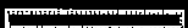


S E R I E T E C H N O L O G I E S N o 1 1



Blocs de terre comprimée

normes



Centre pour le
développement industriel
ACP - UE



CRATerre-EAG
BASIN

Blocs de terre comprimée

normes

Le centre pour le développement industriel (CDI) a acquis, en vingt ans de fonctionnement, un important savoir-faire technique et commercial au service de la création, du développement et de la réhabilitation des petites et moyennes entreprises dans les pays ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique), et ce, en particulier grâce à la mise sur pied de partenariats durables avec des entreprises de l'Union européenne.

Avec la publication de la collection "Guides pratiques", le CDI répond à un besoin clairement exprimé par les promoteurs ACP et les entrepreneurs UE désireux d'établir une collaboration industrielle avec ces pays. Ces guides visent à leur permettre de s'adapter à l'environnement technique, commercial, financier, administratif et juridique propre aux différents contextes locaux. Destinés à leur faciliter concrètement la tâche - en termes simples et pratiques - dans un domaine ou sur des aspects précis de leur activités, ils se veulent avant tout un outil efficace au service du manager.

Pour la rédaction des ouvrages, le CDI recourt à des consultants, chercheurs et praticiens - originaires des pays ACP ou de l'Union européenne - qui disposent d'une grande expérience de la question traitée, des problèmes pratiques effectivement rencontrés par les entrepreneurs ainsi que des solutions à apporter. Lorsque les circonstances le permettent, le CDI s'associe avec un coéditeur (bureau de consultant, organisme de recherche, institution spécialisée, etc.), afin d'assurer aux guides la diffusion la plus large possible.

Ce guide a été préparé en collaboration avec CRATerre-EAG (Centre international de la construction en terre - Ecole d'architecture de Grenoble) avec l'appui de l'ORAN (Organisation Régionale Africaine de Normalisation) et du laboratoire géomatériaux - URA du CNRS n° 1652 de l'ENTPE (Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat de Lyon).

Le CDI, le CRATerre-EAG, l'ORAN, les experts et consultants fournissent de bonne foi les renseignements contenus dans ce guide. Ils ne peuvent accepter aucune responsabilité du fait d'erreurs, inexacititudes, lacunes et omissions éventuelles ou de leurs conséquences.

Coordination : Boubekour S. (CDI), Houben H. (CRATerre-EAG)

Comité de rédaction : Doat P., d'Ornano S., Douline A., Garnier Ph., Guillaud H., Joffroy Th., Rigassi V.

Edition et droits : Ce volume des Guides du CDI est une coédition.
© 1998 CDI et CRATerre-EAG.
Reproduction autorisée avec mention de la source, sauf à des fins commerciales.
ISBN 2-906901-18-0

Diffusion : Ne peut être vendu par d'autres personnes ou distributeurs que ceux agréés par le CDI et le coéditeur. Valeur 20 écus.

CDI
Centre pour le Développement Industriel
(Convention de Lomé ACP-UE)
52 avenue Herrmann Debroux
B-1160 Bruxelles - Belgique
Téléphone +32 2 679 18 11
Télécopie +32 2 675 26 03
Télex 61427 cdi b

Préface

L'étude sectorielle sur les matériaux de construction BTP en Afrique Centrale présentée au forum industriel MAT-CONSTRUCT'95 organisé à Libreville, Gabon, par la C.E, l'UDEAC et le CDI en octobre 1995 a fait clairement ressortir que la technologie de la construction en terre, et plus spécifiquement celle des blocs de terre comprimée fait partie intégrale de l'industrie du bâtiment.

Les fabricants de matériaux et entreprises de construction qui ont adopté cette technologie se trouvent néanmoins encore confrontés à des problèmes d'acceptation du matériau dû à l'absence de textes normatifs.

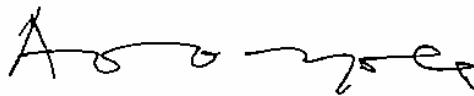
Le présent guide vient combler cette lacune. Il est résolument innovant par le fait qu'il résulte d'une démarche globale. Il dépasse en effet largement la visée utilitaire, classique bénéficiant directement aux entreprises individuelles pour se situer d'avantage à un niveau intéressant les organisations professionnelles dans leur ensemble.

Ce guide a fait l'objet de la mise en place d'un processus novateur pour élaborer les normes, favorisant la pluridisciplinarité et impliquant un très grand nombre d'experts et d'institutions spécialisées d'origine internationale, représentant l'ensemble des intervenants de l'industrie du bâtiment.

Les normes ont été approuvées pour devenir Normes Régionales Africaines sous les auspices du Comité Technique sur le Bâtiment et le Génie Civil (ORAN/CT3) de l'Organisation Régionale Africaine de Normalisation (ORAN) après avoir satisfait aux procédures de l'ORAN en matière de l'approbation de Normes Régionales.

Bien que les textes normatifs ont un statut officiel de Normes Régionales Africaines, il ne fait pas de doute que le rayonnement du guide dépassera largement les frontières géographiques de l'ensemble des pays ACP.

Ce guide confirme également la volonté d'accompagner les exigences qui trouvent leur origine dans l'évolution des réalités de terrain. Cette normalisation s'accorde parfaitement aux nouveaux besoins des domaines traditionnels de l'industrie du bâtiment et contribue à l'émergence de ces nouvelles technologies mises en oeuvre par les entreprises des pays ACP.



Dr. Oyejola O.A.
Secrétaire Général
Organisation Régionale
Africaine de Normalisation



Houben H.
Ingénieur-Chercheur
Centre International de la
Construction en Terre

Introduction

La terre crue est utilisée pour la construction de bâtiments depuis les temps les plus reculés, comme en témoigne l'habitat traditionnel en de nombreux points de notre planète. Après avoir été abandonnée et oubliée avec l'avènement des matériaux de construction industriels, en particulier le béton et l'acier, elle fait aujourd'hui l'objet d'un regain d'intérêt dans les pays en développement comme dans les pays industrialisés.

La construction en terre développe aujourd'hui des techniques de production dont le registre admet tout autant le procédé le plus rudimentaire, manuel, artisanal, que le procédé le plus sophistiqué, mécanisé, industriel. Dans la partie haute de ce registre, qui a fait l'objet d'une recherche scientifique sans précédent, la production de matériaux en terre n'a plus rien à envier à celle d'autres matériaux de construction actuels. Parmi les plus élaborées, on distingue plus particulièrement la technologie des blocs de terre comprimée.

Autrefois, les blocs de terre comprimée étaient réalisés par pilonnage manuel dans un moule en bois. Au XVIII^e siècle, le Français François Cointeraux imagine la première presse, la "Crécise". Ce n'est qu'au début de ce siècle que le principe de la compression mécanique est repris ; d'abord avec des presses manuelles à couvercle lourd, rabattu avec force sur la terre en excès dans le moule. Ces engins ont été motorisés. Des constructeurs d'équipements ont également mis au point des presses à force statique, dans lesquelles la terre est comprimée dans un moule entre deux plateaux qui se rapprochent. Le procédé était utilisé pour fabriquer les briques destinées à être cuites et fut plus ou moins bien adapté.

Ce n'est qu'en 1952 que le marché accueille la première presse spécialement conçue pour la production de blocs de terre comprimée : la presse CINVA-RAM développée par l'ingénieur Raul Ramirez, au centre CINVA de Bogota, Colombie. C'est à cette époque que la technologie des blocs de terre comprimée opère une percée irréversible. Partout des programmes considérables de construction de bâtiments en blocs de terre comprimée voient le jour, surtout en Amérique latine et en Afrique : Soudan, Congo, Zaïre, Guinée, Madagascar, Burundi, Rwanda, Zimbabwe, ... Cette activité fut accompagnée par de nombreux programmes de recherche scientifique et de développement technologique visant à mieux maîtriser le processus de production à grande échelle. Après une période d'accalmie pendant les années 60, il y a un regain d'intérêt dès la moitié des années 70. Pendant les années 80, la technologie attire l'attention des industriels du bâtiment du monde entier, qui développent toute une nouvelle gamme d'équipements de production parmi lesquels on trouve des filières de production industrielle à haute cadence. Simultanément de nombreuses entreprises de construction adoptent la technologie de la construction en terre, qui voit ses applications s'étendre des marchés privés aux marchés publics.

Depuis les années 90, la technologie de fabrication de BTC a fait l'objet d'une large diffusion auprès des petites et moyennes entreprises des pays ACP. Les bureaux d'études architecturales et techniques de ces régions s'intéressent maintenant au BTC dans le montage des projets de construction, les sociétés immobilières publiques et privées intègrent, depuis peu, le BTC dans la réalisation de programmes de logements, preuves que ce matériau est aujourd'hui accepté par les professionnels du secteur de la construction.

Le CDI accorde un grand intérêt au développement de cette filière parce qu'elle met en valeur les ressources naturelles disponibles localement comme la terre et qu'elle est génératrice d'emplois. De plus, la technologie est facilement

maîtrisable et le niveau d'investissement supportable pour les petites et moyennes entreprises industrielles. A cet égard, le CDI a appuyé de nombreux promoteurs ACP et ce à plusieurs niveaux :

- étude de diagnostic de projets ;
- étude d'implantation d'unités de production ;
- recherche de partenaires techniques européens ayant des équipements avantageux sur le plan économique et intéressés par le transfert de leur savoir-faire ;
- formation du personnel de plusieurs PME dans le cadre de projets de démonstration ;
- amélioration des performances techniques et économiques des unités de fabrication de BTC.

En plus des interventions sur des projets proprement dit, le CDI avec le CRATerre-EAG participent activement à la promotion de cette technologie. Ainsi, une exposition d'une vingtaine de panneaux présente les différents types de blocs, les technologies de fabrication et quelques expériences connues en Afrique. Cette exposition a été présentée à plusieurs forums industriels réalisés en collaboration avec la Commission Européenne.

S'agissant des publications, le CDI a réalisé, avec l'appui du CRATerre-EAG un guide qui présente un inventaire des équipements disponibles dans les pays ACP et de l'UE, les critères de sélection des matériels de fabrication ainsi que la méthodologie pour la conduite d'une étude de faisabilité économique sur le développement de ce produit. Ce guide, qui a connu un grand succès, a déjà été diffusé à 3.000 exemplaires auprès de PME, d'ONG et d'institutions de développement des pays ACP.

La question est maintenant de savoir comment inciter les entreprises à fabriquer des produits certifiés conformes aux normes et ce afin de renforcer l'emploi du BTC dans le secteur de la construction. Le guide «Blocs de terre comprimée : Normes» s'inscrit dans ce contexte.

Il vise à suppléer à la relative absence de normes dans la production et la mise en oeuvre de BTC et présente un ensemble cohérent de normes qui ont le statut de Normes Régionales Africaines qui devraient faciliter, à terme, l'élaboration de normes nationales. C'est un document pratique destiné aux professionnels de l'industrie de la construction, ainsi qu'un véritable mode d'emploi destiné aux responsables de la normalisation de ce matériau dans leur pays.

La structure de ce guide, allant de l'identification des matières premières au bâtiment fini, doit permettre de s'adapter à la majorité des contextes, selon lesquels, on donnera plus ou moins d'importance à l'un ou l'autre des éléments normatifs techniques en fonction des besoins.

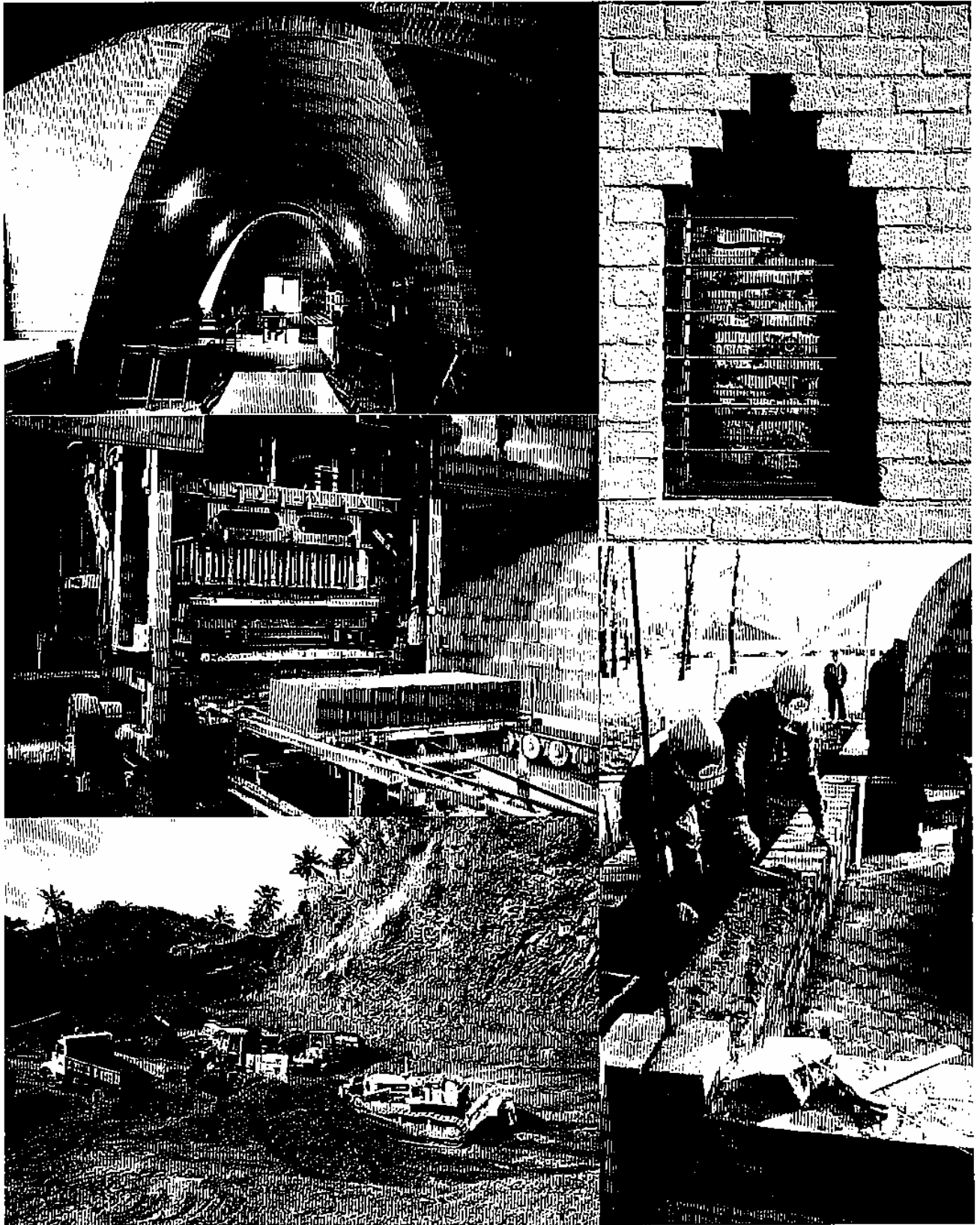
A chacun de ces éléments doivent correspondre des performances ou des processus qui constituent une série de données normatives (essais, produits, etc.) distinctes, mais afin de favoriser l'approbation de matériaux, de systèmes et de conceptions innovatives, une lecture globale est nécessaire. Cette lecture permet d'introduire plus de flexibilité sans pour autant perdre de vue les objectifs principaux de la norme : la protection du citoyen et la qualité de vie.

Sommaire

PROCESSUS DE NORMALISATION	9
Définitions et buts de la normalisation	11
Opportunité de la normalisation	13
Recommandations pour la normalisation	15
Recommandations pour la promotion de normes	17
Recommandations pour la certification	18
NORMES DE TERMINOLOGIE ET CLASSIFICATION	19
ARS 670 : 1996 - Blocs de terre comprimée Norme de terminologie	21
ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée	31
ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre	37
ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée	41
NORMES DE COMPOSANTS ET ELEMENTS	45
ARS 674 : 1996 - Blocs de terre comprimée Spécifications techniques pour les blocs de terre comprimée ordinaires	47
ARS 675 : 1996 - Blocs de terre comprimée Spécifications techniques pour les blocs de terre comprimée de parement	51
ARS 676 : 1996 - Blocs de terre comprimée Spécifications techniques pour les mortiers de terre ordinaires	56
ARS 677 : 1996 - Blocs de terre comprimée Spécifications techniques pour les mortiers de terre de parement	58
ARS 678 : 1996 - Blocs de terre comprimée Spécifications techniques pour les maçonneries ordinaires en blocs de terre comprimée	61
ARS 679 : 1996 - Blocs de terre comprimée Spécifications techniques pour les maçonneries de parement en blocs de terre comprimée	64

NORMES DE FABRICATION ET EXECUTION	69
ARS 680 : 1996 - Blocs de terre comprimée Code de bonne pratique pour la production de blocs de terre comprimée	71
ARS 681 : 1996 - Blocs de terre comprimée Code de bonne pratique pour la préparation des mortiers de terre	87
ARS 682 : 1996 - Blocs de terre comprimée Code de bonne pratique pour la mise en oeuvre des maçonneries en blocs de terre comprimée	99
NORMES D'ESSAIS ET CONTROLES	113
ARS 683 : 1996 - Blocs de terre comprimée Norme de classification des essais d'identification des matériaux et essais mécaniques	115
MATERIELS ET DOCUMENTS UTILES	121
Matériel de promotion	123
Documents techniques	124
OFFRES DE SERVICE	127
CDI - Centre pour le Développement Industriel	129
CRATerre-EAG - Centre international de la Construction en Terre	132
ORAN - Organisation Régionale Africaine de Normalisation	134
DEROULEMENT DE LA NORMALISATION REGIONALE	137
Experts du comité scientifique et technique international «Technologie des blocs de terre comprimée»	139
Experts du séminaire de Yaoundé sur la normalisation des blocs de terre comprimée	140
Organismes nationaux de normalisation des pays membres de l'ORAN	142

PROCESSUS DE NORMALISATION



Le concept de normalisation qui a été utilisé pour la préparation de ce guide est en conformité avec le guide ISO/CEI 2, "Terminologie - Termes généraux et leurs définitions concernant la normalisation et les activités connexes", cinquième édition 1986.

La rédaction et la présentation du guide ont été réalisées d'après les directives CEI/ISO Partie 3 - "Rédaction et présentation des Normes internationales", deuxième édition 1989.

Les recommandations pour la normalisation, la promotion et la certification ont été élaborées par les experts des organismes nationaux de normalisation qui ont participé au séminaire de Yaoundé, sur base des textes du document "Directives pour la conception de normes tuiles en fibro et vibro-mortier", Série pédagogique TFM/TVM - Outil 4. SKAT - BIT. BASIN. St Gallen/Genève. Suisse. 1994.

Les textes figurant sous un chapitre "ARS" sont homologués par l'ORAN. Le processus de cette homologation est développé dans le chapitre «Déroulement de la normalisation régionale».

Définitions et buts de la normalisation

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) distingue les termes de normes et de documents normatifs ainsi :

— une norme est un : «document, établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats, garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné» et «doit se fonder sur les acquis conjugués de la science, de la technique et de l'expérience et viser à l'avantage optimal de la communauté» ;

— un document normatif est un : «document qui donne des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques pour des activités ou leurs résultats» et n'a donc pas la même portée, ni la même approbation, mais il peut devenir «norme».

Divers termes de la définition méritent commentaires.

Le «consensus», n'implique pas forcément l'unanimité, mais «l'accord général caractérisé par l'absence d'opposition ferme».

Les objectifs des normes sont surtout économiques et sociaux, pour faciliter les échanges des biens et produits et assurer la protection du citoyen (sécurité, qualité des produits, etc.) et la qualité de la vie (santé, hygiène, environnement, etc.). C'est pourquoi les normes traitent des «usages communs et répétés» qui concernent donc un grand nombre de partenaires et leur servent de moyen de référence pour la communication (terminologique, contractuel, technique, etc.). Cette valeur de référence repose bien sûr sur sa validité scientifique et technique pour laquelle l'approbation par un organisme reconnu, pour son autorité morale et son respect des règles d'élaboration de normes et de recherche de consensus, est nécessaire.

L'approbation et la reconnaissance de la norme, tant par les parties concernées que par l'autorité morale, garantissent «un niveau d'ordre optimal» nécessaire aux échanges et relations contractuelles, donc à l'industrie et à l'économie. Cet «ordre» est bien sûr lié à «un contexte donné» et à un moment donné, ce qui signifie qu'il ne s'agit pas d'un document figé, mais régulièrement réexaminé et si nécessaire révisé.

Les normes permettent ainsi, la diffusion de la technologie, depuis la collectivité technique et économique compétente, vers l'ensemble des entreprises, formant la base des solutions techniques reproductibles et ainsi la création progressive d'une «culture technique» commune qui vise à supprimer divers obstacles techniques. Ceci particulièrement pour le développement de nouveaux produits et pour la conquête de nouveaux marchés.

Sur la base de ces objectifs, il apparaît que l'innovation est importante et que la norme ne doit pas l'empêcher. Il est pourtant répandu de croire qu'une norme est rigide et contraignante. Il peut en effet paraître paradoxal de garantir «un niveau d'ordre optimal» et de «stimuler l'innovation», mais pour innover il est indispensable de connaître et utiliser l'existant, puis de disposer des outils et soutiens pour déboucher sur le marché avec des conditions de compétitivité et de succès commercial satisfaisantes.

Pour cela, tout dépend du type de normes dont disposera la communauté et il convient de distinguer la norme de moyens de la norme de résultats. La pre-

mière qui est la plus classique, décrit concrètement les moyens à utiliser pour atteindre un objectif, elle est un peu un guide de fabrication, mais peu figer la technique. La seconde fixe le résultat à atteindre (caractéristiques, performances, etc.) mais laisse au prestataire l'entière liberté de choix des moyens. Au contraire de la précédente, elle ne risque pas de bloquer le progrès et favorise l'innovation, mais il y a néanmoins le risque que cette liberté de moyens entraîne à réinventer ce qui existe et par là des moyens coûteux et complexes. Une norme permettant l'innovation devra donc décrire des moyens de manière nuancée permettant le choix sans caractère obligatoire.

Opportunité de la normalisation

Le passage des sociétés traditionnelles et rurales à des sociétés industrielles et urbaines a passablement modifié les rapports au sein des sociétés en fragmentant et complexifiant les échanges. Cette transformation des échanges est particulièrement sensible dans les domaines techniques qui ont les premiers subi les effets de la «révolution industrielle» ou de la «modernité».

Les systèmes traditionnels impliquaient peu d'opérateurs dans l'acte de construire : l'intervenant pouvait être à la fois concepteur, producteur de matériaux et constructeur ou si le client avait recours à un «professionnel» c'était pour une tâche précise dont il avait lui-même une certaine expérience, puisque tous les «citoyens» d'un lieu donné partageaient une même culture technique. Ce mode d'échange, parfois encore en activité, tend inévitablement à disparaître à cause d'un accroissement de la complexité des cultures techniques qu'il devient difficile de connaître dans leur ensemble et de par la multiplication des intervenants. En effet outre l'utilisateur, sont apparus des producteurs de matériaux de construction, des commerçants de gros et de détail, des entreprises de construction et des sous-traitants, des sociétés de promotion immobilière, des bureaux d'études, des organismes de financement, etc. Face à cette complexité, des documents techniques de référence, des normes sont devenues indispensables pour les échanges entre tout ces opérateurs. Ces documents sont d'ailleurs souvent réalisés à l'initiative des opérateurs eux-mêmes.

Concernant des matériaux de construction comme le bloc de terre comprimée, le besoin en normes émane quasi unanimement des producteurs et/ou utilisateurs qui veulent prouver que ce matériau, bien qu'issu de la tradition, peut s'intégrer dans les pratiques actuelles de la construction.

Ils sont en effet souvent confrontés à des blocages techniques, comme la plupart des nouvelles technologies, avant tout par méconnaissance, puisqu'elles ne font pas encore partie de la «culture technique commune».

Le concepteur ne peut utiliser le matériau car il ne connaît pas ses caractéristiques et performances, l'entreprise de construction ne connaît pas ses modes de mise en oeuvre, le contrôleur ne sait pas comment tester et mesurer ses performances et le banquier et l'assureur n'ayant pas l'aval du contrôleur ne peuvent donner de crédits ou de garanties décennales sur les ouvrages, etc. Cela signifie que le seul moyen qui reste au producteur et/ou au constructeur est d'assurer lui-même la promotion et la crédibilité de cette technologie. Par exemple, réaliser à ses frais des murs d'essais pour rassurer le maître d'ouvrage et le contrôleur ou encore suivre des procédures d'essais coûteuses et complexes, issues d'autres matériaux de construction, parce que la normalisation en vigueur ne prévoit pas d'autres moyens et qu'elle est appliquée sans égard au contexte de production et d'utilisation.

Si l'on se réfère aux directives de l'ISO sur les normes dans le domaine de la construction, on relève que : «Toute normalisation dans le domaine de la construction doit reconnaître qu'un bâtiment est construit, avant tout, pour correspondre aux exigences des personnes particulièrement en ce qui concerne la santé, le confort et la sécurité. La meilleure solution, en l'occurrence, consiste à exprimer les normes internationales de construction autant que possible en termes d'exigences de performances pour les éléments, composants et matériaux de construction.» et il est important d'insister particulièrement à ce que les exigences soient formulées dans cet ordre et non le contraire.

Cela signifie qu'il faut viser d'abord les résultats (le bâtiment) et ensuite les moyens (les matériaux, la production et la mise en oeuvre, etc.), mais si on ne spécifie que les moyens, il y a risque qu'il devienne impossible de suivre à la fois la norme et à la fois les contraintes des utilisateurs. Par exemple, une spécification contraignante stipulant une résistance à la compression très élevée, alors qu'il s'agit de bâtir un bâtiment à simple rez-de-chaussée, risque d'obliger à l'utilisation de certains matériaux qui peuvent être inaccessibles financièrement à la majorité de la population.

Dans les mêmes directives de l'ISO, citons aussi : «Les Normes internationales de construction doivent encore tenir compte des différentes conditions climatiques ou régionales, notamment de l'expertise disponible et des différents stades de développement techniques et économiques. Il convient, chaque fois que possible, que les normes internationales de construction comportent des niveaux d'exigences différents pour l'application dans différentes régions en fonction des conditions prédominantes».

Il apparaît donc assez clairement que des documents normatifs sur le bloc de terre comprimée sont des outils de promotion et de défense de cette relative nouvelle technologie et que si la demande apparaît et que celle-ci ne soit pas satisfaite, l'absence de documents normatifs sera pénalisante pour les différents opérateurs ayant ou souhaitant investir dans celle-ci, à quelque titre que ce soit.

Bien entendu ces documents, pour être effectifs et opérationnels devront suivre les différents principes énoncés plus haut que l'on peut résumer brièvement :

- être précis, c'est-à-dire être spécifiques à ce matériau et ne pas être – une transposition de normes prévues pour d'autres matériaux ;
- être établis par consensus, par l'ensemble des opérateurs concernés, publics, privés, techniques, utilisateurs, organismes financier, etc. ;
- être réalistes, en prenant en compte les conditions climatiques et régionales (techniques et économiques) ;
- être compréhensible par les personnes qualifiées qui n'ont pas pris part à son élaboration.

Recommandations pour la normalisation

L'élaboration des normes de produits, biens et services relève de la compétence de l'Organisme national de Normalisation (ONN). Il dispose d'une procédure valable pour tous les produits dont les blocs de terre comprimée (BTC), mortiers de terre (MT) et maçonneries de blocs de terre comprimée (MBTC).

Méthode conseillée

La méthode conseillée est appelée "Méthode du Comité Technique".

En fonction des besoins exprimés dans un domaine spécifique, l'ONN constitue un comité technique (CT). Si nécessaire, des sous-comités (SC) et des groupes de travail (GT) sont également constitués pour accomplir le travail confié au CT. Dans la composition du CT, des SC et GT, on associe des représentants des producteurs, des utilisateurs, des enseignants techniques, des chercheurs, des professionnels et diverses structures gouvernementales, pour que les conclusions du travail soient réalistes, significatives et qu'elles reflètent la diversité de l'environnement. L'ONN assure le secrétariat et la coordination des travaux du CT.

La méthode se compose des phases suivantes :

Phase 1 : Etude de faisabilité et définition du programme

L'ONN établit son programme de travail en tenant compte des demandes ou propositions que les différents partenaires intéressés lui ont notifiés. Ce programme traduit les besoins et intérêts de l'industrie, du commerce, des utilisateurs, des enseignants techniques, des chercheurs, des professionnels et des fonctionnaires. Les autres facteurs à prendre en considération par l'ONN sont notamment :

- l'état de développement de la technique, y compris les progrès scientifiques et technologiques les plus récents, ainsi que les évolutions dans la conception des produits et des matériaux ;
- la disponibilité des ressources dans le pays en matière de technologie, de procédé de production et de matériaux ;
- l'hygiène et la sécurité publique ;
- les objectifs nationaux de développement économique.

Phase 2 : Préparation

L'ONN prépare ou fait préparer par un partenaire technique un avant-projet de norme en se basant sur les textes existants au niveau national, sur les normes nationales des autres pays, les normes régionales et/ou internationales et en consultation avec les secteurs concernés. Ce texte qui constitue le "Document de base" est soumis au CT pour délibération approfondie. Une fois qu'un consensus relatif aux points essentiels est obtenu, le CT rédige un projet qui constitue le "document amendé".

Phase 3 : Enquête publique

Le projet est présenté à un public élargi (représentants de ministères, diverses organisations gouvernementales et privées, instituts de recherche, sociétés immobilières, bailleurs de fonds, producteurs de matériaux, entrepreneurs, centres techniques, laboratoires, institutions d'enseignement, organismes de contrôle technique, assurances, etc.) afin de collecter de plus amples commentaires et suggestions : le public consulté s'étend alors aux collaborateurs des partenaires concernés, incluant les praticiens nationaux et étrangers.

Phase 4 : Homologation

Après considération et évaluation objective des commentaires et suggestions issus de l'Enquête publique, le "Document final" de norme est rédigé et soumis pour homologation en tant que norme nationale aux autorités concernées (Département chargé de la normalisation en relation avec le Département technique concerné).

N.B. Les normes nationales peuvent revêtir un caractère obligatoire pour des raisons de sécurité, de santé, de protection de l'environnement, etc.

Phase 5 : Publication

La norme nationale est alors éditée et publiée dans le journal officiel pour diffusion généralisée.

Recommandations pour la promotion de normes

Afin de promouvoir les normes BTC, toutes les institutions concernées par cette technologie doivent s'impliquer dans des actions concertées.

Formation

Une méthode efficace pour faire connaître la norme et la faire utiliser consiste à s'y référer régulièrement au cours de programmes de formation. Les manuels et autres matériels didactiques devront également être adaptés en conséquence.

Publicité

Distribués par des canaux appropriés, des articles et des publicités insérés dans des journaux spécialisés, des messages diffusés par radio et des spots vidéo, sont autant de moyens importants à ne pas négliger pour faire connaître la norme.

Manifestation

L'organisation de manifestations, par exemple combinées à des rencontres professionnelles ou des expositions, peut aussi être une manière de faire passer l'information à un large public.

Institutionnalisation

L'ONN doit amener les autorités concernées à amender les réglementations nationales de la construction et autres documents législatifs, de façon à ce que ces textes prennent en compte les BTC. En agissant de la sorte, ces autorités contribuent à renforcer la norme.

Les administrations des villes doivent être incitées à modifier leur réglementation en matière de construction en introduisant l'utilisation des BTC dans la législation concernée.

Pour faciliter ces démarches, il peut être utile d'emmener les autorités concernées en visite d'étude, afin de les familiariser avec les BTC et les développements en cours.

Recommandations pour la certification

Seule l'application rigoureuse des normes pour contrôler tous les matériaux BTC chez les producteurs permettra d'obtenir une qualité uniforme et fiable dans un pays donné. Cela est indispensable pour gagner la confiance des utilisateurs.

Les normes doivent servir de référence pour :

- établir et définir une procédure de certification ;
- contrôler la production et la vente des produits ;
- rédiger des documents de soumission et contrats d'achat.

Proposition d'une méthode de certification

L'ONN doit diriger un système de certification qui accorde aux producteurs l'utilisation d'un label NN (Norme Nationale). Ce label ne peut être octroyé que si la production respecte un ensemble d'exigences destinées à garantir la qualité de produits finis. Cette autorisation est accordée après une inspection approfondie et régulière de l'entreprise.

L'inspection doit passer en revue la production, les dispositifs de surveillance et d'évaluation, le matériel et la procédure de contrôle de qualité, la compétence du personnel, et tout autre élément indispensable permettant d'apprécier si un producteur est à même de respecter les normes. Pendant l'inspection, l'ONN doit fournir chaque fois que c'est nécessaire, les conseils techniques permettant au producteur d'améliorer la production en cours et le contrôle de qualité.

Ainsi, lorsqu'un produit porte le label NN, cela signifie qu'il est de bonne qualité, fiable et solide.

La marque de conformité aux normes apposée sur les produits et/ou sur l'emballage devrait fournir les informations suivantes :

- nom du producteur ;
- marque de fabrique ou autres moyens d'identification ;
- numéro de la norme ;
- date de production.

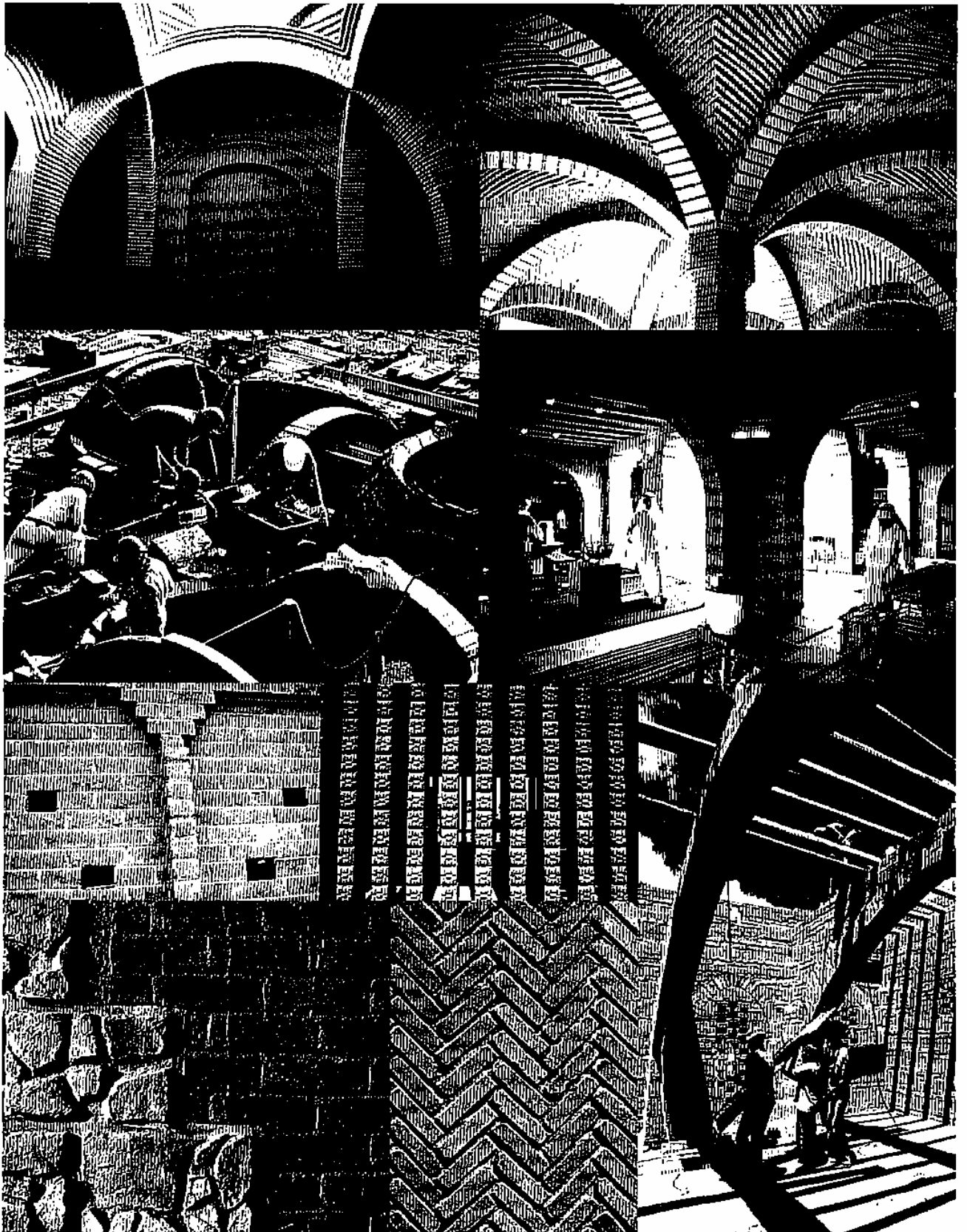
Sur demande, le producteur doit fournir un certificat attestant que les produits sont conformes à la norme en question.

Contrôle des produits et accréditation de laboratoires

Pour appuyer le système de label de certification et favoriser le développement des normes, l'ONN doit s'assurer de la collaboration de laboratoires de contrôle.

Ces laboratoires publics ou privés collaborent avec l'ONN au contrôle des produits. Ils doivent faire l'objet d'une procédure d'accréditation prenant en compte leurs compétences, leur intégrité et leur volonté de travailler en étroite liaison avec l'ONN.

NORMES DE TERMINOLOGIE ET CLASSIFICATION



La terminologie de la technologie des blocs de terre comprimée se rapproche fortement de la terminologie classique des petits éléments de maçonnerie et qui en général convient parfaitement. Pour déterminer le produit spécifique qui fait l'objet de ce guide, l'ensemble des experts a opté pour le terme "Blocs de terre comprimée" (BTC). Ce terme générique comprend toutes les variantes de ce produit, que la terre soit stabilisée ou non.

Il faut cependant noter que la littérature abonde en d'autres dénominations qui désignent toutes des produits identiques : BTS (béton de terre stabilisée), Stabibloc, Tersta, Géobéton, Briques de terre compactée, Géobloc, etc.

ARS 670 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Norme de terminologie

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les termes principaux s'appliquant à la technologie des blocs de terre comprimée (BTC).

1.2 Domaines d'application

Les termes définis par la présente norme sont applicables dans l'élaboration de tous les documents techniques administratifs et contractuels relatifs à la technologie des blocs de terre comprimée et concernent aussi bien les marchés publics que les marchés privés.

2 Termes applicables aux blocs de terre comprimée

2.1 Définition

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont des éléments de maçonnerie, de dimensions réduites et de caractéristiques régulières et contrôlées obtenus par compression statique ou dynamique de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat.

Les blocs de terre comprimée ont généralement un format parallélépipédique rectangle et sont pleins ou perforés, à relief vertical et/ou horizontal.

Les blocs de terre comprimée sont constitués principalement de terre crue et doivent leur cohésion à l'état humide et à l'état sec essentiellement à la fraction argileuse composant la terre ; un additif peut être ajouté néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières des produits (voir 3.1.2).

Les caractéristiques finales des BTC dépendent de la qualité des matières premières (terre, additif) et de la qualité de l'exécution des différentes étapes de fabrication (préparation, malaxage, compression, cure).

Note : cette définition exclut donc les blocs obtenus par extrusion, ainsi que les produits agglomérés où le liant chimique joue un rôle essentiel pour assurer la cohésion à sec.

2.2 Description

Le BTC de type le plus courant se décrit géométriquement par la donnée de son format. Le format du produit décrit comporte la forme générale ainsi que les dimensions principales et les types de reliefs éventuels (évidement, perforation etc.) que comporte le produit.

Le format le plus courant est le format parallélépipédique rectangle (ou prismatique) avec une longueur (L), une largeur (l) et une hauteur (h). La donnée des trois dimensions dans l'ordre (L, l, h) est suffisante pour son emploi.

Les formats non parallélépipédiques rectangles nécessitent une description plus complète (cylindrique, conique, en voussoir, tronconique, hexagonal, etc.). Le format utilisé pour la description est le format nominal qui prend en compte les dimensions de fabrication.

Le format peut être principal ou secondaire. Le format principal ou format courant correspond au format de base à partir duquel on obtient les formats secondaires qui n'en sont que des fractions ou des multiplications par rapport à la longueur. Les formats secondaires les plus fréquents sont le «3/4», le «1/2» et le «1/4» dont les longueurs respectives sont :

- $L_{3/4} = (L_{4/4} - tm/3) \cdot 3/4$
- $L_{1/2} = (L_{4/4} - tm) \cdot 1/2$
- $L_{1/4} = (L_{4/4} - 3tm) \cdot 1/4$

ou tm est l'épaisseur du joint vertical. Il y a également les BTC amincis de moitié en hauteur.

Les BTC de formats secondaires sont nécessaires pour assurer la continuité d'appareillage en toute partie de l'ouvrage, par exemple aux angles de murs, et aux intersections entre un mur et une cloison.


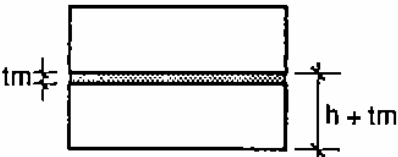
Les BTC de formats secondaires sont obtenus soit directement de la fabrication, soit par découpage au moment de l'utilisation.

Le «format nominal» ne doit pas être confondu avec le «format de travail» qui correspond à une description à l'aide des dimensions réelles augmentées d'une épaisseur de joint correspondante.

Le format de travail est donc une unité de mesure dans la pratique qui permet un calcul rapide des dimensions d'un ouvrage. En récapitulant, on a :

- format nominal : (L, l, h)
- format de travail : (L + tm, l + tm, h + tm)

Tableau 1 — Exemple concernant la hauteur des blocs

FORMAT NOMINAL	FORMAT DE TRAVAIL
 <p>Ex: $h = 9 \text{ cm}$</p>	 <p>Ex: $h + tm = 9 + 1,5 = 10,5 \text{ cm}$</p>

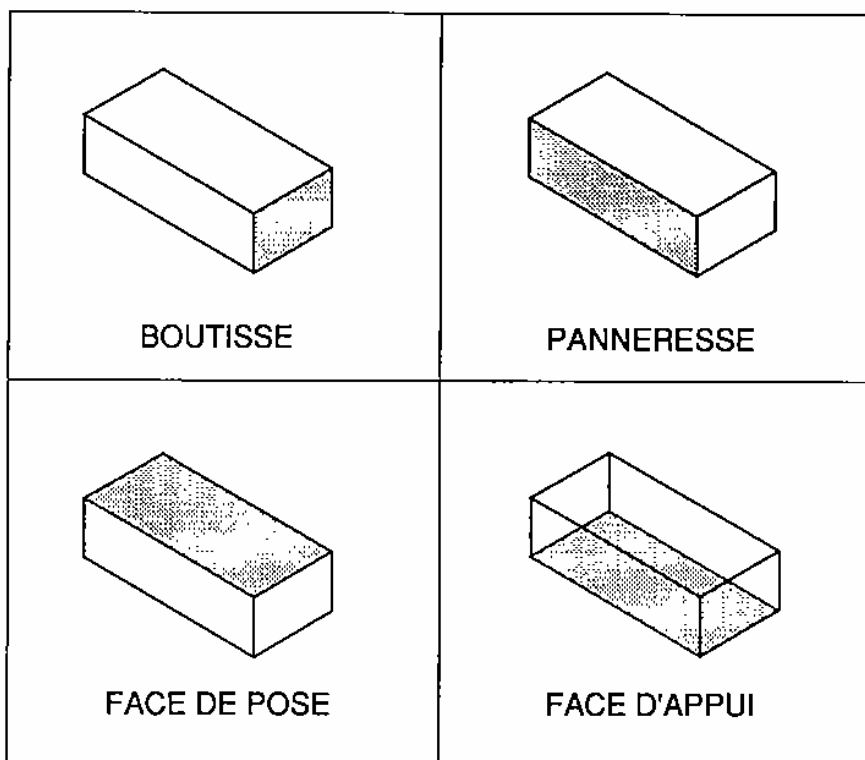
Le format nominal est celui d'usage et en cas de risque de confusion la précision de la nature du format utilisé est recommandée.

2.3 Description des parties des BTC

Le bloc prismatique comporte 6 faces qui ont chacune un nom :

- 2 faces appelées «panneresse» de surface $(L \times h)$;
- 2 faces appelées «boutisse» (ou «about») de surface $(l \times h)$;
- 1 face appelée «face de pose» $(L \times l)$, qui est la face supérieure du BTC posé ;
- 1 face appelée «face d'appui» $(L \times l)$, qui est la face inférieure du BTC posé.

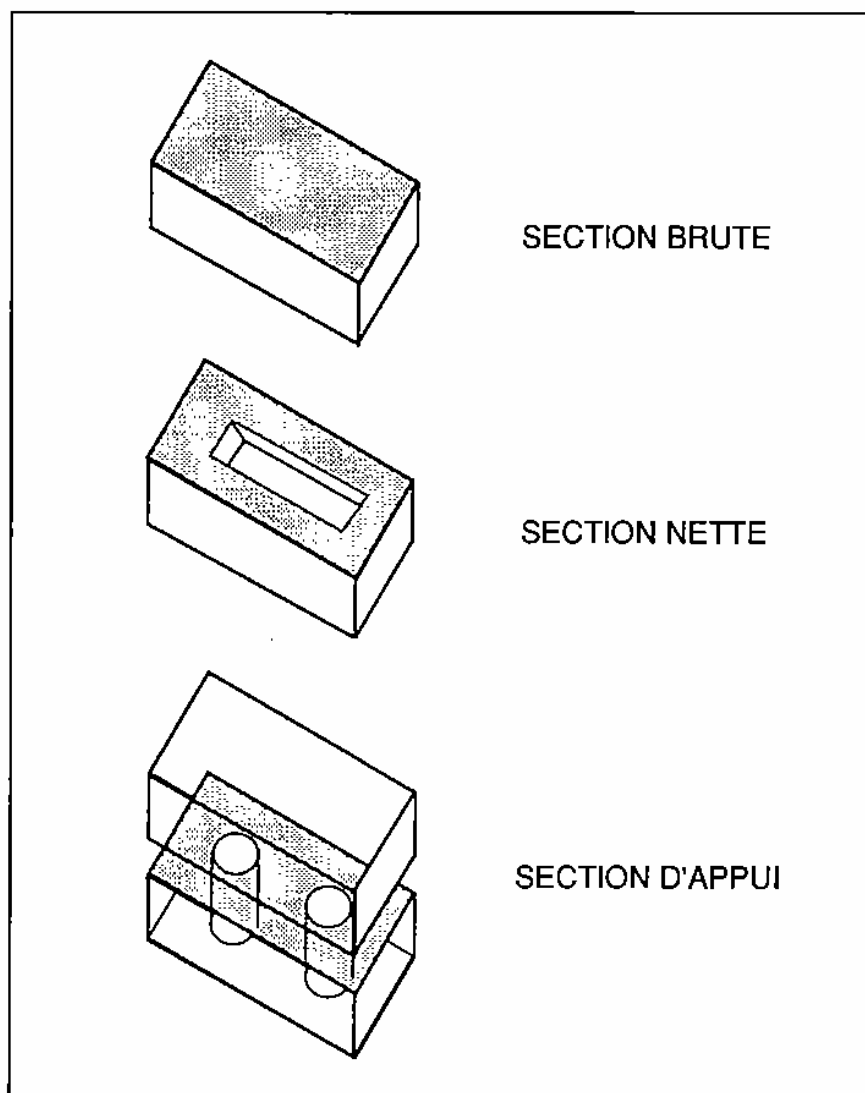
Tableau 2 — Faces des BTC



Les détails de description d'un BTC comportent les valeurs suivantes :

- section brute : $L \times l$ (L et l mesurées dans le même plan) ;
- section nette : section brute - vide éventuel ;
- section d'appui : surface commune aux faces de pose et d'appui superposées aux contacts des joints de mortier et susceptibles de transmettre la charge.

Tableau 3 — Sections des BTC



3 Termes applicables à la production et à l'équipement de production des blocs de terre comprimée

3.1 Termes applicables aux constituants des BTC

3.1.1 La terre

La terre destinée à la construction en BTC désigne le matériau de base composé essentiellement et dans des proportions étudiées des composants suivants, avant tout mélange avec un additif ou l'eau : gravier, sable, silt et argile. Ces composants peuvent être définis selon une classification métrique ou en ce qui concerne les fines par leur nature minéralogique.

La classification métrique est :

- gravier : 20 mm à 2 mm ;
- gros sable : 2 mm à 0,2 mm ;
- sable fin : 0,2 mm à 0,02 mm ;
- silt : 0,02 mm à 0,002 mm ;
- argile : inférieur à 0,002 mm.

D'autres classifications existent et sont acceptables.

Les graves (le gravier, le gros sable et une partie du sable fin) sont constituées par les composants qui ont un diamètre supérieur à 0,08 mm. Les graves assurent le rôle de la matrice stable du BTC grâce au frottement interne et à leur nature inerte.

Les fines (une partie du sable fin, le silt et l'argile) sont constituées par les composants qui ont un diamètre inférieur ou égal à 0,08 mm. Du point de vue minéralogique, les notions d'argile et silt ne sont pas limitées aux valeurs métriques indiquées ci-dessus. La connaissance de la nature minéralogique des fines peut être déterminante pour le choix des terres.

Les fines assurent le remplissage de la matrice. L'argile et le silt en partie, assurent la cohésion du BTC grâce à leur caractère de liant.

3.1.2 Additif

Un additif est un produit utilisé à la fabrication, destiné à améliorer les caractéristiques finales du BTC ou à développer des caractéristiques particulières.

Les additifs les plus courants sont les produits de stabilisation, appelés stabilisants tels que des ciments, chaux, pouzzolanes, etc., destinés à neutraliser la sensibilité à l'eau de la fraction des fines et ainsi, à maintenir la cohésion à un niveau acceptable même à l'état humide. Mais d'autres additifs peuvent aussi être utilisés pour modifier d'autres caractéristiques tels que la teinte (colorants), résistance à la traction et réduction des fissures de retrait (fibres), etc.

3.1.3 Dégraissant

Un dégraissant est un granulat, généralement de type sableux, employé comme additif dans les terres ayant une fraction silteuse et/ou argileuse trop importante ou trop active.

3.1.4 Mélange

Le mélange est le matériau obtenu par addition à la terre d'additifs et/ou de dégraissants et d'eau, prêt à l'introduction dans la presse pour la fabrication du BTC.

3.2 Termes applicables à la production des blocs de terre comprimée

3.2.1 Préparation de la terre

Elle comporte les opérations suivantes :

- séchage ;
- criblage ;
- désagrégation.

3.2.1.1 Criblage

Cette opération vise à éliminer tous les composants indésirables (racines, feuilles, etc.) ainsi que les composants ayant un diamètre supérieur ou inférieur à celui désiré. Cette opération permet également de foisonner de façon homogène la terre.

3.2.1.2 Désagrégation

Cette opération vise à décomposer les agglomérats composés de graves et/ou de fines. Eventuellement, cette opération vise également à briser des graves pour les réduire en agrégats ayant un diamètre plus petit.

3.2.2 Malaxage de la terre

Cet ensemble d'opérations techniques vise à rendre homogène la terre préparée, et ajoutée éventuellement d'additifs et/ou de dégraissant. Le malaxage se déroule le plus souvent en deux étapes : le malaxage sec avant l'ajout d'eau et le malaxage humide après l'ajout d'eau. Eventuellement, une troisième étape consiste, après un certain temps de réaction, à refaire subir au mélange une phase de brassage.

3.2.3 Le temps de retenue

Le temps de retenue est le temps qui passe entre le début du malaxage humide de la terre et la compression de la terre.

3.2.4 La compression

La compression est l'opération qui consiste à comprimer le matériau en milieu confiné appelé moule suivant un mode statique ou dynamique ; la compression est suivie d'un démoulage immédiat permettant de libérer le bloc formé.

3.2.5 La cure

La cure est la période suivant la compression pendant laquelle se déroulent principalement deux types de phénomènes se distinguant entre eux comme suit :

- les réactions physico-chimiques entre les différents composants du mélange et surtout entre la terre et les additifs conduisant à la stabilisation du bloc ; pendant cette phase, les conditions d'hygrométrie relative et de chaleur sont déterminantes et demandent une attention particulière ;
- le séchage qui correspond à l'évacuation progressive de l'humidité de fabrication par évaporation.

3.3 Termes applicables aux équipements de production

3.3.1 Note préliminaire

Toutes les opérations de production peuvent être effectuées manuellement avec des outils simples ou à l'aide d'équipements mécaniques manuels ou motorisés.

3.3.2 Equipement de préparation de la terre

Parmi les équipements de préparation, on distingue :

- les cribles pour l'élimination des composants indésirables et les composants d'un diamètre trop important ;
- les désagrégateurs qui permettent de réduire la granularité des composants graves et/ou de décomposer les agrégations silteuses et argileuses sans modifier la granularité.

3.3.3 Equipement de malaxage

Le malaxage est effectué à l'aide d'un malaxeur. On distingue les malaxeurs planétaires, où le système de brassage est monté sur un axe vertical et les malaxeurs linéaires, où le système de brassage est entraîné par un axe horizontal.

3.3.4 Presses

Les presses sont classifiées en fonction de plusieurs critères :

- a) *nature de l'énergie* : manuelle ou motorisée (avec une distinction entre moteur thermique et moteur électrique) ;
- b) *système de transmission de l'énergie jusqu'au système de moulage* : mécanique, hydraulique, mixte.

3.3.5 Caractéristiques spécifiques des presses

Dans la description des presses, on utilise certains critères spécifiques.

- a) *Action de compression* : c'est le principe même de fonctionnement du système de compression. On distingue la compression statique, la compression dynamique par vibration et la compression dynamique par impact.
- b) *Force utile* : force potentiellement disponible pour comprimer la terre.
- c) *Pression de compression* : pression théoriquement appliquée au mélange et qui exprime le rapport entre la force utile et la surface sur laquelle elle est appliquée ; la classification de la pression de compression est la suivante :

- très basse pression : 1 à 2 N/mm² ;
- basse pression : 2 à 4 N/mm² ;
- moyenne pression : 4 à 6 N/mm² ;
- haute pression : 6 à 10 N/mm² ;
- hyperpression : 10 à 20 N/mm² ;
- mégapression : 20 N/mm² et plus.

Il est à noter que les pressions de compression les plus hautes ne sont pas nécessairement les plus efficaces.

d) *Pression en fin de compression* : pression effectivement appliquée au mélange en fin de compression.

e) *Coefficient d'effet dynamique* : effet, sur les presses à compression statique, dû à l'inertie du mouvement du levier de la machine, qui augmente la pression en fin de compression.

f) *Mode de compression* : principe de répartition de la pression sur le mélange. En simple compression, la pression est transmise par le déplacement d'un seul plateau sur la face d'appui ou la face de pose. En double compression, la pression est appliquée par le déplacement des deux plateaux sur la face d'appui et la face de pose simultanément ou alternativement.

g) *Taux de compression* : rapport entre la profondeur du moule de la presse avant compression et la profondeur en fin de compression (ce qui correspond à la hauteur du BTC produit).

h) *Rendement* : le rendement théorique correspond au produit du nombre de BTC produits par cycle par le nombre de cycles (remplissage, compression, démoulage) par heure ; le rendement pratique correspond au rendement théorique minoré de l'estimation des temps morts (entretien de la machine, etc.) ; le rendement réel est le rendement mesuré dans le cadre d'une activité courante.

3.4 Termes applicables aux conditions de réception

3.4.1 Commande

3.4.1.1 Commande de terre

La commande précise la désignation de la terre (terre graveleuse, terre sableuse, terre argileuse, etc.), la quantité, le lieu de la livraison, la procédure de réception ou de rejet. Eventuellement la commande précise le lieu de la carrière ainsi que la profondeur d'exploitation de l'emprunt.

3.4.1.2 Commande de BTC

La commande précise la désignation des BTC, la quantité, le lieu de livraison, la procédure de réception ou de rejet.

3.4.2 Fourniture

Quantité de marchandise correspondant à une seule et même commande.

3.4.3 Livraison

Quantité de marchandises livrées ou destinées à être livrées en une seule fois, quels que soient le nombre et la nature des moyens de transports utilisés.

3.4.4 Lot

Quantité de marchandises servant de base à la détermination des prélèvements pour l'exécution des essais.

3.4.5 Réception

Suite d'opérations permettant de vérifier la conformité des marchandises aux spécifications de la norme.

4 Termes applicables à la mise en oeuvre des BTC

Les blocs de terre comprimée étant des éléments de maçonnerie, on appliquera donc pour leur utilisation, la terminologie courante de la maçonnerie traditionnelle avec joints de mortier épais (ordre de grandeur : 15 mm).

4.1 Mortier de terre

Le mortier de terre (MT) est un mortier utilisé pour la mise en oeuvre de maçonnerie en blocs de terre comprimée avec joints de mortier épais.

Le mortier de terre est constitué principalement de terre crue et d'eau et doit sa cohésion à l'état humide et à l'état sec, essentiellement à la fraction argileuse composant la terre ; un additif et/ou un dégraissant peuvent être ajoutés néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières du mortier.

4.2 Maçonnerie en bloc de terre comprimée

La maçonnerie en blocs de terre comprimée (MBTC) est une maçonnerie de type traditionnel avec joints de mortier de terre épais.

5 Termes applicables à l'appréciation des caractéristiques, performances et aptitude à l'emploi des BTC

Pour l'appréciation des caractéristiques, performances et aptitude à l'emploi des blocs de terre comprimée, on utilisera la terminologie courante utilisée pour les autres petits éléments de maçonnerie, en dehors des éléments fournis par la présente norme de terminologie.

6 Symboles et unités

6.1 Unités de mesures

Tableau 4 — Symboles et unités des mesures de base

Symbole	Français	Anglais	Unités		Unité utilisée dans le secteur du bâtiment
L	Longueur	Length	mètre	m	m, cm, mm
F	Force	Force	newton	N	MN, kN
σ	Pression, Contrainte	Pressure, Stress	pascal	N/m ²	MPa = N/mm ² = MN/m ²
m	Masse	Mass	kilogramme	kg	t, kg, g
t	Température	Temperature	degrés Celsius	°C	°C
T	Temps	Time	seconde	s	h, min, s

6.2 Notations générales

Tableau 5 — Symboles et unités des notations générales

Symbole	Français	Anglais	Formule	Unités
Ph	Poids humide	Humid weight		g, kg
Ps	Poids sec	Dry weight		g, kg
Pw	Poids d'eau	Weight of water		g, kg
V	Volume de l'échantillon	Volume of sample		cm ³ , m ³
W	Teneur en eau	Water content	$W = \frac{Pw \times 100}{Ps}$	% poids
Wopt	Teneur en eau optimale	Optimum water content		% poids
γ_d	Masse volumique sèche (Densité sèche)	Dry density	$\gamma_d = \frac{Ph}{V \times (1 + W)}$	kN/m ³
γ_h	Masse volumique apparente (Densité apparente)	Apparent density	$\gamma_h = \frac{Ph}{V}$	kN/m ³
γ_s	Masse volumique des grains solides (Densité des grains solides)	Solid grains density	$\gamma_s = 26,5$	kN/m ³
Pstab	Poids de liant	Weight of binder		g, kg
Stab	Teneur en liant	Binder content	$Stab = \frac{Pstab \times 100}{Ps}$	% poids
D	Diamètre du plus gros grains	Largest grain diameter		mm
0/d	Fraction granulométrique entre 0 et d mm	Grain fraction between 0 and d mm		
Wl	Limite de liquidité	Liquid limit		% poids
Wp	Limite de plasticité	Plastic limit		% poids
Ip	Indice de plasticité	Plasticity index	$Ip = Wl - Wp$	
VBS (0/d)	Valeur de bleu de méthylène de la fraction 0/d du sol	Methylene blue value of the 0/d fraction of soil		
VBS totale	Valeur de bleu de méthylène totale du sol	Methylene blue value of the entire soil		
L	Longueur du BTC	Length of CEB		mm, cm
l	Largeur du BTC	Width of CEB		mm, cm
h	Hauteur du BTC	Height of CEB		mm, cm
t _m	Épaisseur du mortier	Thickness of mortar		mm, cm
f _b sec	Résistance à la compression sec du BTC testée dans des conditions homogènes	Dry compressive strength of CEB tested in homogeneous conditions		N/mm ²
f _b ^t sec	Résistance à la traction sec du BTC	Dry tensile strength of CEB		N/mm ²
f _b hum	Résistance à la compression humide du BTC	Wet compressive strength of CEB		N/mm ²
f _b ^t hum	Résistance à la traction humide du BTC	Wet tensile strength of CEB		N/mm ²
f _m sec	Résistance à la compression sec du mortier	Dry compressive strength of mortar		N/mm ²
f _m ^t sec	Résistance à la traction sec du mortier	Dry tensile strength of mortar		N/mm ²
E _b	Module d'Young du BTC	Young's modulus of CEB		N/mm ²
ν_b	Coefficient de Poisson du BTC	Poisson's ratio of CEB		
E _m	Module d'Young du MT	Young's modulus of EM		N/mm ²
ν_m	Coefficient de Poisson du MT	Poisson's ratio of EM		
h _{ef}	Hauteur effective du mur	Effective height of wall		cm, m
t	Épaisseur du mur	Thickness of wall		cm, m
f _k	Résistance nominale à la compression sec de la maçonnerie	Dry characteristic compressive strength of masonry		N/mm ²
f _{vk}	Résistance nominale au cisaillement sec de la maçonnerie	Dry characteristic shear strength of masonry		N/mm ²
f _{vk0}	Résistance nominale au cisaillement sec de la maçonnerie sans précompression	Dry characteristic shear strength of masonry at zero precompression		N/mm ²

ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les blocs de terre comprimée (BTC), de les classer selon leur typologie, leur aspect, leurs conditions d'emploi, et de déterminer leurs catégories ainsi que leurs désignations.

1.2 Domaines d'application

Les définitions, classifications et désignations de la présente norme sont applicables dans l'élaboration de tous les documents techniques, administratifs et contractuels relatifs à la technologie des blocs de terre comprimée et concernent aussi bien les marchés publics que les marchés privés.

La norme s'applique exclusivement aux BTC destinés à la réalisation d'ouvrages simples en maçonnerie courante avec joints de mortier épais (murs, cloisons, piliers, petits linteaux, arcs, voûtes, coupoles, etc.) ainsi que tout ouvrage assimilable.

La norme ne s'applique pas aux BTC utilisés pour les pavés et carrelages, ainsi que les BTC à assemblage à sec, autobloquants, au mortier-colle ou utilisés dans les maçonneries armées.

La norme n'est pas applicable dans des zones soumises à des tremblements de terre, des inondations et des cyclones d'un niveau qui demande l'application de règles appropriées afin d'éviter des dégâts majeurs.

2 Définition des BTC

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont des éléments de maçonnerie, de dimensions réduites et de caractéristiques régulières et contrôlées obtenus par compression statique ou dynamique de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat.

Les blocs de terre comprimée ont généralement un format parallélépipédique rectangle et sont pleins ou perforés, à relief vertical et/ou horizontal.

Les blocs de terre comprimée sont constitués principalement de terre crue et doivent leur cohésion à l'état humide et à l'état sec essentiellement à la fraction argileuse composant la terre ; un additif peut être ajouté néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières des produits.

Note : cette définition exclut donc les blocs obtenus par extrusion, ainsi que les produits agglomérés où le liant chimique joue un rôle essentiel pour assurer la cohésion à sec.

3 Classification des BTC

3.1 Classification des BTC par type

Les blocs de terre comprimée sont classifiés selon plusieurs types.

3.1.1 BTC type 1

Format parallélépipédique rectangle plein ne comportant de relief sur aucune face.

3.1.2 BTC type 2

Format parallélépipédique rectangle plein comportant un relief sur une ou les deux grandes faces (face de pose et face d'appui). Parmi les différents reliefs courants, on peut citer :

- l'évidement qui permet un allègement du BTC et une manipulation plus facile ;
- les rainures faibles permettant un meilleur lien avec le mortier ;
- les rainures longitudinales permettant le passage d'éléments de construction minces tels que conduits, câbles électriques, etc. ;
- les rainures longitudinales profondes permettant le passage d'éléments de construction tels que des chaînages, etc. ;
- les rainures latérales permettant de créer des ouvrages en claustras sans prévoir des appareillages particuliers.

3.1.3 BTC type 3

Format parallélépipédique rectangle plein comportant un ou plusieurs reliefs (évidements, arrondis, biseaux, etc.) sur les panneresses, les boutisses ou simultanément sur plusieurs faces.

Les reliefs créés dans les faces verticales du BTC (boutisse ou panneresse) sont le plus souvent des rainures destinées au passage d'éléments de construction minces.

3.1.4 BTC type 4

Format parallélépipédique rectangle comportant des trous ou des perforations entre les grandes faces. En fonction de la section des trous et de leur nombre, on parle de blocs perforés (quelques trous de faibles dimensions), creux (quelques trous de grandes dimensions) ou alvéolaires (plusieurs perforations de faibles dimensions).



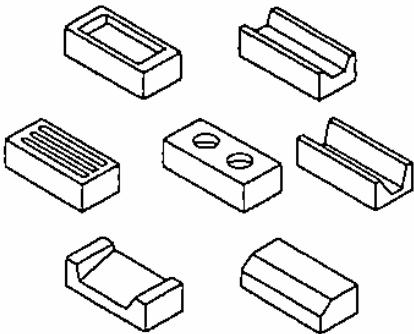
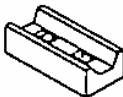
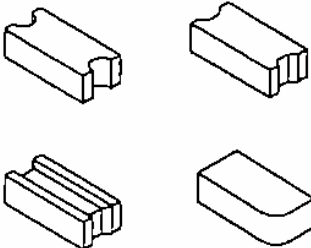

3.1.5 BTC type 5

Format parallélépipédique rectangle comportant des trous ou des perforations en combinaison avec des reliefs sur les grandes faces (face de pose et face d'appui).

3.1.6 BTC type 6

Format parallélépipédique rectangle comportant des trous ou des perforations avec des reliefs sur les panneresses et boutisses avec combinaison éventuelle de reliefs sur les grandes faces.

Tableau 1 — Les 6 types de BTC

		PLEIN	PERFORÉ
BTC DE FORMAT PARALLÉLÉPIÉDIQUE RECTANGLE	SIMPLE	<p>BTC type 1</p> 	<p>BTC type 4</p> 
	A RELIEF HORIZONTAL	<p>BTC type 2</p> 	<p>BTC type 5</p> 
	A RELIEF VERTICAL ET VERTICAL + HORIZONTAL	<p>BTC type 3</p> 	<p>BTC type 6</p> 

3.2 Classification suivant l'utilisation

Suivant leur utilisation, on distingue deux groupes de BTC :

- BTC ordinaires ;
- BTC de parement.

3.2.1 BTC ordinaires (BTC O)

Ce sont des BTC destinés à être recouverts par une protection quelconque.

3.2.2 BTC de parement (BTC P)

Ce sont des BTC destinés à rester apparents. On distingue :

- BTC de parement normal (BTC PN) ;
- BTC de parement fin (BTC PF).

La différence entre ces deux BTC de parement est limitée à leur aspect sans affecter les autres caractéristiques.

3.3 Classification selon le domaine d'emploi

Les domaines d'emploi des BTC à l'intérieur des structures maçonnées sont classifiés suivant deux types de sollicitations qui peuvent être simultanées :

- sollicitations mécaniques ;
- sollicitations environnementales.

3.3.1 Sollicitations mécaniques

Elles sont définies par 3 catégories de résistance :

- *catégorie 1* : éléments de structure non porteurs et éléments de structure pouvant résister à des sollicitations faibles par des charges extérieures
(ex. remplissage dans une structure porteuse)
(ex. mur de clôture)
(ex. bâtiment en rez-de-chaussée en éléments de structure porteurs) ;
- *catégorie 2* : éléments de structure pouvant résister à des sollicitations importantes par des charges extérieures
(ex. bâtiment à étage avec terrasse accessible en éléments de structures porteurs minces) ;
- *catégorie 3* : éléments de structure pouvant résister à des sollicitations très importantes par des charges extérieures
(ex. bâtiment public de 3 étages en éléments de structure porteurs minces).

3.3.2 Sollicitations environnementales

Elles sont définies par 4 catégories d'environnement :

- *catégorie S* : éléments de structure se trouvant en milieu sec sans risque d'humidification
(ex. cloisons intérieures)
(ex. murs extérieurs non exposés ou protégés des agressions de l'eau) ;

- *catégorie P* : éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par aspersion latérale
(ex. murs extérieurs soumis à la pluie)
(ex. murs de salles d'eau aspergés) ;
- *catégorie C* : éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par pénétration verticale (remontée capillaire, pénétration par gravité, succion ou condensation interne)
(ex. murs extérieurs sans protection de remontées capillaires)
(ex. murs intérieurs sans protection contre les fuites d'eau dans la toiture) ;
- *catégorie A* : éléments de structure pouvant résister à l'abrasion mécanique (impact, frottement et action du vent)
(ex. angles ou murs subissant des impacts)
(ex. zones soumises au frottement des animaux)
(ex. zones soumises aux vents de sable).

4 Désignation des BTC

La désignation des blocs de terre comprimée comprend dans l'ordre, les indications suivantes :

- désignation du produit :
BTC pour «bloc de terre comprimée» ;
- désignation selon l'utilisation :
O pour «ordinaire»
P pour «parement»
PN pour «parement normal»
PF pour «parement fin» ;
- désignation selon les sollicitations mécaniques :
1 pour «catégorie 1»
2 pour «catégorie 2»
3 pour «catégorie 3» ;
- désignation selon les sollicitations environnementales hydriques :
S pour «catégorie S»
P pour «catégorie P»
C pour «catégorie C» ;
- désignation selon la sollicitation environnementale d'abrasion mécanique :
A pour «catégorie A».

Eventuellement la désignation des BTC peut également comprendre dans l'ordre les indications suivantes :

- type de BTC ;
- appellation commerciale ou marque du fabricant ;
- dimensions de fabrication (L, l, h) ;
- teinte ;
- tout autre élément qui participe à l'identification des BTC.

Tableau 2 — Exemples de désignation

Désignation	Description	Exemple
BTC O 1 S	Bloc de terre comprimée ordinaire utilisé en élément de structure non porteur en milieu sec non soumis à l'abrasion mécanique	Cloison intérieure d'une maison unifamiliale en rez-de-chaussée
BTC PF 3 P A	Bloc de terre comprimée de parement fin utilisé en élément de structure porteur soumis à l'action de la pluie par aspersion latérale ainsi qu'à l'abrasion mécanique	Mur extérieur d'un immeuble de 3 étages de haute qualité visuelle exposé à la pluie battante et aux vents de sable

ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée
Norme de définition, classification et désignation
des mortiers de terre

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les mortiers de terre (MT), de les classer selon leur aspect, leurs conditions d'emploi, et de déterminer leurs catégories ainsi que leurs désignations.

1.2 Domaines d'application

Les définitions, classifications et désignations de la présente norme sont applicables dans l'élaboration de tous les documents techniques, administratifs et contractuels relatifs à la technologie des blocs de terre comprimée et concernent aussi bien les marchés publics que les marchés privés.

La norme s'applique exclusivement aux MT destinés à la réalisation d'ouvrages simples en maçonnerie courante avec joints de mortier épais (murs, cloisons, piliers, petits linteaux, arcs, voûtes, coupoles, etc.) ainsi que tout ouvrage assimilable.

La norme s'applique uniquement aux mortiers préparés sur chantier, destinés à être utilisés sur place.

La norme ne s'applique pas aux MT utilisés pour les pavés et carrelages. Elle n'est pas applicable pour les maçonneries armées.

La norme n'est pas applicable dans des zones soumises à des tremblements de terre, des inondations et des cyclones d'un niveau qui demande l'application de règles appropriées afin d'éviter des dégâts majeurs.

2 Définition des MT

Le mortier de terre est un mortier utilisé pour la mise en oeuvre de maçonnerie en blocs de terre comprimée avec joints de mortier épais.

Le mortier de terre est constitué principalement de terre crue et d'eau et doit sa cohésion à l'état humide et à l'état sec, essentiellement à la fraction argileuse composant la terre ; un additif et/ou un dégraissant peuvent être ajoutés néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières du mortier.

3 Classification des MT

3.1 Classification selon l'utilisation

Selon leur utilisation, on distingue deux groupes de MT :

- MT ordinaires ;
- MT de parement.

3.1.1 MT ordinaires (MT O)

Ce sont des mortiers utilisés dans des ouvrages de maçonnerie destinés à être recouverts.

3.1.2 MT de parement (MT P)

Ce sont des mortiers utilisés dans des ouvrages de maçonnerie destinés à rester apparents. On distingue :

- MT de parement normal (MT PN) ;
- MT de parement fin (MT PF).

La différence entre ces deux MT de parement est limitée à leur mise en oeuvre sans affecter leurs caractéristiques.

3.2 Classification selon le domaine d'emploi

Les domaines d'emploi des MT à l'intérieur des structures maçonnées sont présentés suivant deux types de sollicitations qui peuvent être simultanées :

- sollicitations mécaniques ;
- sollicitations environnementales.

3.2.1 Sollicitations mécaniques

Elles sont définies par 3 catégories de résistance :

- *catégorie 1* : éléments de structure non porteurs et éléments de structure pouvant résister à des sollicitations faibles par des charges extérieures
(ex. remplissage dans une structure porteuse)
(ex. mur de clôture)
(ex. bâtiment en rez-de-chaussée en éléments de structure porteurs) ;
- *catégorie 2* : éléments de structure pouvant résister à des sollicitations importantes par des charges extérieures
(ex. bâtiment à étage avec terrasse accessible en éléments de structures porteurs minces) ;
- *catégorie 3* : éléments de structure pouvant résister à des sollicitations très importantes par des charges extérieures
(ex. bâtiment public de 3 étages en éléments de structure porteurs minces).

3.2.2 Sollicitations environnementales

Elles sont définies par 4 catégories d'environnement :

- *catégorie S* : éléments de structure se trouvant en milieu sec sans risque d'humidification
(ex. cloisons intérieures)
(ex. murs extérieurs non exposés ou protégés des agressions de l'eau) ;
- *catégorie P* : éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par aspersion latérale
(ex. murs extérieurs soumis à la pluie)
(ex. murs de salles d'eau aspergés) ;

— *catégorie C* : éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par pénétration verticale (remontée capillaire, pénétration par gravité, succion ou condensation interne)
(ex. murs extérieurs sans protection de remontées capillaires)
(ex. murs intérieurs sans protection contre les fuites d'eau dans la toiture) ;

— *catégorie A* : éléments de structure pouvant résister à l'abrasion mécanique (impact, frottement et action du vent)
(ex. angles ou murs subissant des impacts)
(ex. zones soumises au frottement des animaux)
(ex. zones soumises aux vents de sable).

4 Désignation des MT

La désignation des mortiers de terre comprend dans l'ordre, les indications suivantes :

— désignation du produit :
MT pour «mortier de terre» ;

— désignation selon l'utilisation :
O pour «ordinaire»
P pour «parement»
PN pour «parement normal»
PF pour «parement fin» ;

— désignation selon les sollicitations mécaniques :
1 pour «catégorie 1»
2 pour «catégorie 2»
3 pour «catégorie 3» ;

— désignation selon les sollicitations environnementales hydriques :
S pour «catégorie S»
P pour «catégorie P»
C pour «catégorie C» ;

— désignation selon la sollicitation environnementale d'abrasion mécanique :
A pour «catégorie A».

Eventuellement la désignation des MT peut également comprendre dans l'ordre les indications suivantes :

— teinte ;

— tout autre élément qui participe à l'identification des MT.

Tableau 1 — Exemples de désignation

Désignation	Description	Exemple
MT O 1 S	Mortier de terre ordinaire utilisé en élément de structure non porteur en milieu sec non soumis à l'abrasion mécanique	Cloison intérieure d'une maison unifamiliale en rez-de-chaussée
MT PF 3 P A	Mortier de terre de parement rejointoyé utilisé en élément de structure porteur soumis à l'action de la pluie par aspersion latérale ainsi qu'à l'abrasion mécanique	Mur extérieur d'un immeuble de 3 étages de haute qualité visuelle exposé à la pluie battante et aux vents de sable

ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les maçonneries en blocs de terre comprimée (MBTC), de les classer selon leur aspect, leurs conditions d'emploi, et de déterminer leurs catégories ainsi que leurs désignations.

1.2 Domaines d'application

Les définitions, classifications et désignations de la présente norme sont applicables dans l'élaboration de tous les documents techniques, administratifs et contractuels relatifs à la technologie des blocs de terre comprimée et concernent aussi bien les marchés publics que les marchés privés.

La norme s'applique exclusivement aux MBTC destinées à la réalisation d'ouvrages simples en maçonnerie courante avec joints de mortier épais (murs, cloisons, piliers, petits linteaux, arcs, voûtes, coupoles, etc.) ainsi que tout ouvrage assimilable.

La norme n'est pas applicable pour les MBTC armées.

La norme n'est pas applicable dans des zones soumises à des tremblements de terre, des inondations et des cyclones d'un niveau qui demande l'application de règles appropriées afin d'éviter des dégâts majeurs.

2 Définition des MBTC

La maçonnerie en blocs de terre comprimée est une maçonnerie de type traditionnel avec joints de mortier de terre épais.

3 Classification des MBTC

3.1 Classification selon l'utilisation

Selon leur utilisation, on distingue deux groupes de MBTC :

- MBTC ordinaires ;
- MBTC de parement.

3.1.1 MBTC ordinaires (MBTC O)

Ce sont des maçonneries utilisées dans des ouvrages de maçonnerie destinés à être protégés. Ces maçonneries sont assemblées à partir de BTC ordinaires et MT ordinaire.

3.1.2 MBTC de parement (MBTC P)

Ce sont des maçonneries utilisées dans des ouvrages de maçonnerie destinés à rester apparents. Ces maçonneries sont assemblées à partir de BTC de parement et MT de parement. On distingue :

- MBTC de parement normal (MBTC PN) assemblée à partir de BTC PN et MT PN ;
- MBTC de parement fin (MBTC PF) assemblée à partir de BTC PF et MT PF.

La différence entre ces deux MBTC de parement est limitée à leur aspect sans affecter leurs caractéristiques.

3.2 Classification selon le domaine d'emploi

Les domaines d'emploi des MBTC à l'intérieur des structures maçonnées sont présentées suivant deux types de sollicitations qui peuvent être simultanées :

- sollicitations mécaniques ;
- sollicitations environnementales.

3.2.1 Sollicitations mécaniques

Elles sont définies par 3 catégories de résistance :

- *catégorie 1* : éléments de structure non porteurs et éléments de structure pouvant résister à des sollicitations faibles par des charges extérieures
(ex. remplissage dans une structure porteuse)
(ex. mur de clôture)
(ex. bâtiment en rez-de-chaussée en éléments de structure porteurs) ;
- *catégorie 2* : éléments de structure pouvant résister à des sollicitations importantes par des charges extérieures
(ex. bâtiment à étage avec terrasse accessible en éléments de structures porteurs minces) ;
- *catégorie 3* : éléments de structure pouvant résister à des sollicitations très importantes par des charges extérieures
(ex. bâtiment public de 3 étages en éléments de structure porteurs minces).

3.2.2 Sollicitations environnementales

Elles sont définies par 4 catégories d'environnement :

- *catégorie S* : éléments de structure se trouvant en milieu sec sans risque d'humidification
(ex. cloisons intérieures)
(ex. murs extérieurs non exposés ou protégés des agressions de l'eau) ;
- *catégorie P* : éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par aspersion latérale
(ex. murs extérieurs soumis à la pluie)
(ex. murs de salles d'eau aspergés) ;
- *catégorie C* : éléments de structure pouvant résister à l'agression de l'eau par pénétration verticale (remontée capillaire, pénétration par gravité, succion ou condensation interne)
(ex. murs extérieurs sans protection de remontées capillaires)
(ex. murs intérieurs sans protection contre les fuites d'eau dans la toiture) ;
- *catégorie A* : éléments de structure pouvant résister à l'abrasion mécanique (impact, frottement ou action du vent)
(ex. angles ou murs subissant des impacts)
(ex. zones soumises au frottement des animaux)
(ex. zones soumises aux vents de sable).

4 Désignation des MBTC

La désignation des maçonneries en blocs de terre comprend dans l'ordre, les indications suivantes :

- désignation du produit :
MBTC pour «maçonnerie en blocs de terre comprimée» ;
- désignation selon l'utilisation :
O pour «ordinaire»
P pour «parement»
PN pour «parement normal»
PF pour «parement fin» ;
- désignation selon les sollicitations mécaniques :
1 pour «catégorie 1»
2 pour «catégorie 2»
3 pour «catégorie 3» ;
- désignation selon les sollicitations environnementales hydriques :
S pour «catégorie S»
P pour «catégorie P»
C pour «catégorie C» ;
- désignation selon la sollicitation environnementale d'abrasion mécanique :
A pour «catégorie A».

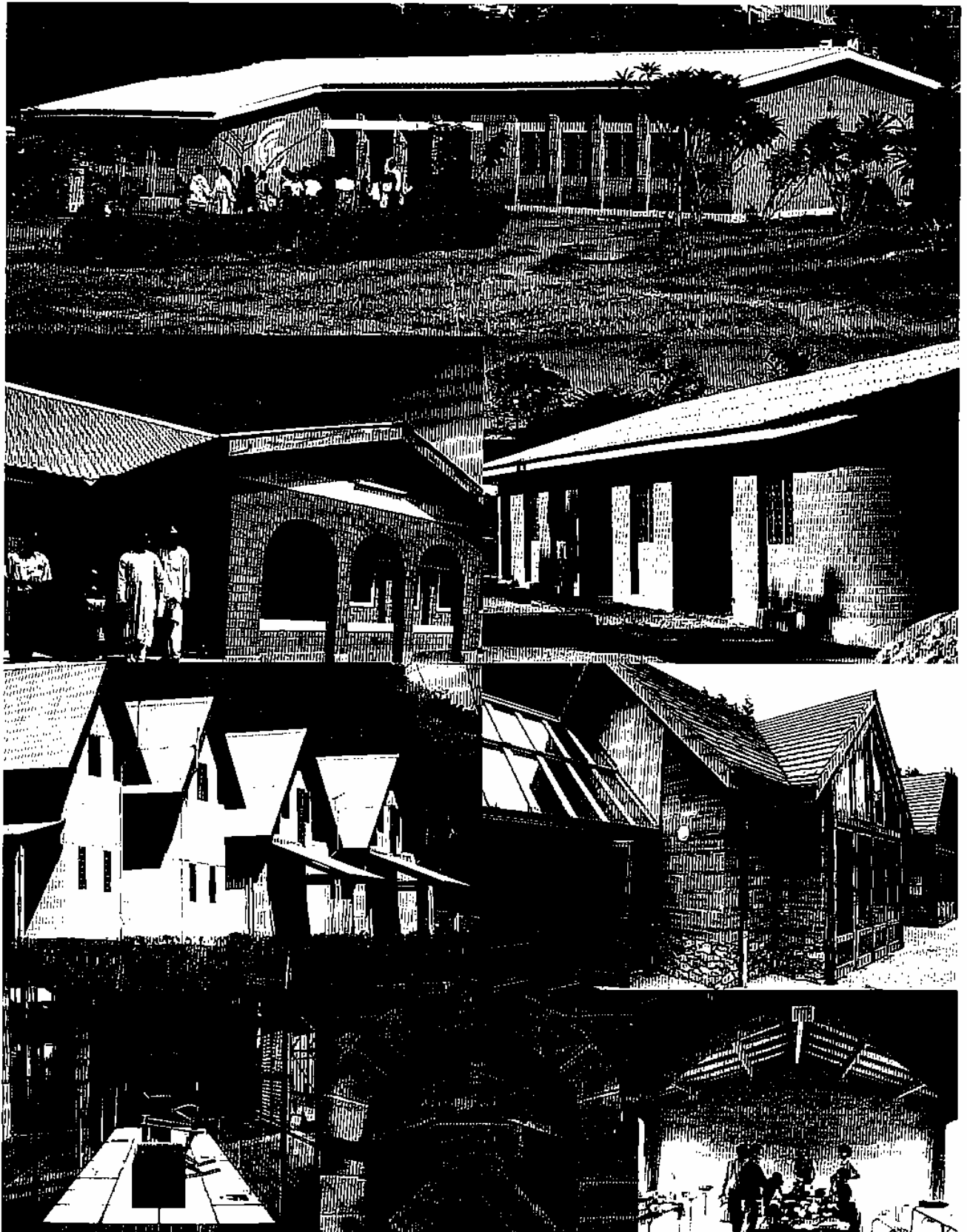
Eventuellement, la désignation des MBTC peut également comprendre dans l'ordre les indications suivantes :

- type : porteur ou non-porteur ;
- teinte ;
- effets décoratifs ;
- tout autre élément qui participe à la désignation des MBTC.

Tableau 1 — Exemples de désignation

Désignation	Description	Exemple
MBTC O 1 S	Maçonnerie en blocs de terre comprimée ordinaire utilisée en composant de structure non porteur en milieu sec non soumis à l'abrasion mécanique	Cloison intérieure d'une maison unifamiliale en rez-de-chaussée
MBTC PF 3 P A	Maçonnerie en blocs de terre comprimée de parement utilisée en composant de structure porteur soumis à l'action de la pluie par aspersion latérale ainsi qu'à l'abrasion mécanique	Mur extérieur d'un immeuble de 3 étages de haute qualité visuelle exposé à la pluie battante et aux vents de sable

NORMES DE COMPOSANTS ET ELEMENTS



Afin d'ouvrir au maximum le spectre des utilisations possibles des blocs de terre comprimée dans des contextes très différents, les spécifications techniques ont été adaptées aux sollicitations spécifiques auxquelles les blocs, les mortiers et maçonneries seront soumis.

On obtient ainsi un système très flexible qui permet de couvrir tous les cas de figure pouvant se présenter et ceci dans un esprit de démarche qualité, c'est-à-dire avec une parfaite adéquation entre les sollicitations d'un côté et les performances de l'autre, sans gaspillage de ressources.

ARS 674 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Spécifications techniques pour les blocs de terre comprimée ordinaires

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les exigences applicables aux blocs de terre comprimée ordinaires (BTC O).

1.2 Domaine d'application

Le domaine d'application est celui déterminé par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.3 Définition

La définition des blocs de terre comprimée ordinaires est déterminée par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.4 Classification

La classification des blocs de terre comprimée ordinaires est déterminée par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.5 Désignation

La désignation des blocs de terre comprimée ordinaires est déterminée par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.6 Référence

Norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

2 Spécifications

2.1 Caractéristiques de texture

La terre ne doit pas contenir de grains ayant un diamètre supérieur à 20 mm. Pour obtenir un résultat optimal, le diamètre des plus gros grains sera limité à 5 mm.

2.2 Caractéristiques dimensionnelles

2.2.1 Dimensions

Les blocs de terre comprimée pleins les plus couramment employés ont les dimensions théoriques de moulage et dimensions nominales suivantes :

- longueur : 29,50 cm ;
- largeur : 14,00 cm ;
- hauteur : 9,00 cm à 9,50 cm.

Ces blocs font ici référence pour l'énoncé des spécifications qui suivent. Pour des BTC qui ont des dimensions différentes, les tolérances seront adaptées par une relation mathématique linéaire.

Les mesures indiquées représentent les dimensions nettes des blocs sans tenir compte d'évidements ou reliefs.

Des blocs spéciaux peuvent être élaborés suivant d'autres formats principaux.

Les tolérances applicables aux dimensions sont les suivantes :

- longueur : + 2 à - 3 mm ;
- largeur : + 2 à - 2 mm ;
- hauteur : + 3 à - 3 mm.

De plus, la différence entre les dimensions correspondantes de deux BTC quelconques d'une même fourniture ne doit pas dépasser 4 mm sur la longueur, 3 mm sur la largeur et 5 mm sur la hauteur.

2.2.2 Epaisseur des parois de blocs évidés ou creux

Toutes les faces : 25 mm minimum ou 3 fois le diamètre du plus gros grain si le diamètre du plus gros grain est supérieur à 8 mm.

2.3 Caractéristiques géométriques

2.3.1 Géométrie irrégulière

Les BTC dont la géométrie est volontairement irrégulière, ne sont pas soumis aux spécifications de cet article. Toutefois, la planéité des faces de pose doit satisfaire aux conditions qui suivent.

2.3.2 Parallélisme

Les défauts de parallélisme ou d'équerrage ainsi que la flèche acceptable d'une face ne peut être supérieure à la tolérance sur la dimension affectée.

2.3.3 Planitude des surfaces

- Côtés : la flèche ne doit pas dépasser 2 mm.
- Surfaces de compression : la flèche ne doit pas dépasser 3 mm.

2.3.4 Planitude des arêtes

- La flèche ne doit pas dépasser 3 mm.
- Une rugosité des arêtes peut être admise, qu'elle soit due au démoulage ou provoquée par une mauvaise manipulation.

2.3.5 Obliquité des surfaces

- Pour les faces extérieures, les tolérances de formes et dimensions doivent être respectées.
- Les faces intérieures et évidements des blocs creux ou évidés doivent être obliques et ne pas avoir d'angles vifs.

2.4 Caractéristiques d'aspect

2.4.1 Dégradations

Une distinction est faite entre les dégradations mécaniques occasionnées par des chocs au cours de la manutention des BTC et des fissures ou autres défauts qui sont la conséquence d'un processus de production imparfait.

Pour les fissures et les autres défauts de fabrication, les prescriptions qui suivent sont applicables.

Pour les dégradations mécaniques, la règle suivante est à respecter : les dégradations qui n'ont aucune influence sur l'aspect de la maçonnerie (tels que des cassures au côté non visible du BTC) ne sont pas prises en considération.

Sont considérés comme dégradés :

- chaque BTC cassé ;
- chaque BTC présentant des épaufrures et écornures dont le volume global dépasse 5 % du volume du BTC.

2.4.2 Aspect général

Les BTC ne doivent pas présenter de défauts systématiques tels que fissures ou épaufrures importantes de nature à nuire à une bonne exécution et à la stabilité de la maçonnerie.

2.4.3 Trous, piqûres et striures

Pour les faces exposées, ils doivent affecter moins de 20 % de la surface et ne pas dépasser 5 mm de profondeur.

2.4.4 Rugosité

Les faces exposées peuvent être d'aspect granuleux et rugueux.

2.4.5 Ecornures

Les écornures ou éclats dont la largeur d'empiètement et la profondeur ne dépassent pas 10 mm sont tolérées sur toutes les surfaces.

2.4.6 Feuilletages, clivages

Ils sont tolérés pour autant qu'ils n'affectent pas les performances mécaniques.

2.4.7 Fissures, fendillements, crevasses

Microfissures :

- sont tolérées sur toutes les faces.

Macrofissures :

Conditions d'acceptation sur toutes les faces :

- leur largeur ne doit pas excéder 1 mm ;
- leur longueur ne doit pas excéder 40 mm ;
- leur profondeur ne doit pas excéder 10 mm ;
- leur nombre ne doit pas excéder 3 sur la même face.

2.5 Caractéristiques physico-chimiques

2.5.1 Eclatements

Aucun cratère dû à l'éclatement de matières expansives n'est toléré.

2.5.2 Efflorescences

Les BTC ne doivent pas présenter d'efflorescences importantes et durables couvrant plus de 1/3 de la surface totale des BTC. Un léger voile blanchâtre ou un mince liseré n'est pas pris en considération.

2.6 Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques

Les caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques sont déterminées par les valeurs du tableau suivant.

Tableau 1 — Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques exigées pour les BTC ordinaires

Désignation	Catégorie de sollicitation environnementale	Catégorie de sollicitation mécanique	f_b sec N/mm ²	f_b hum N/mm ²	Absorption d'eau %	Abrasion Perte de matière %
BTC O 1 S	Milieu sec (S)	1	≥ 2	s.o.	s.o.	s.o.
BTC O 2 S		2	≥ 4	s.o.	s.o.	s.o.
BTC O 3 S		3	≥ 6	s.o.	s.o.	s.o.
BTC O 1 P	Action de l'eau par aspersion latérale (P)	1	≥ 2	≥ 1	s.o.	s.o.
BTC O 2 P		2	≥ 4	≥ 2	s.o.	s.o.
BTC O 3 P		3	≥ 6	≥ 3	s.o.	s.o.
BTC O 1 C	Action de l'eau par pénétration verticale (C)	1	≥ 2	≥ 1	≤ 15	s.o.
BTC O 2 C		2	≥ 4	≥ 2	≤ 10	s.o.
BTC O 3 C		3	≥ 6	≥ 3	≤ 5	s.o.

Note : 1) s.o. = sans objet.

2) L'utilisation des BTC dans les environnements de catégorie P et C nécessite le recours à un stabilisant si la protection apportée n'est pas garantie. Si la protection apportée contre les agressions de l'eau est garantie, on considère que l'environnement est de catégorie S.

3) Si les essais pour déterminer l'absorption d'eau ou l'abrasion ne sont pas faisables, ou si les résultats ne sont pas disponibles, on palliera à cette déficience en augmentant les exigences pour la résistance à la compression à sec et/ou humide d'une catégorie.

4) Les valeurs indiquées sont les valeurs moyennes obtenues par des essais effectués sur un ensemble d'échantillons.

ARS 675 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Spécifications techniques pour les blocs de terre comprimée de parement

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les exigences applicables aux blocs de terre comprimée de parement (BTC P).

1.2 Domaine d'application

Le domaine d'application est celui déterminé par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.3 Définition

La définition des blocs de terre comprimée de parement est déterminée par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.4 Classification

La classification des blocs de terre comprimée de parement est déterminée par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.5 Désignation

La désignation des blocs de terre comprimée de parement est déterminée par la norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

1.6 Référence

Norme «ARS 671 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des blocs de terre comprimée».

2 Spécifications

2.1 Caractéristiques de texture

La terre ne doit de préférence pas contenir de grains ayant un diamètre supérieur à 10 mm. Pour obtenir un résultat optimal, le diamètre des plus gros grains sera limité à 5 mm.

2.2 Caractéristiques dimensionnelles

2.2.1 Dimensions

Les blocs de terre comprimée pleins les plus couramment employés ont les dimensions théoriques de moulage et dimensions nominales suivantes :

- longueur : 29,50 cm ;
- largeur : 14,00 cm ;
- hauteur : 9,00 cm à 9,50 cm.

Ces blocs font ici référence pour l'énoncé des spécifications qui suivent. Pour des BTC qui ont des dimensions différentes, les tolérances seront adoptées par une relation mathématique linéaire.

Les mesures indiquées représentent les dimensions nettes des blocs sans tenir compte d'évidements ou reliefs.

Des blocs spéciaux peuvent être élaborés suivant d'autres formats principaux.

Les tolérances applicables aux dimensions sont les suivantes :

- longueur : + 1 à - 3 mm ;
- largeur : + 1 à - 2 mm ;
- hauteur : + 2 à - 2 mm.

De plus, la différence entre les dimensions correspondantes de deux BTC quelconques d'une même fourniture ne doit pas dépasser 3 mm sur la longueur, 2 mm sur la largeur et 3 mm sur la hauteur.

2.2.2 Epaisseur des parois de blocs évidés ou creux

Toutes les faces : 25 mm minimum ou 3 fois le diamètre du plus gros grain si le diamètre du plus gros grain est supérieur à 8 mm.

2.3 Caractéristiques géométriques

2.3.1 Géométrie irrégulière

Les BTC dont la géométrie est volontairement irrégulière, ne sont pas soumis aux spécifications de cet article. Toutefois, la planéité des faces de pose doit satisfaire aux conditions qui suivent.

2.3.2 Parallélisme

Les défauts de parallélisme ou d'équerrage ainsi que la flèche acceptable d'une face ne peut être supérieure à la moitié de tolérance sur la dimension affectée.

2.3.3 Planitude des surfaces

- Côtés : la flèche ne doit pas dépasser 1 mm.
- Surfaces de compression : la flèche ne doit pas dépasser 3 mm.

2.3.4 Planitude des arêtes

- La flèche ne doit pas dépasser 2 mm.
- Une rugosité des arêtes peut être admise, pour autant qu'elle soit due au démoulage et non provoquée par une mauvaise manipulation.

2.3.5 Obliquité des surfaces

- Pour les faces extérieures, les tolérances de formes et dimensions doivent être respectées.
- Les faces intérieures et évidements doivent être obliques et ne pas avoir d'angles vifs.

2.4 Caractéristiques d'aspect

Les caractéristiques sont communes aux blocs PN et PF sauf là où des indications spécifiques sont données.

2.4.1 Dégradations

Une distinction est faite entre les dégradations mécaniques occasionnées par des chocs au cours de la manutention des BTC et des fissures ou autres défauts qui sont la conséquence d'un processus de production imparfait.

Pour les fissures et les autres défauts de fabrication, les prescriptions qui suivent sont applicables.

Pour les dégradations mécaniques, la règle suivante est à respecter : les dégradations qui n'ont aucune influence sur l'aspect de la maçonnerie (tels que des cassures au côté non visible du BTC) ne sont pas pris en considération.

Sont considérés comme dégradés :

- chaque BTC cassé ;
- chaque BTC présentant des épaufrures et écornures dont le volume global dépasse 2 % du volume du BTC.

2.4.2 Aspect général

Les BTC ne doivent pas présenter de défauts systématiques tels que fissures ou épaufrures importantes de nature à nuire à une bonne exécution et à la stabilité de la maçonnerie.

90 % des BTC de parement ne doivent pas présenter sur leurs faces destinées à rester apparentes, des fissures, éclats ou efflorescences compromettant l'aspect recherché de l'ouvrage, visible à une distance de deux mètres.

2.4.3 Trous, piqûres et striures

Pour les faces exposées de la catégorie PN, ils doivent affecter moins de 10 % de la surface et ne pas dépasser 2 mm de profondeur.

Pour les faces exposées de la catégorie PF, ils doivent affecter moins de 2,5 % de la surface et ne pas dépasser 1 mm de profondeur.

2.4.4 Rugosité

Les faces exposées peuvent être rugueuses pour la catégorie PN, devront être lisses pour la catégorie PF, sauf effet particulier recherché par le maître d'oeuvre.

2.4.5 Ecornures

Les écornures ou éclats dont la largeur d'empiétement et la profondeur ne dépassent pas 10 mm sont tolérées sur toutes les surfaces non exposées.

2.4.6 Feuilletages, clivages

Ils ne sont tolérés sur aucune surface.

2.4.7 Fissures

Microfissures :

- peuvent être tolérées sur toutes les faces.

Macrofissures :

conditions d'acceptation sur toutes les faces :

- leur largeur ne doit pas excéder 0,5 mm ;
- leur longueur ne doit pas excéder 20 mm ;
- leur profondeur ne doit pas excéder 5 mm ;
- leur nombre ne doit pas excéder 2 pour les BTC de la catégorie PN, 1 pour les PF sur la même face.

2.4.8 Teinte

On distingue :

- a) *teinte unie* : tous les BTC de parement du lot ont la même teinte de base sur les faces visibles.
- b) *teinte nuancée* : les BTC de parement qui font partie d'un même lot présentent des différences de teintes qui sont définies par le maître-d'oeuvre.

2.4.9 Structure

Les BTC doivent avoir une structure uniforme et homogène.

L'on distingue les indications principales suivantes de la surface des matériaux selon la structure :

- a) *lisse* : surface à structure fermée pour laquelle les vides entre les granulats sont complètement comblés, les vides sont superficiels et répartis uniformément sur la surface.
- b) *granulée* : surface à structure pratiquement fermée, caractérisée par le calibre des granulats et par les vides répartis uniformément entre ces granulats.

2.4.10 Texture de surface

La surface des BTC a une texture homogène. L'on distingue les indications suivantes de la texture de surface selon leur traitement particulier, mécanique ou non, pendant ou après leur fabrication : plane, clivée rainurée, striée, etc. Cette énumération n'est pas limitative.

2.5 Caractéristiques physico-chimiques

2.5.1 Eclatements

Aucun cratère dû à l'éclatement de matières expansives n'est toléré.

2.5.2 Efflorescences

Les BTC ne doivent pas présenter d'efflorescences importantes et durables couvrant plus de 1/4 de la surface totale des BTC. Un léger voile blanchâtre ou un mince liseré n'est pas pris en considération.

2.6 Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques

Les caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques sont déterminées par les valeurs du tableau suivant.

Tableau 1 — Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques exigées pour les BTC de parement

Désignation	Catégorie de sollicitation environnementale	Catégorie de sollicitation mécanique	f_b sec N/mm ²	f_b hum N/mm ²	Absorption d'eau %	Abrasion Perte de matière %
BTC PN 1 S ou BTC PF 1 S	Milieu sec (S)	1	≥ 2	s.o.	s.o.	≤ 10
BTC PN 2 S ou BTC PF 2 S		2	≥ 4	s.o.	s.o.	≤ 5
BTC PN 3 S ou BTC PF 3 S		3	≥ 6	s.o.	s.o.	≤ 2
BTC PN 1 P ou BTC PF 1 P	Action de l'eau par aspersion latérale (P)	1	≥ 2	≥ 1	s.o.	≤ 10
BTC PN 2 P ou BTC PF 2 P		2	≥ 4	≥ 2	s.o.	≤ 5
BTC PN 3 P ou BTC PF 3 P		3	≥ 6	≥ 3	s.o.	≤ 2
BTC PN 1 C ou BTC PF 1 C	Action de l'eau par pénétration verticale (C)	1	≥ 2	≥ 1	≤ 15	≤ 10
BTC PN 2 C ou BTC PF 2 C		2	≥ 4	≥ 2	≤ 10	≤ 5
BTC PN 3 C ou BTC PF 3 C		3	≥ 6	≥ 3	≤ 5	≤ 2

Note : 1) s.o. = sans objet.

2) L'utilisation des BTC dans les environnements de catégorie P et C nécessite le recours à un stabilisant si la protection apportée n'est pas garantie. Si la protection apportée contre les agressions de l'eau est garantie, on considère que l'environnement est de catégorie S.

3) Si les essais pour déterminer l'absorption d'eau ou l'abrasion ne sont pas faisables, ou si les résultats ne sont pas disponibles, on palliera à cette déficience en augmentant les exigences pour la résistance à la compression à sec et/ou humide d'une catégorie.

4) Les valeurs indiquées sont les valeurs moyennes obtenues par des essais effectués sur un ensemble d'échantillons.

ARS 676 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Spécifications techniques pour les mortiers de terre ordinaires

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les exigences applicables aux mortiers de terre ordinaires (MT O).

1.2 Domaine d'application

Le domaine d'application est celui déterminé par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.3 Définition

La définition des mortiers de terre ordinaires est déterminée par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.4 Classification

La classification des mortiers de terre ordinaires est déterminée par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.5 Désignation

La désignation des mortiers de terre ordinaires est déterminée par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.6 Référence

Norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

2 Spécifications

2.1 Caractéristiques générales

Les caractéristiques des mortiers ordinaires doivent être compatibles avec la catégorie des blocs choisis.

2.2 Caractéristiques de texture

La terre doit contenir au moins 90 % de grains de dimensions inférieures à 1/3 de l'épaisseur du joint. Il est toléré 10 % de grains de dimensions maximales comprises entre 1/3 et 1/2 de l'épaisseur du joint. Il est recommandé d'utiliser un mortier de terre dont le plus gros grain sera inférieur ou égal à 4 mm.

2.3 Caractéristiques d'aspect

2.3.1 Aspect général

Les MT ordinaires ne doivent pas présenter de défauts systématiques tels que fissures ou épaufrures importantes de nature à nuire à une bonne exécution et à la stabilité de la maçonnerie.

2.3.2 Fissures

Des microfissures et macrofissures peuvent être tolérées sur toutes les surfaces mais leur présence ne doit pas être concentrée ou systématique sur une partie ou la totalité de l'ouvrage.

2.4 Caractéristiques physico-chimiques

2.4.1 Eclatements

Aucun cratère dû à l'éclatement de matières expansives n'est toléré.

2.4.2 Efflorescences

Les MT ordinaires ne doivent pas présenter d'efflorescences importantes et durables couvrant une grande partie du MT. Un léger voile blanchâtre ou un mince liseré n'est pas pris en considération.

2.5 Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques

Tableau 1 — Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques des mortiers de terre ordinaires

Désignation	Catégorie de sollicitation environnementale	Catégorie de sollicitation mécanique	f_b sec N/mm ²	f_b hum N/mm ²	Absorption d'eau %	Abrasion Perte de matière %
MT O 1 S	Milieu sec (S)	1	≥ 0,5	s.o.	s.o.	s.o.
MT O 2 S		2	≥ 1,5	s.o.	s.o.	s.o.
MT O 3 S		3	≥ 2,5	s.o.	s.o.	s.o.
MT O 1 P	Action de l'eau par aspersion latérale (P)	1	≥ 0,5	≥ 0,5	≤ 30	s.o.
MT O 2 P		2	≥ 1,5	≥ 1	≤ 20	s.o.
MT O 3 P		3	≥ 2,5	≥ 1,5	≤ 10	s.o.
MT O 1 C	Action de l'eau par pénétration verticale (C)	1	≥ 0,5	≥ 0,5	≤ 30	s.o.
MT O 2 C		2	≥ 1,5	≥ 1	≤ 20	s.o.
MT O 3 C		3	≥ 2,5	≥ 1,5	≤ 10	s.o.

Note : 1) s.o. = sans objet.

2) L'utilisation des MT dans les environnements de catégorie P et C nécessite le recours à un stabilisant si la protection apportée n'est pas garantie. Si la protection apportée contre les agressions de l'eau est garantie, on considère que l'environnement est de catégorie S.

3) Si les essais pour déterminer l'absorption d'eau ou l'abrasion ne sont pas faisables, ou si les résultats ne sont pas disponibles, on palliera à cette déficience en augmentant les exigences pour la résistance à la compression à sec et/ou humide d'une catégorie.

4) Les valeurs indiquées sont les valeurs moyennes obtenues par des essais effectués sur un ensemble d'échantillons.

ARS 677 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Spécifications techniques pour les mortiers de terre de parement

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les exigences applicables aux mortiers de terre de parement (MT P).

1.2 Domaine d'application

Le domaine d'application est celui déterminé par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.3 Définition

La définition des mortiers de terre de parement est déterminée par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.4 Classification

La classification des mortiers de terre de parement est déterminée par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.5 Désignation

La désignation des mortiers de terre de parement est déterminée par la norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

1.6 Référence

Norme «ARS 672 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des mortiers de terre».

2 Spécifications

2.1 Caractéristiques générales

Les caractéristiques des mortiers de parement doivent être compatibles avec la catégorie des blocs choisis.

2.2 Caractéristiques de texture

La terre ne doit pas contenir de grains plus gros que le 1/3 de l'épaisseur des joints. Il est recommandé d'utiliser un mortier de terre dont le plus gros grain sera inférieur ou égal à 4 mm.

2.3 Caractéristiques d'aspect

2.3.1 Aspect général

Les MT de parement ne doivent pas présenter de défauts systématiques tels que fissures ou épaufrures importantes de nature à nuire à une bonne exécution et à la stabilité de la maçonnerie.

2.3.2 Fissures

Microfissures :

- peuvent être tolérées sur toutes les surfaces exposées.

Macrofissures :

conditions d'acceptation sur toutes les surfaces exposées :

- leur largeur ne doit pas excéder 0,5 mm ;
- leur longueur ne doit excéder 20 mm ;
- leur profondeur ne doit pas excéder 10 mm ;
- la présence de macrofissures autorisées ne doit pas être concentrée ou systématique sur une partie ou la totalité de l'ouvrage.

2.3.3 Teinte

La teinte du MT de parement doit être unie sur tout l'ouvrage. Elle peut être différente de celle des BTC.

2.4 Caractéristiques physico-chimiques

2.4.1 Eclatements

Aucun cratère dû à l'éclatement de matières expansives n'est toléré.

2.4.2 Efflorescences

Les MT de parement ne doivent pas présenter d'efflorescences importantes et durables couvrant une grande partie du MT. Un léger voile blanchâtre ou un mince liseré n'est pas pris en considération.

2.5 Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques

Tableau 1 — Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques des mortiers de terre de parement

Désignation	Catégorie de sollicitation environnementale	Catégorie de sollicitation mécanique	f_b sec N/mm ²	f_b hum N/mm ²	Absorption d'eau %	Abrasion Perte de matière %
MT PN 1 S ou MT PF 1 S	Milieu sec (S)	1	≥ 0,5	s.o.	s.o.	≤ 15
MT PN 2 S ou MT PF 2 S		2	≥ 1,5	s.o.	s.o.	≤ 10
MT PN 3 S ou MT PF 3 S		3	≥ 2,5	s.o.	s.o.	≤ 5
MT PN 1 P ou MT PF 1 P	Action de l'eau par aspersion latérale (P)	1	≥ 0,5	≥ 0,5	≤ 30	≤ 15
MT PN 2 P ou MT PF 2 P		2	≥ 1,5	≥ 1	≤ 20	≤ 10
MT PN 3 P ou MT PF 3 P		3	≥ 2,5	≥ 1,5	≤ 10	≤ 5
MT PN 1 C ou MT PF 1 C	Action de l'eau par pénétration verticale (C)	1	≥ 0,5	≥ 0,5	≤ 30	≤ 15
MT PN 2 C ou MT PF 2 C		2	≥ 1,5	≥ 1	≤ 20	≤ 10
MT PN 3 C ou MT PF 3 C		3	≥ 2,5	≥ 1,5	≤ 10	≤ 5

- Note :
- 1) s.o. = sans objet.
 - 2) L'utilisation des MT dans les environnements de catégorie P et C nécessite le recours à un stabilisant si la protection apportée n'est pas garantie. Si la protection apportée contre les agressions de l'eau est garantie, on considère que l'environnement est de catégorie S.
 - 3) Si les essais pour déterminer l'absorption d'eau ou l'abrasion ne sont pas faisables, ou si les résultats ne sont pas disponibles, on palliera à cette déficience en augmentant les exigences pour la résistance à la compression à sec et/ou humide d'une catégorie.
 - 4) Les valeurs indiquées sont les valeurs moyennes obtenues par des essais effectués sur un ensemble d'échantillons.

ARS 678 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Spécifications techniques pour les maçonneries ordinaires en blocs de terre comprimée

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les exigences applicables aux maçonneries ordinaires en blocs de terre comprimée (MBTC O) destinées à être recouvertes.

Le revêtement peut être un badigeon, un enduit fin ou épais ou une autre sorte de protection ou ornement. Il aura en général un but de protection contre les agressions par l'eau ou l'abrasion mécanique, mais pourra également avoir un rôle esthétique.

1.2 Domaine d'application

Le domaine d'application est celui déterminé par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.3 Définition

La définition des maçonneries ordinaires en blocs de terre comprimée est déterminée par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.4 Classification

La classification des maçonneries ordinaires en blocs de terre comprimée est déterminée par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.5 Désignation

La désignation des maçonneries ordinaires en blocs de terre comprimée est déterminée par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.6 Référence

Norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

2 Spécifications

2.1 Caractéristiques de configuration

Les appareillages seront ceux utilisés pour la maçonnerie traditionnelle en petits éléments de maçonnerie.

Les joints verticaux et horizontaux devront être parfaitement réalisés pour assurer la meilleure adhérence possible entre blocs et mortier et garantir ainsi une transmission optimale des charges.

Afin d'éviter la superposition de joints verticaux, la surface de recouvrement entre BTC est de minimum 1/4 de leur longueur.

2.2 Caractéristiques dimensionnelles

Les joints verticaux et horizontaux devront avoir une épaisseur minimale de 8 mm et maximale de 15 mm. Localement, une épaisseur de 20 mm pourra être tolérée.

Les maçonneries porteuses auront une épaisseur minimale de 14 cm avec un élancement maximum de 20. Les maçonnerie non porteuses auront une épaisseur minimale de 9 cm.

2.3 Caractéristiques géométriques

La position des joints verticaux et horizontaux devra être conforme au plan de calepinage qui sera fourni avant le début des travaux.

La flèche autorisée sur toute surface ne peut dépasser 10 mm suivant toute longueur verticale ou horizontale. La déviation de l'aplomb ne peut dépasser 7 mm par étage.

La tolérance sur la longueur des éléments de maçonnerie est la suivante :

Pour les murs minces (<20 cm d'épaisseur) :

- pour les sections de maçonnerie de petites dimensions (<100 cm), la tolérance est de 10 mm ;
- pour les sections de maçonnerie de dimensions plus importantes (>100 cm), la tolérance est de 25 mm.

Pour les murs épais (>20 cm d'épaisseur) :

- pour les sections de maçonnerie de petites dimensions (<100 cm), la tolérance est de 15 mm ;
- pour les sections de maçonnerie de dimensions plus importantes (>100 cm), la tolérance est de 30 mm.

2.4 Caractéristiques physico-chimiques

2.4.1 Efflorescences

Les maçonneries ne doivent pas présenter d'efflorescences importantes et durables couvrant une grande partie de la surface. Un léger voile blanchâtre ou un mince liseré n'est pas pris en considération.

2.5 Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques

Les caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques de la maçonnerie ne sont pas uniquement fonction de la qualité des produits constitutifs (blocs de terre comprimée et mortiers de terre), mais sont aussi très dépendantes de la qualité de la mise en oeuvre et de la cure.

2.5.1 Résistance nominale à la compression sec du mur en MBTC

La résistance nominale à la compression sec du mur en (MBTC) (f_k) doit être au moins égale à la contrainte nominale à la compression sec s'exerçant en pied de mur, fixée par un calcul statique de descente de charge dans la maçonnerie, conformément aux normes en vigueur.

2.5.2 Résistance à la compression des BTC

Pour les MBTC en environnement sec ou protégé, les BTC devront avoir une résistance à la compression sec (f_b sec) au moins égale à 10 fois la valeur de la résistance nominale à la compression sec du mur (f_k) exigée.

Pour les MBTC en environnement humide non protégé contre l'agression de l'eau, les BTC devront avoir une résistance à la compression humide (f_b hum) au moins égale à 10 fois la valeur de la résistance nominale à la compression sec du mur (f_k) exigée.

La valeur de la résistance à la compression des BTC ainsi fixée, déterminera la catégorie de résistance des BTC aux sollicitations mécaniques.

2.5.3 Résistance thermique

La résistance thermique de la maçonnerie sous conditions climatiques intérieures ou extérieures est uniquement spécifiée en cas de maçonnerie expressément conçue pour isoler thermiquement.

2.5.4 Capacité thermique

La capacité thermique par unité de volume est uniquement spécifiée en cas de maçonnerie spécifiquement thermocapacitive. La capacité thermique est fixée en fonction des exigences du projet.

2.5.5 Indice d'affaiblissement acoustique

L'indice d'affaiblissement acoustique et le coefficient de déphasage est uniquement spécifié en cas de maçonnerie expressément conçue pour isoler acoustiquement.

2.5.6 Résistance au feu

La résistance au feu de la maçonnerie n'est spécifiée uniquement qu'en cas de maçonnerie expressément conçue pour résister au feu.

ARS 679 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Spécifications techniques pour les maçonneries de parement en blocs de terre comprimée

1 Généralités

1.1 Objet

La présente norme a pour objet de définir les exigences applicables aux maçonneries de parement en blocs de terre comprimée (MBTC P) destinées à rester apparentes.

1.2 Domaine d'application

Le domaine d'application est celui déterminé par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.3 Définition

La définition des maçonneries de parement en blocs de terre comprimée est déterminée par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.4 Classification

La classification des maçonneries de parement en blocs de terre comprimée est déterminée par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.5 Désignation

La désignation des maçonneries de parement en blocs de terre comprimée est déterminée par la norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

1.6 Référence

Norme «ARS 673 : 1996 - Blocs de terre comprimée - Norme de définition, classification et désignation des maçonneries en blocs de terre comprimée».

2 Spécifications

2.1 Caractéristiques de configuration

Les appareillages seront ceux utilisés pour la maçonnerie traditionnelle en petits éléments de maçonnerie.

Les joints verticaux et horizontaux devront être parfaitement réalisés pour assurer la meilleure adhérence possible entre blocs et mortier et garantir ainsi une transmission optimale des charges.

Afin d'éviter la superposition de joints verticaux, la surface de recouvrement entre BTC est de minimum 1/4 de leur longueur.

2.2 Caractéristiques dimensionnelles

Les joints verticaux et horizontaux devront avoir une épaisseur minimale de 8 mm et maximale de 15 mm.

Les maçonnerie porteuses auront une épaisseur minimale de 14 cm avec un élancement maximum de 20. Les maçonnerie non porteuses auront une épaisseur minimale de 9 cm.

Les murs de moins de 20 cm d'épaisseur auront un joint de dilatation tous les 5 m au maximum.

2.3 Caractéristiques géométriques

La position des joints verticaux et horizontaux devra être conforme au plan de calepinage qui sera fourni avant le début des travaux.

La flèche autorisée sur toute surface ne peut dépasser 7 mm suivant toute longueur verticale ou horizontale. La déviation de l'aplomb ne peut dépasser 5 mm par étage.

La tolérance sur la longueur des éléments de maçonnerie est la suivante :

Pour les murs minces (<20 cm d'épaisseur) :

- pour les sections de maçonnerie de petites dimensions (<100 cm), la tolérance est de 5 mm ;
- pour les sections de maçonnerie de dimensions plus importantes (>100 cm), la tolérance est de 15 mm.

Pour les murs épais (>20 cm d'épaisseur) :

- pour les sections de maçonnerie de petites dimensions (<100 cm), la tolérance est de 10 mm ;
- pour les sections de maçonnerie de dimensions plus importantes (>100 cm), la tolérance est de 20 mm.

2.4 Caractéristiques d'aspect

2.4.1 Bavures

L'exécution doit être parfaite et exempte de bavures. Tous les joints de mortier doivent être parfaitement lisses.

2.4.2 Fissures

Microfissures :

- peuvent être tolérées sur toutes les surfaces.

Macrofissures :

conditions d'acceptation sur toutes les surfaces :

- leur largeur ne doit pas excéder 0,5 mm ;
- leur longueur ne doit excéder 200 mm ;
- la présence de microfissures autorisées ne doit pas être concentrée ou systématique sur une partie ou la totalité de l'ouvrage.

2.4.3 Ecornures

Les angles sont parfaits et les écornures ne sont acceptées que dans la limite des écornures acceptées pour les BTC de parement.

2.4.4 Teinte

La teinte des maçonneries sera la plus homogène possible, sauf si pour des raisons esthétiques, il est demandé un aspect plus nuancé.

2.4.5 Textures de surface

La maçonnerie doit présenter une texture de surface homogène. Toutefois on peut rechercher des effets spéciaux en introduisant des textures différentes en des endroits précis (p.e. autour des ouvertures, aux angles, ...).

2.5 Caractéristiques physico-chimiques

2.5.1 Eclatements

Aucun cratère dû à l'éclatement de matières expansives n'est toléré.

2.5.2 Efflorescences

Les maçonneries ne doivent pas présenter d'efflorescences importantes et durables couvrant une grande partie de la surface. Un léger voile blanchâtre ou un mince liseré n'est pas pris en considération.

2.6 Caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques

Les caractéristiques mécaniques, hydriques et physiques de la maçonnerie ne sont pas uniquement fonction de la qualité des produits constitutifs (blocs de terre comprimée et mortiers de terre), mais sont aussi très dépendantes de la qualité de la mise en oeuvre et de la cure.

2.6.1 Résistance nominale à la compression sec du mur en MBTC

La résistance nominale à la compression sec du mur en MBTC (f_k) doit être au moins égale à la contrainte nominale à la compression sec s'exerçant en pied de mur, fixée par un calcul statique de descente de charge dans la maçonnerie, conformément aux normes en vigueur.

2.6.2 Résistance à la compression des BTC

Pour les MBTC en environnement sec ou protégé, les BTC devront avoir une résistance à la compression sec (f_b sec) au moins égale à 10 fois la valeur de la résistance nominale à la compression sec du mur (f_k) exigée.

Pour les MBTC en environnement humide non protégé contre l'agression de l'eau, les BTC devront avoir une résistance à la compression humide (f_b hum) au moins égale à 10 fois la valeur de la résistance nominale à la compression sec du mur (f_k) exigée.

La valeur de la résistance à la compression des BTC ainsi fixée, déterminera la catégorie de résistance des BTC aux sollicitations mécaniques.

2.6.3 Résistance thermique

La résistance thermique de la maçonnerie sous conditions climatiques intérieures ou extérieures est uniquement spécifiée en cas de maçonnerie expressément conçue pour isoler thermiquement.

2.6.4 Capacité thermique

La capacité thermique par unité de volume est uniquement spécifiée en cas de maçonnerie spécifiquement thermocapacitive. La capacité thermique est fixée en fonction des exigences du projet.

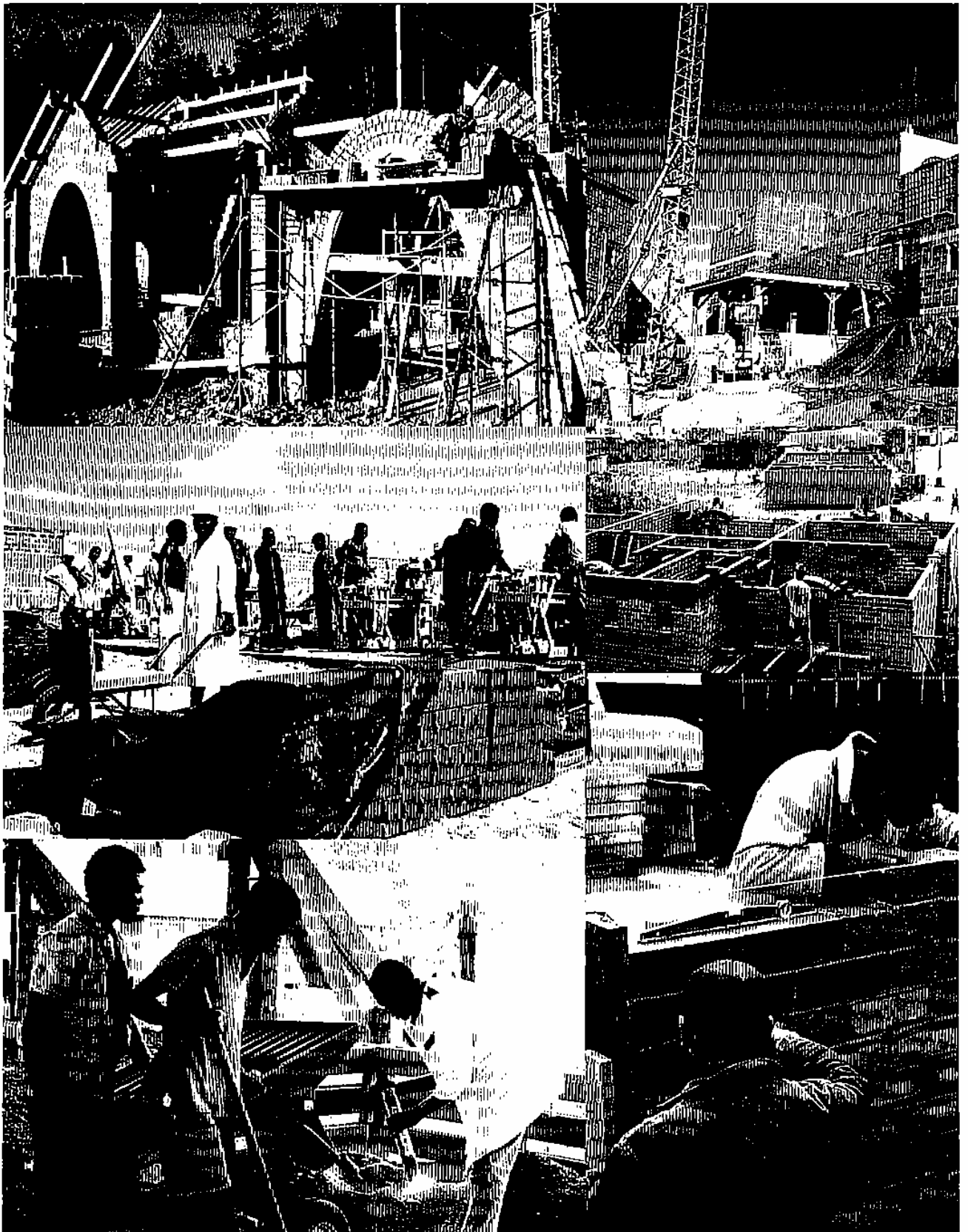
2.6.5 Indice d'affaiblissement acoustique

L'indice d'affaiblissement acoustique et le coefficient de déphasage est uniquement spécifié en cas de maçonnerie expressément conçue pour isoler acoustiquement.

2.6.6 Résistance au feu

La résistance au feu de la maçonnerie n'est spécifiée uniquement qu'en cas de maçonnerie expressément conçue pour résister au feu.

NORMES DE FABRICATION ET EXECUTION



Les applications de la technologie des blocs de terre comprimée sont très diversifiées. Non seulement il y a une gamme très étendue de produits, mais les procédés de fabrication et de mise en oeuvre peuvent être modifiés à l'infini.

Cependant, bon nombre de règles élémentaires sont communes à toutes les variantes pour obtenir de bons résultats. Des pratiques alternatives peuvent également conduire à des solutions satisfaisantes, mais dans ce cas il sera nécessaire de procéder à des vérifications techniques et scientifiques.

ARS 680 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Code de bonne pratique pour la production de blocs de terre comprimée

1 Généralités

1.1 Objet

Ce code de bonne pratique décrit les règles de l'art concernant la fabrication de blocs de terre comprimée (BTC), telles qu'elles sont connues dans l'état actuel de la technique.

1.2 Domaine d'application

Les règles décrites dans le présent code sont applicables dans toutes les entreprises de production opérant dans le cadre de marchés publics ou de marchés privés.

La norme n'est pas applicable dans des zones soumises à des tremblements de terre, des inondations et des cyclones d'un niveau qui demande l'application de règles appropriées afin d'éviter des dégâts majeurs.

2 Code de bonne pratique

2.1 Recommandations pour le choix de la terre

Le choix de la terre peut se faire sur le terrain d'après des paramètres qui sont le fruit de l'expérience acquise par la pratique opérationnelle. En cas de doute, des essais d'identification seront menés en laboratoire.

2.1.1 Granularité

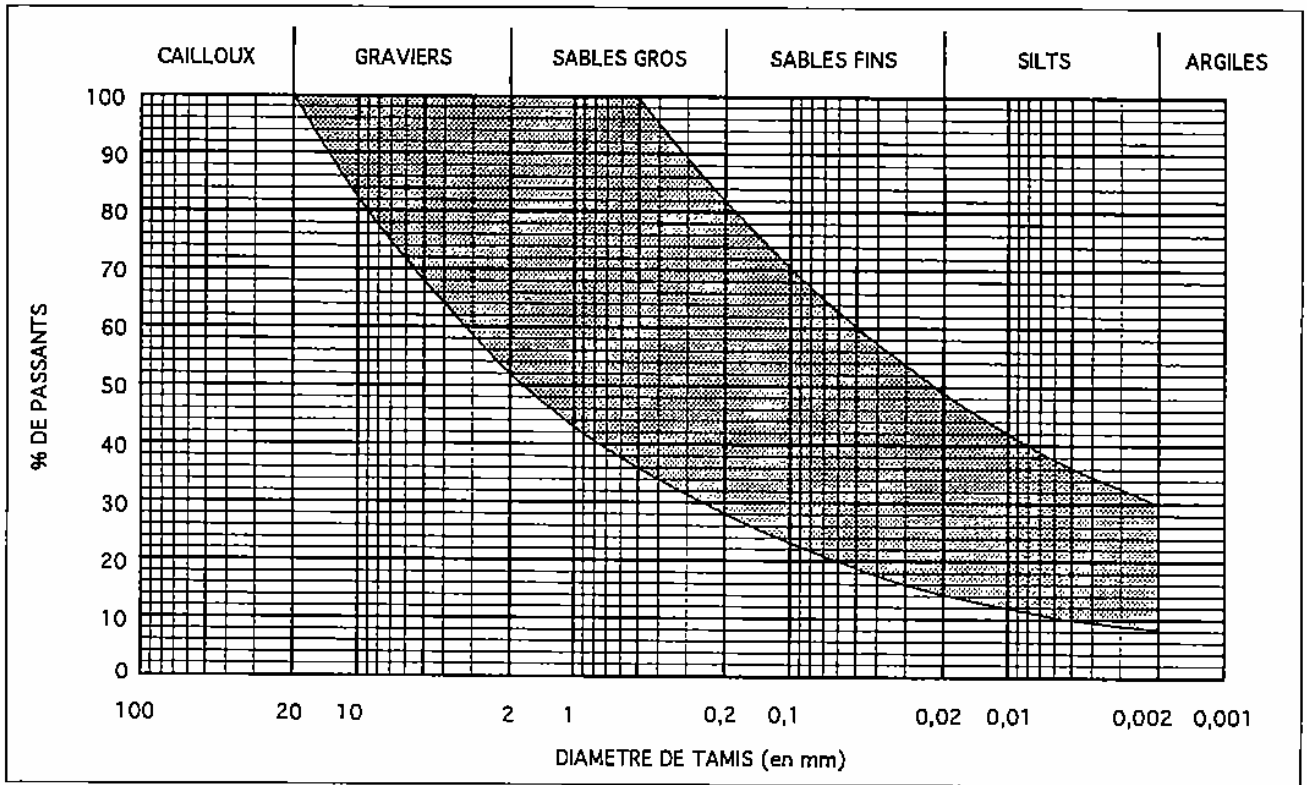
La granularité de la terre sera de préférence inscrite dans le fuseau du diagramme de texture qui suit et dont elle épousera l'allure générale.

Les limites du fuseau recommandé sont approximatives.

Les terres dont la texture est inscrite dans le fuseau recommandé donnent dans la plupart des cas des résultats satisfaisants.

Les terres dont la texture n'est pas inscrite dans le fuseau peuvent quand même donner des résultats acceptables, mais il est recommandé de les soumettre à un ensemble d'essais permettant de vérifier leur convenance.

Figure 1 — Diagramme de texture



2.1.2 Plasticité

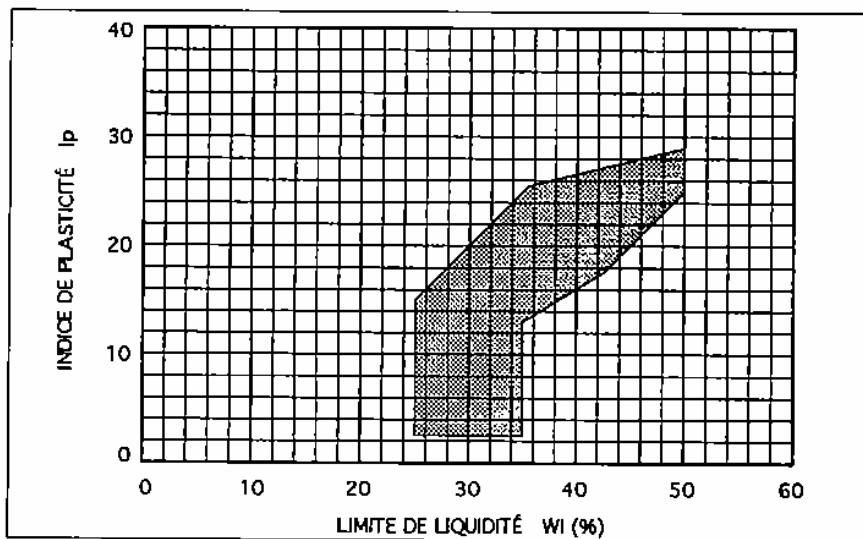
La plasticité de la terre sera de préférence inscrite dans le fuseau du diagramme de plasticité qui suit.

Les limites du fuseau recommandé sont approximatives.

Les terres dont la plasticité est inscrite dans le fuseau recommandé donnent dans la plupart des cas des résultats satisfaisants.

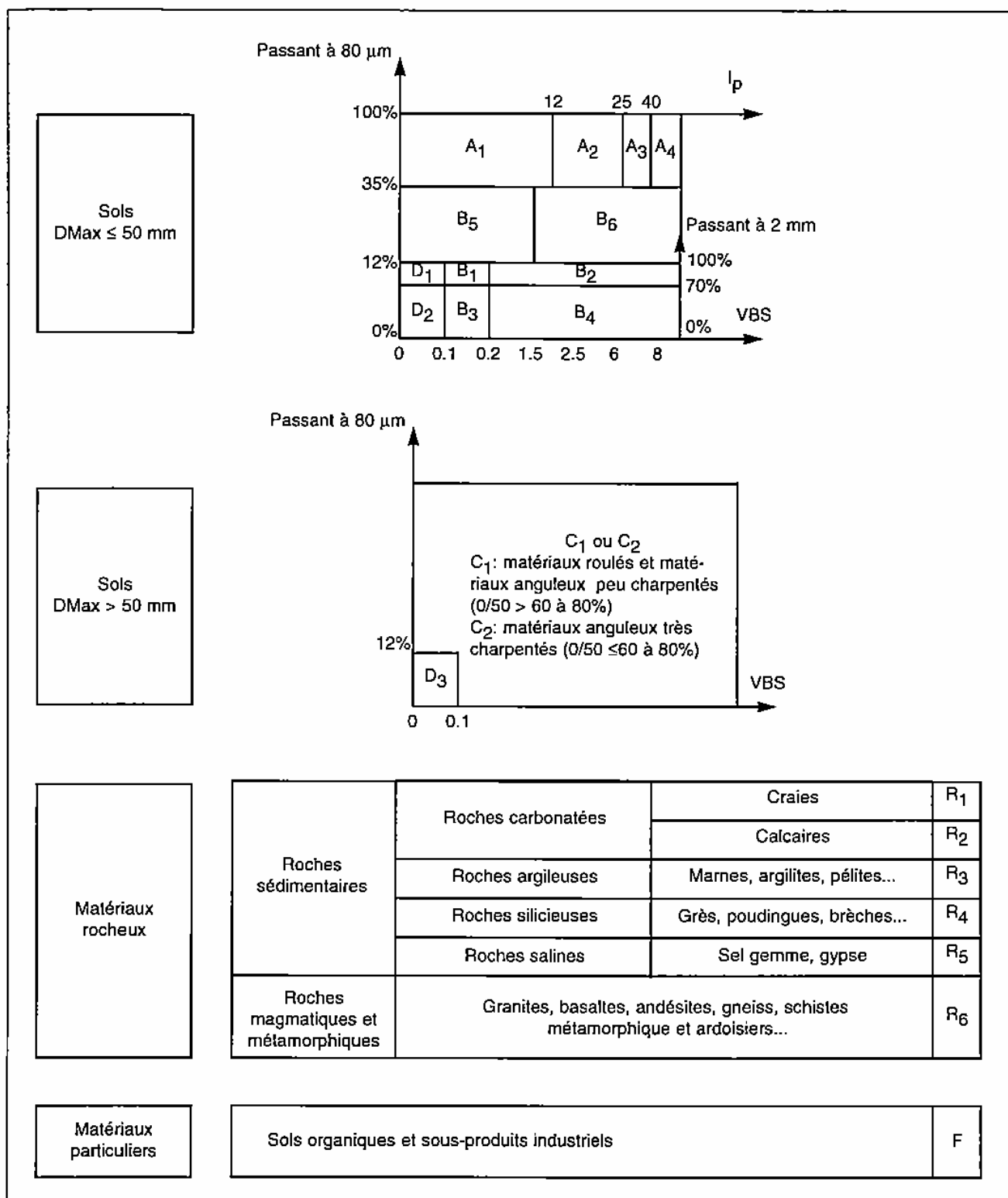
Les terres dont la plasticité n'est pas inscrite dans le fuseau peuvent quand même donner des résultats acceptables, mais il est recommandé de les soumettre à un ensemble d'essais permettant de vérifier leur convenance.

Figure 2 — Diagramme de plasticité



2.1.3 Nature

Tableau 1 — Classification des matériaux selon leur nature



La nature des terres est déterminée par la combinaison de valeurs issues des essais de granulométrie, plasticité et valeur de bleu de méthylène. La convenance générale des terres est comme suit :

- A1 : matériau acceptable mais ayant un peu trop de fines.
- A2 : matériau acceptable mais ayant trop de fines.
- A3 : matériau acceptable mais demandant une attention particulière car relativement actif.
- A4 : matériau délicat à utiliser car très actif.
- B1 : matériau sableux demandant un rajout de fines pour être acceptable.
- B2 : matériau acceptable ayant un léger déficit de fines.
- B3 : matériau sableux demandant un rajout considérable de fines pour être acceptable.
- B4 : matériau acceptable ayant un déficit de fines.
- B5 : matériau acceptable mais manquant un peu de fines.
- B6 : matériau acceptable mais manquant un peu de fines.
- C1 : matériau trop graveleux, doit être criblé pour changer sa nature.
- C2 : matériau trop graveleux, doit être criblé pour changer sa nature.
- D1 : matériau sableux demandant un rajout de fines pour être acceptable.
- D2 : matériaux sableux demandant un rajout considérable de fines pour être acceptable.
- D3 : matériau graveleux demandant un criblage pour changer sa nature et un rajout considérable de fines pour être acceptable.
- R : matériaux qui ne conviennent pas.
- F : matériaux qui demandent des essais d'identification poussés notamment en ce qui concerne leur analyse chimique et les essais mécaniques avant de pouvoir déterminer leur convenance. Des essais sur des BTC issus d'une préproduction sont à envisager.

2.2 Recommandations pour l'utilisation d'adjuvants de stabilisation

2.2.1 Précautions à prendre en cas de stabilisation par apport d'un adjuvant physico-chimique

La présence de certains sels ou de matières organiques peut influencer l'efficacité d'une stabilisation par apport d'un adjuvant; il faut donc dans ce cas procéder à quelques analyses chimiques pour déterminer la présence, la valeur, la concentration des éléments suivants :

- pH ;
- sels solubles ;
- sels acides ;
- sels alcalins ;
- matières organiques ou humus ;

- carbonates ;
- sulfates ;
- chlorures.

2.2.2 Stabilisation au ciment

2.2.2.1 Efficacité et dosage

L'efficacité des dosages dépend de la texture et de la structure de la terre et du mode de mise en oeuvre. 4 à 12 % du poids de la terre sèche donnent de bons résultats. Certaines terres n'exigent que 3 % alors que d'autres terres, avec le même dosage, se comportent moins bien que sans le ciment. En général, il faut au moins 6 % de ciment pour obtenir des résultats satisfaisants. La résistance en compression reste très dépendante du dosage.

Les dosages indiqués sont relatifs au poids sec et sont déterminés dans des conditions de laboratoire. Les mesures de contrôle en atelier ou sur chantier devront tenir compte des conditions hygrométriques spécifiques existantes localement.

2.2.2.2 Paramètres d'efficacité

1) Terre

Presque toutes les terres sont stabilisables au ciment. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des terres graveleuses et sableuses. La meilleure efficacité est obtenue par une compression à la teneur en eau optimale.

2) Matières organiques

Elles sont reconnues comme nocives et en règle générale, une teneur en matières organiques supérieure à 1 % constitue un risque et il ne faut pas utiliser une terre en contenant plus de 2 %.

3) Sulfates

A l'état sec, les sulphates de calcium que l'on rencontre fréquemment, sont moins néfastes que les sulphates de magnésium. A l'état humide, les sulphates sont toujours très néfastes. Les sulphates détruisent la matrice durcie du liant hydraulique et augmentent la sensibilité à l'humidité des argiles. Une étude spécifique pour les terres contenant plus de 2 à 3 % de teneur totale de sulphates est indispensable.

4) Oxydes et hydroxydes métalliques

Il s'agit essentiellement des oxydes de fer et oxydes d'aluminium dont la présence dans les terres dépasse rarement les 5 % et qui n'ont alors que peu d'effet. Dans les terres avec des teneurs supérieures à 5 %, on a pu constater une très bonne efficacité de la stabilisation avec peu de ciment.

5) Eau

On rejettera en principe les eaux chargées en matières organiques et les eaux salées : risques d'efflorescences. Les eaux riches en sulfates peuvent être défavorables.

2.2.2.3 Type de ciment

Les ciments Portland ou de classe analogue conviennent très bien. Les ciments composés peuvent également être utilisés. Toutefois des essais de convenance doivent être faits pour justifier leur emploi. Il n'est pas utile d'employer des ciments à haute résistance qui n'apportent pas d'amélioration particulière et qui coûtent plus cher.

2.2.2.4 Additifs

Certains produits, ajoutés en petites quantités à la terre-ciment pendant le malaxage, peuvent en améliorer certaines propriétés.

1) Réduire la sensibilité aux matières organiques

La chaux éteinte, à raison de 2 % peut réduire l'influence néfaste des matières organiques, tout comme le chlorure de calcium (0,3 à 2 %) qui, en outre, accélère la prise du ciment.

2) Altérer la plasticité de la terre

La chaux peut servir à modifier la plasticité de la terre et à limiter la formation de nodules.

3) Hydrofuger la terre

Les bitumes, en émulsion ou en cut-back, à raison de 2 à 4 %, permettent une imperméabilisation des BTC.

2.2.3 Stabilisation à la chaux

2.2.3.1 Types de chaux

1) Chaux aériennes

Elles sont produites par cuisson de calcaire très purs et constituent les principales chaux utilisables en stabilisation.

— *Chaux vive (CaO)* : directement produite par la cuisson de la pierre à chaux. Les conditions délicates de stockage et de manutention peuvent limiter son emploi. La chaux vive est très avide d'eau et doit être abritée de l'humidité. C'est un matériau agressif à manipuler avec grande précaution : forte chaleur en phase d'hydratation (jusqu'à 150° C). A poids égal, elle est plus efficace que la chaux éteinte car elle apporte plus d'ions de calcium. Dans les sols humides, elle pourra absorber l'eau nécessaire à son hydratation.

— *Chaux éteinte (CaOH)₂* : elle est obtenue par hydratation de la chaux vive. Utilisée en stabilisation, elle ne présente pas les inconvénients de stockage et manutention de la chaux vive. Les chaux aériennes éteintes ne doivent pas être broyées trop finement pour être efficaces. Celles de qualité industrielle contiennent 90 à 99 % de "chaux active" alors que celles de qualité artisanale peuvent n'en contenir que 70 à 75 % avec le reste en inertes non cuits ou trop cuits. Les dosages de stabilisation doivent être adaptés en conséquence.

2) Chaux hydrauliques

Elles se rapprochent des ciments. Leur emploi n'est envisageable que si l'on ne dispose pas d'autres qualités de chaux. Les chaux hydrauliques naturelles sont plus efficaces en stabilisation. Les chaux hydrauliques artificielles ne sont pas recommandées.

3) Chaux agricoles

Elles sont utilisées pour l'amendement des terres agricoles et n'ont généralement aucun effet stabilisant.

4) Chaux dolomiques

Ces chaux conviennent pour la stabilisation mais leur prise est excessivement lente.

2.2.3.2 Efficacité et dosage

Pour un ajout à la terre de 1 % de chaux vive, la réaction exothermique d'hydratation assèche la terre en évacuant environ 0,5 à 1 % d'eau.

2 à 3 % de chaux vive ajoutée provoquent immédiatement une diminution de la plasticité de la terre et un brisage des molles ; cette réaction est appelée point de fixation de la chaux. Pour des stabilisations ordinaires à la chaux éteinte, on pratique en général des dosages de 4 à 12 % équivalents à ceux pratiqués avec le ciment, mais on notera que pour la chaux, il existe une quantité optimale pour chaque terre.

Les dosages indiqués sont relatifs au poids sec et sont déterminés dans des conditions de laboratoire. Les mesures de contrôle en atelier ou sur chantier devront tenir compte des conditions hygrométriques spécifiques existantes localement.

2.2.3.3 Paramètres d'efficacité

1) Terres

Elles doivent contenir une fraction argileuse non négligeable. Les résultats varient selon la nature des minéraux argileux et sont bons avec ceux riches en silicate d'alumine, en silice, en hydroxyde de fer. Les pouzzolanes naturelles réagissent vite et bien avec la chaux.

2) Matières organiques

Elles peuvent bloquer les échanges ioniques dans les terres argileuses sans pour autant bloquer la réaction pouzzolanique.

Des terres en contenant jusqu'à 20 % peuvent être stabilisées à la chaux mais avec soin.

3) Sulfates

A l'état sec, les sulphates de calcium que l'on rencontre fréquemment, sont moins néfastes que les sulphates de magnésium. A l'état humide, les sulphates sont toujours très néfastes. Les sulphates détruisent la matrice durcie du liant hydraulique et augmentent la sensibilité à l'humidité des argiles. Une étude spécifique pour les terres contenant plus de 2 à 3 % de teneur totale de sulphates est indispensable.

2.2.3.4 Additifs

Certains additifs mêlés à la chaux peuvent avoir des effets spéciaux.

1) Augmenter la résistance à la compression :

- ciment Portland ou ciment composé avec un dosage variable qui peut aller jusqu'à 100 % du dosage en chaux.

2) Hydrofuger la terre traitée :

- produits bitumineux ;
- autres hydrofuges.

2.2.4 Stabilisation avec des produits commerciaux

L'utilisation de produits commerciaux autres que le ciment et la chaux pour la stabilisation de la terre en vue de la fabrication de blocs de terre comprimée devra faire l'objet d'un examen préalable de l'efficacité réelle du produit par un laboratoire d'essai agréé.

2.3 Recommandations pour les paramètres de fabrication

Une mauvaise exécution d'une des étapes de fabrication réduira considérablement la qualité des BTC.

2.3.1 Stockage des matières premières

2.3.1.1 Stockage de la terre

La terre ayant fait l'objet d'une réception devra être stockée de manière à éviter toute pollution par une autre terre ou tout autre matériau. De plus, la terre devra être protégée d'une humidification accidentelle.

2.3.1.2 Stockage des additifs

Le stockage des additifs devra être organisé pour protéger ceux-ci des intempéries et pour garantir une rotation rapide entre la réception et l'utilisation.

2.3.2 Préparation du mélange

En fin de préparation la terre doit avoir une teneur en eau inférieure à la teneur en eau optimale de compression et si possible devra être sèche (teneur en eau $\leq 5\%$). Aucun des grains ou particules ne devra avoir un diamètre supérieur à 20 mm et de préférence pas supérieur à 10 mm, l'idéal se situe à 5 mm.

Si à l'issue de la phase de préparation, la terre se situe en dehors des zones recommandées de texture et de plasticité, elle devra être corrigée par l'apport d'un dégraissant jusqu'à revenir dans les zones recommandées. Si même après correction, le mélange est encore hors des zones recommandées, il faudra rechercher une autre terre ou obtenir l'examen particulier de l'aptitude de ce mélange par un laboratoire agréé.

2.3.2.1 Criblage de la terre

Cette opération vise à éliminer tous les composants ayant un diamètre supérieur à celui désiré. Toutefois ces composants peuvent être constitués par des agrégats ou des agglomérats composés de fines qui seront indifféremment éliminées alors qu'elles sont nécessaires pour assurer la cohésion du produit fini. Il est donc préférable de décomposer ces agglomérats par une opération de désagrégation.

2.3.2.2 Désagrégation de la terre

Cette opération est importante et doit être effectuée avec grand soin. Plus l'argile et le silt seront finement désagrégés, plus la terre sera homogène et dans le cas d'une stabilisation, plus l'action du stabilisant sera efficace. L'opération peut être difficile car l'argile présente une forte cohésion. Les éléments fins ne doivent pas se trouver trop concentrés dans des agglomérats dont la grosseur n'excédera pas 10 mm. La présence de 50 % en poids d'agglomérats de fines de grosseur ≥ 5 mm peut réduire la résistance à la compression de moitié. Certaines terres après désagrégation nécessitent quand même un criblage.

2.3.2.3 Malaxage du mélange

L'homogénéité du matériau est conditionnée par la qualité du malaxage. Il importe de disposer d'une terre sèche pour réunir les meilleures conditions de malaxage.

Dans les régions humides, cela peut nécessiter un séchage préalable de la terre. Une trituration peut accélérer le séchage et aider au brisage des mottes. L'eau nécessaire au mélange ne sera ajoutée en pluie ou pulvérisation qu'en fin de malaxage, après une phase nécessaire de malaxage à sec.

Elle sera ajoutée progressivement jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène à la teneur en eau optimale qui aura été déterminée préalablement par essais.

Le malaxage avec un additif se fera à sec sauf cas particulier de produits nécessitant un malaxage humide. Le malaxage sera poursuivi jusqu'à obtention d'un mélange homogène.

Le temps nécessaire pour le malaxage manuel ou mécanisé est déterminé par la durée indispensable pour l'obtention de la parfaite homogénéité du mélange que l'on peut juger à l'unité de sa teinte, aucune traînée ne devant apparaître.

2.3.3 Fabrication des BTC

2.3.3.1 Temps de retenue du mélange

Dans le cas d'un malaxage avec un apport de ciment, le mélange sera utilisé dans la demi-heure qui suit le début de la phase de malaxage humide.

Dans le cas d'un malaxage avec un apport de chaux aérienne, le mélange peut être utilisé après plusieurs heures.

On prendra les précautions nécessaires pour éviter l'évaporation de l'eau du mélange afin de maintenir la teneur en eau optimale du mélange à la valeur souhaitée.

2.3.3.2 Compression des BTC

Le mélange sera comprimé à une teneur en eau contrôlée, proche de la teneur en eau optimale. Un écart de 2 % de teneur en eau, en plus ou en moins, réduira très sensiblement la qualité des BTC. Plus la pression, lors de la compression sera élevée, plus l'écart par rapport à la teneur en eau optimale sera néfaste à la qualité des BTC.

La compression s'effectuera après remplissage d'un volume optimum de mélange dans le moule. La pression sera maintenue au moins une seconde en fin de compression. Les recommandations particulières du fabricant de la presse seront suivies pour obtenir le meilleur niveau de compression, en fin de compression.

2.3.3.3 Cure des BTC

La conduite de la cure devra être adaptée d'une part aux conditions hygrométriques locales et d'autre part à la nature des BTC (non stabilisés ou stabilisés).

Les conditions de séchage et de cure seront déterminées en fonction des valeurs d'évaporation constatées localement durant la période considérée. L'évaporation varie en fonction d'une relation entre la température, l'humidité, et la vitesse de l'air. Sauf en situation d'air saturé, on limitera les mouvements d'air. Plus la température ambiante sera élevée, plus on veillera à maintenir un haut degré d'humidité relative de l'air durant au moins une semaine après le démoulage. Dans le cas d'une température ambiante faible, on veillera à limiter les pertes de chaleurs.

Dans le cas d'une stabilisation au ciment, 14 jours de cure sont absolument indispensables, 28 jours sont recommandés.

Dans le cas d'une stabilisation à la chaux, 30 jours de cure sont absolument indispensables et 90 jours sont recommandés.

Les BTC stabilisés au ciment et à la chaux doivent être maintenus en ambiance humide, protégés de l'action néfaste du soleil et en prenant garde au vent : risque de dessèchement trop rapide en surface pouvant provoquer la formation de fissures de retrait. Les BTC stabilisés seront stockés en configuration compacte, humidifiés par aspersion ou recouverts d'une feuille de plastique qui maintient une élévation bénéfique des températures tout en donnant une humidité relative proche des 100 %.

3 Conduite du contrôle

3.1 Matières premières

3.1.1 Terre

Voir «Conditions de réception des fournitures de terre».

3.1.2 Adjuvant de stabilisation

1) Procédure

- pour les ciments, essais sur éprouvettes de mortier normalisé ;
- pour la chaux, essais de composition chimique.

2) Périodicité

- chaque livraison.

3.1.3 Eau

1) Procédure

- dans le cas d'une fabrication avec stabilisation avec un adjuvant à action physico-chimique (ciment portland, chaux), analyse de la teneur en sels et du pH.

2) Périodicité

- une fois en période de rodage, puis annuellement.

3.2 Préparation de la terre

1) Procédure

- criblage humide de la terre préparée et calcul du pourcentage en poids de grains d'un diamètre entre 5 et 10 mm et supérieur à 10 mm.

2) Périodicité

- hebdomadaire en période de démarrage, plus espacée lorsque la production est établie.

3.3 Malaxage

3.3.1 Dosage en terre et en additif

1) Procédure

- pesée et mesure volumétrique directe ou calcul de consommation périodique (ex : nombre de sacs de stabilisant consommés/ nombre de blocs produits).

2) Périodicité

- fréquente et à l'improviste.

3.3.2 Mélange

1) Procédure

- examen visuel de l'homogénéité du mélange ;
- chronométrage du temps moyen de malaxage ;
- mesure de la teneur en eau avant utilisation par séchage rapide et pesée, ou mesure à l'humidimètre, ou par l'essai de la boulette.

2) Périodicité

- hebdomadaire ou plus.

3.4 Délai d'attente avant utilisation

1) Procédure

- chronométrage du temps moyen d'attente.

2) Périodicité

- hebdomadaire ou plus.

3.5 Compression

3.5.1 Densité

1) Procédure

- pesée du bloc humide ;
- résistance au pénétromètre ;
- examen visuel.

2) Périodicité

- journalier.

3.5.2 Géométrie

1) Procédure

- mesure des dimensions et vérification de la géométrie des blocs.

2) Périodicité

- hebdomadaire.

3.6 Cure

1) Procédure

- examen visuel (fissures de retrait, dessèchement de surface) ;
- mesure de la température et de humidité de l'atmosphère autour des blocs ;
- pesée des blocs.

2) Périodicité

- hebdomadaire.

4 Conditions de réception des fournitures de terre

4.1 Généralités

4.1.1 Types de réceptions

On distingue deux types de réceptions :

— la réception simple, qui porte uniquement sur l'examen comparatif de l'aspect, la sédimentométrie simplifiée (test de la bouteille) et l'équivalent de sable de la terre fourni par rapport aux valeurs enregistrées sur la terre de référence choisi lors de la commande ;

— la réception complète, qui porte sur la mesure de la texture et de la plasticité et la présence de matières organiques et de sulfates avec les valeurs de l'échantillon de terre référence.

4.1.2 Choix du type de réception

L'acquéreur est libre du type de réception.

Si l'acquéreur désire qu'il soit procédé à une réception complète, il est préférable qu'il en informe par écrit le fournisseur sur la lettre de commande.

L'exécution des essais de laboratoire destinés à vérifier la conformité des produits aux valeurs de référence, nécessite normalement un délai minimal de deux semaines.

4.1.3 Date et lieu des réceptions

La réception est effectuée au moment de la prise en charge des produits par l'acquéreur, c'est à dire soit chez le fournisseur, soit sur le lieu de livraison.

Si elle est effectuée chez le fournisseur, la date en est fixée d'un commun accord. L'acquéreur y est présent ou représenté.

Si elle est effectuée sur le lieu de livraison, la date en est indiquée au fournisseur qui a le droit d'assister aux opérations de réception ou de s'y faire représenter et de se faire assister.

Sauf convention expresse, la réception ne peut être effectuée sur le lieu de livraison que si le transport est à la charge du fournisseur.

4.2 Réception sur chantier

Aussitôt après déchargement de la terre et avant toute manutention ultérieure dans la briqueterie, l'acquéreur procède à un examen d'ensemble de l'aspect de la terre.

Si cet examen montre que la terre livrée n'est pas de nature homogène, il peut être procédé contradictoirement, à la charge du fournisseur, à un tri en vue de séparer la terre à priori recevable du reste de la livraison.

Si la terre est de nature homogène, il est procédé, si l'acquéreur le demande, aux opérations de réceptions proprement dites.

4.3 Réception simple

4.3.1 Prélèvements

Sur chaque livraison, prélever au hasard et en profondeur quatre seaux de terre en quatre point de la base du tas et deux seaux en partie haute du tas.

Après les avoir soumis à l'examen d'aspect de sédimentométrie simplifié, d'équivalent de sable, réintroduire ces produits dans la livraison.

4.3.2 Conditions d'acceptation

Si le résultat de l'examen donne des valeurs correspondantes aux valeurs de référence, la livraison est acceptée.

4.4 Réception complète

4.4.1 Examen d'aspect

La réception complète comporte, en premier lieu, l'examen d'aspect tel qu'il est défini ci-dessus.

Les opérations de réception complète sont poursuivies de la manière décrite ci-dessous.

4.4.2 Prélèvements dans les lots

4.4.2.1 Livraisons inférieures ou égales à 7 tonnes ou 5 m³

Aucun prélèvement n'est effectué si la livraison est d'un poids inférieur ou égal à 7 tonnes ou un volume de 5 m³. Par conséquent, un examen visuel est suffisant.

4.4.2.2 Livraisons supérieures à 7 tonnes ou 5 m³

Répartir la livraison en lots de 7 tonnes ou 5 m³ au plus.

4.4.2.3 Cas particulier d'une fourniture effectuée sur plusieurs chantiers

Lorsque la réception est effectuée chez le fournisseur, diviser l'ensemble de la fourniture en lots de 21 tonnes ou 15 m³ au plus.

Lorsque la réception est effectuée sur chantier où elle est commune à divers chantiers, le chantier de référence est choisi par l'entrepreneur, qui en informe le fournisseur par écrit.

4.4.2.4 Prélèvement

Le prélèvement se fera sur la base d'un échantillonnage dont la procédure est définie par les normes d'essais.

4.4.3 Conditions d'acceptation

Si, pour chacun des essais effectués, les résultats sont conformes aux valeurs référence, la livraison est acceptée.

Dans le cas contraire, il peut être procédé à une contre-expertise pour l'essai n'ayant pas donné satisfaction.

Si le résultats de la contre-expertise est encore défavorable, la livraison peut être refusée. Si le résultat est favorable, la livraison entière est acceptée.

4.4.4 Choix du laboratoire

Les essais sont effectués sur chantier, en atelier ou dans un laboratoire choisi d'un commun accord par le fournisseur et par l'acquéreur.

4.4.5 Frais de réception

Les frais de réception sont à la charge de l'acquéreur si les conditions d'acceptation sont satisfaisantes et à la charge du fournisseur dans le cas contraire.

4.5 Cas particulier

Les dispositions qui précèdent ne font pas obstacle à ce que, d'un commun accord, l'acquéreur et le fournisseur procèdent à des contrôles partiels, ne portant que sur certaines valeurs de référence.

5 Conditions de réception des fournitures de BTC

5.1 Généralités

5.1.1 Types de réceptions

On distingue deux types de réceptions :

- La réception simple, qui porte uniquement sur l'examen des dimensions et de l'aspect tel que définis dans les normes et la mesure de la masse volumique apparente.
- La réception complète, qui porte sur toutes les spécifications décrites par la norme.

5.1.2 Choix du type de réception

L'acquéreur est libre du type de réception.

Si l'acquéreur désire qu'il soit procédé à une réception complète, il est préférable qu'il en informe par écrit le fournisseur sur la lettre de commande.

En cas de fourniture par un négociant, les conditions de réception ne valent que pour des lots homogènes provenant d'une même briqueterie.

5.1.3 Date et lieu des réceptions

La réception est effectuée au moment de la prise en charge des produits par l'acquéreur, c'est-à-dire soit chez le fournisseur, soit sur le lieu de livraison.

Si elle est effectuée chez le fournisseur, la date en est fixée d'un commun accord. L'acquéreur y est présent ou représenté.

Si elle est effectuée sur le lieu de livraison, la date en est indiquée au fournisseur qui a le droit d'assister aux opérations de réception ou de s'y faire représenter et de se faire assister.

Sauf convention expresse, la réception ne peut être effectuée sur le lieu de livraison que si le transport est à la charge du fournisseur.

5.2 Réception sur chantier

Aussitôt après déchargement des BTC et avant toute manutention ultérieure sur le chantier, l'acquéreur procède à un examen d'ensemble de l'aspect des BTC.

Si cet examen montre que le nombre des produits non conformes aux spécifications de dimensions, d'aspect ou de masse volumique apparente paraît dépasser 10 %, il peut être procédé contradictoirement, à la charge du fournisseur, à un tri en vue de séparer les produits supposés conformes du reste de la livraison.

Si le nombre de BTC présentant des défauts paraît inférieur au pourcentage ainsi défini, ou lorsque les produits ont été triés, il est procédé, si l'acquéreur le demande, aux opérations de réceptions proprement dites.

5.3 Réception simple

5.3.1 Prélèvements

Sur chaque livraison, prélever au hasard 1 BTC sur 300, sans que le nombre de BTC prélevés puisse être inférieur à 20.

Après les avoir soumis à l'examen dimensionnel, d'aspect et de pesée, réintroduire ces produits dans la livraison.

5.3.2 Conditions d'acceptation

Si le résultat de l'examen satisfait aux spécifications telles que définies dans les normes, la livraison est acceptée.

5.4 Réception complète

5.4.1 Examen dimensionnel, d'aspect et de masse volumique sèche

La réception complète comporte, en premier lieu, l'examen dimensionnel d'aspect et de pesée tel qu'il est défini par les normes.

Les opérations de réception complète sont poursuivies de la manière décrite ci-dessous.

5.4.2 Prélèvements dans les lots

5.4.2.1 Livraisons inférieures ou égales à 7 tonnes ou 4 m³

Aucun prélèvement n'est effectué si la livraison est d'un volume inférieur ou égal à 7 tonnes ou un volume de 4 m³. Par conséquent, un examen visuel est suffisant.

5.4.2.2 Livraisons supérieures à 7 tonnes ou 4 m³

Répartir la livraison en lots de 21 tonnes au plus, ou 12 m³.

5.4.2.3 Cas particulier d'une fourniture effectuée sur plusieurs chantiers

Lorsque la réception est effectuée chez le fournisseur, diviser l'ensemble de la fourniture en lots de 21 tonnes au plus, ou 12 m³.

Lorsque la réception est effectuée sur chantier où elle est commune à divers chantiers, le chantier de référence est choisi par l'entrepreneur, qui en informe le fournisseur par écrit.

5.4.2.4 Premier lot

Prélever au hasard 20 blocs au minimum destinés à l'exécution des essais prévus dans les normes.

5.4.2.5 Lots suivants

Prélever 6 BTC supplémentaires au minimum par lot de 21 tonnes ou 12 m³, ou fraction de lot supérieur à 7 tonnes de blocs ou 4 m³.

Utiliser la moitié de ces BTC pour l'essai de résistance à la compression. L'autre moitié sera utilisée pour d'autres essais qui seront convenus de commun accord.

5.4.3 Conditions d'acceptation

Si, pour chacun des essais effectués, les résultats sont conformes aux spécifications de la commande, la livraison est acceptée.

Dans le cas contraire, il peut être procédé à une contre-épreuve pour l'essai n'ayant pas donné satisfaction.

Si le résultat de la contre-épreuve est encore défavorable, la livraison peut être refusée. Si le résultat est favorable, la livraison entière est acceptée.

5.4.4 Choix du laboratoire

Les essais sont effectués sur chantier, en atelier ou dans un laboratoire choisi d'un commun accord par le fournisseur et par l'acquéreur.

5.4.5 Frais de réception

Les frais de réception sont à la charge de l'acquéreur si les conditions d'acceptation sont satisfaisantes et à la charge du fournisseur dans le cas contraire.

5.5 Cas particulier

Les dispositions qui précèdent ne font pas obstacle à ce que, d'un commun accord, l'acquéreur et le fournisseur procèdent à des contrôles partiels, ne portant que sur certaines spécifications de la norme.

6 Annexe

Il est recommandé de consulter le document technique suivant :

— Blocs de terre comprimée. Vol. I. Manuel de production. CRATerre-EAG : Rigassi V., Aus der Arbeit von GATE. Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, Allemagne, 1995.

ARS 681 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Code de bonne pratique pour la préparation des mortiers de terre

1 Généralités

1.1 Objet

Ce code de bonne pratique décrit les règles de l'art concernant la fabrication de mortier de terre (MT), telles qu'elles sont connues dans l'état actuel de la technique.

1.2 Domaine d'application

Les règles décrites dans le présent code sont applicables dans toutes les entreprises de construction opérant dans le cadre de marchés publics et de marchés privés.

La norme n'est pas applicable dans des zones soumises à des tremblements de terre, des inondations et des cyclones d'un niveau qui demande l'application de règles appropriées afin d'éviter des dégâts majeurs.

2 Code de bonne pratique

2.1 Recommandations pour le choix de la terre

Le choix de la terre peut se faire sur le terrain d'après des paramètres qui sont le fruit de l'expérience acquise par la pratique opérationnelle. En cas de doute, des essais d'identification seront menés en laboratoire.

2.1.1 Granularité

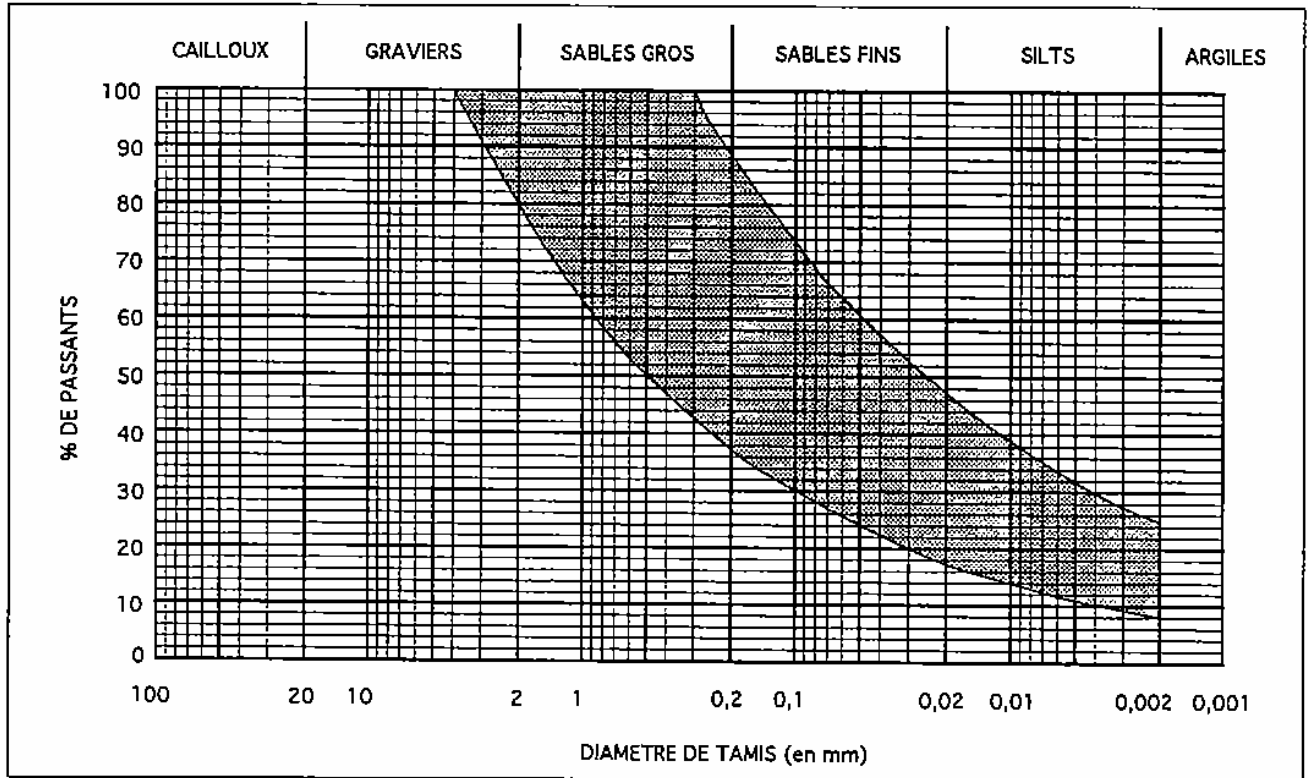
La granularité de la terre sera de préférence inscrite dans le fuseau du diagramme de texture qui suit et dont elle épousera l'allure générale.

Les limites du fuseau recommandé sont approximatives.

Les terres dont la texture est inscrite dans le fuseau recommandé donnent dans la plupart des cas des résultats satisfaisants.

Les terres dont la texture n'est pas inscrite dans le fuseau peuvent quand même donner des résultats acceptables, mais il est recommandé de les soumettre à un ensemble d'essais permettant de vérifier leur convenance.

Figure 1 — Diagramme de granularité



2.1.2 Plasticité

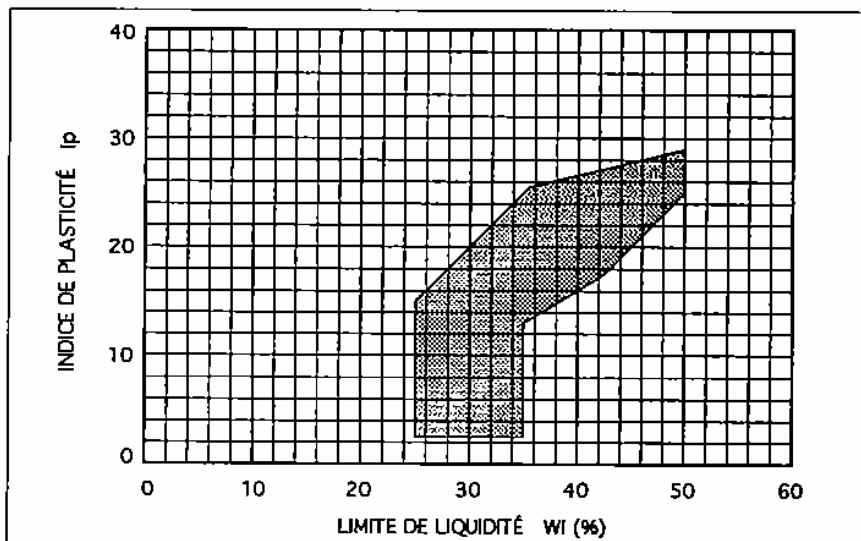
La plasticité de la terre sera de préférence inscrite dans le fuseau du diagramme de plasticité qui suit.

Les limites du fuseau recommandé sont approximatives.

Les terres dont la plasticité est inscrite dans le fuseau recommandé donnent dans la plupart des cas des résultats satisfaisants.

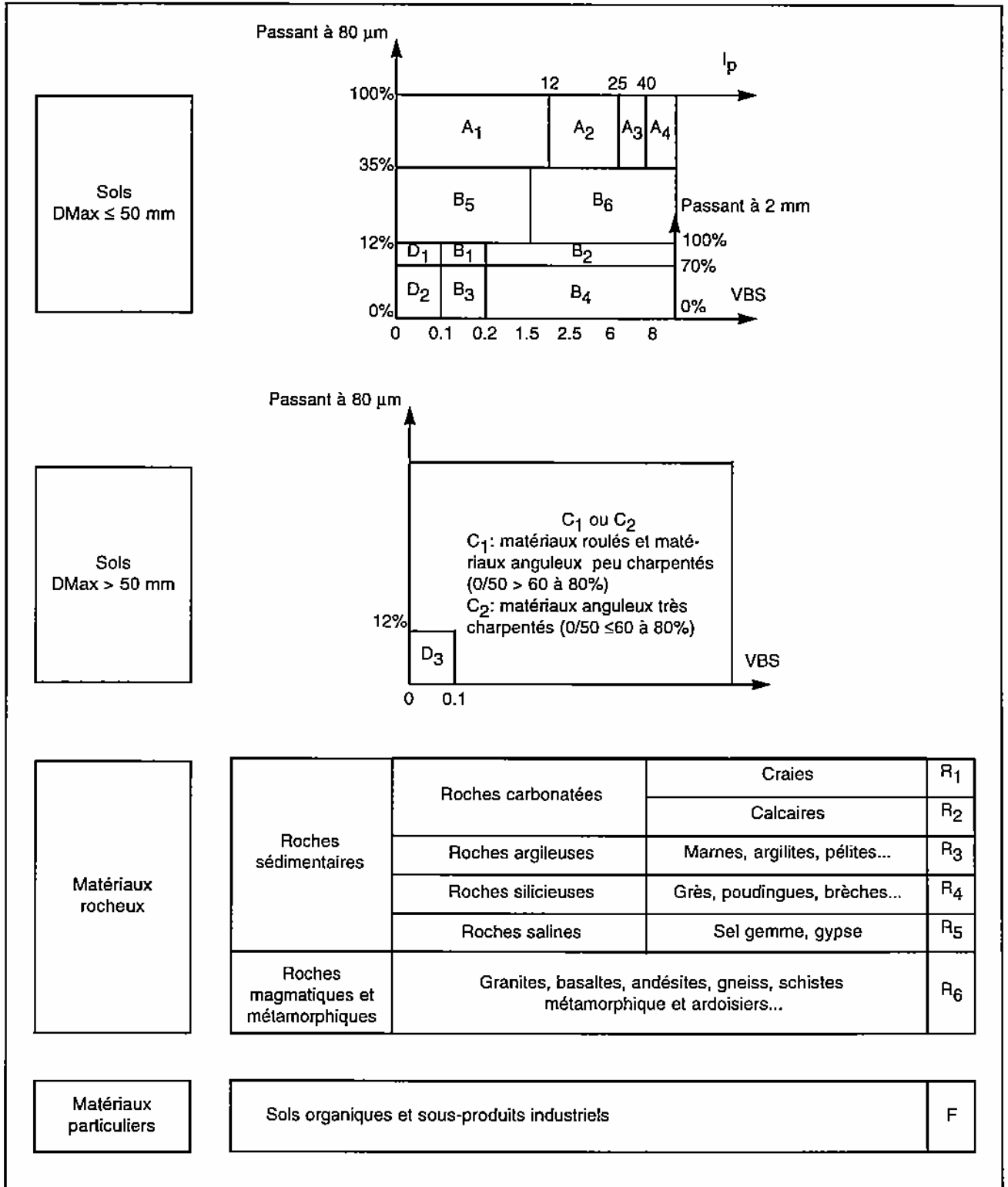
Les terres dont la plasticité n'est pas inscrite dans le fuseau peuvent quand même donner des résultats acceptables, mais il est recommandé de les soumettre à un ensemble d'essais permettant de vérifier leur convenance.

Figure 2 — Diagramme de plasticité



2.1.3 Nature

Tableau 1 — Classification des matériaux selon leur nature



La nature des terres est déterminée par la combinaison de valeurs issues des essais de granulométrie, plasticité et valeur de bleu de méthylène. La convenance générale des terres est comme suit :

- A1 : matériau acceptable mais ayant un peu trop de fines.
- A2 : matériau acceptable mais ayant trop de fines.
- A3 : matériau acceptable mais demandant une attention particulière car relativement actif.
- A4 : matériau délicat à utiliser car très actif.
- B1 : matériau sableux demandant un rajout de fines pour être acceptable.
- B2 : matériau acceptable ayant un léger déficit de fines.
- B3 : matériau sableux demandant un rajout considérable de fines pour être acceptable.
- B4 : matériau acceptable ayant un déficit de fines.
- B5 : matériau acceptable mais manquant un peu de fines.
- B6 : matériau acceptable mais manquant un peu de fines.
- C1 : matériau trop graveleux, doit être criblé pour changer sa nature.
- C2 : matériau trop graveleux, doit être criblé pour changer sa nature.
- D1 : matériau sableux demandant un rajout de fines pour être acceptable.
- D2 : matériaux sableux demandant un rajout considérable de fines pour être acceptable.
- D3 : matériau graveleux demandant un criblage pour changer sa nature et un rajout considérable de fines pour être acceptable.
- R : matériaux qui ne conviennent pas.
- F : matériaux qui demandent des essais d'identification poussés notamment en ce qui concerne leur analyse chimique et les essais mécaniques avant de pouvoir déterminer leur convenance. Des essais sur des BTC issus d'une préproduction sont à envisager.

2.2 Recommandations pour l'utilisation d'adjuvants de stabilisation

2.2.1 Précautions à prendre en cas de stabilisation par apport d'un adjuvant physico-chimique

La présence de certains sels ou de matières organiques peut influencer l'efficacité d'une stabilisation par apport d'un adjuvant; il faut donc dans ce cas procéder à quelques analyses chimiques pour déterminer la présence, la valeur, la concentration des éléments suivants :

- pH ;
- sels solubles ;
- sels acides ;
- sels alcalins ;
- matières organiques ou humus ;

- carbonates ;
- sulfates ;
- chlorures.

2.2.2 Stabilisation au ciment

2.2.2.1 Efficacité et dosage

Le mortier de terre étant mis en oeuvre à l'état plastique, il faut parfois jusqu'à 50 % de ciment en plus pour obtenir une même efficacité que pour une mise en oeuvre de la même terre par compression à l'état humide pour la fabrication de BTC.

L'efficacité des dosages dépend de la texture et de la structure de la terre et du mode de mise en oeuvre. 6 à 12 % du poids de la terre sèche donnent en général de bons résultats. La résistance en compression reste très dépendante du dosage.

Les dosages indiqués sont relatifs au poids sec et sont déterminés dans des conditions de laboratoire. Les mesures de contrôle en atelier ou sur chantier devront tenir compte des conditions hygrométriques spécifiques existantes localement.

2.2.2.2 Paramètres d'efficacité

1) Terres

Presque toutes les terres sont stabilisables au ciment. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des terres sableuses.

2) Matières organiques

Elles sont reconnues comme nocives et en règle générale, une teneur en matières organiques supérieure à 1 % constitue un risque et il ne faut pas utiliser une terre en contenant plus de 2 %.

3) Sulfates

A l'état sec, les sulphates de calcium que l'on rencontre fréquemment, sont moins néfastes que les sulphates de magnésium. A l'état humide, les sulphates sont toujours très néfastes. Les sulphates détruisent la matrice durcie du liant hydraulique et augmentent la sensibilité à l'humidité des argiles. Une étude spécifique pour les terres contenant plus de 2 à 3 % de teneur totale de sulphates est indispensable.

4) Oxydes et hydroxydes métalliques

Il s'agit essentiellement des oxydes de fer et des oxydes d'aluminium dont la présence dans les terres dépasse rarement les 5 % et qui n'ont alors que peu d'effet. Dans les terres avec des teneurs supérieures à 5 %, on a pu constater une très bonne efficacité de la stabilisation avec peu de ciment.

5) Eau

On rejettera en principe les eaux chargées en matières organiques et les eaux salées : risques d'efflorescences. Les eaux riches en sulfates peuvent être défavorables.

2.2.2.3 Type de ciment

Les ciments Portland ou de classe analogue conviennent très bien. Les ciments composés peuvent également être utilisés. Toutefois des essais de convenance doivent être faits pour justifier leur emploi. Il n'est pas utile d'employer des ciments à haute résistance qui n'apportent pas d'amélioration particulière et qui coûtent plus cher.

2.2.2.4 Additifs

Certains produits, ajoutés en petites quantités à la terre-ciment pendant le malaxage, peuvent en améliorer certaines propriétés.

1) Réduire la sensibilité aux matières organiques

La chaux éteinte, à raison de 2 % peut réduire l'influence néfaste des matières organiques, tout comme le chlorure de calcium (0,3 à 2 %) qui, en outre, accélère la prise du ciment.

2) Altérer la plasticité

La chaux peut servir à modifier la plasticité de la terre et à limiter la formation de nodules.

3) Hydrofuger la terre

Les bitumes, en émulsion ou en cut-back, à raison de 2 à 4 %, permettent une imperméabilisation des mortiers.

2.2.3 Stabilisation à la chaux

2.2.3.1 Types de chaux

1) Chaux aériennes

Elles sont produites par cuisson de calcaire très purs et constituent les principales chaux utilisables en stabilisation.

— *Chaux vive (CaO)* : directement produite par la cuisson de la pierre à chaux. Les conditions délicates de stockage et de manutention peuvent limiter son emploi. La chaux vive est très avide d'eau et doit être abritée de l'humidité. C'est un matériau agressif à manipuler avec grande précaution : forte chaleur en phase d'hydratation (jusqu'à 150° C). A poids égal, elle est plus efficace que la chaux éteinte car elle apporte plus d'ions de calcium. Dans les sols humides, elle pourra absorber l'eau nécessaire à son hydratation.

— *Chaux éteinte (CaOH)₂* : elle est obtenue par hydratation de la chaux vive. Utilisée en stabilisation, elle ne présente pas les inconvénients de stockage et manutention de la chaux vive. Les chaux aériennes éteintes ne doivent pas être broyées trop finement pour être efficaces. Celles de qualité industrielle contiennent 90 à 99 % de "chaux active" alors que celles de qualité artisanale peuvent n'en contenir que 70 à 75 % avec le reste en inertes non cuits ou trop cuits. Les dosages de stabilisation doivent être adaptés en conséquence.

2) Chaux hydrauliques

Elles se rapprochent des ciments. Leur emploi n'est envisageable que si l'on ne dispose pas d'autres qualités de chaux. Les chaux hydrauliques naturelles sont plus efficaces en stabilisation. Les chaux hydrauliques artificielles ne sont pas recommandées.

3) Chaux agricoles

Elles sont utilisées pour l'amendement des terres agricoles et n'ont généralement aucun effet stabilisant.

4) Chaux dolomitiques

Ces chaux conviennent pour la stabilisation mais leur prise est excessivement lente.

2.2.3.2 Efficacité et dosage

Pour un ajout à la terre de 1 % de chaux vive, la réaction exothermique d'hydratation assèche la terre en évacuant environ 0,5 à 1 % d'eau.

2 à 3 % de chaux vive ajoutée provoquent immédiatement une diminution de la plasticité de la terre et un brisage des mottes ; cette réaction est appelée point de fixation de la chaux. Pour des stabilisations ordinaires à la chaux éteinte, on pratique en général des dosages de 4 à 12 % équivalents à ceux pratiqués avec le ciment, mais on notera que pour la chaux, il existe une quantité optimale pour chaque terre.

Les dosages indiqués sont relatifs au poids sec et sont déterminés dans des conditions de laboratoire. Les mesures de contrôle en atelier ou sur chantier devront tenir compte des conditions hygrométriques spécifiques existantes localement.

2.2.3.3 Paramètres d'efficacité

1) Terres

Elles doivent contenir une fraction argileuse non négligeable. Les résultats varient selon la nature des minéraux argileux et sont bons avec ceux riches en silicate d'alumine, en silice, en hydroxyde de fer. Les pouzzolanes naturelles réagissent vite et bien avec la chaux.

2) Matières organiques

Elles peuvent bloquer les échanges ioniques dans les terres argileuses sans pour autant bloquer la réaction pouzzolanique.

Des terres en contenant jusqu'à 20 % peuvent être stabilisées à la chaux mais avec soin.

3) Sulfates

A l'état sec, les sulphates de calcium que l'on rencontre fréquemment, sont moins néfastes que les sulphates de magnésium. A l'état humide, les sulphates sont toujours très néfastes. Les sulphates détruisent la matrice durcie du liant hydraulique et augmentent la sensibilité à l'humidité des argiles. Une étude spécifique pour les terres contenant plus de 2 à 3 % de teneur totale de sulphates est indispensable.

2.2.3.4 Additifs

Certains additifs mêlés à la chaux peuvent avoir des effets spéciaux.

1) Augmenter la résistance à la compression :

- ciment Portland ou ciment composé avec un dosage variable qui peut aller jusqu'à 100 % du dosage en chaux.

2) Hydrofuger la terre traitée :

- produits bitumineux ;
- autres hydrofuges.

2.2.4 Stabilisation avec des produits commerciaux

L'utilisation de produits commerciaux autres que le ciment et la chaux pour la stabilisation de la terre en vue de la fabrication de mortier de terre devra faire l'objet d'un examen préalable de l'efficacité réelle du produit par un laboratoire d'essai agréé.

2.3 Recommandations pour les paramètres de fabrication

Une mauvaise exécution d'une des étapes de fabrication réduira considérablement la qualité des MT.

2.3.1 Stockage des matières premières

2.3.1.1 Stockage de la terre

La terre ayant fait l'objet d'une réception devra être stockée de manière à éviter toute pollution par une autre terre ou tout autre matériau. De plus, la terre devra être protégée d'une humidification accidentelle.

2.3.1.2 Stockage des additifs

Le stockage des additifs devra être organisé pour protéger ceux-ci des intempéries et pour garantir une rotation rapide entre la réception et l'utilisation.

2.3.2 Préparation du mélange

En fin de préparation la terre doit être aussi sèche que possible (teneur en eau $\leq 5\%$). Aucun des grains ou particules ne devra avoir un diamètre supérieur à 4 mm et de préférence pas supérieur à 2 mm.

Si à l'issue de la phase de préparation, la terre se situe en dehors des zones recommandées de texture et de plasticité, elle devra être corrigée par l'apport d'un dégraissant jusqu'à revenir dans les zones recommandées. Si même après correction, le mélange est encore hors des zones recommandées, il faudra rechercher une autre terre ou obtenir l'examen particulier de l'aptitude de ce mélange par un laboratoire agréé.

2.3.2.1 Criblage de la terre

Cette opération vise à éliminer tous les composants ayant un diamètre supérieur à celui désiré. Toutefois ces composants peuvent être constitués par des agrégats ou des agglomérats composés de fines qui seront indifféremment éliminées alors qu'elles sont nécessaires pour assurer la cohésion du produit fini. Il est donc préférable de décomposer ces agglomérats par une opération de désagrégation.

2.3.2.2 Désagrégation de la terre

Cette opération est importante et doit être effectuée avec grand soin. Plus l'argile et le silt seront finement désagrégés, plus la terre sera homogène et dans le cas d'une stabilisation, plus l'action du stabilisant sera efficace. L'opération peut être difficile car l'argile présente une forte cohésion. Les éléments fins ne doivent pas se trouver trop concentrés dans des agglomérats dont la grosseur n'excédera pas 4 mm. La présence de 50 % en poids d'agglomérats de fines de grosseur ≥ 4 mm peut réduire la résistance à la compression de moitié. Certaines terres après désagrégation nécessitent quand même un criblage.

2.3.2.3 Malaxage du mélange

L'homogénéité du matériau est conditionnée par la qualité du malaxage. Il importe de disposer d'une terre sèche pour réunir les meilleures conditions de malaxage.

Dans les régions humides, cela peut nécessiter un séchage préalable de la terre. Une trituration peut accélérer le séchage et aider au brisage des mottes. L'eau nécessaire au mélange ne sera ajoutée en pluie ou pulvérisation qu'en fin de malaxage, après une phase nécessaire de malaxage à sec.

Elle sera ajoutée progressivement jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène et onctueux.

Le malaxage avec un additif se fera à sec sauf cas particulier de produits nécessitant un malaxage humide. Le malaxage sera poursuivi jusqu'à obtention d'un mélange homogène.

Le temps nécessaire pour le malaxage manuel ou mécanisé est déterminé par la durée indispensable pour l'obtention de la parfaite homogénéité du mélange que l'on peut juger à l'unité de sa teinte, aucune traînée ne devant apparaître.

2.3.3 Utilisation du MT

2.3.3.1 Temps de retenue du mélange

Le mortier de terre sera plastique et onctueux et doit tenir sur la truelle. Les mortiers de terre liquides sont à écarter.

On prendra les précautions nécessaires pour éviter l'évaporation de l'eau du MT afin de maintenir la plasticité et l'onctuosité au niveau souhaité.

Dans le cas d'un malaxage avec un apport de ciment, le MT sera utilisé dans la demi-heure qui suit le début de la phase de malaxage humide.

Dans le cas d'un malaxage avec un apport de chaux aérienne, le MT peut être utilisé après plusieurs heures.

On prendra les précautions nécessaires pour éviter l'évaporation de l'eau du mélange afin de maintenir la teneur en eau à la valeur requise.

3 Conduite du contrôle

3.1 Matières premières

3.1.1 Terre

Voir «Conditions de réception des fournitures de terre».

3.1.2 Additif de stabilisation

1) Procédure

- pour les ciments, essais sur éprouvettes de mortier normalisé ;
- pour les chaux, composition chimique des chaux.

2) Périodicité

- chaque livraison.

3.1.3 Eau

1) Procédure

- dans le cas d'une fabrication avec stabilisation avec un adjuvant à action physico-chimique (ciment portland, chaux), analyse de la teneur en sels et du pH.

2) Périodicité

- une fois en période de rodage, puis annuellement.

3.2 Préparation de la terre

1) Procédure

- criblage humide de la terre préparée et calcul du pourcentage en poids de grains d'un diamètre supérieur à 4 mm.

2) Périodicité

- hebdomadaire en période de démarrage, plus espacée lorsque la production est établie.

3.3 Malaxage

3.3.1 Dosage en terre et en additif

1) Procédure

- pesée et mesure volumétrique directe ou calcul de consommation périodique (ex : nombre de sacs de stabilisant consommés/ nombre de mélanges produits).

2) Périodicité

- fréquente et à l'improviste.

3.3.2 Mélange

1) Procédure

- examen visuel de l'homogénéité du mélange et de sa plasticité ;
- chronométrage du temps moyen de malaxage.

2) Périodicité

- hebdomadaire ou plus.

3.4 Délai d'attente avant utilisation

1) Procédure

- chronométrage du temps moyen d'attente.

2) Périodicité

- hebdomadaire ou plus.

3.5 Cure

1) Procédure

- examen visuel (fissures de retrait, dessèchement de surface).

4 Conditions de réception des fournitures de terre

4.1 Généralités

4.1.1 Types de réceptions

On distingue deux types de réceptions :

- la réception simple, qui porte uniquement sur l'examen comparatif de l'aspect, la sédimentométrie simplifiée et l'équivalent de sable de la terre fourni par rapport aux valeurs enregistrées sur la terre de référence choisi lors de la commande ;
- la réception complète, qui porte sur la mesure de la texture et de la plasticité et la présence de matières organiques et de sulphates avec les valeurs de l'échantillon de terre référence.

4.1.2 Choix du type de réception

L'acquéreur est libre du type de réception.

Si l'acquéreur désire qu'il soit procédé à une réception complète, il est préférable qu'il en informe par écrit le fournisseur sur la lettre de commande.

L'exécution des essais de laboratoire destinés à vérifier la conformité des produits aux valeurs de référence, nécessite normalement un délai minimal de

deux semaines.

4.1.3 Date et lieu des réceptions

La réception est effectuée au moment de la prise en charge des produits par l'acquéreur, c'est à dire soit chez le fournisseur, soit sur le lieu de livraison.

Si elle est effectuée chez le fournisseur, la date en est fixée d'un commun accord. L'acquéreur y est présent ou représenté.

Si elle est effectuée sur le lieu de livraison, la date en est indiquée au fournisseur qui a le droit d'assister aux opérations de réception ou de s'y faire représenter et de se faire assister.

Sauf convention expresse, la réception ne peut être effectuée sur le lieu de livraison que si le transport est à la charge du fournisseur.

4.2 Réception sur chantier

Aussitôt après déchargement de la terre et avant toute manutention ultérieure dans la briqueterie, l'acquéreur procède à un examen d'ensemble de l'aspect de la terre.

Si cet examen montre que la terre livrée n'est pas de nature homogène, il peut être procédé contradictoirement, à la charge du fournisseur, à un tri en vue de séparer la terre à priori recevable du reste de la livraison.

Si la terre est de nature homogène, il est procédé, si l'acquéreur le demande, aux opérations de réceptions proprement dites.

4.3 Réception simple

4.3.1 Prélèvements

Sur chaque livraison, prélever au hasard et en profondeur quatre seaux de terre en quatre point de la base du tas et deux seaux en partie haute du tas.

Après les avoir soumis à l'examen d'aspect de sédimentométrie simplifié, d'équivalent de sable, réintroduire ces produits dans la livraison.

4.3.2 Conditions d'acceptation

Si le résultat de l'examen donne des valeurs correspondantes aux valeurs de référence, la livraison est acceptée.

4.4 Réception complète

4.4.1 Examen d'aspect

La réception complète comporte, en premier lieu, l'examen d'aspect tel qu'il est défini ci-dessus.

Les opérations de réception complète sont poursuivies de la manière décrite ci-dessous.

4.4.2 Prélèvements dans les lots

4.4.2.1 Livraisons inférieures ou égales à 7 tonnes ou 5 m³

Aucun prélèvement n'est effectué si la livraison est d'un poids inférieur ou égal

à 7 tonnes ou un volume de 5 m³.
Par conséquent, un examen visuel est suffisant.

4.4.2.2 Livraisons supérieures à 7 tonnes ou 5 m³

Répartir la livraison en lots de 7 tonnes ou 5 m³ au plus.

4.4.2.3 Cas particulier d'une fourniture effectuée sur plusieurs chantiers

Lorsque la réception est effectuée chez le fournisseur, diviser l'ensemble de la fourniture en lots de 21 tonnes ou 15 m³ au plus.

Lorsque la réception est effectuée sur chantier où elle est commune à divers chantiers, le chantier de référence est choisi par l'entrepreneur, qui en informe le fournisseur par écrit.

4.4.2.4 Prélèvement

Le prélèvement se fera sur la base d'un échantillonnage dont la procédure est définie par les normes d'essais.

4.4.3 Conditions d'acceptation

Si, pour chacun des essais effectués, les résultats sont conformes aux valeurs référence, la livraison est acceptée.

Dans le cas contraire, il peut être procédé à une contre-expertise pour l'essai n'ayant pas donné satisfaction.

Si le résultats de la contre-expertise est encore défavorable, la livraison peut être refusée. Si le résultat est favorable, la livraison entière est acceptée.

4.4.4 Choix du laboratoire

Les essais sont effectués sur chantier, en atelier ou dans un laboratoire choisi d'un commun accord par le fournisseur et par l'acquéreur.

4.4.5 Frais de réception

Les frais de réception sont à la charges de l'acquéreur si les conditions d'acceptation sont satisfaisantes et à la charge du fournisseur dans le cas contraire.

4.5 Cas particulier

Les dispositions qui précèdent ne font pas obstacle à ce que, d'un commun accord, l'acquéreur et le fournisseur procèdent à des contrôles partiels, ne portant que sur certaines valeurs de référence.

5 Annexe

Il est recommandé de consulter le document technique suivant :

— Blocs de terre comprimée. Vol. II : manuel de conception et de construction. CRATerre-EAG : Guillaud H., Joffroy Th., Odul P. Aus der Arbeit von GATE, Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, Allemagne, 1995.

ARS 682 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Code de bonne pratique pour la mise en oeuvre des maçonneries en blocs de terre comprimée

1 Généralités

1.1 Objet

Ce code de bonne pratique décrit les règles de l'art concernant la mise en oeuvre de la maçonnerie en blocs de terre comprimée (MBTC), telles qu'elles sont connues dans l'état actuel de la technique.

1.2 Domaine d'application

Les règles décrites dans le présent code sont applicables dans toutes les entreprises de construction opérant dans le cadre de marchés publics ou de marchés privés.

La norme n'est pas applicable dans des zones soumises à des tremblements de terre, des inondations et des cyclones d'un niveau qui demande l'application de règles appropriées afin d'éviter des dégâts majeurs.

2 Code de bonne pratique

2.1 Implantation

2.1.1 Général

De la qualité de l'implantation des bâtiments dépend une partie de la facilité de la mise en oeuvre et par là-même la qualité de la construction, des points de vue technique et esthétique, et ce plus particulièrement les maçonneries de parement.

Si les plans sont calepinés, c'est-à-dire que les cotations (horizontales et verticales) ont été définies à partir des dimensions des blocs utilisés ainsi que l'épaisseur des joints, l'implantation devra respecter scrupuleusement les dimensions indiquées sur les plans.

Si les plans ne sont pas calepinés ou si les dimensions des blocs (ou épaisseur des joints) sont différents de ce que le concepteur avait prévu, les dimensions indiquées seront modifiées. L'accord avec l'architecte sera éventuellement nécessaire. L'implantation doit se faire dans les règles de l'art avec des instruments de mesure homologués dont les mesures ne varient pas.

2.1.2 Implantation horizontale

On utilise des instruments de mesure permettant de reporter directement les plus grandes longueurs des bâtiments. Les décamètres flexibles seront préférentiellement en métal. Les angles droits sont déterminés par triangulation (règle 3-4-5).

La meilleure technique pour l'implantation est de mettre en oeuvre des chaises solidement ancrées dans le sol permettant de tendre des cordeaux d'alignement à partir de clous ou de traits de scie. Ces chaises (au moins leur partie supérieure) seront disposées au même niveau, et celui-ci devant si possible correspondre à la première assise de MBTC (ou à la partie supérieure du sou-

bassement), ce qui permettra un réglage parfait de cette première assise qui pourra alors servir de référence.

2.1.3 Implantation verticale

C'est préférablement le niveau supérieur des chaises (réglé horizontalement) qui sert de référence pour la mise en oeuvre de la maçonnerie. Toutefois d'autres points peuvent être utilisés, dès lors qu'ils sont fixés solidement.

Pour respecter les calepinages verticaux, on utilise des règles (ou piges) de hauteur sur lesquelles seront indiqués les niveaux des assises et des éléments importants (allèges des fenêtres, linteaux, chaînage, haut du mur). Ces règles peuvent être mobiles mais seront préférablement fixées dans des points stratégiques du bâtiment. Lorsque ces règles sont suffisamment rectilignes et rigides, elles peuvent directement servir de support aux cordeaux, éventuellement par le biais de blochets, de clous ou de traits de scie. Les marques sont positionnées à des intervalles réguliers correspondant aux mesures des calepinages verticaux.

2.2 Echafaudages et sécurité

2.2.1 Sécurité sur le chantier

Les échafaudages seront érigés de façon à respecter les normes de sécurité. L'utilisation de chaussures de sécurité et de casques de chantier est de règle.

2.2.2 Fixation des échafaudages

Dans le cas de maçonnerie apparente, la fixation des échafaudages aux murs est à éviter car cela engendre des travaux de reprises peu facile à exécuter. Les échafaudages seront donc préférablement positionnés à une distance suffisante permettant d'éviter tout choc contre le mur et seront éventuellement munis de protection anti-choc agressif.

Dans le cas de maçonneries enduites, la fixation au mur ne pose aucun problème, toutefois, l'utilisation du mur comme support à l'échafaudage ne doit être faite qu'après vérification de sa capacité à résister aux contraintes spécifiques, notamment pour ce qui est des poussées engendrées par les systèmes d'échafaudage en appui sur le mur.

2.3 Livraisons et stockages sur le site

2.3.1 Généralités

Les matériaux doivent être contrôlés lors de leur livraison sur le site par au minimum une inspection visuelle. Des tests simples de terrain peuvent aussi permettre de se rendre compte globalement de la conformité des matériaux livrés.

Il est recommandé d'effectuer le même type de contrôle juste avant la mise en oeuvre, de façon à écarter des matériaux qui auraient pu se détériorer à l'occasion d'un stockage sur chantier mal réalisé.

2.3.2 Blocs de terre comprimée

Les blocs de terre comprimée doivent être déchargés avec soin. Leur transport sur le site doit être limité et si possible réalisé avec des moyens de transport adaptés ayant un support de chargement plan.

Les blocs destinés à la réalisation de maçonneries de parement doivent être manipulés avec une attention particulière pour éviter les écornures et épaufrures. On cherchera donc à limiter les manipulations inutiles en stockant toujours au plus près du site d'utilisation. On fera toutefois attention à ne pas trop charger les échafaudages et les dalles récemment mises en oeuvre.

Le stockage doit être fait en piles stables et sur un sol suffisamment plat, résistant et non inondable.

2.3.3 Blocs de terre comprimée non stabilisés

Les stocks de blocs de terre comprimée non stabilisés doivent être protégés de la pluie afin d'éviter les érosions de surface. Si les blocs sont stockés à même le sol, on mettra en oeuvre un bon drainage périphérique permettant d'éviter des remontés d'humidité qui pourraient affecter les blocs. Ces mesures sont à prendre uniquement en situation de risque (saison des pluies).

2.3.4 Ciment et autres liants

Ils doivent être stockés à l'abri de l'humidité, soit sous couvert, et séparé du sol par des palettes ou sur tout autre support permettant une bonne ventilation.

2.3.5 Terre et sable destiné à la préparation du mortier de pose

La terre et le sable doivent être stockés sur des aires propres, et surtout nettoyées des matières végétales. Les terres devant être criblées seront protégées de la pluie car il est impossible de cribler une terre humide.

2.3.6 Terre destinée à la préparation de mortier de terre stabilisé

Afin d'éviter la formation de grumeaux et de garantir l'homogénéité du mélange, la terre ne doit pas être humide. Elle sera donc protégée de la pluie et des remontées capillaires.

2.4 Composition, préparation et utilisation des mortiers

2.4.1 Généralités

La liaison entre les blocs de terre comprimée se fait généralement avec des mortiers préparés à partir des mêmes matériaux que les BTC, afin d'obtenir une compatibilité et des résistances similaires, soit :

- un mortier de terre pour les BTC non stabilisés ;
- un mortier de terre stabilisé pour les BTC stabilisés.

La terre utilisée est préférablement la même mais peut être d'une origine différente.

Du fait de la non compression, la résistance du mortier obtenu est généralement moindre que celle des BTC. Par ailleurs, le dosage en eau important (environ 30%) nécessaire à la bonne ouvrabilité du mortier, peut engendrer des fissurations. Le séchage généralement rapide du mortier, malgré les précautions devant être prises, peut engendrer une moins bonne efficacité de la stabilisation, et ce plus particulièrement avec les dosages faibles.

Par exemple, dans le cas du ciment, la bonne pratique est de corriger le dosage utilisé pour les BTC en :

- augmentant sensiblement la proportion de sable pour éliminer les risques de fissuration ;
- augmentant sensiblement le dosage de stabilisant, soit une proportion d'environ 1,5 à 2 fois supérieure pour les dosages faibles (3 à 6 %) et de 1,2 à 1,5 fois supérieure pour les dosages forts (7 à 10 %).

Les blocs de terre stabilisés au ciment peuvent également être liés avec des mortiers à base de sable comme ceux qui suivent :

- mortier de sable et de chaux aérienne (env. 1 vol. de Chaux pour 4 de sable) ;
- mortier de sable et de chaux hydraulique avec dosages faibles (200 à 250 kg/m³) ;
- mortier de sable de carrière et de ciment (250 kg/m³).

La réalisation d'essais préalables, en condition réelle, sur le chantier, permet de déterminer la composition la plus adaptée.

Dans certaines circonstances, il est acceptable d'utiliser du mortier de terre non stabilisé pour maçonner des blocs de terre stabilisés (murs bien protégés et peu sollicités).

2.4.2 Criblage de la terre

Une terre criblée avec une grille avec des mailles carrées de 10 mm de côté conviendra parfaitement. Toutefois, d'autres dimensions peuvent convenir, à savoir que la taille maximale des grains passant au travers d'une grille peut être ajustée en réglant l'inclinaison de la grille.

Il est recommandé que le crible ait des dimensions assez importantes. Des dimensions autour de (h x l) 2m x 1m conviennent parfaitement.

2.4.3 Dosages

Les matériaux entrant dans la composition du mortier doivent être dosés de façon précise. Le dosage par poids est précis mais est difficile à réaliser sur le chantier sans matériel spécifique. Les procédés de dosages par volume sont donc les plus employés. Le dosage à la pelle, trop imprécis n'est pas acceptable. Par contre on peut utiliser des seaux ou des brouettes qui ont des volumes connus. Ces dosages par volume doivent correspondre à un nombre entier de récipients. Le remplissage régulier par arase et l'utilisation de tout le volume du récipient sont essentiels pour obtenir la régularité du dosage.

L'utilisation de boîtes de dosages est recommandée. Elles ont des volumes préalablement déterminés, et permettent donc de s'adapter au dosage prescrit avec une très bonne précision.

L'utilisation du sac (de stabilisant) comme unité de base n'est valable que si la quantité contenue est fiable.

2.4.4 Préparation des mortiers de terre non stabilisée

Ces mortiers sont préparés en mélangeant de l'eau à la terre. La proportion d'eau se situe aux alentours de 30%, mais varie en fonction de la teneur en argile de la terre.

Le malaxage peut être réalisé à la main, dans une bétonnière, ou encore avec un malaxeur planétaire ou linéaire.

La préparation peut se faire longtemps à l'avance et en grande quantité, que se soit à l'état sec ou à l'état humide.

La terre absorbant l'eau petit à petit, le mélange se fait toujours plus liquide que ce qui est nécessaire pour obtenir une ouvrabilité suffisante pour la mise en oeuvre des blocs.

Si la terre a commencé sa prise par séchage, il est possible de rajouter de l'eau de façon à retrouver l'ouvrabilité nécessaire, et ce autant de fois que nécessaire.

2.4.5 Préparation des mortiers de terre stabilisée au ciment ou à la chaux hydraulique

La terre doit être foisonnée. Si elle ne l'est pas à l'état naturel ou au moment de sa livraison, elle devra être criblée ou désagrégée, même si elle ne possède aucun grain de taille trop importante. Le foisonnement de la terre est nécessaire pour permettre la rapidité de malaxage qui garantit l'homogénéité du mélange par la bonne répartition du stabilisant dans la masse.

2.4.5.1 Malaxage manuel

On réalise d'abord le mélange des différents composants à sec, puis on ajoute l'eau. Pour obtenir une bonne homogénéité, chaque malaxage ne doit pas comporter plus de 5 brouettes, soit 300 litres de mélange environ.

Le mélange avec l'eau ne doit être fait que pour une quantité de mélange pouvant être utilisée dans la demi-heure qui suit afin de profiter au mieux de la réaction du ciment avec les autres composants du mortier. Pour ce faire, le mélange avec l'eau peut être fait progressivement sur de petites quantités prélevées sur le mélange sec initial.

Le regachage à l'eau d'un mortier qui a déjà fait sa prise est proscrit car la stabilisation ne pourra pas se faire dans de bonnes conditions et la résistance du mortier final sera très faible (dans certains cas encore plus faible que du mortier de terre non stabilisé).

2.4.5.2 Malaxage mécanique

Le mélange peut se faire à l'aide d'un malaxeur planétaire ou linéaire ou encore d'une simple bétonnière.

Avec le malaxeur planétaire ou linéaire, le malaxage se déroule comme pour le malaxage manuel, c'est à dire que l'on réalise d'abord le mélange à sec, et que l'eau est ajoutée plus tard.

Avec la bétonnière, le remplissage est inversé, on commence par mettre l'eau, ensuite on ajoute le ciment, puis le sable (s'il doit être utilisé) et enfin la terre. Pour les mêmes raisons que celles énoncées lors du malaxage manuel, les quantités de mortier préparées doivent pouvoir être utilisées dans la demi-heure qui suit et tout mortier ayant déjà fait sa prise devra être rejeté.

2.4.6 Préparation des mortiers de terre stabilisée à la chaux aérienne

Le mélange doit être réalisé à l'avance (au minimum 2 heures, mais préféralement un jour à l'avance) et sera si possible couvert de façon à rester humide jusqu'à son utilisation. Ceci laisse le temps à la chaux de bien réagir avec les argiles sans que son durcissement par carbonatation n'intervienne, celui-ci ne se produisant qu'en présence d'air.

2.4.7 Préparation des mortiers de terre stabilisée au bitume

Le bitume est utilisé sous forme liquide (cut-back ou émulsion).

Le mélange est réalisé avec de la terre préalablement malaxée avec de l'eau et donc à l'état liquide (voir préparation des mortiers de terre non stabilisée).

Ces mortiers peuvent être préparés à l'avance. Toutefois, leur remalaxage après séchage est déconseillé.

2.5 Exécution de la maçonnerie

2.5.1 Appareillages

Les blocs de terre comprimée doivent être maçonnés conformément au plan de calepinage préétabli selon un appareillage respectant les règles de non superposition de joints verticaux et de recouvrement minimum d'1/4 de la surface horizontale du bloc.

Les appareillages les plus courants sont ceux qui sont utilisés pour la maçonnerie traditionnelle de petits éléments.

2.5.2 Epaisseur du mortier

L'épaisseur du mortier la plus courante est de 1,5 cm.

Pour pouvoir réaliser tous les appareillages classiques, les dimensions des blocs doivent respecter la règle :

$$L = 2 \times l + tm \quad (L = \text{longueur}, l = \text{largeur}, tm = \text{épaisseur du joint}).$$

Dans le cas de murs de remplissage non appareillés, il n'est pas nécessaire d'appliquer cette règle.

2.5.3 Humidification des blocs

Afin de permettre au liant d'effectuer sa prise, il faut éviter le séchage trop rapide du mortier. Il est donc indispensable d'humidifier les blocs et l'assise sur laquelle ils vont reposer avant la pose. Ceci se fait par aspersion à la brosse à badigeon ou par trempage rapide dans l'eau. Un trempage exagéré nuit à la qualité de la maçonnerie. Dans le cas de BTC non stabilisés, il faudra éviter de trop les mouiller afin de ne pas entraîner leur dégradation. L'eau doit être bien absorbée avant la pose. L'eau utilisée ne doit pas comporter d'éléments nocifs.

2.5.4 Coupe des blocs

Les coupes de BTC au moment de leur utilisation se font avec tout outil permettant d'obtenir une découpe précise et une surface plane. Par exemple, burins, scies, disques, etc.

2.5.5 Pose des blocs en maçonnerie ordinaire destinée à être enduite

Les blocs doivent être posés à plein bain de mortier de façon à assurer une bonne adhérence. Il est recommandé de réaliser les joints verticaux en même temps que l'on pose les BTC, ce qui est plus rapide mais surtout beaucoup plus efficace que le remplissage par le haut après pose.

Les joints peuvent être légèrement brossés ou grattés après la pose de façon à permettre une bonne adhérence de l'enduit.

2.5.6 Pose des blocs en maçonnerie apparente

Les blocs doivent être posés à plein bain de mortier de façon à assurer une bonne adhérence. Il est recommandé de réaliser les joints verticaux en même temps que l'on pose le bloc, ce qui est plus rapide mais surtout beaucoup plus efficace que le remplissage par le haut après pose. Cette technique permet aussi d'obtenir plus facilement un bon fini. En effet, le mortier bave légèrement

et il suffit donc de racler le surplus par un coup de truelle pivotant pour obtenir un joint bien rempli et propre que l'on peut soit laisser tel-quel, soit finir plus tard avec un outil spécifique.

De fait, la consistance du mortier est très importante. Celui-ci ne doit pas être trop liquide car il coulerait le long du mur au moment de la pose, entraînant des salissures difficiles à nettoyer. Celui-ci ne doit pas non plus être trop sec car il sera difficile d'écraser le mortier et donc d'obtenir un joint bien rempli et propre. Le mortier ne sera donc pas étalé trop à l'avance sur l'assise précédente.

2.5.7 Pose des deux premières assises de blocs

Les deux premières assises serviront de référence pour le réglage de toutes les suivantes. Elles doivent donc être parfaitement réglées (voir chapitre Implantation). Avant de procéder à la pose définitive de ces assises, il est préférable de faire une simulation de la pose, à sec, de façon à vérifier la bonne correspondance entre les dimensions et l'appareillage.

Des adaptations dimensionnelles sont acceptées dès lors qu'elles permettent la mise en oeuvre des configurations d'appareillage simples et correctes. L'épaisseur des joints peut aussi être modifiée sans toutefois dépasser ± 5 mm de l'épaisseur prévue.

La pose se fait alors bloc par bloc ce qui, permet de respecter les épaisseurs de joints et de ne pas prendre le risque de décaler l'appareillage progressivement. Si le soubassement possède des défauts de planéité importants, le rattrapage de l'horizontalité ne sera pas réalisé sur la première assise mais sur plusieurs assises de façon à respecter la tolérance de ± 5 mm. Dans le but d'obtenir une bonne résistance de la maçonnerie, il est recommandé de poser les blocs d'angle au fil à plomb et les autres au cordeau.

2.5.8 Pose des autres assises

La pose de chaque assise est démarrée dans les angles et au niveau des jonctions de murs. On réalise la mise à niveau, le réglage à l'aplomb puis le réglage de la hauteur de l'assise (voir chapitre Implantation) de chacun de ces blocs avant de procéder à la pose de l'ensemble de l'assise.

L'utilisation de piges de hauteur est fortement recommandée pour la réalisation de maçonnerie apparente. Les piges peuvent être mobiles ou fixes. Le montage de plusieurs niveaux de blocs dans les angles avant la réalisation du remplissage du mur courant est possible si la prise du mortier est suffisamment rapide et permet d'effectuer le réglage des blocs sans dérégler les blocs des assises inférieures et si le mortier a un retrait négligeable.

La hauteur maximale maçonnée ne doit pas dépasser 1 m par jour.

2.5.9 Jointoiment pour maçonnerie de parement

Les joints (y compris les joints secs) peuvent être simplement arasés à la truelle comme décrit ci-dessus. Si nécessaire, il peut être procédé à un jointoiment réalisé avec une truelle «langue de chat».

Le jointoiment se fait préférentiellement dès la première prise du mortier, soit entre 1/2 heure et 1 heure après la pose des blocs (technique dite joints refoulés en montant). Le mortier qui a préalablement été arasé à la truelle (éventuellement après jointoiment) est simplement bourré avec un outil de forme arrondie de façon à obtenir une finition légèrement creuse mais qui ne permet pas les rétentions d'eau.

Des finitions de joint plus creusées sont possibles en intérieur ou sur des murs bien protégés des intempéries ou encore avec des BTC et MT très résistants à l'humidité.

2.5.10 Rejointolement de maçonnerie de parement

On procède au grattage du mortier de pose sur une profondeur de 2 cm minimum. Le joint est humidifié, puis, dès que l'absorption de l'eau est réalisée, regarni de mortier frais traité de la même façon que décrit ci-dessus.

Cette technique, surtout utile pour les maçonneries épaisses, permet d'utiliser un mortier résistant à l'eau en façade et un mortier plus faiblement dosé pour l'intérieur du mur.

2.5.11 Protection des maçonneries fraîchement dressées et nettoyage

Par temps très chaud et sec et si les murs sont montés avec un mortier de terre stabilisé au liant hydraulique, il est conseillé de protéger les murs de l'exposition directe au soleil et de les asperger légèrement et à intervalles réguliers de façon à ce qu'ils ne se dessèchent pas trop vite afin que le liant puisse effectuer correctement sa prise.

Les murs montés au liant aérien (chaux) ne doivent pas être humidifiés, par contre ils doivent être protégés des intempéries directes durant le mois suivant leur pose.

Les maçonneries doivent être nettoyées des bavures et salissures immédiatement après leur exécution en utilisant les outils non abrasifs (ex. mouze ou brosse à poils souples...).

Par la suite, les maçonneries doivent être protégées des chocs afin d'éviter tous les risques d'épaufrures, d'écornures et d'autres dégradations.

2.6 Liaisons avec les autres composants de la construction

2.6.1 Etanchéité à l'humidité du sol

Les soubassements sont sujets aux remontées d'eau par capillarité à partir d'un sol environnant humide (même temporairement), quand les matériaux utilisés pour leur construction sont perméables. Le phénomène sera accentué si la capacité d'évaporation du soubassement est faible résultant, soit du fait d'une faible hauteur ou de la présence d'un enduit étanche.

Si c'est le cas, une disposition technique spéciale doit être mise en oeuvre. Plusieurs solutions sont possibles :

- un très bon drainage superficiel en périphérie du bâtiment ;
- le soubassement est monté suffisamment haut et a une surface favorisant les échanges hydriques, ce qui permet l'évaporation de l'eau avant que celle-ci n'atteigne le mur de BTC ;
- les BTC utilisés ont des propriétés de résistance en compression humide suffisante et sont capables de résister aux cycles mouillage-séchage ;
- une barrière capillaire (couche de mortier suffisamment dosé, feutre bitumineux,...) est interposée entre le soubassement et le mur ;
- une dalle en béton est interposée entre le soubassement et le mur. Dans ce cas, cette dalle doit elle-même être abritée des remontées capillaires.

2.6.2 Appuis de fenêtres

La mise en oeuvre d'appuis de fenêtre est fortement recommandée.

Les appuis de fenêtre peuvent être intégrés au cadre dormant de la menuiserie, coulés en place ou préfabriqués. Dans ce dernier cas, il seront posés à plein bain de mortier.

Sauf prescription différente, les appuis de fenêtre forment une saillie par rapport au nu de la façade de 6 cm minimum et sont munis d'un regingot.

2.6.3 Fixation des portes et fenêtres

En l'absence de spécifications techniques propres au projet, la fixation des portes et fenêtres sera faite suivant les prescriptions suivantes.

1) Pose en cours de construction du mur

Les menuiseries (ou au moins leur précadre qui sera alors rigidifié) sont positionnés et étayés. Si les précadres sont en bois, ils doivent être parfaitement secs afin de ne pas travailler après la pose. La liaison avec le mur est réalisée par des pattes de scellement (menuiseries métalliques) ou des clous de 100 mm (menuiserie bois) disposés de façon à ce qu'il y ait une fixation environ toutes les 5 assises. La disposition des pattes de scellement doit être prévue de façon à correspondre à l'emplacement d'un joint de façon à ce qu'elle soit prise dans le mortier. Les clous sont positionnés entre deux assises de blocs, avant la pose de l'assise supérieure. Le mortier utilisé au niveau des scellements peut être plus fort que le mortier courant si ce dernier est jugé trop peu résistant.

2) Pose après construction sur des éléments préfabriqués

Les éléments spéciaux doivent avoir des dimensions correspondant soit à des blocs entiers, soit à des demi-blocs de façon à ce que l'on puisse les positionner dans les murs. Ces blocs peuvent être en béton moulé dans lequel on positionne une patte de fixation, ou encore être des blocs en bois, préalablement traité.

3) Pose après construction par scellement

On prévoit un minimum de 4 points de fixation pour les fenêtres et 6 points de fixation pour les portes.

Dans les murs épais, les scellements se font en creusant un orifice taillé en queue d'aronde et laissant un espace d'au moins 5 cm autour de la patte de fixation. Il est recommandé d'améliorer la liaison entre le mur et le mortier de scellement en plantant des clous de 100 mm tout autour de l'orifice. Le mortier de scellement sera préférentiellement un mortier de sable-ciment dosé à 300 Kg/m³ et devra être mis en oeuvre avec un minimum d'eau de façon à éviter les retraites.

Dans les murs minces, on enlève des demi-blocs dans les murs situés de part et d'autre de la menuiserie. Ces espaces ainsi libérés seront traités de la même façon que décrit au point précédent. Le recours à un coffrage est toutefois nécessaire pour obtenir un bon remplissage de l'orifice. Dans le cas de menuiseries faiblement sollicitées comme le sont tous les systèmes du type «Naco», le même procédé peut être appliqué en creusant seulement l'épaisseur du joint et donc en le rebourrant après pose de la menuiserie. Ce procédé nécessite toutefois de bien positionner les pattes de scellement à la hauteur des joints.

2.6.4 Poutres et linteaux

Les poutres et linteaux en bois doivent être posés à plein bain de mortier. Il en est de même pour les poutres ou linteaux en béton préfabriqués. Avant la pose on doit vérifier que ces éléments sont secs et qu'ils ont bien effectué leur retrait. Dans le cas de poutres ou linteaux en béton armé coulés en place, on procédera à un coulage le moins liquide possible de façon à éviter au maximum les tensions engendrées par le retrait qui pourraient faire fissurer les murs.

Dans le cas de bâtiments en maçonnerie apparente, la mise en place d'un lit de mortier assez sec, sur les arêtes de coffrage, est indispensable pour bien boucher les inévitables joints, permettant d'éviter les coulures sur la maçonnerie qui ne pourront être nettoyés que très difficilement par la suite.

2.6.5 Chaînages

La mise en oeuvre de chaînages horizontaux en bois est possible mais les bois doivent être secs et préalablement traités contre les champignons et les insectes. La liaison entre le mur et le chaînage est assurée par la mise en place de clous de 40 mm disposés dans tous les joints. Les chaînages en bois sont posés à plein bain de mortier.

Le béton armé peut être utilisé pour la réalisation de chaînages. Toutefois, la section des chaînages en béton doit être minimale de façon à ce que les tensions transmises lors du séchage du béton ne soient pas trop élevées et ainsi à éviter les risques de fissuration des murs ou encore une désolidarisation des ouvrages.

Le béton mis en oeuvre sera suffisamment ferme afin d'éviter les retraits trop importants qui peuvent engendrer des fissurations dans les murs. Dans le cas de bâtiments en maçonnerie apparente, la mise en place d'un lit de mortier assez sec, le long des arêtes en fond de coffrage, est indispensable pour bien boucher les inévitables joints, permettant d'éviter les coulures sur la maçonnerie que l'on ne peut nettoyer que très difficilement par la suite.

L'utilisation de blocs de terre comprimée spéciaux est particulièrement recommandée car elle permet d'éviter l'ensemble des problèmes décrits ci-dessus. Il est préférable de remplacer les chaînages verticaux par un simple épaissement de la maçonnerie.

2.6.6 Fixation des toitures

Les toitures courantes seront réalisées dans le respect des règles de l'art relatives à la construction en bâtiment.

Les toitures dites légères doivent être ancrées à la maçonnerie afin d'éviter les possibilités d'arrachage par le vent. Dans des circonstances de risque moyen, il est recommandé que l'ancrage soit fait sur une hauteur de blocs au moins égale à 40 cm. Si possible, l'ancrage sera fixé sur ou sous le chaînage.

2.7 Enduits stabilisés (terre-sable-ciment/chaux et sable-ciment/chaux)

L'exécution des enduits sur murs de blocs de terre comprimée se fait en respect des règles usuelles, propre à chaque type d'enduit. Néanmoins il est conseillé d'éviter des enduits trop épais (maximum 2 cm) et monocouches dans le cas des enduits sable-ciment/chaux. Il conviendra également de suivre les recommandations suivantes.

1) Préparation du support

Il faut bien préparer le support en brossant légèrement les joints pour les creuser sur une profondeur n'excédant toutefois pas 2 cm, et en brossant la surface des blocs si celle-ci est trop lisse.

2) Humidification du mur

Il faut particulièrement bien humidifier le mur, et ce à plusieurs reprises, avant la mise en oeuvre, surtout si cette application se fait par temps sec.

3) Cas des enduits sable-ciment ou sable-chaux hydraulique

Ces enduits souvent assez rigides ont tendance à se décoller des murs. Pour garantir leur bonne tenue dans le temps, il conviendra de :

- bien vérifier l'efficacité du type de barrière capillaire choisi ;
- ne pas utiliser, sur les murs en BTC stabilisés, de dosages en ciment trop élevés : 250 kg/m³ ou 300 kg/m³ maximum ;
- d'installer, sur les murs en BTC non stabilisés, un treillis réalisé avec du fil de fer (si possible galvanisé) tendu entre des clous espacés régulièrement sur une trame carrée ou triangulaire de 30 cm de côté. Un fil doit être systématiquement tendu au niveau des arêtes dans les angles de mur et des tableaux de fenêtres.

Ce treillis sera pris entre les deux (premières) couches de l'enduit qui doivent être mises en oeuvre à au moins un jour d'intervalle, et si possible à deux jours d'intervalle.

2.8 Peintures, badigeons et produits hydrofuges

L'application de peintures et badigeons se fait en respect des règles connues et propres à chacun des produits. Toutefois, les règles suivantes doivent être suivies :

1) Préparation du support

Les murs doivent être bien débarrassés de toute poussière. Les blocs trop lisses seront préalablement brossés de façon à obtenir une surface rugueuse favorisant l'accrochage.

2) Humidification

Elle est nécessaire uniquement pour les badigeons à base de ciment et doit être faite en profondeur, en plusieurs fois.

3) Epaisseur

L'épaisseur des peintures et badigeons doit être minimale. Il sera procédé à des essais préalables pour déterminer le mélange idéal permettant un recouvrement suffisant avec l'épaisseur la plus fine.

4) Préparation des badigeons de terre-ciment

Ce badigeon est très bien adapté pour obtenir une finition correcte, durable et fiable, pour un prix de revient extrêmement faible. L'utilisation de ciment blanc et de colorants permet d'obtenir des finitions de très bonne qualité.

La terre est mélangée à de l'eau jusqu'à l'obtention d'une barbotine très liquide. On laisse le mélange reposer 2 mn environ de façon à ce que les plus gros grains de sable décantent. La barbotine ainsi préparée est transvasée dans un autre récipient et mélangée avec la moitié de son volume en ciment, éventuellement ajouté de colorant. Le mélange ainsi préparé doit être rebattu de temps en temps et être utilisé dans les deux heures qui suivent.

De petites différences de couleur peuvent être obtenues entre des préparations successives. Il faut donc préparer des quantités suffisantes pour recouvrir des panneaux entiers de mur.

5) Peinture ou badigeon étanches et produits hydrofuges

Les produits qui forment une peau étanche peuvent être efficaces mais sont extrêmement dangereux car ils empêchent les migrations d'eau depuis l'intérieur du mur vers l'extérieur. Si ces migrations se produisent, ils peuvent cloquer ou tomber, mais plus grave, ils peuvent engendrer des désordres dus à l'humidité stagnante dans les murs. De fait, ces produits ne sont utilisables que si les dispositions suffisantes sont prises pour éviter toute infiltration d'eau dans les murs : barrière capillaires, protection du mur au niveau des plinthes, bonne ventilation des pièces, surtout de celles des pièces d'eau (salle de bains, WC, cuisine,...). Il est aussi recommandé de n'utiliser ces produits que sur des murs ayant un bon comportement en présence d'humidité.

3 Conduite du contrôle

3.1 Implantation

Vérifier le respect des dimensions indiquées sur les plans.

Vérification de la convenance de l'appareillage proposé.

Modification éventuelle des dimensions indiquées sur les plans pour pouvoir réaliser des appareillages simples.

Vérification de la mise à niveau du soubassement.

Vérification préalable des piges (règles) de hauteur utilisées par les différents maçons.

3.2 Échafaudages

Vérification du respect des normes de sécurité.

Vérifier que les échafaudages ne ballent pas contre les murs (uniquement pour maçonnerie apparente).

3.3 Livraisons et stockages des BTC sur le site

Contrôler le soin apporté au déchargement et au transport des BTC avec l'utilisation de moyens adaptés (support plan).

Contrôler les procédures de stockage et d'identification.

3.4 Stockage du ciment et/ou de la chaux

Vérifier que les sacs soient bien stockés à l'abri de l'humidité, soit sous couvert, et séparés du sol par des palettes ou sur tout autre support permettant une bonne ventilation.

Il faut vérifier visuellement ou avec un crible de maille fine (1mm) que le ciment et/ou la chaux ne possèdent pas de boulettes ce qui serait la preuve qu'il a déjà fait sa prise lors d'une humidification accidentelle.

3.5 Stockage de la terre et du sable destinés à la préparation du mortier de pose

Vérifier que la terre et le sable sont stockés sur des aires propres, et surtout nettoyées des matières végétales, et qu'ils sont bien protégés (saison des pluies) de l'eau et de l'humidité.

3.6 Criblage de la terre

Vérifier que le criblage permet de supprimer les grains plus gros que ceux autorisés.

Vérifier que le crible a des dimensions suffisantes et n'est pas endommagé pour éviter la projection de grains plus gros.

3.7 Dosage

On vérifie la justesse du dosage utilisé après séchage du mortier (si possible en réalisant des essais préalables): fissuration, résistance au brossage, résistance à l'eau, ou autres essais de laboratoire.

Contrôle des volumes des récipients utilisés.

Vérification des procédures d'arasement des matériaux bruts lors du remplissage des récipients doseurs.

Vérification des consommations journalières en fonction des m² effectivement construits. Ceci nécessite d'avoir connaissance des rendements obtenus pour chaque type de mur et de bloc.

3.8 Préparation des mortiers de terre stabilisée au ciment.

Vérifier l'homogénéité du mélange.

Pas de présence de corps étrangers.

Pas de présence de boulettes (mauvais criblage).

Contrôle de bonne teneur en eau (plasticité).

Vérifier que le mélange humide est utilisé en 1/2 heure maximum et si possible en moins de 1/4 d'heure.

3.9 Pose des blocs

Contrôle de la bonne pratique, humidification de l'assise et des blocs avant la pose, utilisation du mortier dans des délais corrects, pose à bain de mortier. Vérifier que la qualité du mortier (présence et % de gros grains) permette un fini correct.

Contrôle de l'appareillage, de l'épaisseur des joints, du respect des hauteurs (utilisation des piges), du respect des aplombs, de l'horizontalité des assises et de leur rectitude (ou de leur courbure), en tenant compte des tolérances.

Contrôle de fissuration du mortier.

Contrôle de propreté d'exécution.

En période sèche, contrôle de l'humidification régulière des murs pendant une semaine après la construction.

3.10 Appuis de fenêtre et acrotères

Contrôle du bon positionnement permettant à la goutte d'eau de fonctionner correctement.

3.11 Chaînage et linteaux

Vérification de la surface d'appui et de la pose à plein bain de mortier.

Concernant le béton armé, si le coulage se fait in situ, vérification avant celui-ci du bon positionnement du coffrage ou de la mise en oeuvre d'une disposition permettant d'éviter les coulures de béton sur le mur.

Vérification de la plasticité du béton (s'il est trop liquide, le retrait pourrait tirer la maçonnerie et engendrer des fissurations).

3.12 Ancrage des toitures

Vérifier la tension des ancrages et la mise en oeuvre d'une protection bien résistante entre les pièces de charpente et le haut du mur.

3.13 Ancrage des portes et des fenêtres

Vérifier que le nombre de points d'ancrage est conforme aux spécifications et qu'il est suffisant.

Vérifier la mise en oeuvre correcte en fonction des spécifications.

3.14 Enduits

Vérifier la bonne préparation du support: brossage, humidification, éventuellement bonne fixation de treillis.

Vérifier l'exécution selon les prescriptions ainsi que les bonnes conditions de séchage.

3.15 Finitions

Contrôle du nettoyage final des murs (brossage doux, dépoussiérage).

3.16 Badigeons

Contrôle de l'humidification préalable

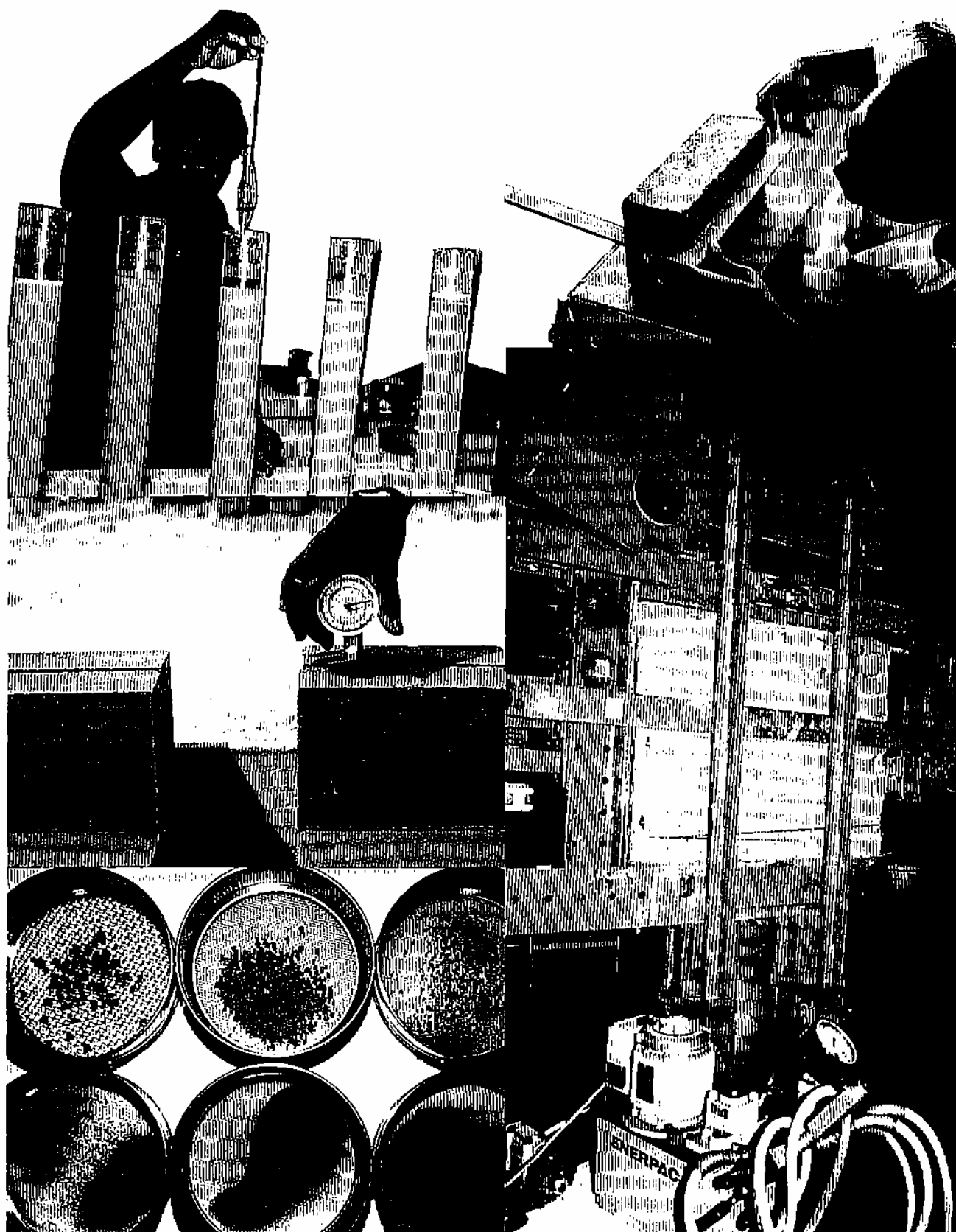
Contrôle du dosage et de la bonne exécution (épaisseur, homogénéité de la couleur).

4 Annexe

Il est recommandé de consulter le document technique suivant :

— Blocs de terre comprimée. Vol. II : manuel de conception et de construction. CRATerre-EAG : Guillaud H., Joffroy Th., Odul P. Aus der Arbeit von GATE, Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, Allemagne, 1995.

NORMES D'ESSAIS ET CONTROLES



Les essais d'indentification des matières premières, et plus spécifiquement la terre sont de deux natures différentes : soit quantitatifs, soit qualitatifs.

Dans le premier cas, les essais se font à l'aide de matériel de laboratoire et les modes opératoires sont ceux habituellement pratiqués.

Dans le deuxième cas, il s'agit d'essais dits de terrain, dont la pratique est certes consignée dans la littérature technique, mais qui demandent néanmoins un savoir-faire certain de l'opérateur. Dans tous les cas l'expérience professionnelle sera déterminante.

En ce qui concerne les essais mécaniques, ceux-ci devront être adaptés aux caractéristiques intrinsèques de la terre, qui sont fort différents de la plupart des autres matériaux minéraux de construction.

ARS 683 : 1996 - Blocs de terre comprimée

Norme de classification des essais d'identification des matériaux et essais mécaniques

1 Généralités

1.1 Objet

Le présent document a pour but d'énumérer les essais nécessaires à la détermination des caractéristiques spécifiées dans l'ensemble des normes relatives à la technologie des blocs de terre comprimée, de déterminer leur nature (quantitatif ou qualitatif), leur lieu d'exécution (pratiqué en carrière, atelier, chantier ou laboratoire) et leur caractère (optionnel ou recommandé) et de donner des indications quant aux sources d'informations concernant les modes opératoires.

1.2 Domaine d'application

Les essais sont applicables aux matières, matériaux, éléments et composants de la technologie des blocs de terre comprimée.

1.3 Sources d'information

Les documents suivants comprennent des modes opératoires détaillés qui peuvent être utilisés pour l'exécution des essais. Leurs références sont reprises dans les tableaux qui suivent.

1. Normes nationales, régionales ou internationales habituellement utilisées.
2. Blocs de terre comprimée. Vol. I. Manuel de production. CRATerre-EAG : Rigassi V., Aus der Arbeit von GATE, Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, Allemagne, 1995.
3. Traité de construction en terre. CRATerre, Ed. Parenthèses, Marseille, France, 1989.
4. Blocs de terre comprimée : essais d'identification des matériaux et essais mécaniques. ENTPE/CRATerre-EAG, Lyon, France, 1998.

2.2 Tableaux des essais

Tableau 1 — Essais pour la terre

Caractéristiques	Symboles	Essais	Nature des essais	Lieu des essais			Caractère des essais		Réf. des modes opératoires
				Carrière	Atelier/Chantier	Laboratoire	Optionnel	Recommandé	
GRANULARITÉ Texture		- Granulométrie humide - Sédimentométrie - Sédimentométrie simplifiée - Equivalent de sable - Examen visuel							1,4 1,4 1,3,4 1,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4 1,3,4
		- Essai de lavage des mains - Essai de la pastille - Essai de cigare - Examen visuel - Tamisage	x x x x x	x x x x x		x x x x		x x x x	
PLASTICITÉ Limite de liquidité Limite de plasticité	W Wp	- Essai de Casagrande - Essai du cordon d'Atterberg	N N						1,3,4 1,3,4
	Ip	- Cône - Calcul	N N					x	1,3,4
CLASSE Classe de terre		- Détermination dans tableau	L					x	3
RETRAIT Retrait linéaire		- Test d'Alcock - Test de la pastille	N L						2,3 1,3,4
COMPOSITION CHIMIQUE pH Sels solubles Sels acides Sels alcalins		- Essai pH - Analyse chimique - Analyse chimique - Analyse chimique	N N N N						1,3,4 1,4 1,4 1,4
		- Analyse chimique - Essai de l'odeur - Analyse chimique - Analyse chimique - Analyse chimique	N L N N N						1,4 3,4 1,4 1,4 1,4
MINÉRALOGIE Valeur de bleu de méthylène de la fraction 0/2 du sol Valeur de bleu de méthylène totale du sol Nature des colloïdes	VBS (O/d) VBS totale	- Essai de bleu de méthylène - Essai de bleu de méthylène	N N						1,4 1,4
		- Essai du rayon X	N					x	1
COMPACTIBILITÉ Teneur en eau optimale	Wopt	- Proctor statique - Essai de la bouteille	N L						4 2,4

Tableau 2 — Essais pour l'eau

Caractéristiques	Symboles	Essais	Nature des essais	Lieu des essais			Caractère des essais		Réf. des modes opératoires
				Carrière	Atelier/Chantier	Laboratoire	Optionnel	Recommandé	
QUALITÉ									
Transparence		– Examen visuel	L		x			x	2,3,4
Salinité		– Examen gustatif – Evaporation	L L		x x			x x	2,3,4 2,3,4

L = qualitatif N = quantitatif

Tableau 3 — Essais pour le ciment

Caractéristiques	Symboles	Essais	Nature des essais	Lieu des essais			Caractère des essais		Réf. des modes opératoires
				Carrière	Atelier/Chantier	Laboratoire	Optionnel	Recommandé	
QUALITÉ									
Classe		– Essai sur barrettes	N			x		x	1
Eventement		– Barrette en flexion – Examen visuel et tactile	L L		x x			x x	2 4

L = qualitatif N = quantitatif

Tableau 4 — Essais pour la chaux

Caractéristiques	Symboles	Essais	Nature des essais	Lieu des essais			Caractère des essais		Réf. des modes opératoires
				Carrière	Atelier/Chantier	Laboratoire	Optionnel	Recommandé	
COMPOSITION									
Chaux active		– Analyse chimique	N			x		x	1
QUALITÉ									
Eventement		– Examen visuel et tactile	L		x			x	4

L = qualitatif N = quantitatif

Tableau 5 — Essais pour les BTC

Caractéristiques	Symboles	Essais	Nature des essais	Lieu des essais			Caractère des essais		Réf. des modes opératoires
				Carrière	Atelier/Chantier	Laboratoire	Optionnel	Recommandé	
CONFIGURATION									
Sections		- Mesure métrique	N		x			x	4
DIMENSIONS									
Dimension de travail		- Mesure métrique	N		x			x	4
GÉOMÉTRIE									
Parallélisme		- Mesure métrique	N		x			x	4
Planitude des surfaces		- Mesure métrique	N		x			x	4
Planitude des arêtes		- Mesure métrique	N		x			x	4
Oblongité des surfaces		- Mesure métrique	N		x			x	4
ASPECT									
Éclairement		- Examen métrique	N		x			x	4
Rugosité		- Examen visuel	L		x			x	4
Écornures		- Mesure métrique	N		x			x	4
Feuillage, etc.		- Examen visuel	L		x			x	4
Brèches, etc.		- Mesure métrique	N		x			x	4
Teinte		- Examen visuel	L		x			x	4
Structure		- Examen visuel	L		x			x	4
Texture		- Examen visuel	L		x			x	4
PHYSICO-CHEMIQUE									
Éclairement		- Examen visuel	L		x			x	4
Éllorescence		- Examen visuel	L		x			x	4
MÉCANIQUE, PHYSIQUE ET HYDRIQUE									
Résistance à la compression sec	f_b sec	- Essai d'écrasement	N			x		x	1,4
Résistance à la compression humide	f_b hum	- Essai d'écrasement pondérale	N			x		x	1,4
Résistance à la traction sec	r_b sec	- Essai de traction	N			x		x	1,4
Résistance à la traction humide	r_b hum	- Essai de traction	N			x		x	1,4
Résistance à la flexion	γ d	- Essai au casse-bloc	L					x	2,3,4
Masse volumique sèche		- Mesure métrique + mesure pondérale	N		x			x	1,2,3,4
Érosion		- Érosion	N			x		x	4
Abrasion - perte de matière		- Abrasion	N			x		x	4
Retrait		- Retrait	N		x			x	4
Absorption d'eau		- Mesure pondérale	N					x	4
Absorption d'eau par la face exposée		- Mesure pondérale	N			x		x	4
Chaleur spécifique	C	- Chaleur spécifique	N			x		x	1
Coefficient de conduction thermique	λ	- Conduction thermique	N			x		x	1

L = qualitatif N = quantitatif

Tableau 6 — Essais pour le mortier

Caractéristiques	Symboles	Essais	Nature des essais	Lieu des essais			Caractère des essais		Réf. des modes opératoires
				Carrière	Atelier/Chantier	Laboratoire	Optionnel	Recommandé	
MÉCANIQUE, PHYSIQUE ET HYDRIQUE Résistance à la compression sec Résistance à la traction sec	f_m sec	- Essai d'écrasement - Essai de traction	N N			x x		x x	4 4

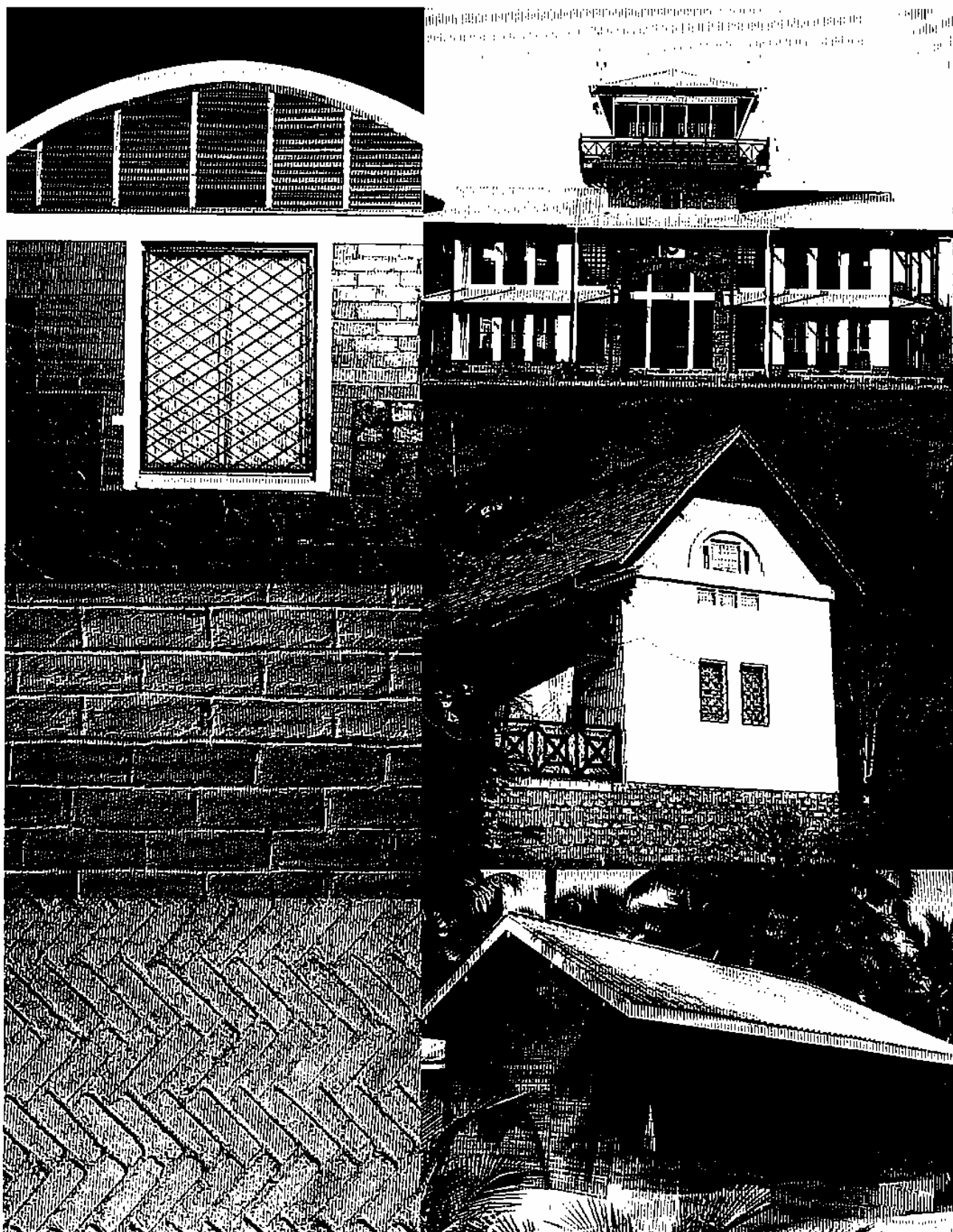
L = qualitatif N = quantitatif

Tableau 7 — Essais pour la maçonnerie

Caractéristiques	Symboles	Essais	Nature des essais	Lieu des essais			Caractère des essais		Réf. des modes opératoires
				Carrière	Atelier/Chantier	Laboratoire	Optionnel	Recommandé	
CONFIGURATION									
Appareillage		- Examen visuel	L		X			X	2,4
Horizontalité des assises		- Mesure métrique	N		X			X	4
DIMENSIONS									
Dimensions d'exécution		- Mesure métrique	N		X			X	4
GÉOMÉTRIE									
Flèche		- Mesure métrique	N		X			X	4
Aptomb		- Mesure métrique	N		X			X	4
ASPECT									
Bavures		- Examen visuel	L		X			X	4
Macrofissures		- Examen visuel	L		X			X	4
Écornures		- Examen visuel et mesure métrique	L		X			X	4
Teinte		- Examen visuel	L		X			X	4
Texture		- Examen visuel	L		X			X	4
PHYSICO-CHEMIE									
Éclatement		- Examen visuel	L		X			X	4
Efflorescence		- Examen visuel	L		X			X	4
MÉCANIQUE, PHYSIQUE ET HYDRIQUES									
Résistance nominale à la compression sec	f _k	- Calculé	N			X		X	4
Coefficient d'amortissement thermique	δ	- Calculé	N			X		X	1
Coefficient de déphasage thermique	τ	- Calculé	N			X		X	1
Indice d'affaiblissement acoustique		- Calculé	N			X		X	1
Résistance au feu		- Résistance au feu	N			X		X	1
Retrait		- Mesure métrique	N			X		X	1,4

L = qualitatif N = quantitatif

MATERIELS ET DOCUMENTS UTILES



Les normes ne peuvent comporter tous les éléments techniques qui sont spécifiques à la technologie des blocs de terre comprimée.

Ces éléments techniques sont consignés dans des ouvrages techniques et scientifiques dont l'utilisation est recommandée en complémentarité.

Le chapitre qui suit présente et décrit les aides principales dont ont besoin les opérateurs.

Matériel de promotion

Le matériel qui suit a été spécialement élaboré pour promouvoir la technologie des blocs de terre comprimée, auprès de tous les intervenants du secteur du bâtiment : gouvernements, maîtres d'ouvrage, organismes nationaux de normalisation, chambres de commerce, bailleurs de fonds, sociétés de contrôle technique, assureurs, centres scientifiques et techniques, laboratoires, cabinets d'architectes, bureaux d'ingénieurs, entreprises, etc. Le matériel permet de visualiser de façon exceptionnelle les performances impressionnantes de la technologie contemporaine.



EXPOSITION

Construire en blocs de terre comprimée

CRATerre-EAG : Rigassi V.

CDI, Bruxelles, Belgique, 1995.

110 x 75 cm. Couleur, 23 panneaux

Les grandes photographies couleurs et les textes précis couvrent tous les aspects de la technologie et démontrent de façon spectaculaire les performances contemporaines de ce matériau. L'exposition a déjà été présentée lors de forums industriels, séminaires de travail et rencontres internationales dans des villes comme Lusaka, Libreville, Yaoundé, Bruxelles, Francfort, Grenoble, Bordeaux, etc.

L'itinérance de l'exposition est assurée par le CDI et CRATerre-EAG.



AFFICHE

L'industrialisation des blocs de terre comprimée

CRATerre-EAG. Atelier Design.

CDI, Bruxelles, Belgique, 1996.

70 x 100 cm. Couleur.

Cette affiche, préparée spécialement à l'occasion du séminaire CDI de Yaoundé en avril 1996, sur la normalisation des blocs de terre comprimée illustre de façon éclatante l'état de l'art contemporain des blocs de terre comprimée en matière de production et construction industrielle. Elle est destinée à tous les intervenants de l'industrie du bâtiment.

La diffusion est assurée par le CDI et CRATerre-EAG.



VIDÉO

Blocs de terre comprimée

CRATerre-EAG, GTZ-GATE, ONUDI, DesignWrite Productions.

CRATerre-EAG, Grenoble, France, 1994.

VHS-SECAM, 24 mn, couleur.

Cette vidéo donne une vue d'ensemble de la technologie du bloc de terre comprimée. Après avoir replacé la terre dans le contexte historique de l'architecture, ce documentaire montre des applications du BTC adaptées aux exigences des constructions modernes, ainsi qu'une gamme de différentes machines de production et des exemples d'utilisation courante des blocs de terre comprimée dans diverses parties du monde.

La diffusion est assurée par CRATerre-EAG/BASIN.

Documents techniques

Les documents qui suivent ont été élaborés spécifiquement pour former un ensemble cohérent qui permet de maîtriser toutes les étapes principales liées à la production, conception et construction en blocs de terre comprimée.

ÉQUIPEMENTS

Blocs de terre comprimée : équipements de production

Guide CDI, série "Technologies" N°5
CRATerre : Houben H., Rigassi V., Garnier Ph.
CDI, Bruxelles, Belgique, 1996.
210 x 297 mm, 149 pages, graph., ill., tab., bibl.
ISBN 2-906901-12-1

Ce guide que le CDI a publié dans la série "Technologies" en est à sa troisième édition. Il présente un inventaire complet et détaillé des équipements de production de blocs de terre comprimée fabriqués et commercialisés dans les pays ACP et en UE. Il contient également des critères de sélection ainsi que des éléments technico-économiques. Le guide est une aide à la décision irremplaçable en matière d'investissement. La diffusion est assurée par le CDI et CRATerre-EAG.

ÉLÉMENTS DE BASE

Le bloc de terre comprimée : éléments de base

CRATerre : d'Ornano S.
Aus der Arbeit von GATE, GTZ, Eschborn, Allemagne, 1991.
210 x 297 mm, 28 pages, ill.

Cette brochure dresse les avantages et les contraintes, décrit sommairement le procédé de production et donne des indications quant à la démarche générale à suivre pour les opérateurs désirant démarrer une activité dans le domaine des blocs de terre comprimée et traite quelques aspects économiques élémentaires.

La diffusion est assurée par CRATerre-EAG/BASIN.

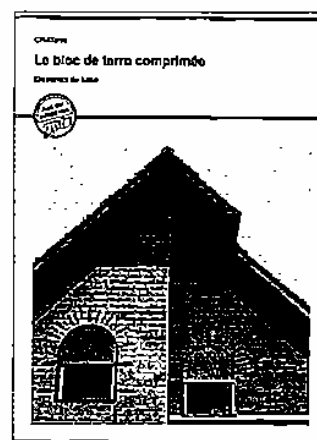
PRODUCTION

Blocs de terre comprimée. Vol.1 : manuel de production

CRATerre-EAG : Rigassi V.
Aus der Arbeit von GATE, Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, Allemagne, 1995.
210 x 297 mm, 104 pages, graph., ill., tab., bibl.
ISBN 3-528-02081-4

Ce manuel met à la disposition des décideurs, des concepteurs, des briquetiers et des entrepreneurs de construction, les informations nécessaires à la production de blocs de terre comprimée. Il est conçu pour permettre la prise en compte globale d'une unité de production, comme aide au montage financier et comme assistance à la maîtrise technique de tous les stades de la production.

La diffusion est assurée par CRATerre-EAG/BASIN.





CONCEPTION ET CONSTRUCTION

Blocs de terre comprimée . Vol. 2 : manuel de conception et de construction

CRATerre-EAG : Guillaud H., Joffroy Th., Odul P.

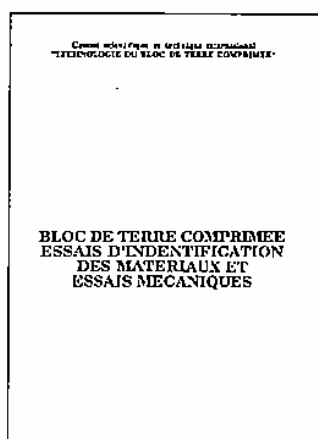
Aus der Arbeit von GATE, Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, Allemagne, 1995.

210 x 297 mm, 148 pages, graph., ill., tab., bibl.

ISBN 3-528-02082-2

Ce manuel couvre tous les aspects théoriques et pratiques de la conception et la construction. Une grande partie du document est réservée à des exemples pratiques qui ont été réalisés. Il répond à l'ensemble des questions concrètes que se posent les praticiens de terrain : décideurs de l'aménagement du territoire, architectes, ingénieurs, entrepreneurs et maçons.

La diffusion est assurée par CRATerre-EAG/BASIN.



ESSAIS

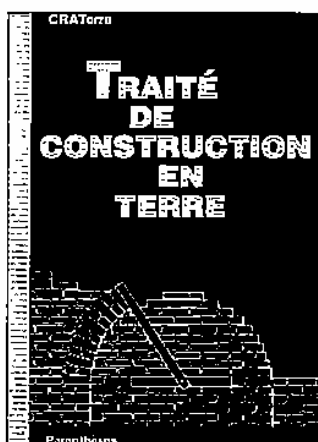
Blocs de terre comprimée : essais d'identification des matériaux et essais mécaniques

ENTPE/CRATerre-EAG, Lyon, France, 1998.

210 x 297 mm, 140 pages, graph., ill., tab., bibl.

Ce document provisoire est le résultat des travaux menés par les membres du comité scientifique et technique international "Technologie des blocs de terre comprimée". La rédaction finale a été confiée à l'ENTPE (Ecole Nationale de Travaux Publics de l'Etat). Tous les modes opératoires classiques ont été retravaillés pour s'adapter aux caractéristiques intrinsèques du matériau terre et des blocs de terre comprimée.

La diffusion est assurée par l'ENTPE et CRATerre-EAG.



SCIENCE ET TECHNOLOGIE

Traité de construction en terre

CRATerre-EAG : Houben H. et Guillaud H.

Éditions Parenthèses, Marseille, France, 1995.

210 x 297 mm, 355 pages, graph., ill., tab., bibl.

ISBN 2-86364-041-0

Cet ouvrage de nature encyclopédique couvre tous les aspects de la technologie contemporaine de la construction en terre. Chaque chapitre fait la synthèse des plus récents travaux sur le sujet. Il est indispensable aux techniciens, ingénieurs et architectes qui s'intéressent ou travaillent dans le domaine de la construction en terre.

La diffusion est assurée par les librairies et CRATerre-EAG.



ÉTUDES DE CAS

Modernité de l'architecture de terre en Afrique. Réalisations des années 80

CRATerre : Guillaud H.

CRATerre-EAG, Grenoble, France, 1990.

160 x 240 mm, 177 pages, ill.

ISBN 2-906901-04-0

Ce livre présente 14 projets exemplaires dans 6 différents pays : Burundi, Mali, Maroc, Mayotte, Rwanda, Somalie. Les monographies couvrent des aspects très divers tels que le programme de construction, le parti constructif et les coûts de la construction. Chaque projet est abondamment illustré. La preuve est ici donnée que le matériau terre a su conquérir un très large champ d'applications contemporaines.

La diffusion est assurée par CRATerre-EAG.

OFFRES DE SERVICE



Introduire la technologie des blocs de terre comprimée dans une entreprise suppose l'acquisition d'équipements et de savoir-faire.

Ce transfert de technologie doit être étudié avec soin et organisé de façon adéquate et professionnelle.

Afin d'opérer cette transformation dans les meilleures conditions un certain nombre de services sont à la disposition des opérateurs qui désirent s'entourer des précautions nécessaires pour garantir le succès de leur initiative.



CENTRE FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRY

**UN INSTRUMENT POUR LE DÉVELOPPEMENT
DES ENTREPRISES INDUSTRIELLES
DANS LES PAYS ACP**

Le Centre pour le Développement Industriel (CDI) est une institution ACP-UE, financée par le Fonds Européen de Développement (FED) dans le cadre de la Convention de Lomé associant l'Union Européenne et les 70 pays ACP (Afrique, Caraïbes et Pacifique). Son objectif est d'encourager et d'appuyer la création, l'expansion, la restructuration d'entreprises industrielles (principalement dans l'industrie manufacturière et l'agro-industrie) dans les pays ACP. Dans ce cadre, il favorise le partenariat entre entreprises ACP et européennes; ces partenariats peuvent prendre des formes diverses: partenariat financier, technique et commercial, contrat de gestion, accord de licence ou de franchise, sous-traitance, etc.

Les services du CDI sont facilement accessibles et sont subdivisés en 4 facilités (voir tableau) pour appuyer les différentes étapes de la création, expansion et réhabilitation d'entreprises industrielles. Dans ce cadre, le CDI intervient, sans frais, en faisant appel à sa propre expertise ou apporte une contribution financière non remboursable. Le CDI ne finance pas l'investissement du projet mais aide au montage et à la recherche du financement.

Les demandes d'assistance, présentées au CDI, sont évaluées sur base de la viabilité financière et technique des projets et de leur contribution au développement du pays concerné. Tous les dossiers sont traités avec confidentialité. Le montant total de l'investissement de ces projets, ou de la valeur des actifs s'il s'agit d'entreprises existantes, doit normalement être compris entre 200.000 ECU et 10 millions d'ECU. Les entreprises de moindre importance peuvent être acceptées dans certains cas: projets pilotes, regroupement de plusieurs entreprises en vue d'une assistance conjointe, secteurs industriels prioritaires, etc.

Le CDI entend par projet une unité industrielle ou un groupe d'unités en création ou en phase d'expansion, de diversification, de réhabilitation ou de privatisation.

CENTRE POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL (CONVENTION DE LOMÉ ACP - UE)
Avenue Herrmann Debroux 52. B- 1160 Bruxelles, Belgique
Tel.+32 2 679 18 11 - Fax:+32 2 675 26 03



Groupe ACP



Union Européenne

**FACILITÉS EN VUE DE LA CRÉATION,
L'EXPANSION, LA DIVERSIFICATION, LA RÉHABILITATION ET
LA PRIVATISATION D'ENTREPRISES INDUSTRIELLES**

	FACILITÉ 1	FACILITÉ 2	FACILITÉ 3	FACILITÉ 4
TYPE D'OPÉRATION	Programme d'identification de projets d'entreprise et de partenaires potentiels (Etudes d'opportunité par pays ou par secteur, rencontre interentreprises)	Opération préalable à la réalisation du projet (Recherche de partenaires, assistance au 1er contact, études de faisabilité, de marché, diagnostic, expertise)	Montage du projet (Assistance au montage financier et juridique, recherche de financement et accompagnement auprès des institutions financières)	Démarrage et développement du projet (Aide à la mise en place du projet, assistance technique, au démarrage, à la formation, à la gestion et à la commercialisation)
BÉNÉFICIAIRES	Institution de développement, de promotion et de financement	Promoteurs et/ou entreprises d'un pays ACP ou d'un pays membre de l'Union Européenne désirant s'engager individuellement ou conjointement dans un projet industriel dans un pays ACP		
TYPE DE CONTRIBUTION	Conseil, assistance technique ou subvention			
MONTANT	Cas par cas	Max. 150.000 ECU par projet par an (Le montant cumulé des contributions accordé au même projet/entreprise ne doit pas dépasser 300.000 ECU et doit être inférieur à 20% de l'investissement total sauf s'il s'agit de projets pilotes)		
LIMITES DE LA CONTRIBUTION DU CDI	Maximum 50% du coût total	Maximum 2/3 du coût total (Les promoteurs/entreprises bénéficiaires doivent contribuer à concurrence d'au moins un tiers du coût)		
OÙ PRÉSENTER VOTRE DEMANDE	Les bénéficiaires peuvent s'adresser directement au CDI ou contacter l'un des correspondants du réseau ACP ou l'une des institutions membres du réseau de l'Union Européenne du CDI dont la liste est disponible sur demande.			
PRÉSENTATION DE LA DEMANDE	Les entreprises et promoteurs doivent clairement expliciter l'assistance qu'ils requièrent auprès du CDI. Une brochure intitulée "Comment bénéficier des facilités du CDI" est également disponible sur demande. Celle-ci reprend de manière détaillée la présentation des dossiers de demande d'assistance dont un résumé est donné ci-après.			

CONTENU DE LA DEMANDE

En règle générale les informations à fournir sont les suivantes:

FACILITÉ 1:

Identification de projets industriels et de partenaires potentiels

- description de l'organisme qui présente la proposition et le cas échéant des entreprises pour le compte desquelles elle procède à l'identification,
- description et motivation de l'activité proposée,
- calendrier détaillé de l'exécution des opérations ponctuelles,
- proposition détaillée du budget.

FACILITÉ 2:

Opérations préalables à la réalisation du projet

- description de l'entreprise ou du promoteur qui présente une proposition, y compris l'information sur sa situation financière,
- description du projet à l'étude,
- un plan préliminaire de financement du projet d'investissement ou de développement,
- un plan de travail portant sur les opérations à entreprendre,
- décomposition du budget de l'opération proposée.

FACILITÉ 3:

Montage du projet

- description de l'entreprise existante et/ou de l'investissement envisagé (secteur, dimension, projections financières),
- étude de faisabilité du projet du point de vue technique, économique et financier,
- description de la structure financière et juridique proposée,
- programme de travail et proposition détaillée du budget.

FACILITÉ 4:

Démarrage et développement du projet

- description de l'entreprise, y compris sa situation financière,
- description du programme d'assistance technique et formation,
- programme de travail; objectifs principaux de l'assistance,
- proposition détaillée du budget.

CRATerre-EAG - Centre international de la Construction en Terre - Ecole d'Architecture de Grenoble

CRATerre-EAG est une organisation internationale scientifique et technique basée à Grenoble, France. En plus de 20 ans d'activité dans une cinquantaine de pays, CRATerre-EAG a acquis une compétence qui couvre tous les aspects de la construction en terre à tous les niveaux. La présente offre de services est spécifique et ne concerne que la technologie des blocs de terre comprimée (BTC).

Normalisation

CRATerre-EAG peut rendre des services en matière de normalisation qui couvrent un spectre très large : mise à jour des normes, rédaction de normes sur de nouveaux sujets, normes sur des nouveaux systèmes constructifs, normes pour des produits spécifiques, normalisation des équipements de production, normes sur les dispositions de calculs, élaboration de normes nationales, audit des entreprises, séminaires d'information, formation des laboratoires en matière d'essais, formation à la démarche qualité, rédaction de documents pédagogiques pour diffusion auprès des utilisateurs, traductions, mise en place de systèmes de certification, etc.

Formation

CRATerre-EAG peut assurer des formations concernant les domaines aussi divers que : identification des terres, fonctionnement et maintenance du matériel, production de BTC, mise en oeuvre, contrôle de qualité, etc. Les formations seront de préférence organisées dans les locaux de CRATerre-EAG où tous les moyens didactiques adaptés et nécessaires sont présents en permanence. Des formations peuvent également être envisagées sur le terrain.

Assistance technique

Les compétences de CRATerre-EAG couvrent tous les domaines qui concernent la promotion, la production et la construction en BTC : missions d'identification, études géotechniques, études de faisabilité, essais d'identification, installation d'équipements, organisation de la production, introduction de la démarche qualité, essais de laboratoire, gestion de la briqueterie, études de marché, stratégie commerciale, élaboration de systèmes constructifs, conception architecturale, calculs de structure, études économiques, etc.

Approvisionnement

CRATerre-EAG peut assurer toutes les tâches relatives à l'achat d'équipements de production et matériel de laboratoire, telles que : sélection d'équipements, contacts avec les fabricants, négociations sur les prix de vente, achat, suivi de la fabrication des équipements et des délais de livraison, réception du matériel, acheminement, etc.

Diffusion

Le commanditaire peut éditer en collaboration avec CRATerre-EAG des ouvrages techniques qui concernent l'installation, l'utilisation et l'entretien de ses équipements, des plans pour la construction des bâtiments, des rapports d'essais, des normes, etc.

Recherche

Le commanditaire peut confier à CRATerre-EAG des thèmes précis dont les résultats seront exploités par le commanditaire, par exemple des travaux sur des stabilisants particuliers, la mise au point de procédés de recyclage de déchets industriels, la conception de systèmes constructifs spécifiques, etc.

Les prestations de CRATerre-EAG ne se limitent pas seulement aux BTC mais le commanditaire peut également faire appel à CRATerre-EAG pour élargir son offre à d'autres produits en terre. Les prestations de CRATerre-EAG doivent être couvertes par un contrat.

CRATerre-EAG est l'un des partenaires de bassin (Building Advisory Service and Information Network - Réseau d'Information et de Conseil de la Construction) coalition d'experts ayant une expérience internationale concernant tous les aspects du secteur du bâtiment.

Actuellement, les partenaires de bassin sont :

- en **Allemagne** : GATE/GTZ (Centre allemand d'Echange pour les Technologies Appropriées de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) ;
- en **Argentine** : CEVE (Centre de recherche de l'habitat économique) ;
- en **France** : CRATerre-EAG (Centre international de la Construction en terre) ;
- en **Inde** : Development Alternatives (Développements Alternatifs) ;
- au **Kenya** : Shelter Forum (Forum Habitat) ;
- au **Royaume-Uni** : ITDG (Groupe de développement de la Technologie Intermédiaire) ;
- en **Suisse** : SKAT (Centre de coopération suisse pour la technologie et le management).

L'expérience et l'expertise de bassin comprennent :

- l'évaluation des ressources, des compétences et des opportunités locales,
- le développement d'approches centrées sur les individus leur permettant de se prendre eux-mêmes en charge,
- la révision des normes et règlements,
- l'évaluation d'investissements pour une production locale rentable,
- des programmes de formation pour l'information technologique et les techniques de construction,
- la diffusion et l'information,
- les programmes de recherche et développement,
- le renforcement des capacités locales pour la promotion d'une industrie du bâtiment active,
- la gestion de projets.

CRATerre-EAG/bassin

Centre international de la construction en terre
École d'Architecture de Grenoble
B.P. 53
F - 38092 VILLEFONTAINE CEDEX
FRANCE
Téléphone +33 4 74 95 43 91
Télécopie +33 4 74 95 64 21
Email craterre-eag.villefontaine@grenoble.archi.fr

ORAN - Organisation Régionale Africaine de Normalisation

Statut

L'Organisation Régionale Africaine de Normalisation (ORAN) est une organisation intergouvernementale africaine créée en janvier 1977 par la Commission Economique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA) et l'Organisation de l'Unité Africaine (OUA).

Membres

Tous les états membres de la Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies et l'Organisation de l'Unité Africaine peuvent devenir membres de l'ORAN.

Dès 1996, l'ORAN comptait 24 états membres.

Structure et administration

L'assemblée générale, qui consiste en les Etats membres de l'organisation, est l'organe suprême de l'ORAN. Lors de ses sessions, organisées tous les trois ans, l'assemblée générale se penche sur des questions de politique générale et sur des programmes prioritaires, et étudie et approuve des propositions futures.

Le conseil consiste en un Président, Vice-président, Trésorier et neuf membres élus de l'organisation. Il pilote, sous les directives de l'assemblée générale, les activités de l'organisation. Le conseil dirige aussi la mise en oeuvre des résolutions, approuve les programmes annuels de travail et les budgets et passe en revue les résultats qui en découlent.

Le Secrétariat, sous la responsabilité du Secrétaire Général, fournit les services administratifs pour l'assemblée générale, les réunions du conseil et les organes subsidiaires de l'organisation. L'administration de l'organisation est confiée au Secrétariat, sous les directives générales du conseil, et il exécute les résolutions et met en oeuvre les programmes de travail et les priorités.

Objectifs

En exécutant ses mandats, tels clairement définis par le plan d'action de Lagos, l'ORAN a mis en place divers organes, outils et programmes. Le plan d'action de Lagos a été davantage renforcé par le traité d'Abidjan de 1991, qui établit la Communauté Economique Africaine et le protocole associé sur la normalisation, la garantie de qualité et les systèmes de mesures.

Les objectifs de l'ORAN sont de :

- promouvoir les activités de normalisation en Afrique ;
- élaborer des normes régionales ;
- promouvoir le développement social, industriel et économique et fournir la protection du consommateur et la sécurité de l'homme en préconisant et en lançant des activités relatives à la normalisation en Afrique ;
- promouvoir l'harmonisation des opinions de ses membres et leur contribution et participation au niveau international dans le domaine de la normalisation.

Travail technique

Le travail technique de l'ORAN est concerné par le fonctionnement des activités dans les domaines principaux suivants :

- élaboration et publication de Normes Régionales Africaines ;
- activités de contrôle de qualité ;
- opérations de marquage de certification ;

- métrologie ;
- essais en laboratoire ;
- informations techniques et services experts en matière de normalisation ;
- programmes de formation ; et
- participation et échanges internationaux.

Le travail technique de l'organisation se déroule conformément aux dispositions détaillées dans les "Règles régissant les activités techniques de l'ORAN".

Activités et services

Il est prévu de réaliser les activités sous le volet de programmes suivants :

- élaboration et publication de Normes Régionales Africaines ;
- animation d'un réseau de documentation et de systèmes d'information (ARSO-DISNET) ;
- animation d'un réseau régional de centres d'essais, de métrologie et d'instrumentation (ORAN-TIMICNET), visant le développement et la promotion d'échanges de services d'essais, de métrologie et d'instrumentation ;
- animation de systèmes de certification régionale (ARSO-CERT) qui consiste en un système panafricain de certification par un tiers de conformité de produits aux Normes Régionales Africaines ou à d'autres normes techniquement équivalents ;
- animation du système d'accréditation de l'ORAN (ARAS), système pour accréditer des organismes de certification, d'essais et d'inspection après évaluation de leur indépendance, leur intégrité et leur compétence technique dans leurs domaines d'activité ;
- conduite de programmes de formation dans le domaine de la normalisation, le contrôle de qualité, la certification et la métrologie ;
- appui aux états membres pour le développement de leurs dispositifs nationaux pour la normalisation, le contrôle de qualité, la certification et la métrologie ;
- coordination des opinions et participation des états membres aux activités de normalisation internationale ; et
- réalisation d'activités de promotion.

Impact attendu

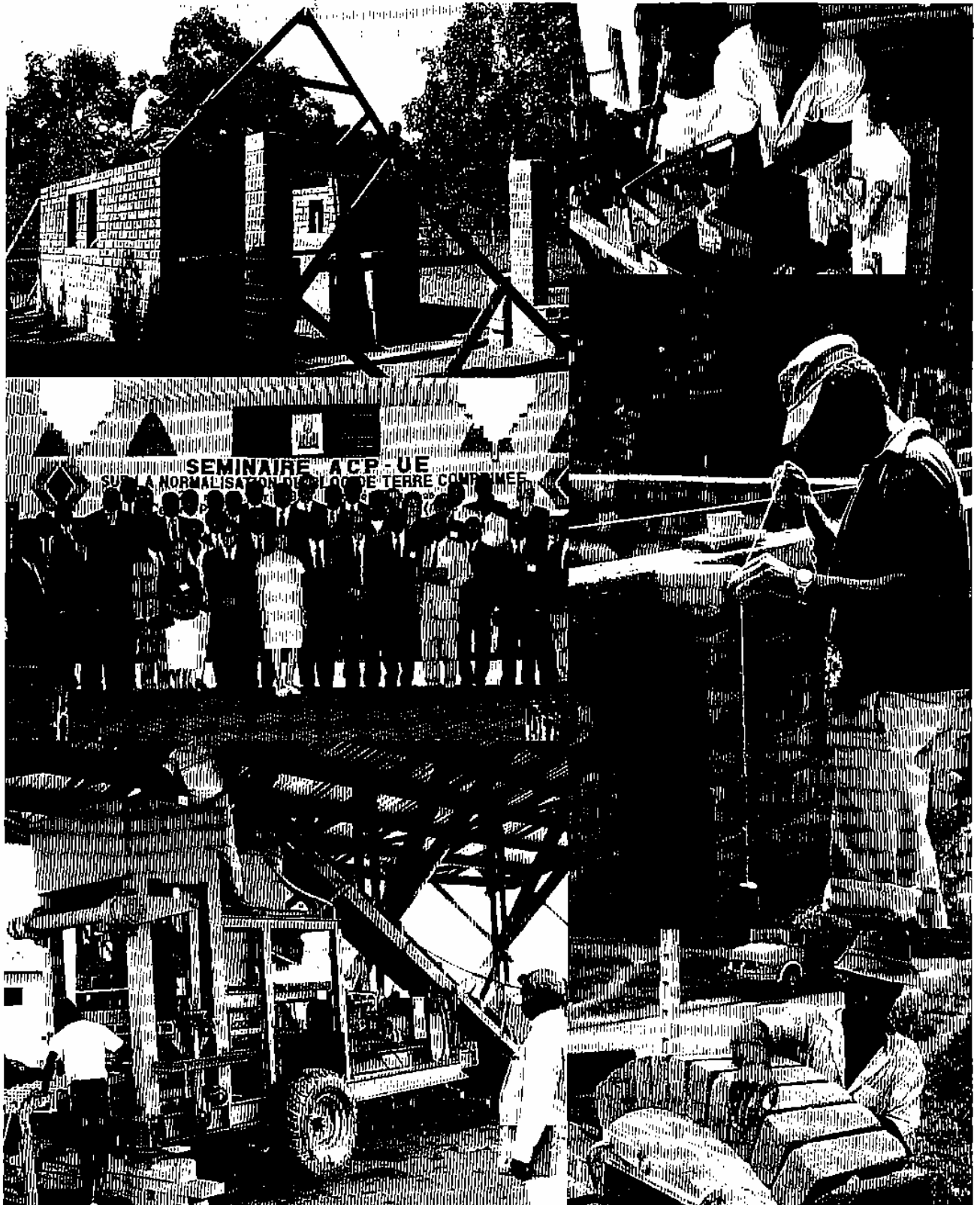
Il est attendu de l'ORAN que la conduite des activités aboutisse à la réalisation des objectifs du plan stipulés dans le plan d'action de Lagos pour le développement économique de l'Afrique par les impacts suivants :

- faciliter le développement et l'expansion du commerce inter-africain ;
- contribuer aux objectifs de réalisation de la région africaine ;
- aider au renforcement des normes nationales et des capacités de mesure des états membres et promotion de l'application effective de la science et la technologie pour le développement socio-économique des états membres ainsi que celle de la région ;
- aider à l'intégration et la coordination des infrastructures de transport et de communication dans la région ;
- contribuer à l'intégration rapide des divers secteurs économiques de la région africaine, comme stipulé dans l'acte final du plan d'action de Lagos ; et
- servir de forum pour la coordination effective des opinions et la participation des pays africains dans des démarches internationales de normalisation.

ORAN

Organisation Régionale Africaine de Normalisation
 12 th Floor - City Hall Annex - Muindi Mbingu Street, Nairobi
 P.O Box 57363, Nairobi, Kenya
 Téléphone +254 2 330 895, 330 882
 Télécopie +254 2 218 792
 Email arso@arso.gn.apc.org, or, arso@arso.sasa.unon.org

DEROULEMENT DE LA NORMALISATION REGIONALE



Les travaux des membres du comité scientifique et technique international «Technologie des blocs de terre comprimée» ont mené à l'élaboration de projets de textes normatifs sur les blocs de terre comprimée.

Après une phase de rédaction, ces textes ont été présentés à l'ORAN (Organisation Régionale Africaine de Normalisation) qui a décidé de leur attribuer une numérotation de normes provisoires.

Les textes normatifs ont ensuite été soumis à une assemblée de 37 experts en provenance de 16 pays qui ont participé au séminaire ACP-UE sur la normalisation du bloc de terre comprimée, organisé par le CDI du 23 au 27 avril 1996 à Yaoundé, Cameroun. Ces experts, représentant la diversité de l'ensemble de l'industrie du bâtiment, ont étudié et révisé les textes provisoires des normes sur les blocs de terre comprimée ainsi que les procédures de normalisation en 4 séances de travail en assemblée plénière et 3 séances de travail en sous-comités techniques.

121 pages de textes concernant 10 normes ont été examinées. Plus de 100 amendements ont été apportés et une série de nouvelles normes a été élaborée.

Lors de la dernière séance plénière, les textes amendés ont été présentés par les présidents des sous-commissions techniques et soumis pour acceptation à l'ensemble des experts qui ont proposé quelques amendements complémentaires qui ont été intégrés, après quoi les textes ont reçu l'approbation générale des experts et le consensus a été obtenu.

Ces textes provisoires amendés ont ensuite été soumis à l'ensemble des membres du comité scientifique et technique international qui a suggéré un nombre de corrections et clarifications qui restent entièrement dans l'esprit du séminaire de Yaoundé.

L'ORAN a soumis les textes au vote formel à l'ensemble des organismes nationaux de normalisation des 24 pays membres dont les remarques et corrections ont été intégrées dans les textes. Sous les auspices du Comité Technique sur le Bâtiment et le Génie Civil (ORAN/CT3) et après avoir satisfait aux procédures en matière de l'approbation, les normes ont été approuvées et le 18 octobre 1996, l'ORAN leur a attribué la numérotation et le statut de Normes Régionales Africaines.

Experts du comité scientifique et technique international «Technologie des blocs de terre comprimée»

Ce comité a élaboré le contenu des textes normatifs provisoires et a révisé les normes provisoires adoptées par les experts du séminaire de Yaoundé.

- **Afrique du Sud** : Morris J., University of the Witwatersrand.
- **Afrique du Sud** : Wallis B.L., Council for Scientific and Industrial Research.
- **Algérie** : Benouali A., Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment.
- **Australie** : Heathcote K., Sydney University of Technology.
- **Australie** : Hornibrook J., Queensland University of Technology.
- **Australie** : Walker P., University of New England.
- **Cameroun** : Bidjocka C., Ecole Nationale Supérieure Polytechnique.
- **France** : El Gharbi Z., Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat.
- **France** : Fadli A., CEAA-Terre - Ecole d'Architecture de Grenoble.
- **France** : Houben H., Centre international de la Construction en Terre - Ecole d'Architecture de Grenoble, Coordinateur.
- **France** : Mesbah A., Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat.
- **France** : Olivier M., Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat. Secrétaire Général.
- **France** : Simonnet J., (ex) Centre Expérimental de recherches et d'études du Bâtiment et des Travaux Publics.
- **Inde** : Maïni S., Auroville Building Center.
- **Royaume Uni** : Webb D., (ex) Building Research Establishment.
- **Togo** : Samah O., Centre de la Construction et du Logement.

Experts du séminaire de Yaoundé sur la normalisation des blocs de terre comprimée

Ces experts ont adopté par consensus les textes des normes provisoires lors de l'assemblée plénière du 26 avril 1996.

- **Allemagne** : Strassburger H., Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- **Burkina Faso** : Yamba T., Ministère des Infrastructures, de l'Habitat et de l'Urbanisme.
- **Burundi** : Baransaka D., Société Immobilière Publique.
- **Burundi** : Hamenyimana E., Bureau d'Etudes Topographiques, Urbanisme et Construction.
- **Burundi** : Nzinahora G., Bureau Burundais de Normalisation et Contrôle de la Qualité.
- **Cameroun** : Bidjocka C., Ecole Nationale Supérieure Polytechnique.
- **Cameroun** : Chendjou F., Ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat.
- **Cameroun** : Diwouta Kotto D., Cabinet d'architecture Diwouta.
- **Cameroun** : Djoda H., Crédit Foncier Cameroun.
- **Cameroun** : Epée R., Ecole Nationale Supérieure Polytechnique.
- **Cameroun** : Kuete Sonkoue M., Terkocam.
- **Cameroun** : Otye Elemva G., Société Immobilière du Cameroun.
- **Cameroun** : Sendé J.V., Arter.
- **Cameroun** : Tanke Toka J.Th., Ecofac.
- **Congo** : Birangui Mbys P., Sobaco.
- **Congo** : Moudzingoula J., Ministère du Développement Industriel, de l'Energie et des Mines.
- **Congo** : Moukakou B., Haut-Commissariat à l'Urbanisme, Habitat et Cadastre.
- **Côte d'Ivoire** : Aka J.J., Côte d'Ivoire Normalisation.
- **Côte d'Ivoire** : Romagnolo Ph., Art'Terre.
- **France** : Houben H., Centre international de la Construction en Terre - Ecole d'Architecture de Grenoble.
- **France** : Olivier M., Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat.
- **France** : Simmonet J., Centre Expérimental de recherches et d'études du Bâtiment et des Travaux Publics.

- **Gabon** : Béluriée P., Université des Sciences et Techniques de Masuku.
- **Gabon** : Ndegue F., Crédit Foncier du Gabon.
- **Gabon** : Ngoua-Obiang P., Ministère de l'Équipement et de la Construction.
- **Guinée Equatoriale** : Cayetano Toerida E.M., Consultec.
- **Guinée Equatoriale** : Ela Kung Nkono G., Ministère de l'Industrie et de Promotion de PME.
- **Nigeria** : Ogunsusi V., Centre for Earth Construction Technology.
- **République Centrafricaine** : Feiganazou A., Société Dominor.
- **République Centrafricaine** : Wodobode P., Ministère des Travaux Publics, Habitat et Aménagement du Territoire.
- **République Centrafricaine** : Zouta-Yamandja G., Chambre de Commerce d'Industrie des Mines et de l'Artisanat.
- **Royaume Uni** : Lowe L., Intermediate Technology Development Group et Building Advisory Service and Information Network.
- **Sao Tomé & Príncipe** : Bonfim F., Ministère de l'Industrie.
- **Sénégal** : Sarr B., Institut Sénégalais de Normalisation et Organisation Régionale Africaine de Normalisation.
- **Tchad** : Schärer R., Arc en Terre.
- **Togo** : Kouliho A., Société de Contrôle Technique.
- **Togo** : Samah O., Centre de la Construction et du Logement.

Organismes nationaux de normalisation des pays membres de l'ORAN

Ces organismes ont participé au vote formel qui a conduit l'ORAN à attribuer le statut de Normes Régionales Africaines le 18 octobre 1996.

- **Burkina Faso** : Direction Générale de la Qualité et de la Métrologie.
- **Cameroun** : Ministère du Commerce et de l'Industrie.
- **Côte d'Ivoire** : Côte d'Ivoire Normalisation.
- **Egypte** : Egyptian Organization for Standardization and Quality Control.
- **Ethiopie** : Ethiopian Authority for Standardization.
- **Ghana** : Ghana Standards Board.
- **Guinée** : Institut de Normalisation et de Métrologie.
- **Guinée-Bissau** : Ministère de Ressource Naturelle et de l'Industrie.
- **Kenya** : Kenya Bureau of Standards.
- **Liberia** : Bureau of Standards.
- **Libye** : National Centre of Standardization and Metrology.
- **Malawi** : Malawi Bureau of Standards.
- **Maurice** : Mauritius Standards Bureau.
- **Niger** : Ministère des Mines, de l'Energie, de l'Industrie et de l'Artisanat.
- **Nigeria** : Standards Organization of Nigeria.
- **Ouganda** : Uganda National Bureau of Standards.
- **Sénégal** : Institut Sénégalais de Normalisation.
- **Sierra Leone** : Bureau of Standards.
- **Soudan** : Standards and Quality Control Department.
- **Tanzanie** : Tanzania Bureau of Standards.
- **Togo** : Ministère de l'Industrie et des Sociétés d'Etat.
- **Tunisie** : Institut National de Normalisation et de Propriété Industrielle.
- **Zaïre** : Département de l'Economie Nationale et de l'Industrie.
- **Zambie** : Zambia Bureau of Standards.

L'industrialisation des blocs de terre comprimée permet de transformer la terre, sans cuisson, en éléments de maçonnerie qui sont résistants, durables et peu coûteux.

La production des blocs de terre comprimée et leur mise en oeuvre génère des emplois, économise les devises et nécessite des investissements relativement faibles qui sont à la portée des petites et moyennes entreprises.

Grâce à ces performances sur les plans technique et économique, les blocs de terre comprimée font aujourd'hui l'objet d'une demande croissante dans les pays ACP, tant pour la réalisation de logements que de bâtiments publics tels que dispensaires, hôpitaux, écoles, marchés couverts, centres artisanaux, locaux administratifs.

Afin d'être recevables, les réponses des concepteurs et entreprises doivent être conformes à la législation en vigueur.

Ce guide présente un ensemble de normes homologuées sous les Normes Régionales Africaines qui doivent dorénavant permettre aux maîtres d'ouvrage d'accepter les propositions en blocs de terre comprimée faites par les maîtres d'oeuvre et les constructeurs.

Ce guide se veut aussi outil d'aide pour la rédaction de Normes Nationales en matière de blocs de terre comprimée.

Série "Technologies"

- 1 — Briquettes à base de déchets végétaux
- 2 — La valorisation du phosphate en Afrique
- 3 — La production de savon
- 4 — Production de peinture
- 5 — Blocs de terre comprimée, équipements de production
- 6 — Mousse de polyuréthane souple : production en discontinu
- 7 — La filière avicole industrielle en zone sahélienne
- 8 — Les produits de concassage : équipements de production
- 9 — Les petites boulangeries et la valorisation des céréales locales dans les pays ACP
- 10 — L'emballage des jus de fruits et des boissons fruitées non gazeuses
- 11 — Blocs de terre comprimée : Normes
- 12 — Elevage industriel du Tilapia

Série "Contrats et partenariat"

- 1 — Les achats d'équipements industriels
- 2 — S'implanter en pays ACP
- 3 — ACP-UE : Guide du partenariat dans l'industrie

Série "Evaluation et financement des projets"

- 1 — Ressources financières pour les projets industriels dans les pays ACP
- 2 — Manuel FINAN
- 3 — Outils et instruments de la coopération industrielle

Série "Développement des exportations"

- 1 — L'exportation des produits de la mer

Série "Forums"

- 1 — Le secteur agro-alimentaire en Afrique de l'Ouest - 1995
- 2 — Les matériaux de construction en Afrique Centrale - 1995

Série "Dossier du CDI"

- 1 — La pêche lacustre en Ouganda : La perche du Nil
- 2 — Perspectives commerciales de l'horticulture des roses en Afrique de l'Est et Australe
- 3 — Développer la filière pêche au Mozambique
- 4 — Débouchés à l'exportation des fruits transformés en provenance des Caraïbes