Bundesamt für Umweltschutz
Office fédéral de la protection de l'environnement
Ufficio federale per la protezione dell'ambiente

RECOMMANDATIONS

concernant l'évacuation des condensats provenant de chaudières à condensation

1988

Liste des membres du groupe de travail:

J. Donhauser	Hoval AG
J. Drsek	Ygnis AG
W. Eberli	Office fédéral de la protection de l'environnement
B. Hurni	Office de la protection de l'environnement et de l'énergie du canton de Bâle-Campagne
M. Koebel	Institut Paul Scherrer
E. Kölliker	Service de recherches et conseils techniques de l'industrie suisse du ciment (Wildegg)
P. Leumann	Office cantonal de la protection des eaux du canton de Zurich
P. Liechti	Office fédéral de la protection de l'environnement
A. Mattioli	Brennwald AG
E. Müller	Office fédéral de la protection de l'environnement (présidence)
G. Peter	Ecole d'ingénieurs de Winterthur
W. Schär	Office fédéral de la protection de l'environnement
F. Theiler	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et Institut de recherches pour l'industrie, le génie civil et les arts et métiers - Dübendorf
J. Weber	id.

Téléchargement du fichier PDF
www.environnement-suisse.ch/publications
(il n'existe pas de version imprimée)
Référence: VU-2308-F

© OFPE 1988

T A B L E D E S M A T I E R E S

		Page
1	INTRODUCTION	1
2	LES CHAUDIERES A CONDENSATION	3
3	LES CONDENSATS: QUANTITE ET COMPOSITION	7
4	CONDENSATS ET POLLUTION; CONDENSATS ET CORROSION DU BETON	11
	4.1 Canalisations publiques et eaux de surface	11
	4.2 Le problème de la canalisation privée	11
	4.3 Les bâtiments de construction récente	12
	4.4 Les bâtiments anciens	12
5	L'EVACUATION DES CONDENSATS: PRECAUTIONS A PRENDRE	13
	5.1 Généralités	13
	5.2 Les chaudières alimentées au gaz	13
	5.3 Les chaudières alimentées à l'huile de chauffage	13
ANNEXE 1	Composition des condensats	17
ANNEXE 2	La corrosion du béton	19
BIBLIOGRAPHIE		23

1 INTRODUCTION

Une installation de chauffage est destinée à fournir un maximum de chaleur tout en consommant un minimum d'énergie. Ce rapport coût/efficacité - et notamment en ce qui concerne les systèmes de chauffage plus petits - n'a cessé d'être amélioré, surtout depuis la crise pétrolière de 1973. On s'est tout particulièrement attaché à optimiser la combustion: les chaudières ont été mieux isolées, les températures de l'eau et des effluents gazeux ont pu être abaissées. Ce dernier point, cependant, peut entraîner l'apparition de problèmes d'ordre technique. En dessous de 125°C environ, en effet, l'acide sulfurique se condense, de même qu'entre 45 et 60°C, selon l'excès d'air existant et le combustible employé, se condense l'eau contenue dans les effluents gazeux.

Le plus souvent, les condensats acides qui résultent de cette condensation ne correspondent pas aux prescriptions de l'Ordonnance sur le déversement des eaux usées. Jusqu'à ce jour, on n'a pas remarqué de dommages causés aux canalisations et aux systèmes d'évacuation à la suite du déversement de condensats provenant d'installations de chauffage de dimensions réduites. Dans la pratique, on se pose la question de savoir s'il ne serait pas bon de traiter ces eaux avant qu'elles ne soient évacuées, même si leur quantité est relativement peu importante. Afin de répondre à cette question, ainsi qu'à toutes celles qui peuvent se poser à ce sujet, l'Office fédéral de la protection de l'environnement a décidé de constituer un groupe de travail chargé d'étudier le dossier.

2 LES CHAUDIERES A CONDENSATION

Il est possible, lors de la production de chaleur, de gagner un supplément d'énergie en faisant condenser, dans la chaudière même, une partie de l'eau qui se dégage pendant la combustion du gaz ou de l'huile de chauffage. La chaleur de condensation par litre d'eau condensée, en effet, est de 0,67 kWh, et peut pour une grande partie être récupérée et redonnée à la circulation d'eau du chauffage. Le fonctionnement du système est le suivant: le refroidissement des gaz de combustion est effectué dans le condenseur par l'eau revenant à la chaudière. Si l'on veut que soit condensée le plus d'eau de combustion possible, il faut que la température de l'eau de retour soit très basse. Il convient cependant d'observer que, une fois refroidis, les gaz sont trop lourds pour s'élever seuls dans la cheminée, ce qui rend nécessaire l'installation soit d'un brûleur équipé d'un ventilateur, soit d'un simple ventilateur. Enfin, il est possible qu'il se produise une condensation supplémentaire dans la cheminée.

Un grand nombre des chaudières à condensation que l'on trouve aujourd'hui sur le marché sont équipées de deux échangeurs de chaleur. Le premier, comme dans une chaudière classique, refroidit les gaz de combustion à une température située au-dessus du point de rosée; dans le second, ces mêmes gaz - en contact avec l'eau de retour - sont refroidis à une température située en-dessous du point de rosée. Le condensat qui se forme alors s'écoule par le bas. Dans ce type d'installation, le ventilateur destiné à l'évacuation des gaz se trouve généralement situé derrière le second échangeur de chaleur. Comme les deux parties du système sont séparées de façcon distincte, la partie classique peut parfaitement être construite en un matériau non résistant à la corrosion.

Schéma du fonctionnement d'une chaudière à condensation alimentée au gaz

Légende

1 Arrivée de gaz

2 Brûleur atmosphérique à gaz naturel

3 Echangeur de chaleur primaire

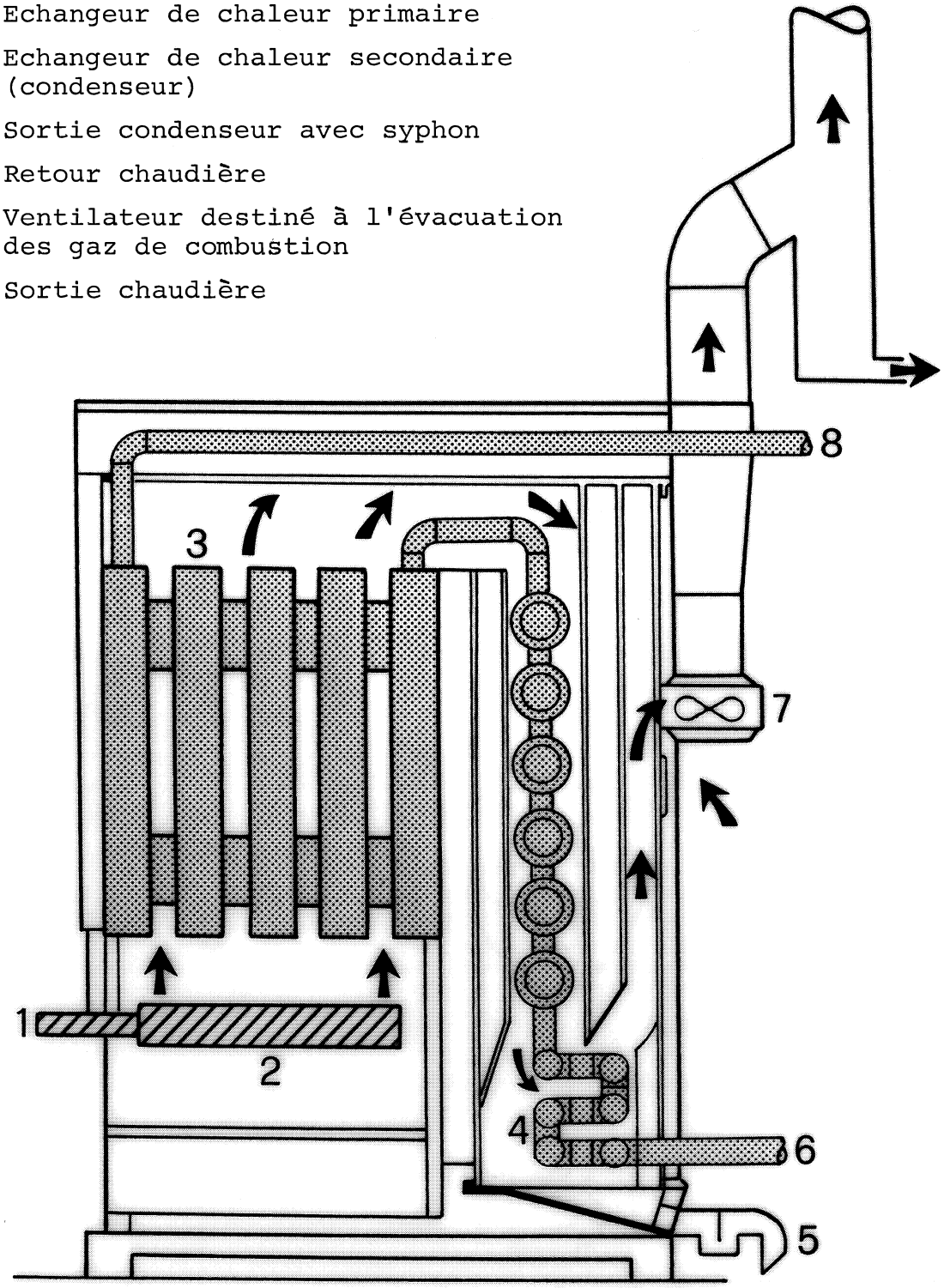
4 Echangeur de chaleur secondaire (condenseur)

5 Sortie condenseur avec syphon

6 Retour chaudière

7 Ventilateur destiné à l'évacuation des gaz de combustion

8 Sortie chaudière



Dans les chaudières à échangeur de chaleur intégré, le transport de la chaleur jusqu'au stade de la condensation s'effectue en une seule étape, d'où une grande compacité de l'installation, et des éléments de dimensions réduites. Le retour chaudière débouche sur la partie inférieure de la surface de condensation. L'eau circule en sens contraire, par rapport aux gaz de combustion, dans l'échangeur de chaleur; dès qu'elle a passé à proximité immédiate des flammes du brûleur, cette eau, réchauffée, quitte de nouveau la chaudière.

Ce type d'appareil exige que l'ensemble de la chaudière soit construit en un matériau résistant à la corrosion. Le brûleur est conçu de telle façon que les gaz de combustion s'écoulent vers le bas. Le ventilateur destiné à l'évacuation de ces mêmes gaz est situé du même côté que l'entrée d'air.

Il faudrait que la condensation de l'eau de combustion soit complète pour qu'il soit possible d'utiliser, dans le cas d'une chaudière alimentée au gaz naturel, le pouvoir calorifique supérieur (PCS), qui équivaut à environ 111 % du pouvoir calorifique inférieur (PCI). Dans la pratique, cependant, il ne se condense en fait qu'une partie de la masse totale d'eau de combustion, les températures de retour étant trop élevées. Cela n'empêche pas le marché des chaudières à condensation alimentées au gaz de ne cesser de s'étendre.

Le pétrole contient moins d'hydrogène que le gaz. Le gain d'énergie que permettent de réaliser les chaudières à condensation alimentées à l'huile de chauffage est donc à peu près inférieur de moitié à celui que permettent de réaliser celles qui sont alimentées au gaz, et, de surcroît, l'investissement de base est élevé, car le condenseur doit être d'un matériau résistant à la corrosion. On estime donc qu'actuellement l'emploi des chaudières à condensation alimentées à l'huile de chauffage ne devrait pas beaucoup se développer.

3 LES CONDENSATS: QUANTITE ET COMPOSITION

Lorsque la combustion est complète, un kg d'huile de chauffage extra légère et un mètre cube de gaz naturel dégagent respectivement 1,15 kg et 1,7 kg de vapeur d'eau environ. Dans le meilleur des cas, l'eau dégagée par un kg d'huile de chauffage produit environ 0,8 litre de condensat, et l'eau dégagée par un mètre cube de gaz naturel, 1,4 litre de condensat. Mais la quantité de condensat effectivement produite dépend de plusieurs facteurs: température de retour, excès d'air lors de la combustion et surface des récupérateurs complémentaires de chaleur. En fait, même pendant ces périodes de transition que constituent les mois d'avril, de mai, de septembre et d'octobre, on n'obtient au mieux que la moitié de la quantité à laquelle on serait, en théorie, en droit de s'attendre. Dans une maison individuelle équipée d'un chauffage adapté à sa taille et faisant appel à la technique de la condensation, l'installation tout entière ne produira, si elle est alimentée à l'huile de chauffage, que de 700 à 1'500 litres de condensat au maximum et par an, et si elle est alimentée au gaz, que de 1'500 à 3'000 litres de condensat au maximum et par an.

Lorsqu'on le capte, on retire au gaz naturel tout le soufre qu'il contient. Cependant, pour des raisons de sécurité, on lui ajoute des matières odorantes à base de soufre. La teneur en soufre du gaz naturel importé en Suisse contient en moyenne moins de 12 mg par mètre cube standard. La quantité de soufre qu'une maison individuelle consommant 3'000 mètres cube de gaz par an rejette dans la nature est donc inférieure à 50 grammes. Comme seule une partie infime du soufre s'oxyde pour devenir du SO_3 et qu'il n'y a que la moitié environ de ce SO_3 qui se retrouve dans le condensat, on peut affirmer que des chaudières à condensation alimentées au gaz et de taille moyenne produisent par an moins de 5 grammes d'acide

sulfurique pur, qui, en outre, ne pénètrent dans la canalisation que fortement dilués. La très faible teneur en acides forts du condensat est avant tout à mettre sur le compte de la formation, lors de la combustion, d'acide nitreux et d'acide nitrique.

Depuis le 1er juillet 1987, et conformément aux prescriptions de l'Ordonnance sur la protection de l'air, la teneur en soufre de l'huile de chauffage "extra légère" est inférieure à 0,2 %. Le soufre, lors de la combustion, s'y oxyde pour devenir du SO_2. De ce SO_2, il n'y a qu'une quantité infime (entre 1 et 3 % env.) à continuer de s'oxyder pour devenir du SO_3. En d'autres termes, si l'on brûle un kg d'huile de chauffage, on obtient entre 50 et 150 mg de SO_3. De cette quantité de SO_3, 30 à 60 % seulement se transformeront en acide sulfurique, lors de la condensation. Une maison individuelle de taille moyenne consommant par an 3'000 kg d'huile de chauffage "extra légère" rejettera donc par an entre 60 et 300 grammes d'acide sulfurique. A titre de comparaison, cette quantité moyenne de 200 grammes d'acide sulfurique pour une quantité de condensat d'environ 1'000 litres par an équivaut à la teneur en sulfate d'une solution d'acide sulfurique à 0,02 pour cent (voir remarque 1).

Il n'y a qu'une partie infime d'anhydride sulfureux, qui se forme surtout lors de la combustion du soufre, à passer dans le condensat. Pour reprendre l'exemple de la maison individuelle cité plus haut, la quantité d'anhydride sulfureux rejetée par an par le biais du condensat est de 100 grammes. Lorsque la combustion est incomplète, on observe également dans le condensat la présence d'acides organiques et de suie. La capacité acide des condensats d'huile de chauffage est souvent de 2 à 5 fois plus élevée que ne le laisserait supposer le pH. Il peut aussi se produire, comme conséquence de la corrosion, que de petites quantités de métal passent dans le condensat, provenant, d'une part, de l'acier chrome nickel

dans les chaudières alimentées à l'huile de chauffage, et d'autre part, des alliages aluminium-silicium dans les chaudières alimentées au gaz; cependant, on peut les tenir pour négligeables si l'on considère l'ensemble de la charge polluante des eaux usées (voir remarque 2).

Pour ce qui est de la composition des condensats, voir annexe 1.

Remarque 1

Les condensats de chaudières à condensation alimentées à l'huile de chauffage auxquelles on a adjoint un laveur de fumées possèdent une teneur en sulfate beaucoup plus importante que ceux des chaudières qui ne sont pas équipées d'un tel appareil. Nous ne traiterons pas ici de l'évacuation de ce type de condensats.

Remarque 2

Lorsque l'air qui est aspiré afin de permettre la combustion contient des composés organiques halogénés, par exemple des solvants chlorés, la teneur en métal des condensats de chaudières à condensation alimentées au gaz peut elle aussi devenir très importante, du fait de la corrosion de la chaudière consécutive à la formation d'acides forts lors de cette combustion.

4 CONDENSATS ET POLLUTION; CONDENSATS ET CORROSION DU BETON

4.1 Canalisations publiques et eaux de surface

L'analyse de la teneur en sulfate et du pH des condensats de chaudières à condensation permet d'affirmer que ces derniers, du fait de leur quantité peu importante et des bonnes conditions de dilution, ne constituent un danger ni pour les stations d'épuration communales, ni pour les eaux de surface. L'effet-tampon des eaux usées communales est même suffisant pour neutraliser les acides contenus dans le condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage. Cela revient à dire que l'introduction de condensats non traités dans des canalisations publiques ne leur causera aucun dommage, pour peu que l'écoulement des eaux usées dans ces mêmes canalisations soit assez important pour en assurer la dilution.

4.2 Le problème de la canalisation privée

La corrosion ne peut se produire qu'à proximité immédiate du point d'introduction des condensats dans la canalisation privée, lorsque celle-ci est en béton ou en fibrociment à base de ciment et non protégée. Au fil du temps, en effet, si l'écoulement du condensat est continu - et cela vaut tout particulièrement pour les condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage -, ces matériaux peuvent être attaqués. On a également observé que l'évaporation de ces condensats à l'intérieur des canalisations augmente la teneur en sulfate et en acides du dépôt, et donc l'agressivité de ce dernier à l'encontre des matériaux cités plus haut. Afin d'éviter cette situation, il suffit de faire s'écouler les condensats dans des canalisations recueillant également des eaux usées.

Les condensats de chaudières alimentées au gaz contenant moins de 10 mg de sulfate par litre et moins de 2 mmol

d'acides forts par litre, s'ils sont en petites quantités, ne corrodent le béton et le fibrociment que de façon négligeable. Les condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage, par contre, sont considérés, si l'on s'en tient aux normes en vigueur, comme étant agressifs à l'encontre du béton et du fibrociment.

4.3 Les bâtiments de construction récente

Dans les bâtiments de construction récente, la canalisation est le plus souvent composée de tuyaux en matière plastique, en grès ou en fibrociment protégé. De tels tuyaux ne sont pas sujets à la corrosion, même s'ils sont en contact avec des condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage. Le béton, s'il est bien protégé, résiste lui aussi convenablement à la corrosion, pour peu qu'il soit rincé fréquemment. Il peut toutefois se poser certains problèmes dans des bâtiments de taille importante, où ne sont pas évacuées d'eaux usées pendant le week-end (d'où un rinçage insuffisant des canalisations). Il convient également de veiller au matériau employé pour la fabrication des canalisations publiques et à leur qualité lorsque des condensats de chaudières situées dans de tels bâtiments s'écoulent à l'extrémité d'une canalisation (là aussi, le rinçage des canalisations risque d'être insuffisant).

4.4 Les bâtiments anciens

Dans les bâtiments anciens, les chambres de contrôle (où aboutissent toutes les canalisations) sont souvent en ciment qui a été coulé sur place. Des problèmes de corrosion, dus notamment aux condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage, peuvent donc y apparaître.

Remarque

On trouvera à l'annexe 2 des indications plus précises en ce qui concerne les différents processus de la corrosion du béton.

5 L'EVACUATION DES CONDENSATS: PRECAUTIONS A PRENDRE

5.1 Généralités

Il n'y a pas à prendre de précautions particulières lorsque les canalisations privées et les points de raccordement sont constitués d'un matériau résistant à la corrosion (matière plastique, grès ou fibrociment protégé).

Il convient de veiller à ce que les condensats soient évacués autant que faire se peut à un endroit régulièrement rincé par le passage d'eaux usées, surtout lorsque l'on ignore la nature exacte des matériaux employés pour la fabrication de la canalisation privée et des points de raccordement. On devra éventuellement faire poser des canalisations en matière plastique jusqu'à un point d'introduction adéquat, ou encore faire protéger - pour autant que cela soit possible - les tuyaux menacés par la corrosion.

5.2 Les chaudières alimentées au gaz

Les condensats de chaudières alimentées au gaz ne sont guère acides, et ne contiennent qu'une très faible quantité de sulfate. Aussi n'est-il pas nécessaire, en principe, de prendre des précautions destinées à empêcher la corrosion. Si les canalisations sont constituées d'un matériau lié par du ciment, il faudra cependant qu'elles soient parfaitement en état. Enfin, pour ce qui est des installations d'une certaine importance, il sera plus prudent de faire protéger les tuyaux qui risqueraient d'être attaqués.

5.3 Les chaudières alimentées à l'huile de chauffage

Bien que les condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage soient plus agressifs envers le béton que les con-

densats de chaudières alimentées au gaz, il ne sera pas nécessaire de recourir à une neutralisation spéciale lorsqu'ils sont suffisamment et régulièrement mélangés avec des eaux usées, la capacité de tamponnage de celles-ci étant généralement assez importante pour assurer la neutralisation de l'acide contenu dans ces condensats. Il n'est pas possible d'éliminer les sulfates par précipitation à l'aide de $CaCO_3$ ou de $Ca(OH)_2$ lorsque leur teneur est inférieure à 1,5 g/l, le produit de solubilité de $CaSO_4$ n'étant pas atteint.

Il faut absolument éviter que des condensats très acides et à très forte teneur en sulfate (c'est-à-dire supérieure à 600 mg de sulfate par litre) ne s'écoulent goutte à goutte sur une surface de béton mal protégée et séchant souvent; aussi convient-il, dans les bâtiments anciens, d'évacuer les condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage en une seule fois. Précisons qu'un rinçage à l'eau prévient en grande partie la corrosion du béton, et que cette opération permet même de neutraliser et de diluer les restes de condensat qui pourraient éventuellement subsister dans certaines fissures ou dans certains trous de la canalisation. La quantité d'eau utilisée pour le rinçage devrait être au moins deux fois supérieure à celle du condensat évacué.

Résumé des précautions

Installations de chauffage d'une puissance installée de 200 kW ou moins		
Combustible utilisé	Matériau (x) utilisé (s) pour la fabrication des canalisations	Précautions à prendre
1) Gaz + huile de chauffage	Matières plastiques, grès; revêtements en béton ou en fibrociment *	Pas de précautions particulières. En cas de dilution insuffisante, il sera nécessaire, si cela n'a déjà été fait, de recouvir d'un revêtement les regards en béton. Pour ce qui est des bâtiments situés à l'extrémité d'une canalisation, voir point 2 ou point 3, selon le cas.
2) Gaz	Béton ou fibrociment à base de ciment et sans revêtement	S'assurer que le point d'évacuation des condensats est régulièrement rincé par le passage des eaux usées; sinon, déversements intermittents suivis de rinçages.
3) Huile de chauffage	Béton ou fibrociment à base de ciment et sans revêtement	Déversements intermittents suivis de rinçages

* Généralement appelé "Eternit", son nom commercial

En ce qui concerne les installations de chauffage d'une puissance installée supérieure à 200 kW, les précautions à prendre varieront selon le cas. Parfois, on sera même contraint de recourir à la neutralisation, lorsque des quantités importantes de condensat d'huile de chauffage sont régulièrement évacuées par l'intermédiaire de canalisations à base de ciment sans faire l'objet d'une dilution suffisante. On peut, à ce propos, prendre l'exemple de bâtiments administratifs de grande taille, qui sont chauffés pendant le week-end sans que soient évacuées des eaux usées.

ANNEXE 1: Composition des condensats

Valeurs minimales et maximales des substances présentes dans les condensats de chaudières alimentées au gaz (condensats de cheminées compris) *

pH		3,3	-	5,5	
Equivalents acides					
- des acides forts		0,05	-	10	mmol/l
Valeur moyenne				< 2	mmol/l
- des acides faibles		1	-	4	mmol/l
Valeur moyenne				2	mmol/l
CO_2		50	-	80	mg/l
Sulfite	SO_3^{2-}	0,2	-	3	mg/l
Sulfate	SO_4^{2-}	2	-	30	mg/l
Ammonium	NH_4^+			env. 15	mg/l
Nitrite	NO_2^-	1	-	(350)	mg/l
Nitrate	NO_3^-	1	-	(800)	mg/l
Chlorure	Cl^-	0,5	-	(330)	mg/l
Chrome	Cr^{3+}			< 2	mg/l
Nickel	Ni^{2+}			< 2	mg/l
Aluminium	Al^{3+}	1	-	190	mg/l
Fer	Fe^{3+}	0,05	-	28	mg/l

* Les différentes quantités de condensat se situent entre 45 et 100 (max. 120) millilitres par kilowattheure. L'apparition de valeurs de concentration élevées est due à un enrichissement se produisant avant tout dans la cheminée. Cette concentration plus importante que d'ordinaire n'a pas lieu en cas de forte condensation. Les valeurs indiquées entre parenthèses constituent des valeurs non représentatives déterminées dans certaines installations spécifiques.

Valeurs minimales et maximales des substances présentes dans les condensats de chaudières alimentées à l'huile de chauffage (condensats de cheminées compris) **

pH		1,8	-	3,7	
Equivalents acides:					
- des acides forts		0,7	-	60	mmol/l
Valeur moyenne				12	mmol/l
- des acides faibles		1	-	4	mmol/l
Valeur moyenne				< 2	mmol/l
TOC		30	-	600	mg/l
Sulfite	SO_3^{2-}	0,2	-	3	mg/l
Sulfate	SO_4^{2-}	50	-	500	mg/l
Nitrite	NO_2^-	0,2	-	3	mg/l
Nitrate	NO_3^-	0,5	-	10	mg/l
Chlorure	Cl^-	50	-	260	mg/l
Cadmium	Cd^{2+}			< 0,006	mg/l
Plomb	Pb^{2+}			< 0,1	mg/l
Molybdène	Mo^{2+}			< 0,1	mg/l
Chrome	Cr^{3+}			4	mg/l
Nickel	Ni^{2+}	0,5	-	6	mg/l
Aluminium	Al^{3+}			< 0,5	mg/l
Fer	Fe^{3+}	1	-	20	mg/l
Cuivre	Cu^{2+}			< 0,6	mg/l

**) Ces données valent pour l'huile de chauffage possédant une teneur en soufre inférieure à 0,3 %. Comme l'Ordonnance sur la protection de l'air prévoit que ne sera plus désormais autorisée en Suisse une teneur en soufre supérieure à 0,2 %, on peut estimer que les concentrations de sulfates et de sulfites diminueront à l'avenir. Les différentes quantités de condensat se situent entre 25 et 50 (max. 60) millilitres par kilowattheure. L'apparition de valeurs de concentration élevées est due à un enrichissement se produisant avant tout dans la cheminée. Cette concentration plus importante que d'ordinaire n'a pas lieu en cas de forte condensation.

ANNEXE 2: La corrosion du béton

Le béton et les fibrociments sont des matériaux minéraux microporeux offrant une bonne résistance à l'eau. Il existe cependant un certain nombre d'éléments hydratés qui, seuls ou combinés, peuvent être cause de corrosion. Pour ce qui est de celle-ci, on distingue entre différents processus: la lixiviation, l'échange d'ions et la destruction de la structure.

Ce sont avant tout l'étanchéité et la structure poreuse des matériaux à base de ciment qui détermine leur résistance. Elles dépendent de la composition de ces matériaux et du traitement auquel ils sont soumis, c'est-à-dire de la quantité de ciment, du rapport eau/ciment, des additifs, de la compacité et enfin du traitement consécutif.

En fonction du rapport eau/ciment qui a été choisi, le ciment, une fois sec, contient au niveau microscopique plus ou moins de capillaires pouvant aspirer de l'eau et des solutions salines. Un béton compact ne renfermant qu'une petite quantité de capillaires pouvant donner accès à l'eau offre en général une bonne résistance chimique. Quant aux fibrociments employés aujourd'hui dans le domaine de l'épuration des eaux usées, ils ont, du fait de leur structure en couches, une surface plus compacte, et se différencient du béton du point de vue de l'hydratation et de la diffusion.

La résistance à l'eau du béton dépend des couches de protection, dont l'arrangement est lui-même fonction de la qualité de l'eau. Si l'on veut déterminer le taux d'agressivité des eaux, il est nécessaire de connaître la qualité des matériaux locaux. Enfin, si l'on a affaire à des eaux très agressives, on devra procéder à une imprégnation, à une vitrification ou à la pose d'un revêtement.

Lorsque des matériaux à base de ciment entrent en contact avec l'air ou avec de l'eau contenant une certaine quantité de gaz carbonique, il apparaît une couche de protection, due à la carbonatisation des hydroxydes de calcium contenus dans le ciment. Cette couche de protection peut être dissoute par des acides, de l'eau extrêmement riche en gaz carbonique ou encore de l'eau douce, ce qui entraîne un déplacement de la zone de protection, qui s'enfonce plus profondément dans le béton - un matériau par nature très basique - en laissant à la surface une seconde couche de protection, de silicate cette fois, un gel résistant aux acides. Celle-ci est sensible aux sollicitations mécaniques, et il suffit d'un dessèchement de la surface ou d'un nettoyage pour la détruire. Un autre type de couche protectrice est dû à la formation de micro-organismes à la surface du ciment, qui en se développant bouchent les pores de ce dernier.

La plupart des composants du ciment, tels les oxydes de calcium, les hydroxydes de calcium, les carbonates, les silicates et les aluminates, ne sont pas résistants aux acides. Aussi observe-t-on, lorsqu'un acide attaque des matériaux à base de ciment, une lixiviation régulière à la surface de ce dernier.

Lorsque l'eau contient de l'ammonium ou du magnésium, elle attaque elle aussi les matériaux à base de ciment. Ces ions, par le biais d'un échange d'ions, provoquent une réduction de la teneur en hydroxyde de calcium du ciment. Cet hydroxyde disparu se reforme cependant, mais c'est au prix d'une solidité moindre de l'ensemble.

Lorsque le ciment, matière poreuse, se trouve en contact avec de l'eau contenant du chlorure, et surtout avec de l'eau contenant du sulfate, il se produit en lui une formation de substances nouvelles. Lorsqu'il s'agit de sulfate, cet état

de fait conduit à une corrosion par entraînement. L'attaque du sulfate consiste en une formation importante d'"ettringite" par le biais d'une réaction chimique due au contact avec les aluminates du ciment. Les dégâts résident dans un gonflement et un ramollissement de la matrice. Là aussi, la qualité du matériau joue un rôle essentiel, et une structure compacte pauvre en capillaires possèdera une plus grande résistance au sulfate.

Le pH ne peut servir à déterminer le taux d'agressivité des condensats envers les matériaux liés par du ciment, car il ne nous renseigne ni sur la capacité de tamponnage d'une solution, ni sur sa teneur en ions.

BIBLIOGRAPHIE

Le Conseil fédéral suisse: Ordonnance du 8 décembre 1975 sur le déversement des eaux usées (état le 1er avril 1985).

Le Conseil fédéral suisse: Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair).

Association des établissements cantonaux d'assurance contre l'incendie: notice 002 sur l'évacuation des gaz de combustion à température max. de 80 degrés Celsius produits par des appareils de chauffage à mazout et à gaz.

DIN 4702, Teil 6 (DK 697.326:662.95:620.1), Heizkessel, Brennwertkessel für Gasförmige Brennstoffe

AIV, Merkblatt M251 (DK 628.394:621.182.16:628.474), Regelwerk Abwasser-Abfall: Einleitung von Kondensaten aus Feuerstätten in öffentliche Abwasseranlagen. (1985)

Amt für Gewässerschutz und Wasserbau Zürich: Kreisschreiben an die Stadt und Gemeinden zuhanden der Baubewilligungsbehörde betreffend Kondensationsheizkessel. (janvier 1986)

Zusammenfassender Bericht über "Abführung des Abgaskondensats von Brennwertkesseln". A retirer auprès de la N.V. Nederlande Gasunie, afd. Voorlichting, Postbus 19, 9700 MA Groningen, Niederlande

D. Alexander, G.C. Kobussen: Korrosion und Werkstoffanforderungen an Brennwertgeräte. Vortrag gehalten am Brennwertsymposium vom 13. und 14. Dezember 1984 in Essen.

P.H.J. Bartholomeus: Erfahrungen mit Brennwertkesseln in den Niederlanden. Praxis und Wirtschaftlichkeit moderner Gastechnologien, Internationale Fachtagung Oktober 1983 in Darmstadt; Nr. 8 der ASUE Schriftenreihe; Vulkan-Verlag, Essen

P.H.J. Bartholomeus: Brennwertgeräte in den Niederlanden. gwf-gas/erdgas 124/2, 97-103 (1983)

H. Bathke und T. Jannemann: Uebersicht über gasbeheizte Brennwertkessel. gwf-gas/erdgas 123, 515-527 (1982)

Ch.P. Beckervordersandforth: Einführung in die Brennwerttechnologie unter den Gesichtspunkten Energieeinsparung, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Vortrag gehalten am Brennwertsymposium vom 13. und 14. Dezember 1984 in Essen

J. de Bree, W. Dijkhof, T. Bakker: Demonstratia-projekten HR-ketels. Nederlandse Energie Ontwikkelings Maatschappij B.V. (NEOM), VEG-Gasinstituut N.V., N.V. Nederlandse Gasunie 1982

W. Dijikhof: Erfahrungen mit Brennwertkesseln in den Niederlanden. Vortrag gehalten am Brennwertsymposium vom 13. und 14. Dezember 1984 in Essen.

Ch. Erb (EMPA Dübendorf): Was ist zu halten von Oelkondensationskesseln. Haus Technik 3/86, 52-58

Ch. Erb (EMPA Dübendorf): Zur Abscheidung von Schwefel in Oelkondensationskesseln. Heizung-Klima 1/2, 24-25 (1986)

Ch. Erb, G. Zweifel: Nutzungsgrade von Oelkondensationskesseln, Ergebnisse aus Feldmessungen und Modellrechnungen. EMPA-interner Bericht zu Ergebnissen des NEFF-Projektes 279. (1986)

K. Gut: Messungen an einem ölgefeuerten Heizkessel mit Kondensationsrekuperator. Diplomarbeit ATIS (Horw 1986)

W. Handrock: Betriebserfahrungen mit Brennwertkesseln im Bereich eines Versorgungsunternehmens. Vortrag gehalten am Brennwertsymposium vom 13. und 14. Dezember 1984 in Essen

Th. Jannemann: Stand der Brennwerttechnik in der Bundesrepublik Deutschland. Vortrag gehalten am Brennwertsymposium vom 13. und 14. Dezember 1984 in Essen

A.G.C. Kobussen: Corrosion in H.E.-Boilers and Analysis of Flue-Gas Condensate. Reprint for the International Gas Research Conference 13-16 june 1983, in London

M. Koebel: Kondensierende Oelheizungskessel - ein Beitrag zum Umweltschutz? Heizung-Klima 7, 50-52 (1984)

M. Koebel: Welchen SO_2-Anteil kann der kondensierende Oelheizkessel aus den Rauchgasen eliminieren? EIR, Abteilung 33 TM-33-83-38 (EIR-interne Publikation)

M. Koebel: Korrosion von Oelgefeuerten Zentralheizkesseln durch saure Verbrennungsprodukte des Brennstoffschwefels, EIR-Bericht Nr. 492, (Juli 1983)

E. Koelliker: Ueber die Wirkung von Wasser und wässriger Kohlensäure auf Beton. Werkstoffwiss. und Bausanierung, Int. Koll. (Esslingen / Sept. 1983)

P. Koppe: Einleitung von wässrigen Kondensaten aus Gasfeuerungen in öffentliche Abwasseranlagen. Vortrag gehalten am Brennwertsymposium vom 13. und 14. Dezember 1984 in Essen.

C.L. Kruse: Abgasseitige Korrosion bei Oel- und Gasfeuerung. Werkstoffe und Korrosion 37, 334-351 (1986)

O. Matile (Lausanne): Kondensationsgaskessel und was man über deren Installation wissen muss. GEEU 1986/2 81-83 oder Gas-Wasser-Abwasser, 66, Nr. 4, 246-248 (1986)

G. Peter, Q.W. Yang und B. Brunold: Die Beständigkeit von Beton im Bereich Wasser und Abwasser. Gas-Wasser-Abwasser 66, 7, 453-459 (1986)

G. Peter, M. Partl, und L. Varga: Korrosionsschutzmassnahmen an zementgebundenen Abwasserrrohren. Vortrag gehalten am Int. Kongress für Leitungsbau, 2.-6. November 1987 in Hamburg

J. Plate, J. Tenhumberg: Das System Feuerstätte - Kamin bei niedrigen Abgasverlusten. GAS-Wärme international, Band 34, Heft 8, 329-331 (1985)

J. Plate, J. Tenhumberg: Auswirkungen niedriger Abgasverluste auf den Kamin. GAS-Wärme international, Band 34, Heft 11 (1985)

G.J. van Rossum: Probleme des Abgaskondensates aus Brennwert-kesseln. gwf-gas/erdgas 124/2, 104-114 (1983)

G.J. van Rossum, P.H.J. Bartholomeus and J. Boogd: Disposal of lue gas condensate from high efficiency boilers, examination of effects on the drain system and the environment. Lecture given at the symposium on "Condensing Heat Echangers", 3-4 march 1982, Atlanta, Giorgia

I. Skunca: Normung und Zulassungsprüfung für Brennwertkessel, Vortrag gehalten am Brennwertsymposium vom 13. und 14. Dezember 1984 in Essen

I. Skunca: Ableitung von Verbrennungskondensaten in häusliche und kommunale Entwässerungsanlagen. Gas-Wasser-Abwasser 67, 6 (1987)

M. Stadelmann: Untersuchungen über Gas-Kondensationskessel, GAS-Wärme international Band 32, Heft 11, 459-464 (1983)

G.H. Stickford et al.: Flue-Gas Condensate Disposel from High-Efficiency Gas Furnaces. Batelle Columbus Laboratories, Columbus Ohio 43201, Final Report (Sept 1981)

F. Stohler: Die aktuelle Reportage: Information über Oel-kondensationskessel an Ort und Stelle. Heizung-Klima 11, 26-31 (1984)

F. Stohler: Praxis: Eliminierung von sauren Schwefelverbin-dungen aus Rauchgasen. Heizung-Klima 11, 44-45 (1984)

B. Subherwal, A. Mottershaed: A Better Understanding of Con-densing Appliances. Report prepared by BR Laboratories for the California Gas Company, April 1984