

GUIDE PRATIQUE

DETERMINATION DES SOLUTIONS ADAPTEES À LA REPARATION DES DESORDRES DES BATIMENTS PROVOQUES PAR LA SECHERESSE

FASCICULE 1

BASES DE REFERENCE

GUIDE ELABORE PAR LE C.E.B.T.P.

SOUS L'EGIDE DE : L'AQC L'APSAD L'AFAC LA CCR LA FNB

FASCICULE I

SOMMAIRE

	V	A .	TT	r T	CIC	0	D	1	C
А	v	A	NI	-	-ĸ	w	r	L B	$\boldsymbol{\sigma}$

AVERTISSEMENT

1.	TRUTH	ואראוידיי	GENER	ATT
	1154 1 16	 	TANK MIN	A II H

- 1.1. Exposé du problème
- 1.2. Présentation du guide

2. METHODOLOGIE

3. EXPOSE SUR LES ELEMENTS DU GUIDE ET SUR LES ETAPES SUCCES-SIVES

3.1 Recueil des données

$\boldsymbol{\alpha}$.1.	-	•
-			Environnement

- 3.1.2 Hauteur de pluviosité efficace HPE
- 3.1.3 Description du gros-oeuvre
- 3.1.4 Données géotechniques sur le sol de fondation
- 3.1.5 Relevé des désordres apparents

3.2. Etablissement du diagnostic

- 3.2.1 Diagnostic préliminaire
- 3.2.2 Diagnostic environnement
- 3.2.3 Diagnostic du gros oeuvre
- 3.2.4 Diagnostic des désordres intérieurs du second oeuvre
- 3.2.5 Diagnostic des désordres des aménagements extérieurs

3.3. Interprétation des désordres

- 3.3.1 Interprétation des désordres du gros oeuvre
- 3.3.2 Interprétation des désordres résultant des défauts de traitement de l'environnement
- 3.3.3 Interprétation des désordres des aménagements extérieurs
- 3.3.4 Interprétation des désordres intérieurs du second oeuvre

3.4 Solutions de réparation du gros oeuvre, recommandations et commentaires

- 3.4.1 Solutions pour le cas de gravité maximale F1
- 3.4.2 Solutions pour les cas de moindre gravité F2 et F3
- 3.4.3 Remarques et commentaires sur les réparations du gros oeuvre dans le cas de gravité maximale F1

QUELQUES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GLOSSAIRE

AVANT PROPOS

Ce guide technique a été réalisé par le CEBTP (Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics) sous l'égide des Professionnels des assurances et de la construction, désireux de mettre à disposition des experts des aides au diagnostic et à la sélection de solutions techniques de réparation des désordres attribués à la sécheresse.

Les organisations suivantes :

l'Agence pour la Prévention des Désordres et l'Amélioration de la Qualité de la Construction (AQC),

l'Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages (APSAD).

l'Association Française des Assureurs Construction (AFAC)

la Caisse Centrale de Réassurance (CCR), la Fédération Nationale du Bâtiment (FNB),

se sont rassemblées pour confier au CEBTP l'élaboration de ce guide pratique, dans le but d'apporter aux propriétaires des bâtiments affectés par les désordres, par l'intermédiaire des experts, un éventail aussi complet que possible des solutions les plus adaptées tant sur le plan technique qu'économique.

Ce guide technique est le résultat du travail d'un groupe constitué par des ingénieurs et des spécialistes du CEBTP, auquel ont collaboré des experts extérieurs, représentants de

bureaux d'étude et de contrôle et de cabinets d'expertise.

L'avancement de l'élaboration de ce guide a fait l'objet d'un suivi de la part des professionnels commanditaires, par l'intermédiaire d'un comité de pilotage, d'une commission technique et d'une commission action-communication.

Le groupe de travail du CEBTP, élargi aux experts extérieurs, s'est en outre tenu constamment informé des travaux effectués par la Commission sécheresse instituée par la Délégation aux risques naturels majeurs du ministère de l'Environnement et portant sur les procédures administratives de déclaration de catastrophe naturelle pour la sécheresse.

Nous tenons à remercier les représentants des organismes précités qui nous ont accordé leur confiance et qui ont suivi et guidé notre démarche, les représentants régionaux du CEBTP qui nous ont fourni de précieux renseignements pour notre enquête nationale, ainsi que tous les experts qui ont participé aux travaux du groupe de travail sécheresse du CEBTP et qui nous ont fait bénéficier de leur compétence et de leurs expériences :

MM. Blondeau (SOCOTEC), Boutin (SOCABAT), Chevalier (SARETEC), Clauzon (Union Nationale de la Maconnerie), Coin (Représentant le SNBATI), Festa (Expert), Isnard (VERITAS), Jarrault (SARETEC), Logeais (Expert), Philipponnat (SOPENA), Pliskin, Silleran et Tardy (Experts).

L'équipe du CEBTP qui a assuré la permanence de la coordination des travaux, les mises en forme progressives du guide et les rédactions comprenait MM. Mariotti, Raynaud et Lecaillon, que l'on doit remercier plus particulièrement.

Dans le but de compléter, d'améliorer et de mettre à jour ultérieurement et en accord avec les professionnels concernés, la méthodologie et les recommandations de ce guide, nous invitons vivement les experts qui auront l'occasion de mettre cet ouvrage en application, de faire part au CEBTP de toutes observations ou expériences intéressantes qu'ils auront été amenés à faire dans le cadre d'expertises de sinistres de bâtiments imputables à la sécheresse.

AVERTISSEMENT

Objet du guide

Le but du présent guide limité à une matière purement technique est de fournir aux experts confrontés à des problèmes pathologiques attribuables à une sécheresse exceptionnelle, des aides à l'expertise leur permettant d'établir un diagnostic de la façon la plus méthodique et la plus sûre possible, et d'en déduire des préconisations de réparation adaptées.

Le contenu technique de ce guide pratique et son utilisation ne sauraient induire l'implication des constructeurs ou entraîner l'indemnisation par les assureurs.

Champ d'application du guide

Le champ d'application du guide est essentiellement celui des constructions de faible hauteur en France, notamment les maisons individuelles affectées de désordres résultant d'une période de sécheresse exceptionnelle, singulièrement la période 1989-1990. Il exclut les ouvrages de génie civil.

Le guide est destiné à des spécialistes des problèmes de construction ; son exploitation suppose que ces experts disposent de connaissances suffisantes en géotechnique et dans le domaine des structures et des matériaux.

Le guide propose aux experts une méthodologie qui se veut pratique et qui a donc été définie avec un inévitable souci de simplification. Il peut donc laisser subsister pour chaque cas pathologique des éléments relevant de l'appréciation des experts. En outre, le guide couvre le maximum de cas possible de désordres dûs à la sécheresse dans les constructions, sans prétendre pouvoir les traiter tous. Il appartient à l'expert d'apprécier le cas échéant si des études et des investigations plus approfondies doivent être entreprises venant à l'appui de ce guide ou si la particularité et la complexité du cas étudié nécessitent une étude spécifique élargie à d'autres spécialistes : en particulier, en cas de difficultés posées par les sols et les interactions sols-structure, l'expert est invité à faire appel à un bureau d'études sols et structures spécialisé. Dans ces conditions, le guide pourra s'appliquer à la majorité des cas courants.

Le guide cherche à faciliter le travail de l'expert mais n'impose pas de solution toute faite : il appartient toujours à l'expert, qui détient l'ensemble des éléments d'un dossier (non seulement techniques, mais également juridiques, administratifs, économiques, humains...) de rechercher, en toute liberté, la solution définitive adaptée et optimisée pour chaque cas.

Le guide a pour objectif d'être utilisé comme un outil technique en vue de solutions curatives à des problèmes pathologiques et non au niveau de la conception ou dans le cadre d'un projet. Il ne présente aucun caractère prescripteur ou réglementaire. L'attention des utilisateurs est attirée sur le risque qu'il y aurait d'ailleurs à l'exploiter de la sorte.

Le guide proposant des principes de solutions, il appartient aux décideurs, c'està-dire aux assureurs avec le conseil de leurs experts, de prolonger l'action du guide par un recours à un bureau d'étude qualifié et/ou à un bureau de contrôle, afin de mettre au point le projet détaillé des travaux de réfection et le cas échéant de contrôler leur réalisation, notamment dans les 2 hypothèses suivantes :

solutions techniquement lourdes

- solutions économiquement intéressantes mais présentant un certain risque.

La mission du guide s'arrête à la préconisation de types de solutions et ne préjuge pas de la qualité ultérieure des projets et notes de calcul, non plus que de celle des travaux.

Le CEBTP et son groupe de travail qui ont élaboré ce guide, restent prêts à apporter leur conseil et à proposer leurs services aux experts pour les cas qu'ils jugeraient délicats, ou pour compléter les investigations, en vue d'une utilisation convenable du guide.

Le CEBTP ne saurait être tenu pour responsable d'une application défectueuse ou erronée du guide à un cas ne relevant pas de la sécheresse ou d'une interprétation faussée, notamment par insuffisance dans l'investigation et le recueil des données de base.

DETERMINATION DES SOLUTIONS ADAPTEES À LA REPARATION DES DESORDRES DES BATIMENTS PROVOQUES PAR LA SECHERESSE

EXPOSE DES PRINCIPES D'ELABORATION ET DES BASES DE REFERENCE DU GUIDE PRATIQUE

1. INTRODUCTION GENERALE

1.1 EXPOSE DU PROBLEME

La période biennale 1989-1990 a été marquée par une sécheresse importante qui a entraîné des phénomènes de dessiccation et de retrait des sols argileux. Ces phénomènes d'amplitude et de profondeur plus importantes que celles des phénomènes moyens saisonniers ont été la cause de nombreux dommages de constructions légères sur une grande partie du territoire national.

Devant le caractère exceptionnel de ces désordres et de leur cause, il est apparu aux Professionnels, Assureurs et Constructeurs, nécessaire d'élaborer un guide destiné à aider les experts dans l'établissement d'un diagnostic des désordres et dans le choix des solutions de réparation appropriées.

1.2 PRESENTATION DU GUIDE

Le guide pour la réparation des désordres des bâtiments provoqués par la sécheresse a été élaboré à partir, d'une part d'une étude documentaire destinée à recueillir les données disponibles sur l'ensemble des effets de la sécheresse sur les constructions, d'autre part de consultations auprès du service de la météorologie nationale, et enfin de l'exploitation d'une enquête effectuée auprès de différents professionnels et établie en vue d'obtenir la situation géographique des désordres, de connaître les types de bâtiments et structures les plus souvent affectés, de définir les différentes formes de désordres rencontrés et les différents types de sols concernés.

Le guide conduit à des recommandations résultant d'un mode de synthèse basé sur un rapprochement rationnel et optimisé entre les données de base d'un cas pathologique et des procédés de réparation.

La réalisation de ce guide a été conduite en tenant compte de deux objectifs apparemment difficiles à concilier.

- la production d'un document simple et concis dans sa forme en vue de son utilisation comme outil opérationnel par les experts,
- la mise à disposition auprès des experts d'éléments techniques détaillés, compte tenu de la complexité des phénomènes et des problèmes techniques.

Il a été possible de satisfaire ces deux objectifs en scindant le guide en trois fascicules :

Fascicule 1: Exposé des principes d'élaboration et des bases de référence du guide

Pratique.

Fascicule 2: guide Pratique à usage courant des experts, leur permettant d'aboutir au

diagnostic et au choix de mesures curatives.

Fascicule 3: Annexes techniques:

Annexe I - Cause des désordres dus à la dessiccation différentielle des sols

en période de sécheresse.

Annexe II - Analyse des caractéristiques météorologiques de la sécheresse

Annexe III - Résultats de l'enquête nationale sur les désordres des

constructions provoqués par la sécheresse

Annexe IV - Trois exemples complets d'utilisation du guide pratique

Annexe V - Note sur les géomembranes et sur leur rôle antiracines

Un glossaire des termes les plus couramment utilisés dans ce guide est donné à la fin des Fascicules 1 et 2.

2. METHODOLOGIE

Il est apparu que les désordres dus à la sécheresse n'étaient pas suffisamment maîtrisés dans les documents disponibles actuels et méritaient la rédaction d'un guide pratique destiné à aider les experts dans l'établissement du diagnostic des désordres et dans le choix des solutions suffisantes.

La sécheresse est le résultat d'une profonde anomalie du bilan hydrique naturel affectant certaines régions au cours de périodes dont la durée peut s'étaler sur une ou plusieurs années ; il est clair que la sécheresse se présente donc comme un évènement fortuit et n'est pas associable à une tendance climatique persistante.

Les périodes de sécheresse et les anomalies qu'elles entraînent dans le bilan hydrique des régions qui en sont affectées retiennent l'intérêt des différents spécialistes pour les phénomènes qui concernent particulièrement leur discipline :

- le climatologue et le météorologue s'attacheront essentiellement à la pluviosité (Annexe II) puis à l'évaporation des plans d'eau libre et du couvert végétal,
- l'agronome ajoutera aux deux facteurs précédents les réserves hydriques superficielles de la surface des sols et tiendra compte des incidences de la sécheresse suivant les propriétés pédologiques des sols superficiels et suivant leur capacité de rétention,
- l'hydrologue, outre les paramètres précédents, tiendra compte encore du régime des ruissellements superficiels dépendants des caractéristiques hydrogéologiques et géomorphologiques des bassins, et s'attachera aussi au suivi des nappes phréatiques,
- enfin, en raison des phénomènes de dessiccation et de retrait que subissent certains sols argileux du fait de l'évolution de tous les paramètres précédents, les périodes de sécheresse retiennent l'attention des spécialistes de la construction et particulièrement des géotechniciens du fait des dommages qui se produisent, du diagnostic à formuler, des systèmes de réparation ou de prévention à prévoir. L'attention se porte alors sur environ les deux premiers mètres depuis la surface.

Il apparaît donc souhaitable pour le constructeur de consulter également les autres spécialistes précités qui peuvent apporter de précieuses informations sur les données permettant de définir statistiquement certains critères fondamentaux des périodes de sécheresse comme, par exemple, la profondeur limite que peut atteindre le faisceau des variations des teneurs en eau suivant la nature des sols, ou encore l'abaissement des niveaux des nappes phréatiques.

Le guide qui est présenté a été préparé à partir d'une étude bibliographique destinée à recueillir les données disponibles sur les périodes de sécheresse, et à partir de l'exploitation d'une enquête effectuée auprès de différents professionnels et établie en vue d'obtenir la régionalisation des désordres, de connaître les types de bâtiments et structures les plus souvent affectés, de définir les différentes formes de désordres et les différents types de sols correspondants. Il a été également appuyé sur des données recueillies auprès du service de la météorologie nationale.

Après un rappel des données recueillies sur ce problème (Annexe I) et après un rappel des résultats de l'enquête (Annexe III), l'objet essentiel de ce guide est :

- * de proposer une méthodologie d'investigation et de diagnostic,
- * de proposer les types de réparation destinés suivant la nature et la gravité des désordres :
 - à supprimer l'apparence des désordres, à redonner un aspect normal au bâtiment,
 - à traiter l'environnement du bâtiment pour réduire les effets de la sécheresse,
 - à soustraire la structure aux effets de la sécheresse ou à la conforter pour qu'elle résiste aux efforts parasites qui ont donné lieu aux désordres, ou bien encore, le cas échéant, à reporter les niveaux de fondation à une profondeur ou les risques de dessiccation sont limités, par reprise en sous-oeuvre,
 - à traiter la réparation des aménagements extérieurs et intérieurs.

Bien entendu, chacun de ces types de traitement comprend une série de procédés ou de technologies dont le choix dépend de la gravité et de la nature des désordres, de la nature et du profil des sols, du type de structure constituant le bâtiment, et des caractéristiques de l'environnement.

Enfin, il convient de proposer un certain nombre de recommandations impératives qui doivent être associées aux conditions de réalisation et à l'optimisation de la période de réalisation.

La procédure de travail et d'utilisation du guide est basée sur une démarche séquentielle et rationnelle qui se résume comme suit :

1ère étape A : Visites d'expert - Enquête et recueil des données

- relevé des désordres apparents,
- recueil des données sur l'environnement,
- recueil des données sur le type de structure et les aménagements extérieurs, notamment les niveaux de fondation,
- recueil des données géotechniques sur les sols de fondation.

2ème étape B : Etablissement du diagnostic à partir des données précédentes

- 1) réponse à la question : "Les désordres constatés sont-ils attribuables à la sécheresse?"
- 2) si oui : Analyse et interprétation des désordres
 - structure, gravité du cas vis-à-vis du niveau des réparations à prévoir
 - aménagements extérieurs
 - désordres du second oeuvre

3ème étape C: Etude des solutions

- * solutions élémentaires relevant de :
 - l'environnement,
 - la restitution d'un aspect esthétique satisfaisant,
 - la réparation de l'ossature et des fondations suivant les cas par :
 - . reconstitution des maçonneries fissurées,
 - . rigidification,
 - . reprise en sous-oeuvre reportant plus profondément le niveau de fondation,
 - . protections périphériques par géomembranes enterrées,
 - . micropieux,
 - . réalisation de joints de désolidarisation,
 - . démolition et reconstruction.
 - la remise en état des éléments intérieurs du second oeuvre (dallages/cloisons),
 - la réparation des aménagements extérieurs.
- * synthèse et choix d'une ou plusieurs combinaisons optimales en tenant compte :
 - de la compatibilité des solutions élémentaires combinées,
 - des risques et effet de retour par regonflement du sol,
 - des coûts comparés.
- * établissement de recommandations associées aux conditions de réalisation, à l'optimisation de la période de réalisation, à l'ordre des phases d'exécution.

Il reste entendu que les 3 phases méthodologiques constituent un tout cohérent et que, pour une utilisation correcte du guide, elles ne sauraient être traitées qu'ensemble et dans l'ordre. En outre, la phase "diagnostic" ne peut valablement aboutir que si la phase "recueil des données" a été menée jusqu'à un niveau suffisant.

La méthodologie proposée doit par ailleurs permettre à l'expert, non seulement de poursuivre jusqu'à terme la démarche générale du guide dans le cas d'une configuration reconnue de sécheresse, mais également de reconnaître les cas d'espèce ou douteux devant le conduire à sortir du cadre de la démarche du guide et l'inciter à recourir alors à une tout autre approche, en faisant appel à des spécialistes.

Enfin, si le fascicule 2 constitue l'outil opérationnel de l'expert, il n'en reste pas moins que le guide consiste en un ensemble logique et articulé de 3 fascicules ; l'exploitation pratique des tableaux synthétiques du fascicule 2 exige que l'expert ait pris connaissance des principes de base et des éléments d'interprétation du fascicule 1 et des développements techniques du fascicule 3.

3. EXPOSE SUR LES ELEMENTS DU GUIDE ET SUR LES ETAPES SUCCES-SIVES

Les principes d'utilisation du guide sont schématiquement indiqués par un organigramme représentant les 3 étapes :

- recueil des données,
- établissement du diagnostic,
- études des solutions de réparation.

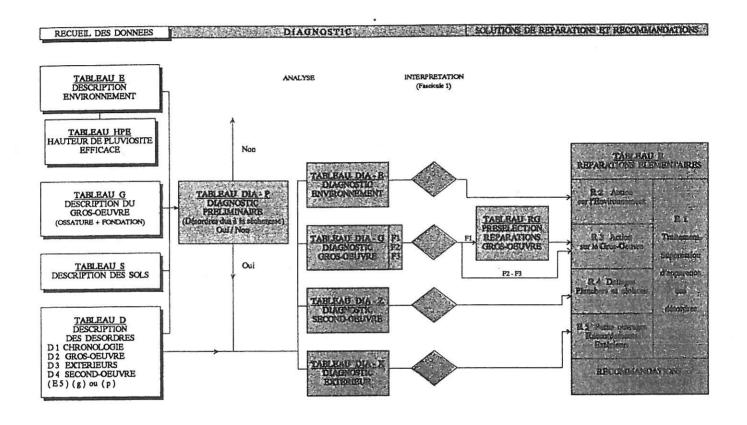
Les interventions de l'expert se déroulent suivant le cheminement logique constitué par ces 3 étapes, en s'appuyant sur les tableaux-guides du fascicule 2.

Les phases Recueil des Données et Diagnostic présentent un caractère quasiautomatique dans la mesure où la consultation de tableaux et la réponse aux questions qui y figurent sont sensées être suffisantes pour aboutir à un diagnostic dans la majorité des cas courants. L'expert doit néanmoins apprécier la pertinence des critères proposés et se rendre compte du degré d'adéquation de la méthodologie et des réponses qu'il apporte, au cas étudié.

Il est par ailleurs évident que l'expert dispose de sa liberté et de sa capacité de jugement pour interpréter les relations causes-effets des désordres, pour estimer leur gravité et surtout pour faire son choix parmi les multiples solutions techniquement possibles de réparation ou de confortement proposées par le guide. En effet, un tel choix dépend non seulement de considérations techniques que le guide s'est efforcé d'appréhender au maximum, mais également d'éléments spécifiques dépendant du contexte, que seul l'expert peut apprécier (facteurs humains, économiques, juridiques, régionaux).

Enfin, l'expert doit être en mesure, à chaque étape de la démarche générale du guide, de se déterminer sur la poursuite de cette démarche, en l'état des choses ou après des investigations complémentaires, ou sur la sortie de cette démarche avec recours à une étude spécifique et consultation de spécialistes.

A - RECUEIL DES DONNEES



Cinq tableaux-guides sont utilisés pour le recueil des données de base. Leur exploitation est codifiée.

Nota:

En dehors des nombres-codes prévus et correspondant à des réponses formelles, il convient d'inscrire le chiffre 9 en cas d'absence de l'information et le chiffre 0 en cas de réponse négative.

3.1. RECUEIL DES DONNEES

3.1.1 Environnement (Tableau E)

E1: Pente

Il s'agit notamment de relever la pente du terrain naturel et les pentes éventuelles des remblais ou déblais, la présence de zones de stagnation, les indices d'instabilité de pente, la position du bâtiment sur le profil général du terrain. Les pentes seront classées en < 10 %, de $10 \ a$ 20 %, > 20 %.

E2 : Eaux de ruissellement et eaux pluviales des toitures

Il s'agit d'estimer si la collecte et l'évacuation des eaux superficielles (toitures et abords) sont efficaces ou au contraire si elles peuvent entraîner des anomalies dans le profil hydrique des sols de fondation.

Il s'agit de reconnaître également les zones éventuellement revêtues de la surface du terrain environnant, et notamment pour les terrains en pente de juger de l'efficacité des systèmes collecteurs et évacuateurs existants.

E3: Existence d'eaux souterraines

Il s'agit d'enquêter sur la présence ou l'absence de nappe permanente, de sources saisonnières ou de venues d'eau accidentelles, d'en connaître la profondeur et d'enquêter sur la présence, la forme et l'efficacité des drains éventuellement existants. L'existence d'une nappe permanente qui s'est maintenue au niveau de la fondation ou à faible distance de ce niveau exclut l'action de la sécheresse sur le gros oeuvre.

E4: Pluviosité efficace (cf Annexe II.1)

La pluviosité n'est efficace pour l'humidification des sols et l'alimentation des nappes que s'il s'agit de pluies bien réparties dans le temps dont la part évacuée ou éliminée par ruissellements et par évapotranspiration est faible.

La pluviosité efficace est donc constituée par la différence entre la hauteur des précipitations et la part des précipitations éliminées par évapotranspiration.

Elle est comptée au cours de la période incriminée par le pourcentage HPE de hauteur d'eau efficace à prendre en compte pour le site par rapport à la moyenne trentennale ; cependant la durée de la période considérée a une importance particulière car un déficit de pluies relativement faible mais répété successivement sur 2 ou 3 années peut avoir le même effet qu'un très fort déficit concentré sur quelques 6 à 7 mois consécutifs.

Ainsi les périodes considérées sont :

- 6 mois consécutifs,
- 12 mois consécutifs,
- 24 mois consécutifs

avec des critères propres à chaque période, étant entendu que l'antériorité de la période maximale de 24 mois est comptée à partir de la date présumée d'apparition des désordres.

E5 : Existence de végétation (arbres et arbustes)

On sait que même en période normale la présence d'arbres ou de certains arbustes à proximité des murs peut donner lieu à des désordres localisés dans la structure du bâtiment ; en conséquence, on ne pourra incriminer le rôle de la végétation que si la localisation des désordres coïncide avec la proximité d'arbres ou arbustes, et que si les désordres constatés sont apparus pendant ou à la suite de la période de sécheresse et n'existaient pas auparavant ou bien si des désordres antérieurs légers et n'ayant causé aucun préjudice auparavant se sont manifestement aggravés pendant ou à la suite de la période de sécheresse.

En effet, en période de sécheresse les racines, sous l'effet d'un hydrotropisme, accroissent leur débit de succion dans les zones de terrain plus humide, donc de préférence sous les fondations de l'emprise du bâtiment. Il peut en résulter au moins pour certaines essences et pour certaines distances, l'apparition de désordres que l'on n'avait pas constatés auparavant. Il importe donc de localiser les arbres et arbustes voisins du bâtiment et particulièrement de la partie affectée de désordres, de noter si possible la nature de l'essence, leurs distances minimales au nu du mur le plus proche ainsi que le rapport entre leur hauteur et ces distances.

Le tableau E a donc été établi pour condenser concrètement et simplement les données disponibles sur l'environnement en matière de pente du terrain, eaux de ruissellement, eaux de nappe, pluviométrie et végétation.

3.1.2 Hauteur de pluviosité efficace HPE (Tableau HPE)

Ce tableau HPE des pourcentages de hauteur de pluviosité efficace vient en complément du tableau E (partie E4). Il donne le détail de la démarche conduisant à estimer si le cas considéré est bien justiciable d'une période de sécheresse anormale.

Dans une première étape on procède à la consultation de la station météorologique la plus proche du site (voir Annexe II.2) pour y recueillir la hauteur des précipitations totales P et la hauteur de pluviosité efficace PE qui est égale à la précédente diminuée de la hauteur attribuable à l'évapotranspiration (ETP) soit :

PE = P - ETP

Les valeurs à recueillir pour déterminer ces hauteurs PE sont :

- les valeurs de la hauteur moyenne annuelle sur une période de 30 années :
- les valeurs des hauteurs moyennes mensuelles composant le cycle moyen annuel déterminé sur la même période de 30 années ;
- la valeur PE moyenne des 24 mois consécutifs ayant précédé la date d'apparition des désordres ;
- la valeur PE moyenne minimale de 12 mois consécutifs et glissés sur la période de 24 mois précédente ;
- la valeur PE moyenne la plus défavorable de 6 mois consécutifs glissants sur les 24 mois ayant précédé la date d'apparition des désordres.

On détermine ensuite les rapports en pourcentage des PE moyennes minimales sur les 24 mois, sur les 12 mois et sur les 6 mois, aux PE homologues moyennes trentennales des mêmes types de période (soit HPE₂₄, HPE₁₂ et HPE₆).

On trouvera sur le tableau guide HPE les seuils de pourcentages adoptés pour contrôler l'anormalité conventionnelle de la sécheresse du site étudié à partir des valeurs de HPE des 3 périodes ; il a été admis qu'il suffise que l'une des trois valeurs HPE soit inférieure au seuil adopté pour que la sécheresse puisse être déclarée "anormale" et donc justiciable d'une poursuite de l'étude. Toutefois lorsque les valeurs des HPE sont très proches en valeurs inférieures, des seuils SN, l'expert pourra contrôler la pertinence de la décision par des informations plus détaillées obtenues auprès de la station météorologique ou auprès du CEBTP.

3.1.3 Description du gros-oeuvre (Tableau G)

Le tableau-guide G permet à partir de bases simplifiées mais suffisantes pour appréhender la majorité des cas, de recueillir les informations concernant l'ensemble des éléments du gros-oeuvre (structure en élévation, soubassements, fondations).

G1 date de la construction et, le cas échéant, de ses extensions,

Exemple $G1 \longrightarrow [1 | 0]$ [8 | 2] Octobre 1982

G2 Nombre de niveaux n au-dessus du rez de chaussée et présence éventuelle d'un sous-sol (1).

RdC + 0 pas de sous sol	G2110
RdC + 0 + sous sol entièrement enterré	G2121
RdC + 0 + sous sol semi-enterré	G2122
RdC + n pas de sous sol	G2210
RdC + n + sous sol entièrement enterré	G2221
RdC + n + sous sol semi-enterré	G2222

Il apparaît que les désordres dus à la sécheresse affectent surtout les bâtiments légers à simple rez-de-chaussée qui sont les plus fragiles ; la présence de sous-sol enterré est de nature à soustraire l'ossature à des désordres de sécheresse, mais, notamment en présence d'une pente, le sous-sol peut être enterré vers l'amont et devenir un rez-de-chaussée vers l'aval ce que l'on a convenu de désigner par sous-sol semi enterré. Cette distinction est importante car elle peut conduire à constater des désordres localisés, affectant la partie peu enterrée du sous-sol.

Pour les terrains en pente, il peut cependant y avoir ambiguité dans la désignation des niveaux. Convenons alors qu'un étage semi enterré, du fait de la pente, sera désigné comme un rez-de-chaussée semi enterré si l'entrée principale du bâtiment s'y trouve. Si l'entrée principale se fait par l'étage supérieur, il sera considéré comme un sous-sol semi enterré.

Enfin un sous-sol peut être partiel s'il n'intéresse qu'une partie de l'emprise du bâtiment ou général s'il intéresse toute la surface de cette emprise.

⁽¹⁾ Voir glossaire pour les définitions précises d'un sous sol partiel ou partiellement enterré.

G3. Ossature et refends

Bien que ce terme soit réservé le plus souvent à des structures en béton armé ou charpente métallique, nous englobons sous ce terme aussi bien ces structures que celles en maçonneries porteuses avec ou sans chainage au-dessus du niveau bas du rez-de-chaussée.

maçonnerie porteuse sans chainage

en éléments creux G311 en éléments pleins G312

maçonnerie porteuse avec chainage

en éléments creux G321

en éléments pleins G322 (idem murs façade en béton)

ossature en béton armé ou en charpente métallique + remplissage G330

G4. Fondations et Soubassements

Le soubassement est constitué par la partie des murs située entre le niveau bas du rezde-chaussée et la semelle de fondation dans la mesure où elle peut être considérée comme assurant la transmission des charges de la partie sus-jacente. Les semelles continues sous murs porteurs en maçonnerie peuvent être armées ou non armées.

Pour les ossatures en béton armé avec poteaux et semelles isolées, les maçonneries enterrées ne sont pas considérées comme soubassement car les charges sont transmises par les poteaux.

Une information très importante dans cette partie est la profondeur du niveau de fondation sous la surface extérieure la plus proche (terrain naturel ou surface libre telle qu'une rampe d'accès au sous-sol) qui sera à reconnaître par une fouille réalisée contre la paroi jusqu'au niveau d'assise.

En ce qui concerne les sous-sol ou rez-de-chausée semi enterrés, on considèrera la profondeur du niveau de fondation la plus faible où se localiseront vraisemblablement les désordres.

Les références des soubassements et des fondations sont définies à l'aide des indices G4 d'ordre 2 et 3, suivant que l'on considère la profondeur depuis la surface libre la plus proche (sous-sol éventuel), ou la profondeur à partir du niveau du sol extérieur.

2ème indice profondeur du niveau de fondation sous la surface libre ou accessible la plus proche (éventuellement sous le niveau du sous sol) notée P2 (voir schéma ci-dessous)

1) profondeur P2 < 0.80 m G41...

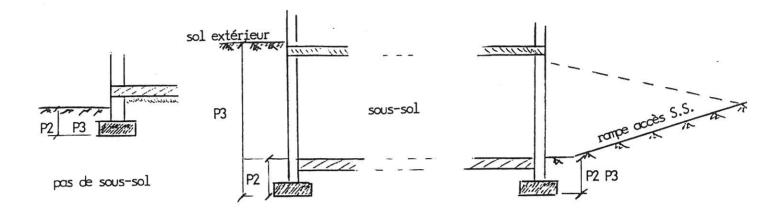
2) profondeur P2 comprise entre 0.80 m et 1.50 m G42...

3) profondeur P2 > 1.50 m G43...

3ème indice

Profondeur minimale du niveau de fondation sous le niveau du sol extérieur notée P3 (voir schéma ci-dessous)

profondeur P3 < 0.80 m	G4.1
0.80 m < profondeur P3 < 1.50 m	G4.2
profondeur P3 > 1.50 m	G4.3



4ème indice type de fondation

1)	soubassement maçonnerie	
0.50	semelle continue non armée	G41.
	(ou très faiblement armée)	

2)	soubassement maçonnerie	
•	semelle continue armée	G42.

3)	poteaux sur semelles	
•	isolées armées et remplissage	G43.

4)	radier général	G44.
''	radiox Boriotar	

5ème indice constitution du soubassement

1)	en éléments creux	G41
2)	en éléments pleins ou béton banché	G42

G5. Type du niveau bas

L'information sur la nature du niveau bas (dallage sur terre plein, ou plancher porteur sur vide sanitaire ou sur terre plein, plancher sur radier) est importante surtout pour l'interprétation de la présence ou de l'absence de désordres intérieurs affectant les dallages et les cloisons.

On a distingué les dallages sur terre plein (G51) et les planchers porteurs sur vide sanitaire ou les planchers porteurs sur terre plein ou les radiers (G52).

3.1.4 Données géotechniques sur le sol de fondation (Tableau S)

Nous croyons devoir insister sur le fait que la connaissance des caractéristiques d'état et de comportement du sol de fondation est fondamentale pour la démarche générale du guide, et qu'il est exceptionnel que l'expert dispose de cette connaissance "a priori".

La détermination des caractéristiques du sol exige donc des investigations dont le programme peut varier suivant le cas.

L'enquête nationale a confirmé que les sols susceptibles de présenter de fortes variations volumiques par échanges d'eau sont des sols fins ; dans la majorité des cas les conditions qu'ils présentent sont telles qu'ils se prêtent à une reconnaissance simplifiée et les résultats obtenus sont alors suffisants pour aboutir à un diagnostic clair.

Le programme de la reconnaissance peut être défini par l'expert en s'appuyant sur les recommandations suivantes illustrées par le schéma n° 1 du Fascicule 2.

- exécution d'une (ou plusieurs) fouille(s) pour reconnaître le niveau des fondations.
- réalisation de sondages in-situ à l'aide d'une tarière avec ou sans avant-trou (ou le cas échéant par puits ou fouilles),
- prélèvements de sol remanié mais avec conservation impérative de la teneur en eau naturelle (en sacs plastiques étanches) et si possible prélèvements d'échantillons intacts,
- exécution d'essais de laboratoire :
 - mesures des teneurs en eau
 - analyses granulométriques (surtout détermination du passant à $80 \mu m$)
 - détermination des limites d'Atterberg et mesure de la valeur de bleu

Dans certains cas, des conditions particulières pouvant d'ailleurs être révélées par la reconnaissance simplifiée, peuvent exiger une reconnaissance géotechnique plus lourde et une étude par un bureau d'études de sols spécialisé (dans le cas par exemple d'hétérogénéités dans la nature ou les épaisseurs du sol, ou de présence d'argiles gonflantes).

A titre indicatif les investigations complémentaires peuvent alors comprendre :

- in situ : des essais au pressiomètre ou au pénétromètre statique,
- en laboratoire
 - mesures du poids volumique apparent,
 - . mesures de l'évolution du retrait en fonction de la teneur en eau
 - . oedomètre (contrôle du potentiel de gonflement).

Il appartient alors à l'expert au vu de la complexité des problèmes et des résultats de l'étude géotechnique d'apprécier si le cas étudié relève encore de la démarche du guide.

Enfin, dans un petit nombre de cas, la conjugaison de phénomènes extérieurs à ceux qui sont liés à la sécheresse (glissements de pente, anomalies dues au régime hydrologique, entraînement de particules de sol...) peut conduire l'expert à sortir de la démarche du guide et à faire appel à des spécialistes pour une étude de sol plus complexe.

Sondages (voir schéma n° 1)

Les sondages peuvent être réalisés avec une tarière à main ou mécanique à rallonges de longueur inférieure à 1 m si les sols ne sont pas trop durcis en surface, auquel cas on peut exécuter un avant-trou de quelques dizaines de centimètres. Les sondages peuvent également consister en des puits ouverts, avec l'avantage de visualiser les sols et d'effectuer des prélèvements intacts ; il est souhaitable de réaliser des sondages extérieurs à 1 ou 2 m du nu du mur du bâtiment, ainsi qu'un ou deux sondages intérieurs (le cas échéant dans le soussol), en ouvrant sur le dallage éventuel en terre plein une fenêtre de l'ordre de 30 x 30 cm.

Le nombre de sondages peut être fixé au minimum à :

- 2 sondages extérieurs implantés aux extrémités de l'axe correspondant à la plus grande dimension du bâtiment, (dont l'un situé le plus près possible de la partie du bâtiment affecté des désordres)
- 1 sondage intérieur...

pour un bâtiment couvrant une centaine de m2.

La profondeur des sondages peut être fixée à 2,50 m sous le niveau le plus bas des fondations reconnu ou présumé, et en tout cas, elle ne peut être inférieure à 4 ou 5 m du niveau du terrain naturel.

Des prélèvements remaniés seront prélevés tous les 50 cm et immédiatement protégés de toute dessiccation par enveloppe étanche ; leur nature apparente, leur consistance et leur profondeur seront notées.

Essais de laboratoire

La caractérisation du sol est alors définie par 4 indices :

- 1) Sa nature à partir des essais d'identification comprenant la granulométrie, les limites d'Atterberg et/ou l'essai au bleu de méthylène déterminées sur 3 échantillons bien représentatifs du ou des terrain(s) rencontré(s) (essai au bleu dit essai "à la tache" selon mode opératoire LCPC-NF-P18592).
- 2) L'indice caractérisant l'épaisseur de la couche du sol sous le niveau de fondation (épaisseur inférieure à 1 m ou supérieure à 1 m.

3) Les indices de consistance
$$Ic = \frac{WL-Wn}{IP}$$
 $WL = limite de liquidité Wn = teneur en eau naturelle $IP = indice de plasticité$$

(La valeur de IP sera celle qui à partir de l'identification des 3 échantillons précédents sera la plus apte à caractériser le sol du sondage)

Les indices de consistance sont déterminés à partir des teneurs en eau naturelles mesurées sur une quinzaine d'échantillons du sondage intérieur et des sondages extérieurs, permettant de caractériser l'importance comparée de la rétention d'eau, de la compacité et de la cohésion entre l'extérieur et l'intérieur de l'emprise du bâtiment; les valeurs de ces indices permettront donc de tracer des profils hydriques mettant en évidence l'incidence des effets de la sécheresse sur le sol à la fois entre la surface et les couches plus profondes, et, pour la même profondeur, entre le sondage extérieur et le sondage intérieur (sensibilité aux échanges d'eau), pourvu toutefois que le sol ait conservé une certaine "mémoire" de ces effets au moment des sondages.

L'indice de consistance caractéristique pris en compte dans le tableau guide S sera celui des valeurs minimales caractérisant les couches plus profondes ou bien le sol à l'intérieur du bâtiment au niveau de l'assise des fondations ; en effet, on considère que c'est cet indice minimal de consistance qui se rapproche le plus de l'indice initial du sol avant l'action de la période de sécheresse.

4) La sensibilité aux échanges d'eau sera caractérisée par la variation de l'indice de consistance Ic considéré au niveau de l'assise de fondation entre le sondage extérieur et le sondage intérieur ; ceci suppose toutefois qu'il y ait dans le sol une persistance du souvenir des effets de la sécheresse.

Le tableau S indique les gammes de valeurs choisies pour chacun de ces critères. On a fixé :

3 domaines de nature du sol:

Nature du sol	Ip	f	V _B
très argileux	IP > 30 30	> 90 %	6
moyen ^t argileux	15 < IP < 30	> 50 %	2
peu argileux	IP < 15	< 50 %	

N. B.: IP = indice de plasticité

 $f = pourcentage passant à 80 \mu m$

VB = Valeur de bleu

2 indices d'épaisseur maximale du sol sous le niveau de fondation

- plus de 1 m 1)
- 2) moins de 1 m

3 domaines de consistance

- $I_c < 0.5$ consistance très plastique - forte teneur en eau 1)
- I_c de 0,5 à 1 consistance plastique $I_c > 1$ consistance ferme
- 3 domaines de sensibilité aux échanges d'eau

1) forte $\Delta I_{c} > 0,100$

 $\underset{\Delta}{\Delta} \stackrel{\sim}{I_c}$ compris entre 0,030 et 0,100 $\underset{\Delta}{\Delta} \stackrel{\sim}{I_c} < 0,030$ 2) movenne

faible

On notera que la limite $\Delta Ic = 0.030$ correspond à un mouvement vertical de l'ordre de 0.5 cm par mètre et la limite $\Delta Ic = 0.100$ à un mouvement vertical de l'ordre de 1.6 cm par mètre.

Note importante:

Dans le cas de présence de sols très organiques sous la fondation (sols vaseux, sols tourbeux) on rattachera ces sols au cas des sols S1 les plus argileux, quels que soient les résultats des essais d'identification. En effet, la présence d'une fraction importante de micro-organismes du domaine végétal ou animal conduit à des possibilités d'échanges d'eau très importants relativement aux capacités d'échanges de la fraction minérale.

3.1.5. Relevé des désordres apparents (Tableau D)

Les phénomènes qui sont à l'origine des désordres font l'objet de l'exposé présenté dans l'annexe I du fascicule 3.

Les relevés des désordres apparents et informations connexes se décomposent de la manière suivante:

D1 - Coïncidence de l'apparition des désordres avec la période de sécheresse

On rapproche la date de la période de sécheresse et la date de l'apparition des désordres (ou, dans le cas de désordres antérieurs légers et non préjudiciables, avec la date d'aggravation lourde de ces désordres).

Contrôle de coïncidence entre ces deux dernières dates (oui = D11; non = D10). S'il n'y a pas une nette coïncidence, l'expertise ne peut porter sur un cas pathologique dû à la sécheresse.

D2 - Désordres du gros oeuvre

On note par le 2^{ème} indice les désordres relatifs à l'ossature D22 et les désordres relatifs aux soubassements et fondations (D21).

Dans chaque cas on note par le 3ème indice l'orientation des fissurations :

1) fissurations horizontales et verticales D2.1 2) fissurations à 45° D2.2

et on indique par un schéma la direction des fissures à 45°.

L'ouverture des fissurations mesurée en utilisant le fissuromètre CEBTP (dont une reproduction est donnée au dos du tableau D du fascicule 2), est indiquée par le 4ème indice.

1) fissuration d'ouverture > 3 mm
2) fissuration d'ouverture comprise entre 1 et 3 mm
3) fissuration d'ouverture comprise entre 0,3 et 1 mm
D2..1

Ces fissurations sont en général d'ouverture variable croissant de bas en haut ou de haut en bas suivant les cas, et il s'agit donc de l'<u>ouverture moyenne</u>. Les fissures capillaires d'ouverture inférieure à 0,3 mm ne sont pas considérées comme constituant des désordres. Bien entendu, des schémas et quelques photos seront très utiles pour illustrer le relevé (situation, directions, densité).

On notera également par l'indice (g) ou (p) si les fissurations intéressent globalement l'ensemble des façades comme cela peut être le cas pour un terrain plat avec sol homogène en épaisseur indéfinie (g), ou si elles intéressent une partie localisée du bâtiment comme cela peut être le cas pour les sous sol ou rez-de-chaussée semi enterrés des terrains en pente, ou pour les terrains plats avec épaisseurs très variables de sols argileux (p).

L'absence totale de fissuration ou la présence des fissurations d'ouverture inférieure à 0,3 mm selon le fissuromètre seront notées 0 (zéro).

Enfin, le rôle éventuel de la végétation, sous réserve du respect des conditions figurant dans l'article E5 Environnement sera le cas échéant indiqué par l'indice E5.

D3 - Désordres des aménagements extérieurs ou des parties discontinues (voir DIA-X)

Les mêmes conditions de coïncidence entre date d'apparition (ou d'aggravation significative) des désordres et période de sécheresse sont à contrôler pour que ces désordres puissent être attribués à la sécheresse.

Les ouvrages périphériques extérieurs ou les parties du bâtiment discontinues du point de vue structurel peuvent être affectés de désordres indépendamment du comportement de la structure principale ; ainsi, une structure fondée à bonne profondeur et rigidifiée par des chainages peut rester intacte au cours d'une période de sécheresse alors que les ouvrages annexes extérieurs peuvent subir des désordres importants du fait des mouvements différentiels rendus maximaux entre la surface du sol extérieur périphérique et la structure proprement dite.

On peut classer également dans cette catégorie les conséquences particulières des rétractions du sol dues à la sécheresse sur les talus de terrain naturel ou de remblais argileux qui se traduisent par des fluages, des reptations des couches superficielles pouvant aller jusqu'à des amorces de glissement. Cependant le guide ne peut s'appliquer aux cas de glissements généralisés qui doivent faire appel à une étude spécifique.

En définitive, on a jugé suffisant de distinguer quatre cas dans cette catégorie de désordres extérieurs :

- D31 les désordres de fissurations, dévers, affaissements, décollements des ouvrages annexes périphériques ou des parties en discontinuité structurelle (escaliers d'accès, appentis légers latéraux, le cas échéant extensions du bâtiment...)
- D32 affaissements, fracturations des dallages extérieurs, des allées et voies de circulation
- D33 les ruptures pouvant affecter les conduites enterrées et notamment les raccordements au niveau de l'ossature ou des regards, (conduites de distribution ou d'évacuation -eaux usées par exemple-)
- D34 les désordres consécutifs au fluage, reptation, amorces de glissement de talus éventuels.

D4 - Désordres du second oeuvre

Ces désordres affectent les dallages, les revêtements muraux, les cloisons appuyées sur dallage, les défauts d'ouverture des portes et fenêtres.

Le plus souvent ces désordres intérieurs seront associés aux désordres de la structure, mais ils peuvent se produire indépendamment.

Une structure rigidifiée et bien fondée en profondeur pourra rester intacte alors que des dallages sur terre plein argileux et les cloisons sus jacentes pourront subir des désordres.

On a donc été amené à distinguer dans cette catégorie qui fait appel à des réparations particulières, trois types de désordre :

- D41 affaissements, fissurations, décollements de dallages intérieurs sur terre plein,
- D42 le blocage d'ouverture des portes et fenêtres,
- D43 les fissurations et décollements des cloisons.

C'est à partir du tableau guide D des désordres élémentaires que l'on pourra rassembler tous les éléments d'information jugés nécessaires pour l'aboutissement de l'expertise et le choix des solutions adaptées.

Cependant, comme on le verra dans le tableau DIA-G relatif au diagnostic fondamental des désordres du gros oeuvre (structure et fondations), on ne peut se borner pour le gros oeuvre à ce simple recueil de désordres élémentaires sans les associer de façon rationnelle, de telle sorte que l'on élimine de toutes les combinaisons possibles celles qui résultent d'associations peu compatibles pour ne retenir que les cas réalistes. Ainsi, nous verrons que pour les désordres du gros oeuvre D2 et l'estimation de leur gravité on sera amené à distinguer trois configurations-types principales de désordres auxquelles pourront se rattacher les cas expertisés.

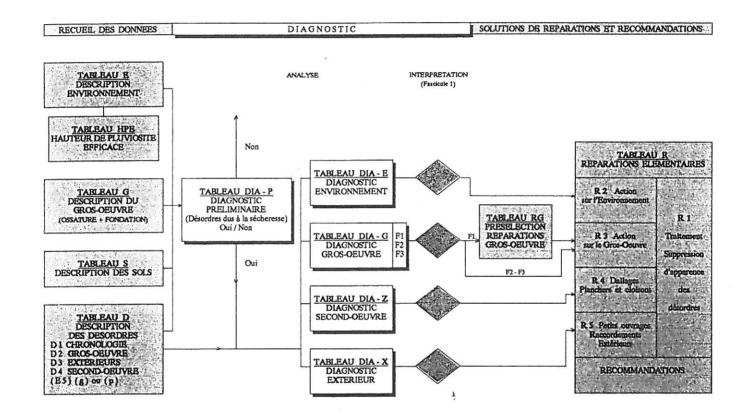
- A) ossature et soubassement + fondations également fissurés,
- B) soubassement + fondations fissurés seuls et ossature quasi intacte
- C) soubassement quasi intact et ossature légèrement fissurée

et pour lesquelles il faut encore tenir compte du caractère global ou partiel (g) ou (p), et du rôle actif éventuel de la végétation (E5).

Les désordres extérieurs (D3) et les désordres intérieurs ou du second oeuvre (D4) n'ont pas été groupés dans le même esprit car trop indépendants les uns des autres, et souvent indépendants des désordres du gros oeuvre.

Enfin, il conviendra de ne pas oublier, le cas échéant, les défauts de traitement de certains problèmes d'environnement qui peuvent intervenir activement dans les désordres (par ex. E2 collecte des eaux de ruissellement ou E5 présence de végétation pouvant avoir un rôle très actif dans les désordres).

B - ETABLISSEMENT DU DIAGNOSTIC



3.2. ETABLISSEMENT DU DIAGNOSTIC

3.2.1 Diagnostic préliminaire (Tableau DIA-P)

Il s'agit tout d'abord de savoir par ce diagnostic préliminaire, fondamental pour la suite des investigations, si les désordres observés sont bien attribuables à la sécheresse ?

Les éléments de réponse à cette question sont donnés par le contrôle de cinq conditions exposées dans le tableau DIA-P. Ils font intervenir la consultation des informations suivantes :

- tableau D en D1 pour le contrôle de coïncidence entre date d'apparition des désordres significatifs et période de sécheresse
- tableau de l'environnement E en E3 (présence de nappe), en E4 (pluviosité efficace), et le cas échéant en E5 (présence de végétation incriminable)
- tableau S pour les caractéristiques du sol (nature, consistance, épaisseur sous niveau de fondation)
- tableau G concernant le niveau de fondation, sous le sol extérieur c'est-à-dire (G4.1, G4.2, G4.3).

Le rôle éventuel de la végétation est contrôlé par la condition (5) en notant qu'il constitue un cas d'espèce à retenir sous certaines conditions, dans la mesure où la végétation peut être responsable de désordres indépendamment de toute sécheresse.

Le tableau général DIA-P prend en considération les conditions du rôle actif de la végétation pour qu'il puisse être considéré comme incriminable, parallèlement aux effets de la sécheresse. Dans cette hypothèse, le tableau à grilles de DIA-P propose un nombre de castypes supplémentaires correspondant à une réponse affirmative à la question du diagnostic préliminaire (cases ombrées marquées d'un astérisque).

Les désordres peuvent alors être déclarés attribuables à la sécheresse, si l'on a répondu "oui" aux 4 conditions 1-2-3-4 et, dans le cas d'un rôle actif de la végétation si l'on a répondu "oui" à la condition 5.

Afin de compléter son diagnostic l'expert doit ensuite porter ses investigations dans les domaines suivants :

- 1) diagnostic sur l'incidence de facteurs ou de défauts d'environnement sur les désordres (Tableau DIA-E)
- 2) diagnostic sur les désordres du gros-oeuvre (Tableau DIA-G)
- 3) diagnostic sur les désordres intérieurs du second oeuvre (Tableau DIA-Z)
- 4) diagnostic sur les désordres des aménagements extérieurs (Tableau DIA-X)

Les tableaux DIA- permettent à partir de la classification des désordres par types (définis notamment dans le tableau D), d'apprécier leur gravité et de leur associer une gamme de solutions de traitement, plus ou moins lourde suivant le degré de gravité.

3.2.2. Diagnostic environnement (Tableau DIA-E)

Le diagnostic portera sur les éléments suivants de l'environnement pouvant avoir une incidence sur le profil hydrique des sols :

- Examen des effets des eaux de ruissellement naturelles et du fonctionnement du réseau collecteur éventuel ainsi que le contrôle de la collecte et de l'évacuation des eaux pluviales des toitures (E2),
- Examen du système de drainage des eaux infiltrées souterraines (E3),
- Examen du rôle éventuel de la végétation (E5)

N.B.: Les cas des pentes naturelles et talus a été envisagé dans le tableau DIA-X du diagnostic des désordres extérieurs

Le tableau DIA-E relatif aux défauts éventuels de l'environnement signale les éléments que doit examiner l'expert, et donne les références des principes de solutions de traitement.

- l'interprétation des effets des défauts de ces facteurs de l'environnement sur les désordres fait l'objet du chapitre 3.3 ;
- la description des traitements dont la référence est signalée et les recommandations à prendre en compte sont indiquées dans le tableau R et surtout dans ses annexes.

3.2.3 Diagnostic du gros oeuvre (ossature + soubassement et fondations) (Tableau DIA-G)

Cette partie de l'ensemble du diagnostic est très importante car elle est sensée conduire à des solutions de réparation dont la nature et le niveau doivent être correctement adaptés, afin d'apporter une garantie en termes de qualité de la réfection (stabilité et perennité) et en termes de coûts.

Le tableau DIA-G relatif au diagnostic du gros oeuvre se divise en 4 parties :

<u>Dans la 1^{ère} colonne</u>, nous avons signalé 3 cas de types de désordres logiques affectant le gros oeuvre ; (une illustration des différents cas est présentée sur les schémas n° 2 à 9 du Fascicule 2).

<u>Dans la 2^{ème} colonne</u> (fissurations), nous avons repris les compositions des désordres élémentaires du tableau D relatives à chaque type;

<u>Dans la 3^{ème} colonne</u>, nous avons affecté à chaque type un <u>degré de gravité</u> F1, F2, F3, le degré F1 correspondant à la gravité maximale exigeant des solutions "lourdes" de réparation du gros oeuvre ;

<u>Dans la 4^{ème} colonne</u>, nous avons indiqué les références des solutions de réparation ; on peut remarquer que, pour le degré de gravité maximale F1 existent 7 types de solutions possibles. (On excepte la 8^{ème} qui correspond à la réfection totale et on prend en considération la 7^{ème} qui n'est cependant qu'une solution auxiliaire).

Ainsi le tableau DIA-G indique déjà :

- Pour quels types de désordres de gravité F1 il y a nécessité de solutions "lourdes" de réparation avec indication de leurs références ;
- La référence des solutions envisageables de réparation relatives aux cas de moindre gravité F2 et F3.

L'interprétation des désordres, les causes principales et les conséquences sont traitées dans le chapitre 3.3 ci-après.

Le choix des solutions et les recommandations à prendre en compte font l'objet du chapitre 3.4.

3.2.4 Diagnostic des désordres intérieurs du second oeuvre (Tableau DIA-Z)

Bien que les désordres intérieurs du second oeuvre puissent être étroitement liés à ceux du gros oeuvre, ils peuvent aussi, toutefois à un degré moindre, être indépendants (c'est le cas par exemple d'une dessiccation du support argileux d'un dallage sur terre plein à l'intérieur d'une structure fondée à bonne profondeur et bien chainée).

Nous avons donc considéré les désordres intérieurs du second oeuvre séparément en comptant toutefois que le rattachement aux désordres du gros oeuvre sera à noter le cas échéant dans l'interprétation.

Les désordres retenus pour le diagnostic sont ceux figurant en D4 dans le tableau D des désordres élémentaires :

- Affaissements, décollements, ruptures ou fissurations des dallages intérieurs ;
- Blocage d'ouverture des portes et fenêtres ;
- Fissurations et décollements des cloisons.

Des cases permettent de signaler l'existence des désordres correspondant à chacun des trois cas. Dans l'avant dernière colonne sont signalées les références des solutions de réparation. L'interprétation des désordres est indiquée dans le chapitre 3.3.

La définition des solutions et les recommandations à respecter sont signalées dans le tableau R et ses annexes du Fascicule 2.

3.2.5 Diagnostic des désordres des aménagements extérieurs ou des parties attenantes du bâtiment en discontinuité de structure avec ce dernier (Tableau DIA-X)

Les aménagements extérieurs ou les parties attenantes peuvent être le siège de désordres associés à ceux du gros oeuvre, mais peuvent aussi en être totalement indépendants.

Dans le tableau DIA-X relatif aux désordres des aménagements extérieurs ou attenants, nous avons rappelé les désordres apparents figurant au tableau D en D3 soit :

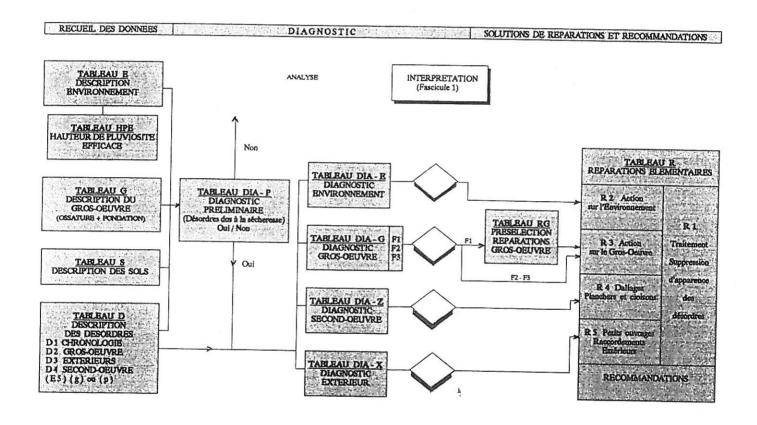
- D31 Dévers et décollements dépassant 10 mm d'ouverture maximale affectant les ouvrages annexes périphériques ou attenants tels que terrasses, escaliers, garages, ou même des extensions du bâtiment; fissurations dépassant 5 mm d'ouverture moyenne;
- D32 Affaissements et fracturations de dallages extérieurs dépassant 5 mm d'ouverture ou de dénivellation moyennes ;
- D33 Ruptures et fuites des conduites du réseau de distribution d'eau ou d'évacuation des eaux (usées et pluviales), et de leurs raccordements à la structure ou à des petits ouvrages (fosses, regards).
- D34 Fluage-reptation de talus et amorce de glissements.

Des cases permettent de signaler l'existence des désordres correspondant à chacun de ces quatre cas qui sont par ailleurs illustrés par les schémas représentatifs n 10 à 13 du Fascicule 2.

Dans l'avant dernière colonne du tableau DIA-X sont signalées les références des solutions de réparation. L'interprétation des désordres (causes et conséquences) fait l'objet du chapitre 3.3.

La définition des solutions et les recommandations à prendre en compte sont signalées dans le tableau R et surtout dans ses annexes et schémas du Fascicule 2.

INTERPRETATION DES DESORDRES



3.3 INTERPRETATION DES DESORDRES (causes principales et conséquences)

3.3.1 Interprétation des désordres du gros oeuvre (ossature et fondation)

Comme le démontre clairement le texte de l'annexe I (fascicule 3) auquel on voudra bien se référer, sous l'effet de la sécheresse, les sols très argileux subissent dans la bande périphérique du bâtiment des retraits différentiels importants dont l'amplitude provoque des flexions parasites, efforts tranchants et efforts de torsion considérables quand le niveau de fondation est peu enterré. Les structures courantes de bâtiments légers ne sont pas prévues pour résister à ces efforts parasites et il en résulte notamment que les structures en maçonnerie fondées sur semelles peu enterrées et insuffisamment chaînées sont alors gravement endommagées.

Pour les désordres extérieurs des ouvrages annexes périphériques, de la voierie et des conduites enterrées, qui présentent souvent des structures linéaires beaucoup plus fragiles, les raisons sont fondamentalement les mêmes.

L'interprétation doit alors s'appuyer sur le rappel des facteurs actifs des désordres qui sont :

- * la nature du sol, son activité argileuse, son épaisseur sous la fondation et sa consistance initiale,
- * le déficit de pluviosité efficace caractérisant la période de sécheresse dans la région du site examiné,
- * éventuellement l'action de la **végétation**,

auxquels il faut associer les facteurs passifs qui sont :

- le degré de rigidité ou de fragilité de la structure,
- la profondeur du niveau de fondation,
- la proximité d'une nappe permanente.

Ce rapprochement conduira aux types d'interprétation suivants pour les 3 configurations-types de désordres A, B et C du tableau DIA-G dont les 2 premiers peuvent correspondre à des cas de gravité maximale et nécessitant des solutions "lourdes".

Type A: interprétation

- sols de fondation argileux à forte variation volumique par échanges d'eau,
- niveau de fondation trop superficiel,
- ossature, soubassement et semelle de fondation trop fragiles, insuffisamment chaînés pour pouvoir résister aux efforts parasites induits par les retraits différentiels marquant les couches superficielles à la périphérie du bâtiment,
- (le cas échéant) retraits supplémentaires de succion d'un arbre implanté à proximité d'une façade.

Type B: interprétation

- sols de fondation argileux à forte variation volumique par échanges d'eau ;
- niveau de fondation trop superficiel;
- ossature suffisamment chaînée pour résister à la limite aux retraits différentiels, mais soubassement et fondation insuffisamment renforcés pour résister à ces efforts;
- (le cas échéant) rôle éventuel d'une succion d'arbres trop rapprochés de la structure.

Type C: interprétation

- (mêmes conditions pour le sol et le niveau de fondation)
- soubassement suffisamment renforcé pour résister aux efforts parasites dus aux retraits différentiels du sol; ossature légèrement fissurée par suite de déformations élastiques quelque peu excessives du soubassement sur trop grande portée.

3.3.2 Interprétation des désordres résultant des défauts de traitement de l'environnement

3.3.2.1 Eaux de ruissellement et eaux d'infiltration souterraines

Le défaut de collecte et d'évacuation des eaux de ruissellement superficielles et des eaux pluviales de toiture peut avoir des conséquences néfastes vis-à-vis du comportement des sols argileux surtout lorsqu'il n'affecte qu'une partie du bâtiment et de ses abords : des stagnations suivies d'infiltrations d'eaux non évacuées provoquent une imbibition et une rétention maximale d'eau par le sol ; en période de sécheresse il peut se manifester un retrait très élevé conduisant à des fissurations d'amplitude maximale. Par ailleurs, dans le cas de terrains en pente, les ruissellements peuvent entraîner des ravinements puis des concentrations anarchiques des écoulements qui aggravent les phénomènes d'érosion et de sapement des fondations peu enterrées.

L'évacuation efficace des eaux de ruissellement par des rigoles étanches vers des ouvrages appropriés ou en dehors de la zone intéressée par le bâtiment est donc à contrôler surtout dans le cas de terrains plats pouvant présenter des points bas de stagnation, et dans le cas de terrains en pente coupée par une plateforme.

De même le système collecteur des eaux de toiture doit être contrôlé surtout au droit des boîtes de branchement.

La présence d'une nappe souterraine mais avec fluctuation du niveau phréatique suivant les saisons, en dehors des problèmes qu'elle pose du point de vue des remontées capillaires dans les murs, est également de nature à abreuver per ascensum les couches sus jacentes et le cas échéant à amplifier le retrait du sol au cours d'une période de sécheresse ; par contre la permanence d'une nappe à proximité du niveau de fondation contribue évidemment à supprimer les retraits du sol sous la fondation.

Par ailleurs, dans les terrains argileux en pente présentant des inclusions perméables, les nappes d'écoulement saisonnières peuvent conduire à une saturation des sols d'assise des fondations ainsi qu'à des pressions d'écoulement défavorables pour la stabilité des talus ; elles peuvent également entraîner, à la suite de périodes de sécheresse, des gonflements différentiels des sols argileux.

D'une manière générale, l'attention de l'expert doit se porter sur tous les éléments pouvant entraîner des anomalies et des hétérogénéités du profil hydrique entre différents points de la périphérie du bâtiment (exemple : existence d'un revêtement étanche sur une partie de la surface périphérique - trottoir ; terrasses - ou dysfonctionnement d'un drain profond situé à proximité d'une semelle).

3.3.2.2 Présence de végétation d'arbres ou d'arbustes à proximité des murs

Nous avons déjà exposé les raisons pour lesquelles la succion des racines de végétation situées à proximité des murs peut entraîner, même en saison estivale normale, des désordres de tassements différentiels sous les fondations.

Les risques dépendent évidemment de l'essence de cette végétation (voir annèxe III). Nous avons vu que la végétation pouvait être incriminée dans le cadre de la démarche générale du guide à la double condition qu'il y ait coincidence entre la date d'apparition des désordres et la période de sécheresse, et corrélation évidente entre la localisation des désordres et la proximité des arbres ou arbustes.

On pourra trouver dans l'annexe V des informations sur le rôle des arbres et sur les voiles antiracines permettant, sous certaines conditions, la conservation des arbres incriminés.

3.3.3 Interprétation des désordres des aménagements extérieurs

3.3.3.1 ouvrages périphériques ou parties attenantes

Ces aménagements extérieurs ou attenants sont constitués par :

- des petits ouvrages tels que terrasses, vérandas, escaliers d'accès, petits appentis accollés à la structure qui sont fondés très superficiellement à la périphérie du bâtiment et qui sont donc de ce fait tout particulièrement exposés à subir des tassements différentiels et des efforts de flexion et efforts tranchants importants surtout évidemment si ces ouvrages n'ont pas été isolés de la structure par un joint complet protégé contre les infiltrations.
- des parties en discontinuité structurelle par rapport au corps principal du bâtiment ; il peut s'agir de pièces en décrochement ou d'extensions du bâtiment présentant avec ce dernier des différences dans les modes d'interaction sols-structure (fondations et ossature allégées, sol moins consolidé, charges différentes).

Dans certains cas, il peut se produire que ces ouvrages soient supportés par des remblais argileux peu compacts qui ajoutent aux effets de la dessiccation leurs tassements propres.

3.3.3.2 Dallages des voies de circulation

Il en est de même pour les dallages des voies de circulation extérieures, surtout les dallages rigides qui, sous l'effet des affaissements différentiels latéraux, subissent des fracturations importantes et, pour les trottoirs périphériques, des décollements de la structure.

3.3.3.3 Réseau des conduites d'eau

La dessiccation des couches de surface progresse en profondeur en période de sécheresse, et on peut aisément concevoir que les mouvements différentiels qui se développent alors entre la structure et le terrain extérieur directement soumis aux effets de la dessiccation puissent entraîner des désordres graves dans les conduites du réseau d'évacuation des eaux usées et pluviales ou même les conduites du réseau de distribution ; ce sont alors les raccordements avec les conduites sortant de la structure qui sont évidemment plus particulièrement menacées. Les fuites qui peuvent alors résulter de ces désordres conduisent également à une amplification locale des mouvements par gonflement.

3.3.3.4 Fluage, reptation, amorces de glissement des talus

En présence de sols très argileux, non protégés, les talus subissent au cours des saisons, dans les couches de surface, des alternances de retrait fissurant et de saturation accompagnée de gonflement. Il est certain que si en terrain plat ces alternances donnent lieu à des mouvements quasi réversibles, par contre sur un talus, ces alternances conduisent à une reptation des couches de surface vers l'aval avec évidemment une aggravation de l'ouverture des crevasses ouvertes par le retrait et donc des risques croissants de saturation et de nappes suspendues pouvant entraîner une solifluxion et des amorces de glissement.

Il est clair que l'évolution de tels phénomènes ne peut qu'entraîner progressivement la ruine des ouvrages appuyés sur ces talus, à moins que leurs fondations ne soient suffisamment profondes.

3.3.4 Interprétation des désordres intérieurs du second oeuvre

Ces désordres affectent, comme on l'a vu, les dallages intérieurs, et de manière indirecte, les cloisons et leurs revêtements, les portes et les fenêtres.

Bien entendu, s'il est reconnu que le gros oeuvre lui-même a subi d'importants désordres, ses liaisons avec les cloisons, les dallages et les huisseries ne peuvent qu'entraîner des mouvements et des fissurations dans ces éléments du second oeuvre.

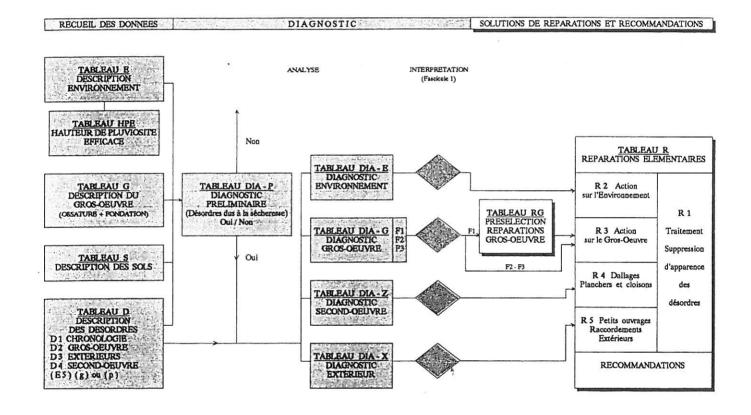
Les cloisons ne reposant pas sur des fondations particulères, mais le plus souvent sur des dallages, il peut se faire que les fissurations et les décollements périphériques qu'elles présentent soient attribuables indirectement à la sécheresse lorsque ces désordres résultent d'affaissement des dallages indépendamment du gros-oeuvre, et que ces dallages s'appuient sur des sols argileux ayant subi une rétraction sous l'effet de la sécheresse. Il convient dans ce cas d'associer les désordres des cloisons à des manifestations d'instabilité du dallage, celle-ci ayant été reconnue comme étant dûe à la sécheresse.

Il y a lieu en effet d'analyser correctement l'ensemble des mécanismes ayant conduit aux désordres des cloisons et de bien différencier les cas où la sécheresse n'est pas en cause, comme par exemple :

- fissuration par mise en compression verticale des cloisons,
- fissurations et décollements résultant d'un affaissement du dallage et de mouvement du remblai support ou de la couche de forme sous-jacente non imputables à la sécheresse (retrait par chauffage des locaux, tassements par insuffisance de compacité, apparition de vides par entraînement de sol par des infiltrations accidentelles...).

C - SOLUTIONS DE REPARATION DU GROS-OEUVRE

RECOMMANDATIONS ET COMMENTAIRES



3.4 <u>SOLUTIONS DE REPARATION DU GROS OEUVRE - RECOMMANDATIONS ET COMMENTAIRES</u>

Nous avons vu que l'établissement du diagnostic du gros oeuvre (DIA-G) a permis de distinguer, à partir des désordres élémentaires, 3 configurations-types de désordres correspondant à 7 cas de figure dont le degré de gravité a été défini (F1, F2, F3) et dont la représentation est donnée sur les schémas n 2 à 9 du Fascicule 2.

3.4.1 Solutions pour le cas de gravité maximale F1

Les cas de figure de gravité maximale F1 correspondent aux fissurations les plus importantes notamment celles à 45°, existant dans le soubassement et dans une certaine mesure dans l'ossature.

Le degré de gravité F1 est par conséquent celui qui nécessite pour la structure et les fondations l'adoption de solutions lourdes de renforcement.

Ces solutions sont regroupées en 7 familles R31 à R37, dont les caractéristiques figurent dans la partie R3 du tableau général R des solutions de réparation élémentaires, et qui sont présentées ci-après :

- R31 reconstitution partielle des murs en maçonnerie fissurés
- R32 rigidification de la structure
- R33 reprise en sous oeuvre par plots jointifs ou par puits isolés et longrines pour report des charges en profondeur
- R34 reprise des charges par files de micropieux unilatérales ou bilatérales
- R35 suppression des échanges d'eau par mise en place de géomembranes étanches à associer éventuellement à un renforcement de la structure de type R31 ou R32 au moins partiellement
- R36 réalisation de micropieux répartis sous radier général
- R37 solution auxiliaire d'assouplissement de la structure par joints de désolidarisation
- (R38 reconstruction totale ou partielle de la structure).

Les principes qui régissent ces solutions sont par ailleurs représentés sur les schémas donnés dans le fascicule 2.

Il apparait en fait 6 familles de solutions de réparation de la structure, la 7^{ème} solution R37 étant une solution auxiliaire.

Il nous a paru nécessaire parmi les 6 groupes de solutions lourdes possibles permettant de conserver la structure, de présélectionner celle ou celles qui sont préférables pour des raisons de compatibilités logiques :

- entre la nature du soubassement et celle de la fondation.
- entre les diverses conditions du sol de fondation (nature du sol et épaisseur sous niveau de fondation).

Ainsi par exemple on a estimé que les solutions de la série, R32 relative à la rigidification de la structure n'étaient compatibles qu'avec des soubassements et des murs en éléments pleins ou en béton permettant des ancrages satisfaisants des éléments de rigidification; de même par exemple la reprise des fondations par micropieux en file simple ancrés dans le soubassement et la semelle de fondation n'est compatible également qu'avec des soubassements en éléments pleins permettant un encastrement suffisant de la tête des pieux.

De même, on a estimé que la reprise en sous oeuvre conduisant à un report du niveau des fondations sur une assise stable plus profonde n'était pas compatible avec une profondeur de fouilles dépassant 1.50 m de profondeur par rapport à une surface accessible (sous-sol, sol extérieur).

Cette présélection est présentée dans le tableau RG où pour chaque type de structure

sont indiquées les solutions a priori préférables.

Bien entendu, cette sélection est en elle-même discutable puisqu'elle est étayée par des considérations techniques simplifiées ; elle est évidemment susceptible d'être affinée, pour chaque cas d'étude, sur la base de considérations de coûts et de moyens localement disponibles.

Afin de faciliter la consultation et le rapprochement des 2 tableaux R et RG, nous les

avons rassemblés dans un triptyque du fascicule 2, avec une liste de recommandations.

Par ailleurs, une description plus détaillée de l'ensemble des solutions est présentée

dans les tableaux annexes R1 à R5 du tableau R et sur les schémas qui les complètent.

Il reste que la réalisation de ces solutions devra être complétée par le ragréage des fissures ou par d'autres traitements (voir R1) destinés à faire disparaître l'apparence des désordres.

Cependant, ces travaux de finition devront si possible être différés d'environ 1 année

pour permettre l'adaptation de la structure aux nouvelles conditions.

Cas particulier des murs de refend : (solutions R326 et R333 du tableau R)

Ces murs de refend font également partie du gros oeuvre et, le fait qu'ils coupent l'intérieur du bâtiment conduit à des solutions plus problématiques si l'on ne veut pas gêner les occupants des locaux. Les deux solutions indiquées dans le tableau R aux références R326 et R333 se présentent comme suit :

- R326 Dans le cas d'un mur de refend réalisé en éléments pleins (pierre, briques pleines, béton banché...), la couture de la partie fissurée est réalisée par des ancrages subhorizontaux réalisés par forages et barres d'ancrage scellées par injection (voir schéma R326 du Fascicule 2).
- R333 Dans le cas d'un mur de refend réalisé en éléments creux, la reprise en sous oeuvre est réalisée en forme de T, reportant le niveau de l'assise à plus grande profondeur (voir schéma R333 du Fascicule 2).

3.4.2 Solutions pour les cas de moindre gravité F2 et F3

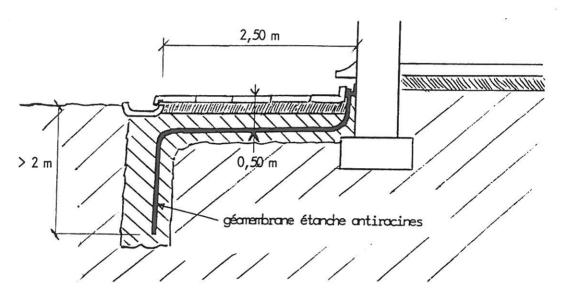
(indiquées dans le tableau DIA-G du diagnostic gros-oeuvre)

Dans ces cas et en dehors de la réalisation des travaux de finition destinés à faire disparaître l'apparence des désordres et qui devront être de préférence différés d'une année pour permettre l'adaptation de la structure aux nouvelles conditions, nous estimons qu'une solution suffisante consiste à envisager la protection périphérique du bâtiment par la mise en place de géomembrane étanche. Cette solution est indiquée en R35 dans le tableau R.

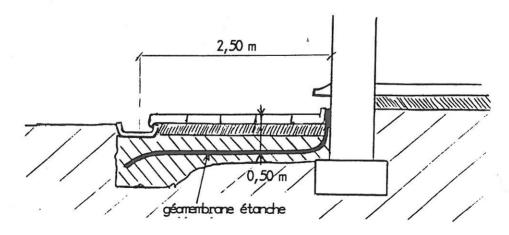
La géomembrane serait enterrée et raccordée aux murs de façade avec couvre joint de telle sorte que :

- dans le cas F2 on réalise une partie en tranchée verticale atteignant au minimum 2 m de profondeur, et une partie horizontale de 2,50 m de largeur en continuité avec la précédente avec couverture par un trottoir et son assise d'environ 0,50 m d'épaisseur comme l'indiquent les schémas ci-dessous (réf. R352):
- dans le cas F3, on se contente de la partie horizontale sous trottoir (réf. R351).

R352 protection par géomembrane enterrée horizontalement et verticalement



R351 protection par géomembrane enterrée horizontalement

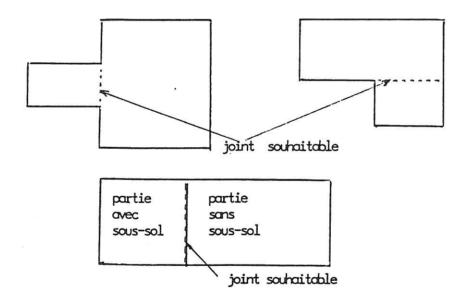


Une autre solution possible se rattachant à la solution R32 consisterait, dans le cas de soubassement en éléments pleins à renforcer le soubassement par une rigidification en longrines de béton armé ancrées dans le mur.

3.4.3 Remarques et commentaires sur les réparations du gros oeuvre dans le cas de gravité maximale F1

3.4.3.1 Joints de libération dans la structure

Dans le cas des solutions "lourdes" relatives aux désordres de gravité maximale F1 une première remarque importante concerne la possibilité de réaliser dans la structure des joints permettant d'assouplir l'ensemble de la structure et de supprimer certaines contraintes parasites par la libération préférentielle de certaines liaisons. La prévision de ces joints coupant l'ossature, dans la mesure où ils n'affectent pas la stabilité, est fort utile notamment pour isoler certaines parties en décrochement sur la partie principale ou pour isoler une partie avec sous sol donc fondée plus profondément, d'une partie adjacente sans sous sol fondée superficiellement. Ces joints constituent en quelque sorte des fissures verticales préfabriquées qui suppriment des transferts d'efforts parasites d'une partie à l'autre (voir schémas cidessous) et, dans les cas où un renforcement de rigidification est prévu, ils contribuent à accroître l'efficacité de ce renforcement. Cette possibilité qui est donc à rechercher a été indiquée en R37 comme solution auxiliaire dans le tableau R.



3.4.3.2. Dans le cas de solutions "lourdes" résultant de désordres graves localisés dus à la succion des racines d'arbres situés à proximité (E5), il convient de rappeler que dans certains cas il peut être difficile d'admettre l'abattage pur et simple de l'arbre complété par la neutralisation des racines ; pour cette raison nous avons réservé la solution brutale (R211) d'abattage lorsque l'arbre est tout proche des murs (h/d > 2), et nous avons envisagé pour h/d < 2 une solution conservant la végétation mais exigeant la réalisation d'une paroi anti-racine de 2 m de profondeur minimale soit en géomembrane épaisse soit en béton avec un traitement chimique herbicide dissuasif. Si la structure a néanmoins subi des désordres graves F1, cette solution devra être associée à l'une des solutions de réparation R31-32-33 ou R34, l'aménagement anti-racines par géomembrane étant assimilable à la solution R35.

3.4.3.3. Nous avons retenu en définitive pour les solutions "lourdes" de réparation du gros oeuvre affecté de désordres de gravité maximale F1 six solutions possibles qu'il convient de soumettre à une sélection pour aboutir à la solution ou aux solutions les mieux adaptées aux conditions de la structure et du sol.

Le choix optimal de la ou des solution(s) devra tenir compte :

- des compatibilités entre la solution considérée et les éléments composant la structure, les données sur le sol et sur l'environnement (déjà prises en compte dans le tableau RG),
- des difficultés de réalisation et notamment de la mise en oeuvre de moyens spécialisés,
- des incertitudes sur le calcul de stabilité et de dimensionnement,
- des possibilités de réalisation par l'extérieur pour ne pas perturber l'occupation du bâtiment,
- des coûts comparés.

Le choix doit également tenir compte des avantages et des inconvénients apparaissant dans chacune des solutions, et que l'on peut résumer comme suit :

Solution R31 (variantes R311 et R312) (voir schéma R311 dans le Fascicule 2)

Reprise et reconstitution des parties fissurées des murs et du soubassement en maçonnerie ; les joints peuvent être armés, c'est-à-dire pourvus d'armatures-treillis extra plates, ou non :

Avantages:

évite la reprise en sous-oeuvre,

- travaux relativement peu coûteux, faciles de réalisation,

- améliore la résistance et la rigidité du mur dans le cas d'armatures des joints.

conservation de l'aspect.

Inconvénients:

- risques d'apparition de moments de flexion inverses par réversibilité de gonflement,

exigent le plus souvent des travaux affectant l'intérieur du bâtiment,

- phasage et découpage des travaux délicats ; travaux d'étaiement parfaitement adaptés.

Solution R32 (variantes R321 à R325) (voir schémas correspondants dans le Fascicule 2)

Renforcement de rigidification des soubassements ou de l'ensemble ossature + soubassement par poutres unilatérales ancrées ou par poutres jumelées bilatérales :

Avantages:

- évite la reprise en sous oeuvre,
- apporte à la structure les éléments capables de résister aux efforts parasites dus à la sécheresse,
- réalisables en renforcement global de l'ossature et du soubassement.
- n'exige pas de moyens très spécialisés.

Inconvénients:

- incertitude sur la méthode de calcul pour le dimensionnement,
- réalisation assez délicate surtout pour la poutre unilatérale,
- exige un soubassement en éléments pleins et assez haut sauf si le système est étendu à l'ossature proprement dite,
- risques d'apparition de moments de flexion inverses par réversibilité de gonflement,
- coût sans doute élevé.

Solution R33 (voir schémas correspondants R331, R332, et R333 du Fascicule 2)

Reprise en sous oeuvre par report du l'appui des fondations à une profondeur où les risques de dessiccation sont improbables ou bien à un niveau où existe un sol de nature non argileuse.

Cette reprise pouvant se faire soit par plots jointifs réalisés en quinconce, ou par puits isolés avec longrines de report de charge sur les puits.

Avantages:

- bien que délicate à exécuter, la réalisation de cette solution n'exige pas de moyens spéciaux,
- sureté incontestable de la solution lorsque l'argile sous la fondation est d'épaisseur limitée et qu'elle surmonte une assise peu sensible à l'eau,
- réalisation par l'extérieur avec contrôle visuel des travaux
- s'adapte à tous les types de soubassement.

Inconvénients:

- peu recommandable si le report du niveau de fondation en profondeur doit dépasser 1,50 m sous le niveau existant,
- pour les reprises par puits isolés, risques d'efforts de soulèvement par résersibilité de gonflement sur les fûts des puits, sous les semelles existantes et sous les longrines,
- solution restant onéreuse.

Solution R34 (voir schémas correspondants R341, R342 a, b, c du Fascicule 2)

Reprise des charges des murs par micropieux fichés profondément et traversant par carottage préalable le soubassement et la semelle, soit en file simple réalisable par l'extérieur soit en files jumelées (intérieure et extérieure) ; (autres systèmes de micropieux possibles).

Avantages:

- évite la reprise en sous oeuvre ou la rigidification,
- n'exige pas de fouilles importantes autour du bâtiment,
- permet d'atteindre facilement un niveau préférentiel plus profond,
- pour la file simple unilatérale, évite les travaux à l'intérieur.

Inconvénients:

- exige un matériel et une entreprise spécialisés,
- nécessite un projet détaillé suivi d'une exécution soignée, si l'on veut éviter l'apparition d'autres désordres (qualité de l'implantation, de l'ancrage de la tête, de l'injection du coulis),
- incertitude importante sur le délai de transfert des charges ainsi que sur le comportement sous charge et l'analyse des efforts dans les pieux de file simple,
- risques d'effort de soulèvement et de mise en traction par réversibilité de gonflement en période normale,
- peu recommandable pour soubassements en blocs creux, sauf en prévoyant des longrines en béton armé ancrées dans les semelles existantes supposées d'épaisseur suffisante,
- coût élevé.

Solution R35 (voir schémas correspondants R351 et R352 du Fascicule 2)

Isolement périphérique du sol argileux par géomembrane étanche enterrée avec partie horizontale et partie verticale en tranchée. Cet isolement ne peut évidemment pas renforcer la structure mais dans le cas de gravité maximale F1 des désordres, cette solution peut être systématiquement étudiée en vue d'ête utilisée comme solution première ou associée à l'une des autres solutions globalement ou partiellement notamment à R31-R32.

Avantages:

- s'adapte à tous les cas de structure et soubassement sauf toutefois dans le cas de fortes pentes,
- en réduisant presque totalement les échanges d'eau à la périphérie du bâtiment, la solution traite le problème dans le siège même des causes des désordres ; elle peut même être perfectionnée par l'emploi d'une géomembrane munie d'une sous couche de feutre perméable et donc humidifiable,
- solution souple n'exigeant que des fouilles réduites faciles à réaliser,
- solution sans doute la moins onéreuse,
- le degré d'isolement périphérique (largeur et profondeur de géomembrane) peut être modulé pour l'adaptation à la gravité du cas, (voir adaptation aux cas F1, F2, F3.

Inconvénients:

- Même après réalisation en période opportune, l'efficacité de la solution n'est que progressive puisqu'il faut attendre l'obtention d'un équilibre hydrique du sol par succion ascendante,
- attention particulière à prévoir dans la réalisation des tranchées vis-à-vis du passage de conduites et de câbles enterrés,

Solution R36

Solution réservée essentiellement aux réparations de radier général

Micropieux répartis sous la surface de la dalle radier pour report des charges en profondeur (maille du réseau de micropieux d'environ 1,50 m) en formant un micro plancher "champignon"

Avantages:

A priori seule solution acceptable pour reprise de fractures graves de radier général,

- densité des pieux modulable,
- solution n'exigeant pas de fouilles délicates,
- facilité pour atteindre un niveau stable quelle que soit la profondeur.

Inconvénients:

Solution exigeant des travaux intérieurs mais recommandée pour le cas de bâtiment sur radier avec sous sol général,

- incertitude sur le bon encastrement de la tête des pieux et sur le calcul de stabilité,
- risques évidents d'efforts parasites de soulèvement par réversibilité de regonflement entraînés par adhérence sur les fûts des pieux et par sous pression sous la dalle du radier.

3.4.3.4. Recommandation générale

Il paraît évident que la période opportune pour la réalisation des travaux de réparation doive se situer en fin de saison humide, soit vers le mois de Juin après les pluies printanières.

Devant le souci de réhumidification équilibrée du sol, il faudra toutefois éviter que les fouilles jusqu'au niveau ou sous le niveau de fondation puissent être inondées par les pluies au risque de provoquer une grave déconsolidation totale du sol, des instabilités des parois et l'aggravation des mouvements d'adaptation ultérieurs.

Cette période d'adaptation est surtout à considérer pour la solution R35 d'isolement périphérique du sol par géomembrane étanche avec traitement antiracine ; il y aurait donc intérêt, particulièrement pour cette solution, à réaliser, après achèvement de la mise en place des membranes, un premier traitement sommaire des fissurations apparentes (par exemple par un bardage ou un calfeutrage provisoire) pour permettre que la suppression des échanges d'eau par évaporation et la réhumidification du sol "per ascensum" assurent le resserrement du réseau de fissurations et la stabilisation des mouvements. Ce n'est que dans une 2ème phase définitive respectant des délais d'environ 1 année que les travaux de finition pourraient être achevés.

QUELQUES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (par liste alphabétique des Auteurs)

ATLAN Y.. (1991): "Désordres des constructions causés par le dessèchement des sols" BRGM.

AUSSEUR F. (1991): "Météo et garantie décennale" Sycodès Informations n° 9.

BESLEAGA N.. (1990): "Phénomènes remarquables n° 1, la sécheresse en France : 1976 - 1990"

Direction de la Météorologie Nationale.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. (1980): "The influence of trees on house foundations in clay soils"

BRE Digest 298. Garston.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. (1990): "Cracking in buildings due to drought"

Garston.

JARRAULT M. et CHEVALIER P. (1991): "La sécheresse et les désordres de Fondations" Sycodès Informations n° 10.

LOGEAIS L. (1991): "Tassements de fondations dus à la sécheresse" Sycodès informations N° 8.

MAGNAN J.P. et YOUSSEFIAN G., (1989): "Essai au bleu de méthylène et classification géotechnique des sols"

Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées 159, Réf. 3378.

MAQUAIRE O., (1990): "Les mouvements de terrain sur la côte du Calvados - Recherche et Prévention" - CEBTP-

- MARIOTTI M., (1976): "Le gonflement des sols argileux surconsolidés analyse des phénomènes et des incidences sur les structures précautions à envisager" CEBTP

 Mines et géologie du Maroc Rabat
- PHILIPPONNAT G., (1978): "Désordres dus à des sols gonflants dans la région parisienne"

 Annales ITBTP N° 364 Sols et Fondations.
- PHILIPPONNAT G., (1990): "Retrait-Gonflement des argiles"
 Renforcement des fondations de bâtiments et ouvrages,
 Ecole Nationale des Ponts et Chaussées Paris.
- PLUMELLE C. et RINCENT J.J. (1990):

 "Reprises en sous-oeuvre par micropieux des fondations profondes d'un bâtiment industriel" Renforcement des fondations de bâtiments et ouvrages, Paris CEBTP.

****°***

GLOSSAIRE

GLOSSAIRE

APPENTIS:

Toiture à un seul pan dont la ligne de faîte prend appui sur un mur, et dont la panne inférieure est soutenue par des poteaux sur dés, ou des piliers maçonnés. Par extension, tout bâtiment adossé à une construction plus haute.

ASSURANCE-CONSTRUCTION:

Elle est régie par la loi dite de l'assurance dommages-ouvrage. L'objectif principal de cette loi est le règlement rapide des sinistres par les assureurs, et leur réparation effective, avant même de rechercher le partage des responsabilités entre les intervenants concernés.

CHAINAGE:

Elément d'ossature des parois porteuses d'un bâtiment, en général en béton armé : ceinturant les murs, le chaînage solidarise les murs. On distingue les chaînages horizontaux, qui ceinturent chaque étage au niveau des planchers et les chaînages verticaux qui encadrent les parois aux angles des constructions et au droit des refends. Dans le cas de fondations soumises à des efforts par suite de mouvements du sol de fondation, c'est le chainage au niveau du plancher bas qui présente le plus d'intérêt. Pour être efficace, le chainage ne doit comporter aucune coupure (cf = porte d'entrée de garage) et être calculé en conséquence.

CHAPE:

Ouvrage en mortier de ciment surfacé, réalisé sur une forme-support pour assurer sa mise à niveau et sa planéité et généralement destiné à recevoir un revêtement de sol.

DALLAGE:

Revêtement épais en béton, peu ou non armé et reposant sur une forme.

DALLE:

Ouvrage porteur en béton armé constituant un plancher et pouvant soit reposer sur terre-plein, soit être autoportant.

DESORDRE:

Anomalie de fonctionnement, d'aspect, de solidité..., d'un ouvrage, soit du fait d'un défaut de conception, soit du fait d'une erreur de mise en oeuvre, soit du fait d'un composant inadapté ou non conforme, soit du fait de sollicitations non prévues, subie par la structure ou les matériaux de l'ouvrage.

DIAGNOSTIC:

De façon générale, analyse d'un ensemble de facteurs ou de symptômes, visant à établir des conclusions : le diagnostic d'un désordre ou d'un incident consiste à en déterminer les causes, avant de choisir les mesures à prendre pour y remédier.

ESSAI AU BLEU:

Essai destiné à mesurer la capacité des fines d'un sol à absorber du bleu de méthylène d'où l'on déduit la valeur de bleu V_B directement liée à la surface spécifique des grains donc à leur finesse et par voie de conséquence à la teneur en argile.

FAIENCAGE:

Craquelure superficielle affectant la forme d'un réseau de micro-fissures plus ou moins serré.

FLUAGE:

Déformation lente et irréversible dans le temps d'un matériau sous contrainte.

FISSURE:

Désigne de façon générale toute fente visible affectant la surface ou le corps d'une maçonnerie, d'un élément de structure, d'un enduit, d'un dallage.

GEOMEMBRANE:

Membrane souple, légère, continue, imputrescible, étanche aux liquides, d'épaisseur supérieure à 1mm constituée d'un produit d'étanchéité synthétique le plus souvent armé d'un géotextile tissé ou non tissé et destinée à jouer en général un rôle de voile imperméable dans les ouvrages en terre.

GEOTEXTILE:

Nappe de textile en fibres synthétiques tissées ou non tissées perméables, utilisée pour séparer des matériaux de granularités différentes en vue d'éviter leur interpénétration dans un processus de drainage ou pour protéger ou renforcer les sols ou encore pour renforcer une géomembrane.

GROS OEUVRE:

Ensemble des éléments d'un bâtiment qui composent son ossature et assurent sa stabilité.

INDICE DE PLASTICITE:

C'est l'étendue du domaine plastique d'un sol compris par conséquent entre la limite de liquidité et la limite de plasticité $(w_L - w_P)$

IN-SITU:

Signifie sur le site, sur le chantier, pour qualifier les essais exécutés sur place, par opposition à ceux qui sont réalisés en laboratoire.

LEVRE:

Désigne chacun des deux bords d'une fissure, d'une crevasse, d'une lézarde.

LEZARDE:

Fissure importante. Dans la terminologie actuelle correspond à une fissure d'ouverture > 2 mm.

LIMITES D'ATTERBERG:

Constantes physiques marquant les seuils de consistance d'un sol :

- la limite de liquidité (MZ) qui est le passage de l'état liquide à l'état plastique
- la limite de plasticité (WP) qui est le passage de l'état plastique à l'état solide.

LONGRINE:

Pièce d'infrastructure servant à répartir des charges ou à les réporter vers des appuis : désigne en particulier une poutre de béton qui forme entrétoise entre des pieux ou des puits de fondations. Elle fait souvent office de semelle sur laquelle on élève ensuite les maçonnéries de remplissage entre des poteaux.

MICROPIEUX:

Pieu foré de faible diamètre (inférieur à 250 mm), en général armé d'une barre ou d'un tube métallique et scellé au terrain par du béton ou mortier de remplissage, pour certains types de pieux, des injections de coulis de ciment destinées à améliorer encore les liaisons au terrain sont réalisées.

PATHOLOGIE:

Etude des désordres affectant un ouvrage.

PLOT:

Bloc massif de béton plus rarement en maçonnerie de moellons, servant d'élément d'assise d'une construction.

RADIER (général):

élément de la structure, en béton armé, constituant à la fois la fondation et le plancher bas d'une construction ; dans le cas le plus courant, constitué par une dalle pleine ferraillée et nervurée.

RENFORCEMENT:

Opération qui consiste à consolider ou à conforter la résistance d'une structure (ou d'un élément de structure).

REPRISE EN SOUS-OUVRE:

Travaux de réfection visant à renforcer ou à transformer les parties porteuses d'une construction (soubassement et fondation) comportant l'ouverture de fouilles limitées sous la fondation existante, sans interférence avec les structures portées.

RETRAIT:

Déformation d'un terrain ou d'un matériau associée à l'abaissement de sa teneur en eau, se traduisant par une diminution de volume.

RIGIDIFICATION:

Opération qui consiste à augmenter la rigidité d'une structure (ou d'un élément de structure), c'est-à-dire à la rendre apte à encaisser des efforts sans déformation ni rupture, au moyen d'éléments très rigides rapportés que l'on solidarise avec la structure.

SOUBASSEMENT:

Partie de mur comprise entre la semelle de fondation et le plancher bas du rez-dechaussée.

SOUS SOL:

Partie habitable ou utilisable d'une construction, située en dessous du rez-de-chaussée. Il peut être partiel si le sous sol n'occupe qu'une partie de la surface du bâtiment. Un sous-sol peut être semi-enterré (ou partiellement enterré) dans le cas où le niveau de terrain est situé approximativement à mi-hauteur ou bien dans le cas d'un terrain en pente.