

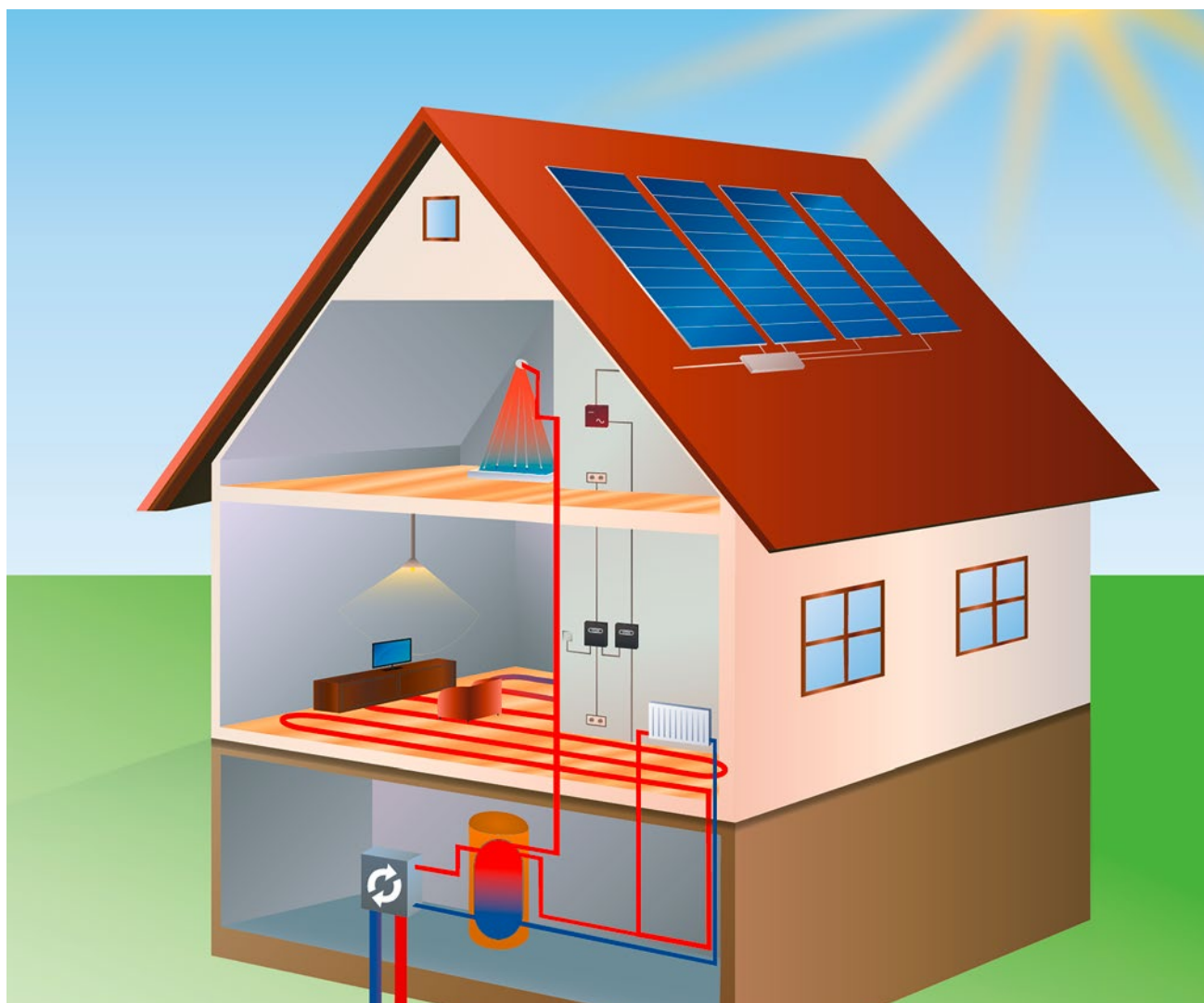


NOTICE TECHNIQUE 5 | 2020

Sondes géothermiques : décharge ou régénération ?

Les pompes à chaleur raccordées à des sondes géothermiques sont très répandues et utilisées depuis longtemps déjà. Aujourd'hui, de nombreuses sondes géothermiques sont sursollicitées, et ce pour plusieurs raisons : le remplacement d'une pompe à chaleur par un modèle plus efficace qui augmente la charge de la sonde ; un calcul original de la puissance d'extraction parfois trop optimiste ; la densité croissante des sondes géothermiques, qui peut elle aussi réduire la puissance d'extraction.

Pour résoudre ce problème de surcharge, on peut diminuer la consommation de chaleur ou procéder à une régénération par un apport de chaleur dans le terrain. La présente notice technique fournit des informations et conseils concernant l'évaluation des sondes géothermiques en service.



Situation initiale

De nombreuses sondes géothermiques sont sursollicitées. Pour résoudre ce problème de surcharge, on peut diminuer la consommation de chaleur ou procéder à une régénération par un apport de chaleur dans le terrain.

Les pompes à chaleur raccordées à des sondes géothermiques sont largement répandues. La chaleur nécessaire au fonctionnement des sondes géothermiques provient du terrain proche de la surface (environ 10 °C sur le Plateau). Le prélèvement de chaleur engendre un refroidissement du terrain autour de la sonde et attire ainsi la chaleur des zones environnantes. Cela étant, s'il n'y a pas ou que très peu d'autres sondes à proximité, la température du terrain ne baisse plus que très lentement après quelques années d'utilisation. En outre, le refroidissement du terrain entourant une sonde influencée par des veines d'eau souterraines est peu probable.

Attention au gel !

Pour éviter que le terrain qui l'entoure ne gèle, la température de la sonde géothermique ne doit pas descendre à moins de 0 °C. C'est pourquoi la norme SIA 384/6 exige une température minimale moyenne de - 1,5 °C entre l'entrée et la sortie de la sonde. En outre, celle-ci ne doit être atteinte qu'après 50 ans d'utilisation. La température la plus basse est atteinte durant la période la plus froide de l'année, donc en janvier ou en février. Si on veut qu'elle continue à produire de la chaleur pendant de nombreuses années encore, une sonde qui fonctionne dans la zone rouge [FIG. 1] doit être déchargée ou réchauffée pendant l'été. Une décharge de la sonde en hiver ou une régénération garantit que la sonde restera stable à long terme. Etant donné que la température de la sonde ne baisse que lentement d'une année à l'autre, on dispose de suffisamment de temps pour prendre la décision nécessaire, même si le résultat de la mesure de température de la sonde est proche de la courbe bleue. Le moment du remplacement de la pompe à chaleur est le plus opportun pour prendre des mesures.

Décharge de la sonde géothermique

Réduction de la consommation par isolation de l'enveloppe du bâtiment, étanchement ou ventilation contrôlée

Les mesures prioritaires consistent à remplacer les fenêtres et à isoler des éléments de construction comme le toit, le plafond de la cave ainsi que, plus rarement, la façade. L'étanchement de l'enveloppe est tout aussi efficace que l'installation d'une ventilation contrôlée avec récupération de chaleur. Toutes ces mesures contribuent par ailleurs à améliorer le confort.

Production d'eau chaude en été: chauffe-eau pompe à chaleur et capteurs solaires

La charge de la sonde géothermique diminue lorsqu'une autre source fournit la chaleur destinée à la production d'eau chaude, mais surtout durant l'été. En effet, le rendement des capteurs solaires est faible en hiver. De même, un chauffe-eau pompe à chaleur ne contribue à décharger la sonde à cette période qu'à condition de prélever la chaleur dans l'air extérieur et non dans le bâtiment, faute de quoi la sonde géothermique devra la compenser.

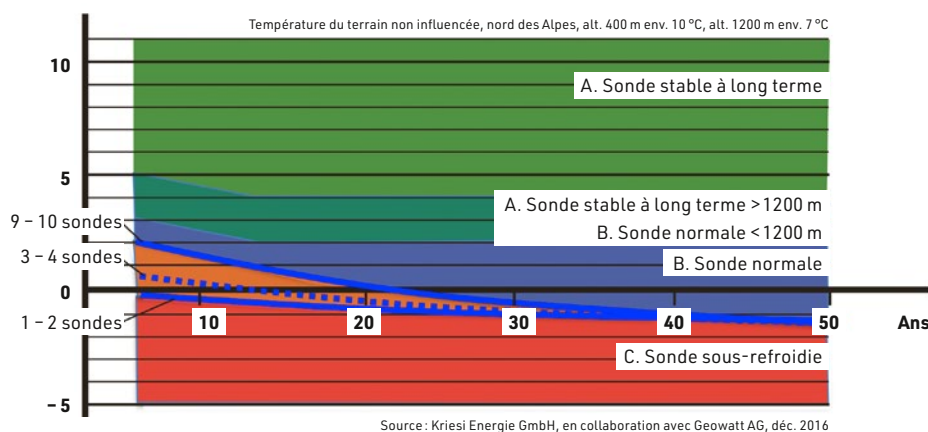
Utilisation d'une pompe à chaleur sur air extérieur en été

Une petite pompe à chaleur sur air extérieur permet de réduire la production de chaleur par la sonde géothermique. Une température extérieure supérieure à 5 °C environ est nécessaire. Cette solution est très efficace lorsqu'il s'agit de chauffer également une piscine.

Sonde supplémentaire

Par le passé, les forages étaient nettement moins profonds, ce qui accroît le risque de refroidissement excessif du terrain. On peut donc installer une sonde supplémentaire pour décharger la sonde existante. Pour évaluer un projet de ce type, il faut toutefois disposer de données concernant la température de la sonde entre l'automne et le mois de février.

Température annuelle minimale moyenne, °C



[FIG. 1] Evaluation de la température annuelle moyenne d'une sonde géothermique. Critère : température minimale moyenne de - 1,5 °C entre l'entrée et la sortie de la sonde après 50 ans d'utilisation. (Mesure continue de la sonde géothermique à l'aide de thermomètres à mémoire pour applications de chauffage normales durant la période la plus froide de l'année, autrement dit de janvier à mars)

Régénération de la sonde géothermique

Refroidissement des locaux au moyen du chauffage par le sol

En été, le fluide de la sonde géothermique sous-refroidie peut être utilisé pour refroidir le chauffage par le sol. La pompe à chaleur n'intervient pas dans cette opération, qui ne nécessite qu'un échangeur thermique entre le circuit d'eau du chauffage par le sol et le circuit du liquide antigel de la sonde géothermique. Il faut toutefois adapter le réglage de la pompe et des organes de commande. Pour éviter la formation de condensation sur le sol par temps chaud et humide, l'eau alimentant le chauffage par le sol ne doit pas être trop froide. Cette mesure améliore considérablement le confort durant les grandes chaleurs.

Attention

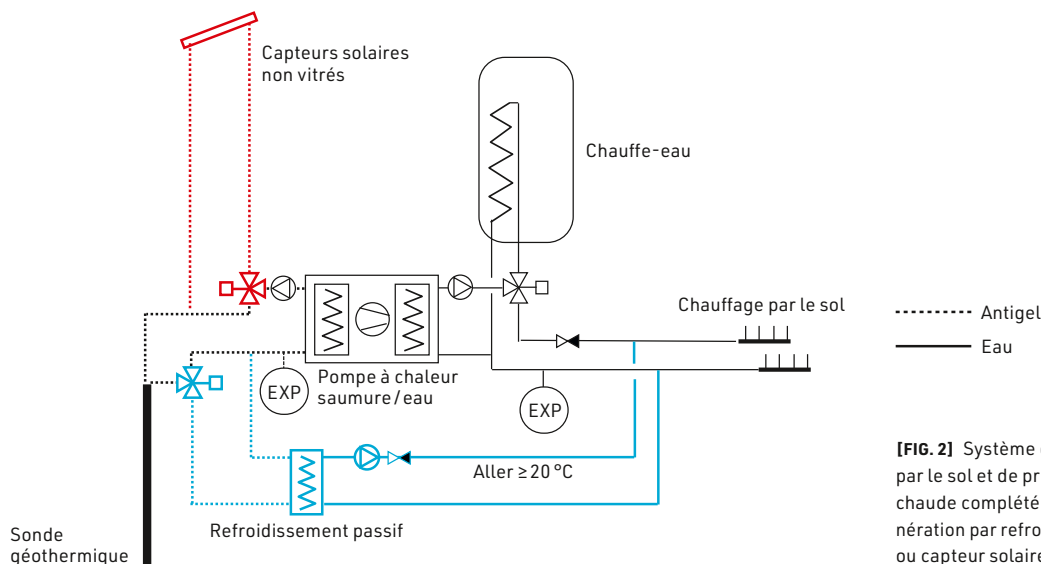
Il faut impérativement régler l'installation de manière à éviter que la température aller du chauffage par le sol ne baisse en dessous de 20 °C en mode de régénération. Des instructions précises sont indispensables. Si cette précaution n'est pas prise, le distributeur de chauffage peut condenser par temps chaud et humide. Dans le pire des cas, la surface du sol peut accumuler de l'humidité, ce qui risque de causer des dégâts considérables.

Capteurs solaires vitrés

En été, les capteurs solaires servant à la production d'eau chaude produisent souvent des excédents, que l'on peut utiliser pour régénérer une sonde géothermique. Pour cela, il faut installer un échangeur thermique entre le ballon solaire et le circuit de la sonde, et régler les circulateurs en conséquence. Le ballon fournit de la chaleur à la sonde 24 heures sur 24, faisant ainsi baisser la température de régénération en dessous de la valeur maximale admissible de 40 °C. Cette solution n'est toutefois pertinente qu'à partir d'une surface de capteurs de 15 m².

Capteurs solaires non vitrés

Etant donné que la température idéale pour la régénération d'une sonde géothermique se situe entre 20 °C et 40 °C et que la saison la plus favorable pour cette opération est l'été, on peut également recourir à des capteurs solaires non vitrés peu onéreux, que ce soit sur un toit ou dans un jardin, ou encore pour daller un chemin. Ce type de capteurs est essentiellement utilisé pour chauffer les piscines. On trouve sur le marché des capteurs en matière synthétique ou en métal. Les tubes en plastique intégrés dans les chaussées et les trottoirs peuvent également servir de capteurs solaires non vitrés.



[FIG. 2] Système de chauffage par le sol et de production d'eau chaude complété par une régénération par refroidissement passif ou capteur solaire non vitré

Remarque 1 Selon la taille et le facteur solaire des fenêtres et selon les conditions météorologiques, le refroidissement des locaux par le chauffage par le sol peut fournir chaque année par unité d'habitation entre 1000 kWh et 3000 kWh à la sonde géothermique, ce qui représente 10 à 20 % de la chaleur prélevée dans le terrain en hiver.

Remarque 2 Pour parvenir à une compensation complète, une pompe à chaleur d'une puissance thermique de 10 kW et prélevant 15 000 kWh de chaleur par année (ce qui correspond à 7,5 kW pendant 2000 heures) nécessite un capteur solaire d'une surface absorbante de 15 - 20 m². Si le système est combiné à un refroidissement passif des locaux, cette surface diminue de 2 - 4 m². (Si le capteur solaire est beaucoup plus grand, un accumulateur tampon est nécessaire pour limiter la puissance maximale du réchauffement de la sonde lorsque le soleil est au zénith.)

Pompe à chaleur sur air extérieur

Une pompe à chaleur sur air extérieur permet de fournir de la chaleur à une sonde géothermique pendant l'été. La puissance thermique de cette pompe à chaleur devrait équivaloir à environ 50 % de celle de la pompe à chaleur qui alimente le système de chauffage (attention à la consommation électrique et aux nuisances sonores extérieures).

Prélèvement de chaleur en amont de l'installation de ventilation

Dans les bâtiments équipés d'installations de ventilation, il est possible de prélever de la chaleur dans la gaine d'air neuf raccordée à l'appareil de ventilation. Lorsque les locaux ne doivent pas être refroidis, l'appareil de ventilation réchauffe l'air avant qu'il ne parvienne dans les locaux au moyen de la chaleur prélevée

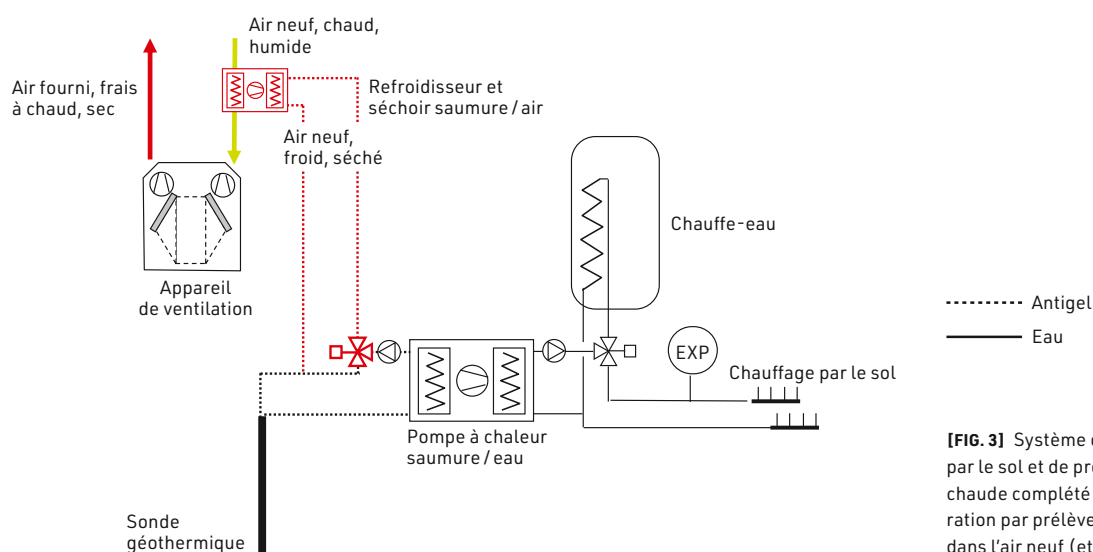
dans l'air repris. Cette solution est simple à mettre en œuvre, car la grille d'évacuation et le ventilateur existent déjà. Elle n'engendre aucune nuisance sonore extérieure (attention à la consommation électrique).

Chauffage électrique

Même aux tarifs estivaux, moins élevés, la production directe de chaleur par électricité est beaucoup trop coûteuse pour être utilisée pour régénérer une sonde géothermique. Cela est par ailleurs interdit. Les excédents issus d'une installation photovoltaïque de taille usuelle et jusqu'à 10 kW sont trop faibles pour justifier l'investissement. En revanche, ils sont idéaux pour alimenter une pompe à chaleur sur air extérieur.

[TAB. 1] Décharge ou régénération d'une sonde géothermique – les principales mesures

Mesures de décharge de la sonde géothermique (SG)	Mesures de régénération de la SG
Isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment	Refroidissement des locaux au moyen du chauffage par le sol
Ventilation contrôlée avec récupération de chaleur	Capteurs solaires vitrés ou non vitrés
Chauffe-eau pompe à chaleur	Pompe à chaleur sur air extérieur
Capteurs solaires	Chauffage électrique (uniquement si alimentation par propre électricité PV)



[FIG. 3] Système de chauffage par le sol et de production d'eau chaude complété par une régénération par prélèvement de chaleur dans l'air neuf (et séchage)

Remarque Un appareil de ventilation produisant un débit de 200 m³/h permet d'installer un système de refroidissement d'air neuf modulant d'une puissance d'environ 2,5 kW qui, en un été, peut fournir environ 7000 kWh à la sonde géothermique. Cela correspond à 40 – 60 % de la chaleur prélevée dans le terrain durant l'hiver pour une maison Minergie. Lorsque les locaux sont suffisamment

frais, l'appareil de ventilation réchauffe l'air froid au moyen de la chaleur résiduelle. Lorsque les locaux doivent être refroidis, le bypass de l'appareil de ventilation s'ouvre pour laisser pénétrer directement l'air fourni froid et séché. Le système de refroidissement autonome peut être remplacé par une pompe à chaleur modulante réversible raccordée au refroidisseur-séchoir d'air neuf.

[TAB. 2] Décharge d'une sonde géothermique

Mesures	Diminution de la consommation	Coûts	Remarques
Isolation du bâtiment			
- Remplacement des fenêtres	15-25 %	35 000 CHF	En fonction du nombre de fenêtres, de leur taille et de la qualité du cadre La cave est ainsi plus fraîche
- Isolation du toit : 15 cm au lieu de 6 cm	5-10 %	45 000 CHF	
- Isolation du plafond de la cave	5-10 %	15 000 CHF	
Ventilation avec récupération de chaleur (au lieu de fenêtres en imposte)	10-25 %	20 000 CHF	Conditions : enveloppe du bâtiment étanche, espace suffisant pour les gaines de distribution d'air
Chauffe-eau pompe à chaleur fonctionnant de mars à octobre	15-25 %	8 000 CHF	Pas de décharge en hiver
Capteur solaire pour le chauffage et la production d'eau chaude, surface : 10 m ²	10-20 %	25 000 CHF	Décharge faible en hiver
Pompe à chaleur sur air extérieur, 5 kW	50-70 %	18 000 CHF	Nuisances sonores extérieures dues au ventilateur
Sonde supplémentaire, longueur : 85 m, auparavant 2 × 85 m	30 %	12 000 CHF	Clarifier l'accessibilité pour l'appareil de forage

Effets et coûts types de mesures de décharge d'une sonde géothermique à l'exemple d'une maison individuelle comprenant une surface habitable chauffée de 200 m² et équipée d'une pompe à chaleur d'une puissance thermique de 10 kW, produisant annuellement 15 000 kWh de chaleur au moyen de deux sondes géothermiques de 85 m de profondeur chacune (des écarts importants sont possibles selon les cas).

[TAB. 3] Régénération d'une sonde géothermique

Mesures	Diminution de la consommation	Coûts	Remarques
Refroidissement des locaux au moyen d'un chauffage par le sol	10-30 %	6 000-10 000 CHF	Le refroidissement des locaux améliore le confort
Capteur solaire vitré, surface : 20 m ²	30-50 %	5 000 CHF	Coûts uniquement pour le raccordement d'une sonde à une installation existante
Capteur solaire non vitré			Sans raccordement au chauffage ni à la production d'eau chaude : capteur pour piscine ; les coûts dépendent de la situation locale
- Sur le toit ou dans le jardin, matière synthétique : 25 m ² , métal : 17 m ²	60-100 %	4 000-8 000 CHF	
- Dalles : 100 m ²	60-100 %	8 000-12 000 CHF	
Refroidisseur d'air extérieur par pompe à chaleur, 5 kW	60-100 %	15 000 CHF	Nuisances sonores dues au ventilateur d'air extérieur
Refroidisseur d'air neuf par installation de ventilation	40-60 %	15 000 CHF	Consulter un projeteur, car l'expérience manque encore dans la branche
Excédents photovoltaïque, 5 kWc	5-15 %	4 000-5 000 CHF	Adaptation nécessaire des commandes

Effets et coûts types de mesures de régénération d'une sonde géothermique à l'exemple d'une maison individuelle comprenant une surface habitable chauffée de 200 m² et équipée d'une pompe à chaleur d'une puissance thermique de 10 kW prélevant annuellement 15 000 kWh par l'intermédiaire de la sonde géothermique. La consommation nécessaire pour une régénération complète s'élève à environ 20 000 kWh par an (une partie de la chaleur transmise à la sonde s'échappe à la surface du sol).

Coûts : montants indicatifs approximatifs, susceptibles de varier fortement en fonction de la situation spécifique.

Sources

Kriesi, Ruedi : « Methoden der Erdwärmesonden-Regeneration », Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, 2017

Autres informations

- Norme SIA 384/6 « Sondes géothermiques »
- Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur (www.pac.ch)
- Office fédéral de l'énergie : manuel « Pompes à chaleur - Planification, Optimisation, Fonctionnement, Entretien », 2016

Renseignements

Le responsable du domaine Chauffage de suissetec se tient à votre disposition pour tout autre renseignement : +41 43 244 73 33, info@suissetec.ch

Auteurs

La présente notice technique a été élaborée par la commission technique Chauffage de suissetec en collaboration avec Ruedi Kriesi, dr ès sc. techn., Kriesi Energie GmbH, CH-8820 Wädenswil (texte et illustrations), et Faktor Journalisten AG, CH-8005 Zurich.