

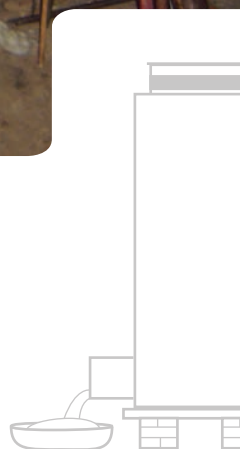
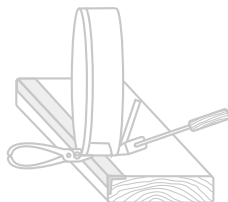
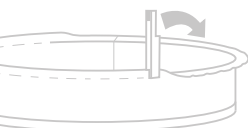


Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture



Manuel technique

sur la fabrication et l'utilisation
de silos métalliques familiaux
pour la conservation des céréales
et des légumineuses à graines



Danilo Mejía-Lorío
Matthew Howell
Adolfo Arancibia

Manuel technique

sur la fabrication et l'utilisation
de silos métalliques familiaux
pour la conservation des céréales
et des légumineuses à graines

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
Rome, 2015

Citation recommandée

FAO. 2015. *Manuel technique sur la fabrication et l'utilisation de silos métalliques familiaux pour la conservation des céréales et des légumineuses à graines*, par Mejía-Lorío, D., Howell, M. & Arancibia, A. Rome, Italy.

Titre original:

Manual técnico para la construcción y el uso de los silos metálicos familiares para almacenar cereales y leguminosas de grano.

Cette publication a été traduite par le Service de programmation et de documentation des réunions de la FAO (CPAM). En cas de divergence, la langue d'origine prévaudra.

Photographie de couverture

©FAO/A. Arancibia et D. Mejía-Lorío

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

ISBN 978-92-5-208181-4 (édition imprimée)

E-ISBN 978-92-5-208182-1 (PDF)

© FAO, 2015

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à www.fao.org/contact-us/licence-request ou adressée par courriel à copyright@fao.org.

Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés par courriel adressé à publications-sales@fao.org.

Table des matières

Préface		v
Remerciements		vii
Synthèse		viii
À propos des auteurs		ix
Chapitre 1	Le silo métallique familial – Vision technique et socioéconomique	1
	1.1 Introduction	2
	1.2 En quoi le silo métallique familial est-il un allié efficace de la sécurité alimentaire?	2
	1.3 Pays où la FAO a introduit les silos métalliques familiaux à travers divers projets menés entre 1997 et 2013	3
	1.4 Le silo métallique familial, maillon fonctionnel de la chaîne infrastructurelle et logistique de distribution des graines et des céréales	7
	1.5 Étapes essentielles à respecter pour un bon usage du silo	7
	1.6 Coût du silo métallique familial	9
	1.7 Conditions essentielles à observer pour la fabrication et l'adoption réussie du silo métallique familial	9
	1.8 Stratégies mises en œuvre par la FAO pour transférer la technologie du silo métallique familial	11
	1.9 Conclusions	12
Chapitre 2	Composantes du silo et aspects à tenir en compte pour sa fabrication	13
	2.1 Composantes du silo	14
	2.2 Aspects à tenir en compte pour la fabrication de silos	14
Chapitre 3	Outils, matériaux et équipement	19
	3.1 Outils communs	20
	3.2 Outils spéciaux	20
	3.3 Matériaux	25
	3.4 Description de l'établi	25
Chapitre 4	Atelier et compétences techniques de base	27
	4.1 Atelier	28
	4.2 Compétences techniques de base	28
Chapitre 5	La fabrication du silo	41
	5.1 Préparatifs	42
	5.2 Mise en forme du cylindre par sertissage	45
	5.3 Mise en place des bases (composantes supérieure et inférieure) du silo	52
	5.4 Assemblage du fond et du cylindre par bordage	57
	5.5 Fabrication des ouvertures ou bouches d'entrée et de sortie	61
	5.6 Fabrication des couvercles des bouches/ouvertures	71
	5.7 Finition du silo	78

Chapitre 6	Réparations	81
	6.1 Signes d'oxydation	82
	6.2 Trous et corrosion profonde	82
Chapitre 7	Installation, utilisation, fumigation et entretien du silo	85
	7.1 Installation	86
	7.2 Toit et plate-forme	86
	7.3 Préparation du grain	87
	7.4 Fumigation pour lutter contre les ravageurs	88
	7.5 Sceller le silo pour le rendre étanche	89
	7.6 Deux tests simples pour évaluer la teneur en eau	92
	7.7 Transport et entretien du silo	94
Chapitre 8	Aspects économiques	95
	8.1 Évaluation économique des silos métalliques	96
	8.2 Estimation des coûts	96
	8.3 Estimation des avantages minimum attendus	97
	8.4 Estimation de la rentabilité économique	98
	8.5 Coûts de fabrication d'un silo métallique	99
Bibliographie		101
Annexes		
	1. Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 100x200 cm	103
	2. Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122x244 cm	109
	3. Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122x200 cm	115
	4. Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 92,7x200 cm	121

En établissant ce *Manuel technique sur la fabrication et l'utilisation de silos métalliques familiaux pour la conservation des céréales et des légumineuses à graines*, la Division des infrastructures rurales et des agro-industries (AGS) de la FAO a voulu apporter une contribution technique concrète à la prévention des pertes après récolte des graines et des céréales. Conçu comme un manuel de formation sur la fabrication, l'utilisation et la gestion des silos métalliques familiaux, ce manuel s'adresse aux agriculteurs qui, pour assurer leur sécurité alimentaire, produisent des graines et des céréales de base destinées à leur propre consommation, ainsi qu'aux ferblantiers, forgerons et autres artisans, qui, à partir des indications fournies, pourront fabriquer ces silos et les adapter facilement en fonction de la contenance demandée. Le manuel est divisé en plusieurs chapitres et annexes. On y trouvera des informations relatives à la fabrication, à l'utilisation et au bon entretien de silos métalliques de diverses contenances permettant de conserver des graines et des céréales, de même que des indications sur le choix de leur emplacement et sur leur aménagement, leur protection et l'évaluation de leur coût. Les sites web www.fao.org/ag/ags et www.fao.org/inpho proposent à cet égard des fichiers Excel téléchargeables qui permettent, à partir des prix des matériaux sur les marchés locaux, d'évaluer le coût de ces silos dans n'importe quelle partie du monde et de réaliser rapidement des analyses de rentabilité à finalité pratique.

La capacité des spécimens présentés est comprise entre 0,12 m³ pour les plus petits silos et 4,2 m³ pour les plus grands modèles (soit de 120 à 4 000 kg environ), avec différentes grandeurs intermédiaires destinées à répondre aux besoins particuliers des utilisateurs.

Il faut noter que les informations techniques présentées plus loin s'inspirent en partie de la solide expérience acquise par la Direction suisse du développement et de la coopération (DDC) dans le cadre de différents projets de prévention des pertes après récolte qu'elle a menés en Amérique centrale, et dont les résultats ont été communiqués à la Division AGS de la FAO.

Plus précisément, le manuel est divisé en huit chapitres, complétés par quatre annexes.

Le premier chapitre expose une vision socioéconomique et technique du silo. Il a été élaboré en se basant sur l'expérience acquise par la FAO dans différents pays où ce système a été introduit. Le second chapitre décrit les différentes composantes du silo et évoque les aspects à prendre en compte pour le fabriquer dans de bonnes

conditions. Le troisième chapitre présente les différents matériaux, outils et équipement nécessaires. Le quatrième chapitre évoque rapidement l'atelier et décrit les techniques que devront mobiliser les artisans ou les fabricants. Le cinquième chapitre décrit à l'aide d'illustrations les grandes étapes à respecter pour la fabrication du silo. Le sixième chapitre fournit des explications sur les réparations nécessaires à son maintien en bon état. Divers aspects en rapport avec l'installation du silo, son utilisation, la fumigation et l'entretien sont traités au septième chapitre. Enfin, le huitième chapitre traite de différents aspects touchant à l'évaluation économique et aux coûts des silos métalliques.

On trouvera dans les quatre annexes des plans adaptés en fonction des dimensions des plaques de tôle disponibles sur le marché. Ils permettent de fabriquer des silos dont le volume est compris entre 0,12 m³ et 4,2 m³, avec plusieurs grandeurs intermédiaires.

En publiant ce manuel, nous participons une fois encore à l'effort collectif qui doit permettre de relever un des défis majeurs du millénaire, à savoir traduire dans la réalité ce droit humain fondamental qu'est la sécurité alimentaire.

Ce manuel se base en partie sur un document technique intitulé *Technical manual for the construction of small metal silos*, qui a été publié pour la première fois en 2005 sur le site www.fao.org/inpho.

Remerciements

Le Manuel technique sur la fabrication et l'utilisation de silos métalliques familiaux pour la conservation des céréales et des légumineuses à graines repose en partie sur des éléments rassemblés au départ par la Direction suisse du développement et de la coopération (DDC), raison pour laquelle les informations contenues dans certaines sections ci-après suivent la structure générale de cette documentation source. La FAO a exécuté par la suite de nombreux projets basés sur le même modèle, ce qui lui a permis, grâce aussi aux efforts et contributions de diverses natures fournis par de nombreuses personnes, d'établir le présent manuel.

Matthew Howell et Adolfo Arancibia ont fourni les plans et les textes relatifs au mode de fabrication des silos de différentes dimensions, avec les illustrations correspondantes. La traduction en espagnol a été réalisée avec l'aide de Gustavo Varela et de Francisco López, et a été mise en forme par Cadmo Rosell et Danilo Mejía Lorío. L'étude socio-économique succincte sur le rapport coûts avantages du silo a été réalisée par Dino Francescutti, de la Division du Centre d'investissement (FAO).

Nos remerciements vont également à Divine Njie, Chef de groupe à la Division des infrastructures rurales et des agroindustries (AGS), à Ann Drummond et à Francesca Cabré Aguilar (AGS) pour leur soutien administratif et logistique, à Larissa D'Aquilio (AGS) qui a coordonné la production du manuel, à Djibril Drame qui en a révisé le texte et enfin, à Simone Morini, qui s'est chargé de la conception et de la mise en page.

Les auteurs de ce document sont Danilo Mejía-Lorío, spécialiste des agroindustries et de la gestion post récolte (AGS), qui a coordonné le travail technique, a mis en forme et traduit de nombreuses sections du manuel, et a écrit le chapitre 1 et co écrit le chapitre 8; Matthew Howell, consultant de la FAO et auteur de la version anglaise du guide et des illustrations décrivant la marche à suivre pour la fabrication du silo métallique familial garant de la sécurité alimentaire (chapitres 2 à 7 du manuel) ; et Adolfo Arancibia, consultant de la FAO, auteur du texte et des illustrations des annexes 1 à 4 du manuel sur les silos de différentes grandeurs que l'on peut fabriquer au moyen des plaques de tôle les plus aisément disponibles dans les différents pays, et qui a établi les versions espagnole, anglaise et française des fichiers Excel qui permettent d'évaluer les coûts du silo métallique familial.

Le Manuel technique sur la fabrication et l'utilisation de silos métalliques familiaux pour la conservation des céréales et des légumineuses à graines présente de manière à la fois didactique et simple les instructions à suivre pour la fabrication et l'utilisation de différents types de silos familiaux d'une capacité comprise entre 0,12 m³ et 4,2 m³ (pour un poids stocké allant de 120 à 4 000 kg environ). Cette technologie apporte une contribution tout à fait déterminante à la sécurité alimentaire, à la réalisation des objectifs de développement durable ainsi qu'au bien-être des petits exploitants, en particulier lorsque sévissent des crises agricoles pouvant découler de toute une série de facteurs extérieurs, notamment d'ordre financier. Tout l'intérêt de ces silos tient au fait qu'ils permettent non seulement d'assurer l'alimentation des familles en milieu rural, mais aussi qu'ils donnent aux petits agriculteurs les moyens de prendre en main la commercialisation des excédents et d'accéder aux marchés lorsque les conditions leur sont favorables. Les instructions à suivre pour l'utilisation et la fabrication, à moindre coût, des silos familiaux sont présentées sous une forme accessible aux artisans et aux agriculteurs. Le manuel s'appuie sur des données d'expérience rassemblées sur le terrain par Direction suisse du développement et de la coopération (DDC), ainsi que sur les nombreux projets menés par la FAO dans plus de 22 pays en développement.

À propos des auteurs

Ingénieur en biochimie, **Danilo Mejía-Lorio** est titulaire d'un doctorat en sciences de l'alimentation et de la nutrition. Chargé des agro industries et de la gestion après récolte à la Division des infrastructures rurales et des agro-industries (AGS) de la FAO, il possède 39 années d'expérience dans les domaines de l'enseignement et de la recherche avancée, principalement en sciences et technologies de l'alimentation et de la nutrition.

Diplômé en physique de l'Université du Vermont (États-Unis), **Matthew Howell** a travaillé en tant que bénévole et consultant international pour la Division AGS de la FAO.

Ingénieur agronome de nationalité bolivienne, **Adolfo Arancibia** est titulaire d'une maîtrise en administration et en organisation agro industrielles. Il est administrateur général de la «Fundación Poscosecha» et travaille pour la Division AGS de la FAO en tant que consultant international.

Le silo métallique familial – Vision technique et socioéconomique de la FAO

1.1 Introduction

La conservation des graines et des céréales constitue une étape particulièrement délicate au cours de laquelle on doit s'efforcer, dans toute la mesure du possible, de réduire les pertes et de préserver la qualité. Il est dès lors indispensable de pouvoir s'appuyer sur des technologies répondant à ces impératifs. Différents systèmes d'entreposage – greniers, entrepôts, fûts métalliques, conteneurs en plastique, sacs de plastique ou de jute, silos métalliques, etc. – s'offrent au petit ou moyen exploitant, et le choix de la technologie employée sera fonction de l'intérêt porté par l'agriculteur ou par l'utilisateur à des facteurs comme la disponibilité, la facilité d'utilisation, l'efficacité et le rapport coûts bénéfices.

Le *Manuel technique sur la fabrication et l'utilisation de silos métalliques familiaux pour la conservation des céréales et légumineuses à graines* fait le point sur les aspects les plus intéressants offerts par cette technologie. Le silo métallique familial, en aidant à progresser vers la sécurité alimentaire, apparaît comme un allié essentiel de la FAO dans sa lutte contre la faim dans le monde. Au cours de la dernière décennie, il a été expérimenté et validé dans plus de 20 pays d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine.

Le silo métallique familial est une structure simple qui permet de conserver le produit sur de longues périodes et le met à l'abri de divers ravageurs comme les rongeurs, les insectes, les oiseaux, etc. En outre, à partir du moment où le produit a été convenablement séché (jusqu'à atteindre une teneur en eau inférieure à 14 pour cent dans le cas des céréales et à 10 pour cent dans le cas des graines légumineuses et oléagineuses), et à condition que le silo métallique familial soit installé sous abri, on ne constatera pas de problèmes de condensation à l'intérieur de celui-ci. La contenance des silos métalliques familiaux est généralement comprise entre 100 et 3 000 kg de produit. Un silo métallique familial d'une capacité de 1 000 kg permet de conserver la quantité de produit nécessaire à la consommation d'une famille de cinq personnes pendant un an. Un petit ou moyen exploitant disposant de plus d'un silo familial peut entreposer sa production excédentaire et la conserver de manière à pouvoir la vendre lorsque les prix seront plus intéressants, ce qui contribuera à accroître ses revenus.

1.2 En quoi le silo métallique familial est-il un allié efficace de la sécurité alimentaire

Plusieurs arguments d'ordre technique et socio-économique permettent d'affirmer que le silo métallique constitue une technologie de choix propre à renforcer la sécurité alimentaire. En effet:

- il préserve la qualité du produit en cours d'entreposage;
- hermétique, il permet de procéder à des fumigations efficaces à l'aide de produits sans effet résiduel;
- il permet de se passer d'insecticides;
- il requiert peu d'espace et peut être placé à proximité des lieux d'habitation;
- il permet d'éviter presque totalement les pertes;
- il permet de tirer parti des fluctuations des cours du grain;
- il tient à l'écart les rodeurs et autres ravageurs dont la présence pourrait nuire à la santé des consommateurs et compromettre la conservation du produit;
- d'utilisation facile, il est rentable et contribue de manière significative à la lutte contre la pauvreté;
- il est peu onéreux et à condition d'être bien entretenu, peut rester fonctionnel durant plus de 15 ans;
- il peut contenir entre 100 et 3 000 kg de produit;
- il facilite le travail des femmes;
- il peut être fabriqué sur place par une main-d'œuvre locale, à l'aide de matériaux que l'on peut se procurer facilement;
- il offre une forme décentralisée d'entreposage;
- il s'agit d'une technologie éprouvée et validée dans différents pays.

À ces différentes raisons viennent s'ajouter d'autres critères plaidant en faveur de l'adoption de silos métalliques familiaux par les petits et moyens agriculteurs, à savoir:

- l'efficacité;
- la disponibilité des matériaux servant à les fabriquer;
- le prix;
- la rentabilité;
- l'acceptation par l'utilisateur.

1.3 Pays où la FAO a introduit les silos métalliques familiaux à travers divers projets menés entre 1997 et 2013

La FAO a introduit les silos métalliques familiaux dans les pays suivants: Afghanistan, Bolivie, Burkina Faso, Cambodge, Tchad, Équateur, Gambie, Guatemala, Guinée, Honduras, Iraq, Libéria, Madagascar, Malawi, Mali, Mozambique, Namibie, Nicaragua, Panama, Pérou, Sénégal, Somalie et Timor-Leste.

À ce jour, près de 95 000 silos métalliques familiaux ont été fabriqués dans ces pays dans la perspective de former des artisans qui puissent les fabriquer, les utiliser et les gérer, et d'en équiper des agriculteurs bénéficiaires. La capacité de tous ces silos réunis s'élève à 38 000 tonnes de produit environ, soit une valeur approximative de

8 millions de dollars USD. Par ailleurs, plus de 1 500 personnes – cadres, techniciens et artisans confondus – ont été formées à la fabrication, à l'utilisation et à la gestion des silos métalliques familiaux. Cette estimation a été réalisée lors de la clôture de ces différents projets et ne tient donc pas compte de l'effet de catalyseur plus ou moins marqué qu'a eu chacun d'eux par la suite. Les agents multiplicateurs de la technologie du silo sont notamment les institutions nationales et les organisations non gouvernementales (ONG) ainsi que leur personnel.

Les projets de la FAO ont encouragé la fabrication de divers types de silos métalliques à utilisation familiale. Ces projets ont été financés par les gouvernements des pays concernés ou par des projets d'aide d'urgence soutenus par des bailleurs de fonds internationaux, ou ont été mis en œuvre, entre autres, dans le cadre du Programme de coopération technique de la FAO. Il faut souligner que de nombreuses demandes de fabrication de silos de ce type ont été reçues par le biais du programme *TeleFood*.

1.3.1 Introduction des silos métalliques familiaux en Bolivie

Une étude socioéconomique réalisée dans le cadre d'un projet du Programme de coopération mené par la FAO en Bolivie a montré que, des six technologies après récolte considérées, le silo métallique familial remportait les suffrages d'une majorité de bénéficiaires. Pour 96 pour cent des 142 agriculteurs et utilisateurs bénéficiaires sondés dans quatre départements de Bolivie, le silo métallique familial renforce la sécurité alimentaire, réduit les pertes après récolte, préserve la qualité et la sécurité sanitaire du produit et partant, favorise la santé et la nutrition de la population. Les auteurs de cette étude ont également sollicité l'avis d'autres groupes associés au projet comme les institutions de transfert de technologies, les organismes de commercialisation, les organismes publics et non gouvernementaux du secteur agricole et les techniciens et artisans intéressés par cette thématique. Tous ces intervenants se sont accordés à dire que le silo métallique familial a une incidence positive sur l'infrastructure physique et commerciale, et qu'il renforce la sécurité alimentaire des communautés bénéficiaires.

Les observations et recommandations des groupes interrogés lors de ce sondage sont résumées ci-après:

- a) Institutions de transfert de technologies:
 - l'organisation d'ateliers théoriques et pratiques, de démonstrations et d'exposés audiovisuels contribue au transfert de cette technologie;
 - l'acquisition d'un silo métallique familial peut parfaitement s'effectuer au travers d'un financement par crédit total ou partiel, ou par «troc» de travail bénévole;

- des subventions doivent être prévues pour la formation, ainsi que pour l'acquisition des matériaux de fabrication des silos métalliques familiaux.
- b) Autorités et organismes de commercialisation:
 - en agissant de manière concertée, les bénéficiaires des silos métalliques familiaux contribuent à l'impact socioéconomique de cette technologie;
 - les utilisateurs ayant suivi une formation sur les marchés et sur les réseaux d'information sont plus présents sur la scène commerciale nationale et internationale;
 - des utilisateurs qui avaient entreposé du maïs immédiatement après la récolte, alors que le cours du marché était de 13 USD/100 kg, l'ont vendu quatre mois plus tard au prix de 38 USD/100 kg;
 - le silo métallique familial permet de conserver les aliments – graines et concentrés – destinés aux bêtes et peut donc être également utilisé par les éleveurs de bétail et les producteurs de volaille.
- c) Organismes publics et non gouvernementaux actifs dans le secteur agricole:
 - le silo métallique familial contribue à la sécurité alimentaire et à l'accroissement des revenus de l'agriculteur;
 - il s'agit d'une technologie durable, de faible coût et adaptable aux conditions du pays où elle est utilisée;
 - les institutions de transfert des technologies et les techniciens et artisans sont les mieux placés pour prendre en charge la formation et la diffusion du silo métallique familial;
 - les bénéficiaires du silo métallique peuvent mettre à profit l'assistance technique qui leur est offerte, de même que les microcrédits et la recherche participative;
 - les graines d'ensemencement conservées dans un silo métallique familial conservent mieux leur couleur et leur faculté

ENCADRÉ 1

Perception du prix du silo métallique familial par les agriculteurs interrogés en Bolivie (en %)*

Bon marché	59 %
Normal	17 %
Cher	14 %
Approprié	8 %
Ne se prononce pas	2 %

Source: FAO, 2008.

*Prix du marché normal, sans subventions.

- té germinative que lorsqu'elles sont entreposées en sacs de jute ou de plastique.
- d) Techniciens et artisans:
- ces acteurs sont conscients et particulièrement satisfaits du rôle précurseur de la FAO dans l'introduction du silo métallique familial;
 - ils indiquent que plusieurs ONG ont érigé ces silos en technologie phare dans leurs programmes de travail;
 - d'après eux, les principaux problèmes rencontrés dans la phase après récolte sont (par ordre décroissant d'importance) les ravageurs (insectes, rongeurs, moisissures et oiseaux), le manque d'infrastructures d'entreposage, des pratiques de gestion médiocres, une commercialisation inadéquate et les impuretés présentes dans le produit.
- e) Agriculteurs, au sujet du prix du silo: la majorité d'entre eux recommandent de ne pas lésiner sur les ressources à engager pour l'acquisition d'un silo métallique familial, car celui-ci procure des avantages à moyen et à long terme et contribue à la sécurité alimentaire des familles.

1.3.2 Introduction des silos métalliques familiaux en Afghanistan

Le Programme d'assistance technique (PAT) de la FAO a mené, dans 42 districts répartis dans sept provinces vulnérables d'Afghanistan, deux projets consacrés aux technologies de production et d'après production destinés à renforcer la sécurité alimentaire. Le silo métallique familial a figuré parmi les technologies les plus utilisées. Les principaux résultats de cette expérience sont présentés ci-après:

- grâce au programme de formation, 25 cadres et techniciens afghans ont suivi des cours leur permettant d'acquérir les qualifications requises pour la fabrication, l'utilisation et la gestion du silo métallique familial;
- ce premier groupe a formé 61 ferblantiers et forgerons qui, à leur tour, ont formé 300 autres artisans dans le pays;
- près de 25 000 silos permettant de conserver entre 250 et 1 800 kg de produit ont été fabriqués dans les sept provinces concernées par le projet;
- des membres du personnel technique de plusieurs organismes publics et non gouvernementaux ont appris à maîtriser la technologie et ont rejoint ensuite, en tant que participants au projet, le programme national de formation sur le silo métallique familial;
- les agriculteurs bénéficiaires, après avoir comparé le silo métallique familial avec le système traditionnel d'entreposage en silos d'argile, ont conclu que le silo métallique, plus léger et plus

maniable, est également plus durable ; comme il est étanche, son contenu ne peut être attaqué par les insectes, d'où des pertes pratiquement nulles;

- des agriculteurs qui ne bénéficiaient pas directement du projet ont pris la décision d'acheter les matériaux de fabrication et de payer des artisans pour fabriquer leurs silos métalliques, ou se sont directement procuré des silos auprès de ces derniers;
- environ 4 500 silos métalliques supplémentaires ont été fabriqués par des ferblantiers/forgerons et des artisans qui, grâce à la formation prodiguée dans le cadre des projets, ont créé leurs propres microentreprises de fabrication de silos.

1.4 Le silo métallique familial, maillon fonctionnel de la chaîne infrastructurelle et logistique de distribution des graines et des céréales

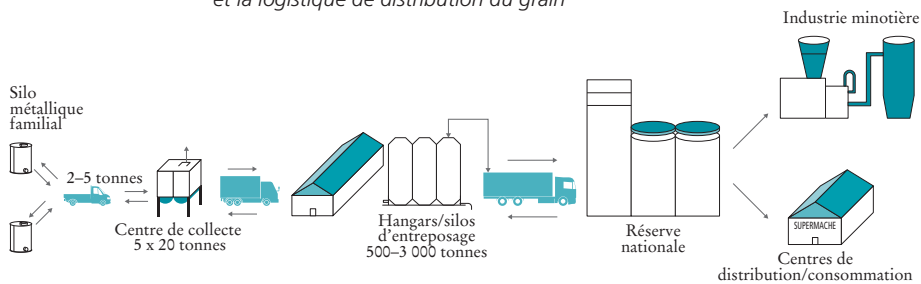
Le silo métallique familial est un maillon fonctionnel de la logistique de distribution des graines et des céréales appelée à assurer la sécurité alimentaire. Prenons l'exemple d'une communauté agricole comptant 1 000 personnes, soit 200 familles environ, dont chacune consomme un peu plus de 1 kg de produit par jour, ce qui représente environ une demi tonne par famille et par an. À supposer que chaque famille dispose d'un silo dans lequel elle conserve une tonne de produit, la quantité totale de produit stocké pour les 200 familles s'établit à 200 tonnes. Déduction faite des 100 tonnes que représente la consommation annuelle, une centaine de tonnes restent disponibles pour d'autres usages, ou pour la vente. Le produit peut être vendu à d'autres consommateurs, aux collectivités locales ou à des coopératives qui pourront éventuellement opérer un regroupement dans des centres de collecte communaux. Dans l'exemple représenté ci-dessus, ces derniers consistent en cinq unités de 20 tonnes chacune. Le produit stocké dans ces installations peut ensuite être transporté vers d'autres centres d'entreposage de plus grande capacité, par exemple des structures de 500 à 3 000 tonnes généralement implantées à la périphérie des villes. Le cas illustré par la figure 1 fait clairement ressortir la place qu'occupe le silo métallique familial dans la logistique de distribution du produit, et partant, son importance pour la sécurité alimentaire.

1.5 Étapes essentielles à respecter pour un bon usage du silo

Il est important de rappeler que le fonctionnement efficace d'un silo conçu pour la conservation des graines et des céréales repose en grande partie sur un protocole d'utilisation adéquat. Cela signifie, en substance, que les étapes essentielles illustrées à la figure 2 doivent être respectées.

FIGURE 1

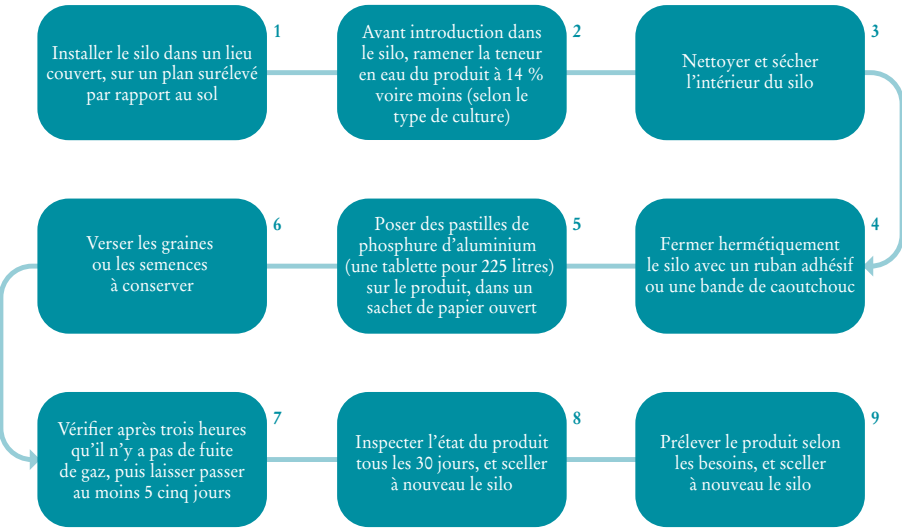
*La place du silo dans l'infrastructure
et la logistique de distribution du grain*



Source: D. Mejía, 2008.

FIGURE 2

Étapes essentielles à respecter pour un bon usage du silo



Source: FAO, 2008.

1.6 Coût du silo métallique familial

Les coûts de production qui figurent dans l'encadré 2 sont calculés uniquement sur la base du prix des matériaux, de la main-d'œuvre et de l'amortissement des outils. Ces chiffres ne tiennent donc pas compte du coût des services, ni du transport du silo vers le lieu de destination. Si les coûts présentés ici varient en fonction des circonstances propres à chaque pays, les prix pratiqués pour les silos restent toutefois généralement accessibles.

Les projets mis en œuvre par la FAO préconisent des stratégies d'acquisition comme le recours à des crédits renouvelables ou le paiement sous la forme de grain. Le coût d'entreposage par kg de produit est d'autant plus faible que la capacité du silo est importante. Il est généralement recommandé d'entreposer les graines d'ensemencement en silos de petite capacité et les céréales et graines destinées à la consommation, dans des silos de plus grande contenance.

1.7 Conditions essentielles à observer pour la fabrication et l'adoption réussie du silo métallique familial

a) Des techniciens agricoles et des artisans (ferblantiers et forgerons) formés pour diffuser, au sein des communautés agricoles, le savoir relatif à la fabrication, à l'utilisation et à la gestion du silo (photo 1).

ENCADRÉ 2

Coût de production, par capacité, du silo métallique familial dans plusieurs pays où la FAO a mené des projets (en dollars USD)

Pays	120 kg	250 kg	500 kg	900 kg	1 800 kg
Afghanistan	–	28	70	–	92
Bolivie	20	35	60	77	111
Burkina Faso	26	29	42	56	70
Cambodge	12	20	30	–	50
Tchad	–	66	97	128	187
Guinée	–	–	59	–	70
Madagascar	–	40	50	70	100
Malawi	–	22	45**	60***	–
Mozambique	20	34	54	75	–
Namibie	–	–	22*	–	–
Sénégal	23	42	60	76	100

Source: FAO, 2008.

Coût hors subventions; *silo de 400 kg; **silo de 700 kg; ***silo de 1 000 kg.

■ 1 – Le silo métallique familial – Vision technique et socioéconomique de la FAO

PHOTO 1

Techniciens et artisans



©FAOD. Mejia-Lorio

Pour fabriquer des silos, il faut des plaques de tôle galvanisée de 100 cm x 200 cm et d'une épaisseur de 0,5 mm (calibre 26), ainsi qu'un jeu d'outils ordinaires et spéciaux (photo 2).

PHOTO 2

Outils et plaques de tôle



©FAOD. Mejia-Lorio

Avant d'introduire le produit dans le silo, il faut le sécher, c'est-à-dire ramener sa teneur en eau à 14 % au maximum dans le cas des céréales, et à moins de 10 % dans le cas des légumineuses et des graines oléagineuses. Un séchage qui ne serait pas correctement effectué peut entraîner une perte totale du produit (photo 3).

PHOTO 3

*Séchage des graines
avant entreposage*



©FAO/D. Mejía-Lorio

Le silo contenant le produit doit être placé à l'abri du soleil et de la pluie (photo 4).

PHOTO 4

Silo sous abri



©FAO

1.8 Stratégies mises en œuvre par la FAO pour transférer la technologie du silo métallique familial

La FAO fait appel à plusieurs stratégies pour transférer la technologie du silo métallique familial:

- Coopération Sud-Sud et organisation d'ateliers de formation d'une durée de une à deux semaines;
- mise sur pied, pour formation, d'un premier groupe se composant habituellement de 15 à 20 cadres et techniciens spécialisés dans les activités après récolte au sein des institutions nationales du secteur agricole;

■ 1 – Le silo métallique familial – Vision technique et socioéconomique de la FAO

- mise sur pied d'un second groupe composé d'agriculteurs, d'artisans (ferblantiers et forgerons) et de techniciens d'organismes non gouvernementaux ou d'autres institutions apparentées;
- promotion du silo métallique familial au travers de démonstrations et par la publicité, ce qui permet d'atteindre directement et indirectement une masse critique d'acteurs socioéconomiques concernés par la question – agriculteurs, techniciens, artisans, commerçants, transporteurs et, plus généralement, consommateurs.

1.9 Conclusions

Le silo métallique familial, en prévenant les pertes après récolte, se révèle être une technologie particulièrement intéressante du point de vue de la sécurité alimentaire, en particulier pour les petits et moyens exploitants. Il constitue par ailleurs un maillon important de la chaîne de distribution. Dans la majorité des pays où il a été introduit, le silo métallique familial a eu un effet positif et de masse critique pour les différents acteurs associés directement et indirectement à la filière de production et de distribution du grain.

Composantes du silo et aspects à tenir en compte pour sa fabrication

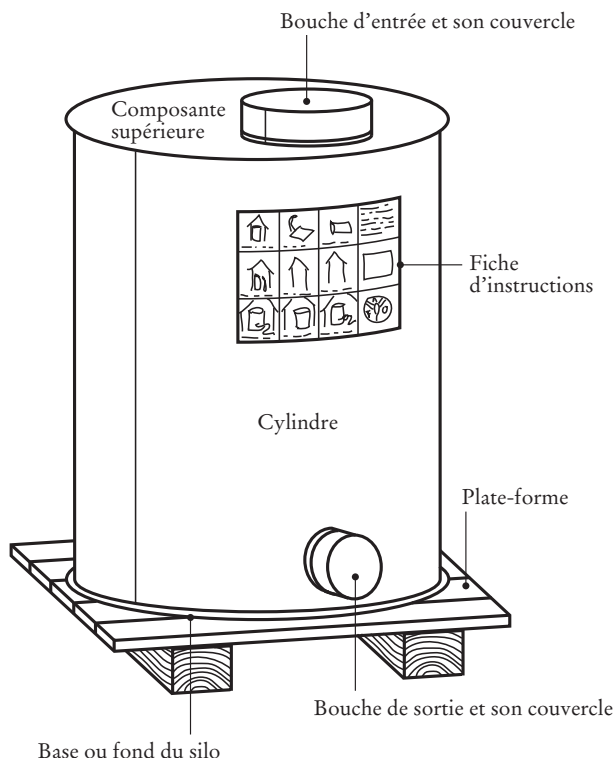
■ 2 – Composantes du silo et aspects à tenir en compte pour sa fabrication

2.1 Composantes du silo

La figure 3 ci-dessous représente le silo métallique familial avec ses différentes composantes.

FIGURE 3

Composantes du silo



2.2 Aspects à tenir en compte pour la fabrication de silos

2.2.1 Souplesse

Il se peut qu'au moment de réunir et de passer en revue l'outillage et les matériaux nécessaires à la fabrication du premier silo, vous ne trouviez pas tout ce qui figure sur la liste. Les outils que vous allez utiliser doivent rester simples. Si vous ne parvenez pas à trouver certains d'entre eux, vous pouvez demander à des collègues forgerons ou ferblantiers de vous indiquer où trouver d'autres matériaux de soudage, et de vous conseiller sur l'utilisation de nettoyants et de désoxydants ou sur les substances pouvant faire office d'adjuvants de soudage.

L'épaisseur des plaques de tôle galvanisée peut varier légèrement. Souvenez-vous que des plaques épaisses seront parfois plus difficiles à découper à l'aide de cisailles, et que des plaques trop minces risquent de ne pas être suffisamment résistantes pour des silos de grande taille. L'épaisseur des plaques ne sera jamais inférieure à 0,4 mm. La proportion étain/plomb dans la soudure peut également varier: un rapport 50/50 est idéal, mais une combinaison de 35 pour cent d'étain pour 65 pour cent de plomb reste acceptable.

Les fers à souder de cuivre chauffés au charbon sont des outils à la fois utiles et peu onéreux que l'on peut confectionner et utiliser pratiquement partout. Dans certaines régions où il est possible de se procurer des bouteilles de propane à moindre coût, on pourra faire appel des chalumeaux à gaz, qui seront également utiles pour d'autres tâches en rapport avec le travail des métaux.

2.2.2 Sécurité

Des précautions doivent être prises afin que l'opérateur et sa famille ne soient pas exposés au plomb, à savoir:

- ne pas respirer les vapeurs qui se dégagent en cours de soudage;
- prévoir une bonne ventilation à l'intérieur de l'atelier;
- se laver les mains avant de manger, de boire ou de fumer;
- ne pas laisser les enfants s'approcher de la zone de travail;
- humidifier le sol lors du balayage afin de diminuer la production de poussière;
- conserver les résidus de soudure dans un récipient distinct en vue de les donner à un ferrailleur;
- porter des vêtements de travail et laisser ces derniers à l'atelier, ou les enlever avant de rentrer dans les habitations;
- ne jamais enterrer ou jeter du plomb à proximité des habitations, des sources ou des terres agricoles;
- les bords découpés des pièces métalliques étant très coupants, porter des gants et des chaussures spéciaux et utiliser une brosse pour nettoyer l'établi et le sol des résidus ou rognures qui s'y trouveraient;
- quand vous utilisez de l'acide, protégez-vous les yeux au moyen de lunettes ou d'un masque. Gardez toujours de l'eau propre dans l'atelier ainsi qu'un neutralisateur d'acide, comme du bicarbonate de soude (à usage culinaire) ou du carbonate de calcium. Ne versez pas l'acide directement depuis le récipient dans lequel il est conditionné: les éclaboussures éventuelles peuvent revenir cher et s'avérer dangereuses. Utilisez plutôt un petit flacon de verre de 50 à 100 ml muni d'un bouchon ou d'un couvercle. Fixez-y une étiquette portant le mot «ACIDE» en caractères bien lisibles et conservez-le en lieu sûr.

■ 2 – Composantes du silo et aspects à tenir en compte pour sa fabrication

2.2.3 Bâtons-témoins

On utilisera un bâton-témoin pour reporter les mesures des différentes composante ou pièces du silo. Le bâton-témoin s'avère particulièrement utile pour la découpe de pièces de grandes dimensions qui exigeraient normalement des patrons ou des modèles encombrants. Il s'agit d'un morceau de bois ressemblant à une règle, c'est-à-dire présentant des graduations, dont on pourra s'aider pour régler l'écartement du compas et marquer le contour des grandes pièces. Grâce au bâton-témoin, il ne sera plus nécessaire d'utiliser un ruban métrique, ce qui peut aider à éviter les erreurs de mesure. Il est également utile – et c'est important – pour marquer la longueur de la bande/du col d'entrée dans différents cas de figure, comme on peut le voir aux figures 4 et 5.

FIGURE 4

Utilisation d'un bâton-témoin pour régler l'ouverture du compas et tracer le contour de la bouche d'entrée

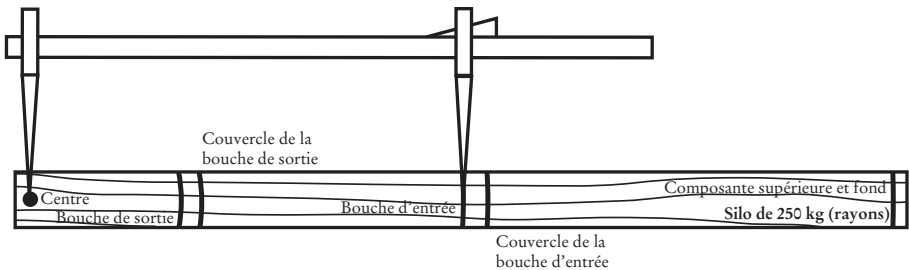


FIGURE 5

Utilisation d'un bâton-témoin pour marquer la longueur de la bande de la bouche d'entrée

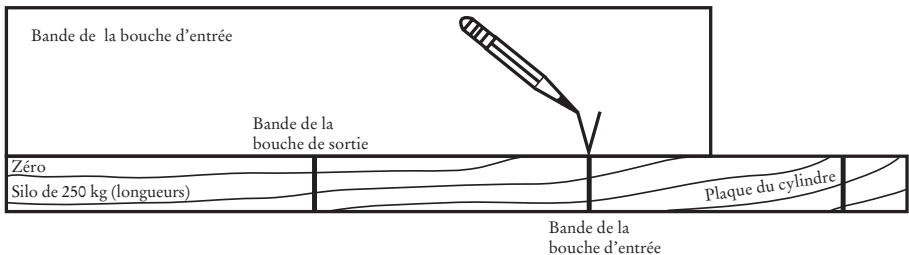
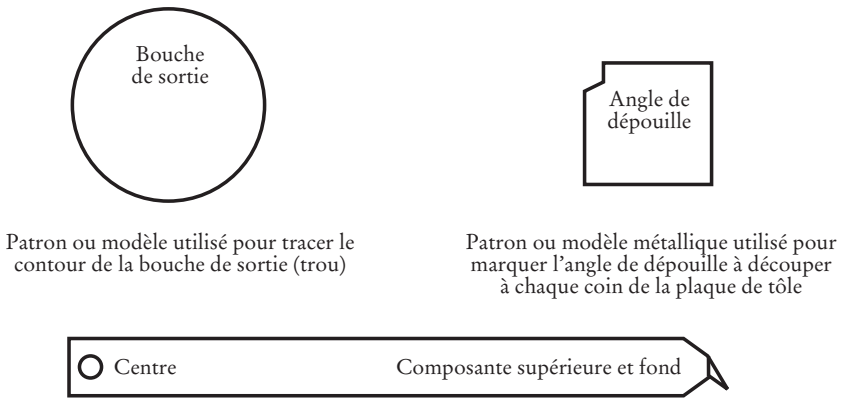


FIGURE 6

Modèles ou patrons



Patron ou modèle utilisé pour tracer le contour de la bouche de sortie (trou)

Patron ou modèle métallique utilisé pour marquer l'angle de dépouille à découper à chaque coin de la plaque de tôle

Modèle ou patron métallique permettant de tracer des cercles de grandes dimensions quand on ne dispose pas d'un grand compas

2.2.4 Modèles ou patrons

Pensez à fabriquer des modèles ou des patrons pour certaines pièces de petites dimensions composant le silo, de manière à gagner du temps lors du marquage des tôles en vue de leur découpage. Pour ce faire, vous pouvez utiliser du bois, du plastique, du papier bristol, du papier, du carton ou des déchets métalliques. Confectionnez les modèles ou patrons avec soin. Indiquez-y, en caractères lisibles, le nom de la pièce et la taille du silo et conservez ensemble les patrons correspondant à chaque taille de silo.

2.2.5 Déchets et recyclage

Nettoyez l'espace de travail fréquemment et ne jetez pas les restes de tôle, car vous pouvez les revendre à un ferrailleur. Rassemblez les petits morceaux dans un seau. Par contre, conservez toutes les grandes découpes, car vous pourrez les utiliser pour réparer des silos endommagés. Vous pourrez également les utiliser pour d'autres projets de petites dimensions, ou les revendre à un collègue forgeron ou ferblantier.

2.2.6 Aménagement de l'atelier

Quelques améliorations simples peuvent vous aider à travailler à la fois plus rapidement et plus confortablement. Si, par exemple, vous devez construire de nombreux silos, vous serez peut-être amené à

■ 2 – Composantes du silo et aspects à tenir en compte pour sa fabrication

plusieurs types de plaques en une seule fois. Vous construirez alors une étagère pour les ranger ces dernières, de manière à ce qu'elles ne vous encombrent pas durant votre travail et pour éviter qu'elles ne s'abîment.

2.2.7 *Le principe d'étanchéité*

L'étanchéité est l'essence même de la technologie sur laquelle reposent les silos métalliques domestiques. Elle se définit comme l'aptitude du silo à isoler totalement son contenu de l'extérieur, de manière à ce que ni les insectes, ni l'humidité ne puissent y pénétrer et à l'inverse, de sorte que les gaz de fumigation ne puissent s'en échapper. Les gaz de fumigation sont en effet toxiques, voire mortels, et toute émanation de gaz en provenance du silo exposerait la famille de l'agriculteur à un grave danger. Pour cette raison, on n'installera jamais un silo à l'intérieur d'une habitation.

Pour obtenir une étanchéité totale et permanente, le ferblantier ou le forgeron doit avant tout réaliser une bonne soudure plomb étain. Celle-ci viendra par ailleurs consolider le silo et aidera à prévenir une ouverture des plis au moment du remplissage à l'aide du grain. Pour ces raisons, il importe que tous les plis et jointures soient soudés, nettoyés et vérifiés avec soin, de manière à déceler des trous éventuels. Tous les orifices, même les plus petits, doivent être comblés avec de la soudure.

La méthode la plus simple consiste, plutôt que de contrôler tous les plis et jointures une fois le silo terminé, à vérifier chaque soudure immédiatement après l'avoir réalisée.

En général, la présence de petits trous sera constatée aux emplacements suivants:

- sur le pourtour des ouvertures (bouches) d'entrée et de sortie;
- au point de jonction entre les soudures reliant le cylindre à la composante supérieure/au fond;
- autour des petits clous utilisés pour renforcer les jointures ou pour fixer les poignées des couvercles – bien qu'il faille, dans la mesure du possible, éviter d'utiliser des clous.

Outils, matériaux et équipement

■ 3 – Outils, matériaux et équipement

En plus des matériaux et instruments indispensables à la construction du silo énumérés ci-après, on a besoin, pour travailler, d'un lieu et d'une surface de travail bien aménagés.

3.1 Outils communs

On peut se procurer la plupart des outils communs dans une quincaillerie. En voici la liste:

- a) une équerre de 25 cm au moins;
- b) un ruban à mesurer (mètre-ruban) métallique flexible de 3 m au moins;
- c) une paire de pinces de 1 cm de large ou une pince universelle;
- d) un marteau à panne carrée de 300 à 400 grammes;
- e) un burin de 1,5 cm de large;
- f) une paire de cisailles de ferblantier, numéro 12, de bonne qualité;
- g) une brosse à poils métalliques;
- h) un petit pinceau à acide, ou un compte-goutte en plastique;
- i) un grand tournevis plat;
- j) un pinceau de peintre de 5 cm de large;
- k) deux petits étaux à écartement minimum de 6 cm;
- l) deux ou trois fers à souder à panne de cuivre de 500 à 750 grammes;
- m) un fourneau à charbon ou une lampe à souder pour les fers à souder;
- n) une paire de gants pour se protéger les mains;
- o) des lunettes de protection, un masque ou une visière pour se protéger les yeux;
- p) une brosse à métal pour balayer les rognures métalliques sans se blesser les mains;
- q) un crayon à mine de graphite ou une pointe à tracer métallique pour marquer la tôle;
- r) un marqueur ou une pointe feutre pour marquer les pièces du silo et les identifier;
- s) une caisse simple, pour ranger le petit outillage.

3.2 Outils spéciaux

Certains de ces outils peuvent être fabriqués par un ferblantier ou un forgeron. Les autres pourront être fabriqués par l'artisan ou par l'agriculteur lui-même.

- un fer à marteler: il s'agit d'un gros morceau de métal de 500 grammes environ – un vieux fer à repasser ou une grande panne de marteau feront l'affaire;

FIGURE 7

Outils communs

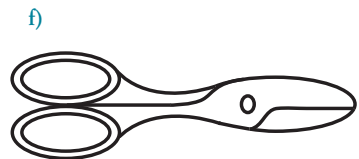
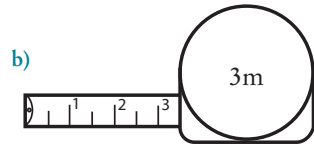
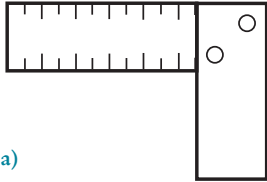
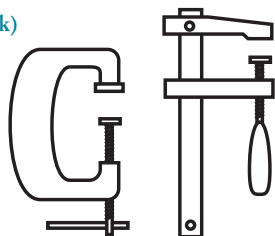


FIGURE 7 (suite)

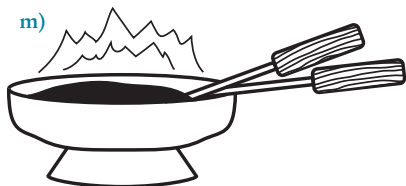
Outils communs

k)



l)

m)



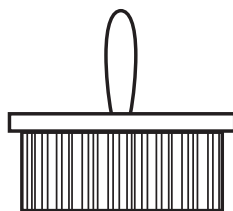
n)



o)



p)



q)



r)



s)

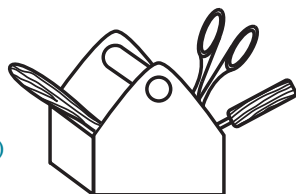
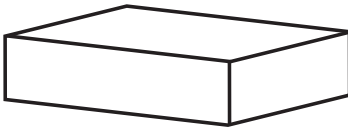


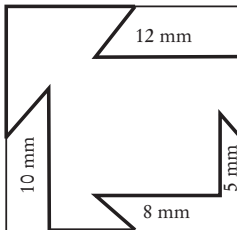
FIGURE 8

Outils spéciaux

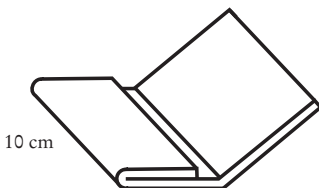
Un fer à marteler: il s'agit d'un gros morceau de métal de 500 grammes environ – un vieux fer à repasser ou une grande panne de marteau feront l'affaire.



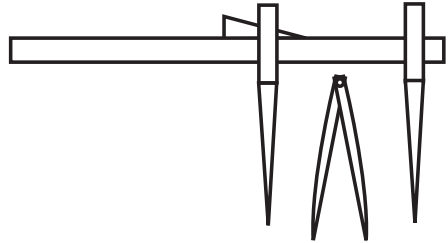
Une jauge métallique découpée à différentes mesures qui servira de traçoir. Les mesures doivent être précises



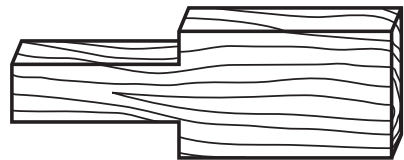
Un calibre découpé dans la tôle utilisée pour le silo ou une pièce soudée, pour fermer les plis (figure)



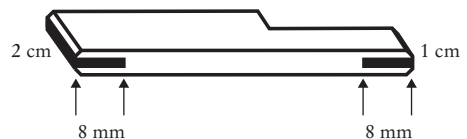
Un grand compas pouvant s'ouvrir à 65 cm; un petit compas pourra également être nécessaire pour tracer des cercles de plus petites dimensions.



Une massette en bois; on peut utiliser un gros morceau de bois de 5 x 10 x 30 cm pourvu d'un manche de 10 cm.



Une plieuse pour tôle consistant en une petite barre métallique de 2 cm de large, 0,5 cm d'épaisseur et 5 à 10 cm de long pourvue, à chacune de ses extrémités, d'entailles de 8 et de 8 mm de profondeur (ces mesures sont importantes)

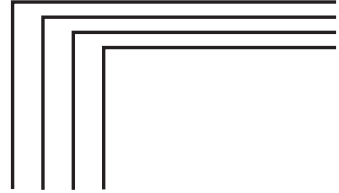


■ 3 – Outils, matériaux et équipement

FIGURE 9

Matériaux pour silos d'une capacité comprise entre 0,159 m³ et 2,410 m³

Plaques de tôle d'acier galvanisé de 0,5 mm d'épaisseur (ou équivalent calibre 26), généralement de 200 cm de long sur 100 cm de large (pour d'autres dimensions, voir les plans dans les annexes)



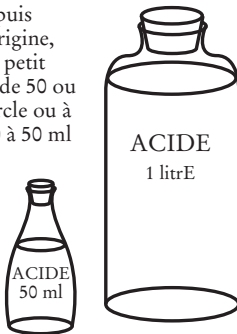
Soudure en barrettes ou en rouleau, idéalement en alliage d'étain et de plomb à parts égales (300 g à 1 kg par silo)

50% Sn / 50% Pb

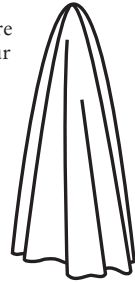
Adjuvant de soudage ou désoxydant, par ex. sel d'ammoniaque ou pierre ammoniacale (chlorure d'ammonium) (de 20 à 50 g par silo)



Acide chlorhydrique ou muriatique à 10 pour cent; ne pas verser l'acide directement depuis l'emballage d'origine, mais utiliser un petit flacon de verre de 50 ou 100 ml à couvercle ou à bouchon (de 20 à 50 ml par silo)



Savon en poudre et chiffons, pour nettoyer



Peinture antirouille de couleur aluminium (80–250 ml/silo); ne jamais utiliser de peinture à base de plomb



Charbon pour chauffer les fers à souder (2–6 kg par silo) ou bouteilles de gaz si disponibles



- un grand compas pouvant s'ouvrir à 65 cm; un petit compas pourra également être nécessaire, afin de tracer des cercles de plus petites dimensions;
- une jauge métallique découpée suivant plusieurs mesures précises;
- une massette en bois; on peut utiliser un gros morceau de bois de 5 x 10 x 30 cm pourvu d'un manche de 10 cm;
- un calibre du même métal que celui utilisé pour fabriquer le silo et replié sur un côté ou une pièce coudée, pour former les plis;
- une plieuse, à savoir une petite barre métallique de 2 cm de large, 0,5 cm d'épaisseur et de 5 à 10 cm de long pourvue, à chacune de ses extrémités, d'entailles de 8 et de 8 mm (ces mesures sont importantes).

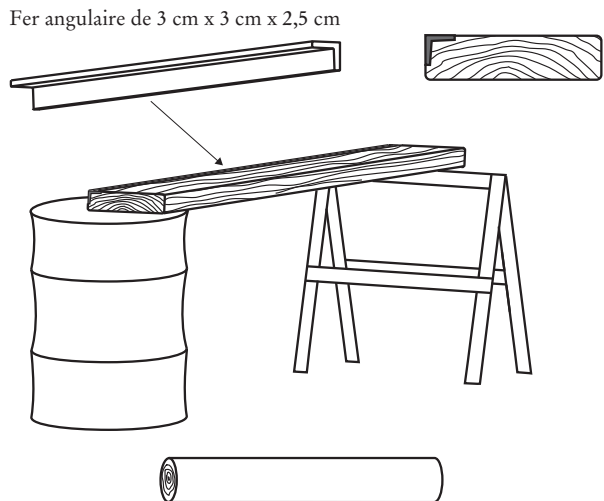
3.3 Matériaux

C'est au moyen des matériaux que l'on va fabriquer le silo. Les quantités à prévoir pour des silos d'un volume compris entre 0,159 m³ et 2,410 m³ sont précisées plus loin.

3.4 Description de l'établi

Le travail s'effectuera sur un établi simple (à construire éventuellement sur le modèle de la figure 10). Un bord du plateau de bois sera

FIGURE 10
Établi



■ 3 – Outils, matériaux et équipement

recouvert d'un fer angulaire. Les matériaux nécessaires à la fabrication de l'établi sont:

- une grosse planche de bois de 5 cm d'épaisseur sur 25 cm de large et 2,5 de long;
- un rondin de bois de 1 m de long pour un diamètre de 10 cm;
- un fer angulaire de 3 cm x 3 cm x 2,5 m;
- deux barils ou tréteaux de 80 cm de hauteur environ.

On peut également utiliser une bonne table de travail bien solide sur laquelle on aura fixé un fer angulaire.

Atelier et compétences techniques de base

■ 4 – Atelier et compétences techniques de base

4.1 Atelier

L'espace de travail peut être très simple. Pour fabriquer des silos de grande taille, il faudra prévoir un atelier de 2,5 m sur 5 m au moins, avec un sol en dur (idéalement revêtu de ciment), et une petite table où seront rangés les outils. Ces derniers sont précieux car ils garantissent un travail de qualité. Si vous ne pouvez pas les mettre sous clé, emportez-les chez vous.

4.2 Compétences techniques de base

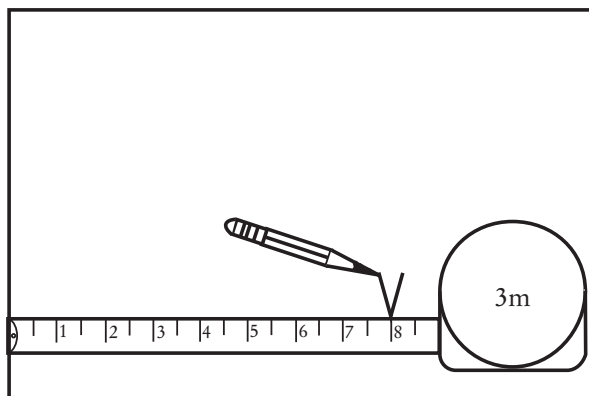
Il s'agit des aptitudes qui devront être mises en œuvre à chaque étape du processus de fabrication du silo.

4.2.1 Prendre et marquer des mesures

Le mètre-ruban métallique est pourvu d'un crochet à son extrémité. Placez le crochet sur le bord de la tôle et faites une marque en forme de V, en plaçant la pointe du V sur la mesure que vous avez prise. Le mètre-ruban doit être parallèle au bord sur lequel on effectue la mesure.

FIGURE 11

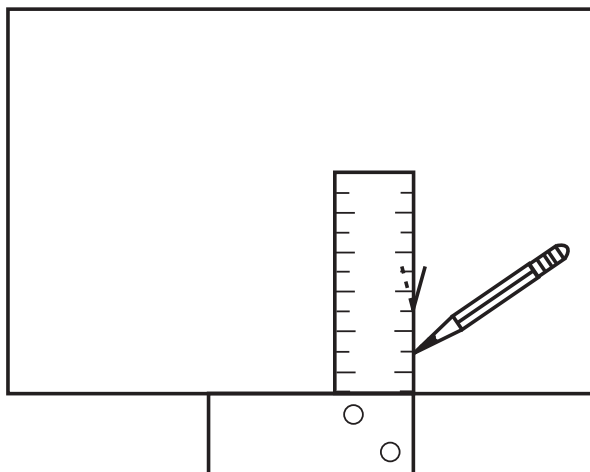
Utilisation du mètre-ruban pour faire une marque à 8 cm



L'équerre permet de faire des marques à angle droit (90°) par rapport au bord de la tôle. Utilisez-la pour des traits courts. Placez le talon de l'équerre le long du bord de la tôle, et faites correspondre la lame avec la marque en V que vous avez faite à l'aide du mètre-ruban.

FIGURE 12

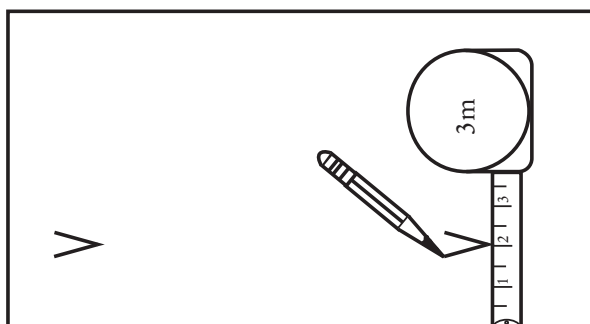
Utilisation de l'équerre



Deux points ou marques sont nécessaires pour faire un trait long. Utilisez le mètre-ruban pour faire deux marques à 2 cm à partir du bord de la tôle.

FIGURE 13

Utilisation du mètre-ruban

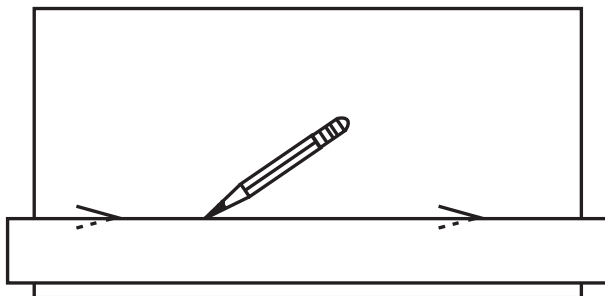


Reliez les marques/points au moyen d'une règle plate.

■ 4 – Atelier et compétences techniques de base

FIGURE 14

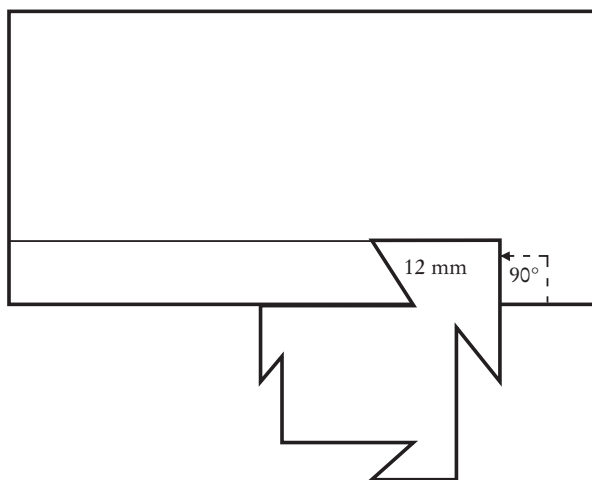
Relier les marques/points



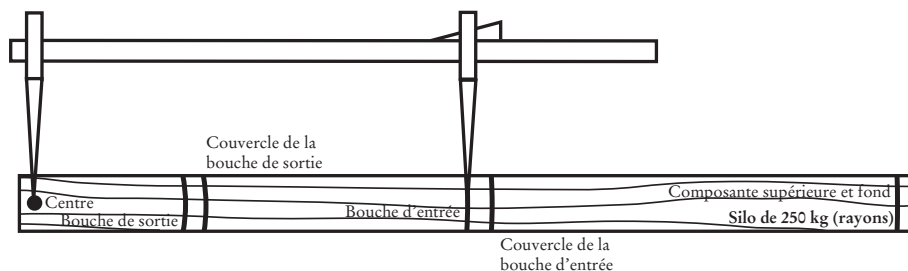
La jauge permet de tracer une ligne parallèle au bord de la tôle. La figure 15 montre comment l'utiliser pour tracer une ligne à 12 mm du bord. Vous devez placer l'instrument perpendiculairement au bord de la tôle.

FIGURE 15

Utilisation de la jauge



On s'aidera du compas pour tracer les cercles. Utilisez le bâton témoin pour mesurer l'écartement des pointes du compas, et réglez le compas sur la marque appropriée.

FIGURE 16*Utilisation du bâton-témoin*

Une fois le compas réglé sur la bonne marque, utilisez-le comme illustré à la figure 17 pour trouver l'emplacement du centre du cercle (ne pas trop appuyer, de manière à ne pas abîmer la galvanisation). Tracez le cercle (figure 18).

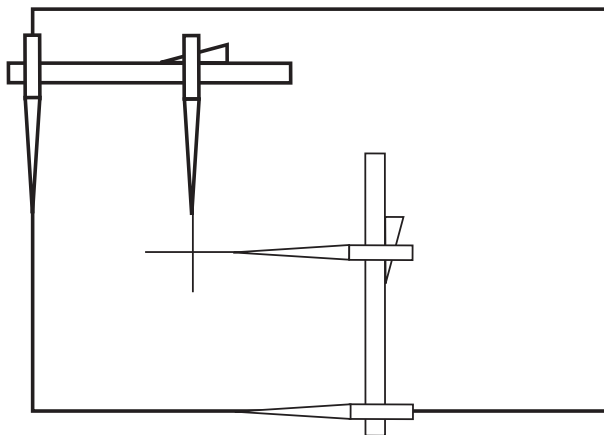
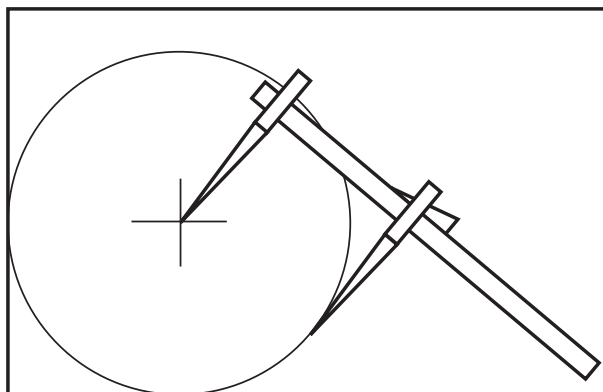
FIGURE 17*Utilisation du compas*

FIGURE 18

Tracé du cercle



4.2.2 Souder

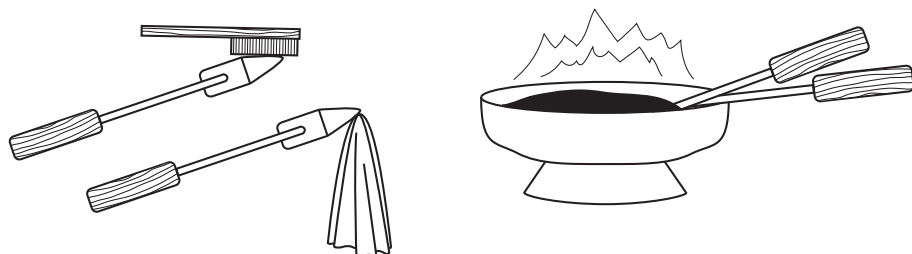
Le soudage constitue une autre étape importante du processus de fabrication. On apprendra à souder vite et bien, de manière à gagner du temps et à économiser la soudure et le charbon de bois. Une bonne connaissance de cette technique aidera également à fabriquer des silos de bonne qualité qui resteront longtemps fonctionnels.

On commence par préparer les fers à souder. La panne du fer à souder utilisé doit être propre et recouverte d'étain. Commencez donc par la nettoyer au moyen de la brosse à poils métalliques, puis essuyez-la à l'aide d'un chiffon.

Placez ensuite les fers au feu. Les fers à souder ne doivent jamais être portés au rouge vif car outre la perte de temps et le gaspillage de charbon qui en résulteraient, une température trop élevée risque d'endommager le cuivre.

FIGURE 19

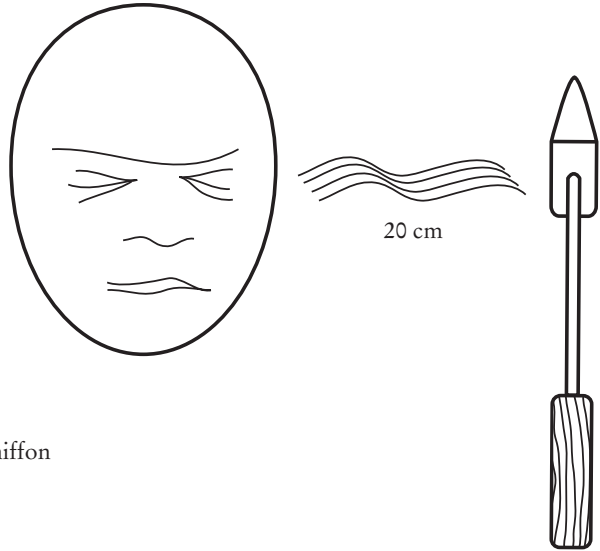
Nettoyage et chauffage des fers à souder



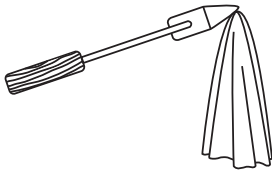
Retirez un des fers du feu pour vérifier si la température voulue est atteinte (les fers sont prêts à être utilisés si vous pouvez les tenir à juste 20 cm de votre visage).

FIGURE 20

Fers ayant atteint une température suffisante



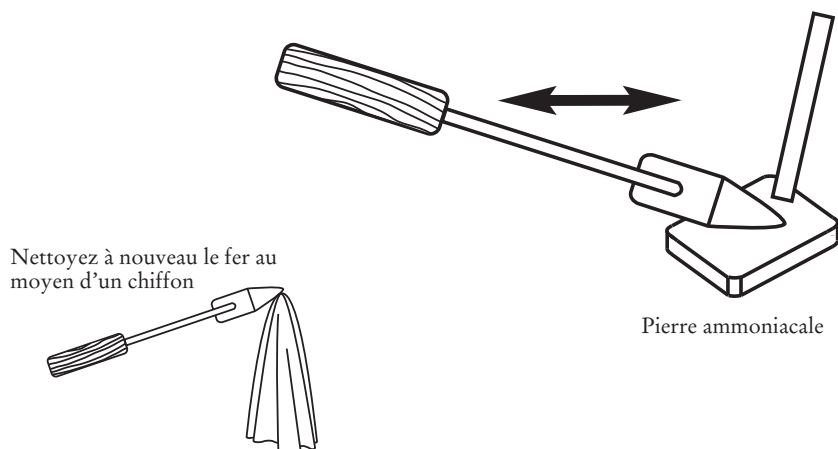
Nettoyez le fer à l'aide d'un chiffon



Frottez doucement la pointe du fer sur la pierre ammoniacale en débordant légèrement sur les côtés, et appliquez de la soudure jusqu'à ce que la pointe en soit recouverte. Cette opération est appelée «étamage du fer à souder». Vous pouvez également utiliser de la résine versée sur un disque plat et mélangée à un peu de sable.

FIGURE 21

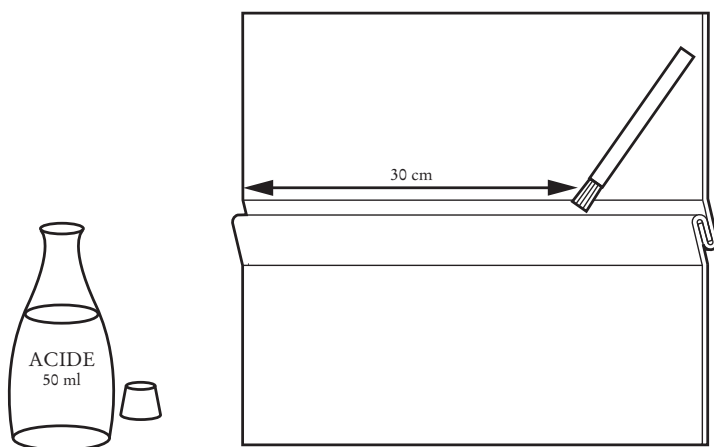
Étamage du fer à souder



Juste avant de souder, appliquez un peu d'acide sur la jointure. S'il s'agit d'une soudure longue, n'appliquez l'acide que sur 30 cm au maximum. Veillez à ne pas répandre de l'acide sur d'autres parties de la tôle.

FIGURE 22

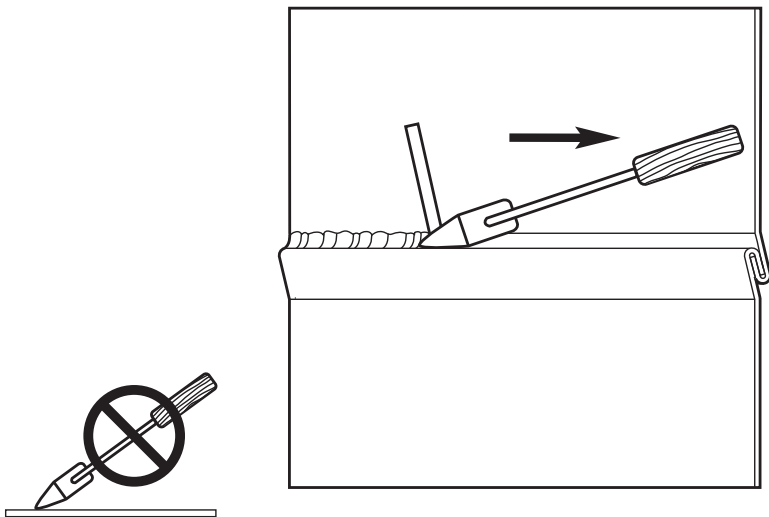
Application de l'acide



Utilisez la face nettoyée du fer pour faire fondre la soudure dans la jointure. Inclinez le fer à souder de manière à ce que la face complète de ce dernier recouvre la jonction et faites doucement glisser le fer sur la longueur voulue au fur et à mesure de la fonte de la barrette. Si vous remarquez la présence d'un trou, revenez en arrière et recouvrez-le. Lorsque la soudure ne fond plus facilement, remettez le fer utilisé au feu et servez-vous de l'autre fer.

FIGURE 23

Utilisation du fer pour faire fondre la soudure



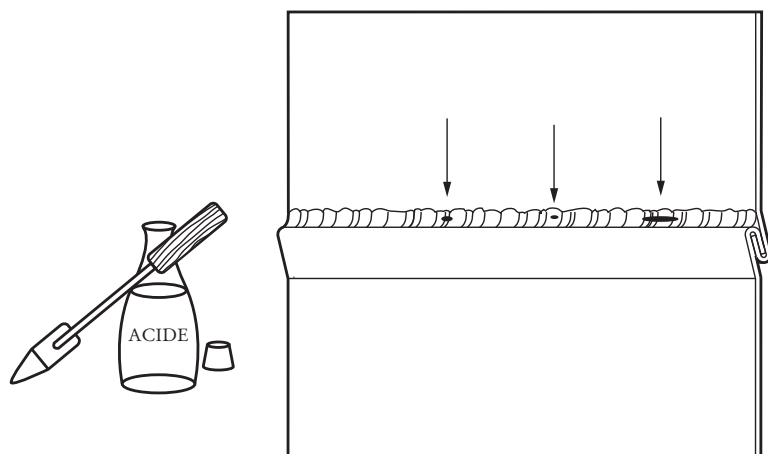
! Important!

Utilisez toute la face du fer à souder, pas seulement la pointe.

Vérifiez la jointure sur toute sa longueur pour déceler des trous éventuels. Si c'est le cas, bouchez-les immédiatement. Appliquez une goutte d'acide à l'endroit voulu et faites fondre un peu de soudure dans le trou.

FIGURE 24

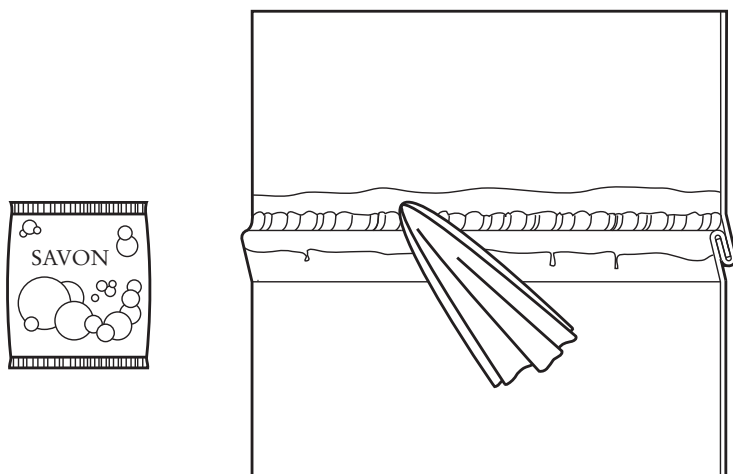
Bouchage des trous



Utilisez un chiffon, de l'eau et du savon pour nettoyer les zones qui ont été en contact avec l'acide. Séchez la zone au moyen d'un autre chiffon ou d'un linge.

FIGURE 25

Séchage de la zone



4.2.3 *Considérations relatives à l'étanchéité du silo*

Une soudure adéquate des plis permet d'obtenir une étanchéité satisfaisante (voir paragraphe 2.2.7.), et des clous ou des rivets ne seront dès lors pas nécessaires. Au contraire, la présence, sur un silo terminé, de clous et de rivets indique que les plis n'ont pas été réalisés correctement.

Utiliser de la peinture pour boucher les trous ou des produits de scellage pour les jointures ne rendra pas forcément le silo plus résistant, ou complètement étanche. Gardez-vous d'utiliser de la peinture pour boucher les trous, car celle-ci finira par s'écailler, au détriment de l'étanchéité du silo.

Réalisez toutes les jointures et tous les plis avec soin, scellez les et renforcez-les avec de la soudure. Une réalisation précise des jointures et des plis combinée à l'utilisation d'une soudure appropriée sera la garantie d'un silo solide et durable qui, moyennant un bon entretien, pourra rester fonctionnel durant 15 à 20 ans.

Autre détail important, les cols des couvercles d'entrée et de sortie doivent être moins hauts que les cols des bouches, de manière à conserver, au niveau des espaces de fermeture, un espace suffisant pour placer les bandes de caoutchouc ou le ruban adhésif destinés à assurer l'étanchéité des couvercles.

Dans tous les cas, veillez à:

- réaliser toutes les jonctions et tous les plis avec soin;
- souder toutes les jonctions et tous les plis avec une soudure plomb-étain;
- nettoyer et vérifier toutes les jointures soudées;
- boucher tous les trous avec de la soudure.

Ne jamais utiliser:

- de clous ou de rivets;
- de produits de scellement pour les jointures;
- de la peinture pour boucher les trous.

Pour être certain, une fois le silo fabriqué, que celui-ci ne présente pas de petits orifices ou ouvertures qui seraient passés inaperçus, on peut vérifier son étanchéité avant de le mettre en service, par exemple en remplissant le silo d'eau de manière à s'assurer qu'il n'y a pas de fuites au niveau des jointures et des plis. Il s'agit d'une méthode à la fois pratique et recommandable permettant de contrôler l'étanchéité du silo.

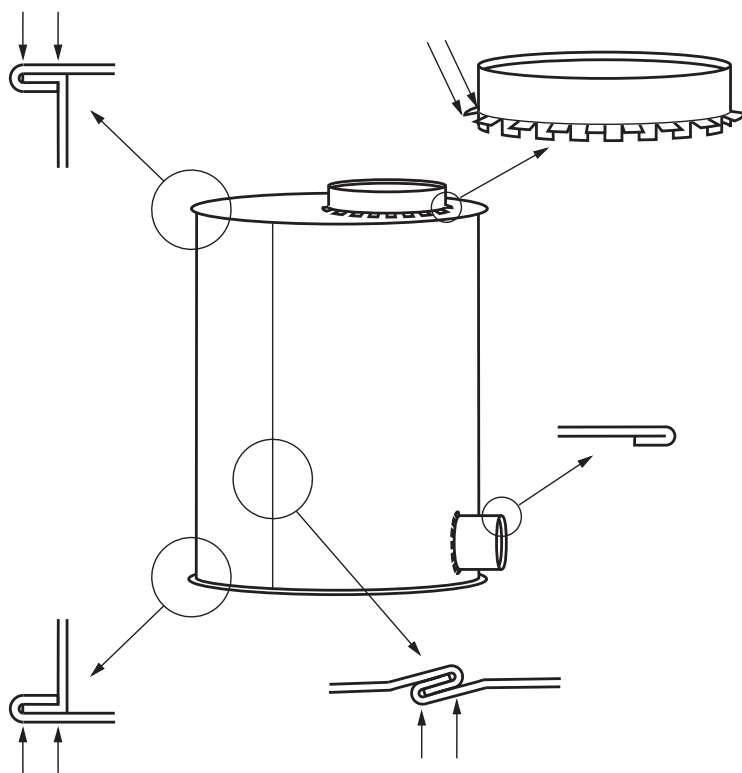
Par ailleurs, il est indiqué et important, une fois l'étanchéité confirmée au moyen de ce procédé et avant d'utiliser le silo, d'éliminer toute trace d'eau qui pourrait persister à l'intérieur en le séchant

et en l'aérant comme il se doit. Ceci permet d'éviter que le grain sec destiné à être versé et conservé dans le silo ne devienne humide.

La figure 26 indique certains points précis du cylindre qu'il convient de vérifier afin d'exclure la présence d'orifices et d'ouvertures.

FIGURE 26

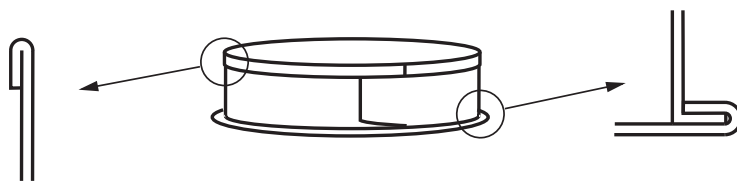
Détails au niveau des orifices et des jointures



Tous les plis et toutes les jointures doivent être soudés.

FIGURE 27

Couvercles



La fabrication du silo



Important!

Lisez le manuel avant de vous mettre au travail, de manière à bien comprendre le processus de base.

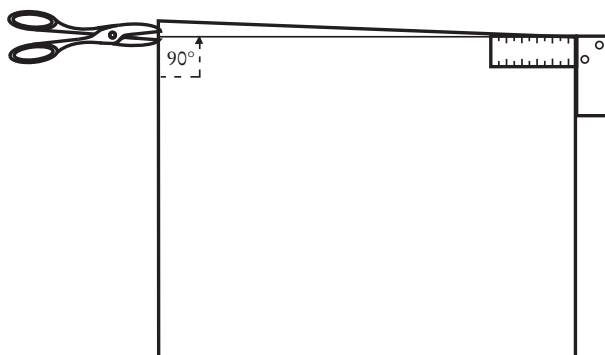
5.1 Préparatifs

On commence, avant d'entamer la fabrication du silo, par réunir tous les outils et les matériaux et par nettoyer l'espace de travail.

Assurez-vous, au moyen d'une équerre, que les coins de chaque tôle sont bien à angle droit (90°). Cette précaution est particulièrement importante pour les tôles qui seront utilisées afin de fabriquer le cylindre. Découpez au plus juste la quantité de métal voulue sur le bord de la plaque de manière à obtenir un angle droit.

FIGURE 28

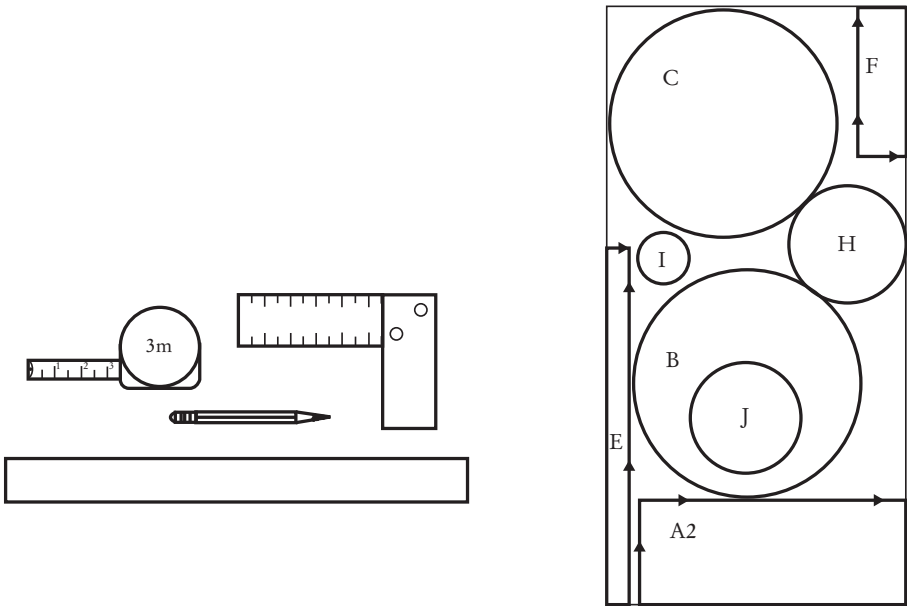
Découpe de la tôle



Aidez-vous du mètre-ruban ou des patrons et modèles pour tracer les contours des différentes pièces du cylindre, des ouvertures, des bouches et des couvercles du silo. Pour les mesures, consultez les plans du silo que vous voulez fabriquer. Avant de commencer la découpe, n'oubliez pas de marquer chaque pièce de son nom.

FIGURE 29

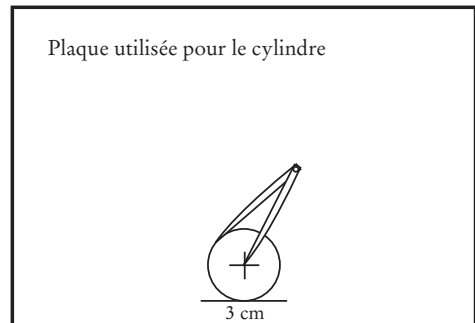
Marquage du contour des pièces



Découpez le cercle figurant l'ouverture (bouche) de sortie sur une des lames qui seront utilisées pour former le cylindre. Le bord de l'ouverture doit se trouver à 3 cm du bord de la plaque de tôle.

FIGURE 30

Découpe de la bouche de sortie

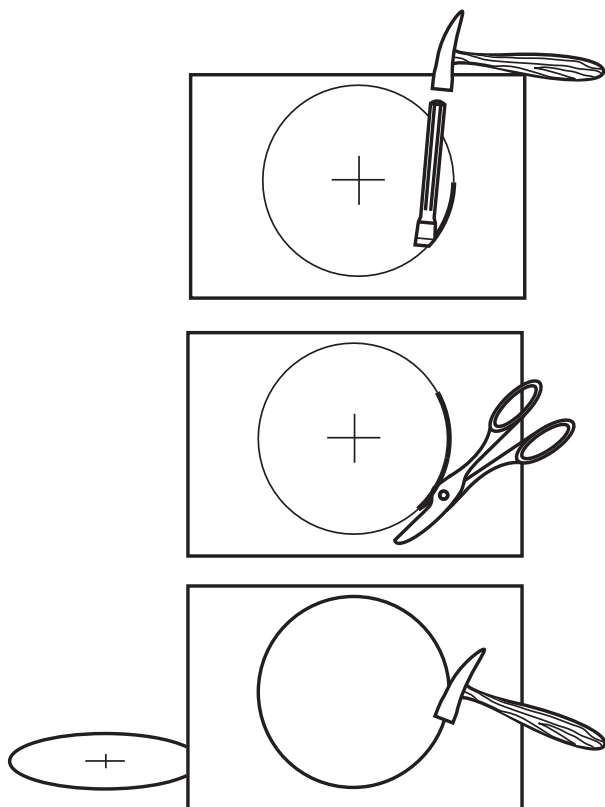


■ 5 – La fabrication du silo

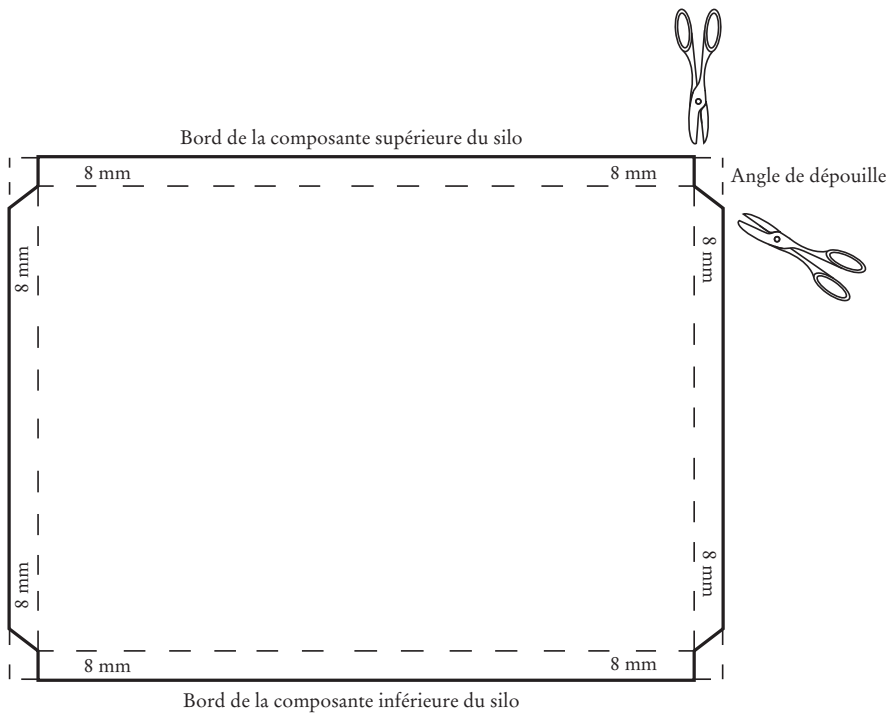
Commencez la découpe à l'aide du marteau et du ciseau et terminez-la avec les cisailles. Aplanissez le bord du trou en le martelant sur l'établi.

FIGURE 31

Découpe



Découpez les angles de dépouille aux quatre coins des tôles formant le cylindre. Réalisez une découpe droite ou à l'équerre sur les extrémités/bords qui se trouveront en contact avec la composante supérieure et avec la composante inférieure (fond) du silo, et une découpe en biais sur les bords qui se rejoindront ou se chevaucheront pour former le cylindre (corps) du silo.

FIGURE 32*Angles de dépouille*

5.2 Mise en forme du cylindre par sertissage

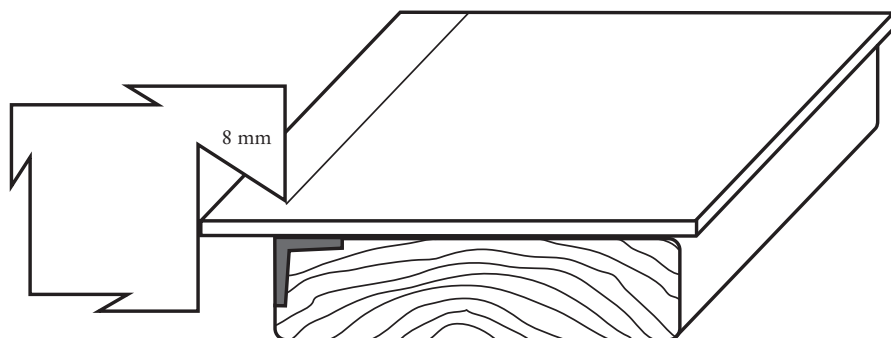
Cette méthode consiste à réunir les bords des tôles qui vont former le cylindre du silo en les pliant et en les emboîtant. Reproduisez le processus complet décrit ci-après sur les deux bords opposés de chaque plaque, de manière à obtenir un résultat strictement identique à celui représenté à la figure 33.

Utilisez le calibre pour faire une marque à 8 mm du bord que vous allez replier, sur toute la longueur de ce dernier.

■ 5 – La fabrication du silo

FIGURE 33

Marquage avant pliage



Utilisez la massette et le fer angulaire placé sur l'établi pour commencer à marquer le pli.

FIGURE 34

Pliage du bord – première étape

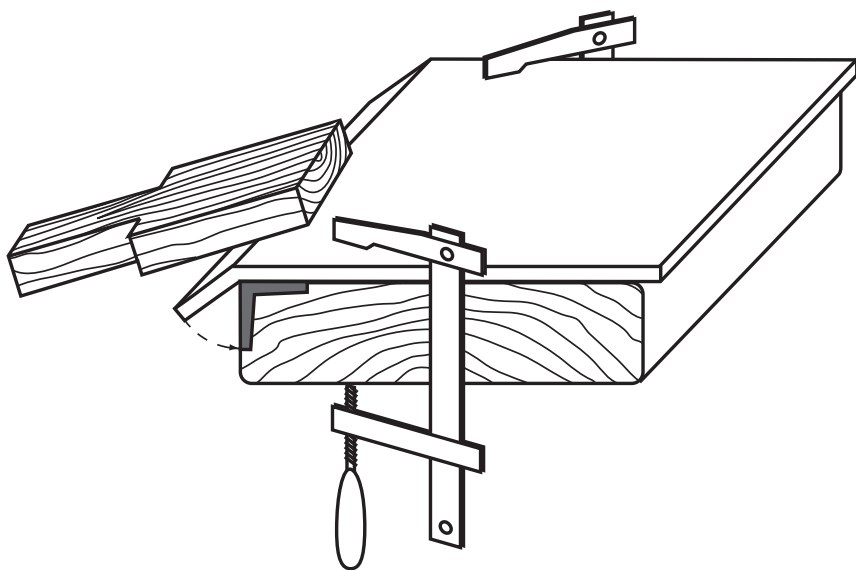
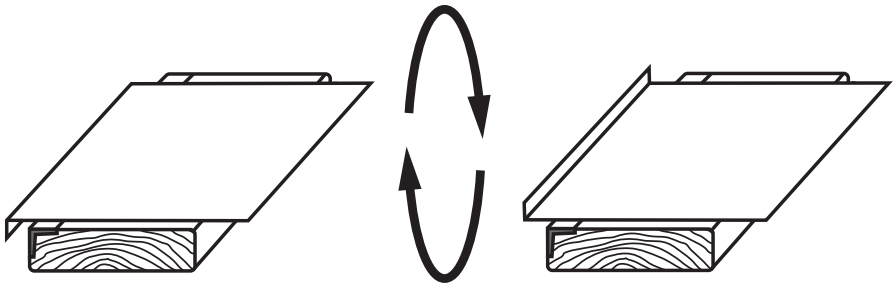


FIGURE 35

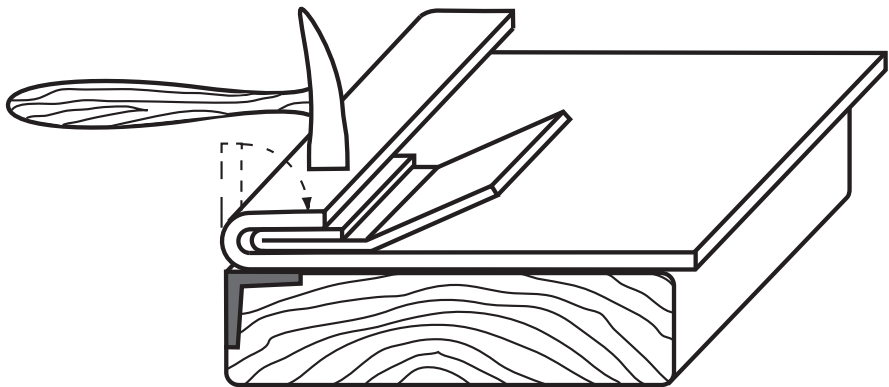
Retourner la tôle



Aidez-vous du gabarit ou de la pièce coudée pour rabattre la tôle sur toute sa longueur. Le pli obtenu doit être uniforme et continu.

FIGURE 36

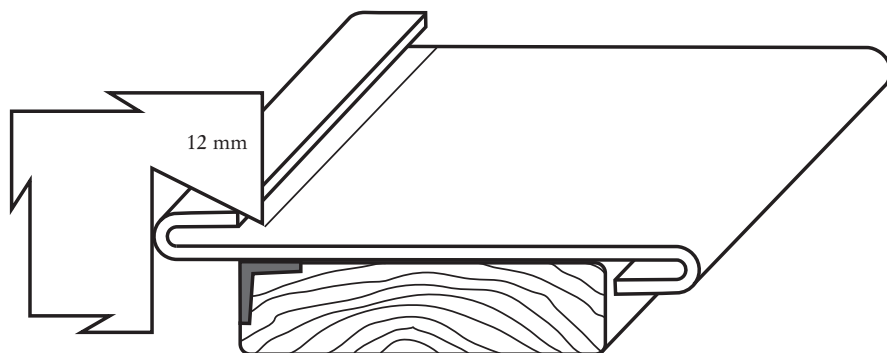
Utilisation du gabarit pour le pliage



Utilisez le calibre pour faire une marque à 12 mm sur le côté de la tôle qui a été replié.

FIGURE 37

Utilisation du gabarit



Utilisez le gabarit et la massette de bois pour incliner le pli suivant un angle de 20° environ par rapport à la surface de l'établi. Le bord doit être incliné dans le sens opposé au pli.

FIGURE 38

Inclinaison du bord

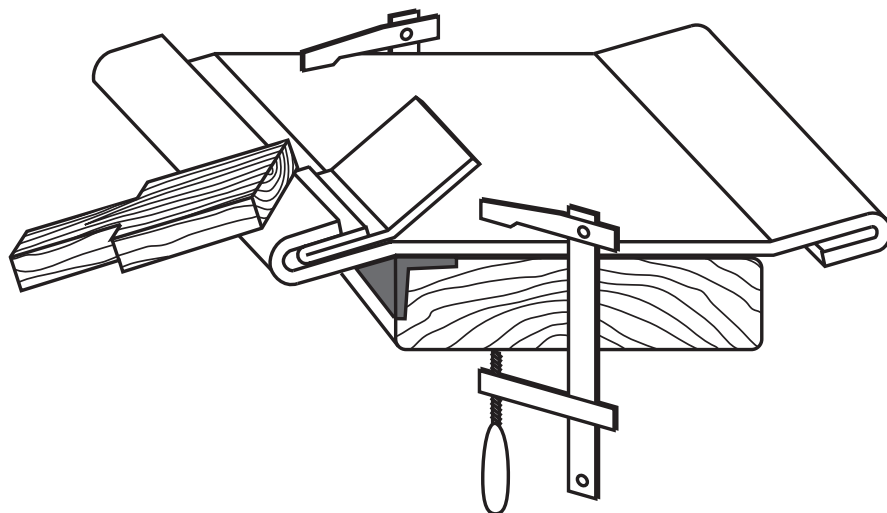
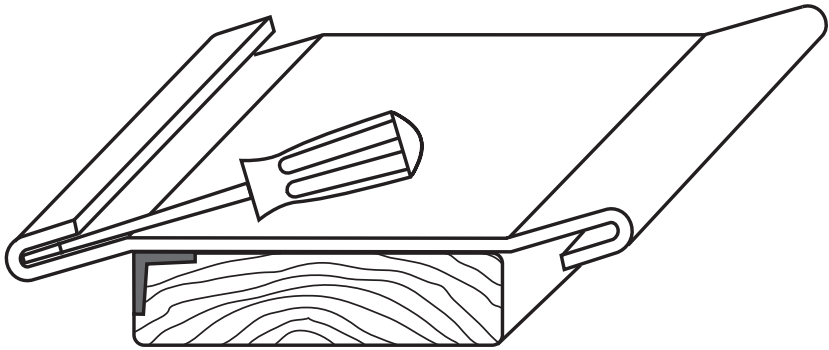


FIGURE 39*Utilisation du tournevis pour rouvrir le bord replié*

Le cylindre du silo que vous êtes en train de fabriquer peut être constitué de plus d'une plaque de tôle galvanisée. Placez les plaques sur l'établi ou sur le sol, bien à plat. Ceci est très important. Vérifiez le bon emboîtement des plis ou «crochets» sur toute la longueur des bords, et le bon alignement des bases supérieures et inférieures des tôles emboîtées.

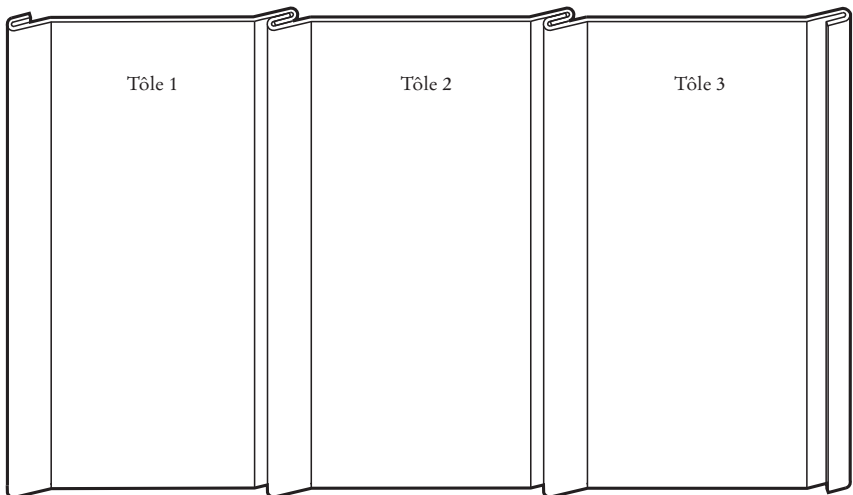
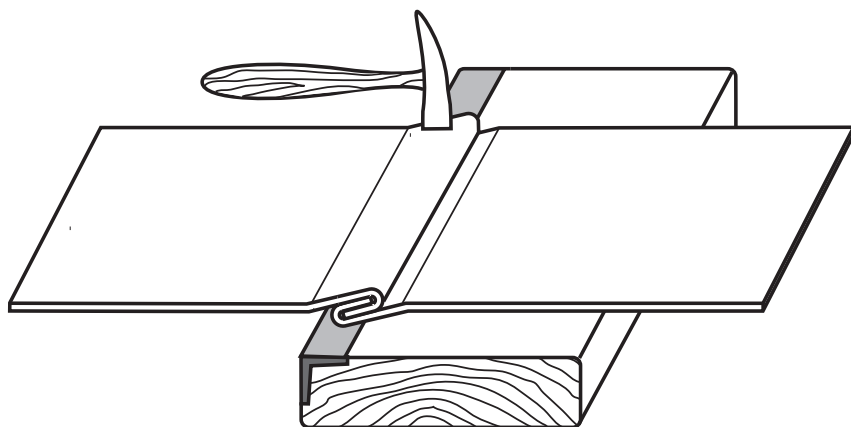
FIGURE 40*Emboîtement des bords des plaques de tôle galvanisée*

FIGURE 41

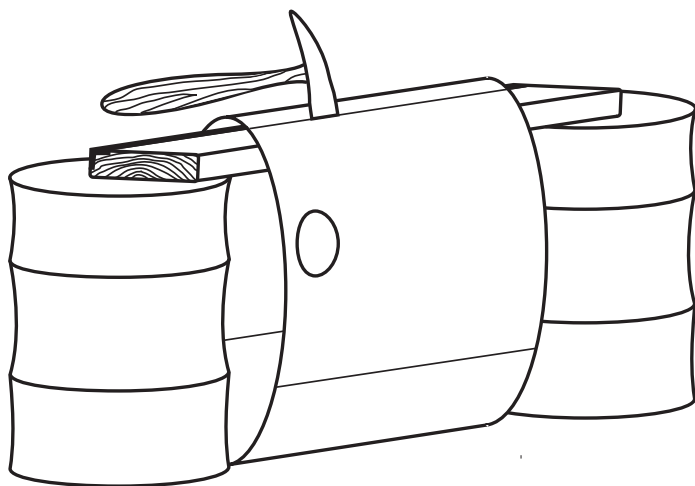
Martelage des plis emboîtés



Réunissez les plis ou crochets des tôles situées aux extrémités sur l'établi, de manière à ce qu'ils s'emboîtent pour former le dernier pli. Fermez celui-ci comme vous l'avez fait pour les autres.

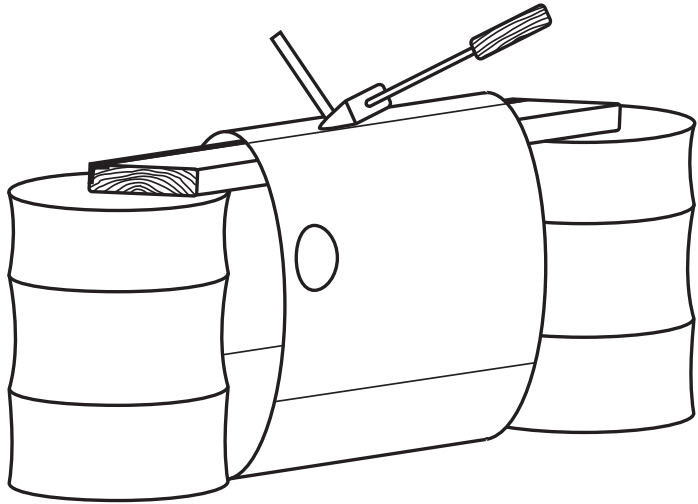
FIGURE 42

Emboîtement des plis



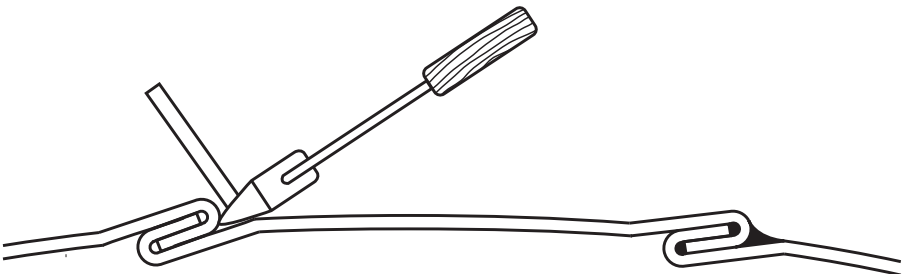
Soudez les plis ou emboîtements sur un côté de la tôle. Le pli doit être entièrement scellé au moyen de la soudure. La face soudée de la tôle doit être tournée vers l'extérieur du silo.

FIGURE 43

Soudure des plis

N'effectuez la soudure du cylindre que du côté extérieur du silo.

FIGURE 44

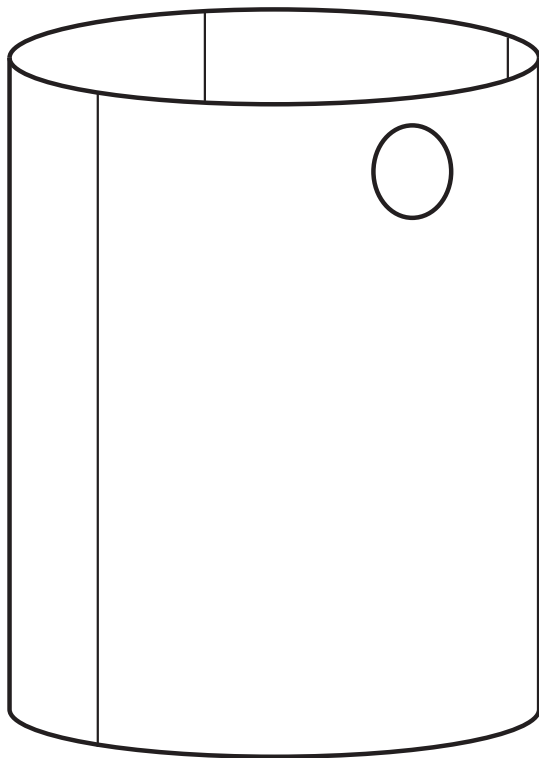
Soudure à l'extérieur du silo

■ 5 – La fabrication du silo

Placez le silo debout, bouche de sortie vers le haut, de manière à pouvoir commencer le montage de la base inférieure (fond) sur le cylindre.

FIGURE 45

*Silo debout, avec la
bouche de sortie
orientée vers le haut*



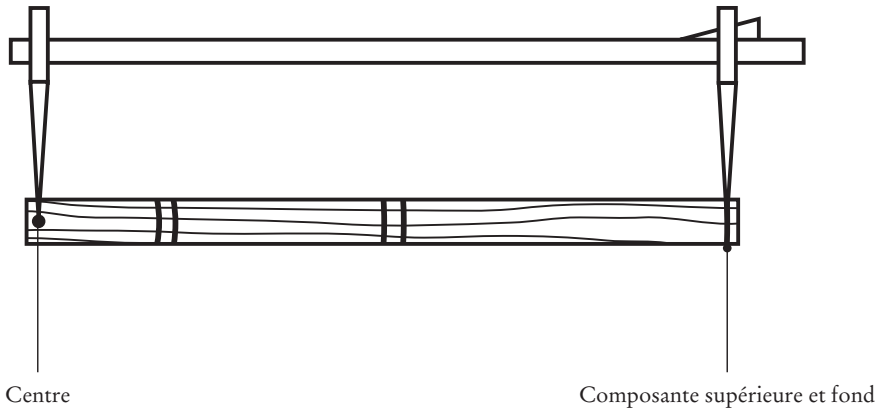
5.3 Mise en place des bases (composantes supérieure et inférieure) du silo

Dans les silos de relativement petites dimensions, les bases, ou composantes supérieure et inférieure, sont faites d'une seule pièce. Pour les silos plus grands, ces mêmes parties se composent de deux morceaux. Des explications sont fournies ci-après pour chacun de ces cas de figure.

Le compas permet de tracer des cercles de grandes dimensions. Pour mesurer l'écartement des pointes du compas, utilisez le bâton-témoin et réglez le compas sur la marque correspondant au rayon des composantes supérieure et inférieure.

FIGURE 46

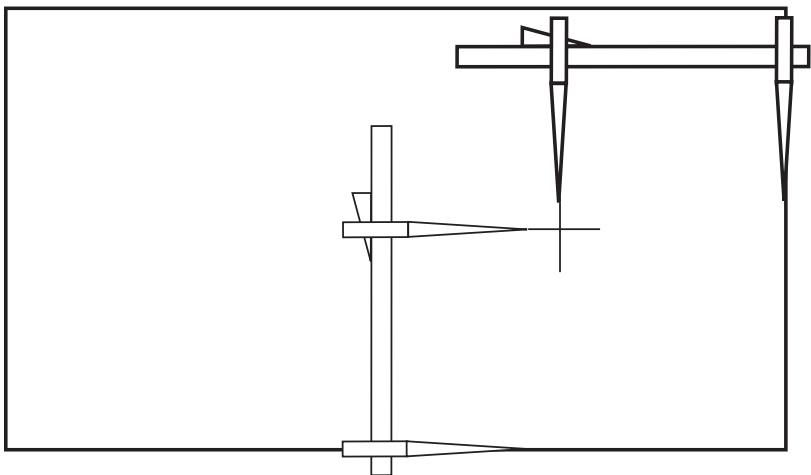
Utilisation du bâton-témoin



Une fois le compas réglé sur l'écartement voulu, utilisez-le comme indiqué à la figure 47 pour déterminer l'emplacement du centre du cercle.

FIGURE 47

Utilisation du compas



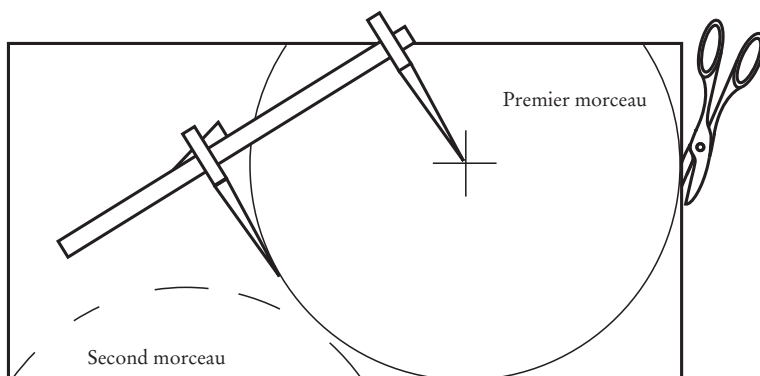
■ 5 – La fabrication du silo

Les illustrations ci-après expliquent comment réaliser des couvercles et des fonds de silo constitués de deux parties.

Marquez clairement le centre du cercle. Vous devrez pouvoir le retrouver plus tard pour tracer le contour de la plus petite pièce du cercle. Attention à ne pas perforer le point central.

FIGURE 48

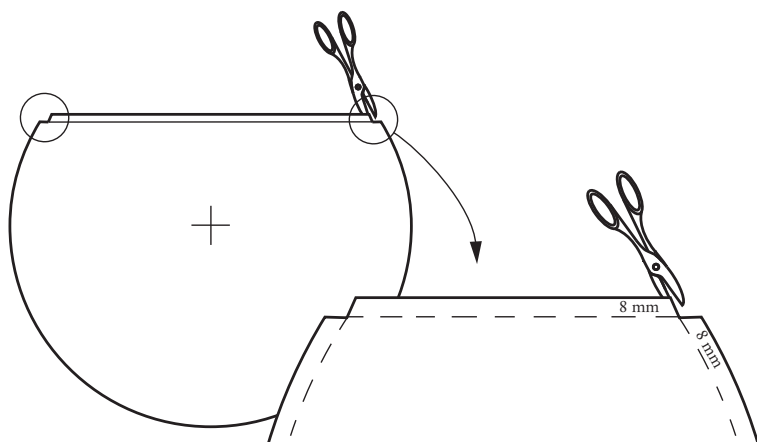
Marque repérant le centre du cercle



Découpez des entailles droites et en biais sur chaque côté du bord droit, là où se trouvera le pli/emboîtement.

FIGURE 49

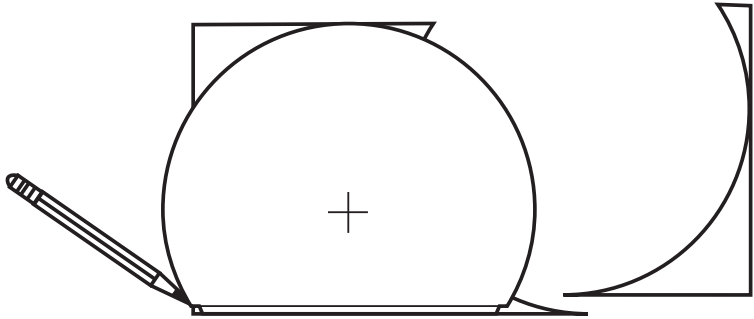
Angles de dépouille



Disposez la plus grande pièce du cercle sur la surface de tôle dans laquelle vous allez découper le plus petit morceau. Faites coïncider les bords de la pièce et de la tôle et marquez les angles de dépouille.

FIGURE 50

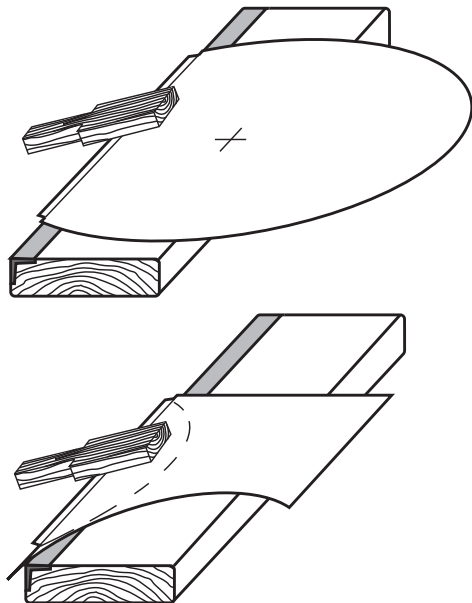
Superposition des pièces et marquage des angles de dépouille



Réunissez les pièces en emboîtant les plis.

FIGURE 51

Réunion des plis par emboîtement

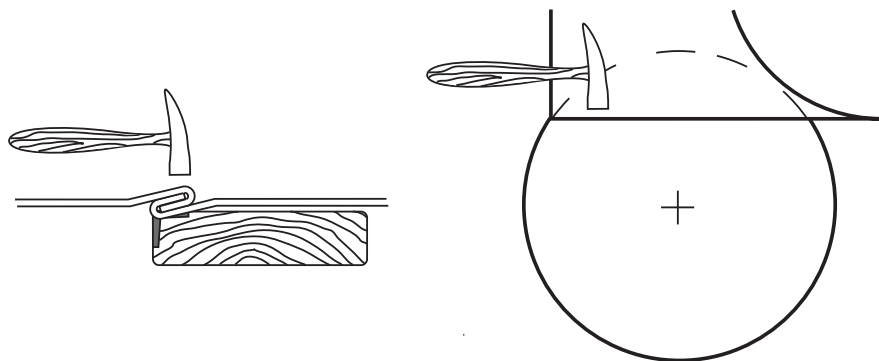


■ 5 – La fabrication du silo

Martelez les plis emboîtés jusqu'à ce qu'ils soient refermés mais ne les soudez pas encore.

FIGURE 52

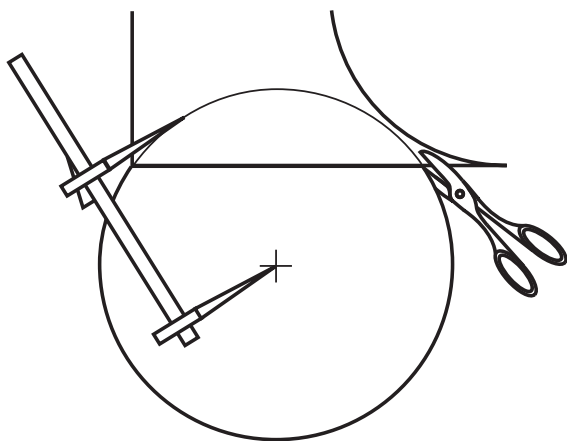
Martelage de l'emboîtement



Placez une tige du compas sur le centre du cercle, tracez le reste du cercle et découpez-le.

FIGURE 53

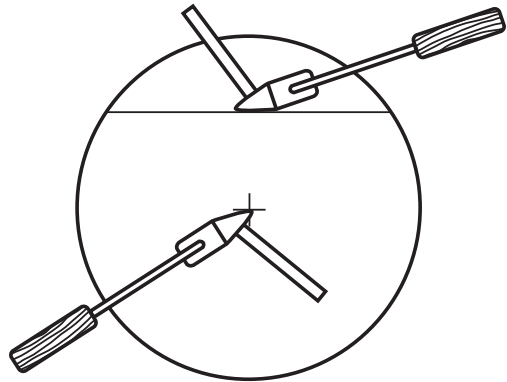
*Marquage et découpe
du reste du cercle*



Ne soudez que le côté extérieur du silo. Recouvrez le centre du cercle d'un point de soudure.

FIGURE 54

*Soudure du côté extérieur
et comblement du
centre du cercle*



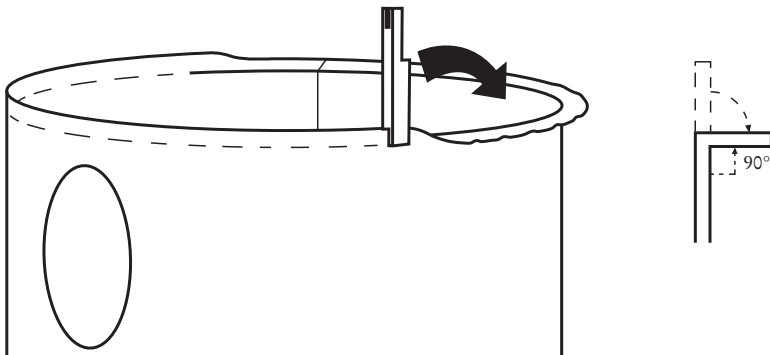
5.4 Assemblage du fond et du cylindre par bordage

Les parties supérieure et inférieure du cylindre sont réunies par bordage. Cette section décrit la méthode à utiliser pour l'assemblage du fond avec le cylindre du silo. La même méthode sera utilisée pour les autres assemblages.

Utilisez la plieuse à 8 mm pour former un rebord sur toute la circonférence du cylindre. Ce rebord doit être orienté vers l'extérieur et former un angle de 90° avec le cylindre.

FIGURE 55

Rebord formant un angle de 90° sur toute la circonférence du cylindre

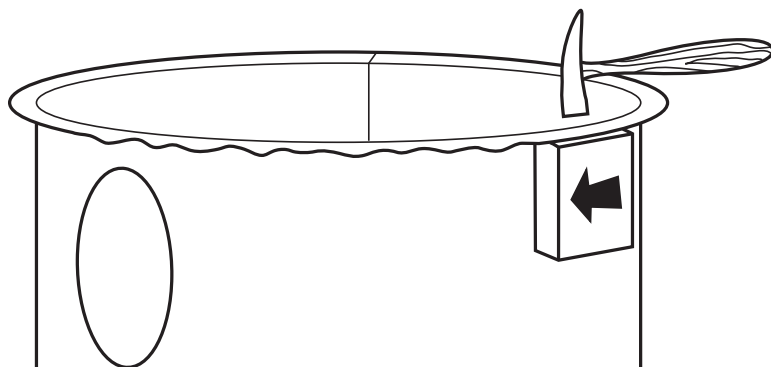


■ 5 – La fabrication du silo

Le rebord obtenu après le passage de la plieuse est ondulé et irrégulier. Faites soigneusement coulisser le marteau et le fer à marteau le long de la circonférence du cylindre pour égaliser le rebord à l'extérieur, jusqu'à ce qu'il soit plat et lisse.

FIGURE 56

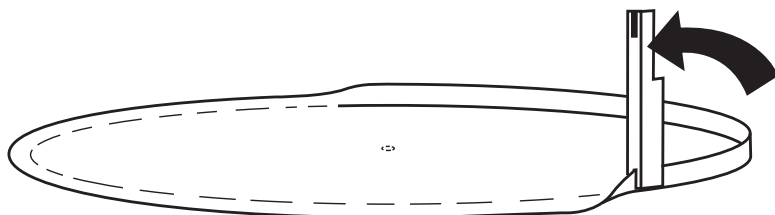
Aplatissement du rebord à l'aide du marteau et du support amortisseur



Utilisez la plieuse à 8 mm pour former un autre rebord le long du bord de la pièce qui va constituer la base du silo. Rabattez le bord à 90° sur toute la circonférence de la base. Il n'est pas nécessaire d'aplanir ce rebord comme indiqué plus haut, car une fois le travail terminé, il sera complètement replié.

FIGURE 57

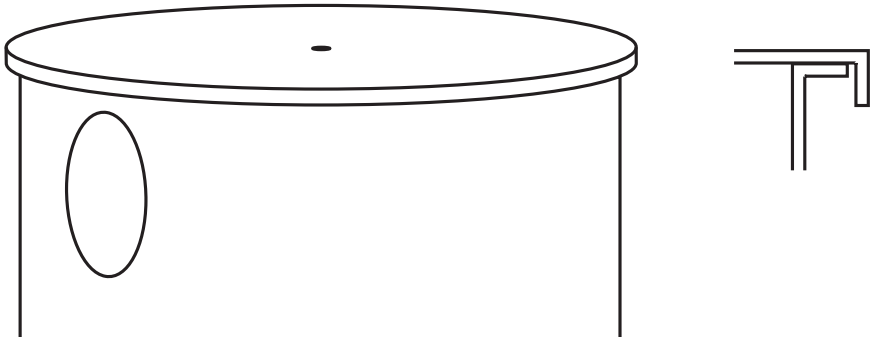
Rabattage du bord vers le haut



Retournez le fond et placez-le, rebord tourné vers le bas, au sommet du cylindre pour vérifier si leurs formes s'accordent.

FIGURE 58

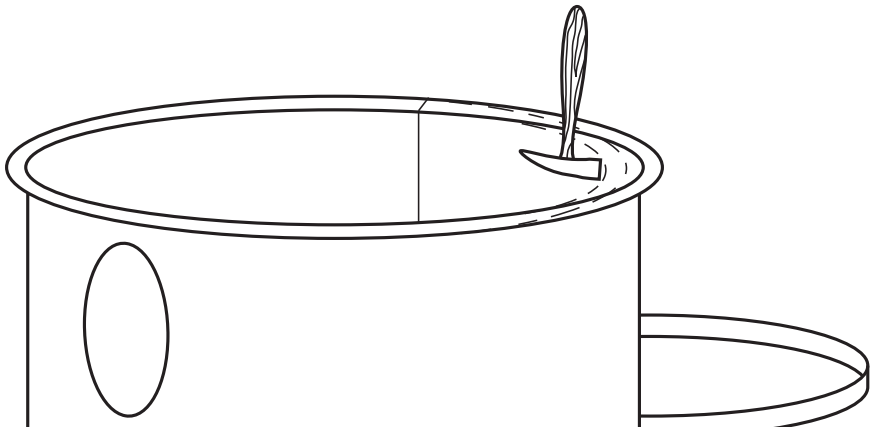
Vérification de la forme



Le premier essai ne sera pas forcément concluant. Le cylindre, notamment, peut ne pas être parfaitement circulaire. Repérez au moyen d'un crayon les points où le cylindre ne rentre pas dans la base. Appliquez ensuite des petits coups de marteau depuis l'intérieur du cylindre. Ne vous éloignez pas du bord et faites attention à ne pas endommager les plis soudés.

FIGURE 59

Martelage pour ajuster le fond

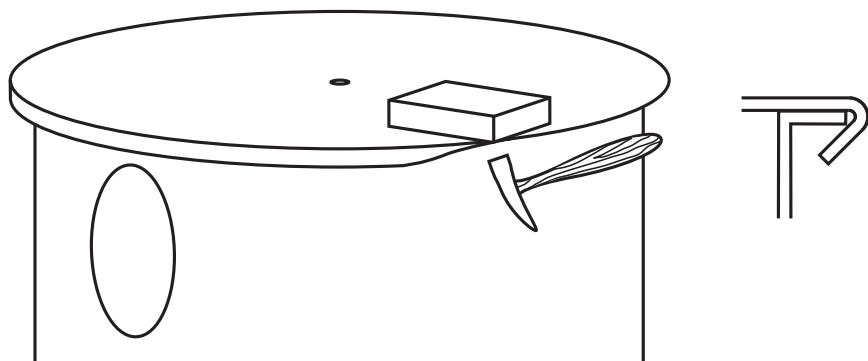


■ 5 – La fabrication du silo

Une fois que le cylindre et le fond coïncident, on peut commencer à les assembler. Placez le fer à marteler au-dessus du marteau et faites coulisser le fer et le marteau sur toute la circonférence du silo. Commencez par marteler le rebord de manière à lui imprimer une inclinaison à 45°.

FIGURE 60

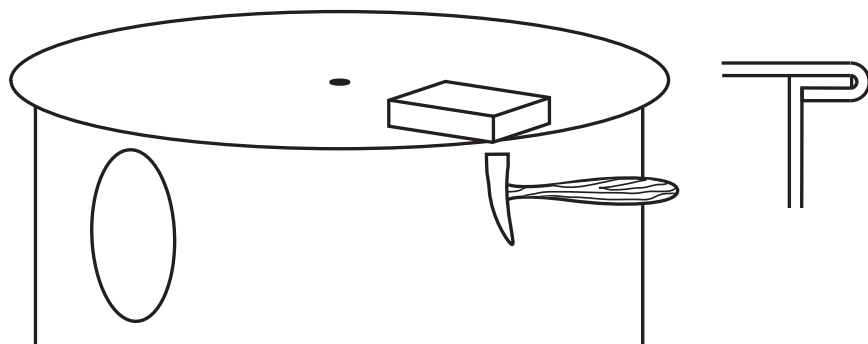
Assemblage du cylindre avec le fond



Faites glisser une seconde fois le marteau et le fer le long de la circonférence. Rabattez complètement le rebord du fond par dessus le rebord du cylindre. Évitez si possible la formation de gondolements sur le rebord au cours de cette opération. Faites attention, également, à ne pas endommager le cylindre du silo avec le marteau.

FIGURE 61

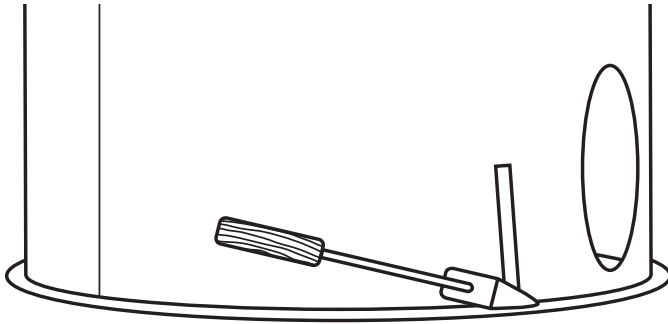
Rabattement complet du rebord du fond par-dessus le rebord du cylindre



Retournez le silo. Soudez le rebord sur toute la circonférence en veillant à ne laisser aucun orifice, en particulier au niveau des plis ou jointures du cylindre.

FIGURE 62

Soudure circulaire le long du rebord



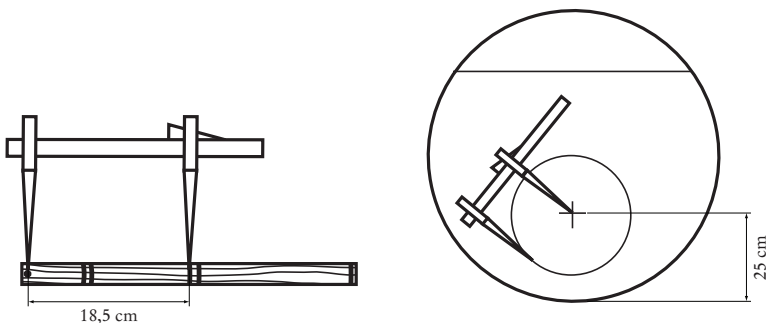
5.5 Fabrication des ouvertures ou bouches d'entrée et de sortie

On trouvera ci-après les indications à suivre pour fabriquer les ouvertures, ou «bouches» par lesquelles le silo sera rempli et vidé. La bouche d'entrée est le grand trou percé dans le couvercle du cylindre, et la bouche de sortie, le petit trou percé sur le côté du cylindre, près du fond.

Réglez le grand compas sur 18,5 cm et tracez la circonférence de la bouche d'entrée sur le couvercle du cylindre. Le centre du cercle doit se trouver à 25 cm du bord de la composante supérieure.

FIGURE 63

Marquage de la bouche d'entrée

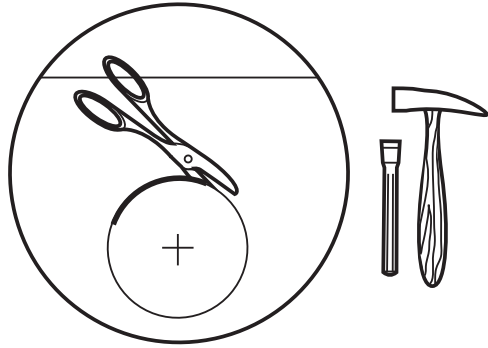


■ 5 – La fabrication du silo

Découpez le trou à l'aide du ciseau et des cisailles.

FIGURE 64

Découpage du trou



Découpez les pièces D et F.

FIGURE 65

Découpage des pièces D y F



Bande ou col de la bouche d'entrée
(11 x 118,2 cm)

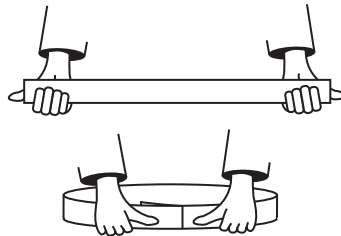


Bande ou col de la bouche de sortie
(16 x 49,1 cm)

Prenez la pièce D et recourbez-la soigneusement jusqu'à obtenir un cercle.

FIGURE 66

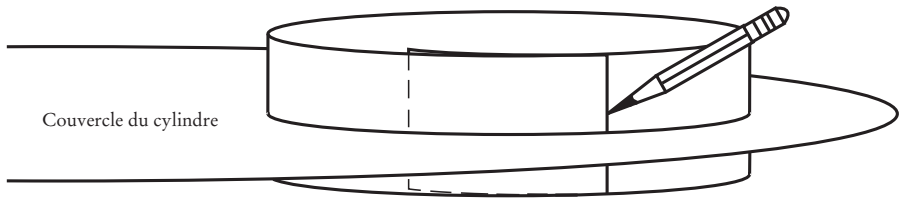
Pliage de la pièce D



Insérez le col ainsi recourbé dans le trou percé dans le couvercle du silo en alignant parfaitement ses extrémités l'une sur l'autre, sur toute leur longueur. Marquez l'endroit à partir duquel les extrémités se superposent, mais ne coupez pas encore l'excédent.

FIGURE 67

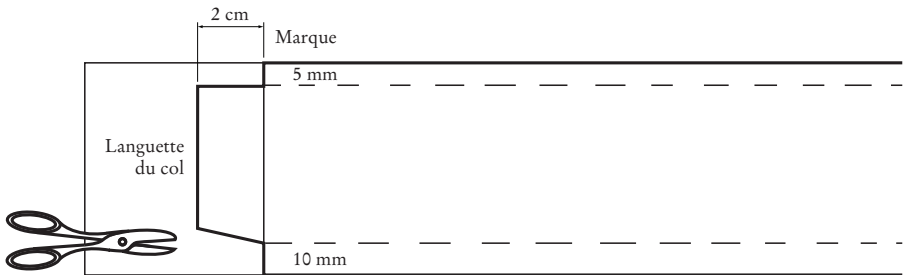
Marquez l'endroit où les extrémités de la bande se superposent



Remettez le col à plat. À partir de la marque que vous venez de faire, comptez 2 cm, que vous allez utiliser pour former une languette. Découpez des angles de dépouille dans la languette de manière à ce que l'on puisse rabattre les bords du col.

FIGURE 68

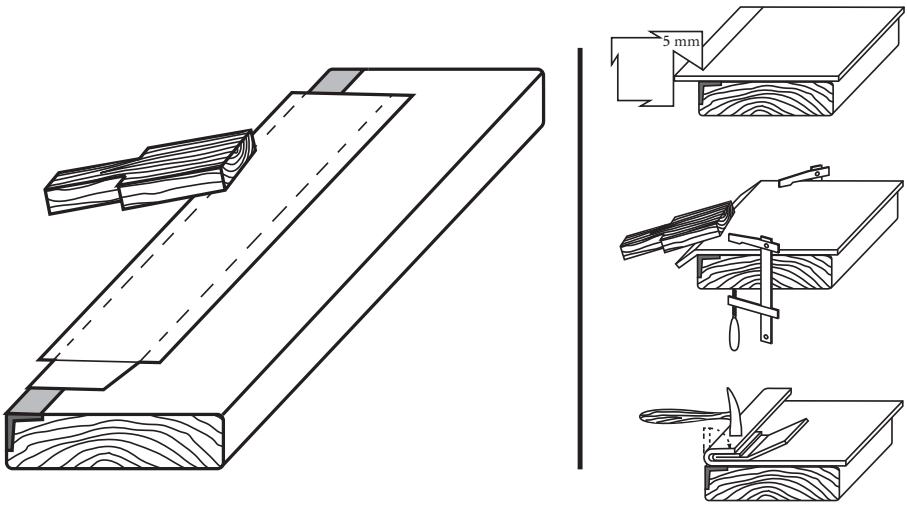
Marquage et découpes de la languette



Repliez la composante supérieure du col sur 5 mm.

FIGURE 69

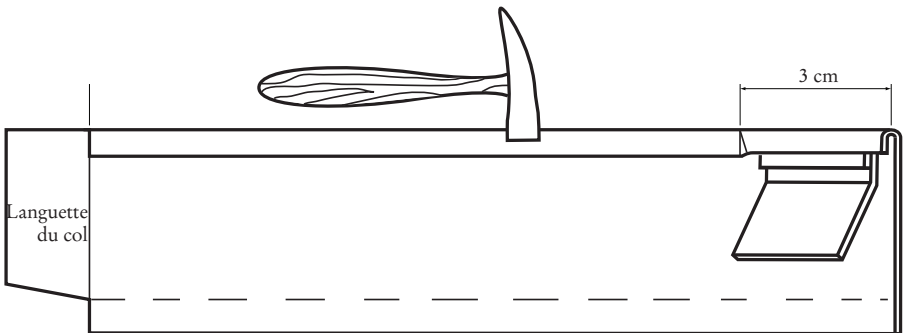
Pliage du bord du col



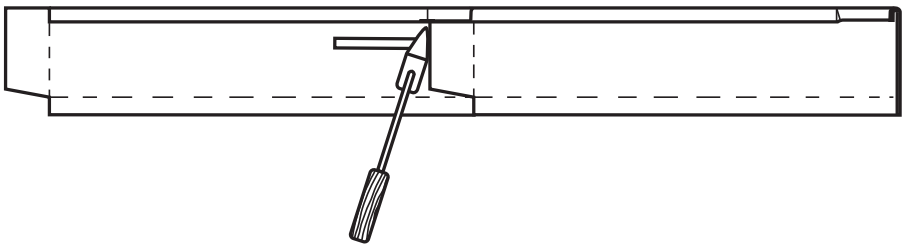
À l'aide du marteau, refermez complètement le pli, sauf sur les 3 derniers cm du côté opposé à la languette, où vous utiliserez le gabarit.

FIGURE 70

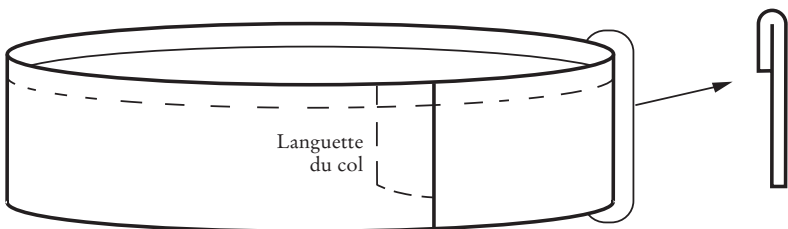
Fermeture du pli



Sur certains silos, les bandes ou cols de métal utilisés pour les ouvertures (bouches) sont fabriqués en deux morceaux, de manière à tirer le meilleur parti du matériau disponible – autrement dit, afin d'utiliser aussi peu de lames que possible. Dans ce cas, découpez une languette sur les deux pièces, et soudez celles-ci ensemble.

FIGURE 71*Soudure de la languette*

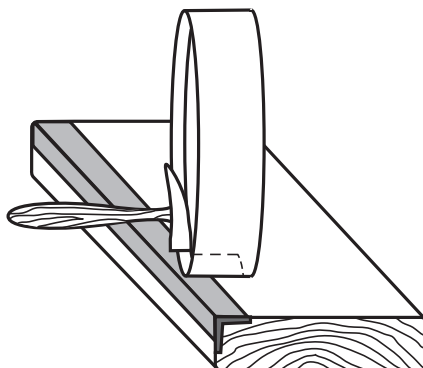
Recourbez à nouveau le col en plaçant le bord replié à l'intérieur. Faites bien correspondre les marques de mesure. La languette doit se trouver à l'intérieur du cercle. Le bord supérieur de la languette est inséré sous le bord replié du col.

FIGURE 72*Pliage du col*

Le bord replié doit être fermé là où il recouvre la languette de jointure.

FIGURE 73

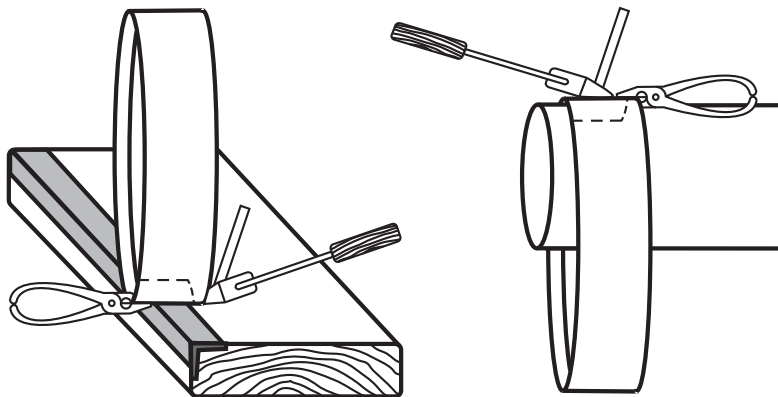
Fermeture du bord



Nettoyez à l'acide toutes les pièces métalliques qui pourraient se toucher. Fixez la jointure à l'aide d'un étau ou des pinces. Soudez la jointure à l'intérieur et à l'extérieur, en insistant sous la languette.

FIGURE 74

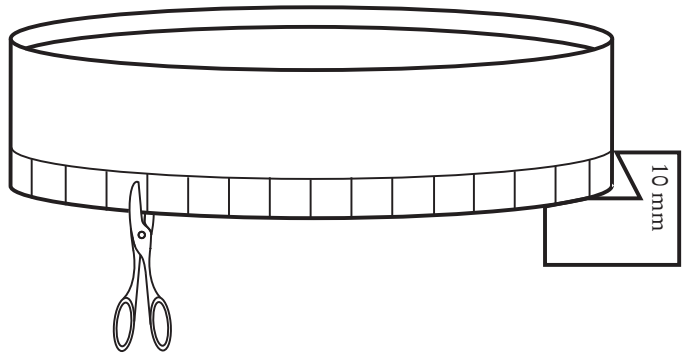
Fixation et soudure de la jointure



Utilisez le calibre pour faire une marque à 10 mm du bord inférieur. Tous les 15 mm, faites des petites entailles verticales s'arrêtant exactement sur la ligne. Cette méthode aidera à renforcer la jointure col/composante supérieure.

FIGURE 75

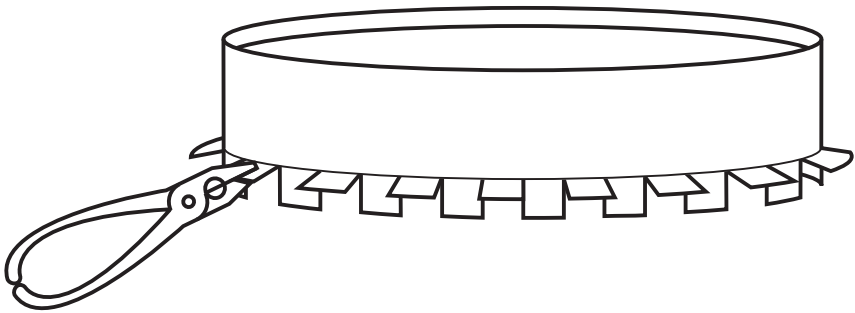
Entailles de 10 mm tous les 15 mm



Pliez une dent sur deux vers l'extérieur suivant un angle de 90°. Faites attention à plier le col exactement sur la ligne marquée à l'aide du calibre.

FIGURE 76

Pliage alterné des dents

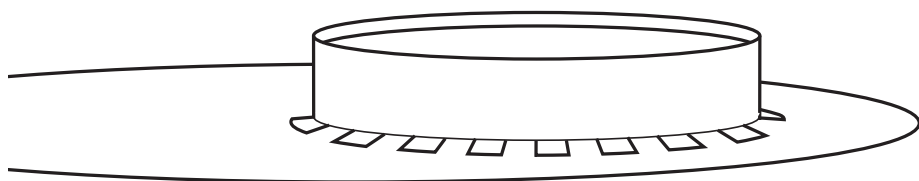


Placez la bouche dans le trou circulaire percé sur la composante supérieure du silo. Les dents qui n'ont pas été repliées pénètrent dans le trou.

■ 5 – La fabrication du silo

FIGURE 77

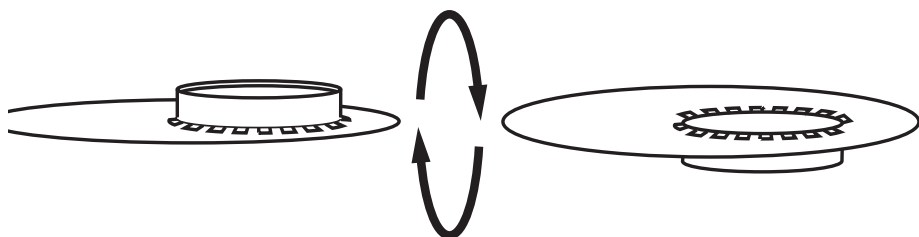
Position de la bouche d'ouverture sur la composante supérieure du silo



Retournez la composante supérieure du cylindre.

FIGURE 78

Retourner le couvercle



Repliez quelques dents de manière à ce que la bouche d'ouverture soit bien en place. Placez le couvercle du cylindre sur le bord de l'établi et frappez doucement avec le marteau tout le long de la circonférence du trou pour fixer les dents restantes.

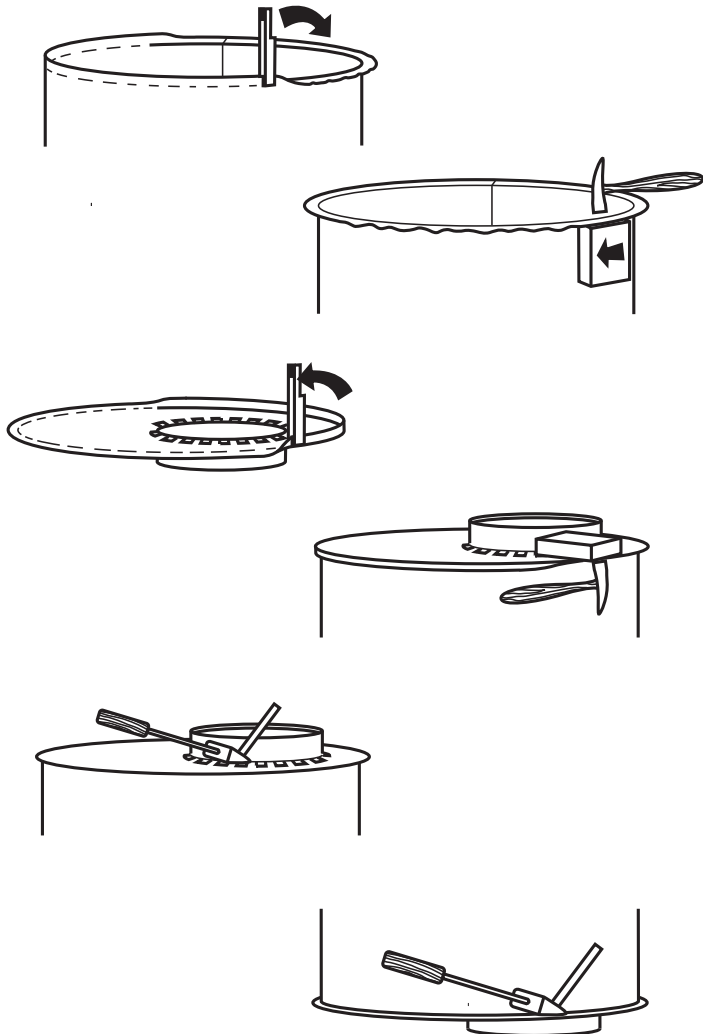
FIGURE 79

Fixation de la bouche d'ouverture



On peut à présent passer à l'assemblage de la composante supérieure du silo avec le cylindre. Pour cela, on va recourir au bordage, procédé déjà utilisé pour assembler le fond et le cylindre du silo.

FIGURE 80

Bordage

■ 5 – La fabrication du silo

Répétez les mêmes gestes pour fabriquer l'ouverture ou bouche de sortie.

FIGURE 81

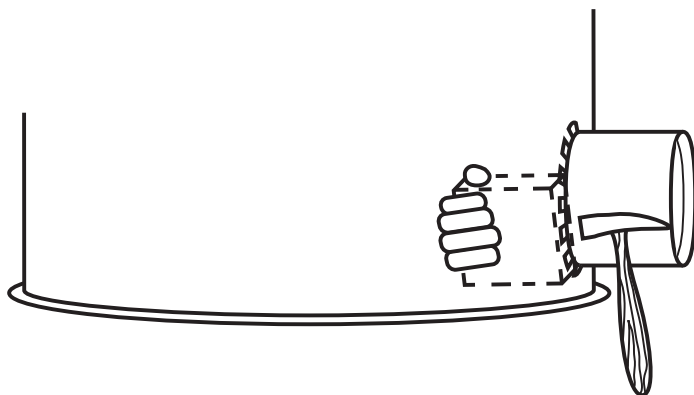
Fabrication de la bouche de sortie



Placez le bord du fer à marteler contre la face interne du silo. Le marteau utilisé pour aplatir progressivement les dents contre le cylindre du silo doit produire un son plein.

FIGURE 82

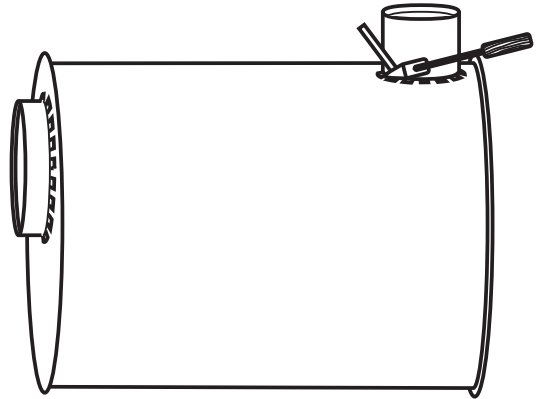
Fixation de la bouche de sortie sur le cylindre du silo



Soudez soigneusement.

FIGURE 83

Soudure de la bouche de sortie sur le silo



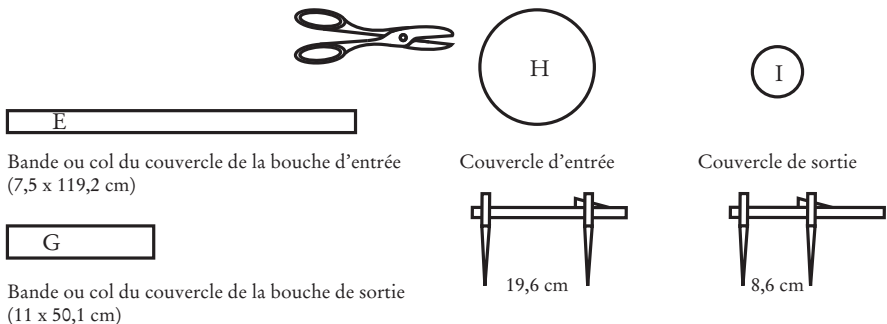
5.6 Fabrication des couvercles des bouches/ouvertures

Les couvercles comportent deux parties, à savoir un col et une base supérieure, ou disque. Le couvercle doit être étanche de manière à retenir les gaz de fumigation et à empêcher l'humidité, les insectes et les moisissures de pénétrer dans le silo. Le processus de fabrication est identique pour les couvercles de la bouche d'entrée et de la bouche de sortie.

Découpez les pièces E, G, H et I.

FIGURE 84

Découpez les pièces E, G, H et I

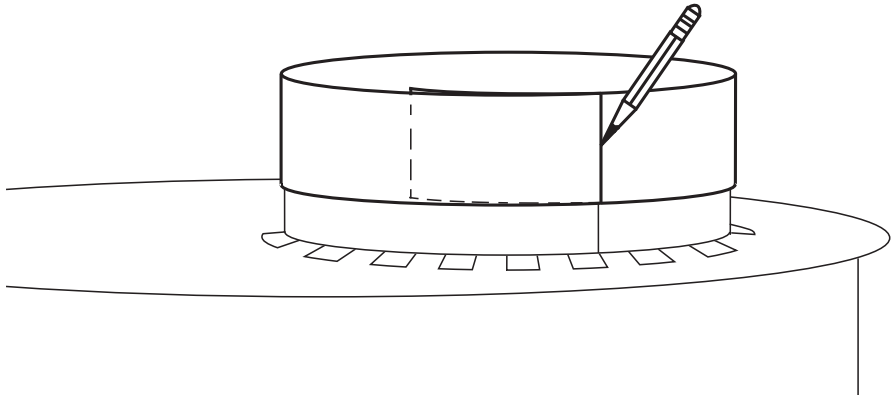


Recourbez la pièce E de manière à obtenir un cercle, et placez la autour de la bouche d'entrée. Faites une marque à l'endroit à partir duquel ses extrémités se superposent.

■ 5 – La fabrication du silo

FIGURE 85

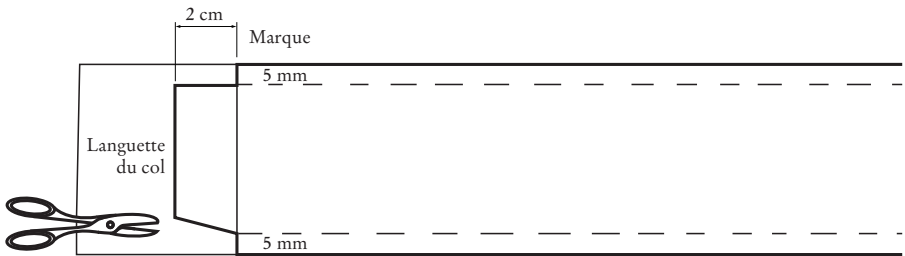
Marquez l'endroit où les extrémités de la pièce E se superposent sur la bouche d'entrée



Remettez le col à plat et réservez 2 cm pour la languette. Prévoyez, cette fois-ci, un rebord de 5 mm. Découpez la languette comme vous l'avez fait pour les bouches.

FIGURE 86

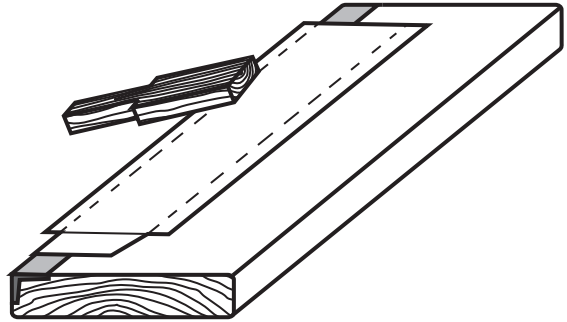
Découpage de la languette



Pliez le bord sur 5 mm.

FIGURE 87

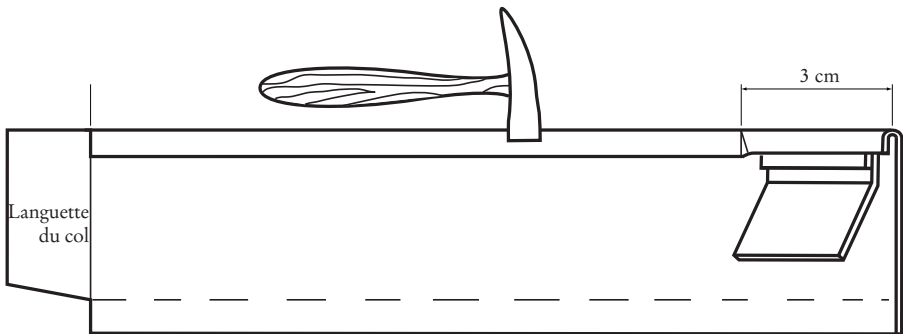
Pliage du bord



Fermez le pli au moyen du marteau, mais utilisez le gabarit sur les 3 derniers cm situés à l'extrémité opposée à la languette.

FIGURE 88

Fermeture du pli

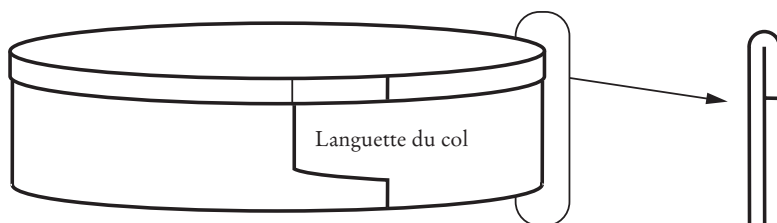


Donnez une forme circulaire au col. La languette et le bord replié doivent se trouver à l'extérieur.

■ 5 – La fabrication du silo

FIGURE 89

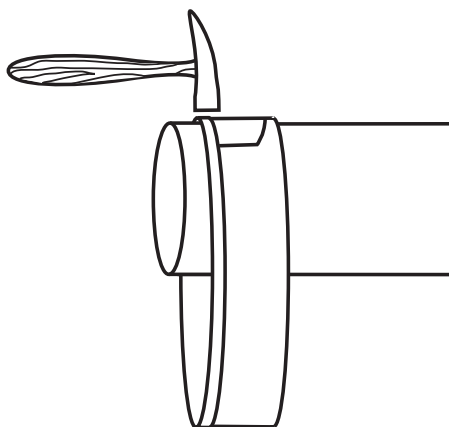
Mise en forme du col



Fermez le bord replié à l'endroit où il recouvre la languette.

FIGURE 90

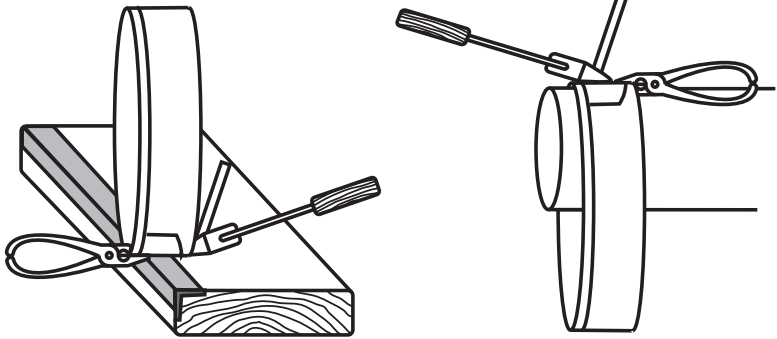
Fermeture du pli



Réalisez une soudure solide, à l'intérieur et à l'extérieur.

FIGURE 91

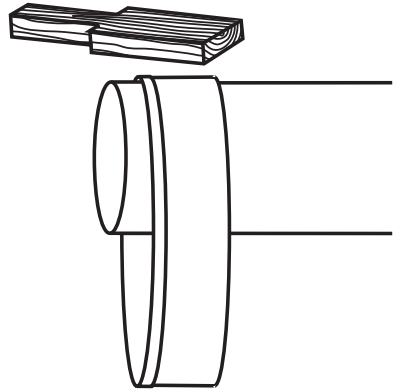
Soudure du pli



Utilisez la massette pour égaliser le cercle.

FIGURE 92

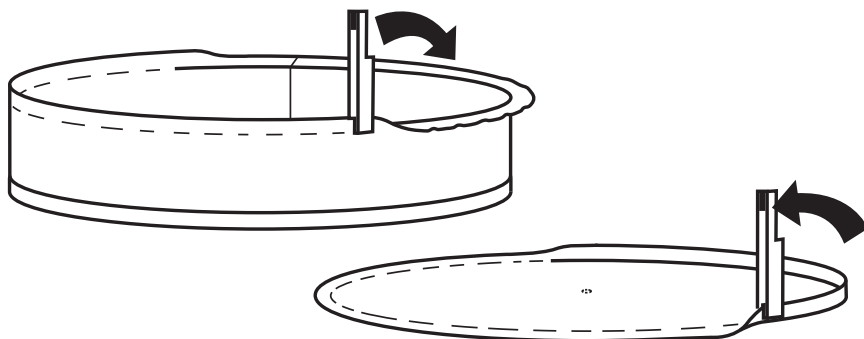
Égalisation du cercle



Réunissez le disque et le col du couvercle par bordage, en utilisant la plieuse à 8 mm.

FIGURE 93

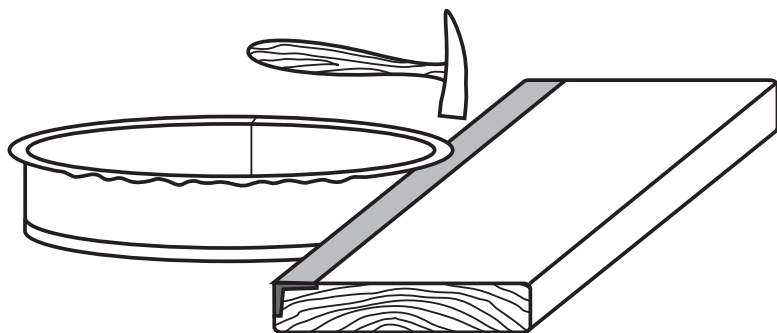
Assemblage du disque du couvercle avec le col par bordage



Égalisez le rebord du col du couvercle en le martelant sur l'établi.

FIGURE 94

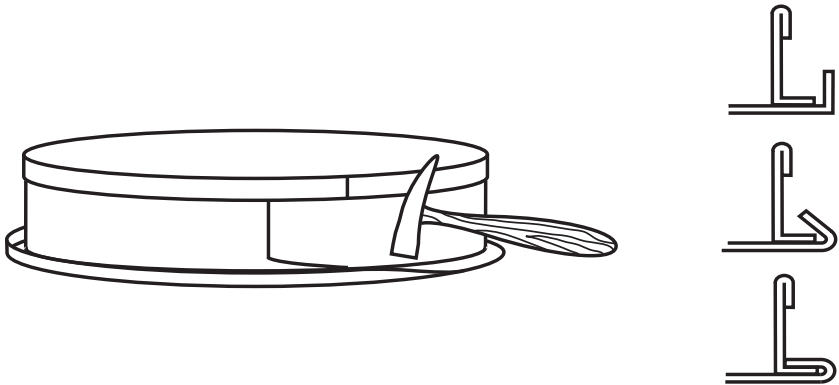
Égalisation du rebord du col du couvercle



Repliez le rebord du disque du couvercle par-dessus le rebord du col.

FIGURE 95

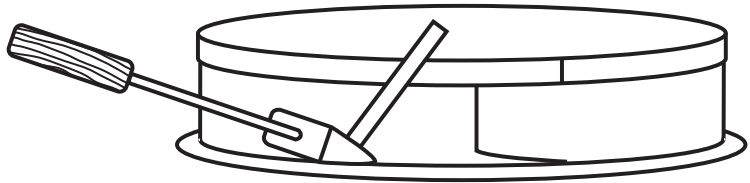
Fermeture du rebord



Soudez soigneusement le rebord sur toute sa longueur.

FIGURE 96

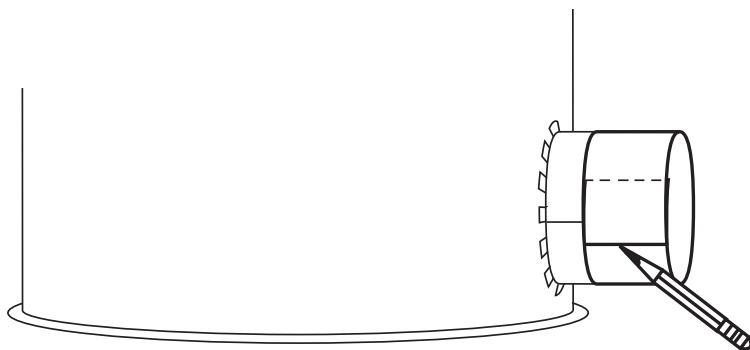
Soudure



Répétez la même opération pour le couvercle de la bouche de sortie.

FIGURE 97

Fabrication du couvercle de la bouche de sortie



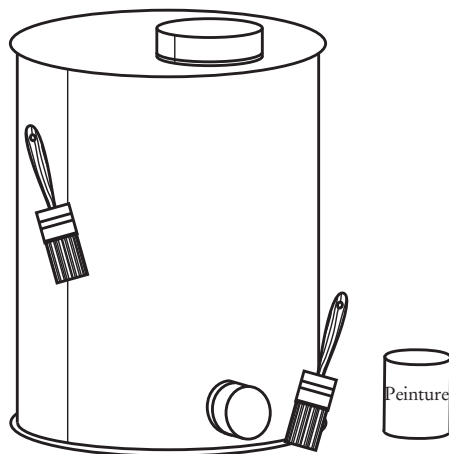
5.7 Finition du silo

Le silo est pratiquement terminé, mais il reste encore plusieurs choses importantes à faire. Ainsi, peindre les soudures aidera à prévenir l'apparition de rouille sur le silo. Il faut également que le silo soit posé sur un plan surélevé, de manière à empêcher l'apparition de rouille par contact avec le sol et à permettre un retrait plus aisé du grain entreposé. Une affiche avec des instructions pour une bonne utilisation du silo doit également être posée sur ce dernier.

Recouvrez toutes les soudures, à l'intérieur et à l'extérieur, de peinture antirouille sans plomb. Recouvrez également de peinture toutes les éraflures ou zones qui auraient été en contact avec de l'acide.

FIGURE 98

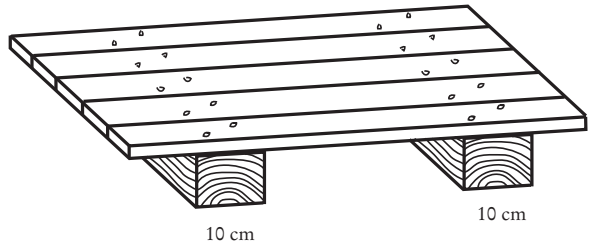
Mise en peinture des jointures et des éraflures



Fabriquez une plate-forme de bois de dimensions identiques à celles du fond du silo. Elle doit être surélevée de 15 cm par rapport au sol. Un grand silo rempli de grain pèse lourd et doit dès lors être posé sur une plate-forme solide.

FIGURE 99

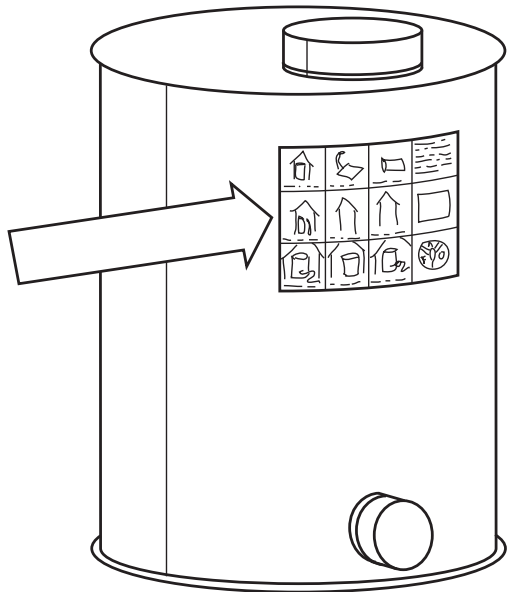
*Plate-forme
soutenant le silo*



Posez la fiche d'instructions sur le cylindre à un endroit bien visible.

FIGURE 100

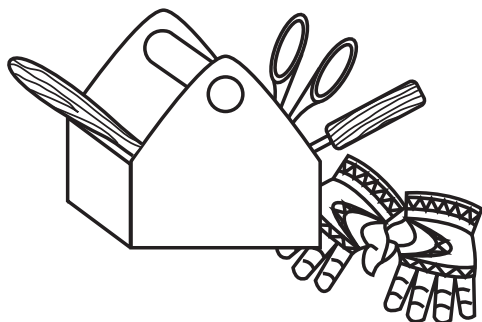
*Fiche d'instructions
sur le cylindre du silo*



■ 5 – La fabrication du silo

Les annexes 1 à 4 du manuel fournissent les informations nécessaires à la fabrication de silos de 20 dimensions différentes, selon les dimensions des feuilles de zinc galvanisé disponibles sur le marché. Les capacités d'entreposage de ces silos vont approximativement de 95 kg pour le plus petit d'entre eux à 3 200 kg pour le plus grand, avec des dimensions intermédiaires destinées à répondre au plus près aux besoins de l'utilisateur.

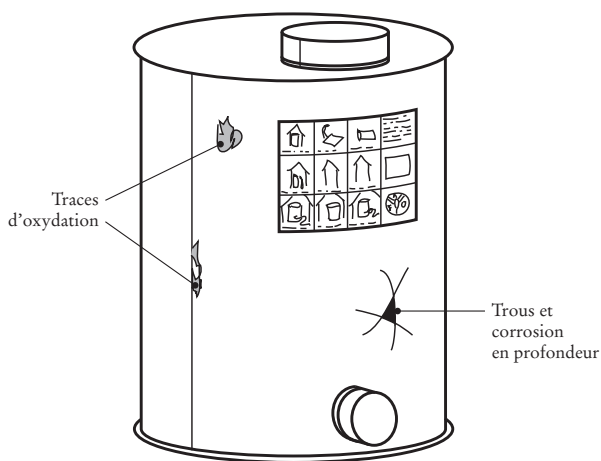
Le silo est terminé. Félicitations !



Les silos peuvent s'endommager de plusieurs manières. Après de nombreuses années d'utilisation, et même s'ils ont été fabriqués et entretenus dans les règles, ils commenceront parfois à s'oxyder. Des trous pourront également apparaître et compromettre l'étanchéité, laquelle constitue précisément la propriété recherchée (voir paragraphe 4.2.3. du chapitre 4). Il est donc recommandé de procéder à des révisions périodiques.

FIGURE 101

Signes d'endommagement



6.1 Signes d'oxydation

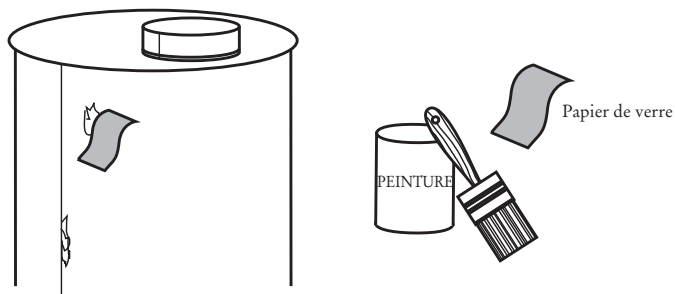
Les silos anciens présentent souvent des signes d'oxydation, mais un entretien léger suffit pour les maintenir plus longtemps en état. Si vous constatez des traces d'oxydation à la surface du silo, éliminez-les à l'aide de papier de verre et peignez toute la surface atteinte. Chaque fois que vous réparez des jointures oxydées, assurez-vous, une fois le travail terminé, de ne pas avoir laissé de nouveaux petits trous dans la soudure.

6.2 Trous et corrosion profonde

Dans presque tous les cas, de grands trous apparus à la surface du silo pourront être réparés l'aide d'une rustine. On peut utiliser une rustine pour réparer ou recouvrir une zone rouillée lorsque le métal commence à devenir trop fin pour être poncé et repeint. Il est indispensable, avant d'entamer la réparation de la zone endommagée, de vider le silo.

FIGURE 102

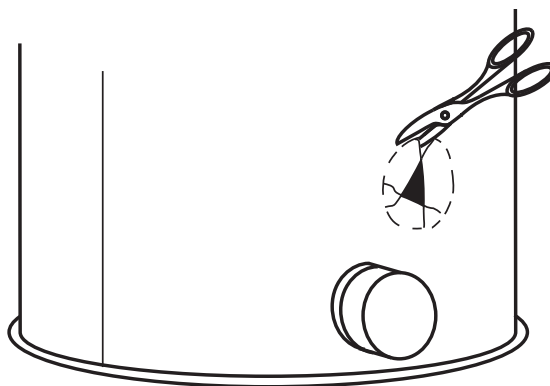
Réparations aux endroits présentant de la rouille à la surface du silo



Utilisez les cisailles pour couper les parties tranchantes et égaliser les bords de l'ouverture.

FIGURE 103

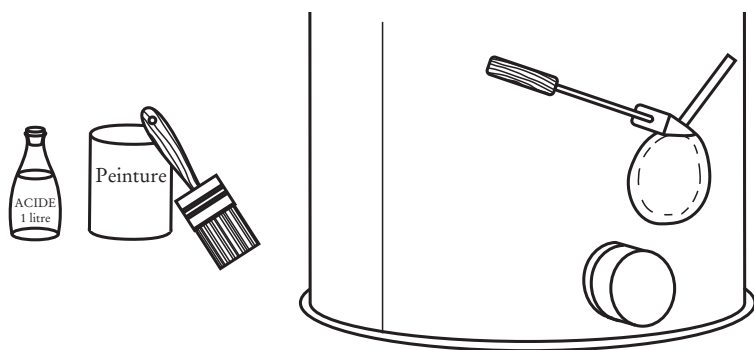
Découpage des parties tranchantes à l'aide des cisailles



Découpez, dans les déchets de tôle que vous aurez gardés, une rustine suffisamment grande pour recouvrir le trou, en prévoyant 2 cm supplémentaires. Nettoyez le métal à l'acide. Soudez la rustine et peignez les jointures soudées à l'intérieur et à l'extérieur, suivant le procédé habituel.

FIGURE 104

Fixation de la rustine



Installation, utilisation, fumigation et entretien du silo

7.1 Installation

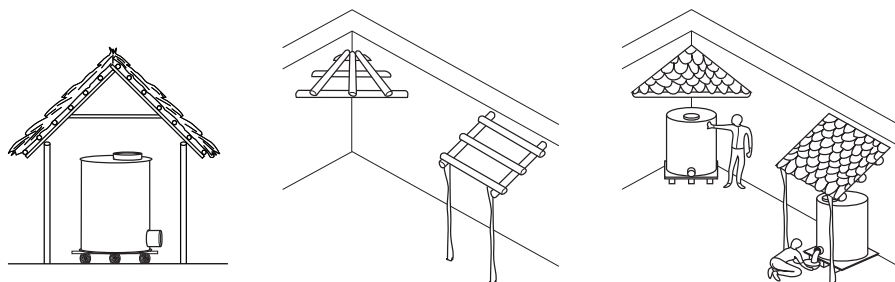
Le silo doit être installé sous abri, à l'ombre, dans un endroit aéré et ne pas entrer en contact direct avec le sol. En effet, le rayonnement solaire direct et l'absence de ventilation peuvent entraîner un réchauffement du produit entreposé et des transferts d'humidité qui vont entraîner sa dégradation. D'autre part, le contact avec le sol peut entraîner une oxydation de la base du silo. Il est en outre plus aisé de prélever le grain lorsque la bouche de sortie est surélevée.

7.2 Toit et plate-forme

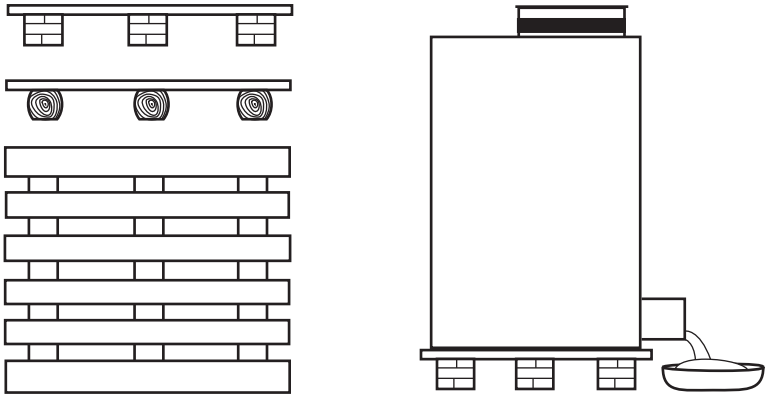
Un silo bien entretenu peut rester fonctionnel durant 15 à 20 ans. Il est indispensable, pour cela, de l'installer sous abri, sur une plate-forme ou une estrade. L'abri surplombera le silo à raison de 1 m au moins, de manière à ne pas gêner le remplissage, et sera suffisamment large pour assurer une protection contre le soleil et la pluie.

FIGURE 105

Toit du silo



La plate-forme ou l'estrade doit être un peu plus large que le fond du silo et être surélevée de 15 cm au moins. Fabriquée à l'aide de planches de bois de 1,5 cm d'épaisseur, elle repose sur des cubes de bois ou des briques de terre cuite (figure 106).

FIGURE 106
Plate-forme du silo


Les dimensions de la plateforme sont spécifiées dans l'encadré 3.

ENCADRÉ 3
Dimensions de la plate-forme

Taille du silo	Hauteur de la plate-forme	Longueur et largeur de la plate-forme	Nombre de supports
120 kg	15–20 cm	50 x 50 cm	2
250 kg		75 x 75 cm	2
500 kg		100 x 100 cm	3
900 kg		125 x 125 cm	3
1 800 kg		125 x 125 cm	3

7.3 Préparation du grain

Le grain à introduire dans le silo doit être bien propre et sec. Pour qu'une bonne conservation soit garantie, la teneur en eau du grain ne doit en aucun cas dépasser 14 % pour les céréales et doit rester en-deçà de 10 % pour les légumineuses et les graines oléagineuses (voir paragraphe 7.6.). Si le grain versé dans le silo est encore humide, il existe un risque de perte totale.

Le grain est introduit dans le silo par la bouche percée dans la composante supérieure. Il ne faut pas remplir le silo à ras-bord, mais laisser, au sommet du cylindre, un espace libre de 5 à 10 cm de manière à permettre une bonne circulation des gaz de fumigation. Si

l'on dépose des sachets dans le silo, il doit s'agir de sachets de tissu, et non de plastique.

7.4 Fumigation pour lutter contre les ravageurs

Pour la fumigation, utilisez des pastilles de phosphore d'aluminium qui, en réagissant avec l'humidité, vont produire un gaz toxique, le phosphore d'hydrogène (phosphamine ou phosphine), et laisser un résidu appelé hydroxyde d'aluminium. On trouve dans le commerce plusieurs fumigants pour silos à base de phosphore d'aluminium. Quel que soit le produit, il faut suivre les recommandations du fabricant qui figurent sur l'emballage. Ces produits contiennent en général 55 % de matière active.

Les pastilles ne sont pas combustibles, mais au contact de l'air humide, elles libèrent du phosphore d'hydrogène, un gaz toxique inflammable. Il peut y avoir combustion spontanée au contact de l'eau, d'acides ou d'autres liquides.

Un mélange phosphore d'hydrogène/air d'une concentration supérieure à la limite d'inflammabilité peut s'enflammer spontanément. En présence de concentrations élevées de phosphore d'hydrogène, cette inflammation peut entraîner des réactions violentes. Des explosions seront parfois observées, qui pourront entraîner des blessures physiques. Des précautions doivent être prises pour éviter les intoxications. Si le cas se présente, on appellera immédiatement les services médicaux.

ENCADRÉ 4

Doses recommandées (en nombre de pastilles) pour différentes cultures

Capacité du silo (en m³)	Équivalent en kg (poids spécifique du grain en kg/m³)			Nombre de pastilles (3 g à 55 % de phosphore d'aluminium)
	Blé 780 kg	Maïs 720 kg	Riz non décortiqué 580 kg	
4,20	3 360	3 024	2 436	16
2,41	1 930	1 880	1 398	9
2,00	1 600	1 440	1 160	7
1,76	1 400	1 268	1 020	6
1,00	800	720	580	3,5
0,50	400	360	290	2
0,32	250	230	185	1
0,12	100	72	58	0,5

Source: C. Rosell et D. Mejía-Lorio; élaboration propre, 2010.

Le nombre de pastilles à utiliser pour une fumigation dépend principalement du volume du silo et non de la quantité de grain conservée dans ce dernier. La quantité exprimée en poids que l'on va conserver dans le silo varie selon la nature du produit. En général, le poids approximatif de 1 m³ de haricots ou de blé s'élève à 780 kg, contre 720 kg pour le maïs et 580 kg pour le riz non décortiqué. L'encadré 4 spécifie les doses recommandées pour plusieurs modèles de silo couverts dans le présent document.

Les pastilles utilisées pour la fumigation doivent être manipulées avec prudence, en évitant tout contact direct avec les mains. Une fois les pastilles sorties de leur conditionnement d'origine, celui-ci doit être refermé avec soin, de manière à ce que les pastilles restantes ne s'abîment pas.

FIGURE 107

Une fois les pastilles prélevées, refermer le récipient



Les pastilles que l'on va utiliser pour la fumigation doivent être rapidement déposées dans un cornet de papier qui sera placé à la surface du grain à l'intérieur du silo (figure 108). Il faut éviter tout contact direct entre les pastilles et le grain. La durée recommandée pour le traitement est de 10 jours. Passé ce délai, le grain ne contiendra plus ni œufs, ni larves, ni insectes adultes.

7.5 Sceller le silo pour le rendre étanche¹

Une fois le grain introduit dans le silo avec les pastilles de fumigant, on procède immédiatement à la fermeture hermétique du silo en entourant le bord des couvercles de bandes en caoutchouc (provenant, par exemple, de pneus), de ruban adhésif large (ruban d'emballage), de graisse animale ou de savon. Cette procédure per-

¹ Voir aussi les paragraphes 2.2.7. et 4.2.3.

■ 7 – Installation, utilisation, fumigation et entretien du silo

FIGURE 108

Déposer les pastilles dans un cornet et placer ce dernier dans le silo

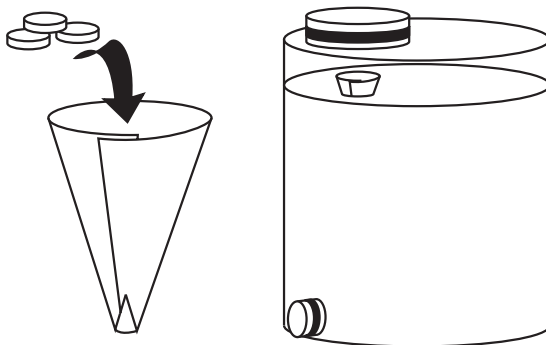
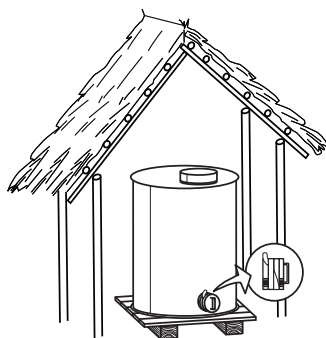


FIGURE 109

Scellage du silo une fois les pastilles de fumigation en place



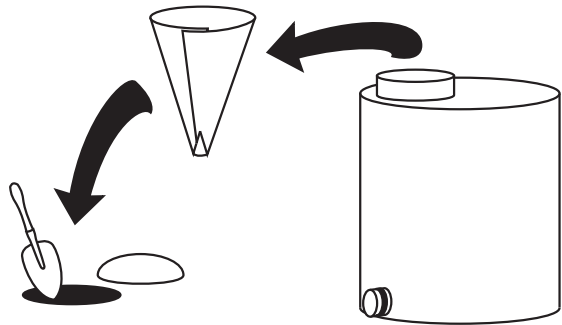
met de sceller l'endroit où les cols des couvercles et des bouches d'entrée et de sortie se rejoignent.

Il est important, durant les 3 à 5 heures suivant le début de la fumigation, de vérifier s'il y a des fuites de gaz. Si une odeur d'ail ou d'oignon se dégage du silo, il faut immédiatement déceler l'origine de la fuite et sceller l'endroit en question au moyen de graisse ou de savon. Pour que la réaction chimique soit complète et permette de combattre les insectes à différents stades de croissance, le silo devra rester scellé pendant 10 jours au moins. Une fois ce délai écoulé, le grain sera débarrassé des œufs, larves et insectes adultes.

Lorsque la fumigation est terminée, on ôte le couvercle du silo pour laisser aérer le grain pendant deux heures. Le cornet de papier contenant les résidus des pastilles doit être retiré et enterré (figure 110). Après la fumigation et la ventilation décrite ci-dessus, le grain est prêt à être utilisé, étant entendu qu'il faudra procéder à sa vérification périodique, tous les 30 jours, afin de repérer la présence éventuelle d'insectes.

FIGURE 110

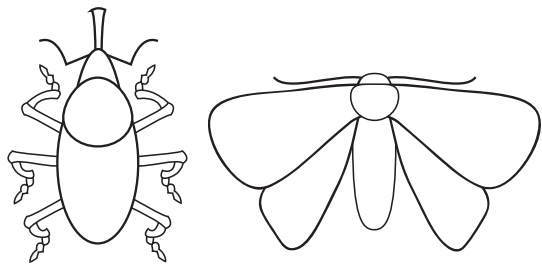
Retirer le cône contenant les résidus de tablettes et enterrer le tout



Si l'on constate la présence d'insectes vivants (figure 111), on répète l'opération de fumigation. Une fois la ventilation terminée, on peut consommer le grain pour autant que l'odeur caractéristique du fumigant ait disparu. Il est indispensable, chaque fois que le silo a été ouvert, de le sceller à nouveau pour éviter une réinfestation.

FIGURE 111

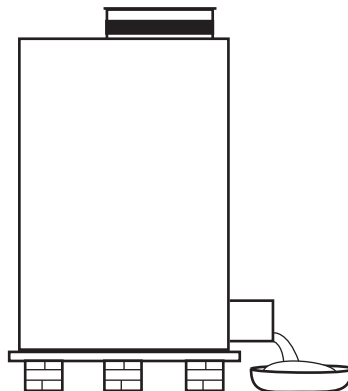
Insectes



Il est nécessaire, par ailleurs, de vérifier périodiquement la teneur en eau du grain; en cas de besoin, le grain devra à nouveau être séché (voir paragraphe 7.6.).

FIGURE 112

Prélèvement du grain



Le prélèvement du grain en vue de sa consommation s'opère par l'ouverture (bouche) inférieure. Utilisez un petit râteau de bois pour vider le silo jusqu'au dernier grain. N'inclinez jamais le silo, même pas pour la vidange finale.

Il est également important de vérifier périodiquement l'état du silo à la recherche notamment de pertes éventuelles, de marques de corrosion, etc., de manière à prolonger sa durée de vie.

7.6 Deux tests simples pour évaluer la teneur en eau

Le grain que l'on va entreposer dans le silo doit être bien sec. Pour cela, étalez le grain sur une toile ou une feuille de plastique posée au sol et laissez-le reposer durant quelques jours. Pour une meilleure conservation à l'intérieur du silo, sa teneur en eau ne peut pas dépasser 14 % dans le cas des céréales et doit rester en-deçà de 10 % dans le cas des légumineuses et des oléagineux. Il existe plusieurs manières simples d'évaluer la teneur en eau du produit.



Attention!

Si le grain n'est pas sec, il pourra se détériorer une fois dans le silo. S'il vous semble qu'il n'est pas suffisamment sec, laissez-le au soleil un jour de plus

Un premier test consiste à mordre un grain. Si la coupure est nette, le grain est sec. Si le grain est mou, cela signifie qu'il n'est pas sec et donc, qu'il n'est pas en état d'être versé dans le silo. Si c'est le cas, on le laissera plus longtemps au soleil.

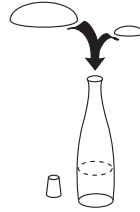
FIGURE 113

Test du sel

1. Verser le sel dans la poêle et placer celle-ci sur le feu



2. Verser le sel et le grain dans la bouteille bien séchée



3. Secouer la bouteille durant une minute



4. Placer la bouteille à l'ombre durant 15 minutes



5. Secouez une fois encore le mélange



6. Observer les parois de la bouteille

Humide



Sec



Si du sel adhère aux parois de la bouteille, le grain n'est pas encore sec.

Si l'on n'observe pas de sel sur les parois de la bouteille, le grain est sec et peut être placé dans le silo.

■ 7 – Installation, utilisation, fumigation et entretien du silo

Le second test, dit «du sel», est réalisé comme suit:

- sécher environ 30 g de sel de cuisine ordinaire dans une poêle sur le feu et prévoir une bouteille de verre d'une contenance de 750 ml environ. Le sel et la bouteille doivent être parfaitement secs;
- remplir un tiers de la bouteille avec le grain que l'on souhaite tester;
- ajouter le sel et fermer la bouteille;
- secouer le mélange durant une minute et laisser la bouteille à l'ombre;
- secouer à nouveau 15 minutes plus tard;
- observer les parois de la bouteille;
- si du sel adhère aux parois de la bouteille, le grain n'est pas encore sec. Si l'on n'observe pas de sel sur les parois de la bouteille, le grain est sec et peut être placé dans le silo.

7.7 Transport et entretien du silo

Compte tenu de son volume et de sa capacité, le silo est relativement difficile à transporter. C'est pourquoi il est recommandé de le faire fabriquer sur place par du personnel qualifié. Lorsqu'il est doit être transporté sur de longues distances, on peut l'arrimer sur une camionnette au moyen de cordes tendues au travers de la bouche d'ouverture, en veillant à ce qu'aucun autre objet n'exerce une pression sur le cylindre, ce qui pourrait le déformer. Le silo peut être transporté sur de courtes distances par deux personnes, au moyen de bâtons reliés par une corde, comme sur un brancard.

Pour ce qui concerne l'entretien, une fois le silo vidé, il faut le vider et le sécher à l'intérieur et à l'extérieur. Les traces d'oxydation éventuelles sont traitées au papier de verre, nettoyées, séchées avec un chiffon et recouvertes de peinture anticorrosion. Lorsque le silo est vide, il est indispensable de le fixer de manière à ce qu'il ne puisse pas basculer et s'abîmer. Grâce à ces précautions simples, le silo peut rester fonctionnel durant 15 à 20 ans.

Aspects économiques

8.1 Évaluation économique des silos métalliques

Le silo d'entreposage métallique s'avère très utile pour améliorer la sécurité alimentaire des petits et moyens producteurs de graines et de céréales. Outre qu'il repose sur une technologie assez simple et relativement facile à mettre en œuvre, il permet de conserver et de maintenir la qualité de ces produits au cours de l'entreposage.

Ses principaux atouts et caractéristiques sont énumérés ci-après:

- il offre une capacité d'entreposage pouvant aller de 120 à 1 800 kg;
- il fait appel, pour sa fabrication et son entretien, à une technologie disponible au niveau local qui peut être mise en œuvre dans les communautés rurales elles mêmes;
- on peut l'acquérir facilement et il est rentable;
- étanche, il permet une fumigation efficace;
- il occupe très peu de place;
- il permet de se passer d'insecticide et d'utiliser des fumigants ne laissant pas de résidus.

Les principaux avantages du silo sont les suivants:

- grâce à lui, les pertes en cours d'entreposage peuvent être pratiquement réduites à zéro;
- il permet de stocker les excédents de récolte et de les revendre ultérieurement à un meilleur prix;
- le grain conservé conserve sa bonne qualité;
- le silo maintient les rongeurs à l'écart de la famille et la protège contre les maladies que ceux-ci pourraient lui transmettre;
- il facilite le travail de la femme;
- il s'agit d'une technologie simple dont la durée de vie peut atteindre 20 ans.

8.2 Estimation des coûts

L'encadré 5 présente les coûts exposés pour la fabrication de silos de diverses dimensions dans plusieurs pays en développement où ils ont été introduits. Ces coûts de fabrication comprennent les coûts des matériaux, l'amortissement du matériel de fabrication, la main d'œuvre, les coûts financiers et le revenu de l'artisan. Les matériaux supplémentaires – essentiellement les pastilles de phosphore d'aluminium et le ruban adhésif ou les bandes de caoutchouc utilisés pour sceller les couvercles – représentent 2 % du coût total. Ces coûts ont été actualisés aux prix en vigueur en 2009 au moyen de l'indice des prix à la production du Fonds monétaire international (FMI), après quoi on a calculé leur moyenne générale.

8.3 Estimation des avantages minimum attendus

La réduction des pertes après récolte constitue le principal avantage parmi ceux énumérés ci-dessus, raison pour laquelle on cherche fréquemment à l'estimer. Selon le pays et le produit considéré, les pertes en question oscillent entre 10 et 50 % des quantités entreposées. Si l'on opte pour un scénario conservateur, soit 10 pour cent de pertes, l'avantage minimum annuel attendu du silo métallique sera équivalent à la valeur représentée par une réduction de la perte de 10 à pratiquement 0 pour cent. L'encadré 6 présente une

ENCADRÉ 5

Coûts de fabrication des silos métalliques et des matériaux supplémentaires (en USD/silo)

Pays	Capacité d'entreposage				
	120 kg	250 kg	500 kg	900 kg	1 800 kg
Afghanistan	–	37	92	–	122
Bolivie	36	63	108	–	–
Burkina Faso	49	55	79	106	132
Cambodge	21	35	53	–	88
Tchad	–	54	79	104	152
Guinée	–	–	103	–	123
Madagascar	–	53	66	92	132
Mozambique	35	60	95	131	–
Sénégal	43	79	113	143	189
Moyenne	37	54	88	115	134

Source: études réalisées par la FAO entre 1998 et 2005, avec actualisation des prix à 2009 sur la base de l'indice des prix à la production du FMI.

ENCADRÉ 6

Avantage minimum espéré pour une réduction de 10 % des pertes après récolte

Produit	Valeur (kg)*	Capacité d'entreposage				
		120 kg	250 kg	500 kg	900 kg	1 800 kg
Maïs	0,19	2,30	4,78	9,57	17,22	34,44
Blé	0,23	2,75	5,73	11,46	20,64	41,27
Sorgho	0,18	2,10	4,38	8,75	15,76	31,51
Riz	0,40	4,83	10,07	20,15	36,26	72,52
Haricot	0,90	10,82	22,54	45,07	81,13	162,26

Source: données de la Banque mondiale sur les prix des denrées: prix moyens 2008-10 pour le haricot; Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados de México (SNIIM): prix moyens 2008-2010 pour le haricot noir.

estimation de cet avantage basée sur la valeur des produits les plus communément entreposés. L'estimation de la valeur économique est calculée sur la base des cours internationaux des produits en question, en tenant compte de la moyenne des trois dernières années et d'un facteur de correction conservateur de 2 pour cent pour le cours international et le prix départ exploitation.

8.4 Estimation de la rentabilité économique

À partir du moment où l'avantage minimum attendu apparaissant dans l'encadré ci-dessus se réalise au cours des 20 années de vie utile, on peut calculer un taux interne de rentabilité économique minimum pour des silos de différentes capacités et pour les produits les plus répandus. Il faut pour cela se baser sur le coût moyen pour chaque pays (encadré 5), avec actualisation aux prix de 2009. Au terme de la vie utile, on obtient pour le silo une valeur de récupération correspondant à 10 pour cent de sa valeur initiale. Les résultats de cette analyse sont présentés dans l'encadré 7.

Il va sans dire que si l'on pouvait valoriser d'autres avantages – comme l'amélioration de la qualité du grain, la réduction des dommages imputables aux rongeurs et l'allègement de la charge de travail pour la femme rurale –, cette rentabilité économique serait encore bien supérieure. Si la rentabilité économique minimale estimée pour les silos de 120 kg est négative dans le cas du maïs et très basse pour le blé et le sorgho, elle est par contre égale ou supérieure à 10 pour cent dans le cas du riz et du haricot. Sachant cela, ce type de silo sera seulement recommandé, dans le cas du maïs, du blé et du sorgho, pour l'entreposage de graines d'ensemencement, car la valeur de ces dernières est supérieure à celle du produit de consommation.

ENCADRÉ 7

Estimation du taux interne de rentabilité économique calculée sur la base des avantages minimum

Produit	Capacité d'entreposage				
	120 kg	250 kg	500 kg	900 kg	1 800 kg
Maïs	0 %	4 %	7 %	13 %	25 %
Blé	2 %	7 %	10 %	16 %	30 %
Sorgho	-1 %	3 %	6 %	11 %	23 %
Riz	10 %	17 %	22 %	31 %	54 %
Haricot	29 %	41 %	51 %	70 %	121 %

Source: Mejía et Francescutti, 2011.

ENCADRÉ 8*Détails des coûts*

Description	Quantité	Unité	Prix unitaire	Total
Matériaux	–	–	–	645,40
Plaque de tôle de calibre 26 (100 x 200 cm)	6	plaque	90,00	540,00
Soudure étain-plomb (50 %)	1,18	kg	70,00	82,60
Acide chlorhydrique	0,06	Litre	60,00	3,60
Sel d'ammonium/flux	40	g/ml	0,20	8,00
Peinture anticorrosive «aluminium »	0,25	Litre	40,00	10,00
Charbon	1,2	kg	1,00	1,20
Main-d'œuvre				180,00
Artisan qualifié	12	heures	10,00	120,00
Assistant	12	heures	5,00	60,00
Amortissement des outils				4,79
Coût d'un jeu d'outils	1	Jeu	1 534,00	
Autres coûts	1	Global	0,00	0,00
Coût total de production				830,19
25 % de bénéfice				207,55
		Total en BOB		1 037,74
		Total en USD		135,30

Source: Arancibia/TCP/MLW/3103, 2007.

Taux de change: 7,67 BOB = 1 USD.

8.5 Coûts de fabrication d'un silo métallique

On trouvera sur les sites web www.fao.org/ag/ags et www.fao.org/inpho un petit programme qui permet de calculer, dans n'importe quelle devise, le coût de fabrication des silos de différentes tailles couverts dans le présent manuel. Ce programme (fichier Excel) est disponible en anglais, en français et en espagnol. L'exemple ci-après se rapporte à la Bolivie et se base sur les prix en vigueur en décembre 2007.

Type de silo: silo de 2,41 m³.**Capacité du silo (maïs):** 1 806 kg.**Volume:** 2,41 m³.

Nombre de plaques de tôle: 6.

Main-d'œuvre: le calcul a été réalisé sur la base de 80 BOB/jour de travail pour l'artisan qualifié et de 40 BOB/jour pour l'assistant, à raison d'un besoin estimé à 12 heures de travail pour la fabrication d'un silo de cette dimension, soit $80/8 = 10 \times 12 = 120$ BOB pour l'artisan et $40/8 = 5 \times 12 = 60$ BOB pour l'assistant. Donc, au total: $120 + 60 = 180$ BOB.

Amortissement des outils: Il'amortissement des outils a été calculé sur la base de leur coût total estimatif, soit 1 534 BOB, d'une période de 2 ans ou de 480 jours de travail, et d'un besoin estimatif de 12 heures pour la fabrication d'un silo de cette dimension, soit $1\,534/480 = 3,19$ BOB/jour; $3,19/8 = 0,40$ BOB/heure; $0,40 \times 12 = 4,79$ BOB.

Les prix unitaires de tous les éléments pris en compte changent en fonction du cas de figure et du pays.

Bibliographie

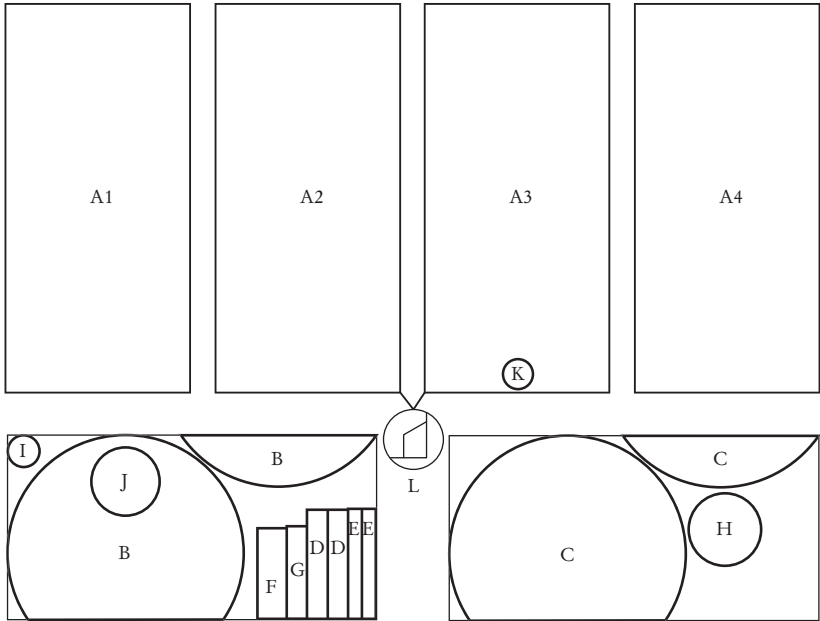
- Banque mondiale.** 2013. Marchés des denrées [page web] (<http://econ.worldbank.org>).
- CONSULGRAN.** 2013. [page web] (www.consulgran.com).
- COSUDE.** 1998. *Manuel de fabrication de silos métalliques pour la conservation du grain*. Programme régional POSTCOSECHA au Guatemala, au Honduras, au Salvador et au Nicaragua. Quatrième édition. COSUDE, Managua (Nicaragua).
- FAO.** 1998. *Estudio de impacto en aspectos técnicos y socioeconómicos del programa poscosecha en Bolivia*. Rapport final du projet GCP/ Bol/020-029-032/Net (non publié).
- FAO.** 2008. *Les silos métalliques familiaux, alliés essentiels de la FAO dans la lutte contre la faim* [brochure]. Rome (http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/silos_S_light.pdf).
- FMI.** 2013. IMF Primary Commodity Prices [page web] (<http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>).
- Mejía, D.** 2004. El silo metálico familiar. *LEISA Revista agroecológica*: p. 16 (http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-manejando-la-poscosecha/el-silo-metalico-familiar/at_download/article_pdf).
- Mejía, D. et Francescutti, D.** 2011. Evaluación económica de los silos metálicos familiares para almacenamiento de granos y cereales. *Revista Granos & Postcosecha Latinoamericana*, 84: 30-32.
- Schneider, K.** 1997. *Everybody gets a grain silo. Postcosecha in Central America: the story of a successful project in post-harvest protection*. Report on experience. Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Lindau (Suisse).
- SNIIM** [page web] (<http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/>).

Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 100 x 200 cm

■ **Annexe 1 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 100 x 200 cm**

Plan pour un silo de 2,410 m³

6 plaques de tôle (100 x 200 cm) / Contenance approximative: 1 800 kg



A1, A2, A3, A4: plaques de tôle du cylindre (100 x 200 cm)

B: composante supérieure du silo (r = 64 cm)

C: fond du silo (r = 64 cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)

I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)

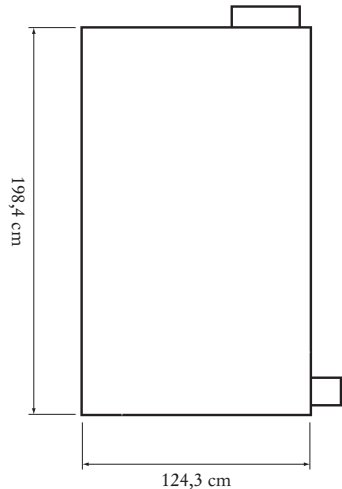
J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)

K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite;

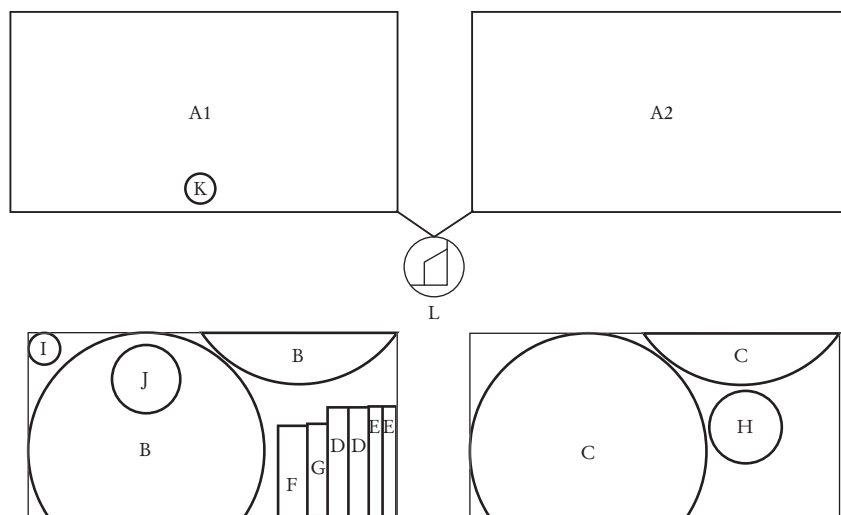
1,2 cm pour la découpe en biais)

Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.



Plan pour un silo de 1,190 m³

4 plaques de tôle (100 x 200 cm) / Contenance approximative: 900 kg



A1: plaque de tôle du cylindre 1 (100 x 200 cm)

A2: plaque de tôle du cylindre 2 (100 x 195,2 cm)

B: composante supérieure du silo ($r = 64$ cm)

C: fond du silo ($r = 64$ cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée ($r = 19,6$ cm)

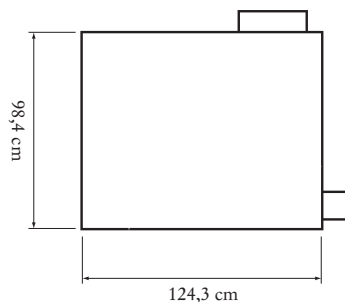
I: disque du couvercle de la bouche de sortie ($r = 8,6$ cm)

J: orifice d'entrée ($r = 18,5$ cm; centre à 25 cm du bord)

K: orifice de sortie ($r = 7,5$ cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite;

1,2 cm pour la découpe en biais)

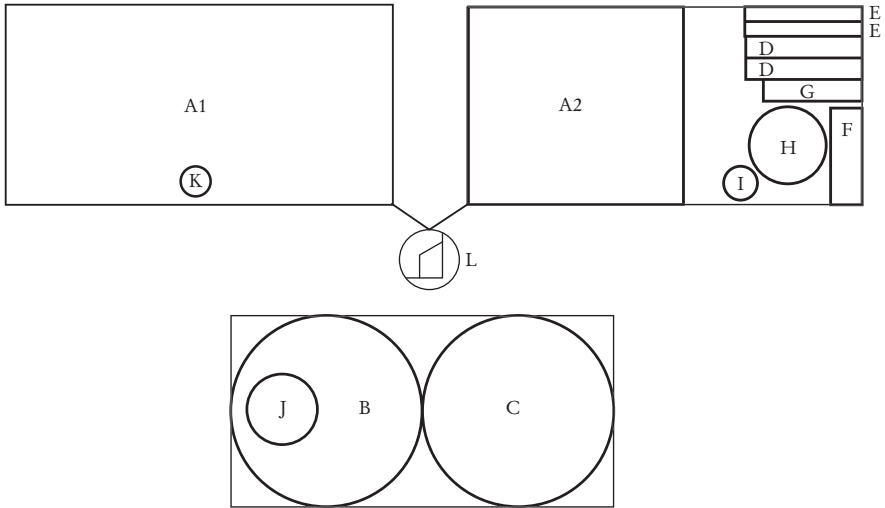


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

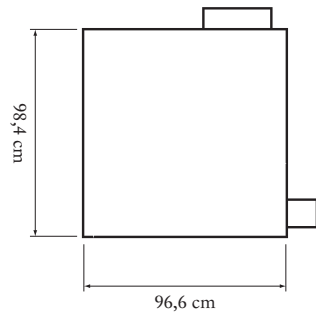
■ **Annexe 1 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 100 x 200 cm**

Plan pour un silo de 0,721 m³

3 plaques de tôle (100 x 200 cm) / Contenance approximative: 500 kg



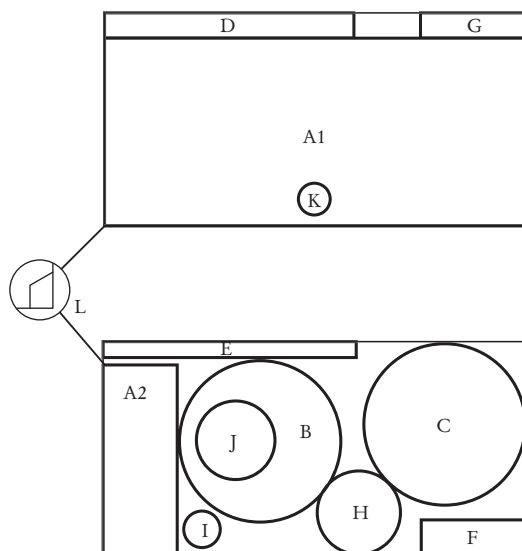
- A1: plaque de tôle du cylindre 1 (100 x 200 cm)
A2: plaque de tôle du cylindre 2 (100 x 108,3 cm)
B: composante supérieure du silo (r = 50 cm)
C: fond du silo (r = 50 cm)
D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)
I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)
J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)
K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)
L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite; 1,2 cm pour la découpe en biais)



Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

Plan pour un silo de 0,376 m³

2 plaques de tôle (100 x 200 cm) / Contenance approximative: 250 kg



A1: plaque de tôle du cylindre 1 (89 x 200 cm)

A2: plaque de tôle du cylindre 2 (89 x 34,9 cm)

B: composante supérieure du silo (r = 38 cm)

C: fond du silo (r = 38 cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)

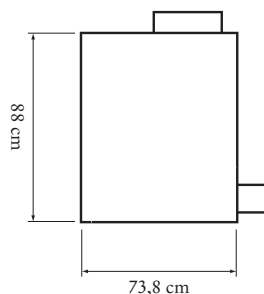
I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)

J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)

K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite;

0,7 cm pour la découpe en biais)

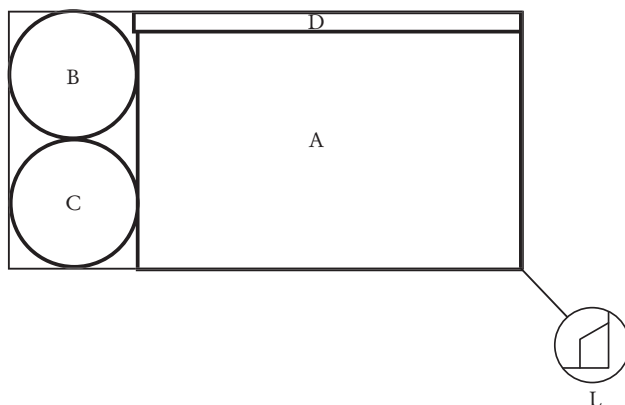


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 5 mm dans un sens et sur 10 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure, du fond et des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

■ **Annexe 1** – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 100 x 200 cm

Plan pour un silo de 0,159 m³

1 plaque de tôle (100 x 200 cm) / Contenance approximative: 120 kg



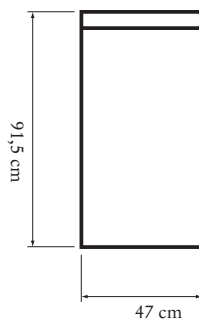
A: plaque de tôle du cylindre (149,1 x 92,5 cm)

B: composante supérieure du silo (r = 24,7 cm)

C: fond du silo (r = 24,6 cm)

D: bande du couvercle de la bouche d'entrée (150,6 x 7,5 cm)

L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite;
0,7 cm pour la découpe en biais)



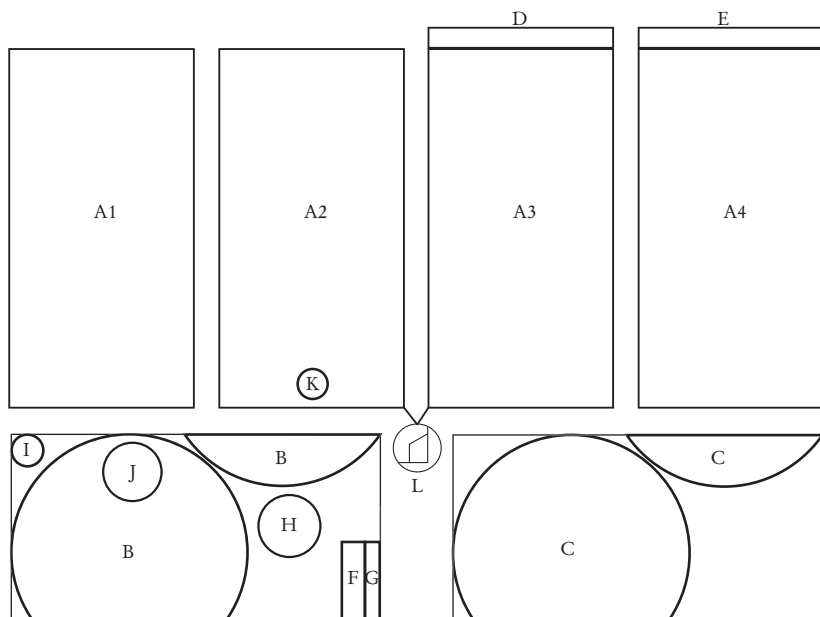
Note: le chevauchement/la jointure du cylindre est réalisé(e) en rabattant la tôle de 5 mm dans un sens et de 10 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre et du couvercle mesurent 5 mm.

Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 244 cm

■ **Annexe 2 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 244 cm**

Plan pour un silo de 4,214 m³

6 plaques de tôle (122 x 244 cm) / Contenance approximative: 3 200 kg



A1, A2, A3, A4: plaques de tôle du cylindre (122 x 233 cm)

B: composante supérieure du silo (r = 78 cm)

C: fond du silo (r = 78 cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)

I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)

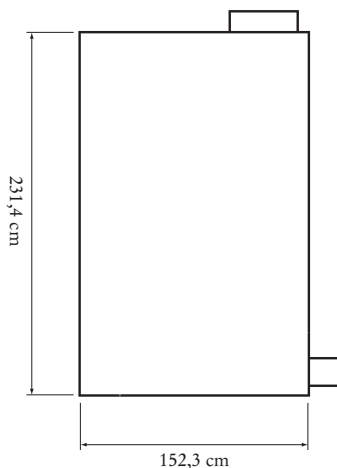
J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)

K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite;

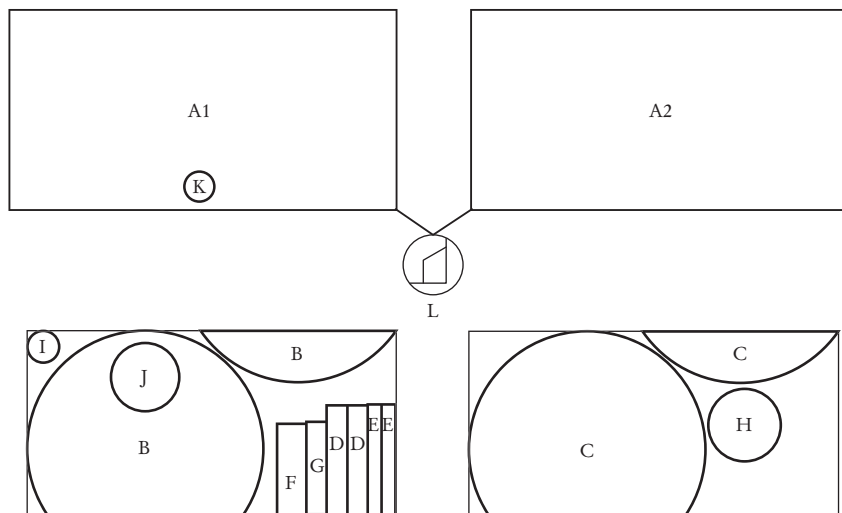
1,2 cm pour la découpe en biais)

Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

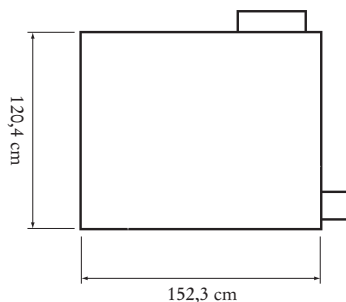


Plan pour un silo de 2,190 m³

4 plaques de tôle (122 x 244 cm) / Contenance approximative: 1 600 kg



- A1: plaque de tôle du cylindre 1 (100 x 200 cm)
 A2: plaque de tôle du cylindre 2 (100 x 195,2 cm)
 B: composante supérieure du silo (r = 64 cm)
 C: fond du silo (r = 64 cm)
 D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
 E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
 F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
 G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
 H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)
 I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)
 J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)
 K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)
 L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite; 1,2 cm pour la découpe en biais)

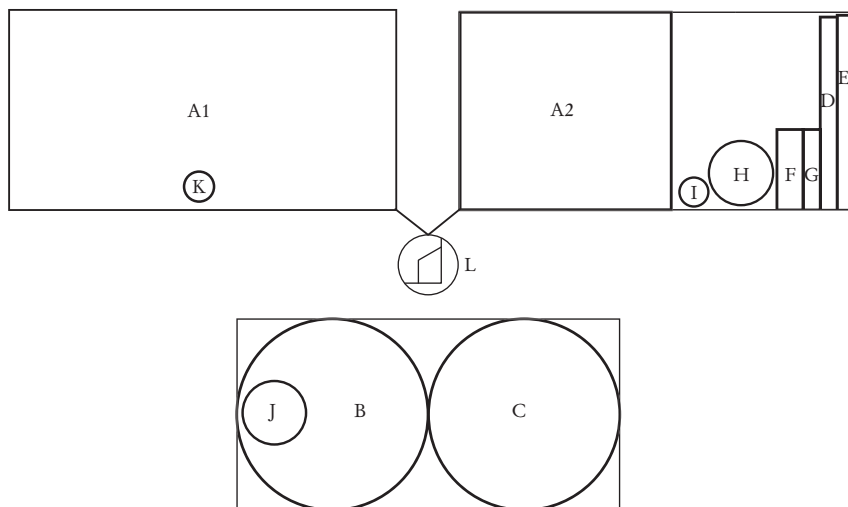


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

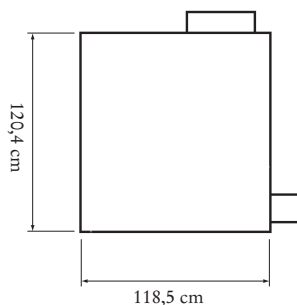
■ **Annexe 2 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 244 cm**

Plan pour un silo de 1,327 m³

3 plaques de tôle (122 x 244 cm) / Contenance approximative: 1 000 kg



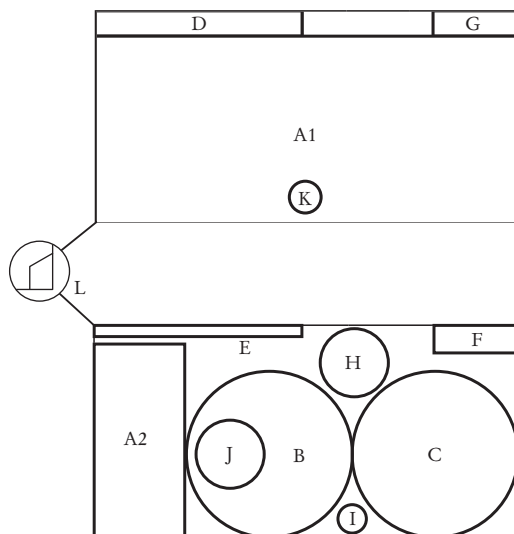
- A1: plaque de tôle du cylindre 1 (122 x 244 cm)
 A2: plaque de tôle du cylindre 2 (122 x 133 cm)
 B: composante supérieure du silo (r = 61 cm)
 C: fond du silo (r = 61 cm)
 D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
 E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
 F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
 G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
 H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)
 I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)
 J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)
 K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)
 L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite;
 1,2 cm pour la découpe en biais)



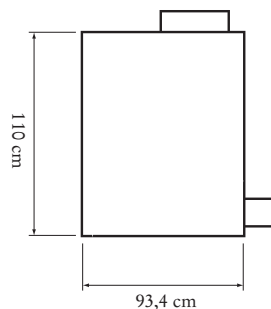
Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

Plan pour un silo de 0,754 m³

2 plaques de tôle (122 x 244 cm) / Contenance approximative: 600 kg



- A1: plaque de tôle du cylindre 1 (244 x 111 cm)
- A2: plaque de tôle du cylindre 2 (52,4 x 111 cm)
- B: composante supérieure du silo ($r = 47,8$ cm)
- C: fond du silo ($r = 47,8$ cm)
- D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
- E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
- F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
- G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
- H: disque du couvercle de la bouche d'entrée ($r = 19,6$ cm)
- I: disque du couvercle de la bouche de sortie ($r = 8,6$ cm)
- J: orifice d'entrée ($r = 18,5$ cm; centre à 25 cm du bord)
- K: orifice de sortie ($r = 7,5$ cm; centre à 10,5 cm du bord)
- L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite; 0,7 cm pour la découpe en biais)

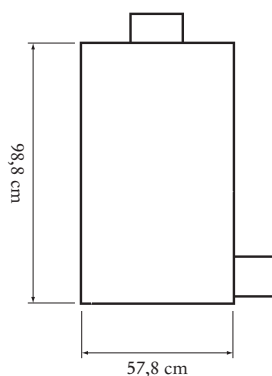
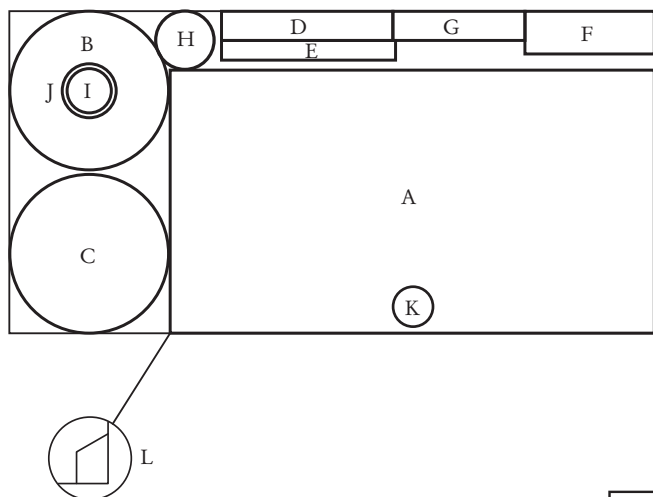


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure, du fond et des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

■ **Annexe 2 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 244 cm**

Plan pour un silo de 0,259 m³

1 plaque de tôle (122 x 244 cm) / Contenance approximative: 200 kg



- A: plaque de tôle du cylindre (183,1 x 99,8 cm)
 B: composante supérieure du silo (r = 30 cm)
 C: fond du silo (r = 30 cm)
 D: bande de la bouche d'entrée (11 x 64,8 cm)
 E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 65,8 cm)
 F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
 G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
 H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 11,1 cm)
 I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)
 J: orifice d'entrée (r = 10 cm; centre de B)
 K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)
 L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite;
 0,7 cm pour la découpe en biais)

Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 5 mm dans un sens et sur 10 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure, du fond et des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

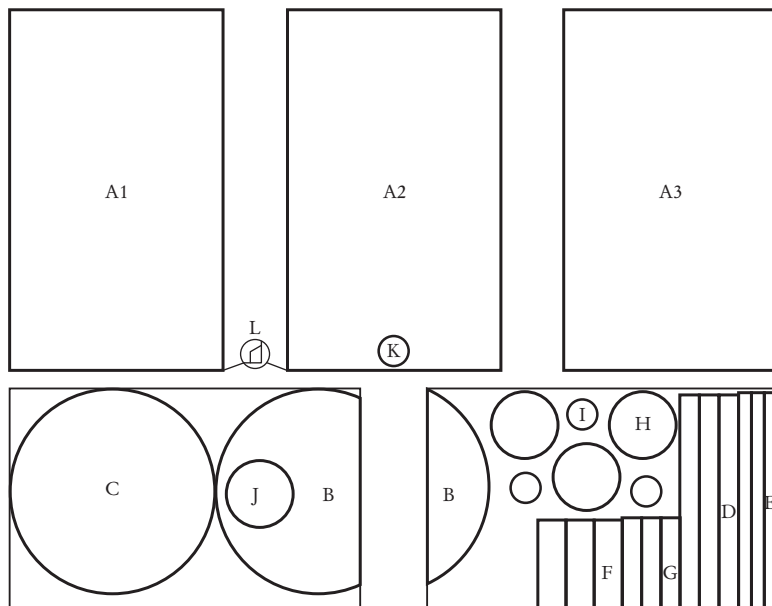
Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 200 cm

■ **Annexe 3 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 200 cm**

Plan pour un silo de 2,030 m³

4 (1/3) plaques de tôle (122 x 200 cm) / Contenance approximative: 1 520 kg

Les éléments D à I pour trois silos peuvent être découpés dans une seule plaque



A1, A2, A3: plaques du cylindre (122 x 200 cm)

B: composante supérieure du cylindre (r = 58,9 cm)

C: fond du silo (r = 58,9 cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)

I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)

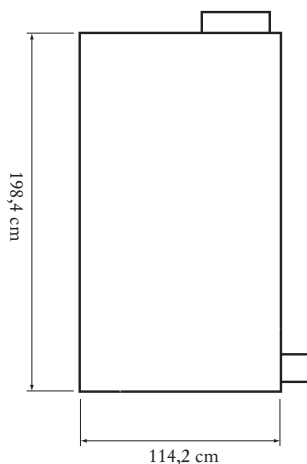
J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)

K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite;

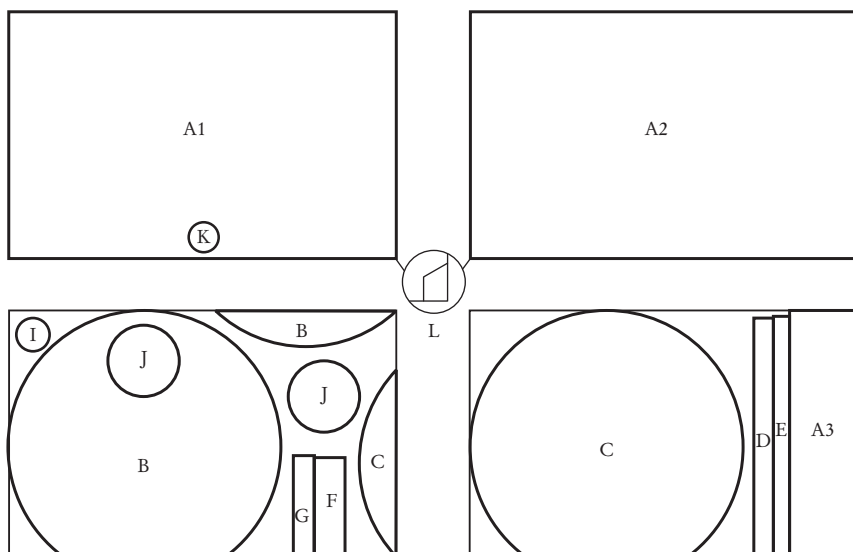
1,2 cm pour la découpe en biais)

Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.



Plan pour un silo de 1,758 m³

4 plaques de tôle (122 x 200 cm) / Contenance approximative: 1 400 kg



A1, A2: plaques du cylindre 1 et 2 (200 x 122 cm)

A3: plaque du cylindre 3 (35,5 x 122 cm)

B: composante supérieure du cylindre (r = 70 cm)

C: fond du silo (r = 70 cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)

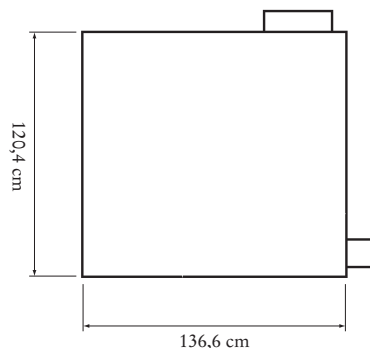
I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)

J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)

K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite;

1,2 cm pour la découpe en biais)

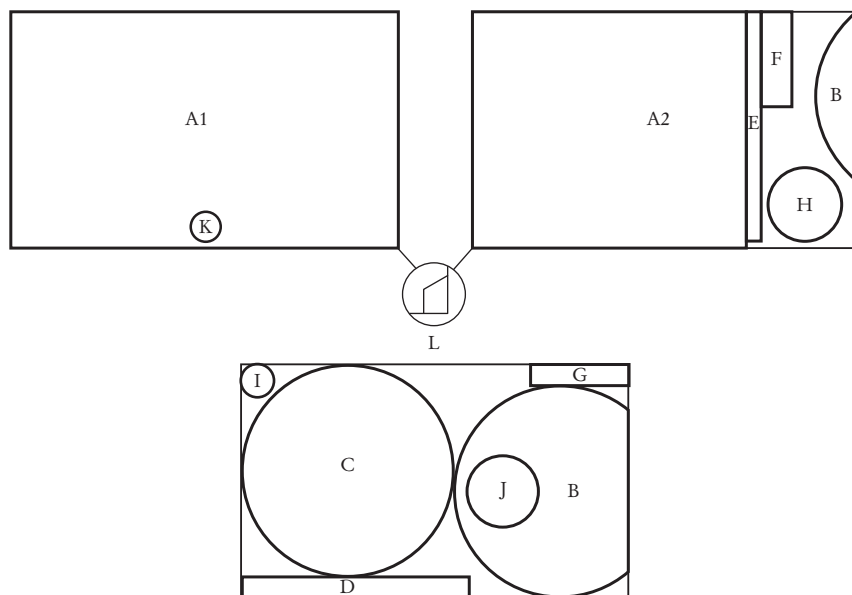


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

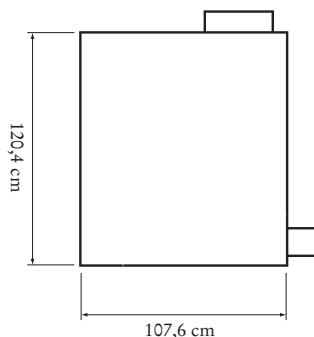
■ Annexe 3 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 200 cm

Plan pour un silo de 1,095 m³

3 plaques de tôle (122 x 200 cm) / Contenance approximative: 800 kg



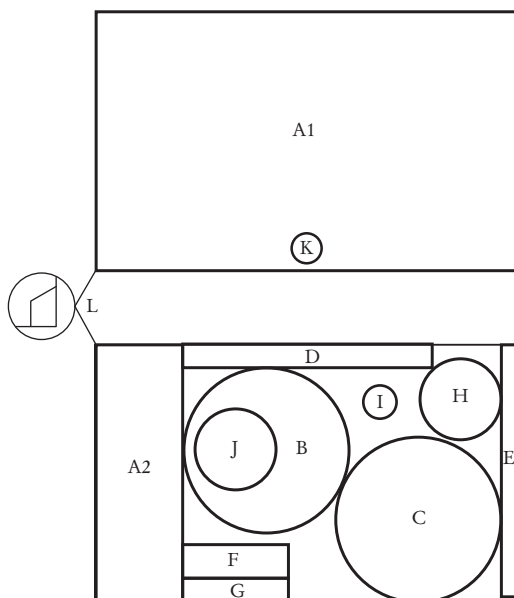
- A1: plaque du cylindre 1 (200 x 122 cm)
- A2: plaque du cylindre 2 (142,8 x 122 cm)
- B: composante supérieure du cylindre ($r = 55,5$ cm)
- C: fond du silo ($r = 55,5$ cm)
- D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
- E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
- F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
- G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
- H: disque du couvercle de la bouche d'entrée ($r = 19,6$ cm)
- I: disque du couvercle de la bouche de sortie ($r = 8,6$ cm)
- J: orifice d'entrée ($r = 18,5$ cm; centre 25 cm du bord)
- K: orifice de sortie ($r = 7,5$ cm; centre à 10,5 cm du bord)
- L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite; 1,2 cm pour la découpe en biais)



Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

Plan pour un silo de 0,546 m³

2 plaques de tôle (122 x 200 cm) / Contenance approximative: 400 kg



A1: plaque de tôle du cylindre 1 (200 x 122 cm)

A2: plaque de tôle du cylindre 2 (41,1 x 122 cm)

B: composante supérieure du cylindre ($r = 39$ cm)

C: fond du silo ($r = 39$ cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée ($r = 19,6$ cm)

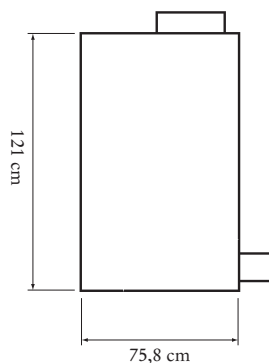
I: disque du couvercle de la bouche de sortie ($r = 8,6$ cm)

J: orifice d'entrée ($r = 18,5$ cm; centre 25 à cm du bord)

K: orifice de sortie ($r = 7,5$ cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite;

0,7 cm pour la découpe en biais)

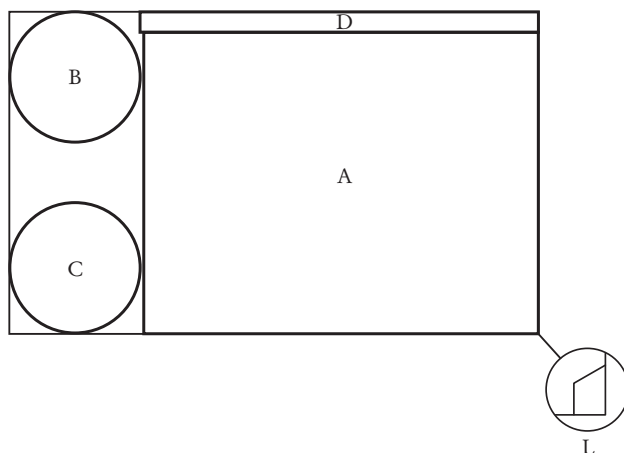


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 5 mm dans un sens et sur 10 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure, du fond et des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

■ **Annexe 3 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 122 x 200 cm**

Plan pour un silo de 0,197 m³

1 plaque de tôle (122 x 200 cm) / Contenance approximative: 150 kg



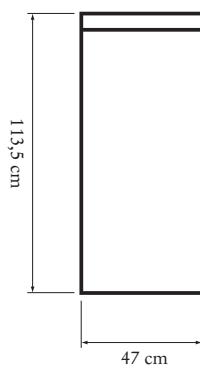
A: plaque de tôle du cylindre (149,1 x 114,5 cm)

B: composante supérieure du cylindre ($r = 24,7$ cm)

C: fond du silo ($r = 24,6$ cm)

D: bande du couvercle de la bouche d'entrée (150,6 x 7,5 cm)

L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite;
0,7 cm pour la découpe en biais)



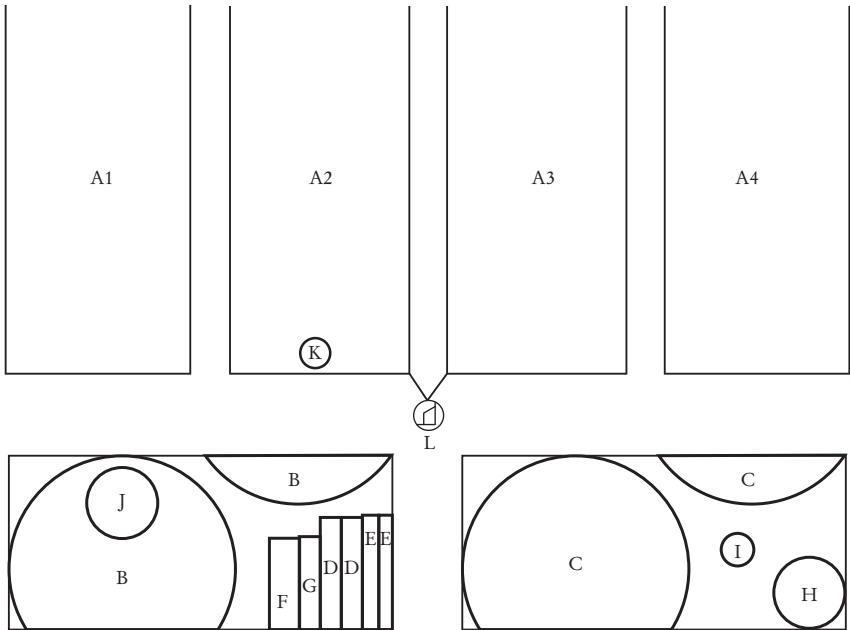
Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 5 mm dans un sens et sur 10 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre et du couvercle mesurent 5 mm.

Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 92,7 x 200 cm

■ **Annexe 4 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 92,7 x 200 cm**

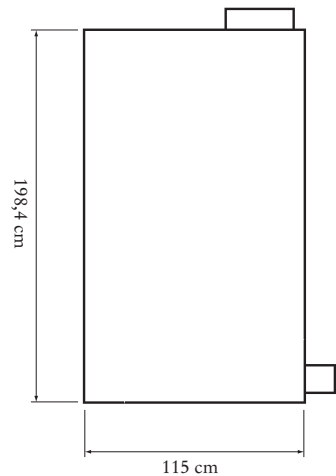
Plan pour un silo de 2,060 m³

6 plaques de tôle (92,7 x 200 cm) / Contenance approximative: 1 540 kg



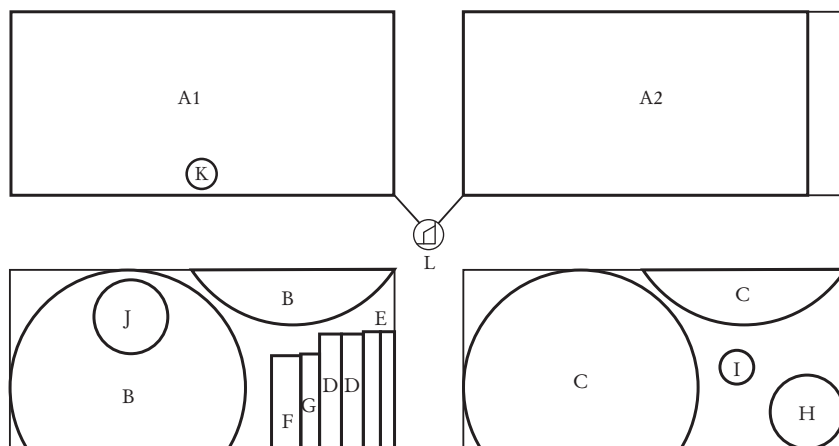
- A1, A2, A3, A4: plaques du cylindre (92,7 x 200 cm)
 B: composante supérieure du cylindre (r = 59,3 cm)
 C: fond du silo (r = 59,3 cm)
 D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
 E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
 F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
 G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
 H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)
 I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)
 J: orifice d'entrée (r = 18,5cm; centre à 25 cm du bord)
 K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)
 L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite; 1,2 cm pour la découpe en biais)

Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

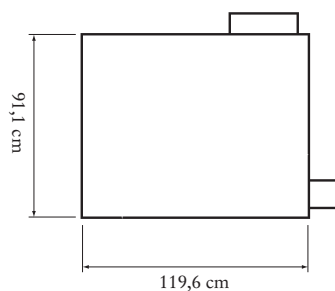


Plan pour un silo de 1,020 m³

4 plaques de tôle (92,7 x 200 cm) / Contenance approximative: 770 kg



- A1: plaque de tôle du cylindre 1 (200 x 92,7 cm)
 A2: plaque de tôle du cylindre 2 (180,5 x 92,7 cm)
 B: composante supérieure du cylindre (r = 61,6 cm)
 C: fond du silo (r = 61,6 cm)
 D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
 E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
 F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
 G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
 H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)
 I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)
 J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)
 K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre à 10,5 cm du bord)
 L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite; 1,2 cm pour la découpe en biais)

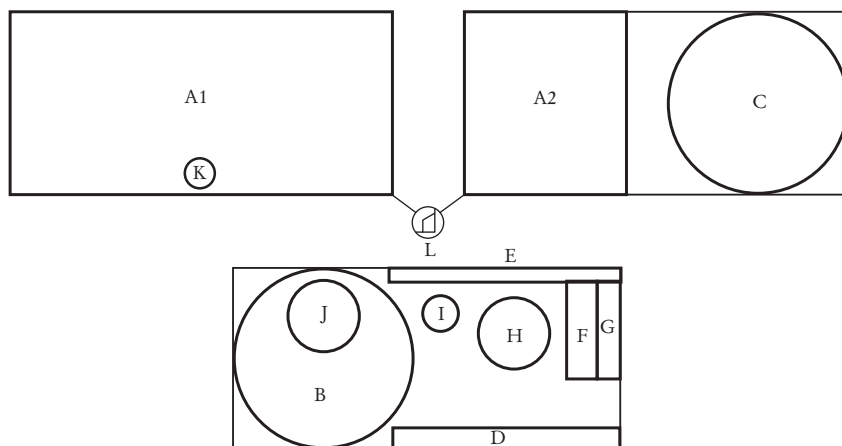


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

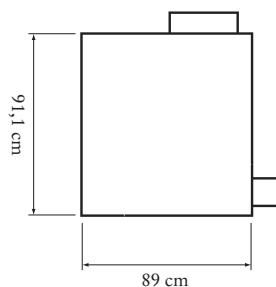
■ **Annexe 4 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 92,7 x 200 cm**

Plan pour un silo de 0,570 m³

3 plaques de tôle (92,7 x 200 cm) / Contenance approximative: 425 kg



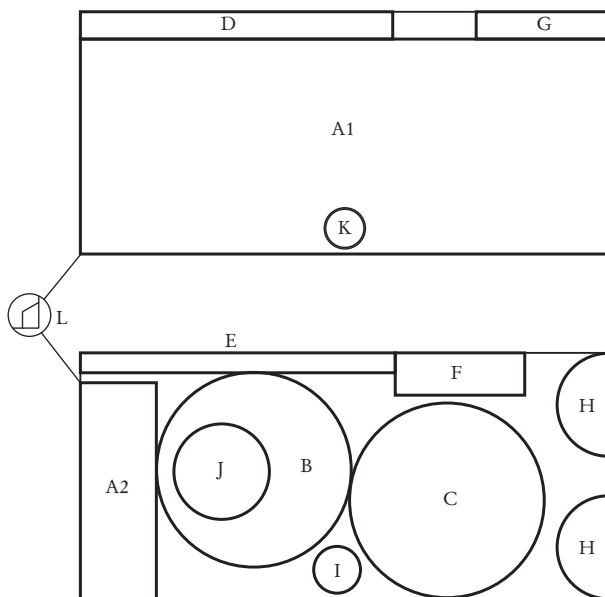
- A1: plaque de tôle du cylindre 1 (200 x 92,7 cm)
 A2: plaque de tôle du cylindre 2 (84,4 x 92,7 cm)
 B: composante supérieure du cylindre (r = 46,3 cm)
 C: fond du silo (r = 46,3 cm)
 D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)
 E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)
 F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)
 G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)
 H: disque du couvercle de la bouche d'entrée (r = 19,6 cm)
 I: disque du couvercle de la bouche de sortie (r = 8,6 cm)
 J: orifice d'entrée (r = 18,5 cm; centre à 25 cm du bord)
 K: orifice de sortie (r = 7,5 cm; centre 10,5 cm du bord)
 L: angle de dépouille (0,8 cm pour la découpe droite; 1,2 cm pour la découpe en biais)



Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 8 mm dans un sens et sur 12 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure et du fond mesurent 8 mm. Les rebords des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

Plan pour un silo de 0,327 m³

2 plaques de tôle (92,7 x 200 cm) / Contenance approximative: 245 kg



A1: plaque de tôle du cylindre 1 (200 x 81,7 cm)

A2: plaque de tôle du cylindre 2 (28,6 x 81,7 cm)

B: composante supérieure du cylindre ($r = 37$ cm)

C: fond du silo ($r = 37$ cm)

D: bande de la bouche d'entrée (11 x 118,2 cm)

E: bande du couvercle de la bouche d'entrée (7,5 x 119,2 cm)

F: bande de la bouche de sortie (16 x 49,1 cm)

G: bande du couvercle de la bouche de sortie (11 x 50,1 cm)

H: disque du couvercle de la bouche d'entrée ($r = 19,6$ cm)

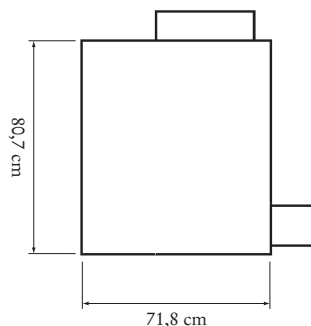
I: disque du couvercle de la bouche de sortie ($r = 8,6$ cm)

J: orifice d'entrée ($r = 18,5$ cm; centre à 25 cm du bord)

K: orifice de sortie ($r = 7,5$ cm; centre à 10,5 cm du bord)

L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite;

0,7 cm pour la découpe en biais)

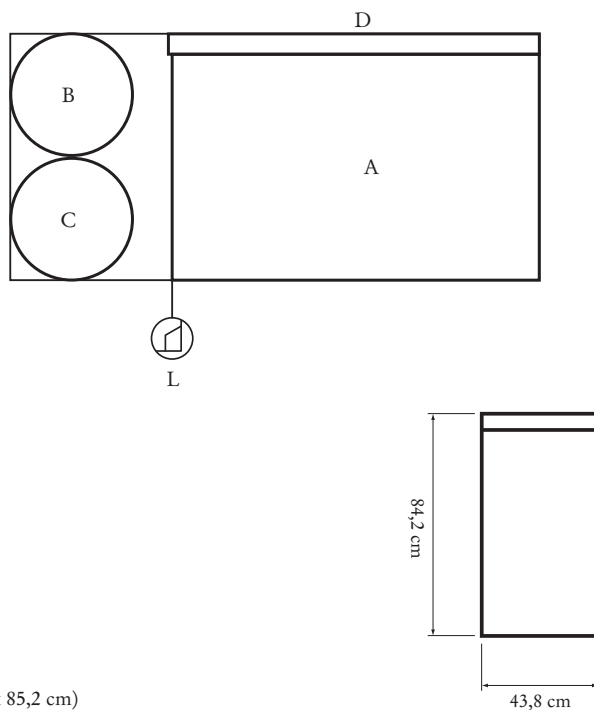


Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 5 mm dans un sens et sur 10 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre, de la composante supérieure, du fond et des couvercles d'entrée et de sortie mesurent 5 mm.

■ **Annexe 4 – Silos fabriqués avec des plaques de tôle de 92,7 x 200 cm**

Plan pour un silo de 0,127 m³

1 plaque de tôle (92,7 x 200 cm) / Contenance approximative: 95 kg



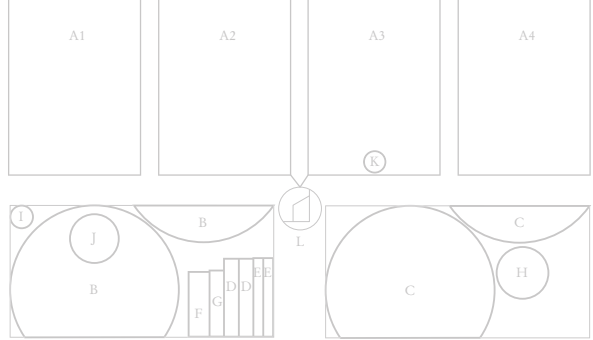
A: plaque de tôle du cylindre (139 x 85,2 cm)

B: composante supérieure du cylindre ($r = 23,1$ cm) C: fond du silo ($r = 23$ cm)

D: bande du couvercle de la bouche d'entrée (140,5 x 7,5 cm)

L: angle de dépouille (0,5 cm pour la découpe droite; 0,7 cm pour la découpe en biais)

Note: les chevauchements ou jointures du cylindre sont réalisés en rabattant la tôle sur 5 mm dans un sens et sur 10 mm dans l'autre. Les rebords du cylindre et du couvercle mesurent 5 mm.



Manuel technique

sur la fabrication et l'utilisation de silos métalliques familiaux
pour la conservation des céréales et des légumineuses à graines

Le Manuel technique sur la fabrication et l'utilisation de silos métalliques familiaux pour la conservation des céréales et des légumineuses à graines présente de manière à la fois simple et didactique les instructions à suivre pour la fabrication et l'utilisation de différents types de silos familiaux d'une capacité comprise entre 0,12 et 4,2 m³ (pour un poids stocké allant de 120 à 4 000 kg environ). Les silos de ce type apportent une contribution tout à fait déterminante à la sécurité alimentaire, à la réalisation des objectifs de développement durable ainsi qu'au bien-être des petits exploitants, en particulier lorsque sévissent des crises agricoles pouvant découler de toute une série de facteurs extérieurs, notamment d'ordre financier. Tout l'intérêt de ces silos tient au fait qu'ils permettent non seulement d'assurer l'alimentation des familles en milieu rural, mais aussi que grâce à eux, les petits agriculteurs peuvent maîtriser la commercialisation des excédents et accéder aux marchés lorsque les conditions leur sont favorables. Les instructions à suivre pour l'utilisation et la fabrication, à faible coût, des silos familiaux sont présentées sous une forme accessible aux artisans et aux agriculteurs. Le manuel s'appuie sur des données d'expérience rassemblées sur le terrain par Direction suisse du développement et de la coopération (DDC), ainsi que sur les nombreux projets menés par la FAO dans plus de 22 pays en développement.

