre au plus près de son centre, et correspondant au plan (le bord d'une route principale, d'un alignement De lots...)...

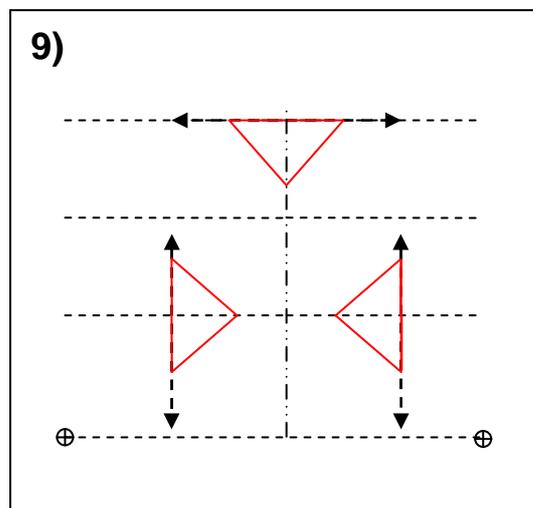


- **8)** ...et on réalise une équerre pour tourner à angle droit. Cette équerre doit être effectuée avec beaucoup de précision, et contrôlée par sa symétrie (pour la réalisation d'une équerre, voir la fiche « Les angles droits », annexe 2).

On utilise le piquet planté par l'équerre pour réaliser une nouvelle visée au viseur optique, puis l'on avance sur cet axe en défrichant comme précédemment.



- **9)** On marque au passage chaque coin de lot par la pose de bornages. A chaque carrefour, on réalise deux nouvelles équerres pour tracer les axes perpendiculaires à l'axe central.



Petit à petit, on défriche, on trace et on borne ainsi l'ensemble des quatre côtés et des chemins intérieurs du périmètre.

2.2 Mesure de niveau des lots (positionnement des parcelles et des bankas)

Une fois choisi et délimité l'emplacement des différents lots, chacun va être découpé en trois parcelles égales de 0,75 Ha. Dans chaque parcelle sera réalisé au moins une mare de bas de champ (banka).

Les parcelles sont orientées de façon à être le plus perpendiculaires possible à la direction de l'écoulement de l'eau sur le lot. Pour déterminer leur positionnement, ainsi que celui des bankas, il faut donc en premier lieu déterminer le sens d'écoulement de l'eau. Comme l'eau coule toujours du point le plus élevé vers le plus bas, il va donc chercher à déterminer le coin le plus élevé du lot (le point haut) et le coin le plus bas (le point bas).

On utilise pour cela un niveau automatique laser (ou autre), avec lequel on va comparer l'altitude des différents coins du lot.

Attention : on considère ici que le maniement de niveau laser est connu et maîtrisé. Pour les instructions sur son emploi, se reporter à la fiche « Le niveau laser » en annexe 3.

Le positionnement des parcelles et des mares se fait en quatre étapes :

1. On mesure le niveau des coins de façon à déterminer la direction d'écoulement de l'eau (deux situations sont ici détaillées : soit le sens général de l'écoulement de l'eau est directement visible sur le terrain, soit il n'est pas possible de le déterminer à vue en raison d'une pente trop faible ou de la présence de plusieurs pentes sur le lot).
 2. On oriente les parcelles perpendiculairement au sens d'écoulement déterminé. De cette manière, les diguettes qui les bordent limitent au maximum la distance de ruissellement de l'eau : on protège ainsi le sol en limitant son érosion, tout en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui augmente la quantité d'eau disponible pour les cultures.
 3. On place les diguettes autour du point bas de chaque parcelle, de façon à retenir les eaux de ruissellement.
 4. On place une mare au point bas de chaque parcelle, qui recueille l'eau excédentaire.
- Une fois le positionnement des parcelles déterminé, l'emplacement de celles-ci sera marqué au sol par la pose de bornages en béton (cf. Partie 2, Délimitation du site).
 - Le positionnement des bankas et des diguettes doit quand à lui être reporté sur un plan détaillant le cas de chaque lot.

Matériel nécessaire pour le relevé de niveau :

- Niveau laser et accessoires (boîtier récepteur, mire graduée)

Il faut effectuer la prise du niveau juste après l'arpentage, avant que la végétation ne repousse, afin que les buissons ne gênent pas la transmission du signal laser. On se base sur les bornages qui ont été placés aux quatre (4) coins de chaque lot.

1. Détermination de la direction de l'écoulement

❖ Premier cas : lorsque le sens d'écoulement de l'eau est déterminable à l'œil nu.

On effectue dans ce cas une seule série de mesures.

Réalisation des mesures

On positionne le niveau laser au niveau du coin que l'on pense être le point bas du lot, que l'on a appelé **A** sur la figure 8.

On réalise une première mesure d'altitude à proximité de l'émetteur (appelée ici **mA**).

Sans modifier le positionnement du niveau laser, on réalise deux nouvelles mesures au niveau des deux coins adjacents : **mB** et **mC**.

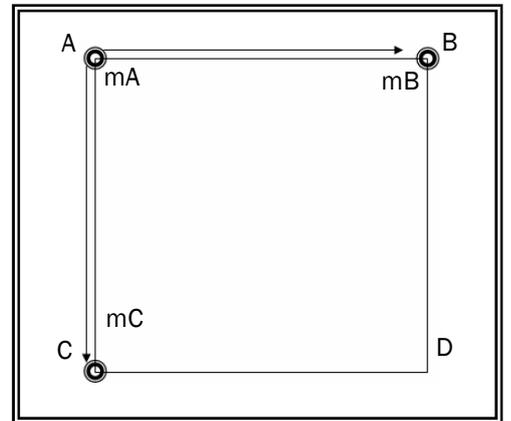


Figure 8 : mesures à réaliser

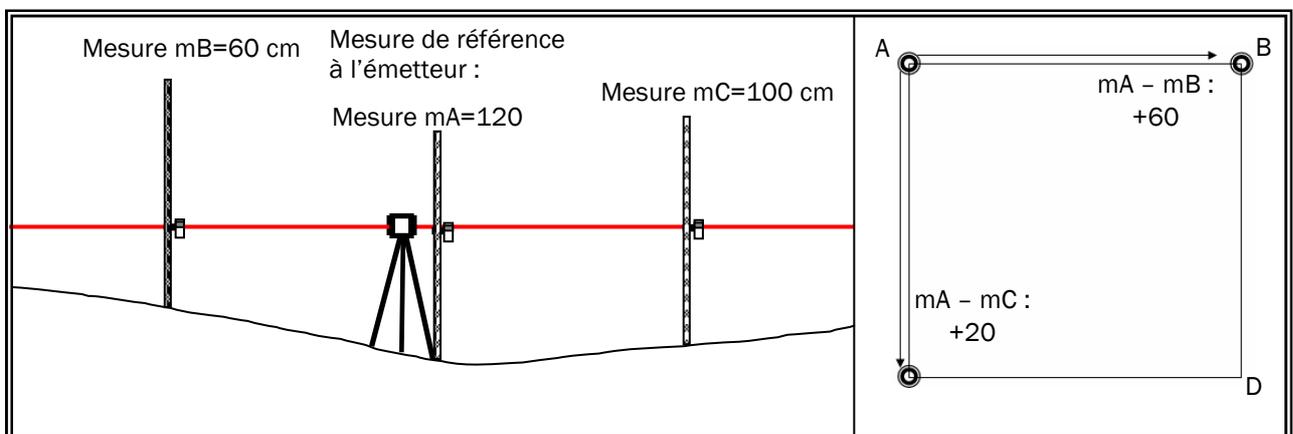
Calcul des différences de niveau

- On calcule ensuite les différences **mA - mB** et **mA - mC**
- Si la différence calculée est positive, cela veut dire qu'on monte en s'éloignant de l'émetteur d'une valeur égale au résultat du calcul.
- Si la différence est négative, on descend en s'éloignant de l'émetteur d'une valeur égale à la différence calculée.

Détermination de la direction du ruissellement

- Le coin pour lequel la hauteur mesurée est la plus grande est le **point bas du lot**.
- Le côté reliant les deux coins pour lesquels les hauteurs mesurées sont les plus grandes est le **côté le plus bas** du lot.
- L'eau ruisselle à partir du côté opposé au côté bas en direction du point bas.

Exemple 1



Calcul mA-mB : 120 - 60 = 60

→ On note +60 pour indiquer que le terrain monte de 60 cm entre l'émetteur (A) et le récepteur (B).

Calcul mA - mC : 120 -100 = 20 (+20)

→ Le terrain monte de 20 cm entre l'émetteur (A) et le récepteur (C).

- La plus grande hauteur mesurée est mA (120 cm) : le point bas est le coin A.
- Les deux plus grandes hauteurs mesurées sont mA et mC : le côté bas est le côté reliant A à C.
- L'eau ruisselle du côté opposé au côté bas vers le point bas : du côté [B-D] vers A (figure 9).

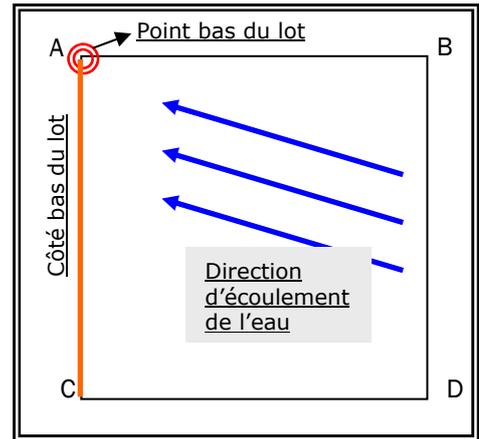
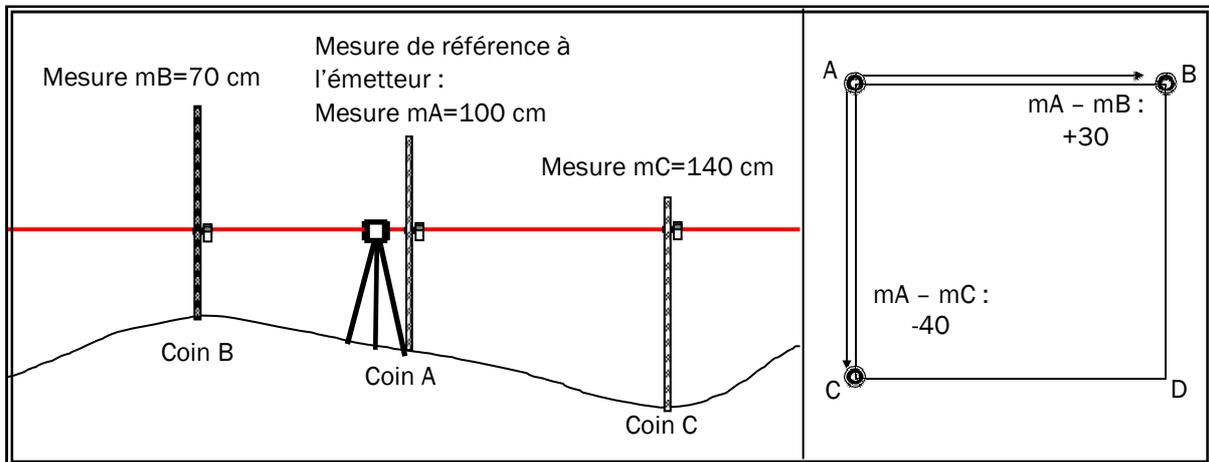


Figure 9 : direction du ruissellement

Exemple 2



Calcul mA-mB : 100 - 70 = +30

→ Le terrain monte de 30 cm entre l'émetteur (A) et le récepteur (B).

Calcul mA - mC : 100 - 140 = - 40

→ Le terrain descend de 40 cm entre l'émetteur (A) et le récepteur (C).

La plus grande hauteur mesurée est mC (140 cm) : le point le plus bas entre A, B et C est le coin C.

Il est préférable de réaliser une nouvelle série de mesures à partir du coin D pour s'assurer du point bas et du côté bas du lot (cf. Second cas).

❖ **Second cas : lorsque le sens de l'écoulement n'apparaît pas clairement à l'œil nu.**

On réalise dans ce cas deux séries de mesures, à partir de deux coins diagonalement opposés : A (mesures vertes) et C (mesures rouges) sur notre exemple (figure 10).

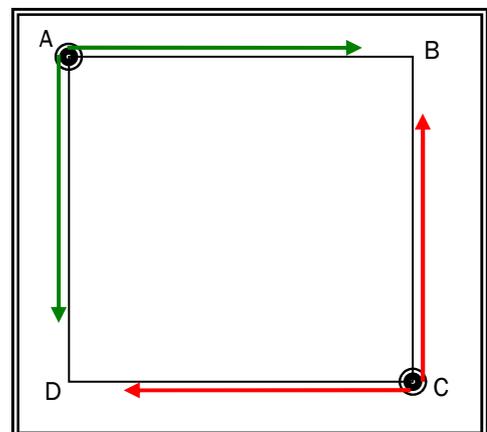


Figure 10 : mesures diagonalement opposées

Chaque série de mesure est réalisée selon la procédure utilisée précédemment : on réalise donc les différences $m_A - m_B$ et $m_A - m_D$, puis $m_C - m_B$ et $m_C - m_D$.

A partir des valeurs calculées, on détermine le point bas du lot : c'est le coin vers lequel le terrain descend le plus, c'est-à-dire vers lequel les valeurs calculées sont les plus négatives.

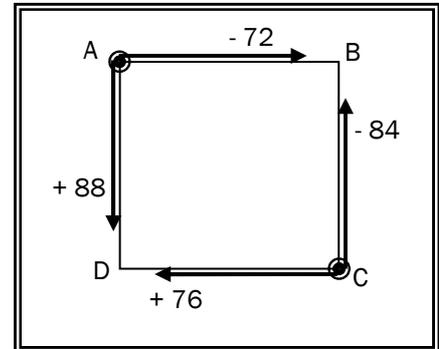
Exemple 1

$m_A - m_B = - 72$: le terrain descend de 72 cm quand on va de A à B.

$m_A - m_D = + 88$: le terrain monte de 88 cm de A vers D.

$m_C - m_B = - 84$: le terrain descend de 84 cm de C vers B.

$m_C - m_D = + 76$: le terrain monte de 76 cm de C vers D.



On observe que d'où qu'on parte, le terrain descend en allant vers B. B est donc le point bas du lot. Sur le schéma, c'est le coin vers lequel convergent les valeurs négatives.

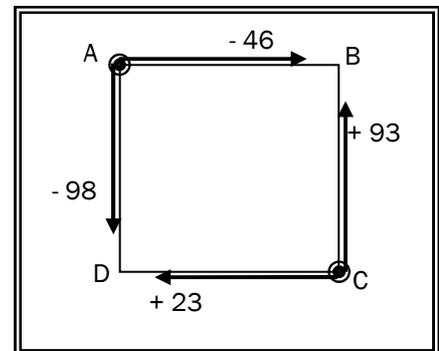
Exemple 2

$m_A - m_B = - 46$: le terrain descend de 46 cm de A vers B.

$m_A - m_D = - 98$: le terrain descend de 98 cm de A vers D.

$m_C - m_B = + 93$: le terrain monte de 93 cm de C vers B.

$m_C - m_D = + 23$: le terrain monte de 23 cm de C vers D.



Ici, en allant de A vers B ou de A vers D le terrain descend : A est donc plus haut que B et D. Par contre, en allant de C vers B ou D le terrain monte : c'est donc que C est plus bas que B ou D. Le point bas du lot est donc C.

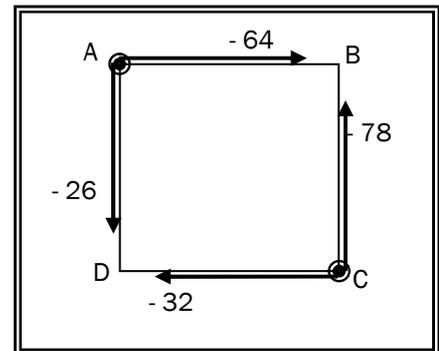
Exemple 3

$m_A - m_B = - 64$: le terrain descend de 64 cm de A vers B.

$m_A - m_D = - 26$: le terrain descend de 26 cm de A vers D.

$m_C - m_B = - 78$: le terrain descend de 78 cm de C vers B.

$m_C - m_D = - 32$: le terrain descend de 32 cm de C vers D.



Dans ce cas, A est plus haut que B et D, mais C est aussi plus haut que B et D : **le lot possède deux points bas** (B et D).

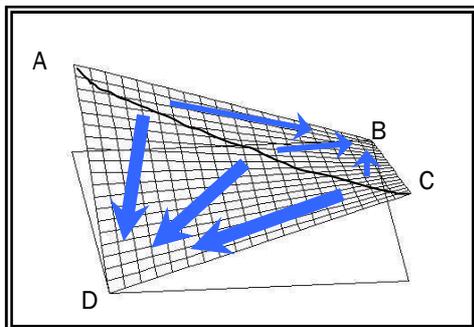


Figure 11 : cas d'un lot à double pente

La figure 11 montre un tel lot en 3D. On a représenté par des flèches bleues le chemin de l'eau ruisselant sur le lot : une partie de l'eau s'écoule vers B, l'autre partie vers D.

Pour un tel lot, le niveau de chaque parcelle devra être étudiée séparément en reprenant la procédure du cas 1. Il pourra être nécessaire de creuser deux bankas dans une même parcelle, pour recueillir l'eau dans les deux directions différentes.

2. Orientation des parcelles

Le lot (150x150 m) est partagé en trois parcelles de 50x150 m chacune. Les parcelles sont placées de manière à ce que leur longueur (150 m) soit parallèle au côté bas du lot.

3. Placement des diguettes

Les parcelles sont bordées au niveau de leur coin le plus bas par deux diguettes, une sur le côté de 50 m et une sur le côté de 150 m.

Détermination du point bas des parcelles

- Dans le cas d'un lot à pente simple, le point bas des parcelles est le coin situé dans la même position que le point bas du lot (figure 12).
- Dans le cas de pentes multiples sur le lot, chaque point bas doit être déterminé séparément pour chaque parcelle (en reprenant les étapes du 1^{er} cas).

La figure 13 nous montre deux placements de parcelles et de diguettes sur un même lot pour lequel on a déterminé la direction du ruissellement et le point bas.

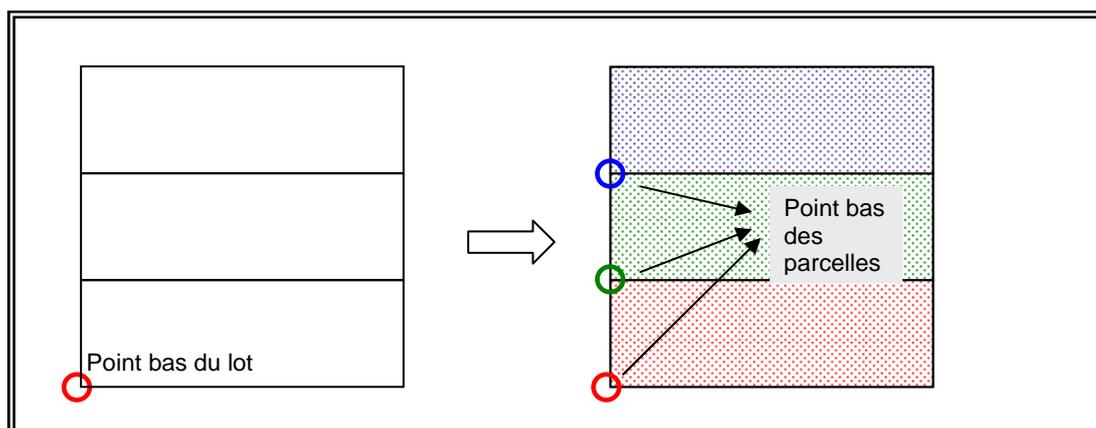


Figure 12 : points bas des parcelles dans un lot à simple pente

4. Placement des mares (bankas)

Au niveau du (ou des coins bas) de chaque parcelle sera placée une mare triangulaire qui permettra de récolter l'eau de ruissellement excédentaire (figure 14).

Trois tailles différentes de bankas peuvent être réalisées, en fonction de la quantité d'eau reçue :

- Quand la parcelle ne possède qu'une seule pente, et que par conséquent toute l'eau de ruissellement de la parcelle converge vers un unique coin, on implante dans ce coin un grand banka (volume de 40 m³)
- Quand la parcelle possède plusieurs pentes, c'est-à-dire si l'eau ruisselle en plusieurs coins du banka, on implante si la pente est grande (supérieure à la moitié de la surface de la parcelle) un banka moyen (volume de 34 m³), ou un petit (18 m³) si la pente est petite (inférieure à la moitié de la surface de la parcelle).

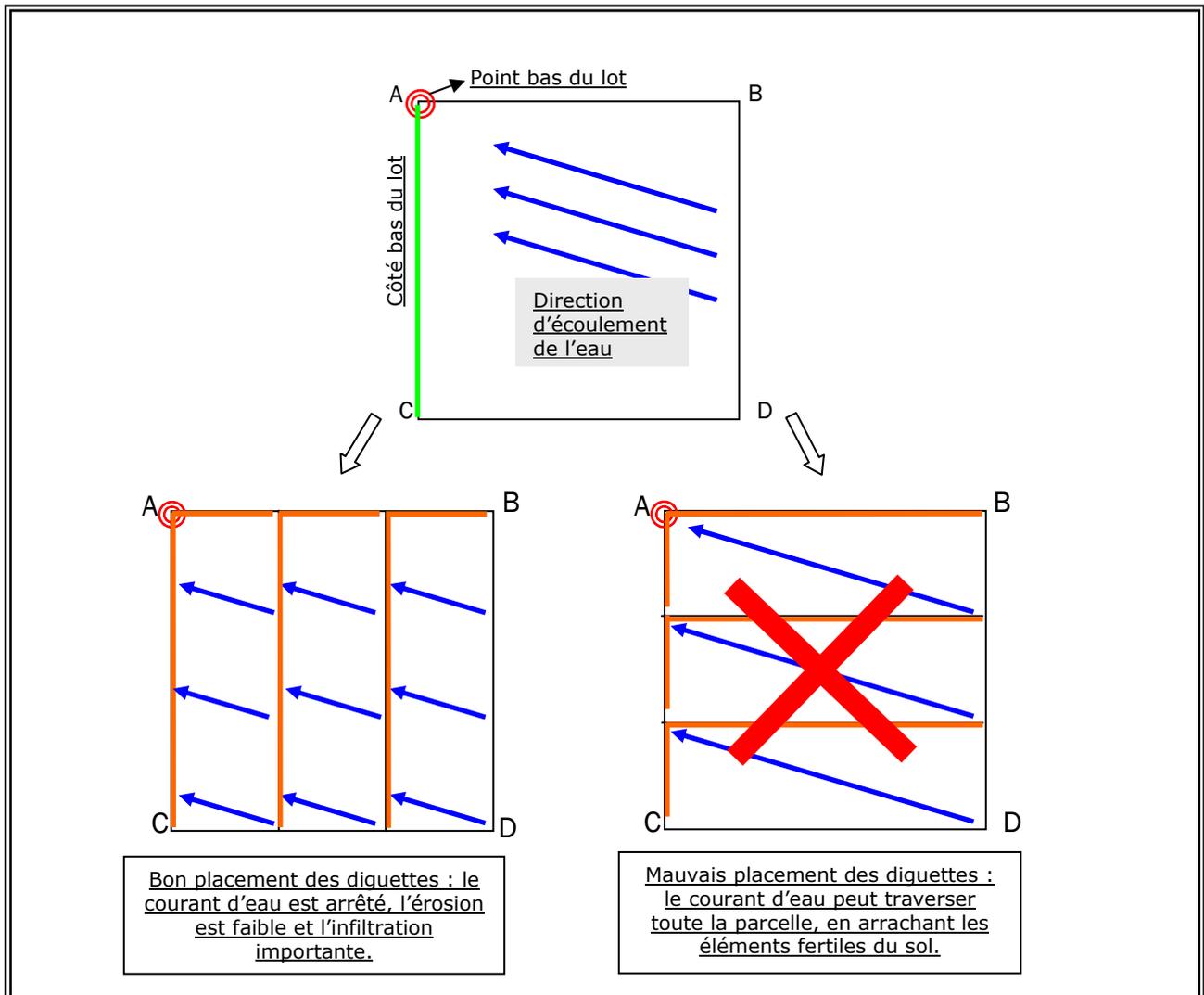


Figure 13 : bon ou mauvais positionnement des diquettes

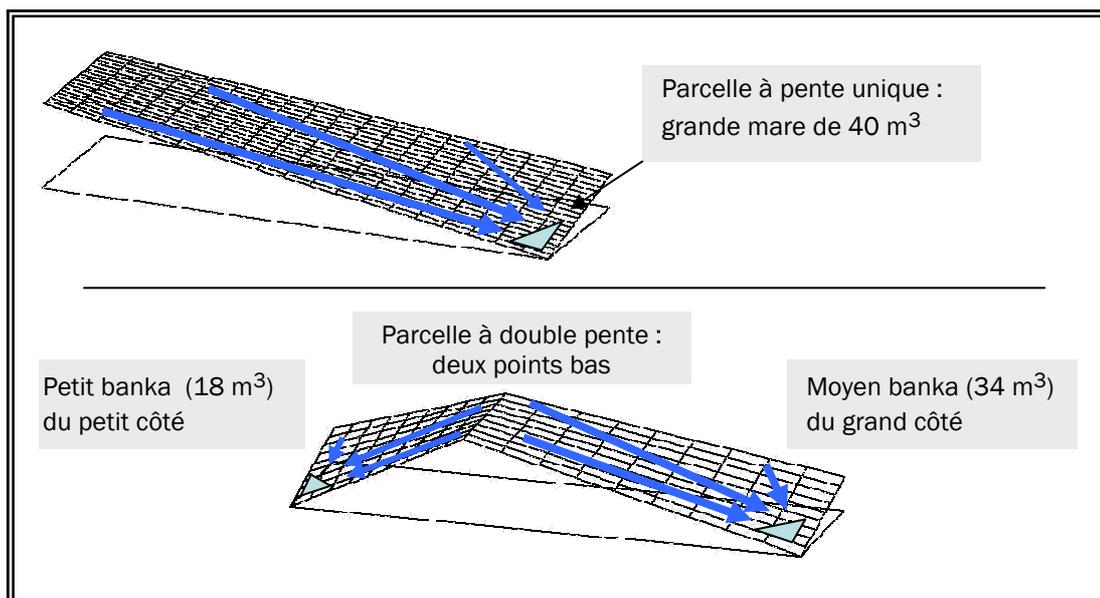


Figure 14 : Trois types de bankas

5. Report sur le plan

Une fois décidés, le positionnement et la taille des mares sont reportés sur le plan détaillant les lots et les parcelles. Ce plan servira lors de l'étape de travaux, on pourra éventuellement y noter le compte-rendu des travaux, afin de faciliter le suivi et le paiement.

Sont notés :

- le numéro du lot,
- son orientation Nord-Sud,
- le ou les points bas du lot,
- les mesures réalisées et leurs résultats,
- le sens de ruissellement supposé pour l'eau,
- l'orientation des parcelles,
- le positionnement et le type de bankas choisis.

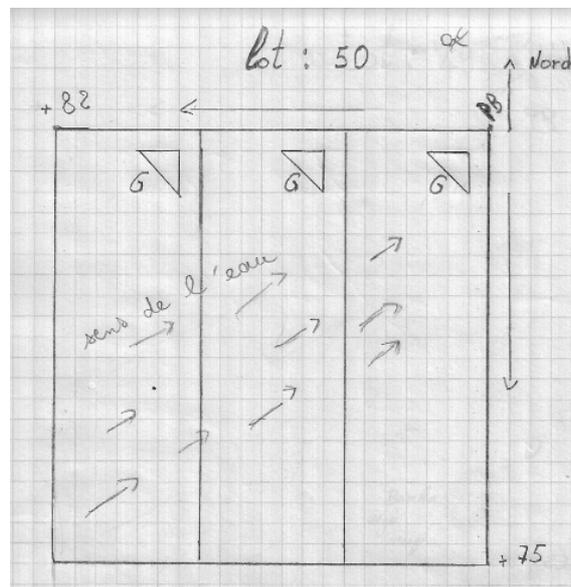


Figure 15 : exemple de plan établi pour un lot

PARTIE 3***** **TRAVAUX D'AMENAGEMENT DU SITE**

Une fois le site délimité et les positionnements des lots et des aménagements déterminés, les travaux de réalisation du périmètre proprement dits peuvent débuter.

L'aménagement intérieur et extérieur du site peuvent être sans aucun problème conduits en parallèle quand la main d'œuvre est suffisante. Dans le cas inverse, ou en cas de retard dans l'avancement, il est préférable de réaliser en priorité les travaux de clôture du site. De même, en cas d'aménagement intérieur étalé sur plusieurs années, les parties amont seront réalisées les premières afin de mieux maîtriser le ruissellement.

Description rapide des travaux

Les travaux sont décrits ici dans leur succession chronologique. Néanmoins, de nombreuses étapes peuvent être menées en parallèle : les trous pour les piquets, les portes, le creusement des bankas...

1. Délimitation et creusement des tranchées extérieures et intérieures

Après avoir si nécessaire défriché leur emplacement, les tranchées marquant le contour du périmètre, des lots et des parcelles sont tracées puis creusées.

La terre extraite des tranchées est déposée de manière à former une diguette en amont.

2. Défrichage du pare-feu

Ce défrichage précoce permet de bénéficier d'un chemin de service pendant les travaux.

3. Creusement des trous pour les piquets de clôture

Au fond des tranchées extérieures (la future haie mixte), des trous sont creusés tous les deux mètres pour permettre l'implantation des piquets de clôture.

4. Mise en place des accès du périmètre

Les différentes portes (portes barrières, portes couchées) sont implantées aux emplacements choisis lors de la conception du périmètre.

5. Pose des piquets de la clôture

6. Pose du grillage

7. Pose du barbelé

Les piquets de clôture sont mis en place dans les trous creusés à cet effet, puis la clôture (grillage et fil barbelé) est fixée aux piquets de clôture et aux portes.

8. Rebouchage de la tranchée extérieure

9. Plantation de la haie

Une fois la tranchée extérieure rebouchée, la haie est plantée en début de saison des pluies.

10. Creusement des mares

Après un éventuel défrichage de la zone d'implantation, l'emplacement des mares est tracé puis elles sont creusées. La terre extraite lors du creusement sert à renforcer la diguette au niveau du point bas de la parcelle.

Au niveau du grand côté de la mare, des emplacements sont marqués pour des trous de plantation d'arbres.

La haie en croissance doit être défrichée et paillée pendant la première année.

11. Implantation des haies intérieures

Les tranchées intérieures, légèrement rebouchées, peuvent être semées ou plantées de manière à former des haies inter-parcelles.

12. Implantation des arbres d'axe des champs

Six arbres de haut fût peuvent être plantés au niveau de l'axe central de chaque parcelle.

Aménagements optionnels

13. Tranchée de déviation des eaux pluviales sauvages

En présence d'un ruissellement trop important en amont.

14. Chemin d'accès du village au périmètre

15. Bulli et parc à bétail

3.1 Délimitation et creusement des tranchées extérieures et intérieures

Matériel :

Jalon de défrichage
 Piquets métalliques (tiges filetées peintes en blanc)
 Corde (25 m minimum, 50 m conseillés)
 Double-décimètre
 Niveau optique
 Cadres 40x30 cm (1 par équipe de creusage)
 Pioches



Se reporter à la fiche « **Le niveau optique** », annexe 4, pour les instructions détaillées quant à son utilisation.

Résumé des étapes pour le creusage d'une tranchée :

- 1) Un défrichage préalable de l'emplacement de la tranchée est éventuellement réalisé.
- 2) A l'aide du niveau optique, un technicien vise avec précision l'axe de la future tranchée.
- 3) Selon ses indications, un deuxième technicien plante ensuite des piquets au niveau de l'axe de la tranchée, tous les vingt pas.
- 4) A 20 cm de part et d'autre de ces piquets centraux, perpendiculairement à l'axe de la tranchée, sont plantés deux piquets de contour qui matérialisent la largeur de la tranchée (40 cm).
- 5) Entre les piquets de contour est tendue une corde qui sert de guide pour le traçage à la pioche de la zone à creuser. On trace également au niveau de chaque paire de piquets une « cale », c'est-à-dire l'emplacement d'une zone non creusée.
- 6) La tranchée est creusée en suivant le tracé sur le sol.

1. Défrichage préalable

Dans le cas où l'implantation des bornages et la suite des travaux sont séparés dans le temps, il pourra être nécessaire de procéder à un nouveau défrichage. En se plaçant au niveau d'un bornage, on installe au niveau du bornage suivant un poteau bien visible (jalon de grande taille, de couleur vive, comme sur la photo 5) qui permettra sa visée à travers la végétation. On défriche ensuite en suivant ce cap une bande de 2,5m de part et d'autre des limites de parcelles. Ni la largeur de la bande défrichée ni la direction ne demandant une précision particulière, aucune mesure n'est à effectuer pour ce tracé.



Photo 5 : exemple de piquet utilisé pour le

2. Visée de l'axe de la tranchée

2.1 Installation du niveau optique

On place le niveau à une extrémité de la ligne à tracer, au niveau d'un bornage. On installe le trépied du viseur de manière à centrer un fil à plomb déroulé sous l'appareil sur le trou central du bornage (photo 6).



Photo 6 : le fil à plomb est aligné sur le trou central du bornage



Photo 7 : mise à niveau du viseur

Le niveau de l'appareil est ensuite réalisé au moyen du niveau à bulle intégré à l'appareil (photo 7).

2.2 Visée

Une fois le viseur mis en place, on plante un piquet dans le bornage situé à l'autre extrémité de la ligne à tracer. On vise en alignant la croix de visée sur le piquet (figure 16 a et b : le piquet à viser est ici représenté en rouge).

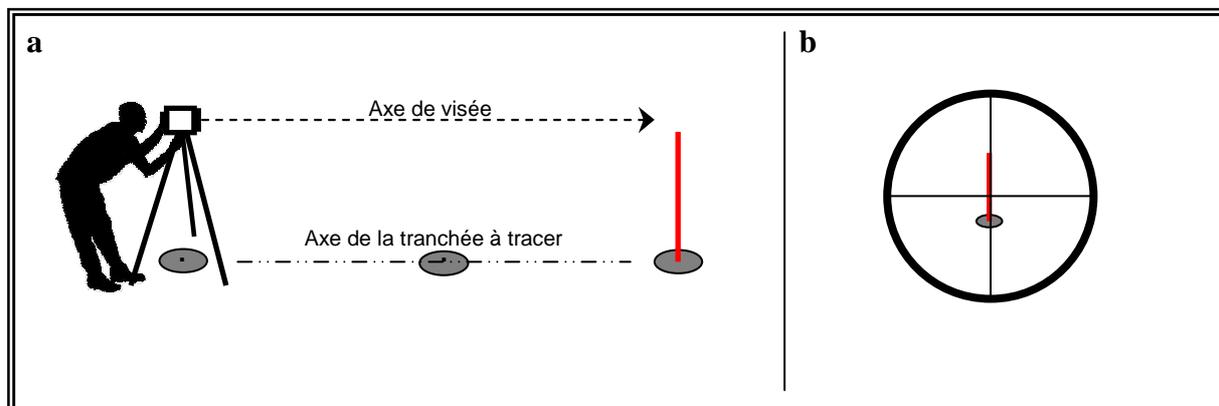


Figure 16 : alignement de l'axe de visée

Attention : une fois pris, l'alignement du viseur sur le piquet doit être soigneusement conservé pendant toute l'opération de visée.

3. Piquetage de l'axe de la tranchée

En partant du piquet planté dans la borne la plus éloignée et en se rapprochant progressivement du viseur jumelle, le technicien piqueteur compte 20 m environ (20 grands pas), puis il plante un piquet sur l'axe de la tranchée (figure 17).

Pour s'assurer du bon alignement du piquet sur l'axe, le technicien piqueteur suit les instructions du technicien viseur (qui vérifie l'alignement au niveau puis indique les corrections à effectuer par des mouvements des bras) (Photo 8).



Photo 8 : le technicien viseur indique le décalage à effectuer

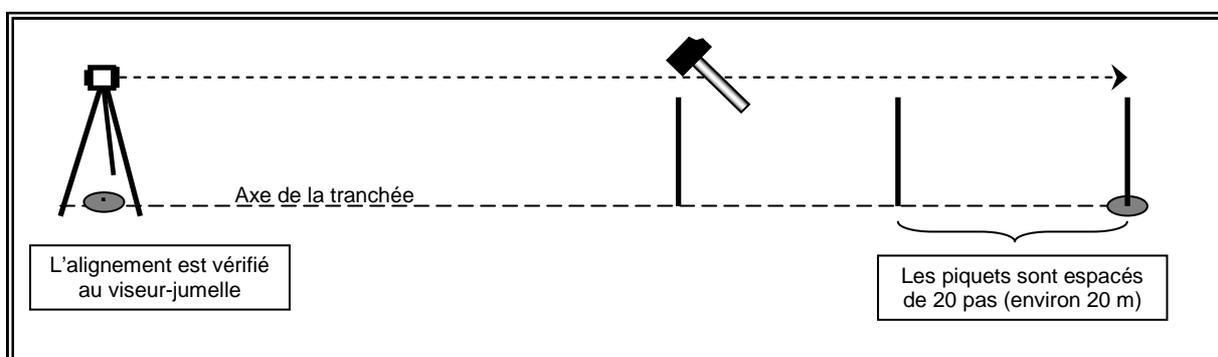


Figure 17 : piquetage de l'axe de la tranchée

4. Piquetage de la largeur de la tranchée

Chaque piquet planté au centre de la tranchée est entouré de deux piquets plantés perpendiculairement à l'axe de la tranchée, à 20 cm du piquet central (photo 9). Les piquets centraux sont retirés au fur et à mesure de la progression, ils peuvent être ensuite utilisés comme piquets de contour.



Photo 9 : piquetage de la largeur de la tranchée

Au niveau des coins de la haie mixte : les coins coupés

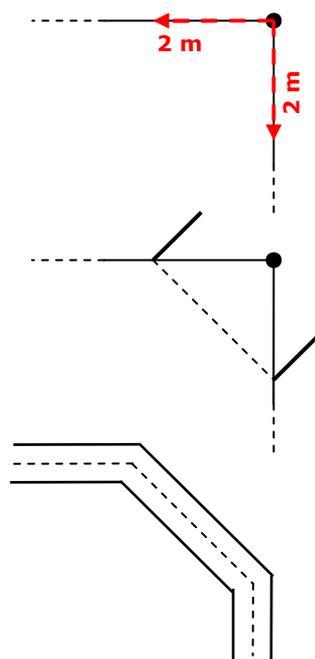
Les coins de la haie mixte, à cause de la présence du grillage, sont soumis à une forte tension et par conséquent fragilisés.

Par ailleurs, en cas d'utilisation en jachère pâturée, le bétail a tendance à venir se « bloquer » dans les coins et à forcer alors le passage à travers la haie.

Une solution pour éviter ce phénomène et renforcer les coins est de créer des « coins coupés » : le grillage forme une courbe, la force de tension est répartie sur plusieurs piquets.

Pour réaliser un coin coupé :

- **1.** En se plaçant au niveau d'un coin tracé, on vient mesurer 2 m de part et d'autre du coin.
- **2.** On plante à ces emplacements deux piquets, entre lesquels on trace le coin coupé.
- **3.** On trace ensuite le contour de la tranchée comme précédemment.
- Pour l'emplacement des piquets dans le coin coupé, voir le « **3. Creusage des trous pour les piquets de clôture** ».



Dans le cas d'un coin coupé réalisé au niveau d'un coin dont l'angle est inférieur à 90° (angle aigu), on plantera les piquets de l'étape 1 à 2,5 m du coin.

Dans le cas inverse d'un coin coupé réalisé pour un angle supérieur à 90° (angle obtus), on plantera les piquets à 1 m du coin seulement.

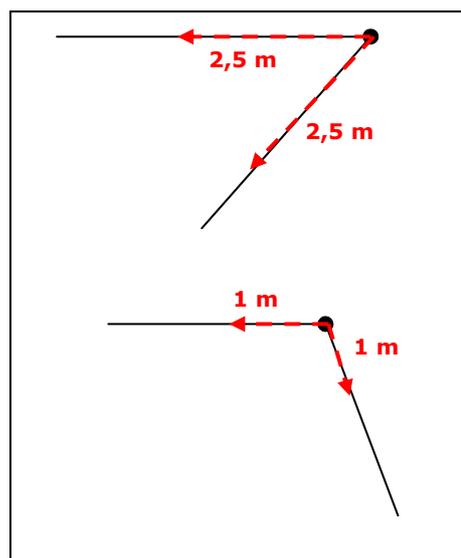
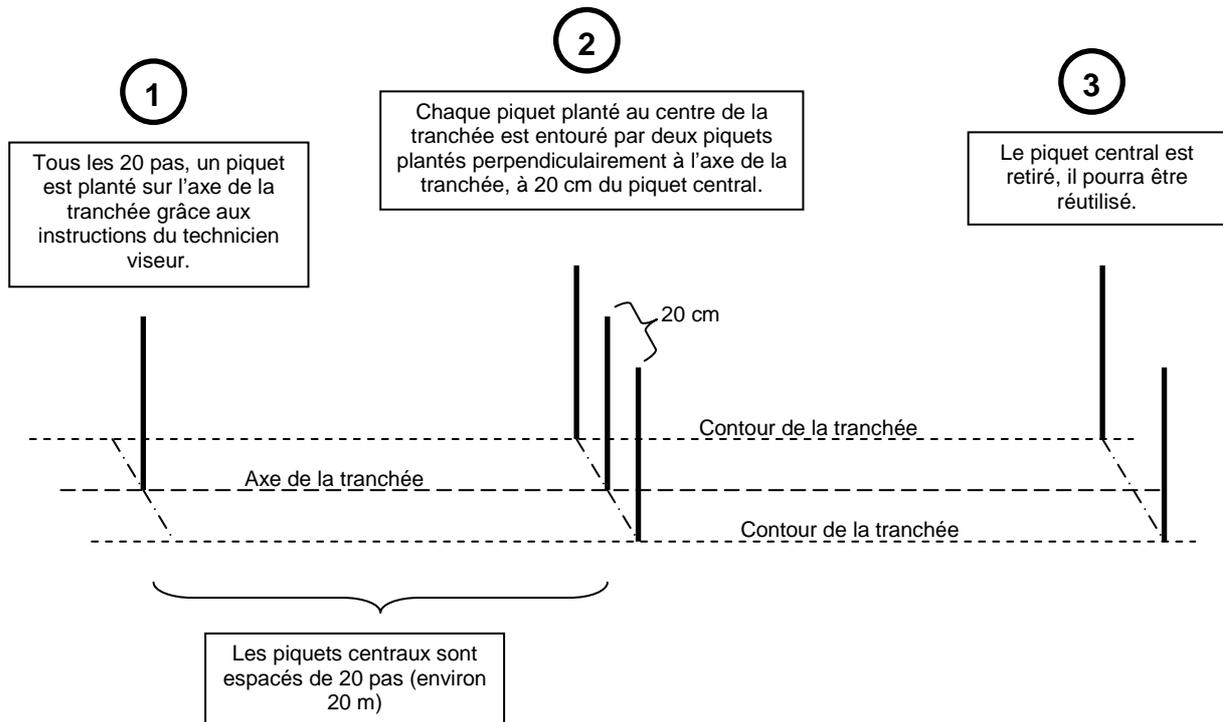


Schéma récapitulatif du piquetage de la tranchée



5. Traçage du contour de la tranchée et des « cales »

Entre les piquets de contour est tendue une corde, qui sert de guide pour tracer à la pioche un sillon de quelques centimètres marquant la limite de la tranchée. (\varnothing corde 5 à 10 mm : assez lourde pour servir de guide, sans arracher les piquets).



Photo 10 : mise en place de la corde



Photo 11 : marquage d'une cale

Marquage des cales

Au niveau de chaque paire de piquets (donc tous les 20 pas environ), on marque l'emplacement d'une cale, c'est-à-dire un espace de 25 cm qui ne sera pas creusé. Cette cale servira ensuite à retenir l'eau s'écoulant dans la tranchée afin qu'elle s'infilte sur place plutôt que de ruisseler.



Photo 12 : aspect d'une cale une fois la tranchée creusée

6. Creusement de la tranchée



Photo 13 : exemple de gabarit

Les sillons tracés à la pioche servent de guides pour creuser la tranchée : sa largeur sera de 40 cm, sa profondeur de 30 cm. La largeur et la profondeur sont contrôlées à l'aide de cadres en bois pré-dimensionnés (gabarits). Le travail sera légèrement différent selon qu'il s'agisse de la tranchée extérieure (pour la plantation de la haie mixte) ou d'une tranchée intérieure (pour la réalisation des diguettes).

Cas de la tranchée de la haie mixte (tranchée extérieure)

La terre extraite de la tranchée lors de son creusement sera séparée en deux tas : les premiers centimètres de bonne terre (15-20 cm environ) seront posés côté extérieur, la terre rouge et moins fertile en profondeur sera placée côté intérieur (photo 14).

Lors du rebouchage, la terre gris-brun de la surface sera placée **au fond** de la tranchée, pour aider la croissance des jeunes plants en apportant des éléments fertilisants en profondeur.



Photo 14 : la terre fertile de surface a été placée à droite, la latérite rouge à gauche

Emplacements des portes

Au niveau de l'emplacement des futures portes, la tranchée ne doit pas être creusée, sur une largeur excédant de 1 mètre la largeur prévue pour la porte.

Cas d'une tranchée intérieure, entre deux parcelles ou le long d'un chemin interne : construction d'une diguette

La terre extraite de la tranchée est déposée sur un seul côté de manière à former une diguette, qui permettra de retenir les eaux de ruissellement (le positionnement des diguettes doit avoir été déterminé à l'étape **2.2.3**). De manière générale cette diguette est positionnée en amont de la tranchée.

Dans le cas d'une tranchée bordant un chemin intérieur du périmètre, la terre extraite de la tranchée est systématiquement déposée côté parcelle (pas côté route). A l'entrée de chaque parcelle, un espace de 5 mètres n'est pas creusé, de manière à laisser un passage aux engins agricoles (charrette, tracteur,...) (photo 15).



Photo 15 : passage pour les engins en bordure de parcelle

3.2 Défrichage du pare-feu

Le pare-feu est une bande sans végétation de 15 m de large (mesurés à partir du centre de la tranchée) qui a pour fonction de couper la progression des feux de brousse, en les empêchant d'atteindre le périmètre bocager. Pour demeurer efficace, le pare-feu doit être régulièrement défriché (cf. Partie 4 : Entretien du périmètre).

Son défrichage à ce moment du chantier fournit par ailleurs un chemin de service permettant aux engins de circuler facilement autour du périmètre : pour l'apport de fournitures (piquets, grillage...) ou l'arrosage des plants par exemple.

3.3 Creusage des trous pour les piquets de la clôture

Pour permettre la mise en place des piquets de la clôture, on creuse des trous tous les 2m dans la tranchée de la clôture extérieure.

Matériel

- Double-mètre,
- Instruments de creusement de type barres à mine et pot pour vider la terre,
- Gabarit pour les trous (par exemple un morceau de tuyau, comme celui de la photo 16).



Photo 16 : gabarit pour les trous de piquets

Procédure

Les trous creusés pour les piquets de clôture auront **15 cm de diamètre** et **30 cm de profondeur**. La distance entre les centres des trous doit être de **2 m**, et les trous sont décalés vers l'intérieur du périmètre de telle façon que leurs bords s'alignent sur l'axe de la tranchée. La figure 18 montre la position et la dimension des trous dans la tranchée : en regardant la tranchée par le dessus **(a)**, ou par le côté **(b)**.

Avant le creusement, le centre des trous est marqué à la pioche au fond de la tranchée, pour indiquer les emplacements aux équipes de creusement (photo 17).



Photo 17 : marquage des centres des trous dans la tranchée

Pour vérifier les mesures des trous, un gabarit est fourni à chaque contractuel : le trou est correct lorsque le diamètre y rentre entièrement.

La terre extraite des trous est laissée dans la tranchée (photo 18).

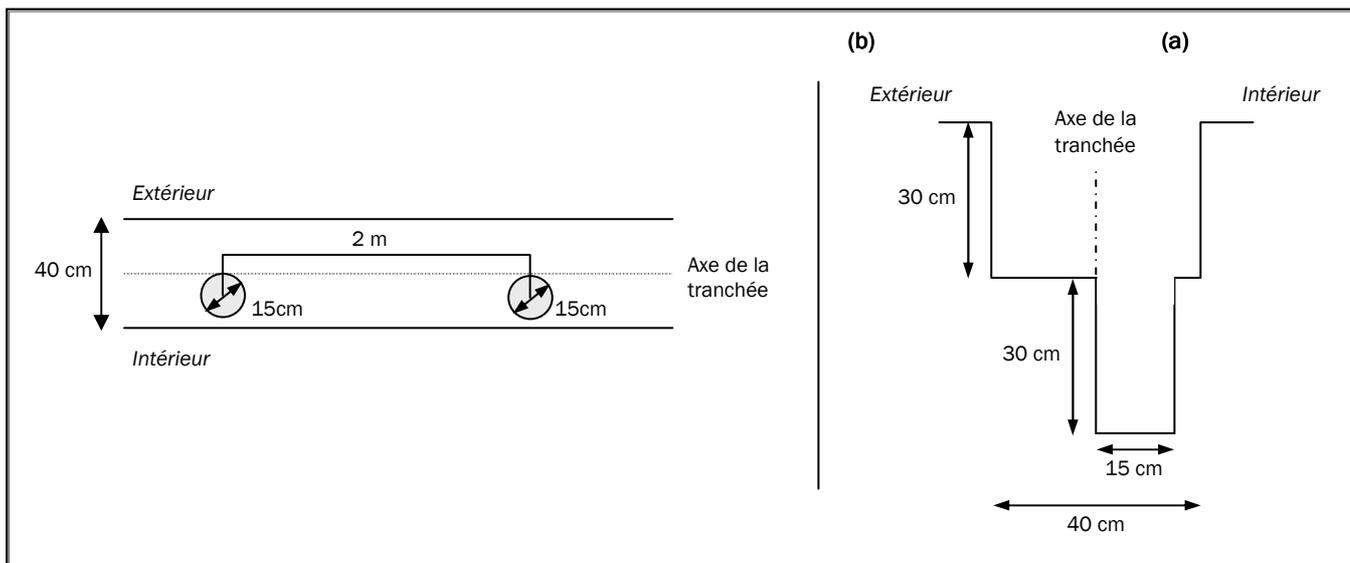


Figure 18 : disposition des trous dans la tranchée

La figure 19 montre la disposition des piquets au niveau des coins coupés afin de garantir une bonne tension au grillage :

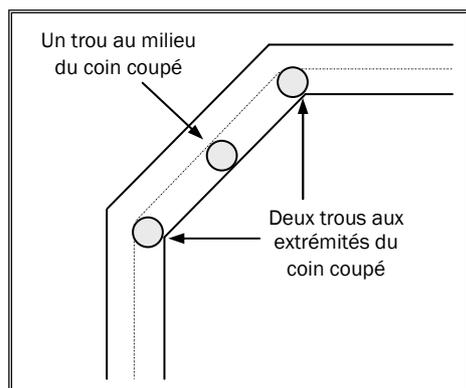


Figure 19 : le coin coupé



Photo 18 : creusage des trous de la tranchée

3.4 Mise en place des accès du périmètre

Pour les périmètres sont réalisés deux types d'accès :

- des portes couchées, empêchant le passage des animaux, mais libre aux piétons et aux cyclistes.
- des barrières pivotantes (ou « portes barrières ») pour permettre le passage d'engins (tracteur, charrette) ou de troupeaux.

Les accès sont placés en continuité avec le grillage de la haie mixte, qui vient se fixer dessus. Leur mise en place doit donc s'effectuer avant la pose du grillage.

Les accès sont généralement placés aux centres des côtés du périmètre. Si besoin est, une porte barrière et une porte couchée peuvent bien sûr être placées côte à côte au débouché d'un même chemin. En général, une ou deux portes barrières, placées centralement (aux débouchés des grands chemins, en direction du village, par exemple) seront suffisantes. Les portes couchées peuvent être plus nombreuses (une à chaque côté ou presque).

Le type et l'emplacement des portes doivent avoir été précisément déterminés avec les bénéficiaires du périmètre bocager. Elles ne doivent pas être trop nombreuses, car elles entraînent un surplus de coût ; mais elles doivent être en nombre suffisant pour permettre un accès facile à toutes les parcelles, afin d'éviter que les gens n'empruntent des « raccourcis » en passant au-dessus du grillage, détériorant la haie.

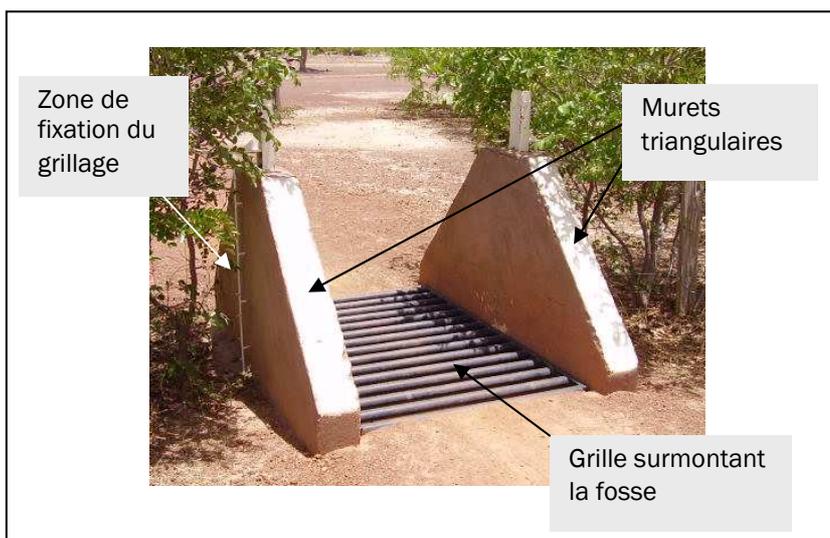
*Les plans des portes barrières ou couchées, ainsi que les instructions détaillant leur construction, sont présentés en **annexes 5 et 6**.*

Les portes couchées

Une porte couchée n'est pas une « porte » à proprement parler. Il s'agit d'un accès ouvert en permanence, infranchissable par les animaux.

Elle se compose d'une fosse recouverte par une grille aux barreaux cylindriques : les animaux ne peuvent ou n'osent pas la franchir, alors qu'elle permet le passage des piétons et des cyclistes.

Les murets triangulaires sur les côtés empêchent les petits animaux (chèvres surtout) de se glisser sur le côté en « enjambant » la porte.



Les « portes barrières »

Ce sont des barrières pivotantes métalliques destinées au passage d'animaux ou d'engins, maintenues en temps normal fermées par un cadenas.

Après ouverture, il faut veiller à bien les refermer pour éviter l'entrée d'animaux en divagation.



Photo 19 : exemple de porte barrière

Lors du dimensionnement et du placement de la porte, il faut veiller à ne pas permettre le passage des animaux en plusieurs points :

- L'écartement des barreaux horizontaux de la porte ne doit pas permettre le passage d'animaux.
- La porte doit être suffisamment haute pour empêcher son franchissement par le haut.
- Le bas de la porte doit être suffisamment proche du sol (10cm maximum) pour que de petits animaux ne puissent s'y glisser.
- Cependant, si la porte est placée en aval du périmètre, la barrière sera placée à 20 cm du sol. Un rehaussement (diguette en terre de 10 cm) sera ensuite réalisé au pied de porte, qui permettra de retenir l'eau de ruissellement (figure 20 a et b).

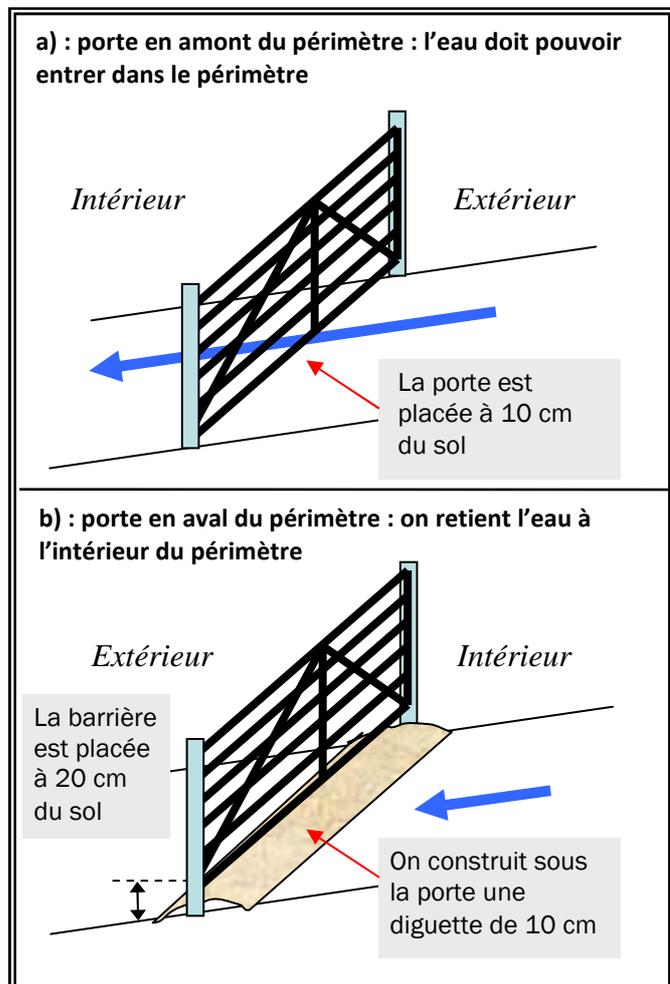


Figure 20 : hauteur de la porte en fonction du ruissellement

Pour des raisons de sécurité, la porte doit toujours ouvrir vers l'intérieur.

3.5 Pose des piquets de la clôture

Description générale

Les piquets de bois qui soutiendront le grillage sont fixés dans les trous par un mélange de terre et d'eau.

Matériel :

- Piquets en bois de 1,80 m de long et environ 13 cm de diamètre. Les piquets en teck sont bien adaptés pour les clôtures (résistants aux termites).
- Pelle
- Barre à mine ou long bâton en bois.
- Eau

Procédure

- On pose les piquets au fond des trous, en plaçant la face la plus lisse vers l'extérieur du périmètre : le grillage sera accroché sur ce côté.
- Si le piquet possède une extrémité plus large qu'une autre, on la place au fond du trou, pour que la fixation dans le sol soit plus solide.
- On place les plus gros piquets au niveau des coins coupés.
- A l'aide d'une pelle, une personne remplit presque entièrement les trous avec la terre qui avait été laissée dans la tranchée lors du creusage des trous. Une autre personne maintient le piquet droit pour bien répartir la terre tout autour du piquet et le placer bien au centre du trou.
- On ajoute de l'eau dans les trous et on tasse le mélange avec une barre à mine ou un long bâton solide pour faire colmater la terre et l'eau (photo 20).
- On vérifie enfin le bon alignement des piquets, que l'on replace si nécessaire (photo 21).



Photo 20 : tassage de la terre



Photo 21 : alignement

En un ou deux jours, le mélange a durci et les piquets sont solidement ancrés dans la tranchée.

3.6 Pose du grillage

Le grillage utilisé est un grillage en fer à large maille mesurant 1m de haut, présenté en rouleaux de 50m.

Il possède des écartements horizontaux asymétrique : le côté aux petits écartements horizontaux se place en bas, de manière à empêcher le passage des petits animaux. Le grillage doit par ailleurs

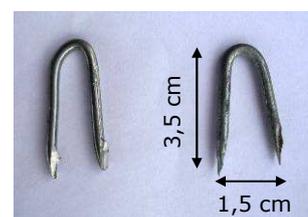


Photo 22 : crampillons

être placé légèrement enfoncé dans le sol (5 cm environ), afin que les animaux ne puissent passer en dessous en le soulevant.

Il est fixé sur les poteaux de bois à l'aide de crampillons en fer (photo 22).

Matériel :

- Grillage de 1m de haut
- Piquet métallique
- Crampillons métalliques
- Marteau
- Tenaille

Procédure

La pose du grillage doit débuter au niveau d'une porte. Le grillage est positionné de sorte que le bas soit à 5-10 cm en dessous de la surface du sol, dans la tranchée. Pour faciliter la mesure, on place un piquet de fer sur le sol, juste sous le deuxième fil de grillage en partant du bas (photo23).

La photo 24 et la figure 21 illustrent la pose des crampillons : une personne maintient le piquet droit, une tend le grillage, la 3^{ème} plante le crampillon. Les crampillons doivent être fixés depuis le bas vers le haut, en tendant le grillage à chaque fixation.



Photo 23 : piquet guidant la pose du grillage

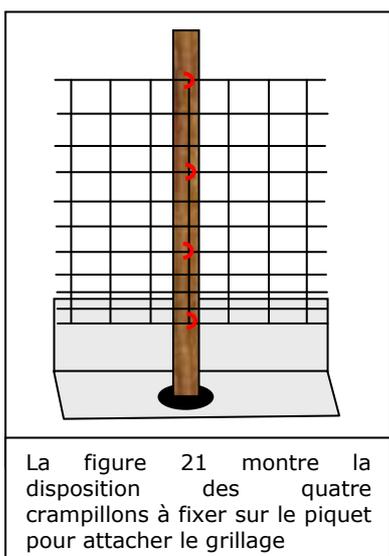


Photo 24 : pose des crampillons

Raccord de grillage

Entre deux rouleaux il est nécessaire de réaliser un raccord attachant fermement entre elles les deux extrémités de grillage.

Sur la figure 22 ci-dessous, on a artificiellement représenté la fin du rouleau déjà posé en rouge, et le début du nouveau en vert, afin de pouvoir facilement les différencier.

On a par ailleurs par commodité représenté la succession des étapes sur le même schéma, alors qu'elles doivent bien sûr être successivement effectuées sur l'ensemble du grillage.

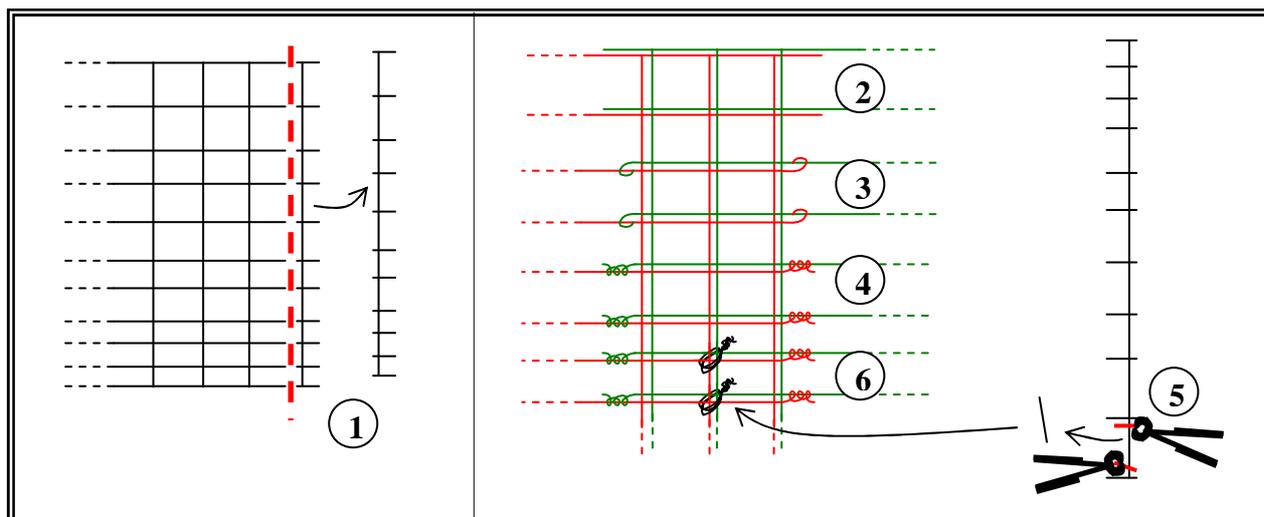


Figure 22 : raccord de grillage

Dans le cas d'un raccord de grillage :

1. On commence par couper les extrémités des deux rouleaux (ci-dessus à gauche), afin d'obtenir au bout du grillage une longueur d'attache assez longue.
2. On vient ensuite faire se recouvrir les extrémités des rouleaux d'une largeur de trois tiges verticales.
3. Les tiges aux extrémités sont recourbées...
4. ...et entortillées en spirale pour assurer une bonne tenue des deux rouleaux.
5. Dans les chutes obtenues à l'étape 1, on coupe des morceaux...
6. ...qui viendront attacher les deux rouleaux au niveau du recouvrement central.



Photo 25 : réalisation d'un raccord de grillage

3.7 Pose du barbelé

Le fil barbelé est ensuite fixé sur le piquet par un crampillon, à environ 7 cm au dessus du grillage. Il est attaché au grillage à l'aide d'un morceau de fil galvanisé d'environ 10 cm. Au point central entre deux piquets, le fil galvanisé est enroulé autour du fil barbelé et du fil supérieur du grillage serrés entre eux, puis le serrage s'effectue en l'entortillant à l'aide d'une tenaille.

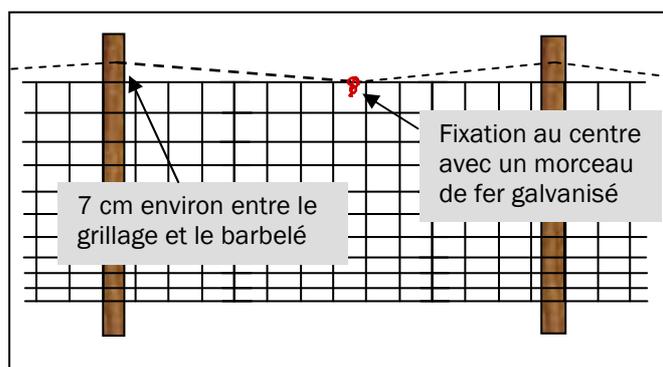


Figure 23 : fixation grillage/barbelé



Photo 26 : fixation grillage/barbelé

3.8 Rebouchage de la tranchée

Une fois la pose du grillage achevée, on peut débuter le rebouchage de la tranchée, en prenant soin de placer au fond de la tranchée la terre fertile grise qui a précédemment été mise sur le côté (photo 27). La tranchée ne doit pas être rebouchée intégralement: on laisse un creux de 5 cm sous le niveau du sol, qui permettra la concentration et l'infiltration de l'eau.



Photo 27 : rebouchage de la tranchée

3.9 Plantation de la haie

Celle-ci s'effectue en début de saison des pluies, après la première pluie importante (ayant suffisamment mouillée la terre). Les jeunes plants sont ensuite arrosés régulièrement jusqu'à la « grosse pluie » suivante, puis on les laisse se développer seuls.

L'essence majoritairement utilisée pour la haie mixte est le **kombrissaka** (*Cassia siberiana*), qui est une espèce locale à pousse relativement rapide, peu exigeante du point de vue du sol ou de l'humidité et surtout peu appétée par le bétail.

D'autres espèces peuvent bien sûr être utilisées, en accompagnement ou en remplacement, lorsque *C.siberiana* ne parvient pas à s'implanter (sol inadapté par exemple). Il s'agit notamment du **râdega** (*Combretum micranthum*), utilisé sur les terrains sableux où *C.siberiana* pousse mal, ou de l'**Ebénier de l'Ouest Africain** (*Diospyros mespiliformis*), **ganka** en mooré, robuste mais à croissance lente, et donc semé après la plantation des essences plus rapides.

Les jeunes plants sont placés alternativement de chaque côté du grillage, avec un écartement entre deux plants successifs d'environ 80 cm, soit cinq à six arbres plantés entre deux piquets comme indiqué sur la figure 24.

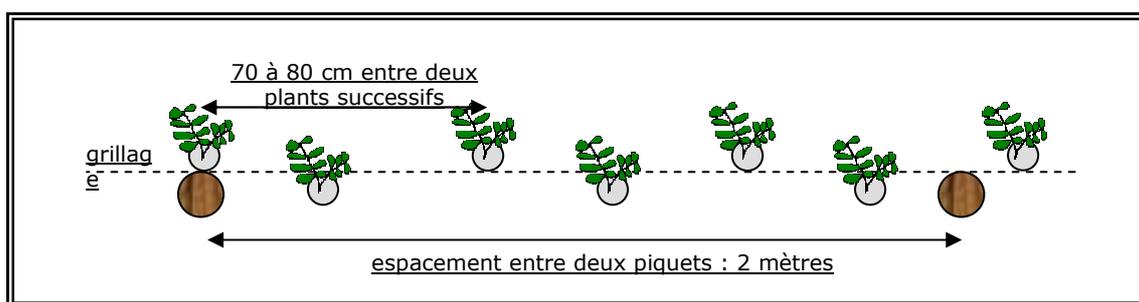


Figure 24 : espacement des plants de la haie

Les plants utilisés pour la plantation de la haie sont des plants de l'année, plantés entre le mois de novembre et le mois d'avril.

Entretien de la haie après la plantation (la première année)

Outre un arrosage durant la période suivant leur plantation, les jeunes plants de la haie nécessitent un désherbage dans le mois d'août, afin que la pousse des graminées n'étouffe pas les arbustes.

3.10 Creusement des mares de bas de champ

Description d'une mare

Les mares ont la forme d'un triangle rectangle auquel on a ajouté une « descente » (figure 25a), c'est-à-dire une pente douce permettant d'accéder facilement à l'eau, qui évite également que les animaux sauvages tombés dans la mare ne s'y noient et souillent l'eau.

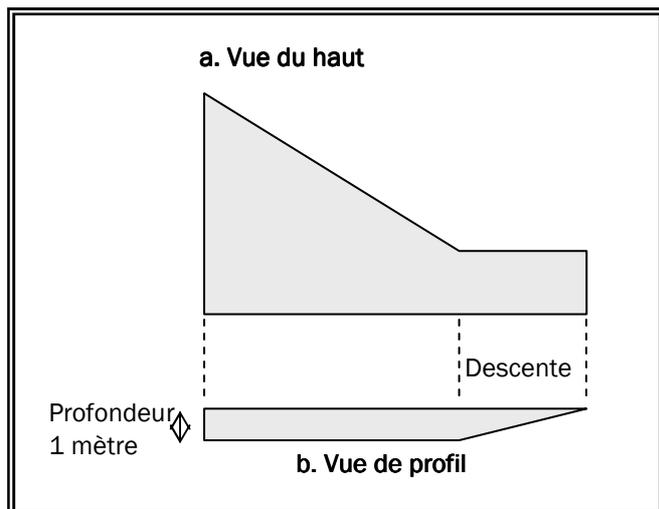


Figure 25 : forme de la mare

Leur profondeur générale est de 1m, la descente remontant de façon régulière jusqu'au niveau du sol (figure 25b).

La mare est placée dans un des coins de la parcelle, à trois mètres de la limite de la parcelle (c'est-à-dire à trois mètres du centre de la tranchée).

La descente est toujours placée sur la largeur de la parcelle (côté de 50m).

Les arbres de bordure

Entre la mare et le champ est plantée une rangée d'arbres : ceux-ci auront une fonction de protection en signalant le trou aux tracteurs, et fournissent également des aménités complémentaires au paysan : bois, fruits...

Matériel par étapes

Traçage des bankas

- Piquets métalliques, 10
- Mètres ruban (au moins 20m), 2
- Marteau

Marquage des emplacements des arbres

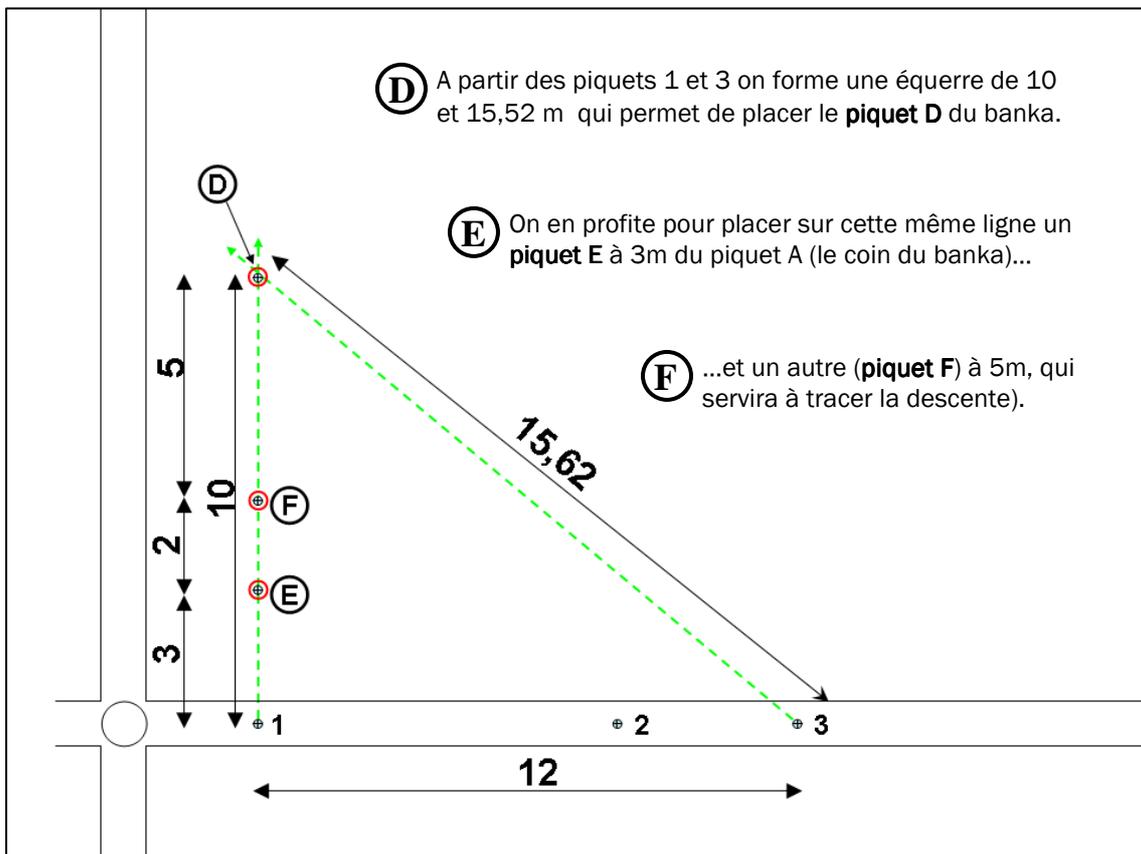
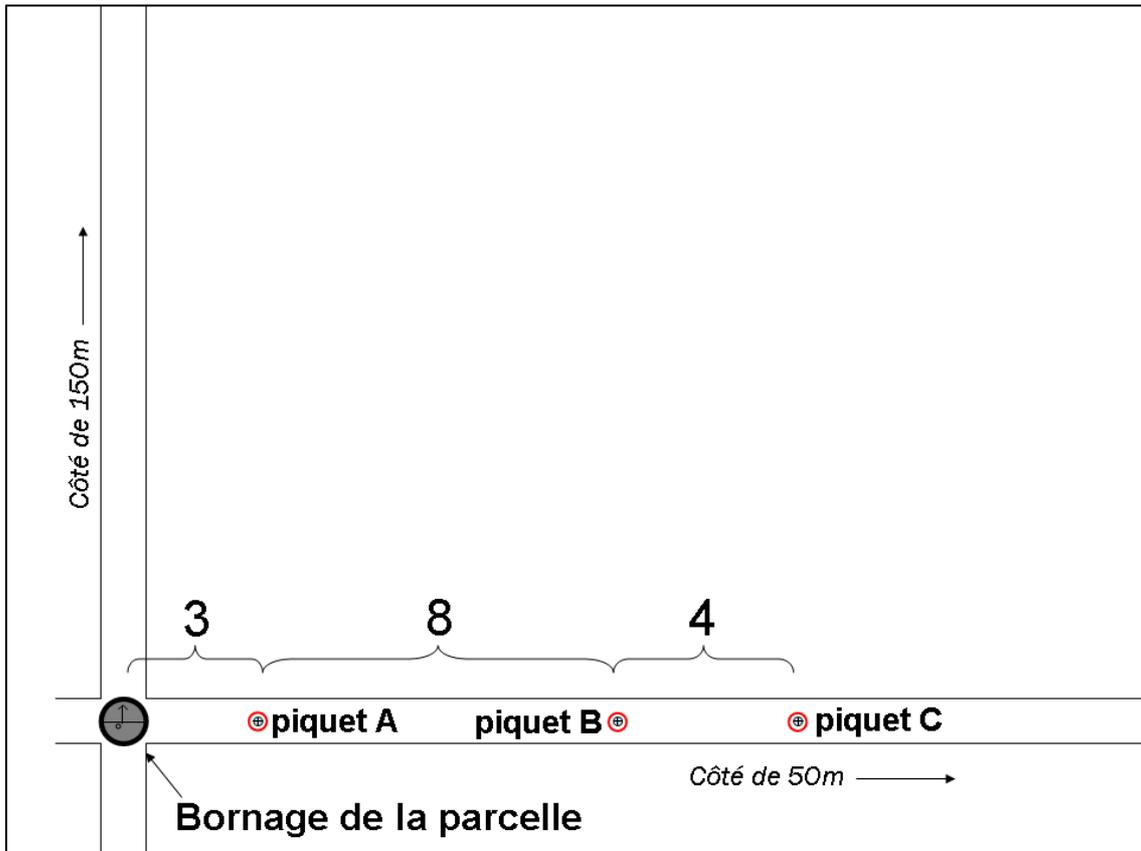
- Piquets métalliques, 7, 6 ou 5 selon la taille du banka
- Mètre ruban (au moins 20m), 1
- Compas-corde de 25 cm, 1

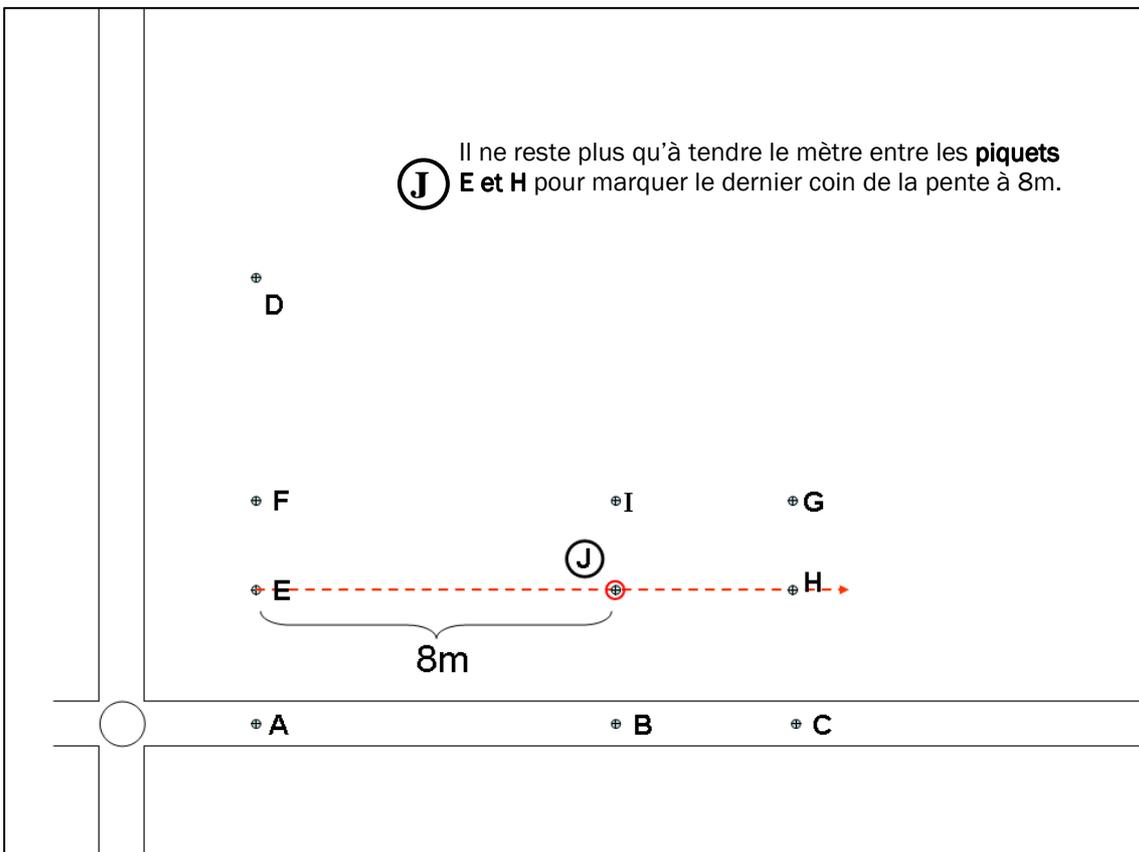
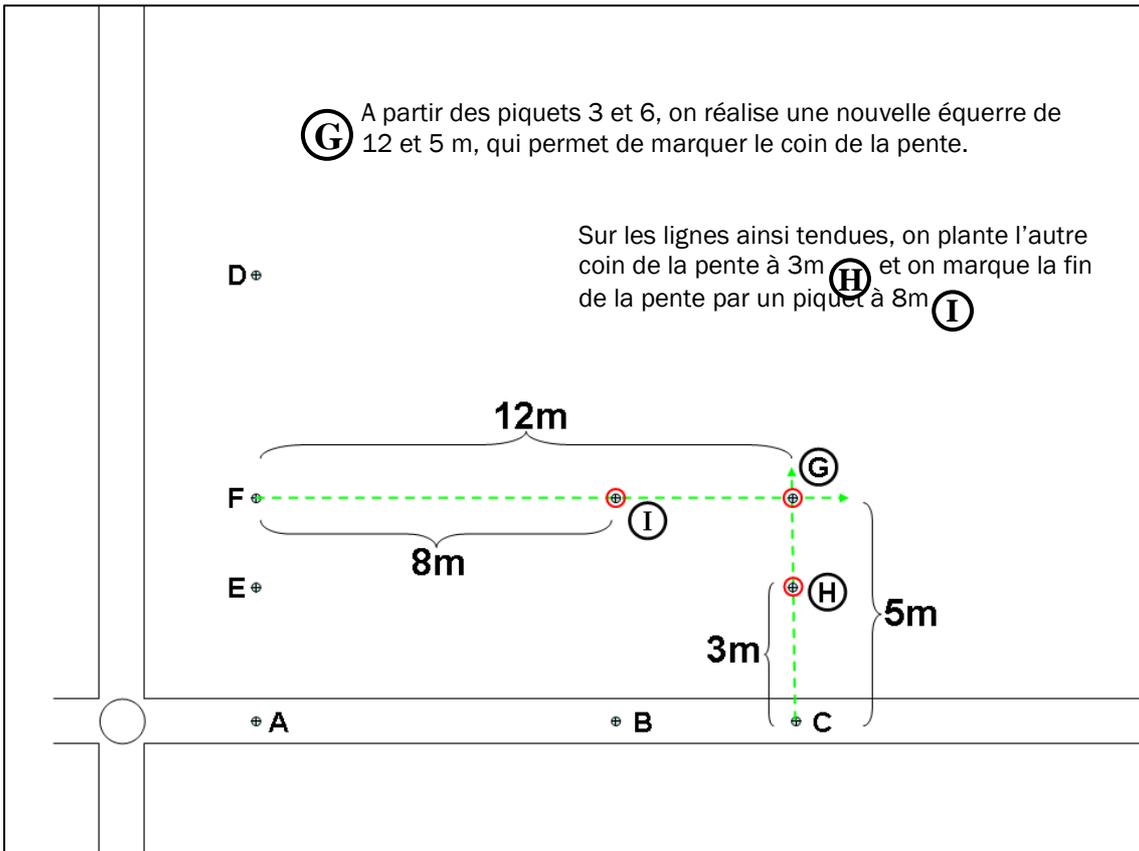
Creusage de la mare et des trous pour les arbres

- Pioches
- Récipients pour vider la terre

Traçage du banka : description pour un grand banka

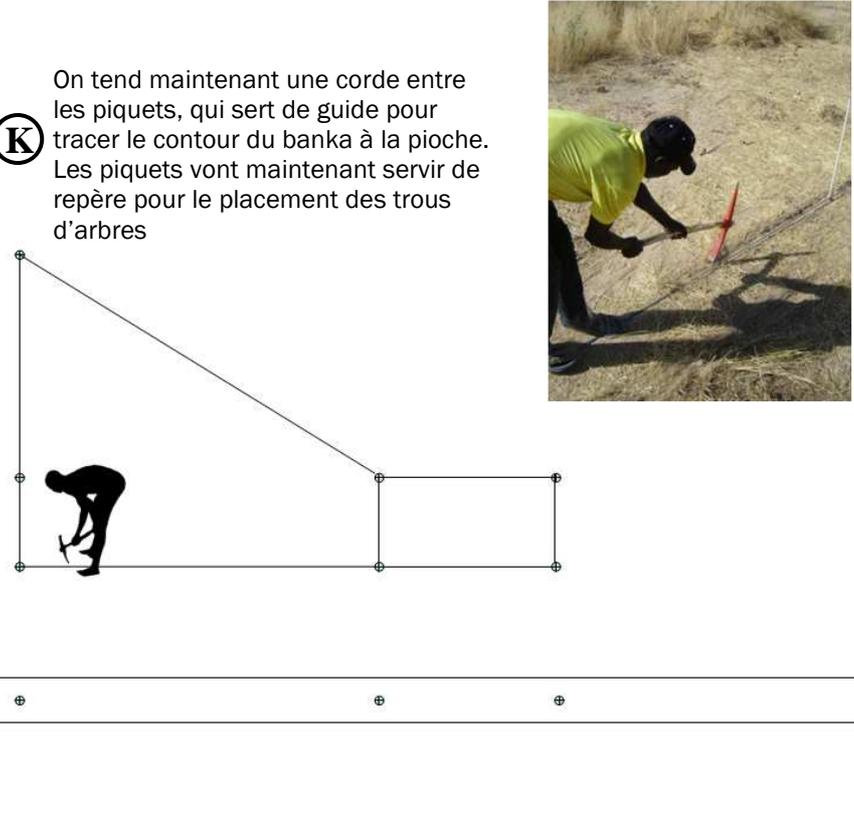
Dans ce chapitre est décrit uniquement la réalisation d'un grand banka (40 m³). Pour des bankas petits ou moyens, la procédure est la même en modifiant simplement les dimensions, indiquées sur les plans page 46 (figure 26 a, b et c).





On tend maintenant une corde entre les piquets, qui sert de guide pour tracer le contour du banka à la pioche. Les piquets vont maintenant servir de repère pour le placement des trous d'arbres

K

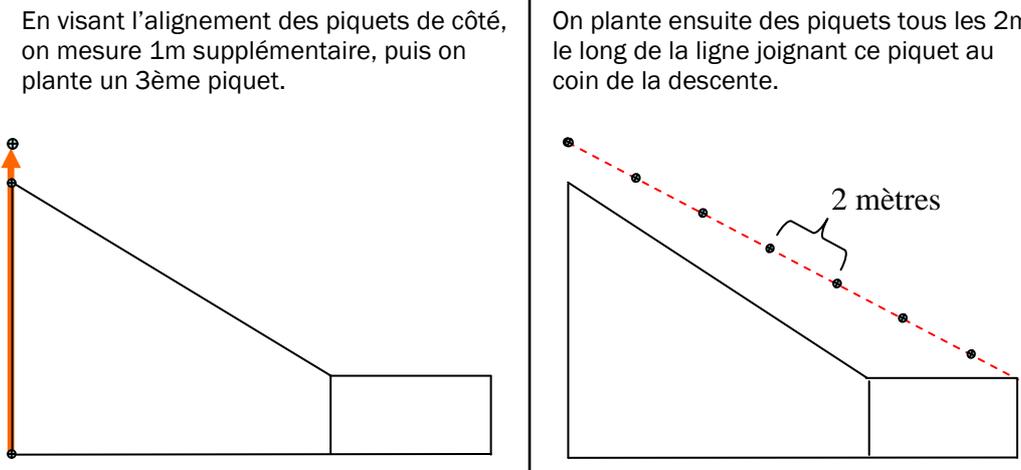


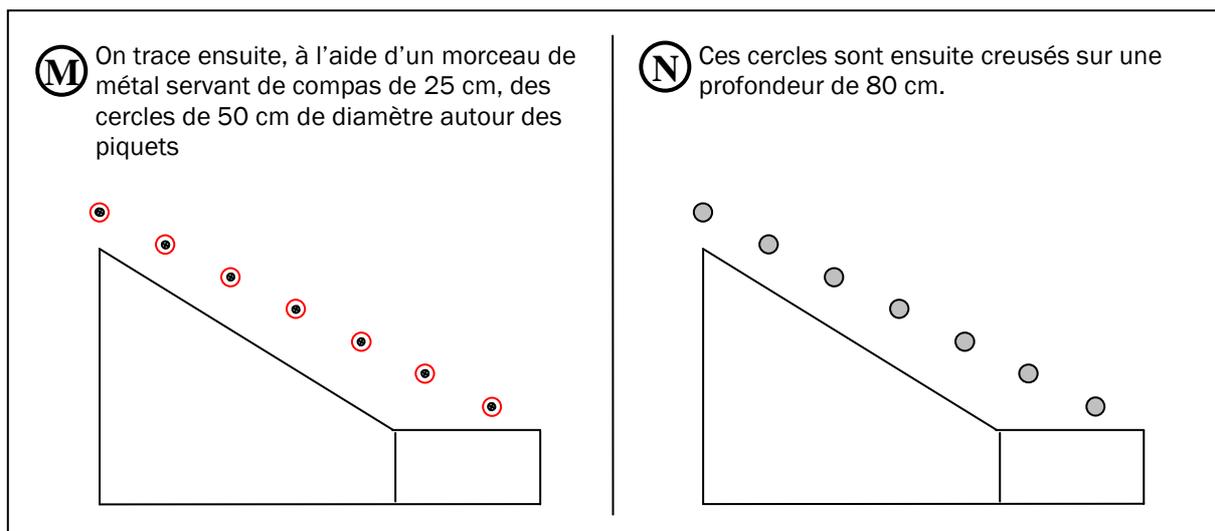
On commence par marquer les centres des trous : ceux-ci sont alignés sur une ligne joignant le coin de la descente à un point situé à 1m du côté opposé du banka :

L

En visant l'alignement des piquets de côté, on mesure 1m supplémentaire, puis on plante un 3ème piquet.

On plante ensuite des piquets tous les 2m le long de la ligne joignant ce piquet au coin de la descente.

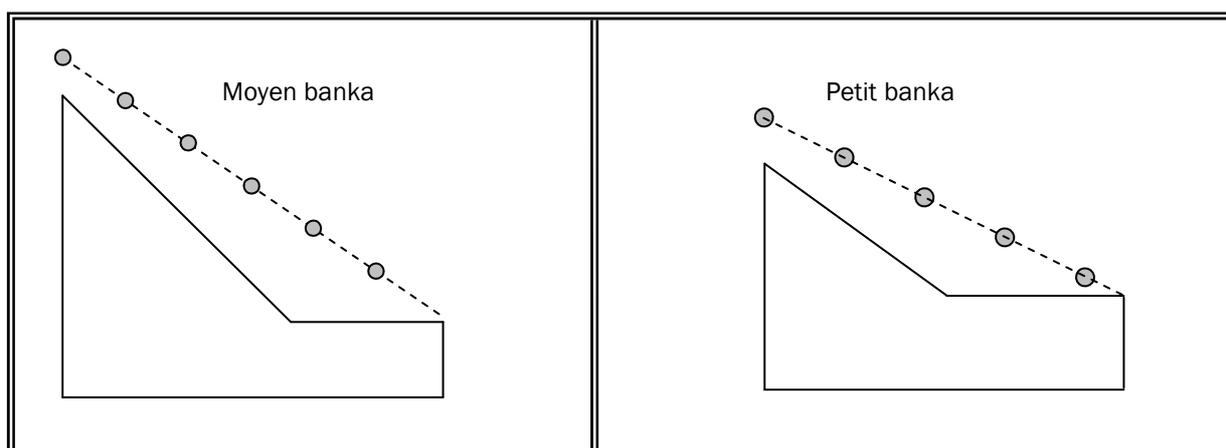




Les arbres plantés dans les trous seront sélectionnés pour leur croissance rapide et leur non-toxicité (en raison de leur proximité de l'eau). Le *Sclerocarya birrea* (en mossi **Noabga**, fréquemment dénommé **Prunier africain** en français) est intéressant pour cet usage, puisqu'il croît rapidement et donne des fruits et des graines fort appréciés.

Pour un moyen ou un petit banka

Pour un petit ou un moyen banka, la méthode est la même mais les arbres plantés sont respectivement au nombre de 6 et de 5, comme indiqué sur les schémas ci-dessous :



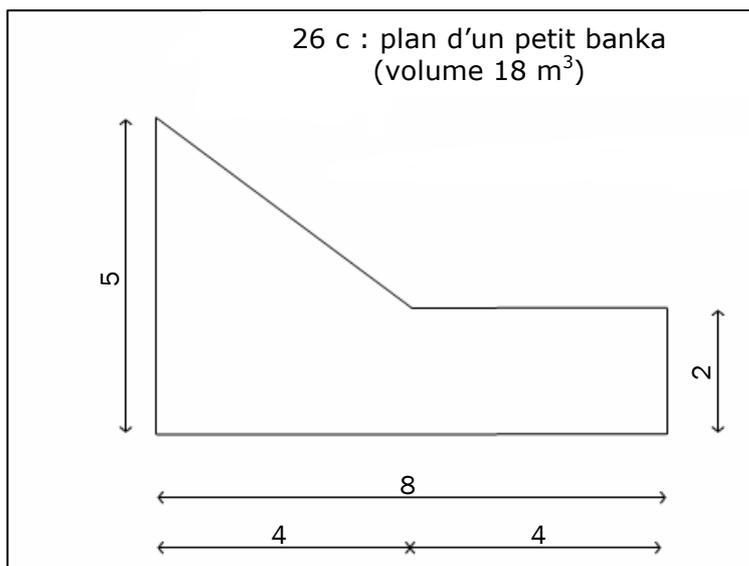
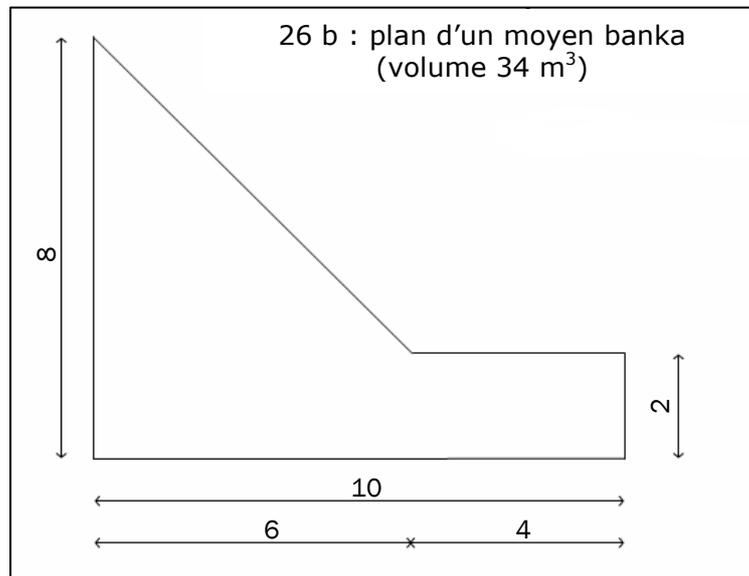
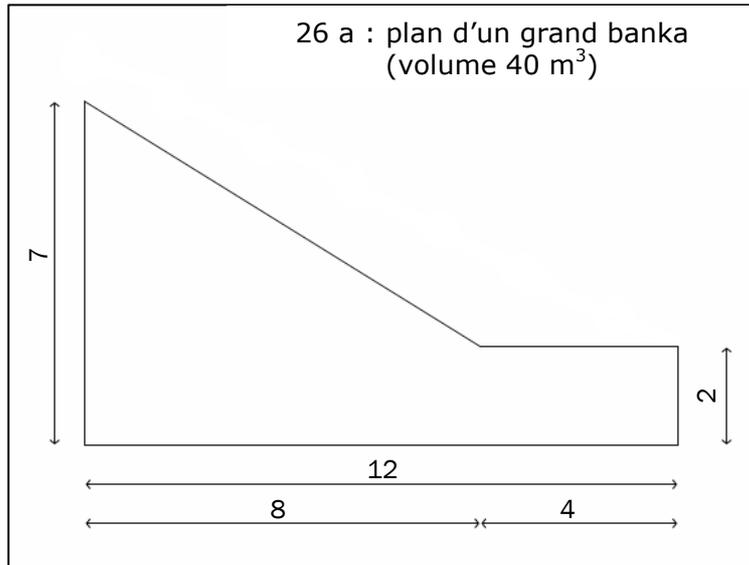


Figure 26 a, b, c : plans des différents bankas

3.11 Mise en place des haies intérieures

Au niveau des tranchées intérieures du périmètre, entre les parcelles et les lots, les propriétaires doivent implanter des haies intérieures, pour lesquelles la ferme pilote fournit les semences.

Avant de semer ou planter la haies, la tranchée doit avoir été précédemment légèrement rebouchée (jusqu'à une dizaine de centimètres sous le niveau du sol), en récupérant de la terre en bordure de parcelle sur une largeur de 50 cm environ.

Les espèces choisies pour les haies intérieures apportent un revenu complémentaire aux paysans : par exemple, la pourghère (*Jatropha curcas*) est intéressante pour sa production d'huile utilisée dans les lampes ou les moteurs.



Photo 28 : haie intérieure de *Jatropha curcas*

3.12 Implantation des arbres d'axe des champs

Au niveau des axes centraux des parcelles, les propriétaires peuvent mettre en place des arbres de haut fût qui fourniront un apport complémentaire aux récoltes, par leur bois, leurs fruits, ou par leur fonction fertilisante, comme le **zaanga** (*Acacia albida*).

3.13 Tranchée de déviation des eaux sauvages

Il peut arriver que sur une partie du site du périmètre passe un courant d'eau important, sans que cela n'ait été remarqué à la conception du périmètre, où parce ce que l'on ne disposait pas d'un meilleur site.

Dans ce cas, ce courant d'eau doit être détourné hors du périmètre pour éviter les dommages aux aménagements anti-érosifs et aux cultures : on réalise alors une tranchée de déviation d'eau, ainsi qu'une digue, qui permettent d'entraîner le courant vers une zone de déversoir choisie sans danger.

▪ **Positionnement de la tranchée et de la digue :**

La tranchée doit guider l'eau entre un point élevé à l'amont et un point bas à l'aval (le déversoir) : elle sera donc placée en amont du périmètre sur le chemin du courant d'eau. La position de la tranchée devrait être la plus proche possible du cheminement naturel de l'eau afin d'augmenter son efficacité.

▪ **Choix du déversoir :**

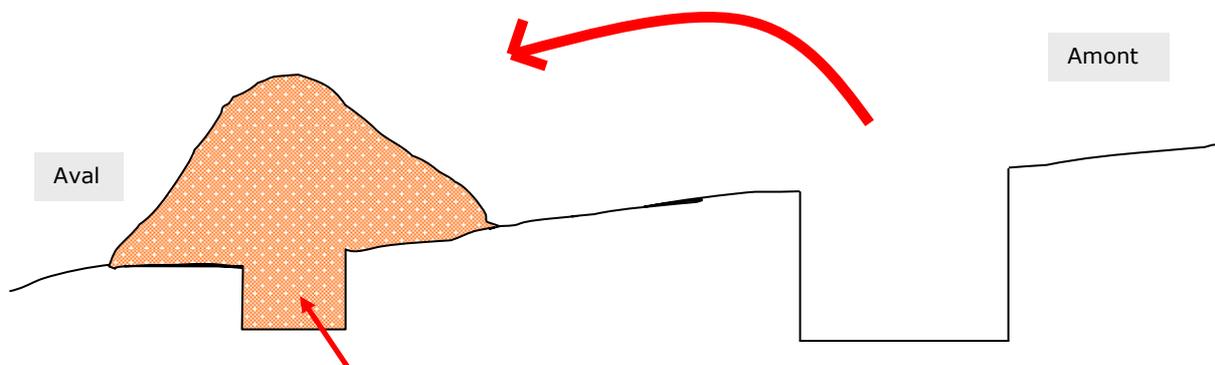
Le déversoir choisi devra être à l'aval du périmètre (pour éviter que l'eau ne reparte vers celui-ci une fois sortie de la tranchée). Il doit s'agir d'une zone où l'afflux de l'eau ne présente pas de danger (pas de zone de culture ou d'habitation).

▪ **Dimensionnement de la tranchée :**

La tranchée doit être dimensionnée en fonction du débit maximum du courant d'eau à détourner. Pour un petit courant d'eau, une tranchée de 50 x 50 cm ou 1 x 1m devrait être suffisante. Pour un fort courant d'eau, la taille devra être supérieure : le détournement d'un tel courant risque d'être problématique et augmentera de manière significative le coût du périmètre. Pour ces raisons, le choix d'un site présentant un tel courant d'eau n'est pas conseillé (cf. **1.1 Choix du site**)

▪ **Construction de la digue :**

Avec la terre extraite de la tranchée on construit une digue de dérivation en aval.



La digue de dérivation est elle-même être construite sur l'emplacement d'une petite tranchée, qui permet de l' « ancrer » au sol et évite que le courant d'eau ne la soulève en passant au-dessous.

PARTIE 4***** ENTRETIEN DU PERIMETRE

Les différents éléments du périmètre bocager doivent être régulièrement entretenus, même au-delà de la première année.

Une partie de cet entretien doit être obligatoirement réalisée, chaque année pour le défrichage du pare-feu, tous les 5 à 7 ans pour la taille de la haie vive.

Le reste des éléments sera entretenu quand nécessaire, de manière à maintenir chacun en état de remplir sa fonction.

L'entretien obligatoire comprend :

- Le nettoyage annuel du pare-feu : le pare-feu ne peut conserver sa fonction qu'en étant régulièrement défriché avec soin. Cette opération doit être réalisée de préférence en début de saison sèche (fin de la période de croissance de la végétation et premiers risques d'incendie).
- La taille de la haie vive : les haies, éléments vivants, nécessitent une taille régulière, voir avec Philippe.

Le reste des éléments doit être remplacé ou réparé en cas de dégradation :

- **Entretien de la clôture** : les piquets de bois sont plus ou moins rapidement attaqués par les termites. Les piquets trop détériorés devraient être changés tant que la haie n'a pas suffisamment grandi pour tenir elle-même le grillage. L'emploi de bois résistant (et/ou traité contre les parasites) est conseillé, mais ne fait que retarder l'attaque. Au fur et à mesure de la croissance des arbustes et de la dégradation des piquets, le grillage est fixé à la haie par des crampillons lors de la taille.
- **Entretien des chemins et des communs** : Les chemins et toute zone commune (comme un pâturage) peuvent être envahis par la végétation. Il est alors nécessaire de procéder à leur défrichage.
- **Réparation des diguettes et des mares** : l'action de l'eau entraîne une érosion importante les premières années, quand la terre n'est pas encore bien tassée. Des brèches dans les diguettes doivent être rebouchées rapidement, avant que l'eau ne s'y engouffre de façon importante et n'emporte la terre. Dans les bankas, les effondrements des berges ne sont pas graves tant qu'ils ne viennent pas trop le combler, un recreusement peut parfois s'avérer nécessaire (la terre fertile récupérée au fond du banka sera alors déposée sur le champ).
- **Remplacement des arbustes de la haie** : surtout les premières années, quand la mortalité des arbustes en croissance est encore forte. Les arbustes manquants devraient être remplacés, éventuellement par d'autres espèces mieux adaptées en cas d'échec répété.
- **Les éléments métalliques** comme les portes sont eux aussi soumis à l'usure et doivent être surveillés.

L'entretien des zones communes se fait sous la responsabilité et Modalités : partie effectuée par la ferme pilote, combien de temps, sous quelles conditions...

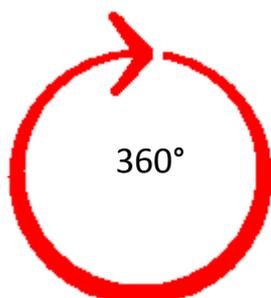
Réparation des aménagements endommagés : frais, financement du GF.

LISTE DES ANNEXES :

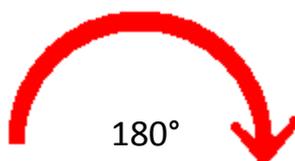
- 1 : Mesure d'angles et cap GPS
- 2 : Les angles droits et le théorème de Pythagore
- 3 : Le niveau laser
- 4 : Le niveau optique
- 5 : Plan du cadre de la porte couchée
- 6 : Plan de la grille de la porte couchée
- 7 : Construction d'une porte couchée
- 8 : Plan de la barrière
- 9 : Mise en place d'une porte barrière

Mesure d'angles et cap GPS

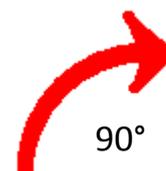
Un angle est la mesure d'une rotation : la valeur de l'angle sert donc à compter de combien on tourne. Les angles sont notés en degrés, indiqués par le signe °.



Un cercle complet mesure 360 degrés.



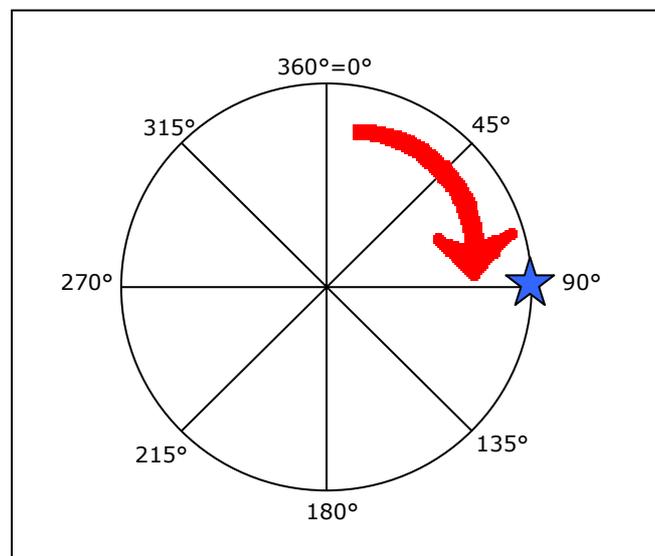
Un demi-tour complet vaut 180° ($360/2=180$).



Un quart de tour (virage à gauche ou à droite) vaut 90° ($360/4$).

On peut aussi graduer un cercle en degrés, c'est-à-dire marquer les valeurs en degrés parcourues depuis une valeur repère placée au sommet du cercle. Les valeurs sont comptées en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre :

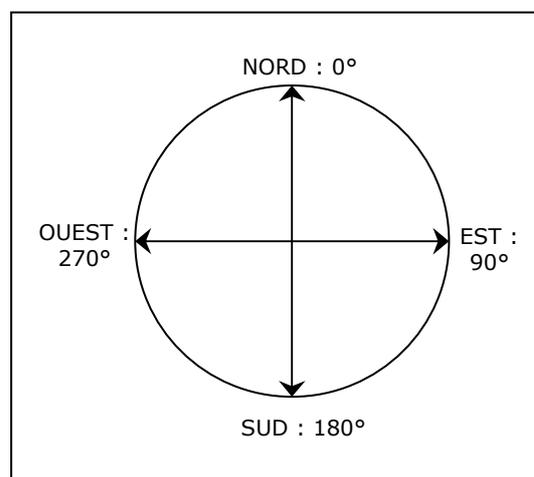
- Ainsi, sur le cercle de droite, en partant du point 0°, on parcourt 90° pour se retrouver au niveau de l'étoile bleue. A cet endroit le cercle est donc gradué 90°.
- En faisant un tour complet, on a tourné de 360°, mais on est ainsi revenu au point de départ : 0°.



Dans un GPS, le cap est donné en degré par rapport à la direction du Nord (indiqué comme cap de 0°). La graduation s'effectue ensuite dans le sens des aiguilles d'une montre, on a donc la direction de l'est à 90° (un quart de tour depuis le nord), le sud à 180° (demi-tour), l'ouest à 270° (trois quarts de tour).

Quand on suit un cap avec le GPS, celui-ci indique notre direction en degrés selon cette convention : en suivant par exemple un cap de 45°, on suit une direction Nord-Est.

Pour tourner d'un quart de tour, il suffit d'ajouter ou de retrancher 90° au cap suivi (selon que l'on désire tourner à droite ou à gauche).



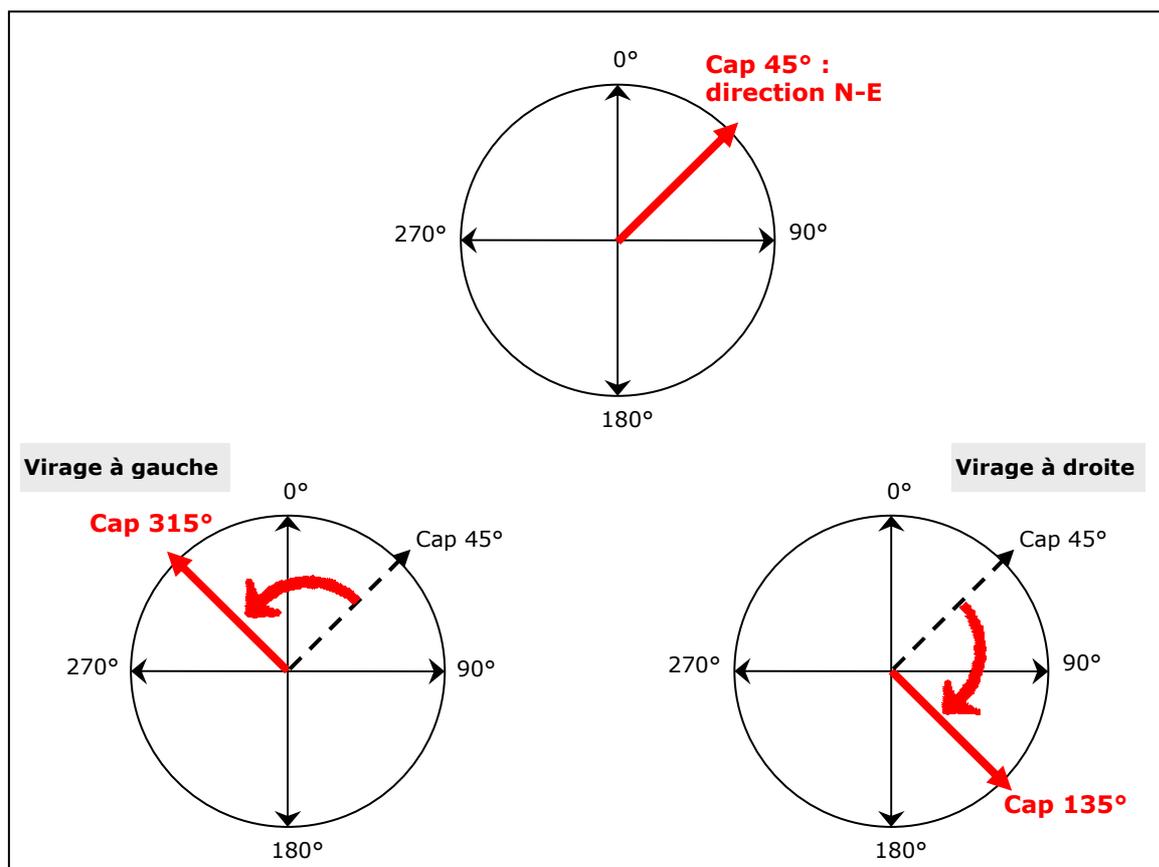
REALISATION D'UN PERIMETRE BOCAGER AU SAHEL – CAHIER TECHNIQUE

Ainsi, en suivant un cap de 45° , on doit pour tourner à droite d'un quart de tour suivre un nouveau cap de $45 + 90 = 135^\circ$

Pour tourner à gauche, on doit retrancher 90 au cap suivi : pour un cap de 45° , on obtient une nouvelle direction de $(90-45) = -45^\circ$.

Comme le GPS ne fonctionne pas avec des coordonnées d'angle négatives, il faut transformer cette valeur. Pour cela, on peut utiliser différentes techniques. En voici deux :

- On ajoute 360° (un tour complet) au chiffre négatif obtenu : on obtient dans ce cas $(-45 + 360) = 315^\circ$
- On compte le nombre de degrés parcourus pour revenir à 0° , puis on soustrait de 360 le nombre de degrés encore à parcourir. Ici, de 45 à 0 on a parcouru 45° , il reste à parcourir $90-45 = 45^\circ$. On soustrait donc : $360 - 45 = 315^\circ$.

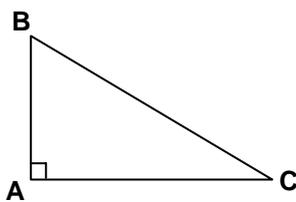


Les angles droits et le théorème de Pythagore

Les angles droits (angle de 90° , voir la fiche « Mesure d'angles et cap GPS », annexe 1) sont largement utilisés dans les mesures topographiques servant à la réalisation aménagements très divers car ils peuvent être construits ou établis assez simplement.

Il existe une méthode pour construire des angles droits qui est basée sur une caractéristique unique des triangles rectangles (qui possèdent un angle droit) exprimée par le théorème de Pythagore.

Ce théorème dit qu'un triangle est rectangle si le carré de la longueur (longueur x longueur) de l'hypoténuse (le côté le plus long) est égal à la somme des carrés des longueurs des deux autres côtés.



Le triangle ABC ci-contre possède un angle droit en A ; on dit qu'il est **rectangle en A**.

L'hypoténuse est le **côté BC**.

Le théorème de Pythagore s'exprime par la relation suivante :
 $BC^2 = AB^2 + AC^2$

Figure 1 : exemple d'un triangle rectangle

Ce théorème est représenté de manière courante par la règle de 3-4-5 :

$$(3 \times 3) + (4 \times 4) = 9 + 16 = 25 \quad \text{et} \quad (5 \times 5) = 25 \quad \text{également.}$$

Tout triangle dont les côtés présentent ce rapport de 3 : 4 : 5 répond au théorème de Pythagore, il est donc rectangle.

Par exemple, si les côtés d'un triangle suivent le rapport 6 : 8 : 10, c'est un triangle rectangle car ce rapport est proportionnel au rapport 3 : 4 : 5 (les trois chiffres sont multipliés par 2).
Vérifions : $(6 \times 6) + (8 \times 8) = 36 + 64 = 100$ et $(10 \times 10) = 100$ également.

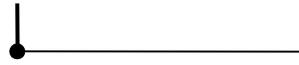
Par contre, un triangle dont le rapport entre les côtés est, par exemple, 3 : 6 : 8, n'est pas un triangle rectangle pour la raison suivante : $(3 \times 3) + (6 \times 6) = 45$; mais $(8 \times 8) = 64$ et non 45 !

Sur le terrain, la construction d'angles droits utilise cette propriété : on tourne à angle droit en dessinant un triangle rectangle dont on a calculé la longueur des côtés.

REALISATION D'UN PERIMETRE BOCAGER AU SAHEL – CAHIER TECHNIQUE

Dans l'exemple suivant, on désire par exemple tourner à droite à partir d'un axe connu :

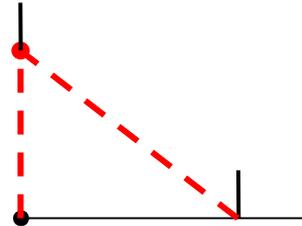
On suit un axe et on désire tourner à angle droit à ce point



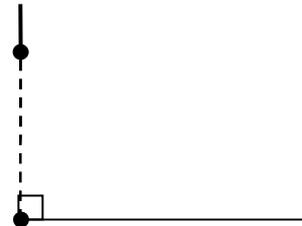
On prend une mesure sur cet axe (on délimite un côté du triangle). Par exemple, on va mesurer 8m, et planter un piquet à ce point.



Connaissant la valeur de l'hypoténuse (10m) et celle de l'autre côté de l'angle droit (6m), on trace deux autres côtés du triangle. On plante un piquet à la jonction de ces deux longueurs.

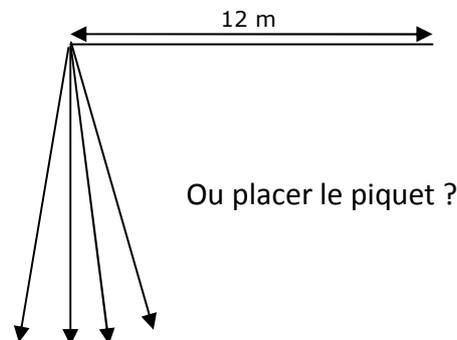


En traçant un axe vers ce nouveau piquet, on a précisément tourné à angle droit.



On peut aussi tracer un angle droit à partir d'une mesure imposée :

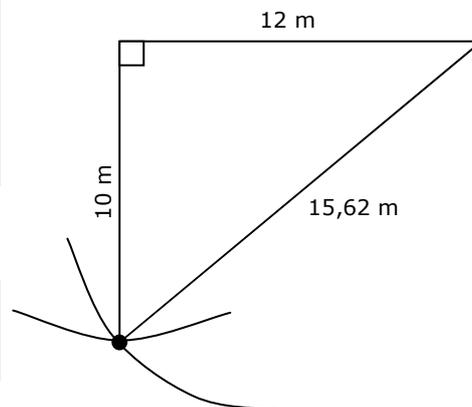
Par exemple en traçant une grande mare, on a mesuré un côté valant 12m, on veut tracer un côté de 10 m à angle droit



Selon le théorème de Pythagore, si les côtés de l'angle droit mesurent 10 et 12m, alors le grand côté mesure : $\sqrt{(10^2 + 12^2)}$ soit :

$$\begin{aligned} 10 \times 10 &= 100 \\ 12 \times 12 &= 144 \\ 100 + 144 &= 244 \\ \sqrt{244} &= 15,62 \end{aligned}$$

Les longueurs de 10 et 15,62m se croisent en formant un angle droit.



Le niveau laser

Le niveau laser est un appareil permettant de déterminer l'horizontalité avec une grande précision.

Descriptif du matériel

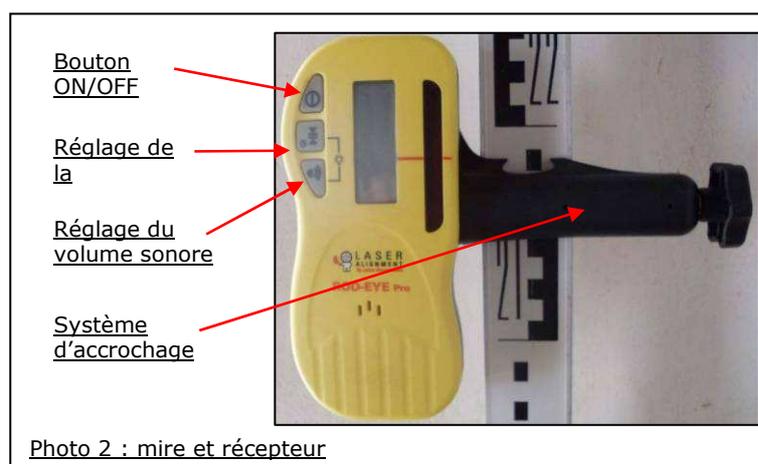
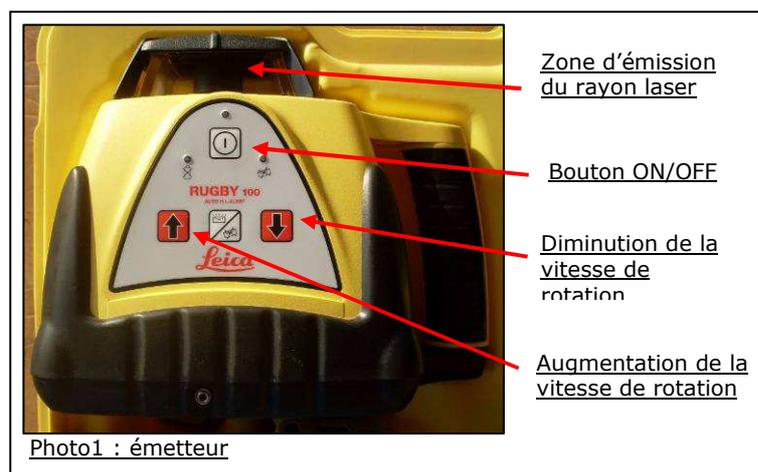
Le niveau se compose de plusieurs éléments :

- un **émetteur**, qui envoie circulairement un rayon laser horizontal (photo 1).
- un ou plusieurs **boîtiers récepteurs**, qui sonnent quand ils reçoivent le signal de l'émetteur, c'est-à-dire lorsqu'ils se trouvent exactement à l'horizontale du rayon laser.
- le boîtier récepteur est associé à une **mire**, c'est-à-dire une règle graduée permettant de mesurer la hauteur relative (c'est-à-dire la hauteur par rapport au sol) du signal reçu (photo 2).

Types de mires

Il existe différents types de mire, avec une précision de lecture différente. Nous détaillerons ici deux types :

- la mire de type « E » (photo 3) : l'écart entre les graduations de cette règle est de 1cm : on peut donc lire avec une précision de 0,5cm (0,25 cm pour un utilisateur expérimenté).
- La mire graduée (photo 4) : ici la graduation est au millimètre, on peut donc lire avec une précision de 1mm (voire 0,5mm).

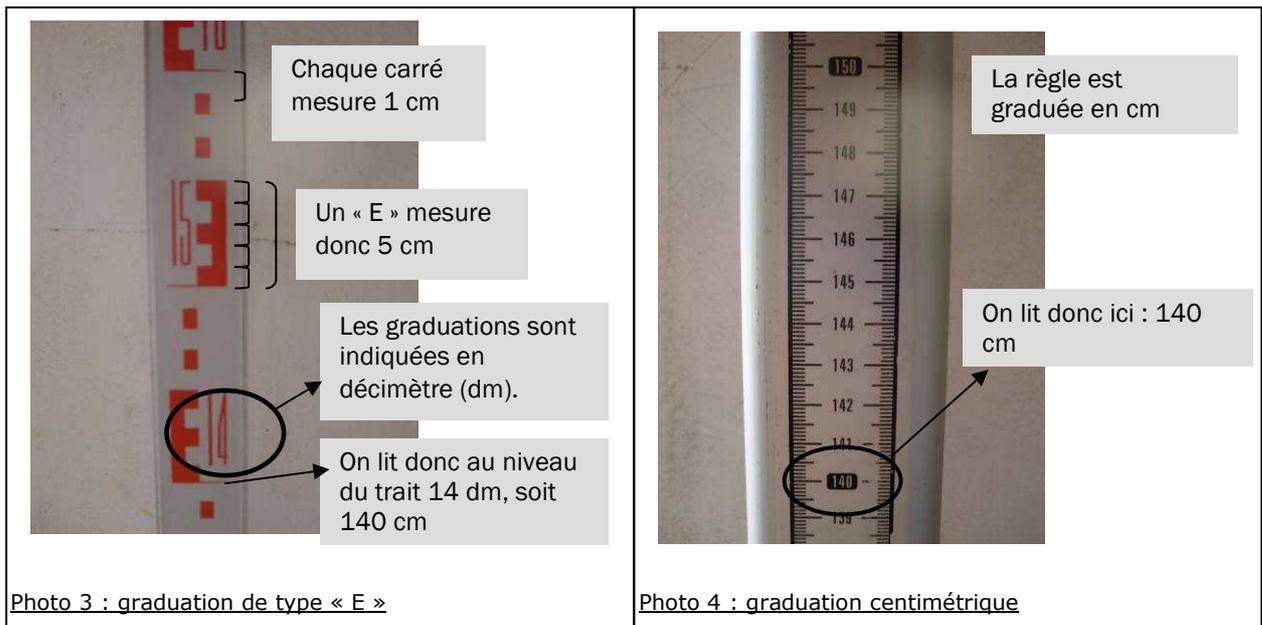


Fonctionnement du niveau

1. Mise en marche de l'appareil

L'émetteur et les récepteurs sont mis en marche en appuyant sur le bouton ON/OFF.

Il peut être nécessaire d'augmenter la vitesse de rotation du rayon pour améliorer la réception du signal : dans le cas où les récepteurs sont éloignés de l'émetteur, où lorsqu'il y a des obstacles (buissons...) entre les deux.



2. Repérage de l'horizontale

1. La règle est dépliée verticalement à côté de l'émetteur, sa verticalité peut être contrôlée au moyen du niveau circulaire placé à l'arrière (photo 5).
2. Le boîtier récepteur est placé sur la règle, mais non serré, de manière à pouvoir le faire coulisser sur celle-ci lors de la recherche de l'horizontale.
3. Le récepteur est déplacé lentement le long de la règle à la recherche du signal.
4. Quand le signal est détecté, le récepteur affiche d'abord une flèche indiquant la direction de l'horizontale (photo 6), ainsi qu'un signal sonore discontinu : on déplace alors le récepteur dans le sens de la flèche jusqu'à ce que le récepteur affiche le symbole et fasse retentir un sifflement continu indiquant l'horizontale (photo 7).



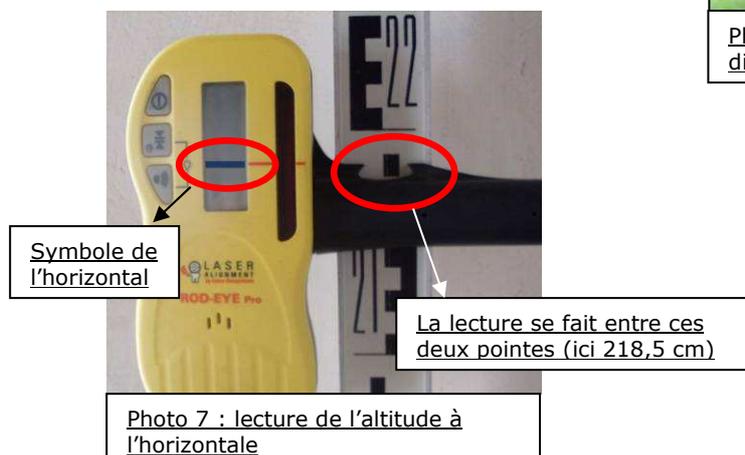
Photo 5 : niveau circulaire au dos de la mire



Photo 6 : flèche indiquant la direction du rayon laser

3. Lecture de la mesure sur la mire

La mesure de l'altitude est alors lue sur la règle graduée au niveau du repère, entre les deux points (photo 7).



Le niveau optique

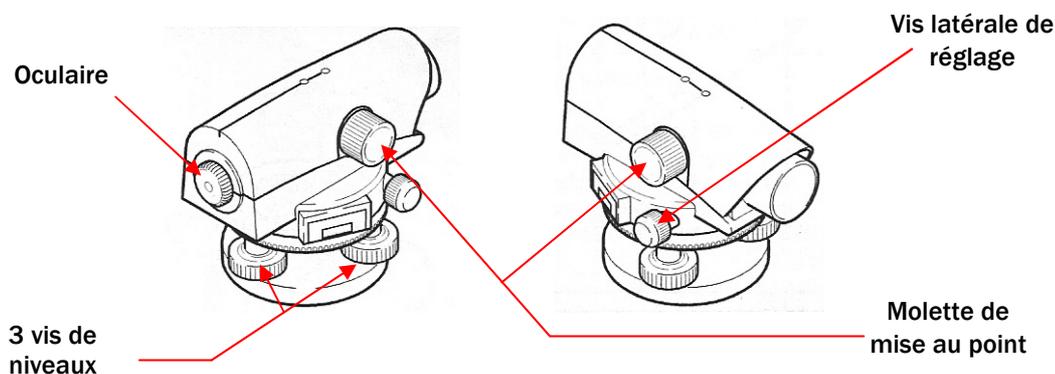
Le niveau optique utilisé dans l'aménagement des routes et des périmètres bocagers est un instrument généralement employé pour réaliser des travaux topographiques simples.

Descriptif du matériel

Le niveau optique se compose de trois éléments : un trépied avec une plaque de fixation à son sommet, un fil à plomb et un viseur.



Les éléments importants du viseur (vue de droite ou de gauche) :



Mise en place du niveau optique

Avant d'effectuer des mesures avec le niveau, il faut installer correctement l'instrument en suivant les étapes dans cet ordre :

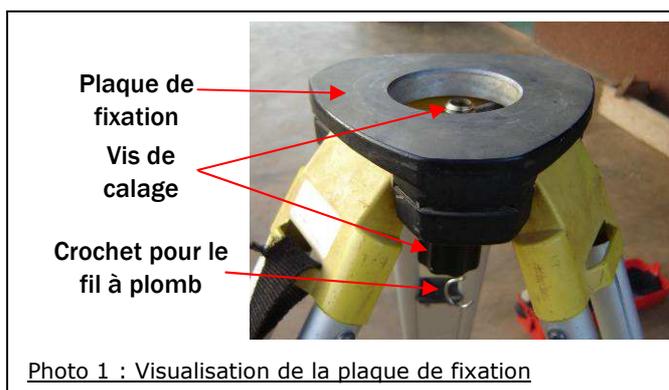
1. Mise en place du trépied

Les pattes du trépied sont dépliées et réglées de manière à amener la plaque de fixation à hauteur d'homme en l'installant le plus horizontal possible. On s'assure de la bonne fixation des pieds en

appuyant sur les cales placées sur les jambes du trépied, de manière à enfoncer la pointe des pieds dans le sol.

2. Installation du viseur

Sortir le viseur de sa boîte de protection, le poser sur la plaque de fixation du trépied et visser la vis centrale (vis de calage) située sous la plaque. La photo 1 montre la disposition du plateau sur lequel il faut poser le viseur.



3. Centrage de l'appareil

Fixer le fil à plomb au crochet (photo 2) situé sous la vis centrale de calage, dérouler ensuite le fil et régler de manière à ce que le plomb affleure le sol (mais sans le toucher).

Centrer ensuite le plomb (photo 3 et 4) en desserrant légèrement la vis de calage, de manière à pouvoir déplacer la plaque de fixation. Une fois le centrage effectué, resserrer la vis centrale de calage.



Pour un périmètre : le plomb est centré sur le trou central du bornage (photo 3).



Pour une route : le plomb est centré sur le trou créé par un piquet (photo 4).

4. Réglage de l'horizontalité du viseur

Régler l'horizontalité à l'aide des trois vis de niveau, de manière à ce que la bulle se place au centre du niveau sphérique (photo 5).

5. Réglage de la visée et mise au point

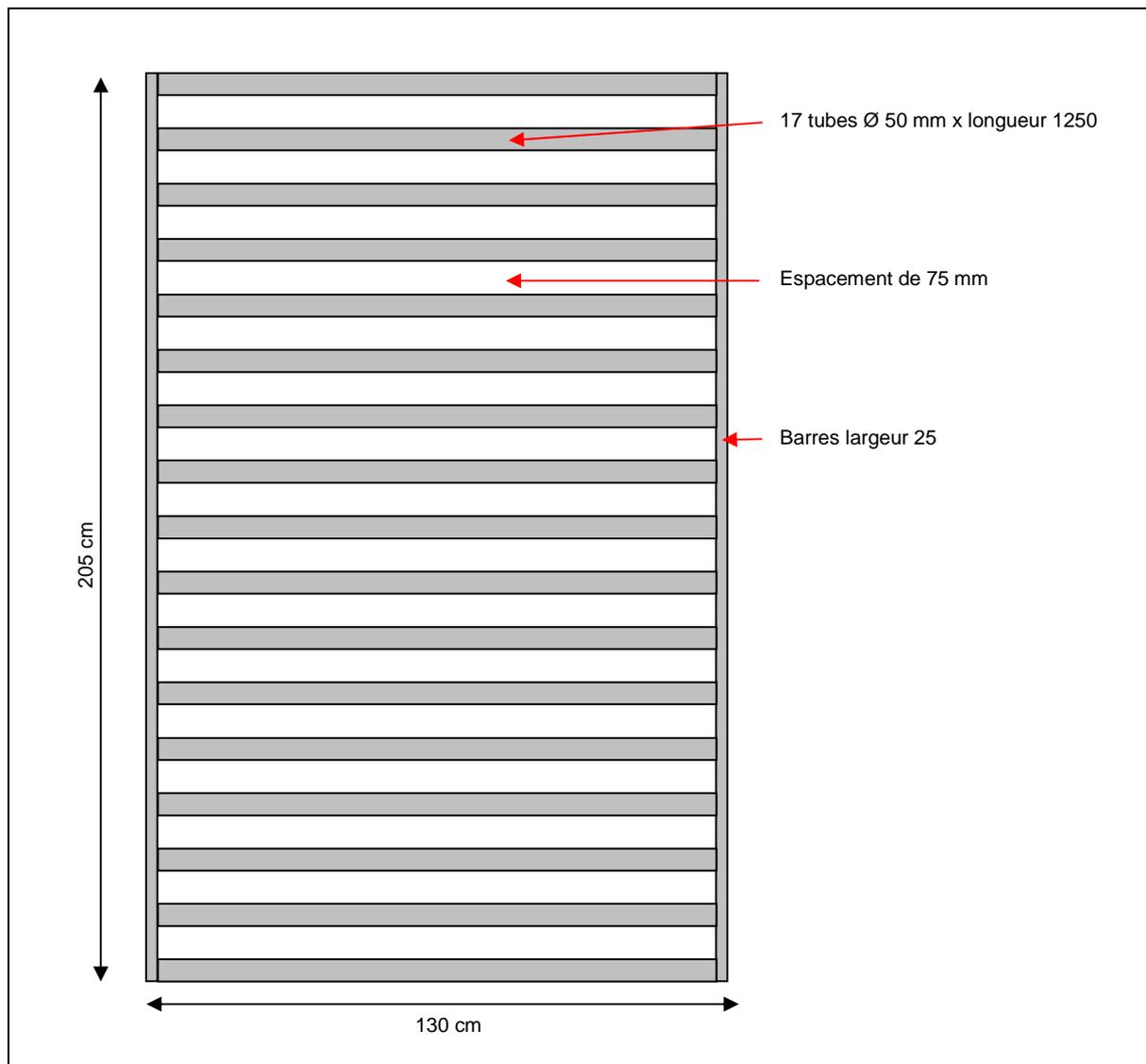
La direction de visée est prise grossièrement en pivotant simplement le viseur sur le trépied. Les **vis latérales de réglage** permettent un réglage fin de la direction de visée (voir « Descriptif du matériel »).

La mise au point s'effectue à l'aide de la **molette de mise au point** située à droite du viseur.



Photo 5 : Le niveau sphérique

Plan de la grille de la porte couchée



Construction d'une porte couchée

Une porte couchée consiste en une fosse surmontée par une grille à barreaux cylindriques. Sur ses côtés s'élèvent deux piquets où vient se fixer le grillage, les piquets étant intégrés dans deux murets triangulaires.

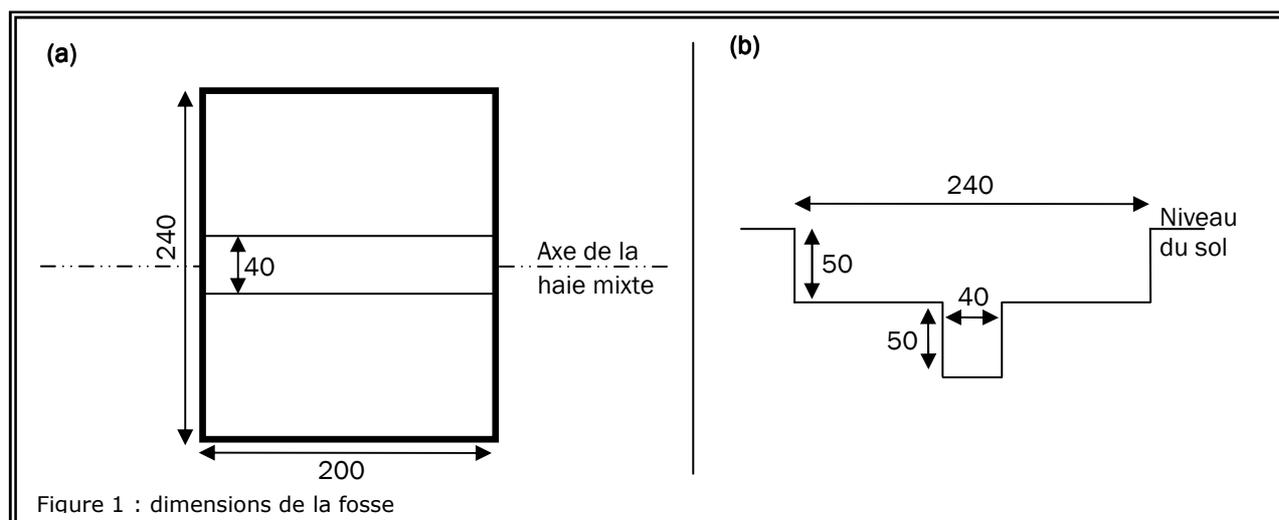
Etapas de construction

1. Creusage de la fosse
2. Mise en place du cadre
3. Maçonnerie des murets
4. Pose de la grille
5. Fixation du grillage

1. Creusage de la fosse

On creuse un trou rectangulaire de 240 cm de longueur sur 200 cm de largeur et de 50 cm de profondeur, placé perpendiculairement à l'axe de la haie (figure 1).

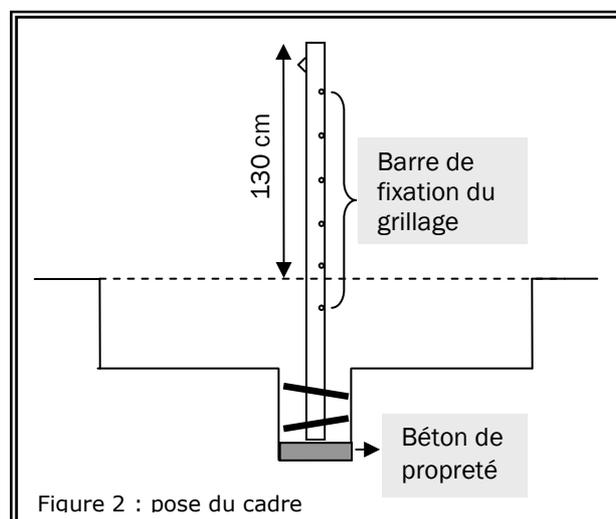
Au fond de ce trou on recreuse une tranchée transversale de 40 cm de large sur 50 cm de profondeur. La figure 1 montre les dimensions de la fosse, en se plaçant au-dessus (a) ou de profil (b).



2. Mise en place du cadre

Le cadre métallique vient se placer au fond de la tranchée, on coule du béton autour des pieds pour le fixer.

On commence par couler un **béton de propreté** qui viendra isoler le métal du fond de la tranchée : on coule une petite couche de béton (10 cm environ) au fond de la tranchée. On en profite pour faire le niveau horizontal, puis on laisse sécher.



REALISATION D'UN PERIMETRE BOCAGER AU SAHEL – CAHIER TECHNIQUE

On pose ensuite le cadre au fond de la tranchée, et l'on le cale avec des cailloux de telle sorte que le haut du cadre dépasse le niveau du sol de 130 cm : la barre de fixation du grillage sera en partie enterrée.

On coule alors du béton de façon à remplir l'ensemble de la tranchée, en intercalant le plus de cailloux possible.

3. Maçonnerie des murets

Mélanger un mortier : 1 sac de ciment pour 3,5 brouettes de sable grossier.

Pose du premier niveau (figure 3) :

On pose une couche de mortier sur le sol d'environ 2-3 cm, sur laquelle on pose les briques, on fait grossièrement le niveau horizontal. On laisse entre les briques des joints de 4 cm environ (deux doigts). On vérifie l'inclinaison verticale des briques au fil à plomb, ainsi que leur alignement par rapport à un cordeau tendu entre les coins.

On mesure l'écartement entre les bords ext. des briques, qui doit être de 166 cm. On vérifie les angles droits par la méthode des équerres.

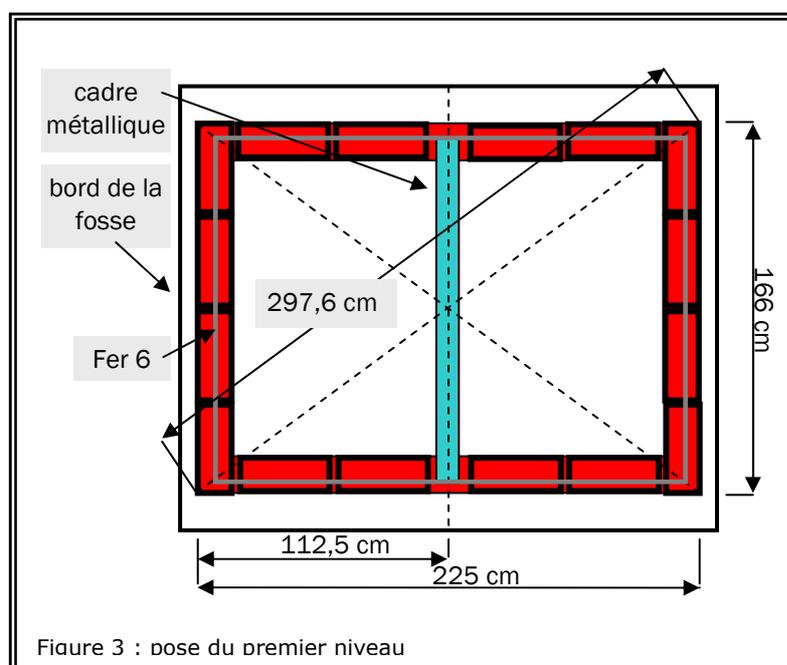


Figure 3 : pose du premier niveau

Ensuite, on remplit les joints de mortier en calant avec une planchette (bourse-joint).

On plie un fer (fer6 acier) de 780 cm en un rectangle de 210x155 cm. Les extrémités, qui se recouvrent de 50 cm, sont attachées avec du fil recuit.

On casse les briques d'angle de manière à former un passage pour le fer, qui passe à l'extérieur de l'IPN.

On coule ensuite un béton à l'intérieur des briques de chaînage.

La procédure est répétée pour les trois premiers niveaux, en décalant la position des briques d'une demi-brique à chaque niveau.

Pose du quatrième niveau :

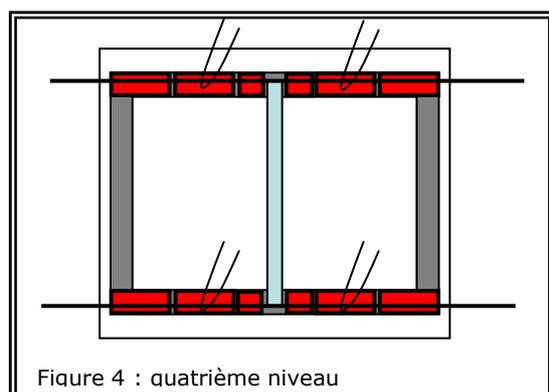


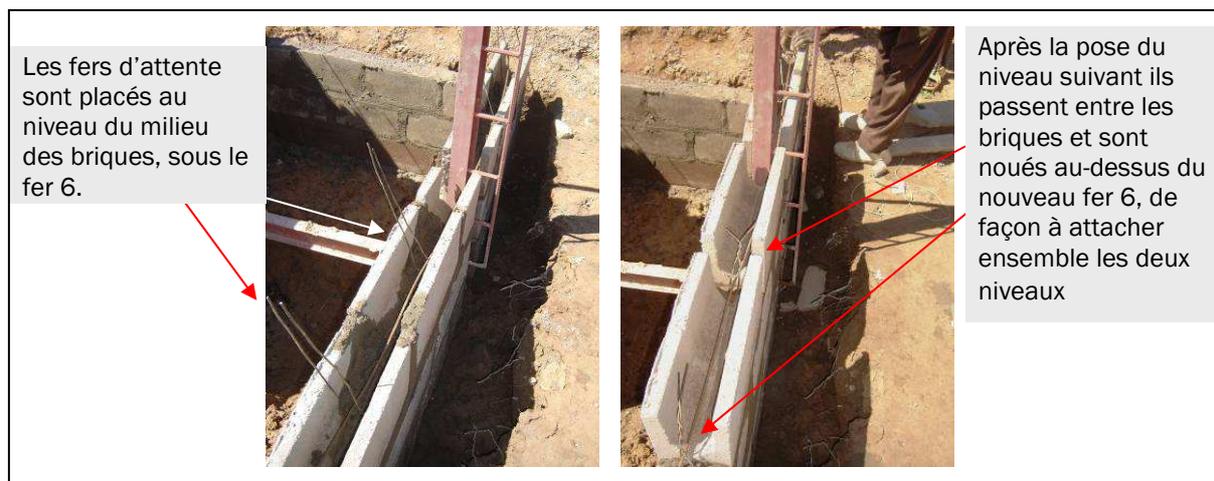
Figure 4 : quatrième niveau

On ne pose des briques que sur deux côtés (figure 4). On pose de chaque côté un fer 6 qui dépasse de 50 cm de chaque côté. On glisse dessous quatre fers d'attente. On fait les joints et le remplissage béton comme précédemment.

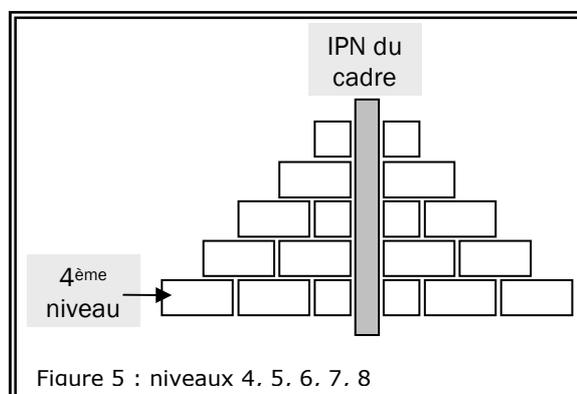
REALISATION D'UN PERIMETRE BOCAGER AU SAHEL – CAHIER TECHNIQUE

Pose des fers d'attente :

Les fers d'attente sont des morceaux de 80 cm de fer mou de $\varnothing 5$ mm, pliés en deux.

Niveaux suivants :

On procède de la même manière que pour le niveau 4, en diminuant la longueur du demi-côté d'une demi-brique à chaque fois.

Finition

On vient coffrer chaque poteau puis on coule du béton (mélange assez liquide).

On vient replier vers le haut les fers 6, que l'on attache avec les fers d'attente. On pose du béton de manière à former pour chaque côté une pente régulière, puis on coffre avec des planches pour le séchage.

Brossage :

On prépare un mélange pour brossage : 1 sac de ciment pour 3,5 brouettes de sable grossier. On projette le mélange à la truelle sur les parois intérieures et extérieures des murets, de manière à étaler une couche de 2 à 3 cm d'épaisseur.

Crépissage :

Mélange pour crépissage : 1 sac de ciment pour 3,5 brouettes de sable fin.

On projette une couche fine sur le mortier du brossage que l'on lisse soigneusement à la truelle.

4. Mise en place de la grille

Sur les briques du 3^{ème} niveau, on vient poser côté intérieur un chevron de 4x10 cm, de même longueur que le côté.

On coule ensuite un béton formant une pente d'environ 20 cm entre le chevron et le sol.

En retirant le chevron, on obtient un espace dans lequel la grille viendra se loger.

Pente d'étanchéité :

Au bas des murets (côté extérieur et intérieur), on coule une petite pente en béton (5 cm de hauteur, 20 cm de largeur), qui évite la stagnation de l'eau au pied des murets.



Pente côté intérieur

Pente côté extérieur

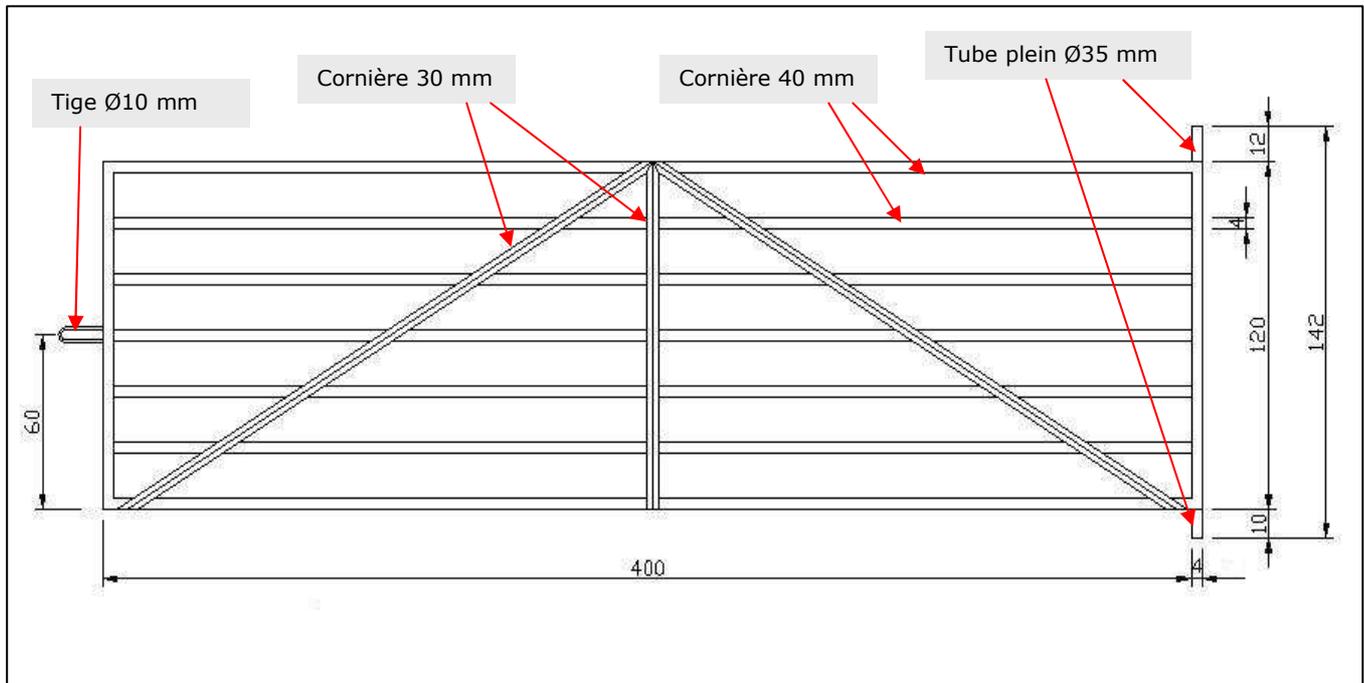
**Raccordements**

Les raccords éventuels sont ensuite faits avec un mélange pour crépissage.

5. Le grillage est ensuite fixé aux emplacements de la porte prévus à cet effet



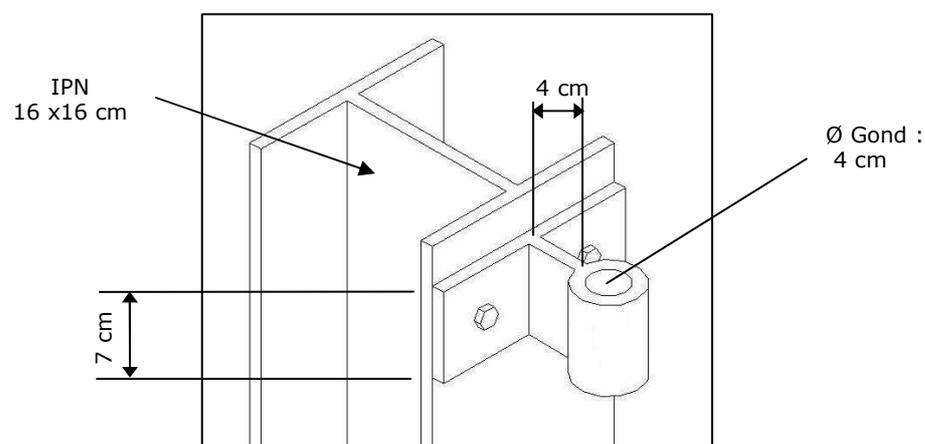
Plan de la barrière



Dimensions des poteaux :

- Poteau portant le gond : IPN 16 x 16 cm
- Deuxième poteau : IPN 12 x 6,5 cm
- Les deux poteaux portent quatre pattes de fixation : des tiges soudées Ø10 mm placées entre 10 et 30 cm du bas du poteau.

Détail du gond :



Mise en place d'une porte barrière

1. Creusement des trous pour la mise en place des poteaux

On creuse dans l'axe du grillage deux trous rectangulaires de 40 par 50 cm environ pour 70 cm de profondeur. L'écartement entre les deux trous, de centre à centre, doit correspondre à la longueur de la partie pivotante de la porte, soit 400 cm.

2. Placement du premier poteau

- Afin de repérer la hauteur de placement, on trace une marque sur le premier poteau à 136 cm du haut du gond.
- On tire un cordeau entre les deux poteaux du grillage entourant l'emplacement de la porte.
- On prépare un béton liquide
- On mouille les parois du trou
- On verse un peu de ciment dans le trou puis on y place le poteau. On l'aligne sur le cordeau, on fait le niveau au niveau à bulle, et on place la marque réalisée précédemment à environ 5 cm du sol (photo 1).
- On cale le poteau avec des pierres, puis on finit de remplir le trou de pierres et de ciment.



Photo 1 : alignement du poteau

Placement de la dame (photo 2)

On mesure l'écartement entre le centre du gond et le bord du poteau : on placera la dame à la même distance du poteau (6 cm environ).

On pose la dame de manière à ce que son sommet soit au niveau de la marque sur le poteau.

On vérifie son niveau au niveau à bulle.



Photo 2 : placement de la dame

Cône d'étanchéité (photo 3)

Avec le reste du béton, on réalise un cône aplati autour du poteau (englobant par conséquent la dame), de 30 à 40 cm de diamètre pour 5 à 10 cm de hauteur maximale.

Fixation de la porte au premier poteau

La fixation de la porte au poteau ne se fera que lorsque le béton aura parfaitement séché.

Pour la pose, on dévisse d'abord le gond, on graisse la dame et le gond, on pose la porte dans la dame, on glisse le gond autour de la tige supérieure puis enfin on revisse le gond.



Photo 3 : cône d'étanchéité

On vérifie à cette occasion que la porte est bien horizontale et qu'elle ouvre sans frottement.

3. Pose du second poteau

- On tire un cordeau entre l'axe du grillage et le côté extérieur du 1^{er} poteau.
- La pose du second poteau s'effectue de la même manière que pour le premier.
- L'alignement est réglé sur le cordeau.
- Le réglage en hauteur s'effectue à partir du fermoir placé sur le battant : celui-ci doit rentrer sans frotter.
- L'horizontalité est contrôlée au niveau à bulle.



Photo 4 : pose du second poteau

On réalise pour le second poteau un cône d'étanchéité de la même manière que pour le premier poteau.

Plan général de positionnement pour une porte placée à 10 cm du sol :

